

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет інженерії

Кафедра машинознавства та обладнання промислових підприємств

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломної роботи

освітньо-кваліфікаційного рівня *бакалавр*

напряму підготовки *6.050502 Інженерна механіка*

на тему **«Розробка технологічного процесу механічної обробки деталі
«Вал-шестерня» з обсягом випуску 18000 штук на рік»**

Виконав: студент групи ІМ - 132

Гречишкін Є.М.
(прізвище, та ініціали)

(підпис)

Керівник Шевченко О.В.
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Завідувач кафедри Архипов О.Г.
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент Сергієнко О.В.
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Сєвєродонецьк - 2017

РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота на тему:

Розробка технологічного процесу механічної обробки деталі «Вал-шестерня» з обсягом випуску 18000 штук на рік.

Листів – 97, ілюстрацій – 17, таблиць – 45, посилань – 20, графічного матеріалу – 4 аркуші формату А1.

Об'єкт дослідження – процес механічної обробки деталі «Вал-шестерня» з обсягом випуску 18000 штук на рік.

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.

У розрахунку затискного зусилля при закріплення деталей на операції нарізування паза наведено розрахункову схему для визначення зусилля закріплення деталі при фрезеруванні.

В організаційно - технологічній частині виконано технічне нормування верстатних операцій та вибір основного технологічного обладнання.

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

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

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

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	5
1.1 Аналіз призначення та умов роботи деталі "Вал-шестерня".	5
1.2 Вибір матеріалу деталі та способу отримання заготовки.	5
1.3 Вибір технологічних баз.	19
1.4 Послідовність технологічних операцій обробки деталі.	20
1.5 Проектування змісту технологічних операцій.	32
1.6 Гартування та відпуск валів-шестерен.	75
2 РОЗРАХУНОК ЗАТИСКНОГО ЗУСИЛЛЯ ПРИ ЗАКРІПЛЕННІ ДЕТАЛІ НА ОПЕРАЦІЇ НАРІЗАННЯ ШПОНКОВОГО ПАЗУ	81
2.1 Методика розрахунку зусилля закріплення деталі.	81
2.2 Розрахунок зусилля затискання заготовки та зусилля на приводі	84
3 ОРГАНІЗАЦІЙНА-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	87
3.1 Вибір основного технологічного обладнання.	87
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	90
ВИСНОВКИ	95
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА	96

ВСТУП

Машинобудування - найважливіша галузь промисловості. Зростання і вдосконалення виробництва різної продукції безпосередньо забезпечується розвитком машинобудування, так як його продукція - машини різного призначення - поставляються всім галузям промисловості. Машинобудування визначає технічний прогрес країни і робить вирішальний вплив на створення матеріальної бази нового суспільства. У зв'язку з цим його розвитку завжди надавалося велике значення.

Перед машинобудівної промисловістю стоять завдання вдосконалення технологічних процесів, винахід і вивчення нових методів виробництва, подальший розвиток і впровадження комплексної механізації і автоматизації виробничих процесів на базі досягнень науки і техніки, що забезпечують найбільш високу продуктивність праці при належній якості і найменшій собівартості продукції, що випускається.

Для обробки різанням, яка до сих пір є провідною серед процесів формоутворення, важливим стає збільшення швидкостей обробки, застосування нових видів інструментів і пристосувань, нового прогресивного обладнання, а також підвищення зносостійкості, твердості інструмента і використання нових прогресивних інструментальних матеріалів.

Підвищення вимог до якості деталей машин викликає необхідність пошуку нових високопродуктивних методів обробки поверхні, що забезпечують виготовлення деталі відповідно до вимог.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз умов експлуатації деталі «вал-шестірня»

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

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

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

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

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

1.2 Вибір матеріалу деталі та способу отримання заготовки. Маршрутна технологія виготовлення деталі.

1.2.1 Вибір матеріалу деталі та способу отримання заготовки

Вимоги до механічних властивостей деталі “вал-шестерня” наведені в табл. 1.1

Таблиця 1.1 - Вимоги до механічних властивостей деталі “вал-шестерня”

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

Примітка: *механічні властивості після термічної обробки.

Для виготовлення деталі “вал” обираємо Сталь 45 ГОСТ 1050-88. Сталь 45 – конструкційна якісна середньовуглецева сталь. Структура сталі у вихідному стані – ферит + перліт. Її хімічний склад наведений в табл. 1.2, а механічні властивості у стані постачання – в табл. 1.3 (сталь гарячекатана після нормалізації). Сталями-замінниками сталі 45 є наступні сталі: 40Х, 50, 50 Г2 (ГОСТ 1050-88). Сталь 45 використовується для виготовлення валів - шестерен, колінчастих та розподільних валів, шестерен, шпинделів, бандажів, циліндрів, кулачків та інших відповідальних деталей, що піддаються термічній обробці – гартуванню та високому відпуску (ГОСТ 1050-88).

Таблиця 1.2 - Хімічний склад сталі 45 ГОСТ 1050-88

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

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

σ_b , не менше, МПа	$\sigma_{0,2}$, не менше, МПа	δ , не менше, %	Ψ , не менше, %	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.

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 1.4 - 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.

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
1	2	3	4	5	6
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	-

Продовження таблиці 1.5					
1	2	3	4	5	6
Сталь калібрована 5-ї категорії після відпалу або високого відпуску; перетин 25 мм	275	590	16	40	-
Листи нормалізовані та гарячекатані; товщина 80 мм	275	590	18	40	-
Листи нормалізовані та гарячекатані; товщина 6 - 25 мм	255	600	16	40	-
Лист гарячекатаний; товщина 2 мм	300-340	550 - 690	14	36	-
Лист гарячекатаний; товщина 2 - 4 мм	300-340	550 - 690	15	36	-
Гартування круглих зразків діаметром 15 мм у воді від 850°C, відпуск при температурі:					
450°C	830	980	10	40	59
500°C	730	830	12	45	78
550°C	640	780	16	50	98
600°C	590	730	25	55	118
Гартування круглих зразків діаметром 60 мм у воді від 850°C, відпуск при температурі:					
450°C (НВ 202-234)	590	840	14	60	70
500°C (НВ 185-210)	520	770	16	58	90
600°C (НВ 168-180)	440	680	20	64	120

Таблиця 1.6 - Механічні властивості поковок зі Сталі 45

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

Таблиця 1.7 - Технологічні властивості Сталі 45

Температура кування: температура початку кування – 1250°C, температура кінця кування – 700°C. Поковки з перетином менше 400 мм, охолоджуються на повітрі, поковки з перетином більше 400 мм – у колодязі.
Зварюваність: сталь погано зварюється усіма способами зварювання (ручним дуговим зварюванням, зварюванням під флюсом, зварюванням у середовищі захисних газів та CO ₂ , контактним зварюванням). Після зварювання необхідна термічна обробка – нормалізація або високий відпуск.
Оброблюваність різанням: у гарячекатаному стані при HB = 170 - 180 та $\sigma_B = 640$ МПа $K_{U, TB, CПЛ.} = 1,0$; $K_{U, б.ст.} = 1,0$.
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 поставання
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-шестерня” наведено на рис 1.1.

Маршрутна технологія виготовлення деталей “вал-шестерня” 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, гартування зубів струмами високої частоти, низький відпуск; шліфування зубів; остаточний контроль якості.

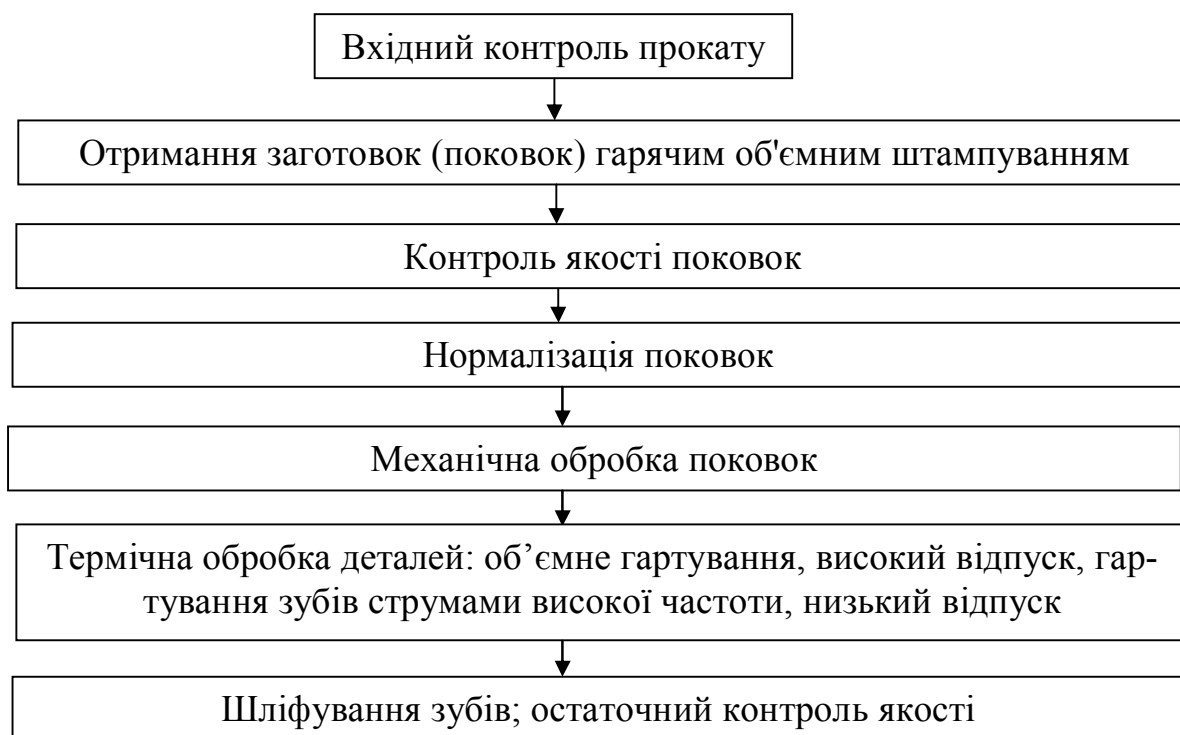


Рисунок 1.1 - Маршрутна технологія виготовлення деталей “вал-шестерня”

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. 2). Він є наслідком тривалої витримки сталі при високій температурі в окислювальному середовищі.

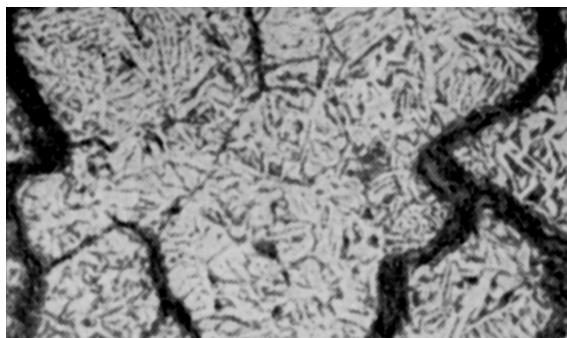


Рисунок 1.2 - Перепал в сталі 45, $\times 250$

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. 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. 3).

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

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

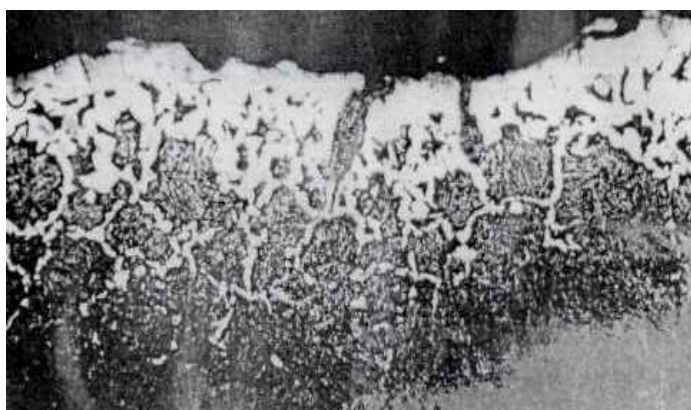


Рисунок 1.3 - Знеуглецьований шар на поверхні прокату із сталі 45, $\times 150$

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. 10).

Таблиця 1.10 - Допустимі бали по вмісту неметалевих включень у прокаті зі Сталі 45

Діаметр або товщина прутка, мм	Стан сталі	По оксидам, шкала № 9	По сульфідам, шкала № 10	По глобулям, шкала № 11
До 40	Гарячекатана та 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]:

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

де Π – сумарний припуск на механічну обробку;

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

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

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

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

З урахуванням виразу (1.2) розміри поковки можна визначити наступним чином:

- Діаметр зовнішніх циліндричних поверхонь поковки:

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

- Лінійні розміри поковки (довжина та висота):

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

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

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

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 МЗ. Сталь 45 відноситься до першої групи М1.

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

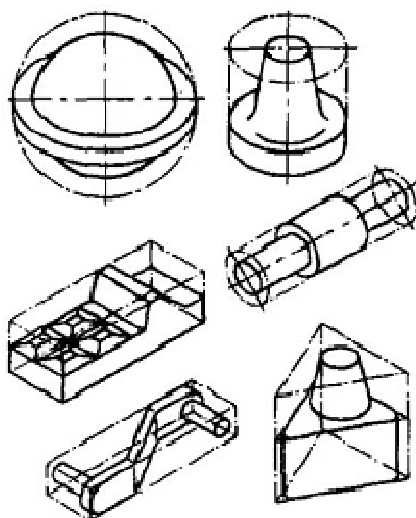


Рисунок 1.4 - Геометричні фігури, в які може вписуватись форма поковки при визначенні ступеня її конструктивної складності

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

Для поковки масою 3,2 кг параметрам М1, С3, Т5 відповідає “індекс” поковки, що дорівнює 14 [1, номограма на с. 169]. Згідно цього “індекса” були визначені припуски на механічну обробку поковки (табл. 1.12) [1, табл. 6.4, с. 171] та розміри поковки. Максимально допустимі відхилення розмірів поковки визначались згідно [1, табл. 6.10, с. 175]. Радіуси заокруглення зовнішніх кутів поковки прийняті рівними $r = 8,0$ мм згідно робочого креслення деталі (рис. 1.5), штампувальні уклони: $\beta = 5^\circ$ для зовнішніх циліндричних поверхонь, $\beta = 7^\circ$ для отворів [1]. Робоче креслення поковки наведено на рис. 1.6

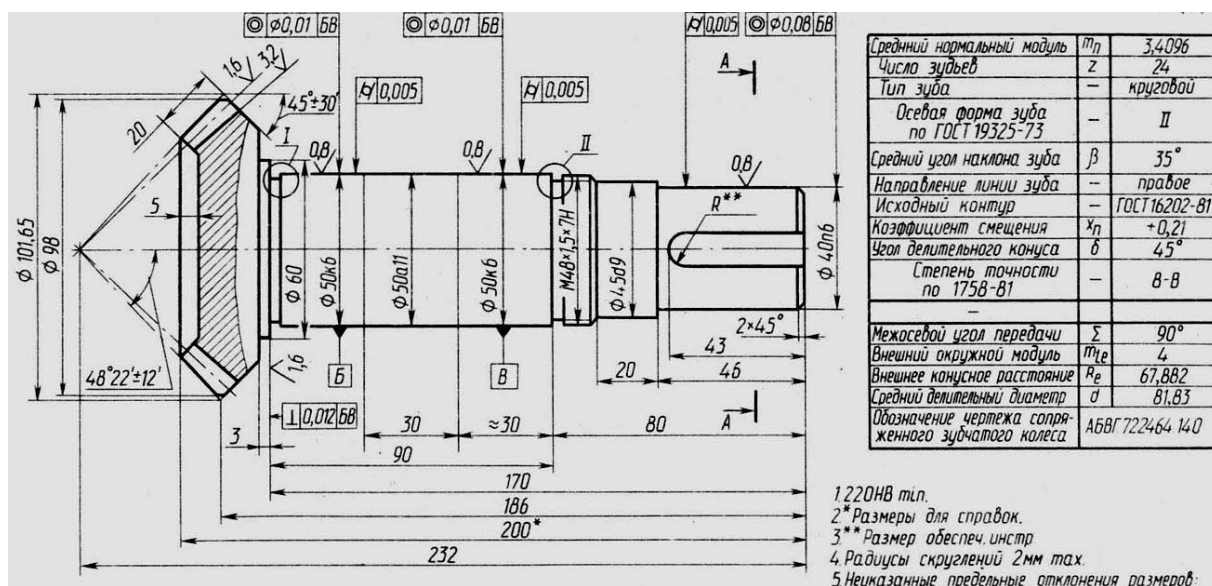


Рисунок. 1.5. Робоче креслення деталі “вал-шестерня”

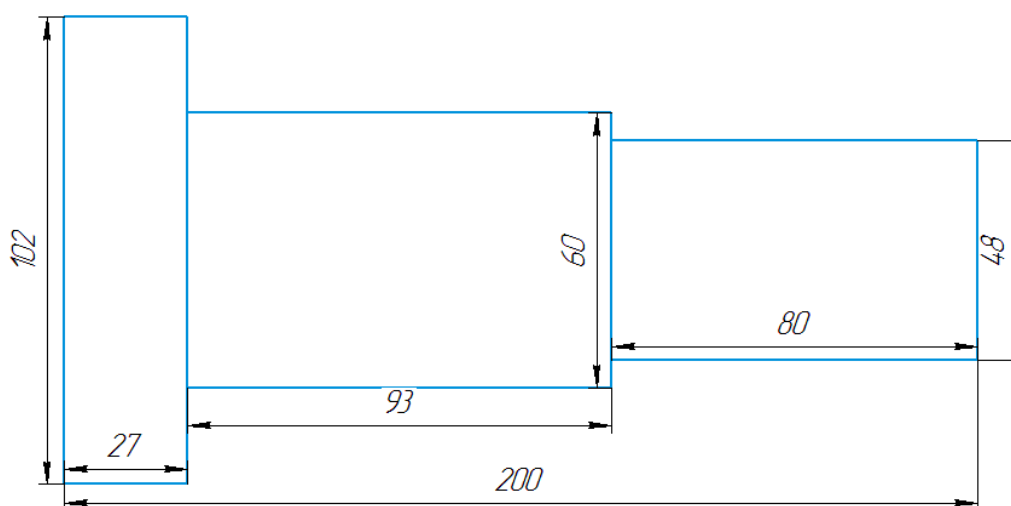


Рисунок. 1.6. Робоче креслення поковки

Таблиця 1.12 - Результати розрахунків припусків на механічну обробку

Номер поверхні (рис. 5)	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	1,6	$D_{\text{ном}} = 101,65$	2,3	0,92	$D_{\text{п}} = D_{\text{ном}} + 2(\Pi_{\text{осн.}} + \Pi_{\text{дод.}})$	108,09	+2,4/-1,2
	0,8	$L_{\text{ном}} = 17$	1,5	0,6	$L_{\text{п}} = L_{\text{ном}} + \Pi_{\text{осн.}} + \Pi_{\text{дод.}}$	19,1	+1,6/-0,9
3	Rz20	$D_{\text{ном}} = 60$	2,0	-	$D_{\text{п}} = D_{\text{ном}} + 2(\Pi_{\text{осн.}} + \Pi_{\text{дод.}})$	64	+2,1/-1,1
	0,8	$L_{\text{ном}} = 93$	2,2	0,88	$L_{\text{п}} = L_{\text{ном}} + \Pi_{\text{осн.}} + \Pi_{\text{дод.}}$	96	+2,1/-1,1
5	1,6	$D_{\text{ном}} = 48$	2,0	0,8	$D_{\text{п}} = D_{\text{ном}} + 2(\Pi_{\text{осн.}} + \Pi_{\text{дод.}})$	53,6	+1,8/-1,0
	0,8	$L_{\text{ном}} = 80$	2,2	0,88	$L_{\text{п}} = L_{\text{ном}} + \Pi_{\text{осн.}} + \Pi_{\text{дод.}}$	83	+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], максимально допустимі відхилення розмірів поковки – згідно [1, табл. 6.10, с. 175]. Радіуси заокруглення зовнішніх кутів поковки прийняті рівними $r = 4,0$ мм [1, табл. 6.9, с. 175], штампувальні уклони – $\beta = 7^\circ$ [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. 7). 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. 1.8).

