

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ В.О. Залога

«_____» _____ 20__ р.

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ВИГОТОВЛЕННЯ КОРПУСА 117.124.06.000-07
ШЛЯХОМ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ
ОПЕРАЦІЇ КРУГЛОГО ШЛІФУВАННЯ**

Магістерська кваліфікаційна робота

Спеціальність *131 Прикладна механіка (Технології машинобудування)*

Студент

В. І. Таран

Керівник

І. М. Дегтярьов

Консультант з охорони праці
та безпеки в надзвичайних ситуаціях

В. В. Фалько

Нормоконтроль

О. В. Івченко

Суми – 2019

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка виконана на 112 сторінках, включає 22 рисунки, 28 таблиць, бібліографії із 35 джерел.

Процес шліфування є теплонапруженим процесом, тому необхідно регулювання рівня теплової напруженості в зоні шліфування шляхом використання нової технології правки абразивних кругів.

У роботі виконано:

- аналіз службового призначення машини, вузла та деталі;
- аналіз технічних вимог на виготовлення деталі;
- спроектована прогресивна заготовка з високим коефіцієнтом використання матеріалу;
- розроблено прогресивний технологічний процес виготовлення деталі;
- спроектовано верстатний пристрій для фрезерної операції;
- виконано науково дослідну частину присвячену підвищенню ефективності процесу шліфування.

Метою цієї роботи є підвищення ефективності круглого шліфування за рахунок застосування спеціальних верстатних пристроїв та управління параметрами зони контакту різальної поверхні круга з деталлю.

Об'єкт дослідження: технологічний процес оброблення деталі корпус.

Предмет дослідження: шліфувальна операція деталі корпус.

Наукова новизна: запропоновано підхід до заточування алмазних олівців для правки шліфувальних кругів, що дозволяють виконувати шліфування прогресивними методами.

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, КОРПУС, ШЛІФУВАННЯ, ВЕРСТАТНІ ПРИСТРОЇ, РЕЖИМ РІЗАННЯ

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка выполнена на 112 страницах, включает 22 рисунков, 28 таблиц, библиографии из 35 источников.

Процесс шлифовки является теплонапряженным процессом, поэтому необходимо регулирование уровня тепловой напряженности в зоне шлифования путем использования новой технологии правки абразивных кругов.

В работе выполнено:

- анализ служебного назначения машины, узла и детали;
- анализ технических требований на изготовление детали;
- спроектирована прогрессивная заготовка с высоким коэффициентом использования материала;
- разработан прогрессивный технологический процесс изготовления детали;
- спроектировано станочное устройство для фрезерной операции;
- выполнено научно исследовательскую часть посвященную повышению эффективности процесса шлифования.

Целью этой работы является повышение эффективности круглого шлифования за счет применения специальных станочных приспособлений и управления параметрами зоны контакта режущей поверхности круга с деталью.

Объект исследования: технологический процесс обработки детали корпус.

Предмет исследования: шлифовальная операция детали корпус.

Научная новизна: предложен подход к заточки алмазных карандашей для правки шлифовальных кругов, позволяющие выполнять шлифование прогрессивными методами.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, КОРПУС, ШЛИФОВАЛЬНЫЕ, СТАНОЧНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ, РЕЖИМ РЕЗАНИЯ

ABSTRACT

The explanatory note was made on 112 pages, includes 22 figures, 28 tables, bibliographies from 35 sources.

The grinding process is a heat-stressed process, therefore, it is necessary to regulate the level of thermal tension in the grinding zone by using new technology for dressing abrasive wheels.

In the work performed:

- analysis of the official purpose of the machine, unit and part;
- analysis of technical requirements for the manufacture of parts;
- a progressive blank with a high material utilization rate was designed;
- a progressive technological process for manufacturing the part has been developed;
- designed machine tool for milling operations;
- a scientific research part dedicated to improving the efficiency of the grinding process has been completed.

The purpose of this work is to increase the efficiency of circular grinding through the use of special machine tools and control the parameters of the contact zone of the cutting surface of the wheel with the part.

Object of study: technological process of processing parts.

Subject of research: grinding operation of the housing part.

Scientific novelty: an approach to sharpening diamond pencils for straightening grinding wheels is proposed, which allows grinding to be performed by progressive methods.

TECHNOLOGICAL PROCESS, BODY, ABRASIVE GRINDING, MACHINE TOOLS, CUTTING CONDITIONS

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Розділ 1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ.....	6
1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла деталі. Опис конструктивних особливостей деталі і умов експлуатації	6
1.2 Аналіз технічних умов та вимог до конструкції деталі. Визначення технологічних завдань щодо її виготовлення	10
1.3 Характеристика типу виробництва та організаційної форми виробництва	12
1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі	13
1.5 Аналіз базового або типового технологічного процесу.....	17
1.6 Висновки	20
РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ.....	21
2.1 Вибір оптимального маршруту оброблення деталі.....	21
2.2 Вибір та обґрунтування способу виготовлення вихідної заготовки	24
2.3 Розрахунок припусків на обробку поверхні обертання	28
2.4 Розмірний аналіз технологічного процесу для лінійних розмірів	31
2.5 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення	47
2.6 Вибір моделей металорізальних верстатів	54
2.7 Вибір верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів	57
2.8 Розрахунок режимів різання	61
2.9 Технічне нормування операцій.....	77

	3
2.10 Проектування верстатного пристрою	87
2.11 Висновки	99
РОЗДІЛ 3 НАУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ	101
Висновки	112
Список джерел посилань	113
ДОДАТОК А КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ	Ошибка! Закладка не определена.
ДОДАТОК Б ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	Ошибка! Закладка не определена.
Б.1. Аналіз шкідливих і небезпечних факторів на ділянці з виготовлення деталі.....	Ошибка! Закладка не определена.
Б.2. Розрахунок освітленості робочої зони, розрахунок природнього та штучного освітлення	Ошибка! Закладка не определена.
Б.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях..	Ошибка! Закладка не определена.
Б.4 Висновки.....	Ошибка! Закладка не определена.

ВСТУП

Актуальність теми. В даний час перед машинобудівної промисловістю стоїть завдання вдосконалення технологічних процесів механічної обробки та складання. Це завдання виникло через необхідність зробити виробництво машин більш економічніше, тобто більш ресурсозберігаючими, збільшити продуктивність праці шляхом застосування високопродуктивного автоматизованого обладнання, пристосувань з швидкодіючими затискними пристроями підвищення режимів обробки, максимального скорочення часу і так далі. Існує ще безліч різноманітних методів які спрямовані на оптимізацію технологічних процесів. Удосконалення технологічних методів становить зміст багатьох наукових робіт фахівців в області технології машинобудування.

Основні напрямки розвитку технології машинобудування наступні:

- вдосконалення існуючих та пошук нових високопродуктивних методів обробки, особливо для оздоблювальних операцій;
- комплексна механізація і автоматизація технологічних процесів на основі застосування автоматичних ліній, верстатів з ЧПУ, засобів активного контролю, прогресивних конструкцій оснастки;
- широке впровадження процесів пластичного деформування;
- створення принципово нових металорізальних верстатів та удосконалення використовуваних у виробництві;
- створення прогресивних інструментів, які використовують останні досягнення в галузі інструментального виробництва.

Деталь цього дипломного проекту є складовою частиною формувальної машини. Яка є кінцевою ланкою формування профілю готової продукції - білкової оболонки. Апарат працює безперервно і відчуває постійні навантаження. Тому тут віддається пріоритет щодо вдосконалення зносостійкості деталей, що мають контактні поверхні піддані тертю.

Метою дослідження є удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу 117.124.06.000-07 шляхом інтенсифікації операції круглого шліфуван-

ня.

Об'єкт дослідження – технологічний процес оброблення деталі корпус.

Предмет дослідження – шліфувальна операція деталі корпус.

Методи дослідження. Робота виконана з використанням сучасних положень теорії обробки матеріалів різанням, технології оброблення типових деталей та складання машин, математичного моделювання технологічних процесів та оснащення. Комп'ютерне моделювання в середовищі КОМПАС і чисельне моделювання в комплексі ANSYS.

Наукова новизна: запропоновано підхід до заточування алмазних олівців для правки шліфувальних кругів, що дозволяють виконувати шліфування прогресивними методами.

Практичне значення отриманих результатів для машинобудівної галузі полягає в практичному застосуванні конструкцій алмазних олівців при правці кругів для шліфування деталі при її виготовленні.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи магістра. Не має.

Публікації. Не має.

Структура й обсяг кваліфікаційної роботи магістра. Робота складається із вступу, трьох розділів, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 112 сторінок, у тому числі 22 рисунки, 28 таблиць, бібліографії із 35 джерел на чотирьох сторінках.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла деталі. Опис конструктивних особливостей деталі і умов експлуатації

Деталь «Корпус» 117.124.06.000-07, входить у вузол «Формувальна головка». Формувальна головка конкретно, стосується конструкції формуючої головки, яка є складовою частиною формуючої машини. Головка для формування білкової оболонки містить корпус з патрубком, що має втулку. У корпусі розташований нерухомий вал з поздовжнім отвором для подачі стисненого повітря. На нерухомому валу встановлені втулка, розташована з утворенням відносно втулки патрубка щілини для перекачування колагенової маси, і роторна втулка, поєднана з обоймою, на якій розташовані роликові конічні підшипники кочення і косозуба передача. Головка має систему підведення колагенової м'ясної маси, пов'язану з середньою частиною корпусу, і систему охолодження, при цьому головка забезпечена рухливими і нерухомими торцевими ущільненнями для маси і води, відповідно, встановленими в середній частині корпусу, і ущільненнями для води, розміщеними в його задній частині, а на роторній втулці виконані гвинтові канавки глибиною 0,8-0,9 мм, що мають кут нарізки 60 ± 2 град. Таким чином забезпечується підвищення продуктивності головки і необхідну кількість продукції, що випускається за рахунок повного захоплення колагенової маси для формування оболонки і виключення виносу зазначеної маси водою.

Формувальна головка складається з наступних частин:

- а) головного корпусу;
- б) середній частині з пристроєм для розподілу маси;
- в) холодильного барабана з розподілом води;
- г) обертового вала;
- д) нерухомого вала.

Початковою сировиною для цих оболонок служить гольовий спилок, одер-

жуваний говяжій шкіри, яка пройшла такі технологічні процеси:

1. Золення* гольового спилку;
2. Промивання сировини;
3. Сортування;
4. Кислотну обробку спилка;
5. Грубе подрібнення спилка;
6. Разволакніваніє спилка;
7. Охолодження разволокненого спилка (після цього спилку називають колагеновою масою);

* Золення - обробка гольового спилка гашеним вапном.