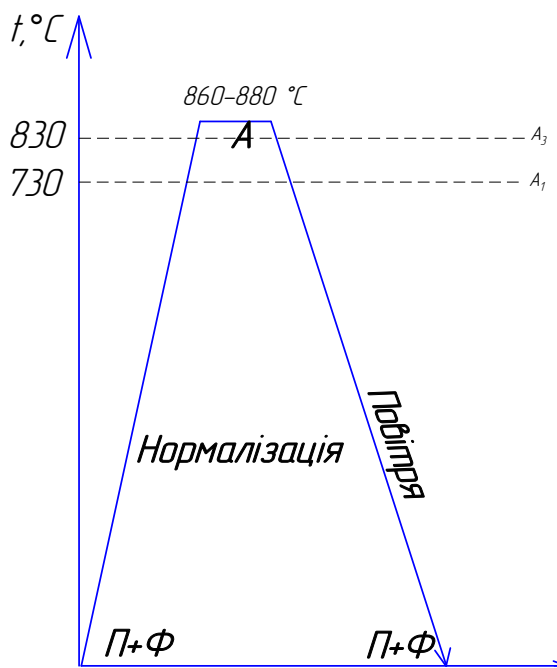
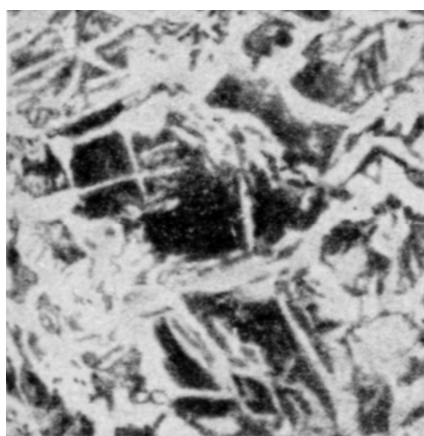
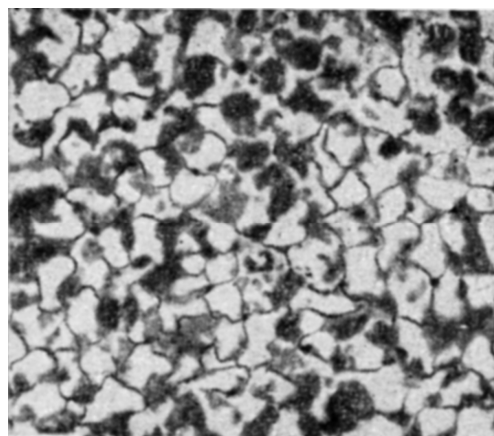


Рисунок. 1.7 Графік режиму нормалізації прокату зі Сталі 45



а



б

Рисунок. 1.8 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 - 50⁰С утворюється аустеніт, що характеризується дрібним зерном, і тому при охолодженні виникає дрібнозерниста структура, яка забезпечує високу в'язкість і пластичність, що суттєво покращує оброблюваність сталі різанням.

1.3 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 застосувати принцип суміщення баз: поєднувати базову, вимірювальну і складальні поверхні.

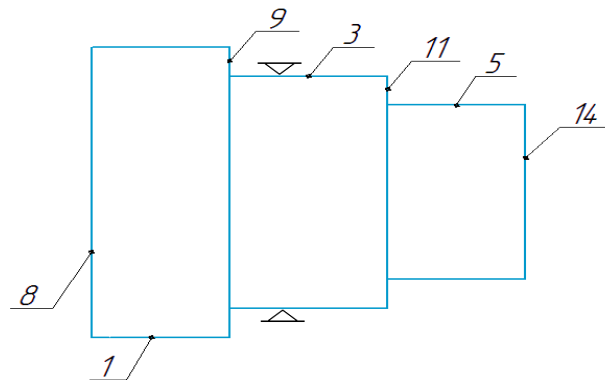
3. Доцільно дотримуватися принципу сталості бази. При зміні баз в ході технологічного процесу точність обробки знижується через похибки взаємного розташування нових і вживаних раніше базових поверхонь.

Для установки заготовок на першій операції технологічного процесу використовують необроблені поверхні, так звані чорні базові поверхні. Як правило, цю чорну базову поверхню використовують одноразово, на першій установці, так як повторна установка на необроблену поверхню може призвести до

значних похибок у взаємному положенні оброблених при цих установках поверхонь. Обрана чорна базова поверхня повинна забезпечувати рівномірний розподіл припуску для подальшої обробки і найбільш точне взаємне положення оброблених та необроблених поверхонь у готових деталях. На перших операціях технологічного процесу обробляють основні базові поверхні.

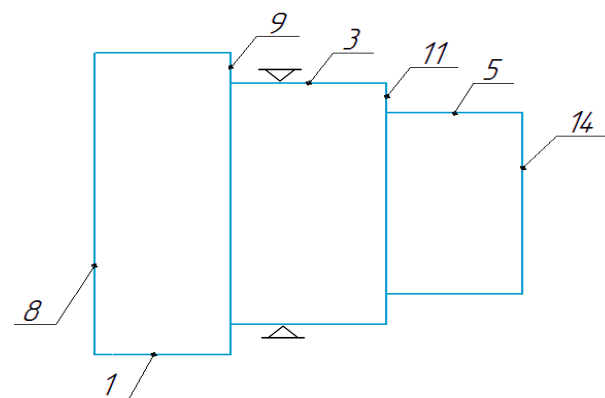
1.4 Послідовність технологічних операцій обробки деталі

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



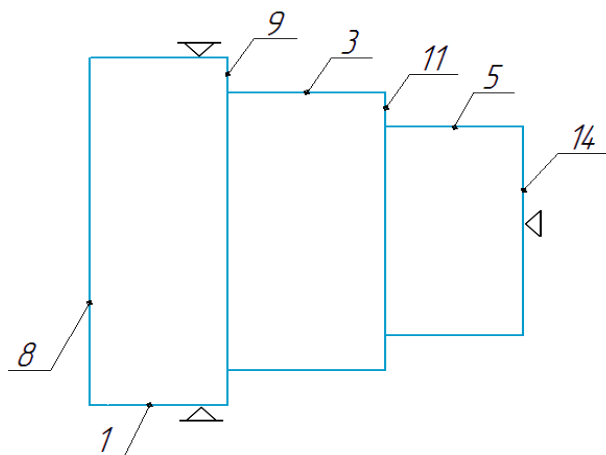
Позиція 1

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



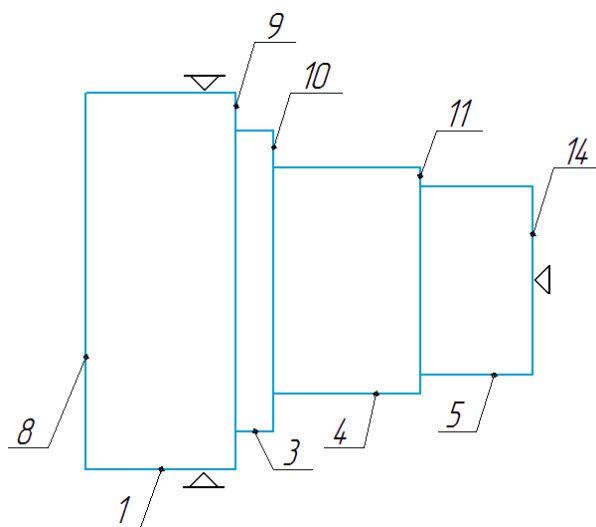
Позиція 2

Операція 3. Чорнове точіння поверхні 3 на довжину 93 мм прохідним упорним правим різцем. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по поверхні 1. З правого кінця деталь підпирається конусом Морзе (позиція 3).



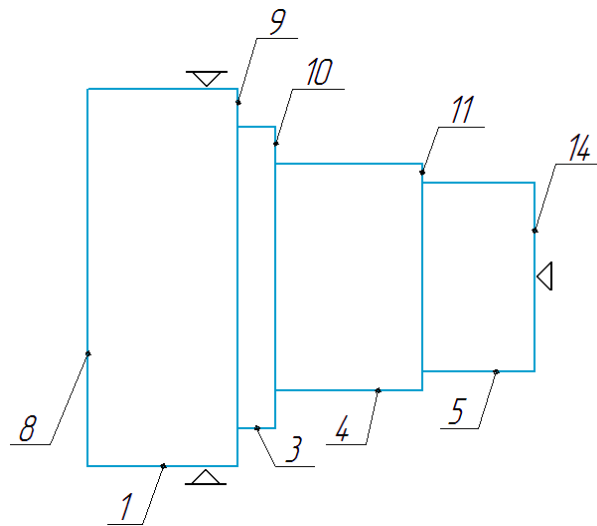
Позиція 3

Операція 4. Чорнове точіння поверхні 4 на довжину 90 мм прохідним упорним правим різцем. Деталь закріплюється у патроні токарського верстата по поверхні 1, а з правого кінця підпирається конусом Морзе (позиція 4).



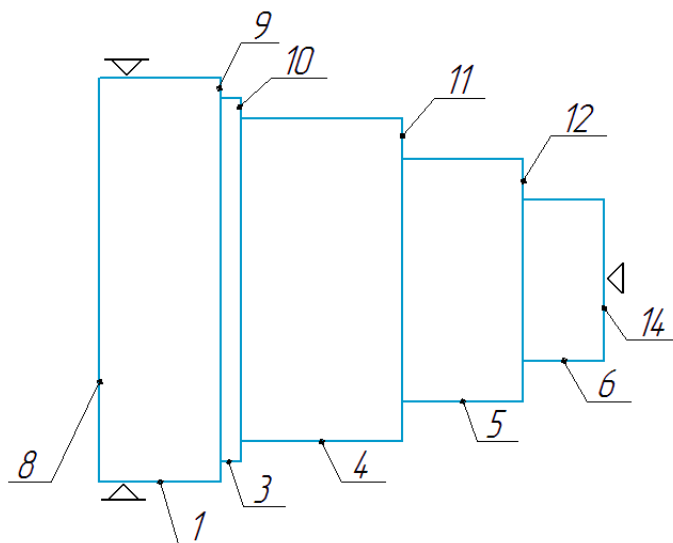
Позиція 4

Операція 5. Чорнове точіння поверхні 5 на довжину 80 мм прохідним упорним правим різцем. Деталь закріплюється у патроні токарського верстата по поверхні 1, а з правого кінця підпирається конусом Морзе (позиція 5).



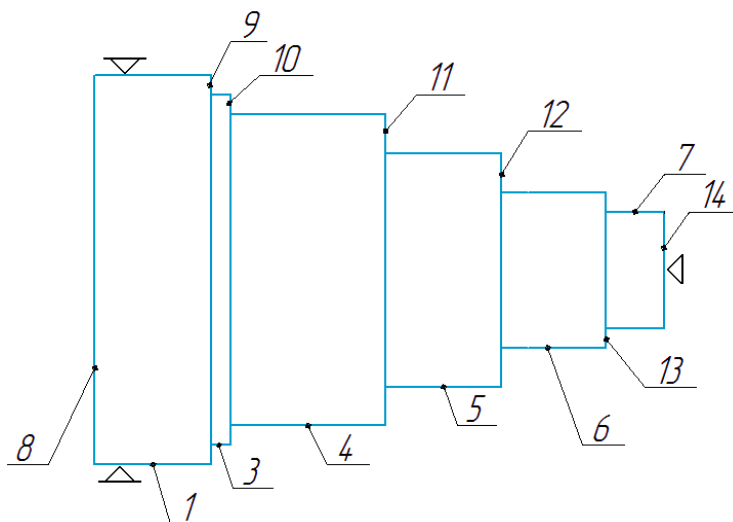
Позиція 5

Операція 6. Чорнове точіння поверхні 6 на довжину 66 мм прохідним упорним правим різцем. Деталь закріплюється у патроні токарського верстата по поверхні 1 та підпирається конусом Морзе зі сторони задньої бабки (позиція 6).



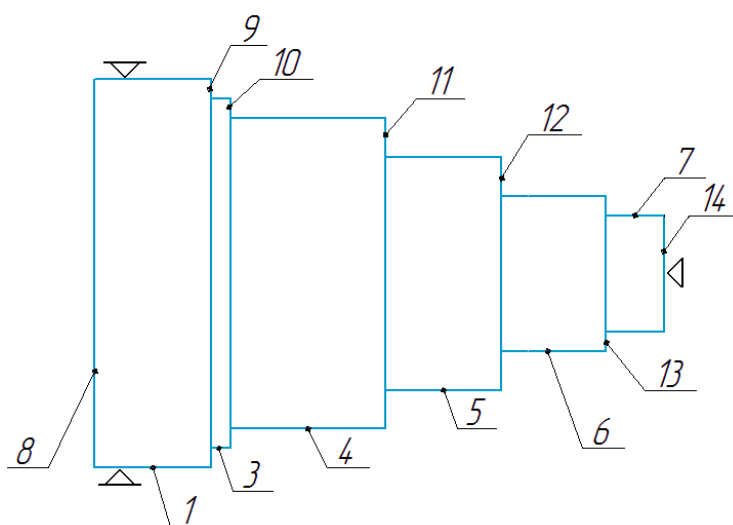
Позиція 6

Операція 7. Чорнове точіння поверхні 7 на довжину 46 мм прохідним упорним правим різцем. Деталь закріплюється у патроні токарського верстата по поверхні 1 та підпирається конусом Морзе зі сторони задньої бабки (позиція 7).



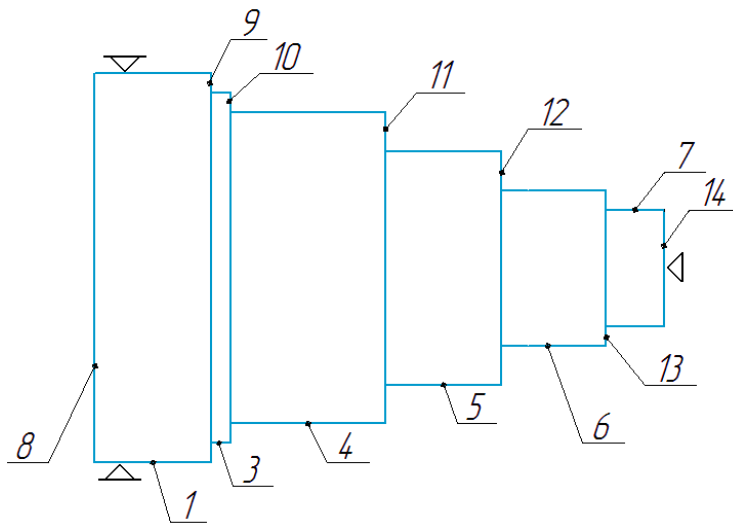
Позиція 7

Операція 8. Чистове точіння поверхні 4 на довжину 90 мм прохідним упорним правим різцем. Деталь закріплюється у патроні токарського верстата по поверхні 1 та підпирається конусом Морзе зі сторони задньої бабки (позиція 8).



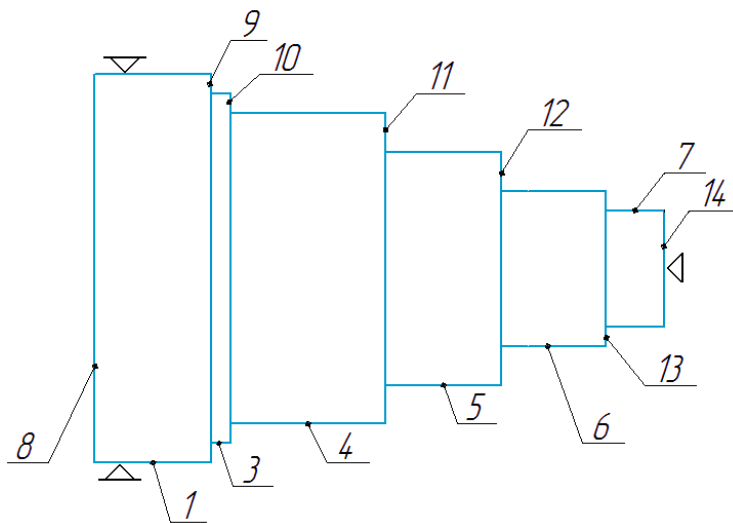
Позиція 8

Операція 9. Чистове точіння поверхні 5 на довжину 14 мм прохідним упорним правим різцем. Деталь закріплюється у патроні токарського верстата по поверхні 1 та підпирається конусом Морзе зі сторони задньої бабки (позиція 9).



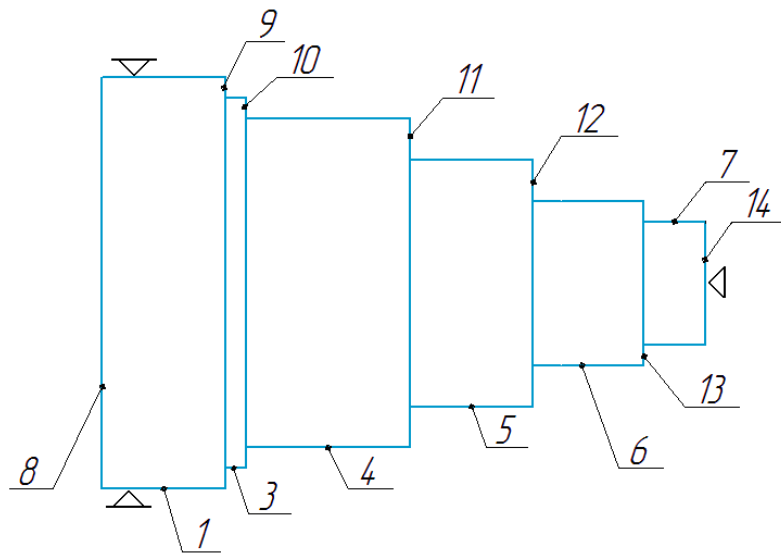
Позиція 9

Операція 10. Чистове точіння поверхні 6 на довжину 20 мм прохідним упорним правим різцем. Деталь закріплюється у патроні токарського верстата по поверхні 1 та підпирається конусом Морзе зі сторони задньої бабки (позиція 10).



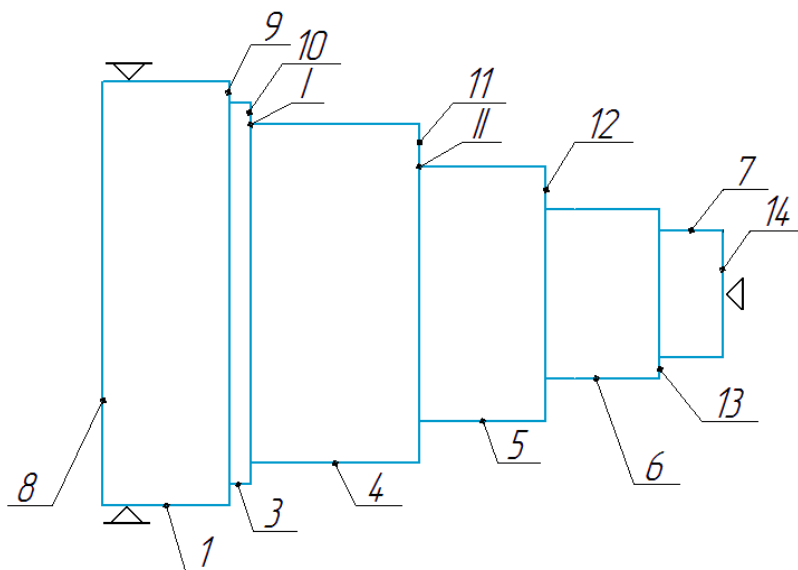
Позиція 10

Операція 11. Чистове точіння поверхні 7 на довжину 46 мм прохідним упорним правим різцем. Деталь закріплюється у патроні токарського верстата по поверхні 1 та підпирається конусом Морзе зі сторони задньої бабки (позиція 11).



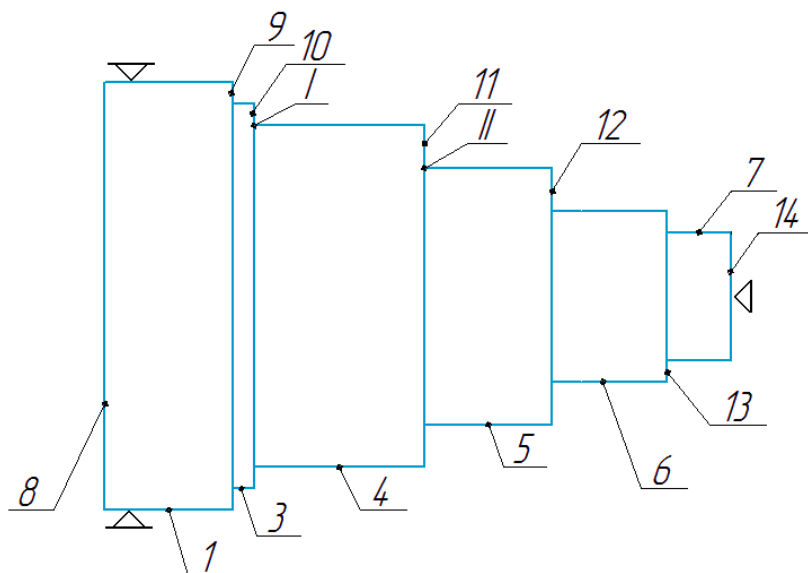
Позиція 11

Операція 12. Виконання проточок I та II відрізним різцем з радіусом заокруглення 0,25 мм. Деталь закріплюється у патроні токарного верстата по поверхні 1 та підпирається конусом Морзе зі сторони задньої бабки (позиція 12).