8. Перемішування колагенової маси з водою і дубильною рідиною;
9. Фільтрацію колагенової маси;
10. Охолодження колагенової маси.

Після проходження цього складного процесу обробки колагеновая маса під тиском підводиться в два розподільника, які прикріплені до холодильного барабану (5) формувальної головки і до середньої частини.

Кожен розподільник подає колагенову масу в шість або чотири труби, через які маса надходить в сопла (7). Сопла (7) угвинчені в середню частину. За соплам колагеновая маса направляється в межкруговую щілину, утворену спочатку втулкою середній частині і обертовим валом (21), а потім з нерухомим валом. З межкругової щілини маса виходить у вигляді нескінченного рукава, наповненого повітрям.

Повітря підводиться в оболонку через трубку, покладену в нерухомому валу, закінченому на рівні рухомого вала з втулкою (46). Взаємне з'єднання формуючої машини і формуючої головки здійснюється гумовим шлангом.

Охолодження формуючої головки забезпечують три холодильні системи:

А) перша охолоджуюча система служить для промивання формуючої маси. Охолоджуюча вода підводиться через гумову трубку (11) в барабан (5) далі по наконечнику в середній частині в скляну трубку (53) і в каналізацію;

Б) друга охолоджуюча система охолоджує середню частину, сопла і розподіл маси. Вода підводиться в охолоджуючий барабан (48, 49, 50), який в більшій частині заповнений водою. У середню частину вода надходить через сопло з втулкою (42). З холодильного барабана вода відводиться в каналізацію;

В) третя охолоджуюча система охолоджує так само середню обертову частину. Вода підводиться через гумовий шланг (54) і далі по трубці направляється в середню частину. Так само по трубках вода відводиться в каналізацію.4.

Основні характеристики формувальної машини TSC-4 (Чехія):

- Частота обертання формувального вала, об / хв - 1000;
- температура в повітряних каналах, °С - 70-75;
- тиск підводиться маси, МПа - 40 ... 50;
- Охолодження труться і підводиться маси - «крижана» вода, °С - +4 - +6;
- рівень шуму при номінальних режимах, дБ - 150;
- калібр, мм - 45;
- маса формовочної головки, кг - 2500;
- габаритні розміри - 4520x160x2800.

Корпус служить для передачі крутного моменту. Встановлений на двох підшипниках кочення (109), захищених манжетами (105). Зубчасте колесо (15) передає обертання від електродвигуна до ротора. На зовнішній поверхні ротора нарізається різьба, на яку нагвинчується наполеглива фланцева гайка, для забезпечення жорсткого закріплення підшипника і наступних деталей розташованих на роторі.

Частота обертання ротора 1000об / хв. Усередині корпус має виступаючий ділянку на якому розташовано 8 отворів, призначені для закріплення втулки.

Матеріал ротора сталь 40Х ГОСТ 4543-71.

Габаритні розміри ротора 155 88.

Класифікація поверхонь ротора (рисунок 1.1):

Поверхні 6, 27 - є основними конструкторськими базами, так як визначають

положення ротора в вузлі.

Поверхні 2, 3, 8, 9, 10, 11, 12, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23-є допоміжними конструкторськими базами, так як ці поверхні визначає положення всіх приєднуються деталей до ротора.

Поверхня 7,8,9 - є виконавчої, так як саме вона виконує безпосередню функцію самої деталі у вирібі.

Поверхні 1, 2, 4, 5, 13,14, 15, 16, 24, 25, 26-є вільними, так як вони не стикаються з іншими поверхнями і не виконують функцій деталі, а тільки визначають розміри, масу, твердість і інші параметри деталі.

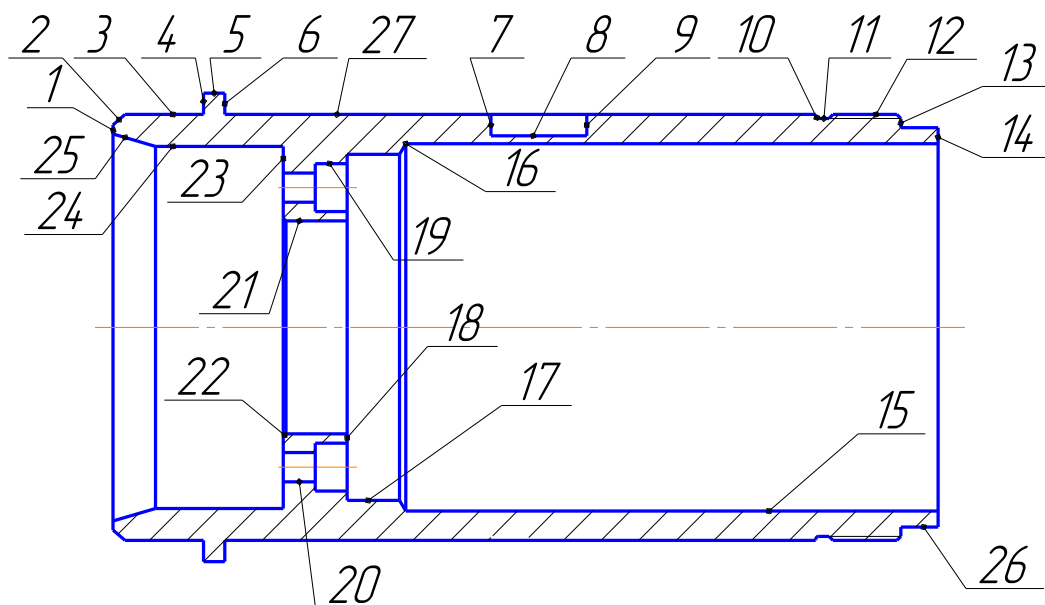


Рисунок 1.1 - Ескіз класифікації поверхонь корпусу.

Умови експлуатації.

Деталь «Корпус» при роботі в вузлі не відчуває ударні навантаження, які виникають у момент роботи. Навантаження сприймають усі поверхні висячі із зовні деталі.

Деталь при роботі знаходиться у герметичному корпусі.

Деталь і виріб, також як вагон вцілому експлуатується в помірних умовах в діапазоні температур від -25 до + 35 ° С.

Сама деталь і виріб при роботі створюють шум на рівні 80-100 Дб.

1.2 Аналіз технічних умов та вимог до конструкції деталі. Визначення технологічних завдань щодо її виготовлення

Аналіз технічних вимог деталей проводять з метою визначення їх відповідності сучасному науково-технічному рівню, а також ступеня використання раніше використаних рішення реалізації даного завдання.

Вихідними даними для розробки технології виробництва деталі корпус є:

- креслення деталі (додаток А);
- програма випуску 1600 штук на рік.

Дана сталь має високу міцність і в'язкість. Твердість НВ 235..252 згідно ГОСТ 9012-59. щільність матеріалу $Q=7,817 \cdot 10^3$ кг/м³. Коефіцієнт лінійного розширення $\alpha = 13,4 \cdot 10^{-6}$ к-1. Межа плинності $\sigma_T = 520 \cdot 10^6$ Па. Час опору розриву $\sigma_B = 670 \cdot 10^6$ Па.

Робоче креслення дає повне уявлення про деталі (конфігурації, розмірах всіх поверхонь, матеріалі і його властивості, технічні вимоги, шорсткості) і відповідає стандартам ЕСКД з оформлення креслень:

ГОСТ 2.109-68. Основні вимоги до креслень.

ГОСТ 2.305-68. Зображення, види, розрізи перетину.

ГОСТ 2.307-68. Нанесення розмірів і граничних відхилень.

ГОСТ 25142-82. Шорсткість поверхонь.

На кресленні ротор представлений двома проекціями: поздовжнім розрізом і видом з торця, а також чотирма місцевими видами: на першому - отвір під головку гвинта, на другому - проточкою для виходу різьблення, на третьому виді вказані розміри фаски і зона шліфування, на четвертому - конфігурація паза.

Технічні вимоги викладені на поле креслення у вигляді умовних позначень і текстом над основним написом.

Найбільш жорсткі вимоги пред'явлені до поверхонь: 3, 12, 27, 26, 17. Це обумовлено функціональним призначенням деталі.

За базу прийнято вісь деталі.

Поверхня 3 контактує з манжетою 105 (додаток В) яка служить як маслоот-

ражатель не випускаючи його за межі контакту. Манжета щільно фіксується у втулці. Поверхня 3 і манжета шліфується до отримання шорсткості Ra 0,32, і піддається гарту струмами високої частоти, відхилення на діаметр 80 мм призначається 0,1 мм.

Точність посадки підшипника на ротор забезпечується виготовленням поверхні 27 під внутрішнє кільце підшипника за шостим квалітетом з посадкою к6 і встановленням підшипника на ротор запресованієм з використанням спеціального складального пристосування. Шероховатість цієї поверхні - Ra = 2,5.

– Матеріал деталі «Корпус» - легована сталь марки 40Х, властивості яких наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Хімічний склад, % ГОСТ 4543-71

С	Si	Mn	Cr	Ni
			не более	
0,36-0,44	0,17-0,37	0,5-0,8	0,28-1,1	-

Таблиця 2.2 - Механічні властивості

ГОСТ	Перетин, мм	σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ_5 , (δ_H)%	ψ , %	НВ
4543-71	15	520	670	10	45	217

- де σ_T , - межа текучості, МПа;
- σ_B - межа міцності, МПа;
- δ_5 (δ_H) - відносне подовження, %;
- ψ - відносне звуження, %;
- НВ - твердість по Брінеллю.

У першому пункті технічних вимог зазначено, що не вказані відхилення розмірів на кресленні обробляють з точністю 12-го квалітету.

У другому пункті технічних вимог вказано, що розміри зі знаком * це розміри для довідок, тобто залежать від розмірів і параметрів самого інструменту, а це різного роду радіуси в канавках.

В цілому ж креслення типове виконане з усіма вимогами ЕСКД, за винятком деяких типів неточностей зазначених вище. На кресленні типу досить видів і перерізів для представлення форми деталі як і можливості для її виготовлення, також вказані всі розміри.

Висновок: робота корпусу типово здійснюється в типових статичних умовах навантажень від при перепадах температури без впливу типового робочого середовища. При роботі корпус зазнає навантаження, що розтягують. Дана деталь передбачена типу для роботи в горизонтальному положенні.

1.3 Характеристика типу виробництва та організаційної форми виробництва

Тип виробництва за ГОСТ 3.1108 характеризується коефіцієнтом закріплення операцій $K_{з.о.}$, який показує відношення всіх різних технологічних операцій, що виконуються або підлягають виконанню підрозділом протягом місяця, до числа робочих місць.

Для визначення типу виробництва за допомогою ЕОМ використовуємо годовою обсяг випуску і масу деталі. При масі деталі 2,889 кг і річній програмі 1600 штук тип виробництва - малосерійний.

Розрахунок типу виробництва, такту випуску та партії запуску по заводському технологічному процесу, виконаний на ЕОМ, представлений в додатку А.

Дрібносерійне виробництво характеризується досить великою номенклатурою виробів, виготовлених невеликими, періодично повторюваними партіями. У дрібносерійному виробництві використовуються універсальні верстати, верстати з ЧПУ, оснащені як універсальними, так і універсально-складальними і спеціальними пристосуваннями, що дозволяє знизити трудомісткість і собівартість виготовлення виробу. Технологічний процес виготовлення виробу, як і в одиничному виробництві, переважно концентрований, тобто, на одному верстаті виконується максимальну кількість операцій. Використовуються робітники високої кваліфікації.

Форма організації виробництва - групова, тобто верстати на ділянках розташовуються технологічно однорідними групами: (токарна група, фрезерна, шліфувальна і ін.).

1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

Для якісної оцінки звернемося до креслення деталі (додаток А). Матеріал деталі - Сталь 40Х ГОСТ 4543-71. Деталь легко обробляється, так як даний матеріал досить пластичний, що видно з коефіцієнта оброблюваності, який наведено в таблиці 1.4 [6].

Таблиця 1.4 - Коефіцієнт оброблюваності різних груп конструкційних матеріалів

Марка сталі	Склад матеріала	Механічні властивості		Коефіцієнт оброблюваності	
		НВ не більше	σ_s , МПа	Швидкорізальна сталь	Твердий сплав
Сталь 40Х	Горячекатаний	217	670	1,0	1,0

Зі збільшенням вмісту вуглецю оброблюваність погіршується. Одночасно збільшується можливість отримання більш високих параметрів шорсткості поверхні, ростуть зусилля різання. Можливість отримання необхідних параметрів залежно від коефіцієнта оброблюваності наведені в таблиці 1.5 [6].

Таблиця 1.5 - Отримання необхідної шорсткості поверхні в залежності від оброблюваної сталі

Оброблюваність сталі	K_v	Можливість отримання необхідної шорсткості поверхні
Добра	1, 4 – 1,0	Без особливих труднощів

Деталь корпус технологічна з точки зору базування і закріплення. Вона є деталлю типу втулки - тіло обертання, жорстка по конструкції, що дозволяє закріпити її в патроні верстата працюючому на обхват або на разжатие. Всі поверхні доступні для механічної обробки.

Проставлення розмірів правильна, зручна для читання креслення і для їх контролю. Проставлення розмірів технологічна, так як розміри в основному проставлені від трьох баз - осі і торцевих поверхонь кришки. Це дає можливість поєднати конструкторську і вимірювальну бази.

Шорсткість проставлена правильно до всіх поверхонь крім одою - номер 27 (рис. 1.1), тут шорсткість 2,5 Ra що не відповідає 6 квалітету точності.

Допуски взаємного розташування - допуски торцевого і радіального биття - задані щодо однієї бази (В). Це технологічно, так як дотримується принцип суміщення і сталості баз.

Деталь є взаимозамінною, тобто при її заміні не потрібно при-гонка або сортування.

Нетехнологічними елементами є:

1) наявність великої кількості зовнішніх і внутрішніх поверхностей з різними діаметрами і конічної поверхні, т.к їх обробка збільшує трудомісткість виготовлення деталі;

2) обробка чотирьох отворів $\square 9$ мм, так як потрібно спеціального ріжучий інструмент - ціковка;

3) обробка великої кількості поверхня не напроход;

4) наявність фасок на внутрішніх поверхнях ротора, тому що їх важко обробляти і контролювати;

5) висока точність поверхонь 80к6, 120js6, 75h7, 65H8, 40H7 так як для отримання такої точності необхідна багаторазова обробка поверхонь;

6) висока шорсткість - 0,63 Ra, так як для отримання такої чистоти поверхонь необхідно чистове точіння або йшли-фваніє.

Кількісний аналіз для зручності представлений у вигляді таблиці 1.6. Коефіцієнт точності обробки:

$$K_{TЧ} = 1 - (1/A_{CP}),$$

де A_{CP} – середній квалітет точності.

$$A_{CP} = (n_1 + n_2 + \dots + n_{63}) / \sum_i^{63} m_i,$$

де n – квалітет точності кожної поверхні;

m – кількість поверхонь.

$$A_{CP} = 841/58 = 12,2$$

$$K_{TЧ} = 1 - 1/12,2 = 0,89$$

так як $K_{TЧ} > 0,8$, деталь за цим показником є технологічною.

Коефіцієнт шорсткості R_a :

$$K_{Ш} = 1 - 1/B_{CP}$$

де B_{CP} – середня шорсткість поверхні.

$$B_{CP} = (c_1 + c_2 + \dots + c_{63}) / \sum_i^{63} m_i$$

де c – значення шорсткості кожної поверхні.

$$B_{CP} = 671,2/58 = 11,3,$$

$$K_{\text{ш}}=1-1/11,3=0,9.$$

Так як $K_{\text{ш}} > 0,32$; деталь за цим показником є технологічною.

Таблиця – 1.6 Якісна оцінка технологічності

Найменування поверхонь	Кількість поверхонь, шт.	Квалітет точності	Параметр шорсткості Ra, мкм
1	1	IT10	2,5
2	1	IT6	0,63
3	1	IT6	0,63
4	1	IT12	6,3
5	1	IT12	6,3
6	1	IT12	6,3
7	1	IT12	6,3
8	1	IT12	6,3
9	1	IT12	6,3
10	1	IT10	2,5
11	1	IT10	2,5
12	1	IT10	2,5
13	1	IT12	6,3
14	1	IT10	2,5
15	1	IT12	6,3
16	1	IT10	2,5
17	1	IT8	0,63
18	1	IT10	2,5
19	1	IT12	6,3
20	1	IT12	6,3
21	1	IT7	2,5
22	1	IT10	2,5

23	1	IT10	2,5
24	1	IT9	2,5
25	1	IT12	6,3
26	1	IT7	0,63
27	1	IT6	0,63

В цілому деталь досить технологічна і проста по конструкції і спроектована добре.

1.5 Аналіз базового або типового технологічного процесу

Аналіз будемо проводити на підставі базового технологічного процесу. У цьому технологічному процесі послідовність механічної обробки відповідає загальноприйнятим етапам побудови технологічного процесу.

Маршрутний технологічний процес виготовлення деталі наведено в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Маршрутний техпроцес

Номер операції	Найменування операції	Обладнання
005	Заготовительная	Пароповітряний кувальний молот М 132
010	Токарная черновая	16К30Ф3
015	Токарная чистовая	16К30Ф3
020	Фрезерная	6Р13Ф3
025	Сверлильная	2Н135Ф2
030	Термическая	Піч термічна
035	Шлифовальная	3М151
040	Шлифовальная	3М151
045	Контрольная	Стіл ОТК

Проаналізуємо кожну операцію окремо.

005 Заготівельна. На цій операції габарити заготовки не відповідають розмірам деталі і при подальшій обробці потрібно буде знімати багато матеріалу. Тобто з вище сказаного ми бачимо, що заготовка була обрана вкрай невдало (не економічно), що в подальшому треба врахувати і постаратися отримати заготовку максимально наближену до одержуваної деталі.

010 Токарська чорнова. На цій операції підрізають торці, точаться і підрізають поверхні. Базування та закріплення обрані правильно. Верстат обраний неправильно, операція чорнова і не вимагає великої точності виконання, невеликих розмірів, припуски на обробку не великі. Раціонально вибрати верстат менший за габаритами і потужності. Як ріжучий інструмент використовуються різці з напайними пластинами зі швидкорізальної сталі, що вже досить застаріло і не дозволяє застосовувати прогресивні режими різання. Інструмент можна поміняти на різці з механічним кріпленням багатогранних непереточуваних пластин, що дозволить застосовувати більш прогресивні режими різання.

015 Токарська чистова. Операція є чистової, але в неї слід включити і напівчистове. Внаслідок з цим застосовується верстат 16К20 слід замінити на верстат з ЧПУ. Мірятьний інструмент обраний правильно. Єдине зауваження до застосування різців з напайними пластинами, які слід поміняти.

020 Фрезерна. Базування вибрано неправильно, щоб збільшити точність потрібно підібрати інше пристосування. Застосування верстата 6Т104 виправдано, тому що більш дорогі верстати з ЧПУ на даній операції не зможуть значно скоротити штучний час. Відсутність спеціального пристосування викликає труднощі при закріпленні деталі. Застосування фрези зі швидкорізальної сталі Р6М5 недоцільно і потребує заміни на фрези з твердого сплаву.

020 Сверлильна. Базування вибрано грамотно. Застосування верстата 2М112 виправдано, тому що виконання отворів чорнове. І при відсутності спеціального пристосування деталь потрібно повернути рукою

020 Термічна. Операція проводиться правильно.

025 Шліфувальна. Базування деталі вибрано правильно. Застосування верстата 2A110B виправдано, різальний інструмент обраний правильно.

030 Шліфувальна. Базування деталі вибрано правильно. Застосування верстата 3K227B виправдано, різальний інструмент обраний правильно

Аналізуючи базовий техпроцес, можна виділити наступні недоліки:

- Порівнюючи заводський техпроцес (ротор ЗНФГ 45-00-00-27) до типового ми можемо сказати, що операції обробки обрані в основному правильно. Але є дрібні недоліки, які можливо викликані додатковими вимогами конструктора. Потрібно шліфувати спочатку поверхню 17 а потім 27 щоб при закріпленні не пошкодити зовнішню поверхню деталі. Тобто операцію 025 і 030 потрібно поміняти місцями.

- Потрібно додати дві операції: розмічальні - для точності розміщення отворів $\varnothing 5,5\text{мм}$ по колу $\varnothing 52\text{мм}$; промивку деталі.

- У техпроцесі на всіх операціях дотримуються принципу сталості і суміщення баз. Протягом всього процесу обробки поверхні деталі можна розділити на дві групи: зовнішні і внутрішні.