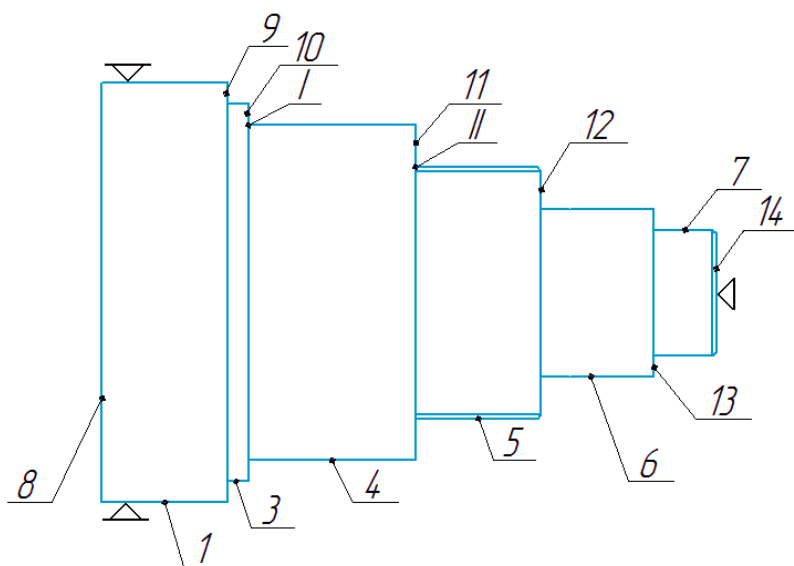
Позиція 12

Операція 13. Підрізання фасок на поверхнях 12 та 14 прохідним відігну-тим правим різцем. Деталь закріплюється у патроні токарного верстата по поверхні 1 та підпирається конусом Морзе зі сторони задньої бабки (позиція 13).



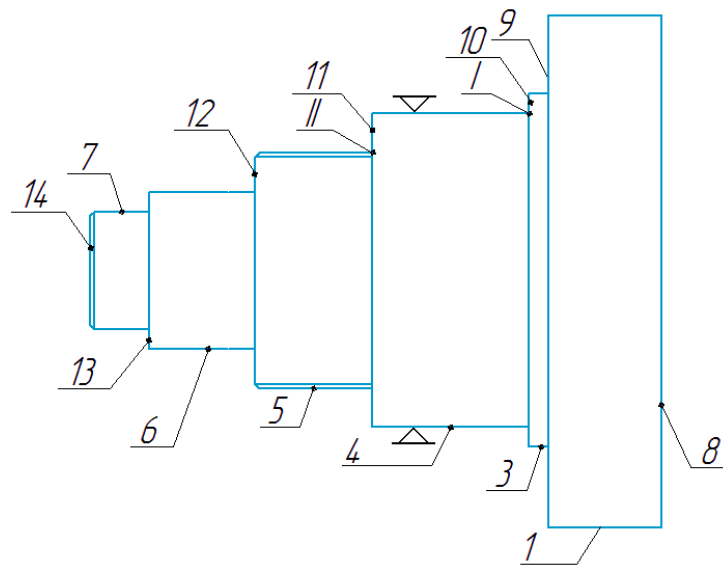
Позиція 13

Операція 14. Нарізання різьби M48x1,5 на поверхні 5 різьбовим різцем. Деталь закріплюється у патроні токарського верстата по поверхні 1 та підпирається конусом Морзе зі сторони задньої бабки (позиція 14).



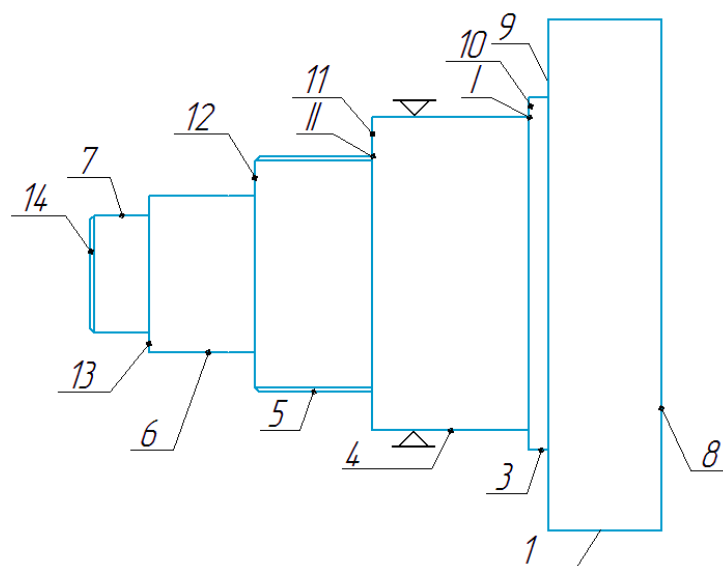
Позиція 14

Операція 15. Торцювання поверхні 8 прохідним упорним правим різцем. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по поверхні 4 (позиція 15).



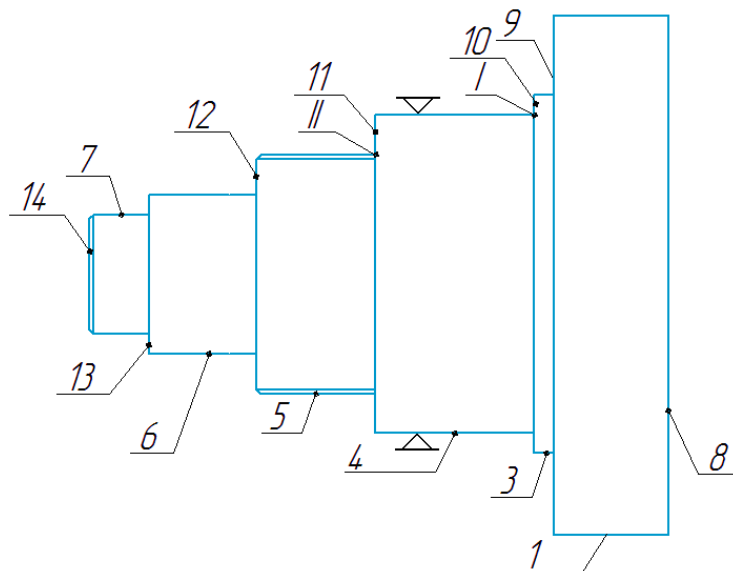
Позиція 15

Операція 16. Чорнове точіння поверхні 1 прохідним упорним правим різцем. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по поверхні 4 (позиція 16).



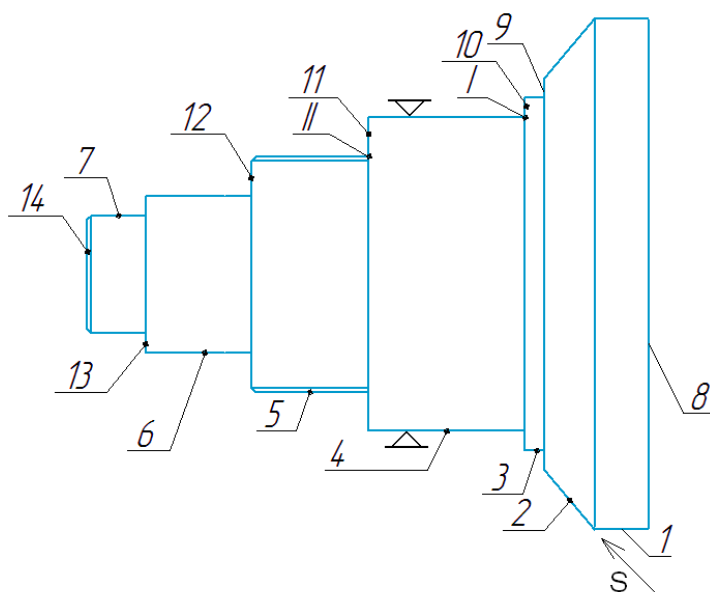
Позиція 16

Операція 17. Чистове точіння поверхні 1 прохідним упорним правим різцем до номінального діаметру 101,65 мм. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по поверхні 4 (позиція 17).



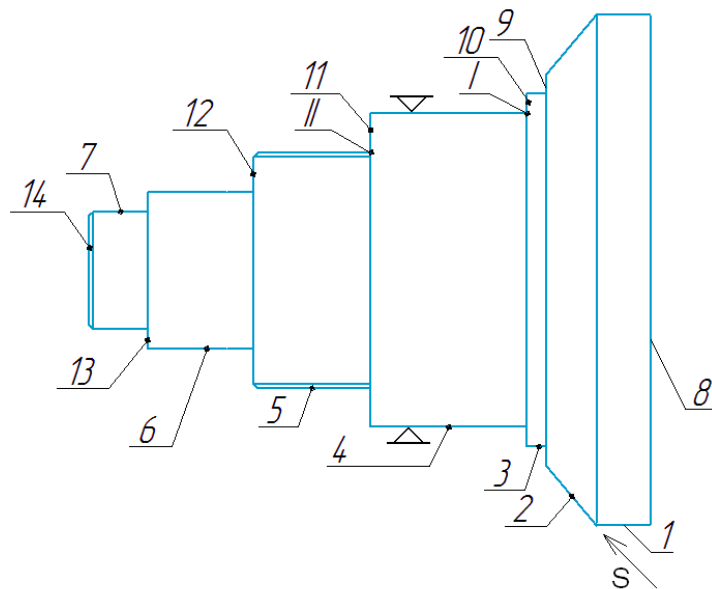
Позиція 17

Операція 18. Чорнове точіння поверхні 2 прохідним упорним правим різцем. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по поверхні 4 (позиція 18).



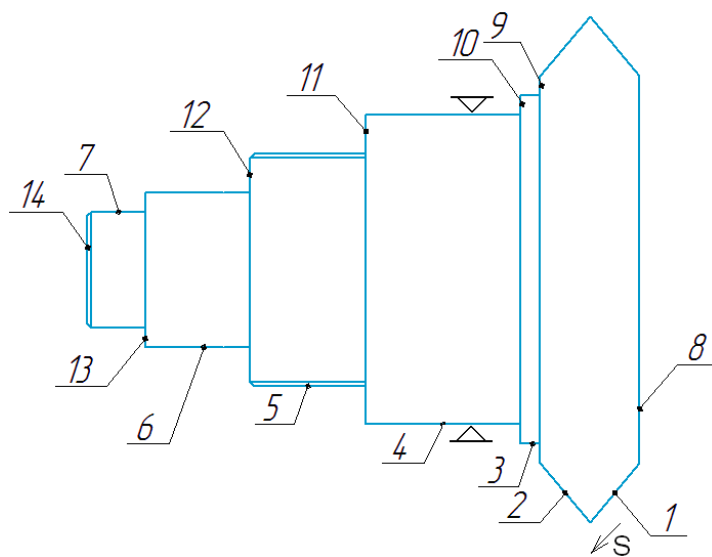
Позиція 18

Операція 19. Чистове точіння поверхні 2 прохідним упорним правим різцем. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по поверхні 4 (позиція 19).



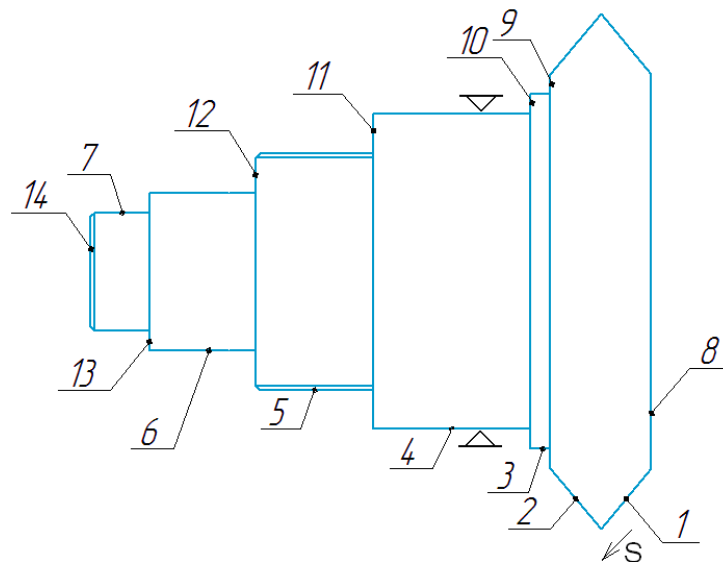
Позиція 19

Операція 20. Чорнове точіння поверхні 1 прохідним упорним правим різцем. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по поверхні 4 (позиція 20).



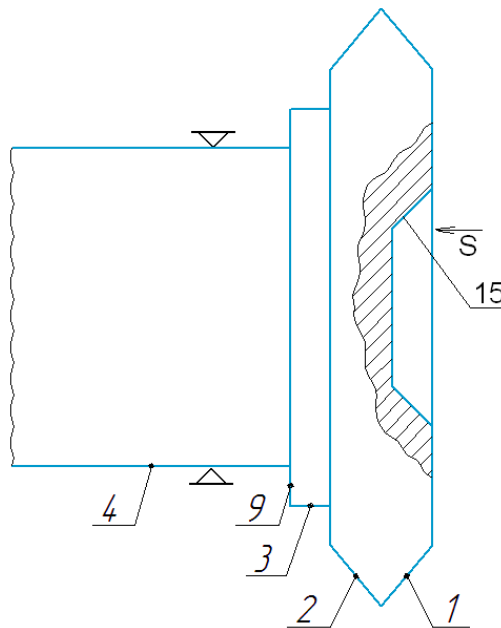
Позиція 20

Операція 21. Чистове точіння поверхні 1 прохідним упорним правим різцем. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по поверхні 4 (позиція 21).



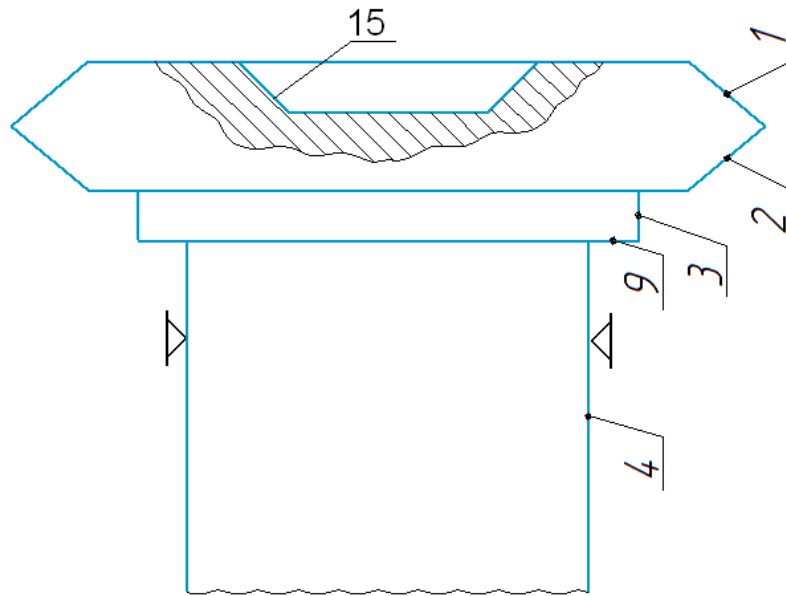
Позиція 21

Операція 22. Підрізання фаски на поверхні 15 прохідним відігнутих правим різцем. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по поверхні 4 (позиція 22).



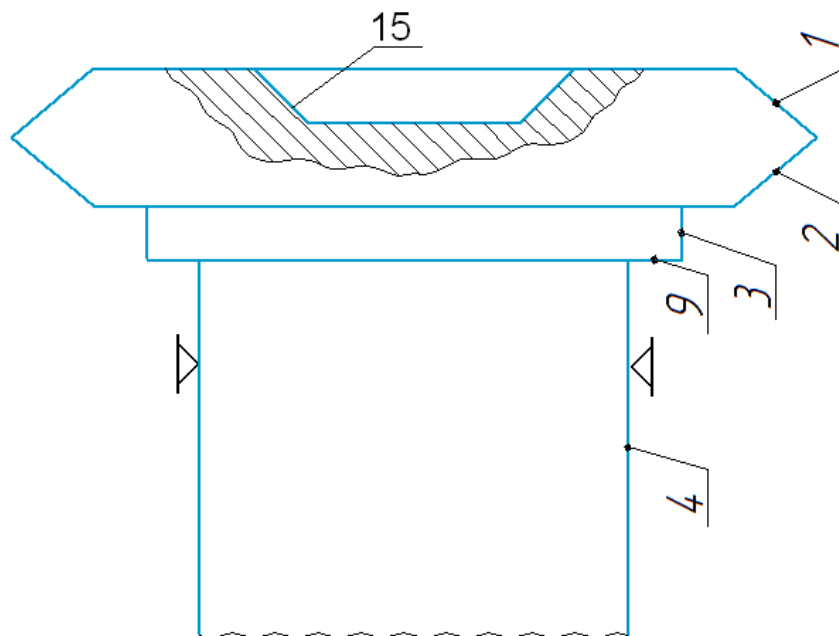
Позиція 22

Операція 23. Зубофрезерна операція. Деталь встановлюється вертикально по поверхні 4 (позиція 23).



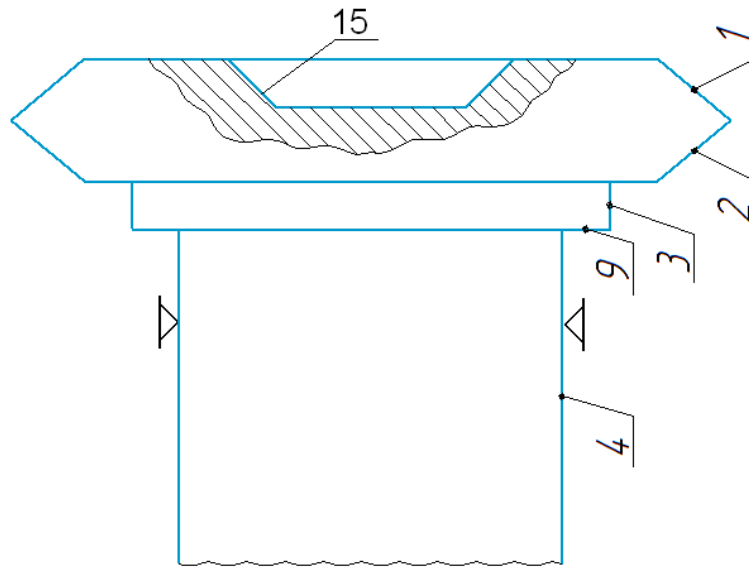
Позиція 23

Операція 24. Шевінгування зубів. Деталь встановлюється вертикально по поверхні 4 (позиція 24).



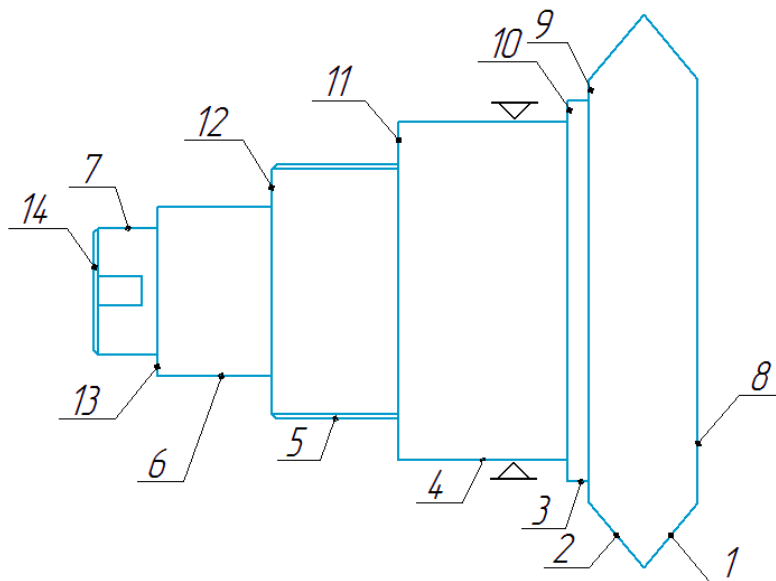
Позиція 24

Операція 25. Шліфування зубів. Деталь встановлюється вертикально по поверхні 4 (позиція 25).



Позиція 25

Операція 26. Нарізання шпонкового пазу на поверхні 7. Деталь встановлюється у призмах по поверхні 4 (позиція 26).



Позиція 26

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 T15K6 (п. 1.4, позиція 1).