- Металообробні верстати обрані на деяких операціях більшою за потужністю, що вимагає значних витрат енергії, а отже і собівартість деталі.

- В даний час обраний старий інструмент (з напайними пластинами) що не дозволяє обробляти деталь на більш прогресивних режимах різання. Інструмент треба поміняти на: різці з неперетачіваємою багатогранними пластинами з твердого сплаву в залежності від чистоти обробки.

- Вимірювальний інструмент використовуються старих конструкцій або безшкальні тобто скоби і калібри дозволяють контролювати розміри, однак застосування їх для даного типу виробництва не доцільно через великих матеріальних витрат. Потрібно проектувати нові вимірювальні пристосування які були б дешевше, і відрізнялися своєю універсальністю.

- Режими різання обрані і пораховані правильно. Але через те що обладнання та матеріали ріжучих інструментів використовуються старі, це не дозволяє за-

стосовувати більш високий режим різання. При усуненні цих недоліків можна підвищити режими різання до оптимальних. Отже скоротити час обробки поліпшити точність виготовлення деталі і зменшити її собівартість.

045 Технічний контроль.

Дана операція проводиться контролером ОТК на столі ОТК. Проводиться контроль попередньої механічної операції.

Вимірювальний інструмент: мікрометр, зразки шорсткості.

1.6 Висновки

У якості висновків та пропозицій варто внести необхідність розроблення техпроцесу за принципами технології машинобудування на основі використання сучасних верстатів та обробних центрів з числовим програмним керуванням. Також для даних верстатів необхідно розробити прогресивну заготовку із мінімальними припусками, розрахувати припуски на точну поверхню та визначити порядок розташування баз на механічних операціях.

РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

2.1 Вибір оптимального маршруту оброблення деталі

В даний час існує багато різноманітних технологічних способів отримання поверхонь заданої якості, які забезпечують однакові вимоги до оброблюваних поверхонь деталей, але істотно розрізняються по собівартості реалізації. Виходячи з цього, одну і ту ж поверхню деталі можна обробити декількома послідовно виконаними технологічними методами, які складають різні маршрути обробки поверхонь (МОП). При проектуванні одним із завдань є створення такого технологічного процесу, який забезпечував би задану точність і шорсткість поверхонь деталі, потрібні фізико-механічні якості поверхневого шару матеріалу при найбільшій продуктивності і мінімальній собівартості виробництва.

Послідовність методів обробки всіх поверхонь, необхідних для досягнення заданих розмірних, точностних і фізико-механічних параметрів деталі представлені в табл. 2.1.

Кришка має одну внутрішню поверхню 40, виконані по 7 квалітету точності і мають шорсткість Ra 2,5 мкм.

Отримати необхідні точність і якість поверхні можливо декількома способами: (див. табл. 2.1).

Для зручності наведемо кілька технологічних маршрутів обробки і виберемо оптимальний з них.

Маршрут №1:

005 Заготівельна. Штамповка заготовки

010 Термічна обробка

015 Токарна чорнова

020 Свердлильна

025 Токарна чистова

030 Шліфувальна

035 Свердлильна

040 Слюсарна

Маршрут №2:

005 Заготівельна. Штамповка заготовки

010 Термічна обробка

015 Токарна чорнова

020 Токарна чистова

025 Свердлильна

030 Шліфувальна

035 Слюсарна

Маршрут №3:

005 Заготівельна. Ковка заготовки

010 Термічна обробка

015 Токарна чорнова

020 Свердлильна

025 Свердлильна

030 Шліфувальна

035 Токарна чистова

040 Слюсарна

Маршрут №2 є більш правильним, адже при попередніх свердлильних операціях в маршрутах №1 та №3 на подальшій токарній чистовій та шліфувальній буде відбуватись обробка з ударами, що призведе до поломки інструменту та небажаним дефектам поверхонь.

Таблиця 2.2 - Варіанти обробки внутрішніх поверхонь

I варіант		II варіант	
1	Свердління, IT14, Ra12.5	1	Свердління, IT14, Ra12.5
2	Розсвердлювання, IT12, Ra12,5	2	Растачивание черновое, IT12, Ra 6,3
3	Растачивание получистовое, IT9, Ra6,3	3	Растачивание получистовое, IT9, Ra 3,2
4	Растачивание чистовое, IT7, Ra2,5	4	Растачивание чистовое, IT7, Ra2,5

Найбільш раціональним є варіант, тому що точіння виробительней розсвердлювання. Крім того, шорсткість поверхні отриманої гострінням нижче шорсткості поверхні отриманої свердлінням.

Найбільш точні зовнішні поверхні 80, 75 виконуються по 6,7 квалитету і мають шорсткість Ra 0,63 мкм.

Необхідні точність і шорсткість можна отримати такими способами: (див. Табл. 2.1).

Таблиця 2.3 - Варіанти обробки зовнішніх поверхонь

I варіант		II варіант	
1	Точіння чорнове, IT12, Ra 12,5	1	Точіння чорнове, IT12, Ra 6,3
2	Точіння напівчистове, IT10, Ra6.3	2	Точіння напівчистове, IT10, Ra 3,2
3	Точіння напівчистове, IT9, Ra3.2	3	Точіння чистове, IT9, Ra2,5
4	Точіння чистове, IT6, R0,63	4	Шліфування, IT6, 0,63

Вибираємо II варіант, тому що шліфування виробительней.

Найбільш точні лінійні розміри деталі виконуються по 9-10 квалітету точності, інші розміри - по 12 квалітету точності. Шорсткість торців 1,14,18,23 (рисунки 1.1) деталі Ra 2,5 мкм, а інших - Ra 6,3 мкм.

Для отримання необхідної шорсткості необхідно:

1) точіння чорнове - отримується точність 12 квалітет і шорсткість Ra 6,3 мкм;

2) точіння напівчистове - отримується точність 10 квалітет і шорсткість Ra 3,2 мкм;

3) точіння чистове - отримується точність 9 квалітет і шорсткість Ra 2,5 мкм.

Для інших поверхонь, що мають 12 квалітет точності і шорсткість Ra 6,3 мкм, достатня чорнова обробка

2.2 Вибір та обґрунтування способу виготовлення вихідної заготовки

Основною умовою раціональної технології виготовлення заготовки є максимальне наближення форми і розмірів заготовки до форми готової деталі, тому проектування заготовки є одним з найважливіших етапів побудови технологічного процесу. Заводський метод отримання заготовки використовувати не доцільно, оскільки дуже багато металу йде в стружку ($K_3=0,3$), адже заводська заготовка не передбачує наявності центрального отвору.

Спосіб виконання заготовки для деталей машин визначається сукупністю факторів:

- призначенням деталі;
- конструктивними особливостями деталі;
- матеріалом деталі;
- технічними вимогами;
- обсягом випуску деталі, серійністю;
- економічністю виготовлення.

При виборі способу отримання заготовки, необхідно враховувати всі ці

чинники, так як між ними існує тісний взаємозв'язок.

Виходячи з умови найбільш раціонального витрати металу приймаємо спосіб штампування на ГKM.

Клас точності поковки встановлюється в залежності від технологічного процесу і обладнання для її виготовлення [7], а також виходячи з вимог, що пред'являються до точності розмірів поковки - Т4.

Дану деталь можна отримувати наступними способами:

- штампуванням;
- куванням на молотах.

Виходячи з конфігурації заданої деталі, технічних вимог креслення (конструктора) доцільно застосувати поковку штамповану.

Матеріал - сталь 40Х ГОСТ 4543.

Маса деталі - 2,9 кг.

Призначаємо припуски і граничні відхилення відповідно до ГОСТ 7505, табл. 2.1.

Основні припуски і допуски на заготовку вибираємо згідно ГОСТ 7505.

Розрахунковий коефіцієнт $K = 1,4$ додаток 3 [3];

Клас точності - Т3 додаток 1 [3].

Група сталі - М1 таблиця 1 [3].

Середня масова частка вуглецю в сталі 30 - 0,3% С.

Ступінь складності - С2 додаток 2 [3].

Відношення мас тіл становить - $G_n / G_\phi = 24,2 / 54,7 = 0,42$

Конфігурація роз'єму штампа П (плоска) - таб. 1 [3].

Вихідний індекс - 13 таб. 2 [3].

Припуски і ковальські напуски.

Основні припуски на розміри, мм.

2,1 - діаметр 75 мм і шорсткість поверхні 12,5

2,5 - діаметр 180 мм і шорсткість поверхні 1,6

1,5 - діаметр 145 мм і шорсткість поверхні 12,5

- 2,2 - діаметр 85 мм і шорсткість поверхні 1,6
- 1,5 - діаметр 65 мм і шорсткість поверхні 12,5
- 1,9 - товщина 55 мм і шорсткість поверхні 12,5
- 2,2 - довжина 171 мм і шорсткість поверхні 1,6
- 2,3 - товщина 45 мм і шорсткість поверхні 0,4

Додаткові припуски, що враховують:

- зміщення по поверхні рознімання штампа - 0,6 мм;
- вигнутість і відхилення від площинності і прямолінійності - 0,8 мм.

Розміри поковки; мм

Діаметр $75 + (2,3 + 0,8) \cdot 2 = 81$ - приймаємо 81;

Діаметр $85 + (2,0 + 0,8) \cdot 2 = 85,6$ - приймаємо 86;

Діаметр $166 - (1,7 + 0,8) \cdot 2 = 161$ - приймаємо 161;

Товщина $45 + (2,4 + 0,2) + (2,1 + 0,8 + 0,7) = 51,5$ - приймаємо 52.

Допустиме відхилення від площини 0,6 мм – по п. 5 [3].

Допустима величина залишкового облоя 0,8 мм – по п. 5 [3].

Допустима величина на зміщення по поверхні рознімання штампа 0,7 мм – по п. 5 [3].

Маса заготовки $m = 2,9$ кг.

Коефіцієнт використання заготовки:

$$K_3 = \frac{m_d}{m_3} \geq 0,7,$$

де m_d – маса деталі, кг;

m_3 – маса заготовки, кг;

0,7 – рівень технологічності ЕСТП.

$$K_3 = 2,1 / 2,9 = 0,71$$

$K_3 > 0,7$ – це обумовлено не прошитим отвором в заготовці.

Таблиця 2.4 – Розміри поковки

№ пов.	Номінальний розмір деталі	Загальний допуск	Величина припуску	Кінцевий розмір
1	Ø75	5	+2.4 -1.2	80
2	Ø80	5	+2.4 -1.2	85
3	L165	6	+1.8 -1.0	171
4	L113	5	+1.6 -0.9	118

Собівартість заготовки отриманої куванням на молоті визначаємо за формулою:

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_t \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_s \cdot \mathcal{K}_{\%} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{отх}}}{1000} \quad (2.1)$$

де $C_i = 28000$ грн – базова вартість однієї тонни матеріалу, грн.,

$Q = 2,8$ кг – маса заготовки;

$q = 2,1$ кг – маса готової деталі;

$K_t = 1,1$ – коефіцієнт, що враховує точність поковки;

$K_m = 1,22$ – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу;

$K_c = 1,3$ – коефіцієнт, що враховує групу серійності;

$K_s = 1,1$ – коефіцієнт що враховує групу складності;

$K_b = 0,98$ – коефіцієнт, що враховує масу штамповки;

$S_{\text{отх}} = 2800$ грн – ціна однієї тони відходів.

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{18000}{1000} \cdot 60,5 \cdot 1,1 \cdot 1,22 \cdot 1,3 \cdot 1,1 \cdot 0,98 \right) - (60,5 - 45,5) \cdot \frac{2000}{1000} = 2048 - 30 = 290 \text{ грн.}$$

Технічні вимоги:

1. Поковка ГрІ ГОСТ 7505-89-70;
2. Незазначені радіуси $R=5$ мм;
3. Незазначені зовнішні ухили 7° ;

4. Заусенців по периметру не більше 3 мм;

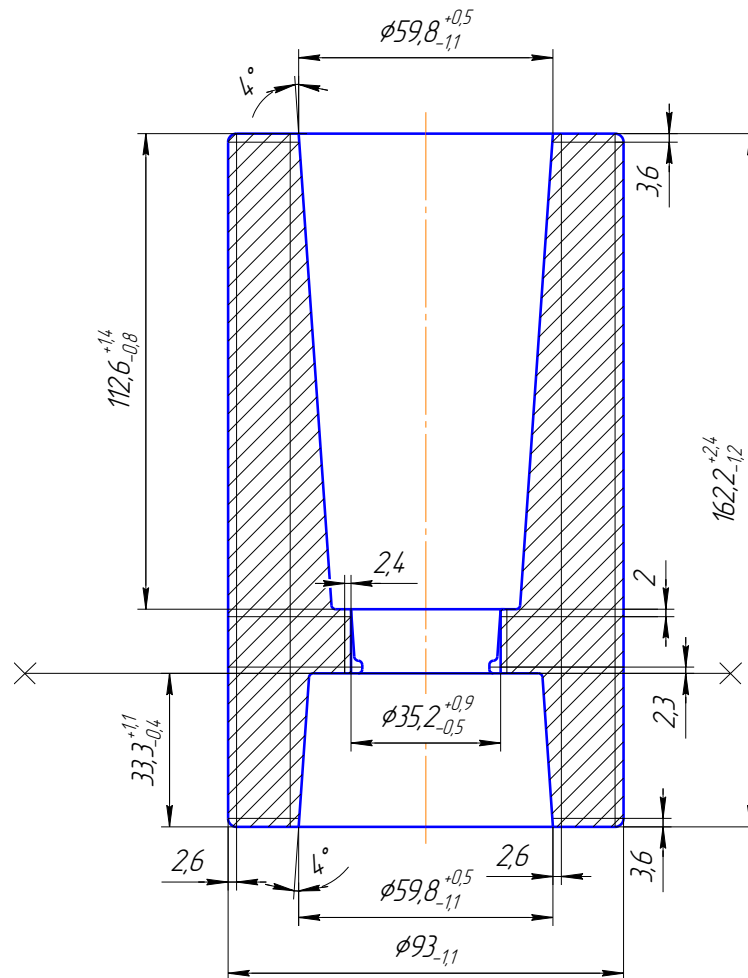


Рисунок 2.1 – Ескіз заготовки

2.3 Розрахунок припусків на обробку поверхні обертання

Розрахунок припусків ведеться на зовнішню циліндричну поверхню 80кб. Розрахунок проводиться за методом професора Кована за допомогою програми "grip" (додаток Б)

До вихідних даних відноситься: маршрут обробки, точність кожного переходу, параметри шорсткості R_z , глибина дефектного шару h , просторові відхилення поверхні і похибки базування і закріплення.

Маршрут обробки включає наступні переходи: лиття, токарна чорнова, то-

карна напівчистова.

Параметри шорсткості і глибину дефекту шару приймається по [2, табл.1].

Розрахункова формула для знаходження припуску зовнішньої циліндричної поверхні має вигляд:

$$2z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.2)$$

де $R_{z_{i-1}}$ – величина мікронерівностей поверхні отриманої на попередній операції (переході);

T_{i-1} – глибина дефектного шару поверхні отриманої на попередній операції (переході);

ρ_{i-1} – величина просторового відхилення форми поверхні отриманої на попередній операції (переході);

ε_i – похибка на виконуваний операції (переході).

Перераховані показники є величинами табличними окрім ρ_{i-1} , яка розраховується як

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{екс}^2 + \rho_{см}^2} = \sqrt{2,0^2 + 0,7^2} = 2,119 \text{ мкм},$$

ρ_{i-1} знаходиться в відсотковому відношенні від

$$\rho_{заг} \text{ тоді } \rho_{черн} = \rho_{заг} k_y,$$

де $k_y = 0,04 \div 0,06$, в залежності від переходу. Знайдемо для кожного з переходів:

$$\rho_{чер} = 1420 \cdot 0,06 = 89 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{n/q} = 1420 \cdot 0,05 = 72 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{чис} = 1420 \cdot 0,04 = 59 \text{ мкм.}$$

Вихідні дані для розрахунку припусків на ЕОМ приведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Вихідні дані

Найменування переходу	Познач. точності	Гранич відхил.	Елементи припуску, мкм				
			Rz	T	ρ	ϵ_b	ϵ_z
Поковка	T3	+1.8 -1.0	250	250	1520	-	-
Точ. чорнове	кв. 12	-0,4	100	100	92	50	150
Точ. п/ч	кв. 10	-0,16	50	50	76	20	40
Точ. чистове	кв. 9	-0.05 -0.165	25	25	61	0	0

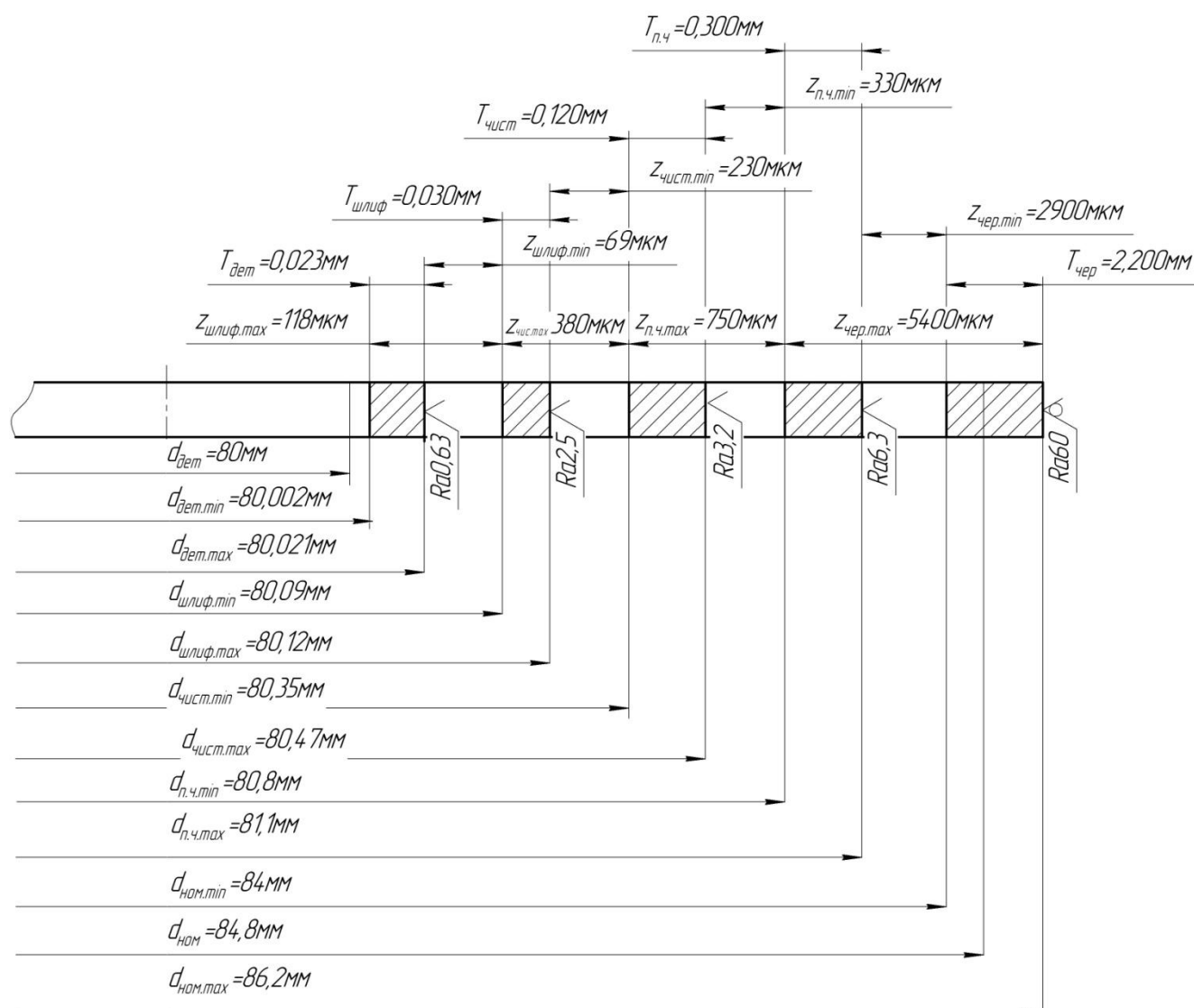


Рисунок 2.2 – Схема розміщення припусків на обробку діаметрального розміру $\varnothing 80\text{к}6\text{ мм}$

2.4 Розмірний аналіз технологічного процесу для лінійних розмірів

Розрахунок технологічних розмірних ланцюгів виробляємо, використовуючи метод графів [12]. Вихідними даними для розрахунку є: ескіз деталі

(Рис. 2.5), ескіз заготовки (рис. 2.6), ескізи технологічної обробки деталі (рис. 2.7).

Деталь - корпус, матеріал сталь 40Х.