Чистове підрізання торця з глибиною різання менше 2 мм. Діаметр торцевої поверхні 14 дорівнює 53,6 мм. Згідно [1.7] 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 = 53,6 (мм) = 0,0536 (м) та V = 160 (м/хв.) = 2,67 (м/с) (чистове торцювання; швидкість різання обрано для випадку обробки деталі різцем з твердосплавною пластиною T15K6):

$$n = 2,67/(3,14 \cdot 0,0536) = 15,8 \text{ (об/с)} = 951 \text{ (об/хв.)}.$$

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 [1.7] (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 центрувального отвору $d_{\text{отв.}} = 4$ мм. Для матеріалу з $\sigma_B \leq 600$ МПа, $d_{\text{отв.}} = 4$ мм, $D = 53,6$ (мм) = 0,0536 (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:

$$n = 0,48 / (3,14 \cdot 0,0536) = 2,85 \text{ (об/с)} = 171 \text{ (об/хв.)}$$

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

Операція 3. Чорнове точіння поверхні 3 на довжину 93 мм прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною Т15К6 (п. 1.4, позиція 3).

Обрана система закріплення деталі є жорсткою [1.7]. Для таких умов закріплення деталі технологічний припуск на точіння з початкового діаметру 64 мм до діаметру 60 мм може бути знятий за 1 прохід. При цьому може бути забезпечена точність обробки на рівні не гірше 11 квалітету при шорсткості поверхні не більше Rz20 [1.7].

Для чорнового точіння поверхні 3 прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною Т15К6 обираємо наступні режими різання [1.7]:

$$\text{глибина різання } t = 2 \text{ мм};$$

$$\text{поздовжня подача } S = 0,3 \text{ мм/об (для діаметру деталі 60 - 80 мм);}$$

$$V = 180 \text{ (м/хв.)} = 3 \text{ (м/с)}.$$

Частота обертання деталі:

$$n = 3 / (3,14 \cdot 0,064) = 14,9 \text{ (об/с)} = 895 \text{ (об/хв.)}$$

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)
2	0,3	180	895/900

Поперечний перетин стрижню різця ($B \times H$) = 16x25 мм [1.7].

Операції 4, 8. Чорнове та чистове точіння поверхні 4 на довжину 90 мм прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною T15K6 (п. 1.4, позиції 4; 8).

Початковий діаметр поверхні, що обробляється, складає 60 мм (після чорнового точіння поверхні 3), кінцевий діаметр – 50 мм. Загальний технологічний припуск на сторону дорівнює 5 мм, точність обробки відповідає 6 квалітету ($\varnothing 50k6$), 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 5 мм може бути забезпечена при кількості проходів не менше 4-х [1.7]. Отже, обираємо два технологічні переходи для операції 4 (чорнове точіння поверхні 4) та два технологічні переходи для операції 8 (чистове та тонке точіння поверхні 4).

Розбиваємо загальний технологічний припуск на операціях 4, 8, що дорівнює 5 мм, наступним чином:

Таблиця 1.16 - Технологічні припуски для операцій 4, 8

Операція 4 – чорнове точіння поверхні 4	Перехід 1 – чорнове точіння	$t = 2$ мм
	Перехід 2 – чорнове точіння	$t = 2$ мм
Операція 8 – чистове точіння поверхні 4	Перехід 1 – чистове точіння	$t = 0,6$ мм
	Перехід 2 – тонке точіння	$t = 0,4$ мм

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

Для операції 4 обираємо наступні режими різання (різець з твердосплавною пластиною T15K6) [1.7]:

глибина різання $t = 2$ мм;

поздовжня подача $S = 0,3$ мм/об.;

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

$n = 3/(3,14 \cdot 0,06) = 15,9$ (об/с) = 955 (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)
Перехід 1			
2	0,3	180	955/900
Перехід 2			
2	0,3	180	955/900

Для операції 8 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 $V = 235$ м/хв. = 3,92 м/с.

$n = 3,92/(3,14 \cdot 0,052) = 24$ (об/с) = 1440 (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 $V = 235$ (м/хв.) = 3,92 (м/с).

$n = 3,92/(3,14 \cdot 0,052) = 24$ (об/с) = 1440 (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)
Перехід 1			
0,6	0,2	235	1440/1400
Перехід 2			
0,4	0,12	235	1440/1400

Операції 5, 9. Чорнове та чистове точіння поверхні 5 прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною T15K6 (п. 1.4, позиції 5; 9).

Початковий діаметр поверхні, що обробляється, складає 52 мм (після чорнового точіння поверхні 4), кінцевий діаметр – 48 мм. Загальний технологічний припуск на сторону дорівнює 2 мм, точність обробки відповідає 9 квалітету ($\varnothing 48d9$), 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 мм може бути забезпечена при кількості проходів не менше 2-х [1.7]. Отже, обираємо один технологічний перехід для операції 5 (чорнове точіння поверхні 5 на довжину 80 мм) та один технологічний перехід для операції 9 (чистове точіння поверхні 5 на довжину 14 мм).

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

Таблиця 1.19 - Технологічні припуски для операцій 5, 9

Операція 5 – чорнове точіння поверхні 5 на довжину 80 мм	Перехід 1 – чорнове точіння	$t = 1,5$ мм
Операція 9 – чистове точіння поверхні 5 на довжину 14 мм	Перехід 1 – чистове точіння	$t = 0,5$ мм

Для операції 5 обираємо наступні режими різання ($D = 52$ мм):

глибина різання $t = 1,5$ мм;

поздовжня подача $S = 0,3$ мм/об.;

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

$n = 2,67 / (3,14 \cdot 0,052) = 16,35$ (об/с) = 981 (об/хв.).

Приймаємо $n = 900$ (об/хв.).

Таблиця 1.20 - Режими різання для операції 5

Глибина різання, t , мм	Поздовжня подача, S , мм/об.	Швидкість різання, V , м/хв.	Частота обертання деталі, n , об/хв. (розрахункова / обрана)
1,5	0,3	160	981/900

Для операції 9 обираємо наступні режими різання ($D = 49$ мм):

глибина різання $t = 0,5$ мм;

поздовжня подача $S = 0,2$ мм/об.;

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

$n = 3,67 / (3,14 \cdot 0,049) = 23,85$ (об/с) = 1431 (об/хв.).

Приймаємо $n = 1400$ (об/хв.).

Таблиця 1.21 - 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	220	1431/1400

Операції 6, 10. Чорнове та чистове точіння поверхні 6 прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною T15K6 (п. 1.4, позиції 6; 10).

Початковий діаметр поверхні, що обробляється, складає 49 мм (після чорнового точіння поверхні 5), кінцевий діаметр – 45 мм. Загальний технологічний припуск на сторону дорівнює 2 мм, точність обробки відповідає 9 квалітету

($\varnothing 45d9$), 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 мм може бути забезпечена при кількості проходів не менше 2-х [1.7]. Отже, обираємо один технологічний перехід для операції 6 (чорнове точіння поверхні 6 на довжину 66 мм) та один технологічний перехід для операції 10 (чистове точіння поверхні 6 на довжину 20 мм).

Розбиваємо загальний технологічний припуск на операціях 5, 9, що дорівнює 2 мм, наступним чином (табл. 1.22):

Таблиця 1.22 - Технологічні припуски для операцій 6, 10

Операція 6 – чорнове точіння поверхні 6 на довжину 66 мм	Перехід 1 – чорнове точіння	$t = 1,5$ мм
Операція 10 – чистове точіння поверхні 5 на довжину 14 мм	Перехід 1 – чистове точіння	$t = 0,5$ мм

Для операції 6 обираємо наступні режими різання ($D = 49$ мм):

глибина різання $t = 1,5$ мм;

поздовжня подача $S = 0,3$ мм/об.;

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

$n = 2,33 / (3,14 \cdot 0,049) = 15,14$ (об/с) = 908 (об/хв.).

Приймаємо $n = 900$ (об/хв.).

Таблиця 1.23 - 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)
1,5	0,3	140	908/900

Для операції 10 обираємо наступні режими різання ($D = 46$ мм):

глибина різання $t = 0,5$ мм;

поздовжня подача $S = 0,2$ мм/об.;

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

$n = 3,33 / (3,14 \cdot 0,046) = 23,05$ (об/с) = 1383 (об/хв.).

Приймаємо $n = 1400$ (об/хв.).

Таблиця 1.24 - Режими різання для операції 10

Глибина різання, t , мм	Поздовжня подача, S , мм/об.	Швидкість різання, V , м/хв.	Частота обертання деталі, n , об/хв. (розрахункова / обрана)
0,5	0,2	200	1383/1400

Операції 7, 11. Чорнове та чистове точіння поверхні 7 на довжину 46 мм прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною T15K6 (п. 1.4, позиції 7; 11).

Початковий діаметр поверхні, що обробляється, складає 46 мм (після чорнового точіння поверхні 6), кінцевий діаметр – 40 мм. Загальний технологічний припуск на сторону дорівнює 3 мм, точність обробки відповідає 6 квалітету ($\varnothing 40k6$), 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 [1.7]. Отже, обираємо один технологічний перехід для операції 7 (чорнове точіння поверхні 7) та два технологічні переходи для операції 11 (чистове та тонке точіння поверхні 7).

Розбиваємо загальний технологічний припуск на операціях 7, 11, що дорівнює 3 мм, наступним чином (табл. 1.25):

Таблиця 1.25 - Технологічні припуски для операцій 7, 11

Операція 7 – чорнове точіння поверхні 7	Перехід 1 – чорнове точіння	$t = 2$ мм
Операція 11 – чистове точіння поверхні 7	Перехід 1 – чистове точіння	$t = 0,6$ мм
	Перехід 2 – тонке точіння	$t = 0,4$ мм

Поперечний перетин стрижню різця (ВхН) = 16x25 мм [3].

Для операції 7 обираємо наступні режими різання (різець з твердосплавною пластиною Т15К6) [3]:

глибина різання $t = 2$ мм;

поздовжня подача $S = 0,3$ мм/об.;

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

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

Приймаємо $n = 900$ (об/хв.).

Таблиця 1.26 - 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)
2	0,3	150	1038/900

Для операції 11 обираємо наступні режими різання (початковий діаметр поверхні, що обробляється, дорівнює $D = 42$ мм = 0,042 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.

$n = 3,33 / (3,14 \cdot 0,042) = 25,2$ (об/с) = 1515 (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).

$n = 3,33 / (3,14 \cdot 0,042) = 25,2$ (об/с) = 1515 (об/хв.).

Приймаємо $n = 1400$ (об/хв.).

Таблиця 1.27 - Режими різання для операції 11

Глибина різання, t , мм	Поздовжня подача, S , мм/об.	Швидкість різання, V , м/хв.	Частота обертання деталі, n , об/хв. (розрахункова / обрана)
Перехід 1			
0,6	0,2	200	1515/1400
Перехід 2			
0,4	0,12	200	1515/1400

Операція 12. Виконання проточок I та II відрізним різцем з твердосплавною пластиною T15K6 з шириною різальної кромки 4 мм та радіусом заокруглення 0,25 мм (позиція 12).

Режими різання (діаметр 50 мм):

глибина різання $t = 2$ мм;

поперечна подача $S = 0,15$ мм/об.;

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

$n = 2,5 / (3,14 \cdot 0,050) = 15,9$ (об/с) = 955 (об/хв.).

Обираємо $n = 900$ (об/хв.).

Таблиця 1.28 - 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	150	955/900

Операція 13. Підрізання фасок на поверхнях 12, 14 прохідним відігнутим правим різцем з твердосплавною пластиною T15K6 (позиція 13).

Для підрізання фасок на поверхнях 12, 14 обираємо наступні значення поздовжньої подачі (S) та швидкості різання (V) (діаметр 40 - 50 мм; різець з твердосплавною пластиною T15K6 [1.7]):

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

Частота обертання деталі при підрізанні фаски на поверхні 12 ($D = 48 \text{ мм} = 0,48 \text{ м}$):

$$n = 3,33 / (3,14 \cdot 0,048) = 22,09 \text{ (об/с)} = 1325 \text{ (об/хв.)}$$

Обираємо $n = 900 \text{ (об/хв.)}$.

Частота обертання деталі при підрізанні фаски на поверхні 14 $D = 40 \text{ мм} = 0,04 \text{ м}$):

$$n = 3,33 / (3,14 \cdot 0,04) = 25,4 \text{ (об/с)} = 1524 \text{ (об/хв.)}$$

Обираємо $n = 900 \text{ (об/хв.)}$.

Таблиця 1.29 - Режими різання для операції 13

Глибина різання, t , мм	Поздовжня подача, S , мм/об.	Швидкість різання, V , м/хв.	Частота обертання деталі, n , об/хв. (розрахункова / обрана)
Підрізання фаски на поверхні 12			
≤ 2	0,12	200	1325/900
Підрізання фаски на поверхні 14			
≤ 2	0,12	200	1524/900

Операція 14. Нарізання різьби $M48 \times 1,5$ на поверхні 5 різьбовим різцем з твердосплавною пластиною T15K6 (позиція 14).

Згідно [1.8] для нарізання метричної різьби $M48 \times 1,5$ обираємо швидкість різання $V = 30 \text{ (м/хв.)} = 0,5 \text{ (м/с)}$.

Частота обертання деталі:

$$n = 0,5 / (3,14 \cdot 0,048) = 3,31 \text{ (об/с)} = 199 \text{ (об/хв.)}$$

Обираємо $n = 200 \text{ об/хв.}$

Глибина різання (t) при нарізанні метричної різьби дорівнює глибині різьбових канавок (h). Згідно ГОСТ 24705-81 для різьби $M48 \times 1,5$ $h = t = 0,91 \text{ (мм)}$.

Подача при нарізанні різьби різцем напряму не задається. Швидкість руху подачі синхронізується з частотою обертання деталі. Для синхронізації руху подачі з частотою обертання деталі спочатку необхідно встановити перемикач

руху поздовжньої подачі у положення “нарізання різьби”, а потім встановити стрілку лімба коробки подач у положення “1,5” і зафіксувати лімб у цьому положенні.

Таблиця 1.30 - Режими різання для операції 14

Глибина різання, t , мм	Подача, S , мм/об.	Швидкість різання, V , м/хв.	Частота обертання деталі, n , об/хв. (розрахункова / обрана)
0,91	Встановити стрілку лімба коробки подач у положення “1,5”	30	199/200

Різь нарізається за три проходи при однаковій глибині різання: 0,91 мм.

Операція 15. Торцювання поверхні 8 прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною T15K6 (п. 1.4, позиція 15).

Чистове підрізання торця з глибиною різання менше 2 мм. Діаметр торцевої поверхні 8 дорівнює 108,09 мм. Згідно [1.7] для діаметру торцевої поверхні 100 - 120 мм та чистового підрізання торця з глибиною різання менше 2 мм різцем з твердосплавною пластиною T15K6 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 ($D = 108,09$ мм = 0,10809 м):

$$n = 3/(3,14 \cdot 0,10809) = 8,83 \text{ (об/с)} = 530 \text{ (об/хв.)}.$$

Приймаємо $n = 500$ (об/хв.).

Таблиця 1.31 - Режими різання для операції 15

Глибина різання, t , мм	Поперечна подача, S , мм/об.	Швидкість різання, V , м/хв.	Частота обертання деталі, n , об/хв. (розрахункова / обрана)
≤ 2	0,15	180	530/500

Операція 16, 17. Чорнове та чистове точіння поверхні 1 до номінального діаметру 101,65 мм прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною T15K6 (п. 1.4, позиції 16, 17).

Початковий діаметр циліндричної поверхні 1 складає 108,09 мм. Загальний технологічний припуск на сторону (при номінальному діаметрі 101,65 мм) дорівнює 3,22 мм. Точність обробки відповідає 6 квалітету, шорсткість обробленої поверхні не нормується; приймаємо $Ra = 6,3$ мкм. Для жорсткої системи закріплення деталі точність обробки по 6 квалітету при $Ra = 6,3$ мкм та при загальному технологічному припуску 3,22 мм може бути забезпечена при кількості проходів не менше 3-х [1.7]. Отже, обираємо один технологічний перехід для операції 16 (чорнове точіння поверхні 1) та два технологічні переходи для операції 17 (чистове та тонке точіння поверхні 7).

Розбиваємо загальний технологічний припуск на операціях 16, 17, що дорівнює 3,22 мм, наступним чином (табл. 1.32):

Таблиця 1.32 - Технологічні припуски для операцій 16, 17

Операція 16 – чорнове точіння поверхні 1	Перехід 1 – чорнове точіння	$t = 2,22$ мм
Операція 17 – чистове точіння поверхні 1	Перехід 1 – чистове точіння	$t = 0,6$ мм
	Перехід 2 – тонке точіння	$t = 0,4$ мм

Поперечний перетин стрижню різця $(B \times H) = 16 \times 25$ мм [3].

Для операції 16 обираємо наступні режими різання (різець з твердосплавною пластиною T15K6) [3]:

глибина різання $t = 2,22$ мм;

поздовжня подача $S = 0,3$ мм/об.;

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

$n = 3 / (3,14 \cdot 0,10809) = 8,83$ (об/с) = 530 (об/хв.).

Приймаємо $n = 500$ (об/хв.).

Таблиця 1.33 - Режими різання для операції 16

Глибина різання, t , мм	Поздовжня подача, S , мм/об.	Швидкість різання, V , м/хв.	Частота обертання деталі, n , об/хв. (розрахункова / обрана)
2,22	0,3	180	530/500

Для операції 17 обираємо наступні режими різання (початковий діаметр поверхні, що обробляється, дорівнює $D = 103,65 \text{ мм} = 0,10365 \text{ м}$):

Перехід 1 (чистове точіння):

глибина різання $t = 0,6 \text{ мм}$;

поздовжня подача $S = 0,2 \text{ мм/об.}$;

швидкість різання $V = 235 \text{ м/хв.} = 3,92 \text{ м/с.}$

$n = 3,92 / (3,14 \cdot 0,10365) = 12,04 \text{ (об/с)} = 722 \text{ (об/хв.)}$.

Приймаємо $n = 700 \text{ (об/хв.)}$.

Перехід 2 (тонке точіння):

глибина різання $t = 0,4 \text{ мм}$;

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

швидкість різання $V = 235 \text{ (м/хв.)} = 3,92 \text{ (м/с)}$.

$n = 3,92 / (3,14 \cdot 0,10365) = 12,04 \text{ (об/с)} = 722 \text{ (об/хв.)}$.

Приймаємо $n = 700 \text{ (об/хв.)}$.

Таблиця 1.34 - Режими різання для операції 17

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	722/700
Перехід 2			
0,4	0,12	235	722/700

Операція 18, 19. Чорнове та чистове точіння конічної поверхні 2 прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною T15K6 (п. 1.4, позиції 18, 19).

Перед обробкою верхній супорт разом з різцеутримувачем необхідно повернути по годинниковій стрілці на кут, що дорівнює 45° , та зафіксувати у цьому положенні. Напрямок подачі вказано на позиціях 18, 19 (пункт 1.4).

Загальний технологічний припуск складає 14 мм (припуск визначено згідно геометричних співвідношень з використанням розмірів деталі, що вказані на робочому кресленні). Точність обробки відповідає 6 квалітету, шорсткість обробленої поверхні складає $Ra = 1,6$ мкм. Для жорсткої системи закріплення деталі точність обробки по 6 квалітету при $Ra = 1,6$ мкм та при загальному технологічному припуску 14 мм може бути забезпечена при кількості проходів від 5 до 7 [1.7]. Обираємо чотири технологічні переходи для операції 18 (чорнове точіння поверхні 2) та два технологічні переходи для операції 19 (чистове та тонке точіння поверхні 2).

Розбиваємо загальний технологічний припуск на операціях 18, 19, що дорівнює 14 мм, наступним чином:

Таблиця 1.35 - Технологічні припуски для операцій 18, 19

Операція 18 – чорнове точіння поверхні 2	Перехід 1 – чорнове точіння	$t = 4$ мм
	Перехід 2 – чорнове точіння	$t = 3$ мм
	Перехід 3 – чорнове точіння	$t = 3$ мм
	Перехід 4 – чорнове точіння	$t = 3$ мм
Операція 19 – чистове точіння поверхні 2	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 [1.7].

Для операції 18 обираємо наступні режими різання (різець з твердосплавною пластиною T15K6, початковий діаметр зовнішньої циліндричної поверхні

$$D = 101,65 \text{ мм} = 0,10165 \text{ м} [1.7]:$$

Перехід 1:

глибина різання $t = 4 \text{ мм}$;

поздовжня подача $S = 0,2 \text{ мм/об.}$;

швидкість різання $V = 180 \text{ (м/хв.)} = 3 \text{ (м/с)}$.

$n = 3/(3,14 \cdot 0,10165) = 9,39 \text{ (об/с)} = 563 \text{ (об/хв.)}$.

Приймаємо $n = 500 \text{ (об/хв.)}$.

Перехід 2 - 4:

глибина різання $t = 3 \text{ мм}$;

поздовжня подача $S = 0,2 \text{ мм/об.}$;

швидкість різання $V = 180 \text{ (м/хв.)} = 3 \text{ (м/с)}$.

$n = 3/(3,14 \cdot 0,10165) = 9,39 \text{ (об/с)} = 563 \text{ (об/хв.)}$.

Приймаємо $n = 500 \text{ (об/хв.)}$.

Таблиця 1.36 - Режими різання для операції 18

Глибина різання, t , мм	Поздовжня подача, S , мм/об.	Швидкість різання, V , м/хв.	Частота обертання деталі, n , об/хв. (розрахункова / обрана)
Перехід 1			
4	0,2	180	563/500
Перехід 2 - 4			
3	0,2	180	563/500

Для операції 19 обираємо наступні режими різання:

Перехід 1 (чистове точіння):

глибина різання $t = 0,6 \text{ мм}$;

поздовжня подача $S = 0,2 \text{ мм/об.}$;

швидкість різання $V = 235 \text{ м/хв.} = 3,92 \text{ м/с}$.

$n = 3,92/(3,14 \cdot 0,10165) = 12,04 \text{ (об/с)} = 722 \text{ (об/хв.)}$.

Приймаємо $n = 700 \text{ (об/хв.)}$.

Перехід 2 (тонке точіння):

глибина різання $t = 0,4 \text{ мм}$;

поздовжня подача $S = 0,12$ мм/об.;

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

$n = 3,92 / (3,14 \cdot 0,10165) = 12,04$ (об/с) = 722 (об/хв.).

Приймаємо $n = 700$ (об/хв.).

Таблиця 1.37 - Режими різання для операції 19

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	722/700
Перехід 2			
0,4	0,12	235	722/700

Операція 20, 21. Чорнове та чистове точіння конічної поверхні 1' прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною T15K6 (п. 1.4, позиції 20, 21).

Перед обробкою верхній супорт разом з різцеутримувачем необхідно повернути проти годинникової стрілки на кут, що дорівнює $48^{\circ}27'$, та зафіксувати у цьому положенні. Напрямок подачі вказано на позиціях 20, 21 (пункт 1.4).

Загальний технологічний припуск складає 14,3 мм (припуск визначено згідно геометричних співвідношень з використанням розмірів деталі, що вказані на робочому кресленні). Точність обробки відповідає 6 квалітету, шорсткість обробленої поверхні складає $Ra = 1,6$ мкм. Для жорсткої системи закріплення деталі точність обробки по 6 квалітету при $Ra = 1,6$ мкм та при загальному технологічному припуску 14,6 мм може бути забезпечена при кількості проходів від 5 до 7 [1.7]. Обираємо чотири технологічні переходи для операції 20 (чорнове точіння поверхні 1') та два технологічні переходи для операції 21 (чистове та тонке точіння поверхні 1').

Розбиваємо загальний технологічний припуск на операціях 20, 21, що дорівнює 14,3 мм, наступним чином:

Таблиця 1.38 - Технологічні припуски для операцій 20, 21

Операція 20 – чорнове точіння поверхні 1'	Перехід 1 – чорнове точіння	$t = 4$ мм
	Перехід 2 – чорнове точіння	$t = 3,3$ мм
	Перехід 3 – чорнове точіння	$t = 3$ мм
	Перехід 4 – чорнове точіння	$t = 3$ мм
Операція 21 – чистове точіння поверхні 1'	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 20 обираємо наступні режими різання (різець з твердосплавною пластиною Т15К6, початковий діаметр зовнішньої циліндричної поверхні $D = 101,65$ мм = 0,10165 м) [1.7]:

Перехід 1:

глибина різання $t = 4$ мм;

поздовжня подача $S = 0,2$ мм/об.;

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

$n = 3/(3,14 \cdot 0,10165) = 9,39$ (об/с) = 563 (об/хв.).

Приймаємо $n = 500$ (об/хв.).

Перехід 2:

глибина різання $t = 3,3$ мм;

поздовжня подача $S = 0,2$ мм/об.;

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

$n = 3/(3,14 \cdot 0,10165) = 9,39$ (об/с) = 563 (об/хв.).

Приймаємо $n = 500$ (об/хв.).

Перехід 3, 4:

глибина різання $t = 3$ мм;

поздовжня подача $S = 0,2$ мм/об.;

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

$n = 3/(3,14 \cdot 0,10165) = 9,39$ (об/с) = 563 (об/хв.).

Приймаємо $n = 500$ (об/хв.).

Таблиця 1.39 - Режими різання для операції 20

Глибина різання, t , мм	Поздовжня подача, S , мм/об.	Швидкість різання, V , м/хв.	Частота обертання деталі, n , об/хв. (розрахункова / обрана)
Перехід 1			
4	0,2	180	563/500
Перехід 2			
3,3	0,2	180	563/500
Перехід 3, 4			
3	0,2	180	563/500

Для операції 21 обираємо наступні режими різання:

Перехід 1 (чистове точіння):

глибина різання $t = 0,6$ мм;

поздовжня подача $S = 0,2$ мм/об.;

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

$n = 3,92 / (3,14 \cdot 0,10165) = 12,04$ (об/с) = 722 (об/хв.).

Приймаємо $n = 700$ (об/хв.).

Перехід 2 (тонке точіння):

глибина різання $t = 0,4$ мм;

поздовжня подача $S = 0,12$ мм/об.;

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

$n = 3,92 / (3,14 \cdot 0,10165) = 12,04$ (об/с) = 722 (об/хв.).

Приймаємо $n = 700$ (об/хв.).

Таблиця 1.40 - Режими різання для операції 21

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	722/700
Перехід 2			
0,4	0,12	235	722/700

Операція 22. Підрізання фаски на поверхні 15 прохідним відігнутих правим різцем з твердосплавною пластиною T15K6 (позиція 22).

Для підрізання фаски на поверхні 15 обираємо наступні значення поздовжньої подачі (S) та швидкості різання (V) (діаметр 60 - 80 мм; різець з твёрдосплавною пластиною T15K6 [1.7]):

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

Частота обертання деталі ($D = 73,65 \text{ мм} = 0,07365 \text{ м}$):

$$n = 2,5 / (3,14 \cdot 0,07365) = 10,8 \text{ (об/с)} = 648 \text{ (об/хв.)}$$

Обираємо $n = 700 \text{ об/хв.}$

Таблиця 1. 41 - Режими різання для операції 22

Глибина різання, t, мм	Поздовжня подача, S, мм/об	Швидкість різання, V, м/хв.	Частота обертання деталі, n, об/хв. (розрахункова / обрана)
-	0,12	150	648/700

Операція 26. 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.

При нарізанні шпонкового пазу деталь, встановлена на призмі по поверхні 4 (п. 1.4, позиція 26), 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 [1.8]:

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

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

T – стійкість фрези у хвиликах;

b – ширина шпонкового пазу, мм;

D – діаметр фрези, мм;

t – глибина різання, мм;

$S = S_z$ – поздовжня подача, мм/зуб.

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

Для розрахунку максимально допустимої швидкості різання прийняті наступні значення параметрів, що входять у формулу (1.6):

$C_V = 48$ (для кінцевої шпонкової фрези зі сталі Р6М5) [1.8];

$q = 0,45$ (для кінцевої шпонкової фрези зі сталі Р6М5) [1.8];

$x = 0,5$ (для кінцевої шпонкової фрези зі сталі Р6М5) [1.8];

$y = 0,5$ (для кінцевої шпонкової фрези зі сталі Р6М5) [1.8];

$u = 0,1$ (для кінцевої шпонкової фрези зі сталі Р6М5) [1.8];

$m = 0,33$ (для кінцевої шпонкової фрези зі сталі Р6М5) [1.8].

Таблиця 1.42 - Режими різання для нарізання шпонкового паза

b , мм	D , мм	t , мм	$S = S_z$, мм/зуб	T , хв.
12	12	0,4	0,4	120

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

Максимально допустима швидкість різання:

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

Максимально допустима частота обертання фрези визначається за формулою (5) [1.7]:

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

Максимально допустима частота обертання фрези діаметром $D = 12 \text{ мм} = 0,012 \text{ м}$:

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

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

Швидкість поздовжнього переміщення стола горизонтально-фрезерного верстата, на якому встановлено деталь, визначається за формулою [8] (мм/хв.):

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

де S_z – поздовжня подача; $S_z = 0,4 \text{ мм/зуб}$;

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

z – ефективна кількість зубів фрези; для кінцевої шпонкової фрези $z = 2$ (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 $v = 800 \text{ (мм/хв.)} = 0,8 \text{ (м/хв.)}$.

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

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

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

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

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

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

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

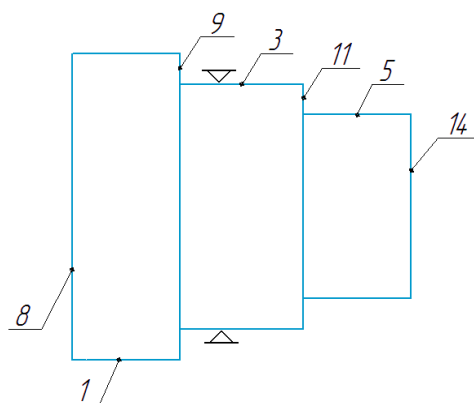
Приймаємо швидкість вертикального переміщення фрези при її врізанні на глибину різання $v_{вр} = 20$ (мм/хв.) = 0,02 (м/хв.).

Таблиця 1.43 - Режими різання для операції 26

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 пластиною T15K6 (позиція 1).

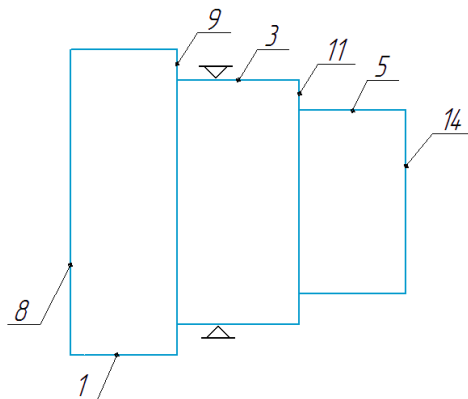


Позиція 1

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 (позиція 2): 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.

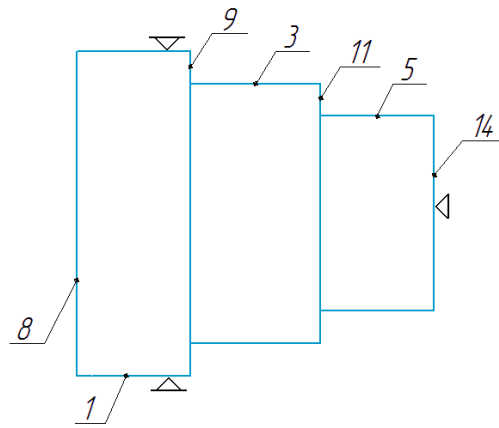


Позиція 2

Операція 3. Чорнове точіння поверхні 3 на довжину 93 мм прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною Т15К6.

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

Технологічний перехід 2. Чорнове точіння поверхні 3 на довжину 93 мм прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною Т15К6. Режими різання: $t = 2$ мм; поздовжня подача $S = 0,3$ мм/об.; $n = 900$ об/хв. (попередньо переключити частоту обертання патрону верстата зі 170 до 900 об/хв.).

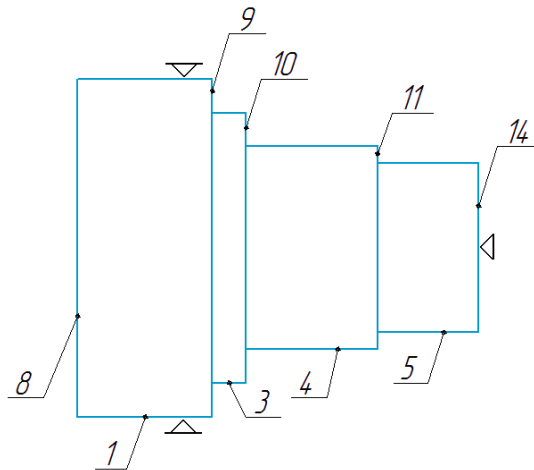


Позиція 3

Операція 4. Чорнове точіння поверхні 4 на довжину 90 мм прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною T15K6. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по необробленій поверхні 1, а з правої сторони підпирається конусом Морзе по центрувальному отвору (позиція 4).

Технологічний перехід 1. Чорнове точіння поверхні 4 на довжину 90 мм. Режими різання: $t = 2$ мм; поздовжня подача $S = 0,3$ мм/об.; $n = 900$ об/хв.

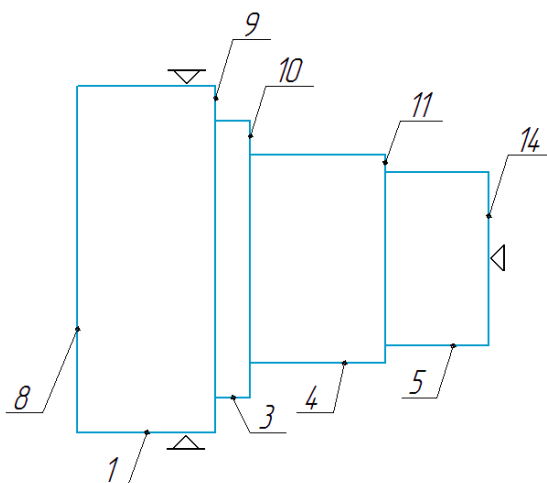
Технологічний перехід 2. Чорнове точіння поверхні 4 на довжину 90 мм. Режими різання: $t = 2$ мм; поздовжня подача $S = 0,3$ мм/об.; $n = 900$ об/хв.



Позиція 4

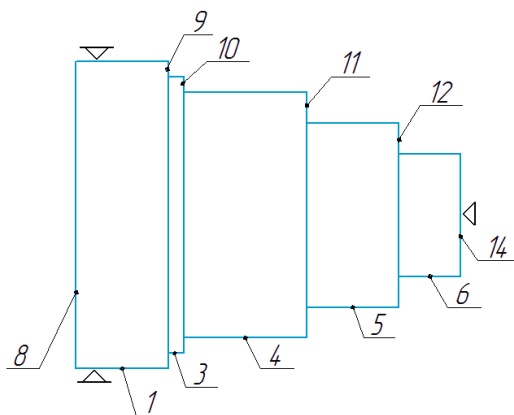
Операція 5. Чорнове точіння поверхні 5 на довжину 80 мм прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною T15K6. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по необробленій поверхні 1, а з правої сторони підпирається конусом Морзе по центрувальному отвору (позиція 5).

Технологічний перехід 1. Чорнове точіння поверхні 5 на довжину 80 мм.
Режими різання: $t = 1,5$ мм; поздовжня подача $S = 0,3$ мм/об.; $n = 900$ об/хв.



Позиція 5

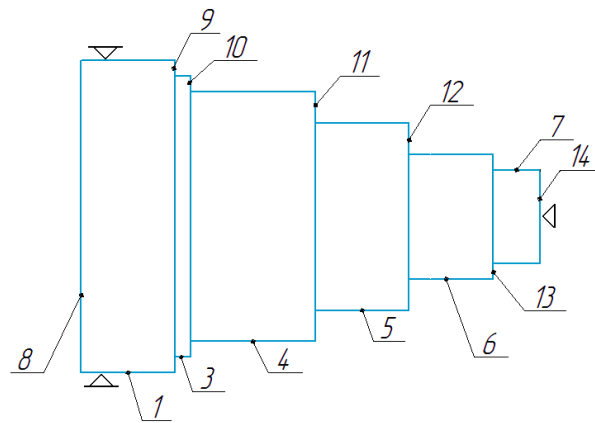
Операція 6. Чорнове точіння поверхні 6 на довжину 66 мм прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною T15K6. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по необробленій поверхні 1, а з правої сторони підпирається конусом Морзе по центрувальному отвору (позиція 6).



Позиція 6

Технологічний перехід 1. Чорнове точіння поверхні 6 на довжину 66 мм.
Режими різання: $t = 1,5$ мм; поздовжня подача $S = 0,3$ мм/об.; $n = 900$ об/хв.

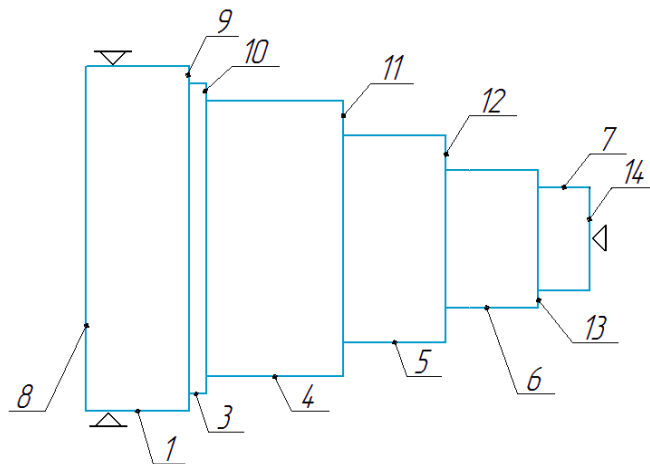
Операція 7. Чорнове точіння поверхні 7 на довжину 46 мм прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною T15K6. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по необробленій поверхні 1, а з правої сторони підпирається конусом Морзе по центрувальному отвору (позиція 7).



Позиція 7

Технологічний перехід 1. Чорнове точіння поверхні 7 на довжину 46 мм.
Режими різання: $t = 2$ мм; поздовжня подача $S = 0,3$ мм/об.; $n = 900$ об/хв.

Операція 8. Чистове точіння поверхні 4 на довжину 90 мм прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною T15K6. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по необробленій поверхні 1, а з правої сторони підпирається конусом Морзе по центрувальному отвору (позиція 8).



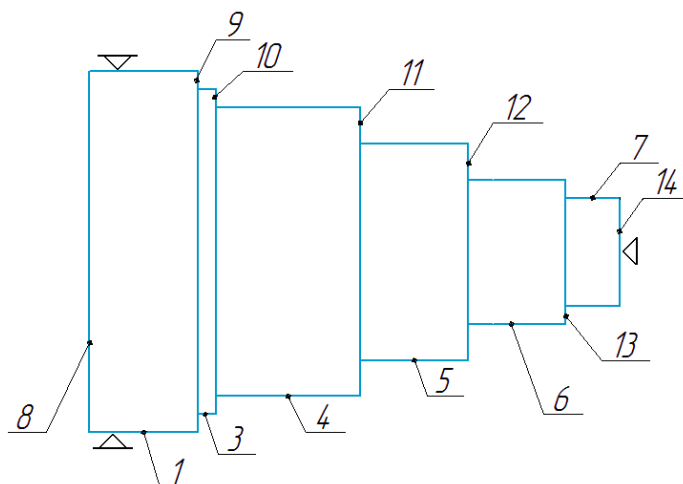
Позиція 8

Технологічний перехід 1. Чистове точіння поверхні 4 на довжину 90 мм.
Режими різання: $t = 0,6$ мм; поздовжня подача $S = 0,2$ мм/об.; $n = 1400$ об/хв.
(попередньо змінити поздовжню подачу з 0,3 мм/об на 0,2 мм/об та частоту обертання деталі з 900 об/хв. а 1400 об/хв.).

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

передньо змінити поздовжню подачу з 0,2 мм/об на 0,12 мм/об).

Операція 9. Чистове точіння поверхні 5 на довжину 14 мм прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною T15K6. Деталь закріплюється у патроні токарського верстата по поверхні 1 та підпирається конусом Морзе зі сторони задньої бабки (позиція 9).

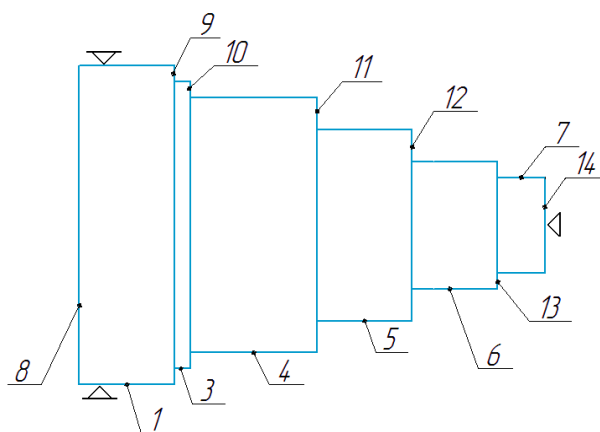


Позиція 9

Технологічний перехід 1. Чистове точіння поверхні 5 на довжину 14 мм. Режими різання: $t = 0,6$ мм; поздовжня подача $S = 0,2$ мм/об.; $n = 1400$ об/хв.

Технологічний перехід 2. Тонке точіння поверхні 5 на довжину 14 мм. Режими різання: $t = 0,4$ мм; поздовжня подача $S = 0,12$ мм/об.; $n = 1400$ об/хв.

Операція 10. Чистове точіння поверхні 6 на довжину 20 мм прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною T15K6. Деталь закріплюється у патроні токарського верстата по поверхні 1 та підпирається конусом Морзе зі сторони задньої бабки (позиція 10).