Значення лінійних розмірів:

$$S_1 = 32^{+0,25} \text{ мм};$$

$$S_2 = 111^{+0,35} \text{ мм};$$

$$S_3 = 155_{-0,4} \text{ мм}.$$

Розрахунок технологічних розмірних ланцюгів починаємо з побудови схеми розмірної ланцюга, яка виконується згідно запропонованого раніше варіанту маршруту механічної обробки деталі. У верхній частині такої схеми, (див. Рисунок 8.3.4), вказуються замикають ланки розмірної ланцюга: конструкторські розміри S_i , і мінімальні припуски Z_{ij} , а в нижній частині - вказуються розміри заготовки і між операційні розміри деталі A_{ij} .

При цьому має виконуватися умова:

$$\sum S_i + \sum Z_{ij} = \sum A_{ij} \quad (2.7)$$

Також, до кожної поверхні, крім кореневої повинна підходити тільки одна стрілка.

$3 + 8 = 11$ -умова виконується, схема побудована правильно.

На основі схеми технологічної лінійної розмірної ланцюга будується граф розмірної ланцюга, (див. Рис. 2.9), і розраховуються допуски на технологічні розміри, (див. Таблицю 2.8).

Точність штампування на ГКР по III групі по ГОСТ 7506-66, шорсткість поверхні $R_z = 320$ мкм.

Таблиця 2.8 - Розрахунок допусків на технологічні розміри

Індекс розміру	Спосіб обробки	Точність розміру	Шорсткість	Дефектний шар	Величина розміру, мм	Величина допуску, мм	Домінуюча похибка	Розрахунковий допуск
A _{0,1}	Штамповка на КГШП	T4 по ГОСТ 7505-89	Rz 200	250	до 120	2,5 $\left(\begin{smallmatrix} 1,6 \\ 0,9 \end{smallmatrix} \right)$	-	2,5 $\left(\begin{smallmatrix} 1,6 \\ 0,9 \end{smallmatrix} \right)$
A _{0,2}	Штамповка на КГШП	T4 по ГОСТ 7505-89	Rz 200	250	до 120	2,5 $\left(\begin{smallmatrix} 1,6 \\ 0,9 \end{smallmatrix} \right)$	-	2,5 $\left(\begin{smallmatrix} 1,6 \\ 0,9 \end{smallmatrix} \right)$
A _{0,3}	Штамповка на КГШП	T4 по ГОСТ 7505-89	Rz 200	250	до 120	2,8 $\left(\begin{smallmatrix} 1,8 \\ 1,0 \end{smallmatrix} \right)$	-	2,8 $\left(\begin{smallmatrix} 1,8 \\ 1,0 \end{smallmatrix} \right)$
A _{0,4}	Штамповка на КГШП	T4 по ГОСТ 7505-89	Rz 200	250	до 40	1,0 $\left(\begin{smallmatrix} 0,3 \\ 0,7 \end{smallmatrix} \right)$	-	1,0 $\left(\begin{smallmatrix} 0,3 \\ 0,7 \end{smallmatrix} \right)$
A _{1,1}	Чорнове підрізання	12	Rz 100	100	До 120	0,35	$\rho_{кор} = 0,5$	0,85
A _{1,2}	Чорнове підрізання	12	Rz 100	100	До 80	0,3	-	0,3
A _{1,3}	Чорнове підрізання	12	Rz 100	100	До 80	0,3	-	0,3
A _{1,4}	Чорнове підрізання	12	Rz 100	100	До 50	0,25	-	0,25
A _{2,1}	Чорнове підрізання	12	Rz 100	100	До 120	0,35	$\rho_{кор} = 0,5$	0,85
A _{2,2}	Чорнове підрізання	12	Rz 100	100	До 50	0,25	-	0,25
A _{3,1}	Напівчистове підрізання	11	Rz 50	50	До 120	0,22	-	0,22
A _{3,2}	Чистове підрізання	10	Rz 50	50	До 120	0,14	-	0,14
A _{3,3}	Чистове підрізання	8	Rz 10	10	До 50	0,04	-	0,04
A _{3,4}	Напівчистове підрізання	11	Rz 50	50	До 80	0,19	-	0,19
A _{3,5}	Чистове підрізання	8	Rz 10	10	До 80	0,04	-	0,04
A _{4,1}	Чистове підрізання	9	Rz 10	10	До 120	0,087	-	0,087

Значення шорсткості Rz і глибини дефективного шару H з предшествующей обробки взяті з [2].

Домінуюча похибка: похибка жолоблення одно $\rho = 0,5$ мм; похибка пов'язана з не збігом баз $\Delta_6 = 0,1$ мм.

Допуски (граф 5) беремо з довідкової літератури.

Згідно вихідним даним будуємо розмірну схему технологічного процесу (рис. 2.3).

Для зручності виявлення технологічних розмірних ланцюгів будуємо граф маршрутного технологічного процесу (рис. 2.4).

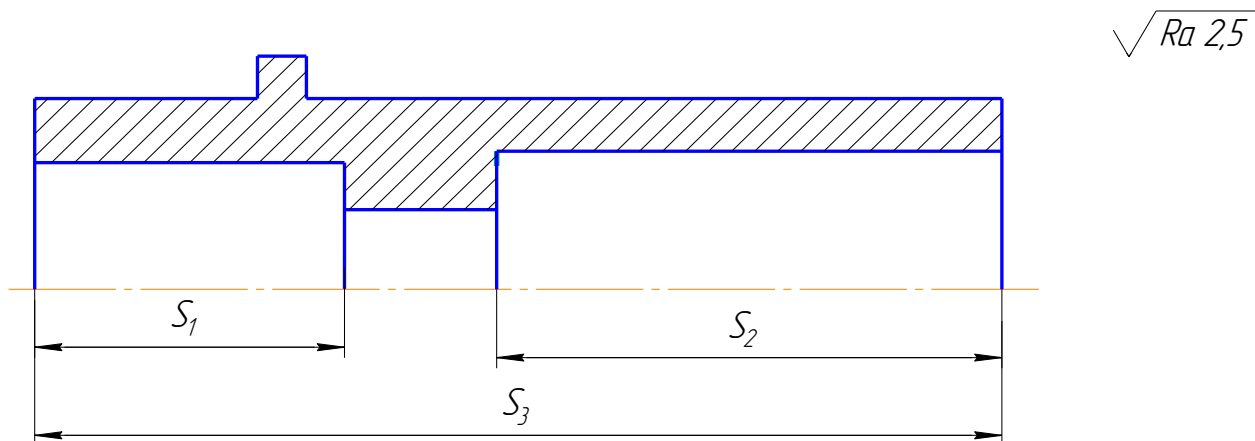


Рисунок 2.5 – Ескіз деталі

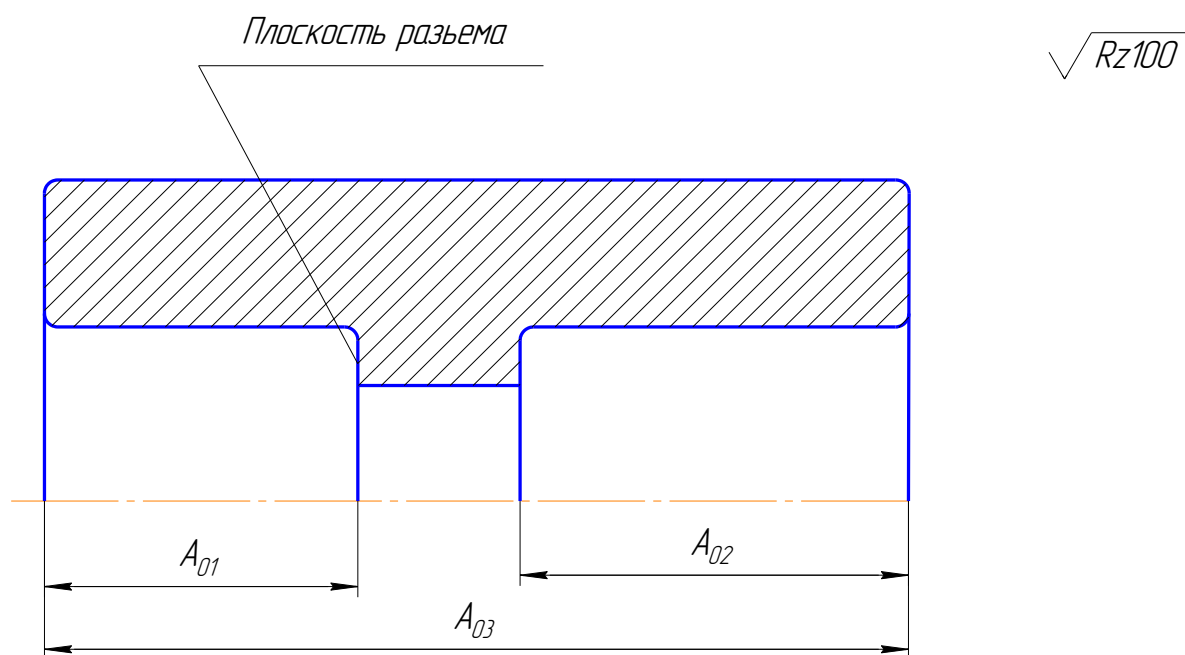
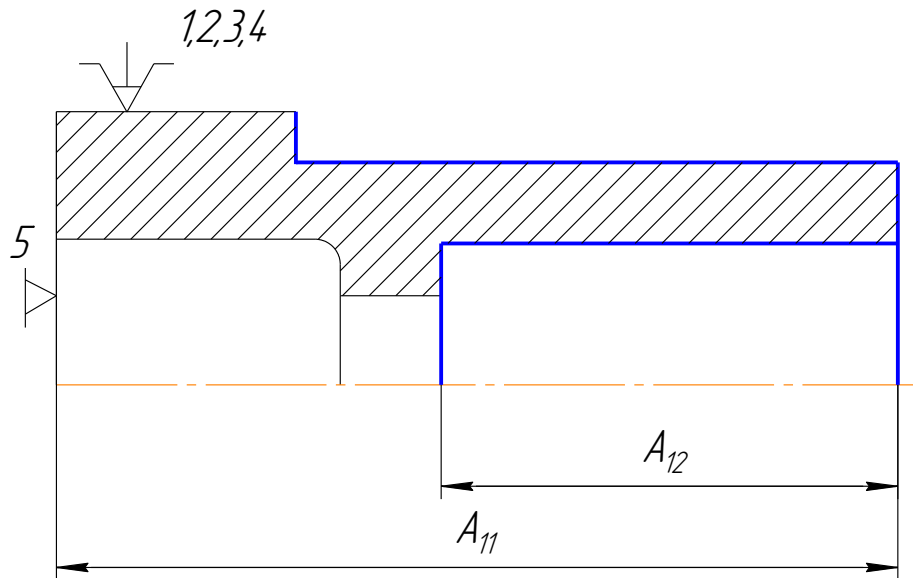
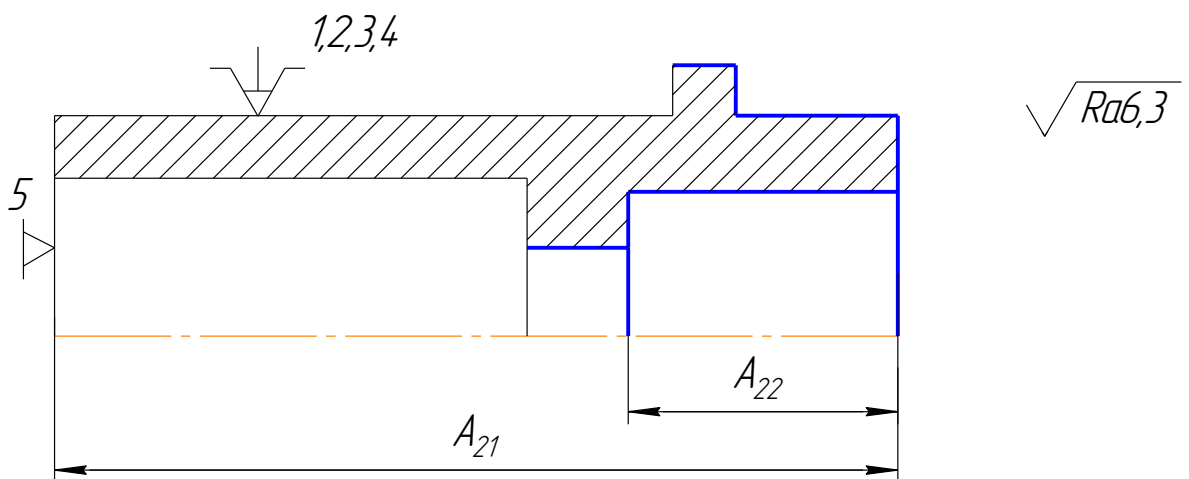