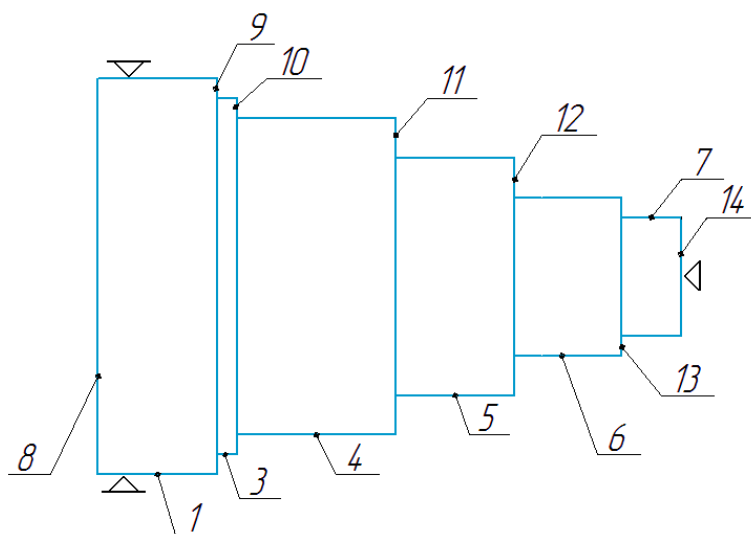


Позиція 10

Технологічний перехід 1. Чистове точіння поверхні 6 на довжину 20 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 20 мм. Режими різання: $t = 0,4$ мм; поздовжня подача $S = 0,12$ мм/об.; $n = 1400$ об/хв.

Операція 11. Чистове точіння поверхні 7 на довжину 46 мм прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною T15K6. Деталь закріплюється у патроні токарського верстата по поверхні 1 та підпирається конусом Морзе зі сторони задньої бабки (позиція 11).

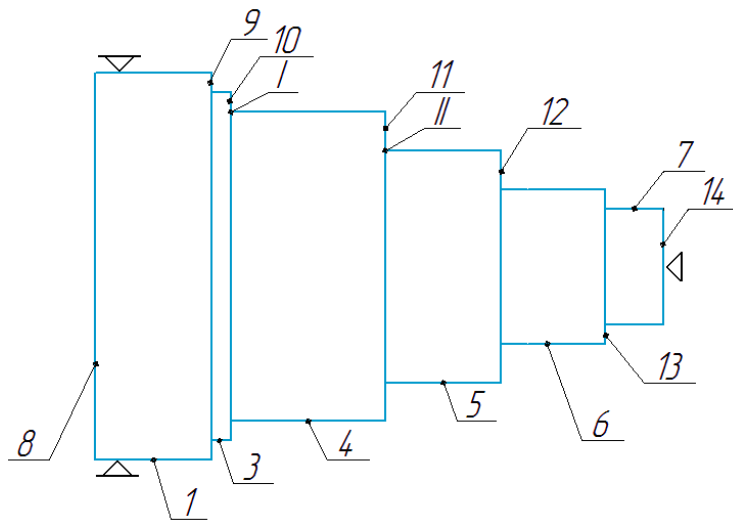


Позиція 11

Технологічний перехід 1. Чистове точіння поверхні 7 на довжину 46 мм. Режими різання: $t = 0,6$ мм; поздовжня подача $S = 0,2$ мм/об.; $n = 1400$ об/хв.

Технологічний перехід 2. Тонке точіння поверхні 7 на довжину 46 мм. Режими різання: $t = 0,4$ мм; поздовжня подача $S = 0,12$ мм/об.; $n = 1400$ об/хв.

Операція 12. Виконання проточок I та II відрізним різцем з твердосплавною пластиною T15K6 з шириною різальної кромки 4 мм та радіусом заокруглення 0,25 мм. Деталь закріплюється у патроні токарського верстата по поверхні 1 та підпирається конусом Морзе зі сторони задньої бабки (позиція 12).

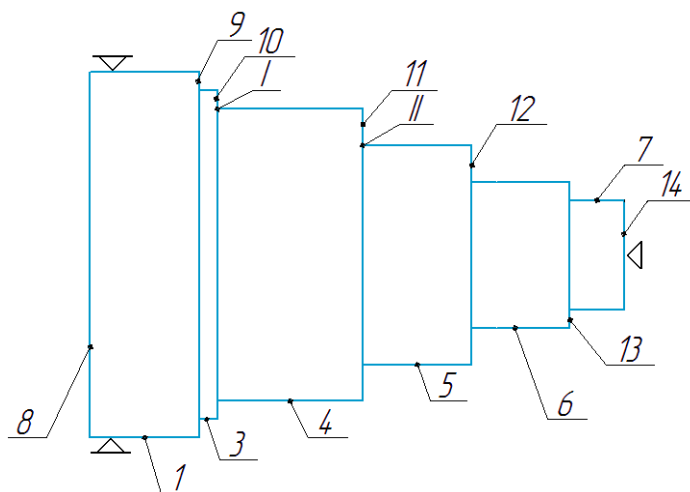


Позиція 12

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

Технологічний перехід 2. Виконання проточок I та II. Режими різання: $t = 2$ мм; поперечна подача $S = 0,15$ (мм/об.); $n = 900$ (об/хв.).

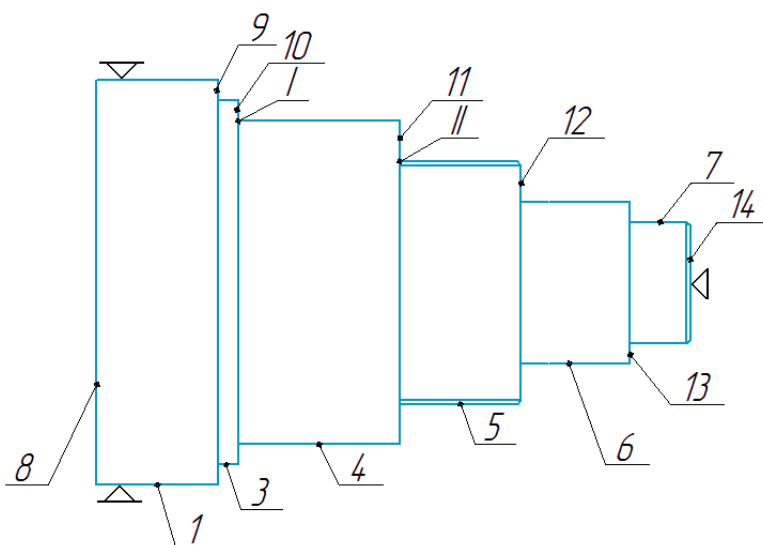
Операція 13. Підрізання фасок на поверхнях 12 та 14 прохідним відігну- тим правим різцем з твердосплавною пластинною T15K6. Деталь закріплюється у патроні токарського верстата по поверхні 1 та підпирається конусом Морзе зі сторони задньої бабки (позиція 13). Режими різання: поздовжня подача $S = 0,12$ (мм/об.); $n = 900$ (об/хв.).



Позиція 13

Операція 14. Нарізання різьби M48x1,5 на поверхні 5 різьбовим різцем з твердосплавною пластинною T15K6 (позиція 14). Деталь закріплюється у патро-

ні токарського верстата по поверхні 1 та підпирається конусом Морзе зі сторони задньої бабки (позиція 14).



Позиція 14

Технологічний перехід 1. Заміна різця (встановлення різця для нарізання різьби).

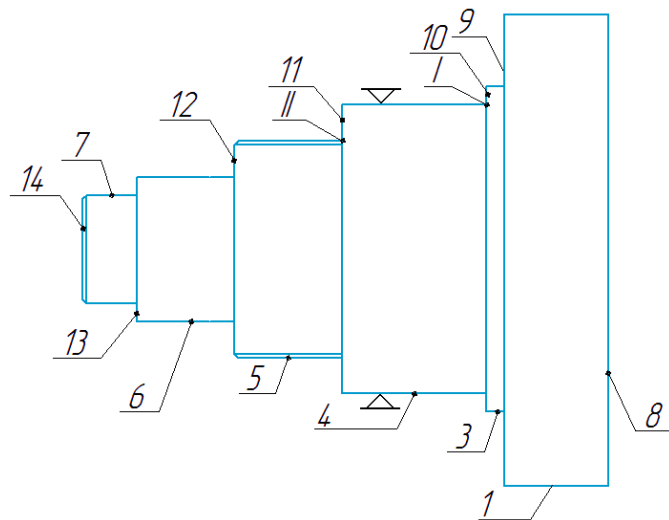
Технологічний перехід 2. Встановлення перемикача поздовжньої подачі у положення “нарізання різьби”. Встановлення стрілки лімба коробки подач у положення “1,5”.

Технологічний перехід 3. Виконання першого проходу. Режими різання: глибина врізання різця $t = 0,91$ (мм); $n = 200$ (об/хв.).

Технологічний перехід 4. Виконання другого проходу. Режими різання: глибина врізання різця $t = 0,91$ (мм); $n = 200$ (об/хв.).

Технологічний перехід 5. Виконання третього проходу. Режими різання: глибина врізання різця $t = 0,91$ (мм); $n = 200$ (об/хв.).

Операція 15. Торцювання поверхні 8 прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною T15K6. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по поверхні 4 (позиція 15).



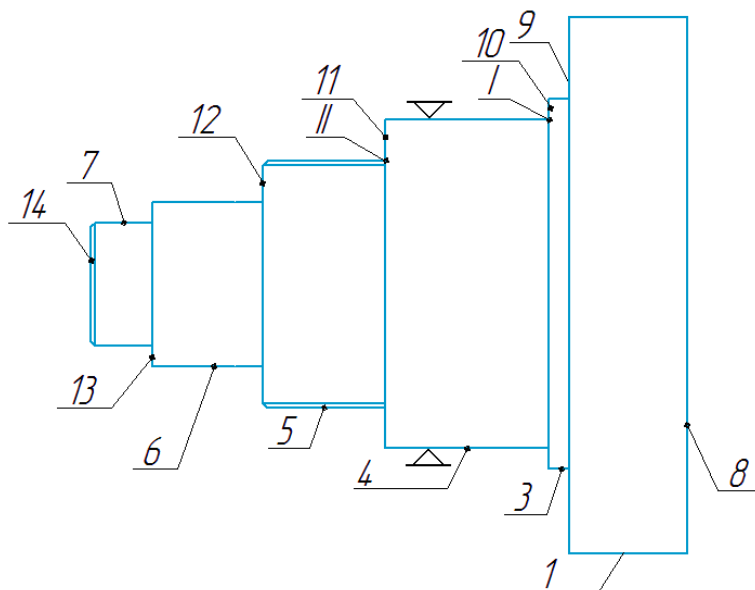
Позиція 15

Технологічний перехід 1. Встановлення деталі у патроні токарського верстата по поверхні 4.

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.); $n = 500$ (об/хв.).

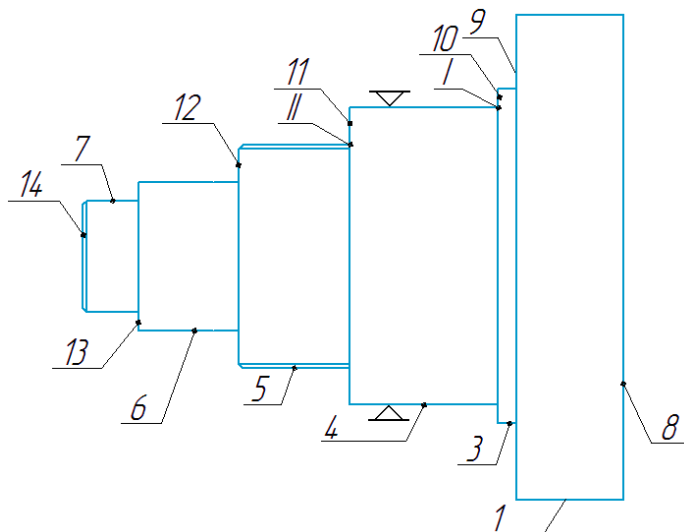
Операція 16. Чорнове точіння поверхні 1 прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною T15K6. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по поверхні 4 (позиція 16).



Позиція 16

Технологічний перехід 1. Чорнове точіння поверхні 1. Режими різання: $t = 2,22$ мм; поздовжня подача $S = 0,3$ (мм/об.); $n = 500$ (об/хв.).

Операція 17. Чистове точіння поверхні 1 прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною T15K6 до номінального діаметру 101,65 мм. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по поверхні 4 (позиція 17).



Позиція 17

Технологічний перехід 1. Чистове точіння поверхні 1 на усю довжину. Режими різання: $t = 0,6$ мм; поздовжня подача $S = 0,2$ мм/об.; $n = 700$ об/хв.

Технологічний перехід 2. Тонке точіння поверхні 1 на усю довжину. Режими різання: $t = 0,4$ мм; поздовжня подача $S = 0,12$ мм/об.; $n = 700$ об/хв.

Операція 18. Чорнове точіння поверхні 2 прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною T15K6. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по поверхні 4 (позиція 18).

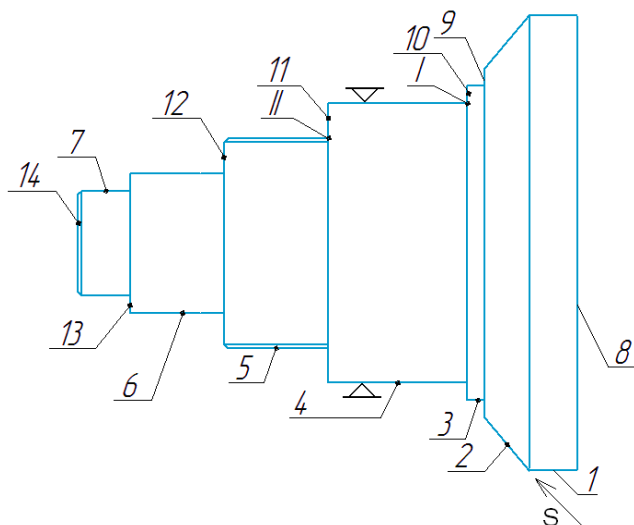
Технологічний перехід 1. Повернути верхній супорт разом з різцеутримувачем по годинниковій стрілці на кут, що дорівнює 45° , та зафіксувати у цьому положенні.

Технологічний перехід 2. Чорнове точіння поверхні 2. Режими різання: $t = 4$ мм; поздовжня подача $S = 0,2$ мм/об.; $n = 500$ об/хв.

Технологічний перехід 3. Чорнове точіння поверхні 2. Режими різання: $t = 3$ мм; поздовжня подача $S = 0,2$ мм/об.; $n = 500$ об/хв.

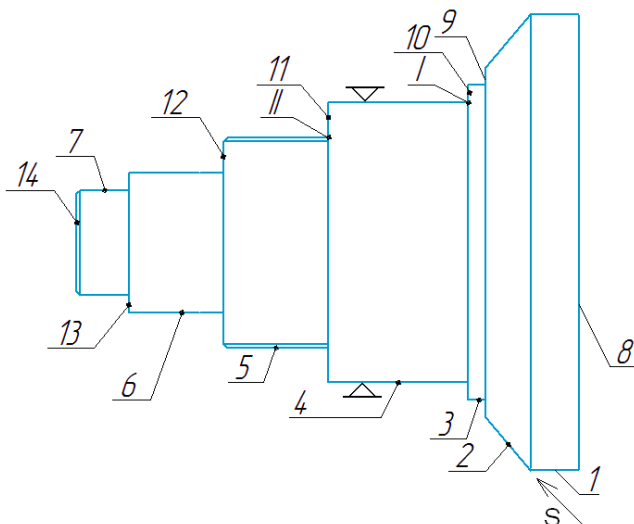
Технологічний перехід 4. Чорнове точіння поверхні 2. Режими різання: $t = 3$ мм; поздовжня подача $S = 0,2$ мм/об.; $n = 500$ об/хв.

Технологічний перехід 5. Чорнове точіння поверхні 2. Режими різання: $t = 3$ мм; поздовжня подача $S = 0,2$ мм/об.; $n = 500$ об/хв.



Позиція 18

Операція 19. Чистове точіння поверхні 2 прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною T15K6. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по поверхні 4 (позиція 19).

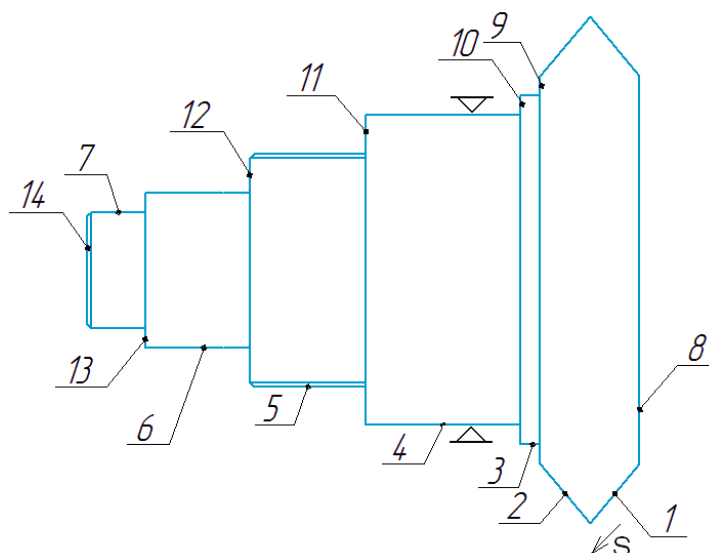


Позиція 19

Технологічний перехід 1. Чистове точіння поверхні 2. Режими різання: $t = 0,6$ мм; поздовжня подача $S = 0,2$ мм/об.; $n = 700$ об/хв.

Технологічний перехід 2. Тонке точіння поверхні 2. Режими різання: $t = 0,4$ мм; поздовжня подача $S = 0,12$ мм/об.; $n = 700$ об/хв.

Операція 20. Чорнове точіння поверхні 1' прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною T15K6. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по поверхні 4 (позиція 20).



Позиція 20

Технологічний перехід 1. Повернути верхній супорт разом з різцеутримувачем проти годинникової стрілки на кут, що дорівнює $48^{\circ}27'$, та зафіксувати у цьому положенні.

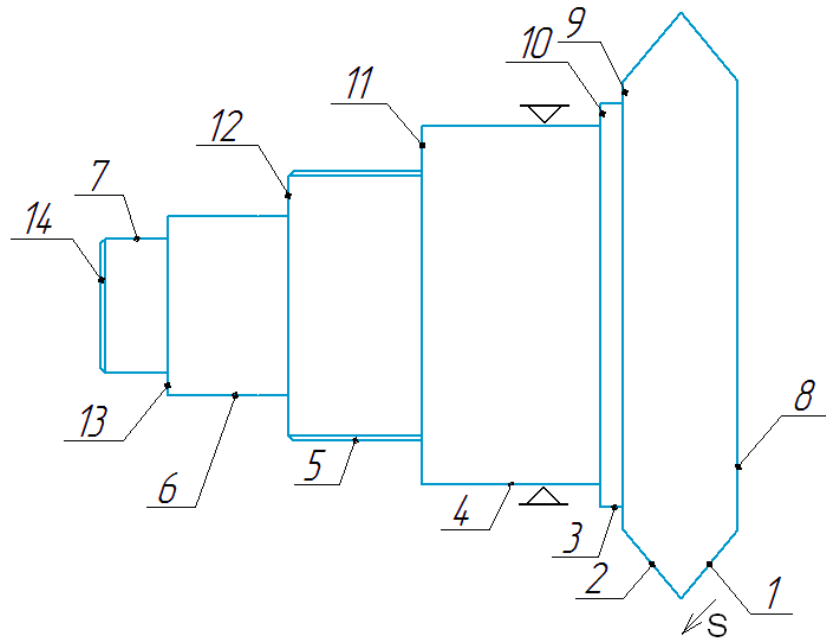
Технологічний перехід 2. Чорнове точіння поверхні 1'. Режими різання: $t = 4$ мм; поздовжня подача $S = 0,2$ мм/об.; $n = 500$ об/хв.

Технологічний перехід 3. Чорнове точіння поверхні 1'. Режими різання: $t = 3,3$ мм; поздовжня подача $S = 0,2$ мм/об.; $n = 500$ об/хв.

Технологічний перехід 4. Чорнове точіння поверхні 1'. Режими різання: $t = 3$ мм; поздовжня подача $S = 0,2$ мм/об.; $n = 500$ об/хв.

Технологічний перехід 5. Чорнове точіння поверхні 1'. Режими різання: $t = 3$ мм; поздовжня подача $S = 0,2$ мм/об.; $n = 500$ об/хв.

Операція 21. Чистове точіння поверхні 1' прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною T15K6. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по поверхні 4 (позиція 21).



Позиція 21

Технологічний перехід 1. Чистове точіння поверхні 1'. Режими різання: $t = 0,6$ мм; поздовжня подача $S = 0,2$ мм/об.; $n = 700$ об/хв.