Рисунок 2.6 – Ескіз заготовки

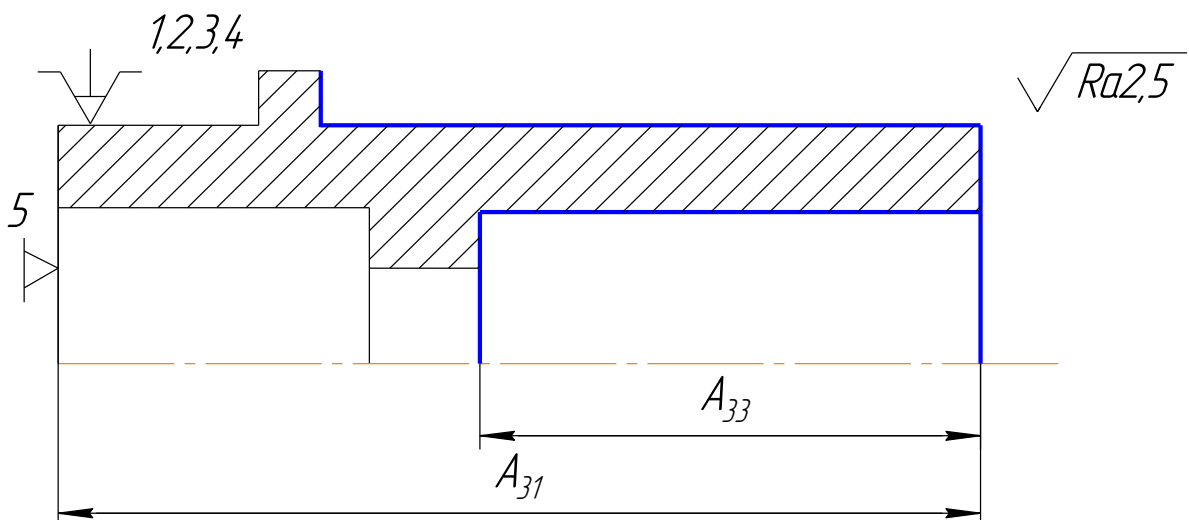
Операція 1. Токарна чорнова.



Операція 2. Токарна чорнова



Операція 3. Токарна чистова.



Операція 4. Токарна чистова.

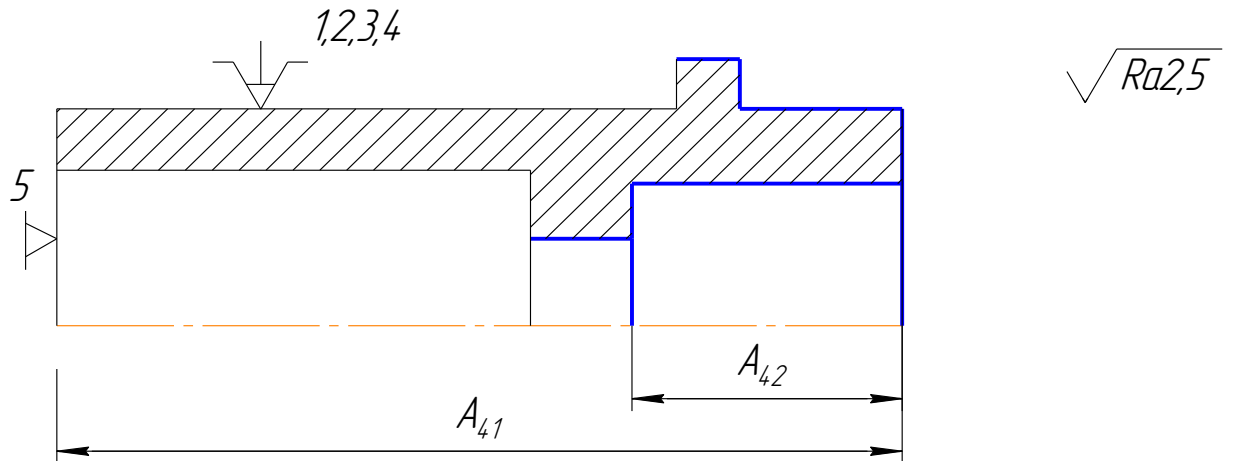


Рисунок 2.6 – Ескіз технологічної обробки деталі.