Технологічний перехід 2. Тонке точіння поверхні 1'. Режими різання: $t = 0,4$ мм; поздовжня подача $S = 0,12$ мм/об.; $n = 700$ об/хв.

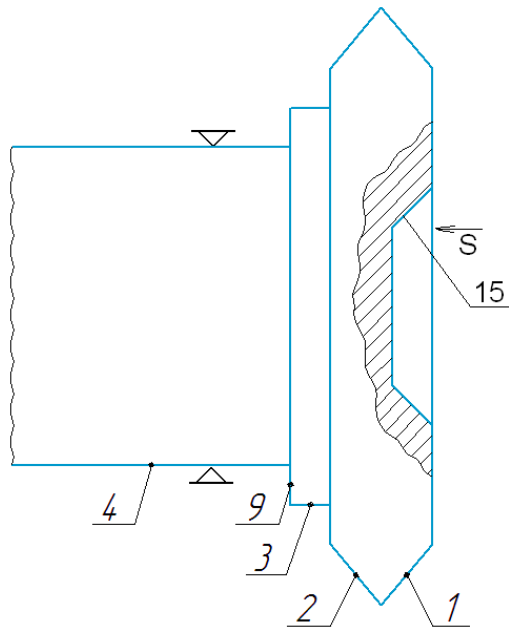
Операція 22. Підрізання фаски на поверхні 15 прохідним відігнутих правим різцем з твердосплавною пластиною T15K6. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по поверхні 4 (позиція 22).

Технологічний перехід 1. Встановлення верхнього супорту з різцеутримувачем у вихідне положення (0°).

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

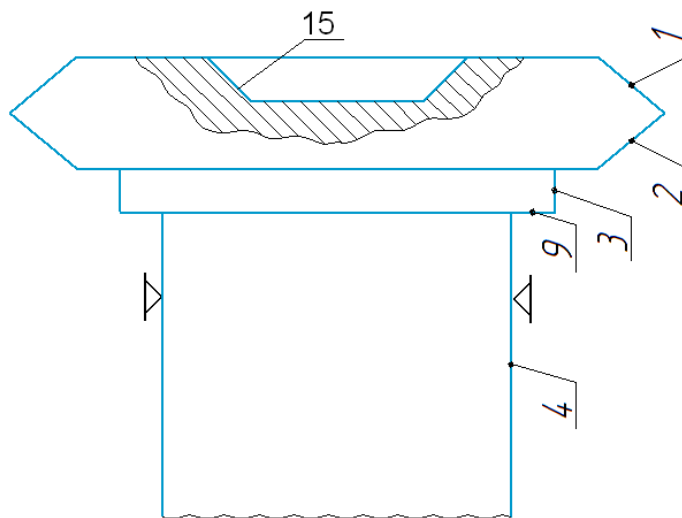
Технологічний перехід 3. Підрізання фаски на поверхні 15. Режими різання: поздовжня подача $S = 0,12$ (мм/об.); $n = 700$ (об/хв.).

Технологічний перехід 4. Зняття деталі.



Позиція 22

Операція 23. Зубофрезерна операція. Деталь встановлюється вертикально по поверхні 4 (позиція 23).



Позиція 23

Технологічний перехід 1. Встановлення деталі по поверхні 4.

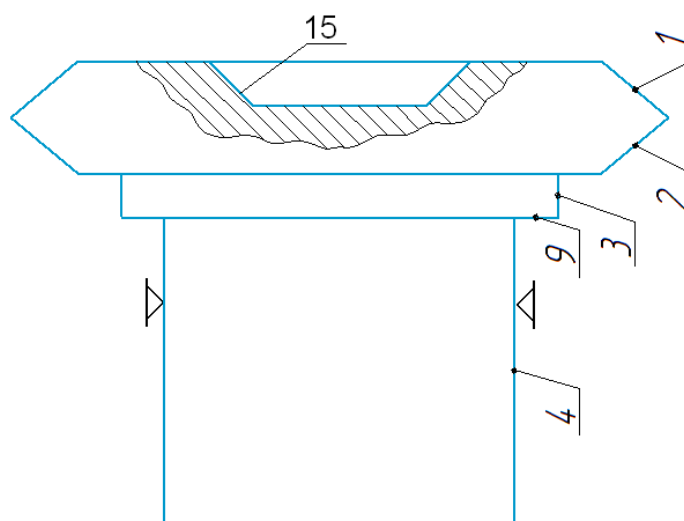
Технологічний перехід 2. Виконання першого проходу нарізання зубів. Глибина різання 3 мм. Швидкість обертання деталі 250 (об/хв.).

Технологічний перехід 3. Виконання другого проходу нарізання зубів. Глибина різання 3 мм. Швидкість обертання деталі 250 (об/хв.).

Технологічний перехід 4. Виконання першого проходу нарізання зубів. Глибина різання 3 мм. Швидкість обертання деталі 250 (об/хв.).

Технологічний перехід 5. Зняття деталі.

Операція 24. Шевінгування зубів. Деталь встановлюється вертикально по поверхні 4 (позиція 24).



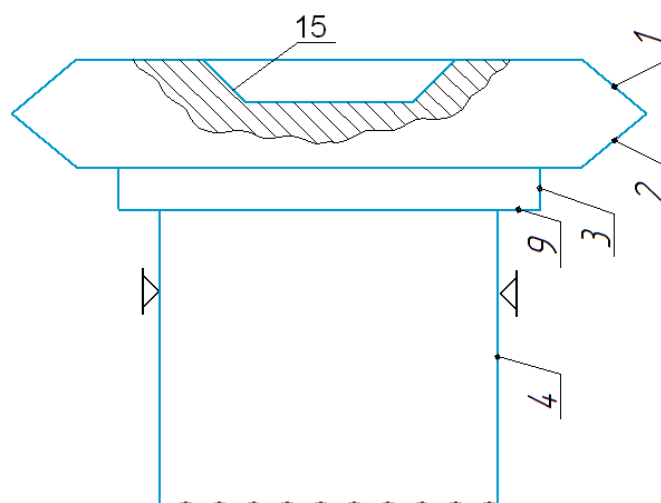
Позиція 24

Технологічний перехід 1. Встановлення деталі по поверхні 4.

Технологічний перехід 2. Шевінгування зубів за один прохід. Глибина різання 0,2 мм. Швидкість обертання деталі 250 (об/хв.).

Технологічний перехід 3. Зняття деталі.

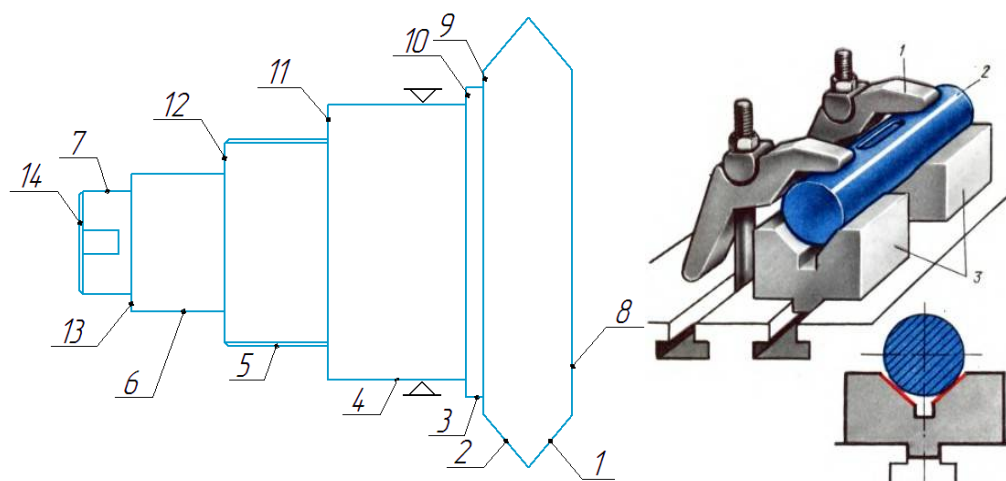
Операція 25. Шліфування зубів. Деталь встановлюється вертикально по поверхні 4 (позиція 25).



Позиція 25

Операція 26. 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.

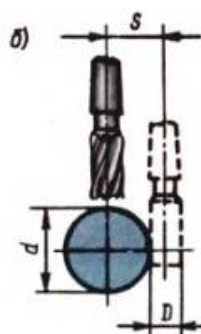
Технологічний перехід 1. Встановлення деталі на призми по поверхні 4 (позиція 26).



Позиція 26

Позначення на схемі справа: 1 – затискачі; 2 – деталь; 3 – призми

Технологічний перехід 2. Встановлення фрези у діаметральній площині вала (позиція 27). Спочатку фреза підводиться до вала до забезпечення дотику її торцевої поверхні з поверхнею вала (на позиції 27 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.



Позиція 27. Встановлення фрези у діаметральній площині вала

Технологічний перехід 3. Врізання фрези у деталь та виконання проходу

№ 1. Режими різання:

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

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

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

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

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

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

Технологічний перехід 4. Врізання фрези у деталь та виконання проходу

№ 2. Режими різання:

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

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

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

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

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

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

Технологічний перехід 5. Врізання фрези у деталь та виконання проходу

№ 3. Режими різання:

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

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

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

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

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

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

Технологічний перехід 6. Врізання фрези у деталь та виконання проходу

№ 4. Режими різання:

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

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

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

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

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

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

Технологічний перехід 7. Врізання фрези у деталь та виконання проходу

№ 5. Режими різання:

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

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

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

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

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

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

Технологічний перехід 8. Врізання фрези у деталь та виконання проходу

№ 6. Режими різання:

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

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

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

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

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

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

Технологічний перехід 9. Врізання фрези у деталь та виконання проходу

№ 7. Режими різання:

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

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

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

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

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

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

Технологічний перехід 10. Врізання фрези у деталь та виконання проходу

№ 8. Режими різання:

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

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

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

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

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

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

Технологічний перехід 11. Врізання фрези у деталь та виконання проходу

№ 9. Режими різання:

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

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

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

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

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

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

Технологічний перехід 12. Врізання фрези у деталь та виконання проходу

№ 10. Режими різання:

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

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

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

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

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

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

Технологічний перехід 13. Врізання фрези у деталь та виконання проходу

№ 11. Режими різання:

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

Глибина різання: $t = 0,2$ 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-шестерен

1.6.1 Технологія термічної обробки

Графік режиму термічної обробки валів-шестерен наведено на рис. 1.9. Вали нагрівають до температури гартування 820°C , витримують при цій температурі 15 хвилин і охолоджують у воді. Після гартування вали відпускають при температурі 550°C . Тривалість витримки валів при 550°C – 30 хвилин.

Вихідна структура валів-шестерен – дрібнозернистий перліт + ферит (рис. 10). Ця структура утворюється після нормалізації валів-шестерен перед механічною обробкою. При нагріванні до температури гартування (820°C) протікає

повна фазова перекристалізація і утворюється дрібнозернистий аустеніт (А). У процесі гартування валів із дрібнозернистого аустеніту утворюється дрібногочастий мартенсит гарту (M_{Γ}) (рис. 1.11). У процесі відпуску мартенсит гарту (M_{Γ}) розпадається, і утворюється сорбіт відпуску (рис. 1.12). Сорбіту відпуску відповідає твердість 28 - 30 HRC.

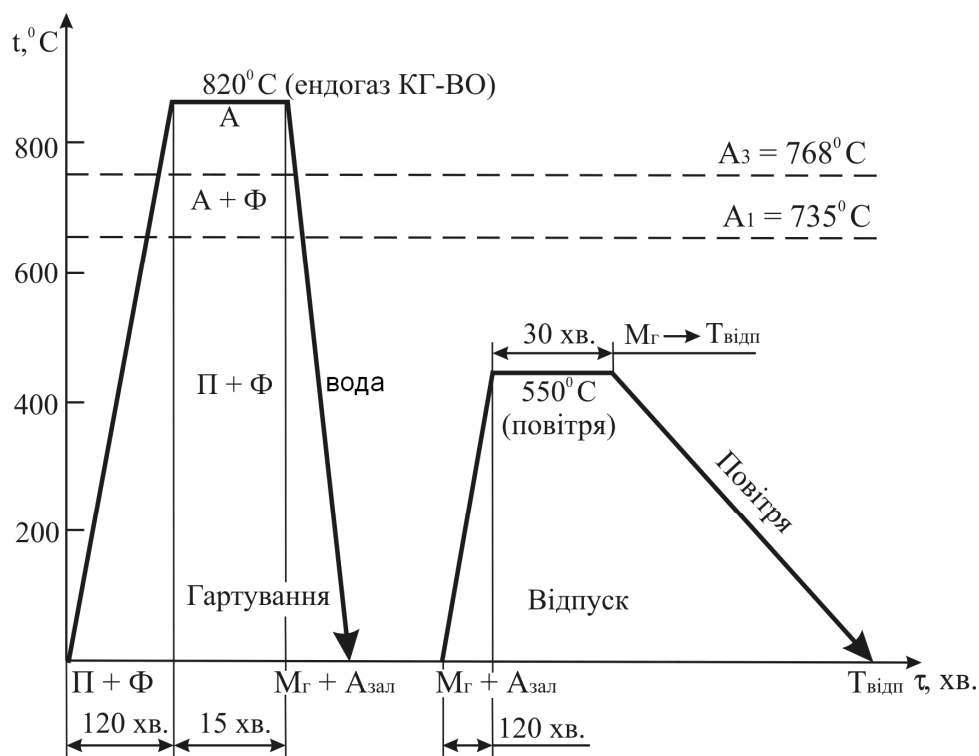


Рисунок 1.9 - Графік режиму термічної обробки валів-шестерен із сталі 45

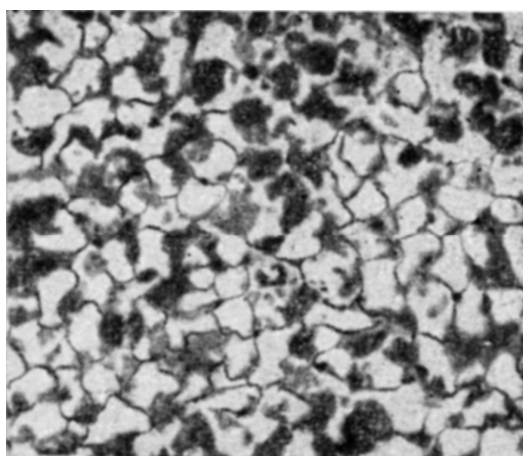


Рисунок 1.10 - Вихідна дрібнозерниста структура валів-шестерен після нормалізації: перліт + ферит, $\times 300$

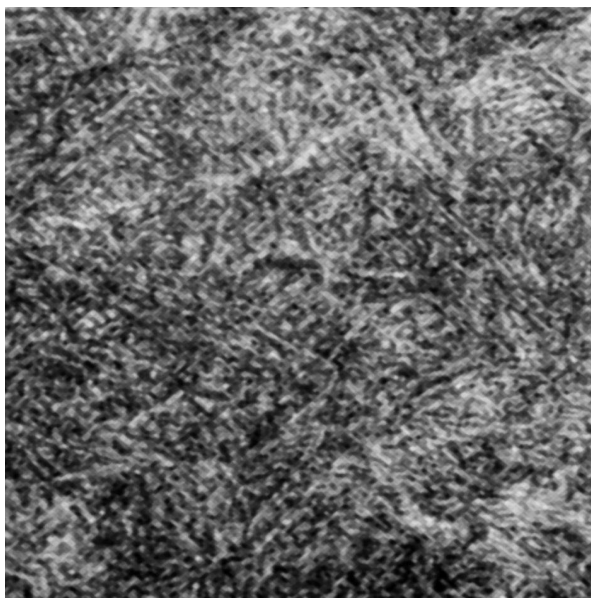


Рисунок 1.11 - Мікроструктура валів-шестерен після гартування від температури 820°C: дрібноголчастий мартенсит, $\times 500$

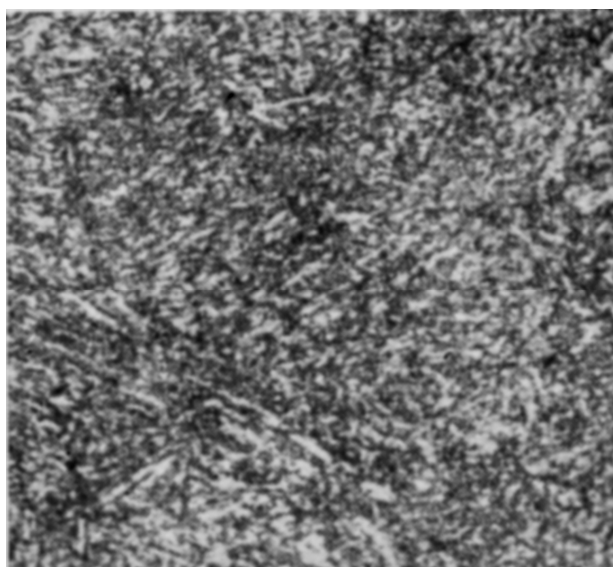


Рисунок 1.12 - Мікроструктура валів-шестерен після відпуску при температурі 550°C протягом 30 хвилин: сорбіт відпуску, $\times 500$

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

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

1. Завантаження валів-шестерен 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-шестерен до температури гартування – 820°C.
3. Витримка валів-шестерен 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-шестерен до температури відпуску – 550°C.
10. Витримка валів-шестерен в пічі при температурі 550°C (30 хвилин).
11. Вивантаження піддону з валами з відпускної пічі. Охолодження валів разом з піддоном на повітрі.

1.6.2 Контроль якості термічної обробки

Перелік дефектів, що виникають при термічній обробці валів-шестерен, наведено в табл. 1.13 Найбільш поширеними є дефекти, викликані порушенням режимів нагрівання або охолодження:

1. Зовнішні та внутрішні тріщини виникають при неправильно обраному охолоджувальному середовищі або при перегріві сталі вище оптимальної температури гартування.
2. Знеуглецьований шар – дефект, викликаний вигоранням вуглецю в поверхневих шарах металу. Призводить до пониження твердості і втомної міцності. Знеуглецьований шар утворюється при нагріванні сталі в окислювальному середовищі.

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

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

Таблиця 1.44 - Таблиця дефектів термічної обробки валів-шестерен

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 відпускової печі; збільшити час витримки деталей при температурі відпуску	Повторний відпуск

5. Недовідпуск – надмірно висока твердість відпущеної після гартування сталі. Недовідпущена сталь має трооститну або троосто-мартенситну структуру (рис. 14).

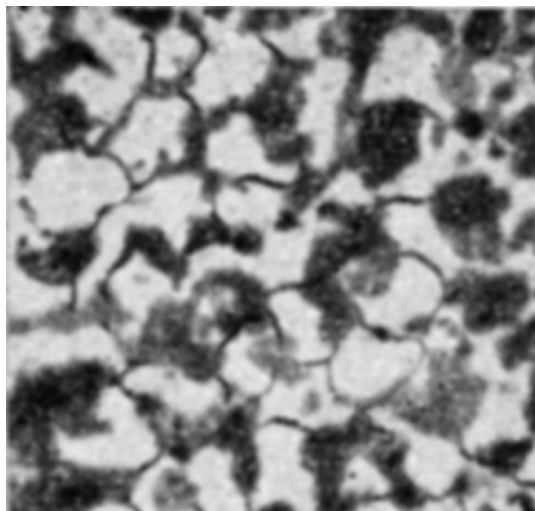


Рисунок 1.13 - Крупнозерниста мікроструктура сталі 45 при перегріві і наступному повільному охолодженні: перліт + ферит, $\times 300$

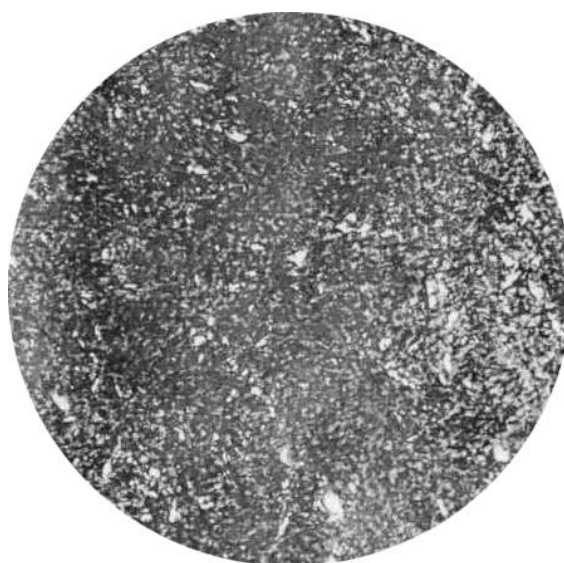


Рисунок 1.14 - Неякісно відпущена сталь 45 з трооститною структурою, $\times 200$

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

2.1 Методика розрахунку зусилля закріплення деталі

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

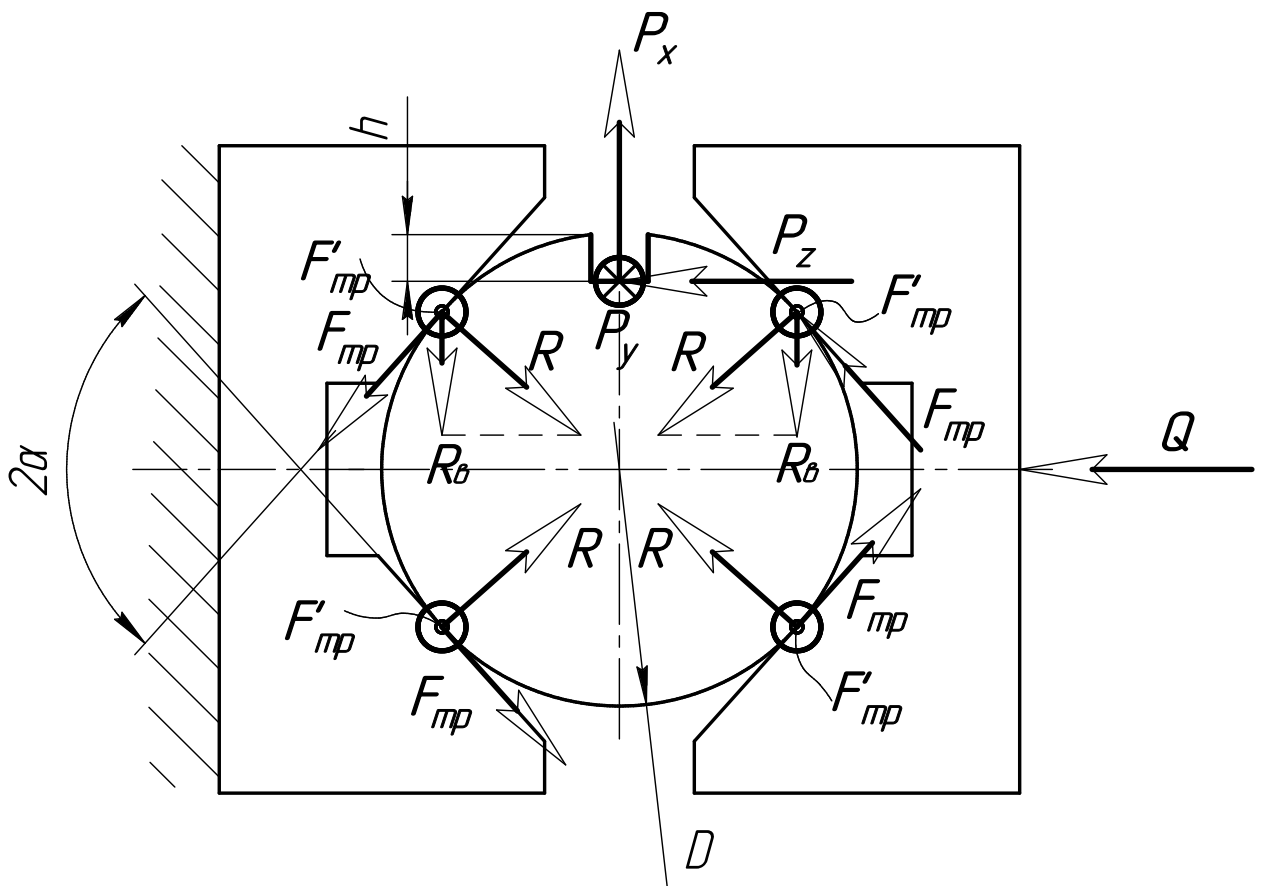


Рисунок 2.1 - Розрахункова схема для визначення зусилля закріплення деталі при фрезеруванні шпонкового пазу кінцевою фрезою

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

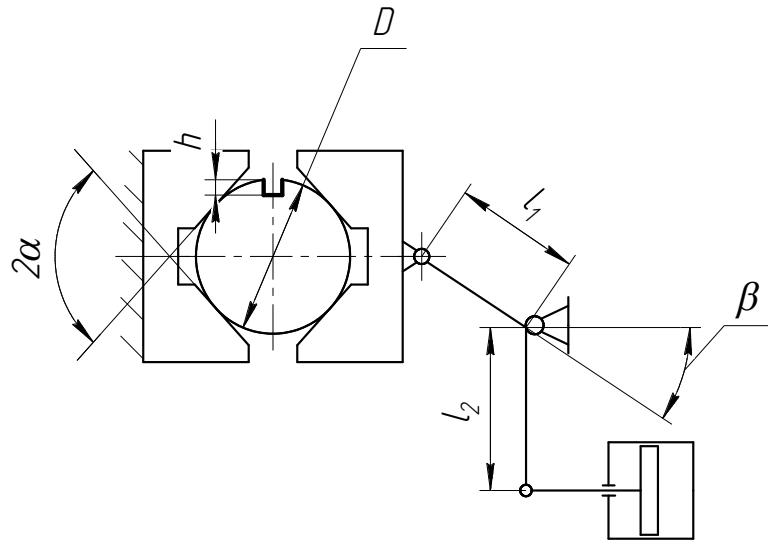


Рисунок 2.2 - Принципова схема механізованого пристосування для фрезерування шпонкового пазу кінцевою фрезою

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

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

$$P_y = 4F'_{тр}$$

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 :

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

де f – коефіцієнт тертя.

Звідки

$$Q_y = \frac{P_y \sin \alpha}{2 \cdot f}. \quad (2.1)$$

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 $D/2$. Рів-

няння для розрахунку складової зусилля закріплення Q_z можна отримати з рівняння рівноваги моментів:

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

Звідки

$$Q_z = \frac{P_x \sin\alpha(D/2 - h)}{2 \cdot f \cdot D}, \quad (2.2)$$

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

$$P_x = 2Q_v.$$

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

$$Q_v = \frac{Q}{2} \operatorname{tg}\alpha.$$

Тоді

$$P_x = 2 \frac{Q_x}{2} \operatorname{tg}\alpha = Q_x \operatorname{tg}\alpha,$$

Звідки

$$Q_x = P_x / \operatorname{tg}\alpha. \quad (2.3)$$

Сумарне зусилля закріплення визначається за формулою:

$$Q = \sqrt{Q_x^2 + Q_z^2 + Q_y^2} \cdot K. \quad (2.4)$$

де K – коефіцієнт запасу для зусилля закріплення.

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6,$$

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).

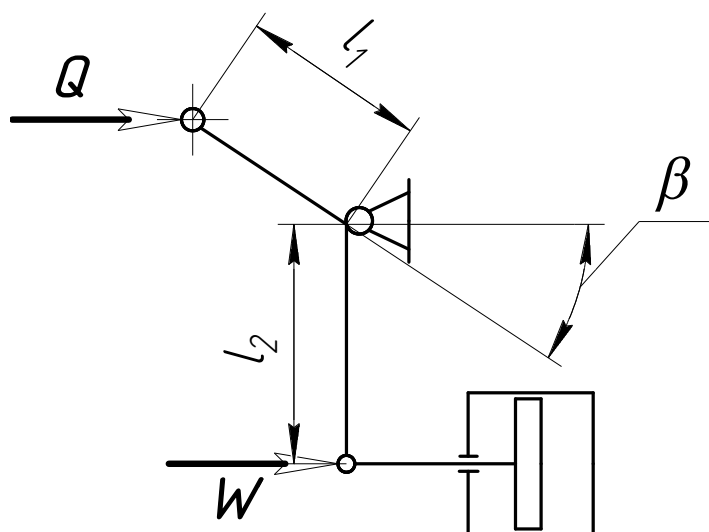


Рисунок 2.3 - Розрахункова схема для визначення зусилля на приводі

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

$$Ql_1 \sin \beta = Wl_2,$$

Звідки

$$W = Ql_1 \sin \beta / l_2. \quad (2.5)$$

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:

$$P_y = [(10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot b^u \cdot z) / (D^q \cdot n^w)] \cdot K_p, \quad (2.6)$$

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

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

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

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

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

D – діаметр фрези, мм; $D = 16$ мм;

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

K_p – поправочний коефіцієнт [4].

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

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

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

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

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

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

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

Поправочний коефіцієнт K_p визначається по формулі:

$$K_p = K_{\mu p} \cdot K_{v p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\phi p}$$

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

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

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

$K_{\gamma p} = 1,3$ [4]; $K_{\phi p} = 1,0$ [4].

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

Складова сили різання P_y :

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

Складова сили різання P_x :

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

Приймаємо $P_x = 0,4 P_y$.

$$P_x = 428 \text{ (Н)}.$$

Складова сили різання P_z :

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

Приймаємо $P_z = 0,3 P_y$.

$$P_z = 321,6 \text{ (Н)}.$$

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

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

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

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

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 складних поверхонь - як внутрішніх, так і зовнішніх, а так само для нарізування різьблення. Для обробки торцевих поверхонь заготовок застосовуються різноманітні різці, розгортки, свердла, зенкери, а так само плашки і мітчики.

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

Таблиця 3.1 - Технічні характеристики токарно-гвинторізного верстата 16К20П

Параметр	Чисельне значення
1	2
Діаметр обробки над станиною, мм	400
Діаметр обробки над супортом, мм	220
Відстань між центрами, мм	1000 / 1500
Клас точності по ГОСТ 8-82	П
Розмір внутрішнього конуса в шпинделі	Морзе 6 М80*
Кінець шпинделя по ГОСТ 12593-72	6К
Діаметр наскрізного отвору в шпинделі, мм	55
Максимальна маса заготовки, закріпленої в патроні, кг	300
Максимальна маса деталі, закріпленої в центрах, кг	1300
Число ступенів обертання шпинделя, шт.	23
Число ступенів частот зворотного обертання шпинделя	12
Межі частот прямого обертання шпинделя, хв ⁻¹	12,5 - 2000
Межі частот зворотного обертання шпинделя, хв ⁻¹	19 - 2420
Число ступенів поздовжніх подач	42
Число ступенів поперечних подач	42
Межі поздовжніх подач, мм / об.	0,7 - 4,16

Продовження таблиці 3.1

1	2
Межі поперечних подач, мм / об.	0,035 - 2,08
Число нарізаються метричних різьб	45
Число нарізаються дюймових різьблень	28
Число нарізаються модульних різьб	38
Число нарізаються пітчевих різьб	37
Число різьб Архімедова спіралі	5
Найбільший крутний момент, кН·м	2
Найбільше переміщення пінолі, мм	200
Поперечний зсув корпусу, мм	±15
Найбільше перетин різця, мм	25
Потужність електродвигуна головного приводу	10 кВт
Потужність електродвигуна приводу швидких переміщень супорта, кВт	0,75 або 1.1
Потужність насоса охолодження, кВт	0,12
Габаритні розміри верстата (Д x Ш x В), мм	2812 / 3200 x 1166 x 1324
Маса верстата, кг	3035

3.1.2 Верстат універсальний фрезерний 5E32

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

Технічні характеристики верстата:

1. Найбільший нарізаний модуль, мм:

- по чавуну – 8;

- по сталі – 6.

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

- з контр підтримкою – 450;

- без контр підтримки – 800

3. Найбільша ширина обробки групи зубчастих коліс, мм: 280.
4. Відстань між осями столу і фрези, мм: 30 - 480.
5. Відстань від площини столу до осі фрези, мм: 190 - 525.
6. Діаметр столу, мм: 475.
7. Габарити верстата, мм:
довжина – 2390;
ширина – 1310;
висота – 2080;
Вага верстата, кг: 4000.

3.1.3 Напівавтомат зубошевінговальні 5702

Верстати моделі 5702 призначені для чистової обробки (після фрезерування зубів і зняття фасок на торцях зубів) незагартована прямозубих і косозубих шестерень і зубчастих коліс.

Технічні характеристики верстата:

Найбільший діаметр оброблюваного виробу, мм: 125.

Найменший і найбільший модуль, мм: 0,3 / 1,5.

Найбільша довжина встановлюваного виробу, мм: 250.

Найбільша ширина вінця оброблюваного зубчастого колеса, мм: 40.

Межі частоти обертання деталі, об/ хв.: 100 - 630.

Межі осьових подач, мм / хв.: 32-310.

Потужність електродвигуна головного руху, кВт: 0,9.

Маса, кг: 1560.

Габарити, мм: 1450x870x1475.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

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

1 Вимоги безпеки перед початком роботи

1.1. Отримати завдання від керівника робіт.

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

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

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

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

1.6. Перевірити наявність та справність:

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

1.6.2. Заземлюючих пристроїв.

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

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

1.8. Перевірити на холостому ходу верстат.

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

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

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

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

1.9. Перевірити доброякісність ручного інструменту:

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

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

2 Вимоги безпеки під час виконання роботи

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

2.2. Перед встановленням фрези необхідно перевірити:

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

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

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

2.4. Встановлену і закріплену фрезу слід перевірити на биття. Радіальне і торцеве биття не повинно перевищувати 0,1 мм.

2.5. Оброблювану деталь встановлювати на верстаті правильно та надійно, щоб під час руху верстата була виключена можливість її вильоту або інші порушення технологічного процесу.

2.6. Деталь необхідно кріпити в місцях, які знаходяться найближче до оброблюваної поверхні.

2.7. Під час закріплення деталі за необроблені поверхні слід застосовувати лецата та пристосування з насічкою на затискних губках.

2.8. Під час застосування для кріплення деталей пневматичних, гідравлічних та електромагнітних пристосувань, необхідно ретельно оберігати від механічного пошкодження труби подачі повітря чи рідини, а також електропроводку.

2.9. Деталь до фрези надавати тоді, коли вона набере робочу швидкість обертання.

2.10. Під час заміни оброблюваної деталі чи при її вимірюванні фрезу необхідно відвести на безпечну відстань.

2.11. Раніше, ніж вийняти деталь з лецат, патрона чи затискних планок, слід зупинити верстат і відвести ріжучий інструмент.

2.12. Набір фрез встановлювати на оправку необхідно так, щоб їх зубці були розташовані в шаховому порядку.

2.13. Врізати фрезу в деталь слід поступово; механічну подачу включати до стикання деталі з фрезою. При ручній подачі не допускати різкого підвищення швидкості та глибини різання.

2.14. Під час фрезування не дозволяється вводити руку в небезпечну зону.

2.15. Неробочі частини фрези повинні бути огорожені. Працювати без огороження фрези забороняється.

2.16. Збірні фрези повинні мати пристрої, що запобігають вилітанню зубців під час роботи.

2.17. Забороняється застосовувати фрези, що мають тріщини, або поламані зубці.

2.18. Якщо відсутнє огороження робочої зони, слід працювати в захисних окулярах.

2.19. Під час обробки в'язких металів слід застосовувати фрези з стружколомами.

2.20. Отвір шпинделя, хвостовик оправки чи фрези, поверхню перехідної втулки перед встановленням в шпиндель необхідно ретельно очистити, видаливши задирки та протерти. Під час установки хвостовика інструменту в отвір шпинделя треба впевнитись, що він сідає щільно, без люфту.

2.21. Фрезерну оправку чи фрезу закріплювати в шпинделі ключем після включення коробки швидкості, щоб уникнути прокручування шпинделя.

2.22. Затискування та відтискування фрези ключем на оправці шляхом включення електродвигуна забороняється.

2.23. Під час зняття перехідної втулки, оправки чи фрези з шпинделя необхідно користуватися спеціальною виколоткою, підклавши на стіл верстата дерев'яну підкладку.

2.24. Фрезерувальнику забороняється:

2.24.1. Вмикати та вимикати (крім аварійних ситуацій) обладнання, робота на якому йому не доручалась.

2.24.2. Торкатися руками до обірваних та оголених проводів.

2.24.3. Знімати та встановлювати огорожі робочого інструменту при працюючому верстаті.

2.24.4. Торкатися руками частин верстата, що рухаються.

2.24.5. Виконувати самостійно ремонт електрообладнання верстата, заміну вимикачів, розеток, зіпсованих електрозапобіжників.

2.24.6. Навмисно виводити з ладу запобіжні та блокуючі пристрої верстата.

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

2.24.8. Залишати робоче місце при працюючому верстаті.

2.24.9. Одягатися та роздягатися біля працюючого верстата.

2.24.10. Працювати в рукавичках.

2.24.11. Працювати тупими, несправними фрезами та пристосуваннями.

2.24.12. Робити обміри оброблюваної деталі при працюючому верстаті.

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

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

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

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

2.24.17. Зберігати на робочому місці використаний замаслений матеріал.

2.24.18. Палити на робочому місці та приймати їжу.

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

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

2.24.21. Опиратися та сидіти на станині верстата.

3 Вимоги безпеки після закінчення роботи

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

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

3.3. Вимкнути місцеве освітлення та відключити верстат від електромережі.

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

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

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

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

ВИСНОВКИ

В ході виконання дипломної роботи був розроблений технологічний процес механічної обробки деталі «вал-шестерня», який заснований на використанні сучасного устаткування з ЧПУ, вживанні високопродуктивного ріжучого інструменту. З впровадженням нового способу здобуття заготовки методом об'ємного гарячого штампування, зменшилися припуски на обробку. Також було визначено штучно-калькуляційний час на кожну операцію і загальний час на виготовлення однієї деталі.

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

Розроблений маршрутно-операційний технологічний процес містить операції по обробці заготовки з розрахунком режимів різання, технологічного часу. 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, а також використання найсучаснішого обладнання та найефективніших технологій.

Для виконання дипломного проекту використовувалися такі програми як: Microsoft Word, Microsoft Excel, Mathcad 2000, КОМПАС 5.11.03, Microsoft PowerPoint.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. «Прогресивні ріжучі інструменти та режими Різання металів», Довідник / Під загальною ред. В.І. Баранчікова., М .: Машинобудування, 1990. р.
2. «Довідник технолога - машинобудівника». / Под ред. А.Г. Косілової і Р.К. Мещерякова. М .: Машинобудування, 1985 р. Т1, Т2.
3. «Абразивний и Діамантова обробка матеріалів». Довідник / Під Ред. О.М. Резнікова. М .: Машинобудування, 1977 р.
4. «Машинобудівні Сталі». Довідник. / За ред. В. Н. Журавльова та О. І. Ніколаєвої. М .: Машинобудування, 1990. р.
5. «Різання конструкційних матеріалів, ріжучі пристрої та верстати» / Під загальною ред. П.Г. Петрухи. М .: Машинобудування, 1974 р.
6. «Обробка металів різанням». Довідник технолога / Под ред. Г.А. Монахова. М .: Машинобудування, 1974 р.
7. А.А. Панов та ін «Обробка металів різанням». М .: Машинобудування, 1988 р.
8. «Технологія машинобудування» / Під загальною ред. А.М. Дальського. М .: Видавництва МГТУ ім. Н.Є. Баумана, 2001 г., Т1, Т2.
9. Ю.В. Барановський. Режимы різання металів. Довідник. Машинобудування. Тисячі дев'ятсот сімдесят два.
10. Довідник технолога - машинобудівника. У 2 - х т. З 74 Т1, 2 / Под ред. А.Г. Косілової і Р.К. Мещерянова. - і. е изд., перероб. і доп. М .: Машинобудування, 1985. 496 с.
11. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні: Навчальний посібник. – Київ: Вища школа, 1993. – 414 с.
12. Справочник технолога. В 2-х томах / Под ред. А.А. Панова, В.В. Аникина, Н.Г. Бойм, - 2-е изд., - М.: Машиностроение, 2004. - 784с., ил.
13. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологий машиностроения / Под общей ред. Ф.В. Новикова и А.В.Якимова. В десяти томах. – Т.9. «Проектирование технологических процессов в машиностроении». – Одесса: ОНПУ, 2005. – 584 с.

14. Ковальчук, Е.Р. Основы автоматизации машиностроительного производства / Е.Р. Ковальчук, М.Г. Косов, В.Г. Митрофанов и др. Под ред. Ю.М. Соломенцева,- 2-е изд., исп. - М.: Высшая школа, 1999. - 312 с., ил.
15. Безопасность жизнедеятельности. Учебник для вузов / Под общ. ред. С.В.Белова, 2-е изд., испр. И доп. - М.: Высшая школа, 1999.- 448 с., ил.
16. Харламов Г.А. Припуски на механическую обработку: Справочник / Г.А.Харламов, А.С.Тарапанов. – М.: Машиностроение, 2006. – 256 с.
17. 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.
18. ДСТ 14.201-83 Забезпечення технологічності конструкції виробів. Загальні вимоги.
19. ДСТУ 2232-93 Базування та бази в машинобудуванні. Терміни та визначення.
20. Методичні вказівки до виконання бакалаврських робіт освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр. Для студентів, що навчаються за напрямом підготовки 6.050503 – Машинобудування зі спеціальності – Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів / Уклад. Тараненко Г.В. – Сєвєродонецьк, СНУ ім. В. Даля, 2015. – 23 с.