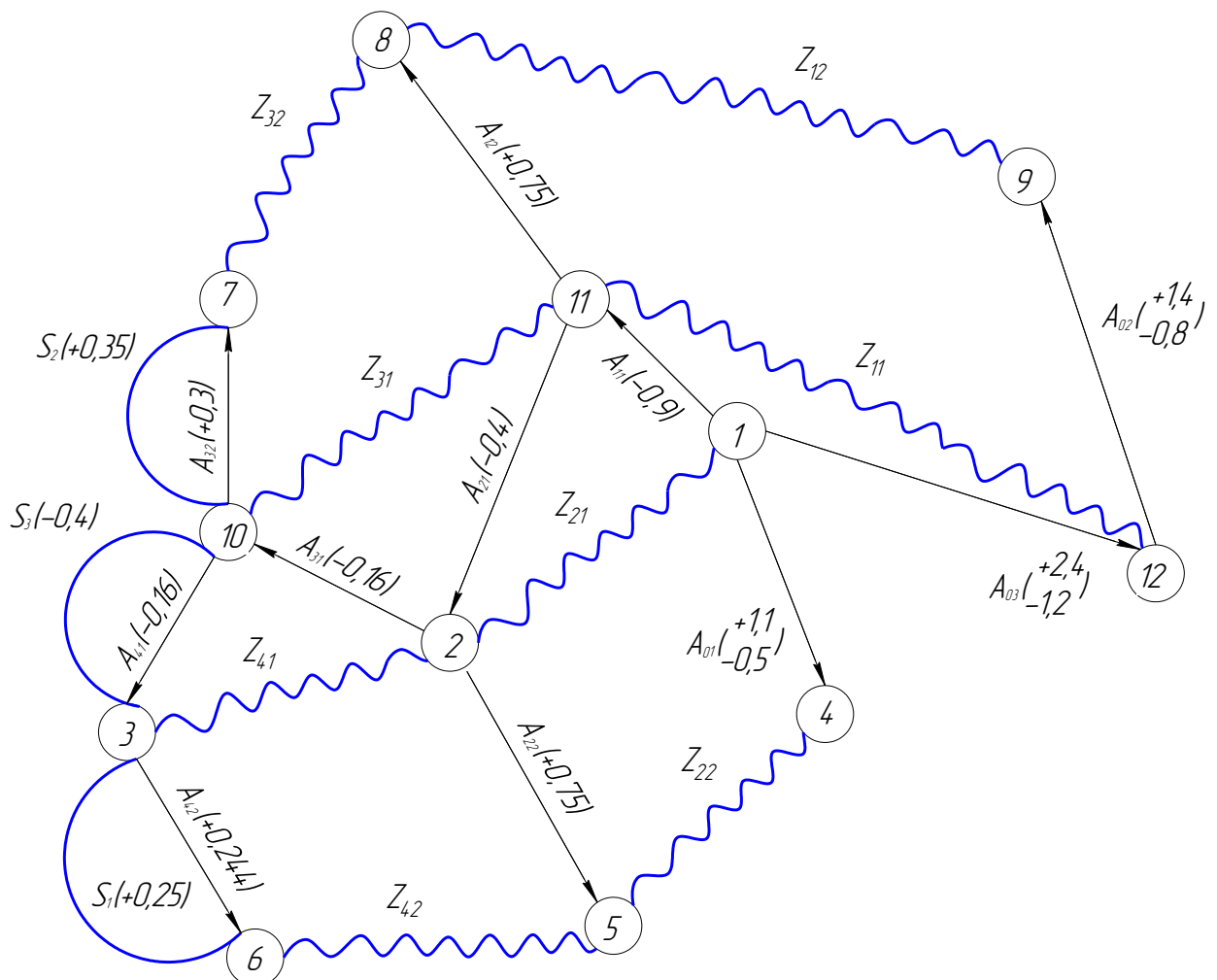


Рисунок 2.7 – Граф технологічних розмірних ланцюгів

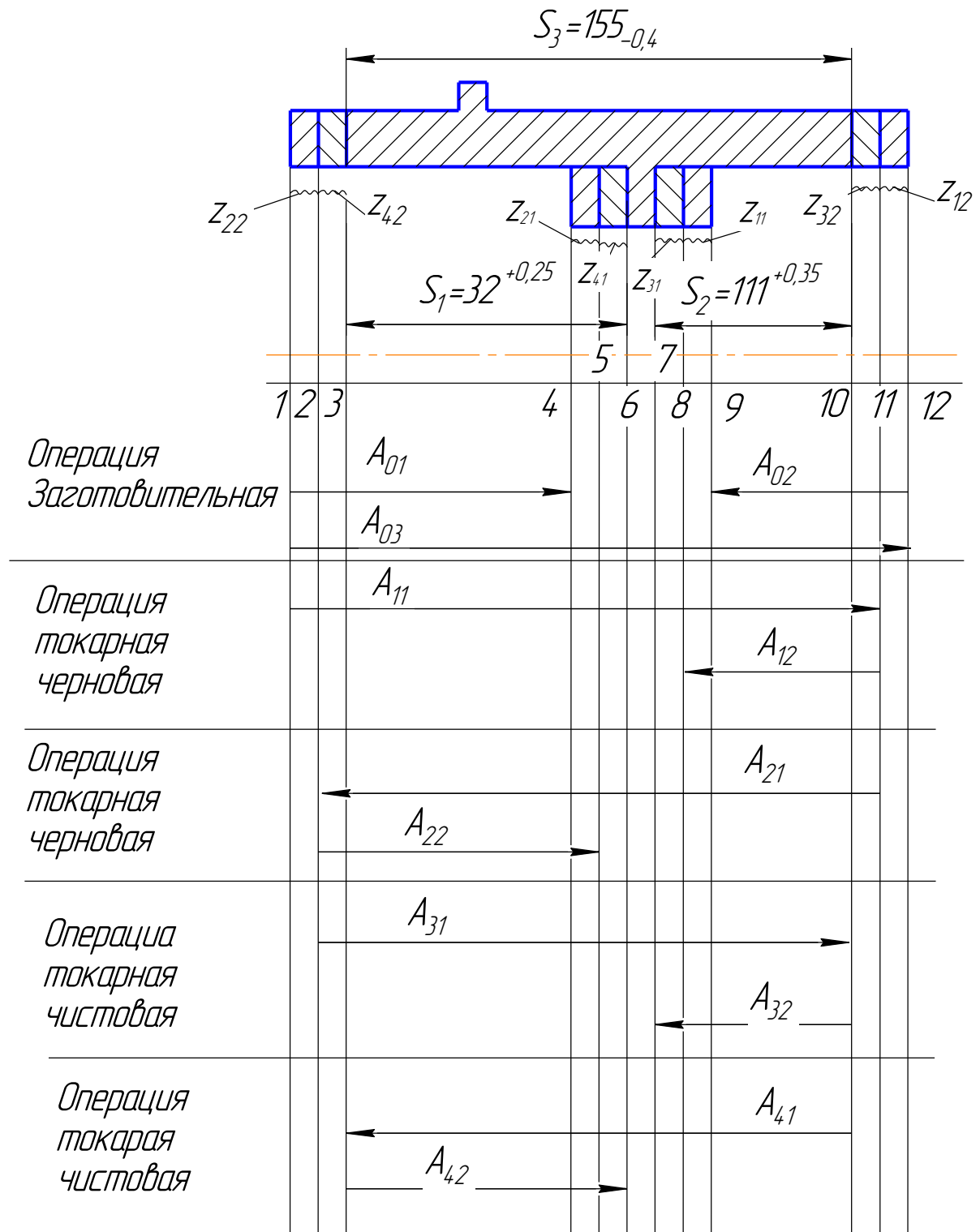


Рисунок 2.8 – Розмірна схема технологічного процесу

Розраховуємо середнє значення розмірів і записуємо їх у графу 4 (табл. 2.4).

Середні значення припусків визначаємо за формулою:

$$Z_{i,j_{cp}} = \frac{\omega Z_{i,j}}{2} + Z \min i, j. \quad (2.4)$$

Визначаємо допустиме коригування конструкторських розмірів:

$$K_{S_i} = \pm \frac{1}{2} (TS_i - \omega S_i). \quad (2.5)$$

$$K_{S_1} = \pm \frac{1}{2} (0,087 - 0,087) = 0.$$

Отримані результати записуємо в графу 5.

Користуючись графом (рис. 2.4) записуємо рівняння розмірного ланцюга в графу 9 (таблиці 2.4).

У графі 7 записуємо позначення технологічних розмірів, які знаходяться по відповідним рівнянням.

У графі 8 (таблиці 2.4) записуємо значення допусків на відповідні технологічні розміри з графу 9 (таблиці 2.4).

Розраховуємо по рівняннях розмірної ланцюга конструкторські розміри на прикладі розміру S_1 :

- 1) $\underline{A}_{42} - S_1 = 0$
- 2) $\underline{A}_{32} - S_2 = 0$
- 3) $\underline{A}_{41} - S_3 = 0$
- 4) $\underline{A}_{31} - A_{41} - z_{41} = 0$
- 5) $\underline{A}_{21} - z_{31} - A_{31} = 0$
- 6) $\underline{A}_{12} - A_{21} + A_{31} - A_{32} + z_{32} = 0$
- 7) $\underline{A}_{11} - A_{21} - z_{21} = 0$
- 8) $\underline{A}_{03} - z_{11} - A_{11} = 0$
- 9) $\underline{A}_{02} - A_{03} + A_{11} - A_{12} - z_{12} = 0$
- 10) $\underline{A}_{22} + z_{42} - A_{42} + A_{41} - A_{31} = 0$
- 11) $\underline{A}_{01} + z_{22} - A_{22} + A_{21} - A_{11} = 0$

Перевірка.

Конструкторський розмір $S_2=A_{32} = 111^{+0,3} < 111^{+0,35}$, забезпечується, отже розрахунок проведений вірно.

Припуск:

$$Z_{22}=A_{22}+A_{11}-A_{01}-A_{21}=31,2^{+0,75}+157,5_{-0,9}^{+1,1}-30_{-0,5}^{+1,1}-155,9_{-0,4}=188,7_{-0,9}^{+0,75}-185_{-0,9}^{+1,1}=2,8_{-2}^{+1,65}$$

$Z_{\min p} > Z_{\min z} (0,8 > 0,4)$ мм. Зняття мінімального припуску $Z_{2.2} = 0,12$ мм забезпечено – його збільшення на 0,06 мм вийшло в результаті корекції розміру $A_{3.2}$ на 0,16 мм. Отже, розмір $A_{3.2}$ розрахований правильно.

Висновок: перевірка забезпечення мінімальних припусків і конструкторських допусків показала позитивний результат.

Таблиця 2.6 – Розрахунок технологічних розмірів

Відомі (задані) розміри						Невідомі (шукані) розміри						
Розміри	Величина та допуск	Очікувана похибка	Середній розрахунковий	Допустима корекція	Середній скоректований розмір	Розмір	Допуск	Рівняння контура	Середній розрахунковий розмір	Номінальний розрахунковий розмір	Номінальний скоректований розмір	Середній скоректований розмір
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
S_1	$32^{+0,25}$	0,244	32,12 5	$\pm 0,003$	32,122	A_{42}	$\underline{A}_{42} - S_1 = 0$	+0,244	32,12 5	$32,003^{+0,244}$	$32^{+0,244}$	31,122
S_2	$111^{+0,35}$	0,3	111,1 75	$\pm 0,025$	111,15	A_{32}	$\underline{A}_{32} - S_2 = 0$	+0,3	111,1 75	$111,025^{+0,3}$	$111^{+0,3}$	111,15
S_3	$155_{-0,4}$	0,16	154,8	$\pm 0,12$	154,92	A_{41}	$\underline{A}_{41} - S_3 = 0$	-0,16	154,8	$154,88_{-0,16}$	$155_{-0,16}$	154,92
Z_{41}	0,1	0,32	0,26	$+\infty$	0,3	A_{31}	$\underline{A}_{31} - A_{41} - z_{41} = 0$	-0,16	155,1 8	$155,26_{-0,16}$	$155,3_{-0,16}$	155,22
Z_{31}	0,1	0,56	0,38	$+\infty$	0,48	A_{21}	$\underline{A}_{21} - z_{31} - A_{31} = 0$	-0,4	155,6	$155,8_{-0,4}$	$155,9_{-0,4}$	155,7
Z_{32}	0,1	1,61	0,905	$+\infty$	0,955	A_{12}	$\underline{A}_{12} - A_{21} + A_{31} - A_{32} + z_{32} = 0$	-0,75	110,7 25	$110,35^{+0,75}$	$110,3^{+0,75}$	110,67 5
Z_{21}	0,4	1,3	1,05	$+\infty$	1,35	A_{11}	$\underline{A}_{11} - A_{21} - z_{21} = 0$	-0,9	156,7 5	$157,2_{-0,9}$	$157,5_{-0,9}$	157,05

2.5 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення

При виборі схем базування і закріплення необхідно керуватися рекомендаціями з [8]

Операція 010 Токарно гвинторізна.

Розглянемо установ А.

Тут можливі тільки дві схеми базування, в обох випадках схеми позбавляють заготовку п'яти ступенів свободи і похибка базування буде однаковою (рисунок 2.8 а, б, в). Таблиця відповідностей і матриця зв'язків представлена в таблицях 2.9.

Найбільш ефективні способи закріплення заготовки на операції - закріплення в патроні з упором в лівий торець (при першому випадку патрон затискає зовнішню поверхню деталі, а при другому - внутрішню), при цьому виникають дві технологічні бази:

- циліндрична поверхня є подвійний опорною базою;
- упор в лівий торець є настановної базою.

Похибка базування для діаметральні розмірів дорівнює нулю, для лінійних розмірів похибка (технологічна база і вимірювальна не збігаються) дорівнює

Для розміру 160,1мм - $E_b = 0$.

Для розмірів 135,6; 111,3; 101,5 мм - $E_b = T158,5 = 400$ мкм.

Для зручності приймаємо другий варіант схеми базування, як більш надійний через закріплення у зовнішніх кулачках та більш простий у реалізації процесу.

Таблиця 2.8 – Таблиця відповідності на операції 010

Зв'язок	Ступінь вільності	Бази
1,2,3	I, V, V	Установоча база
4,5	II, III	Подвійна опорна база
6	IV	

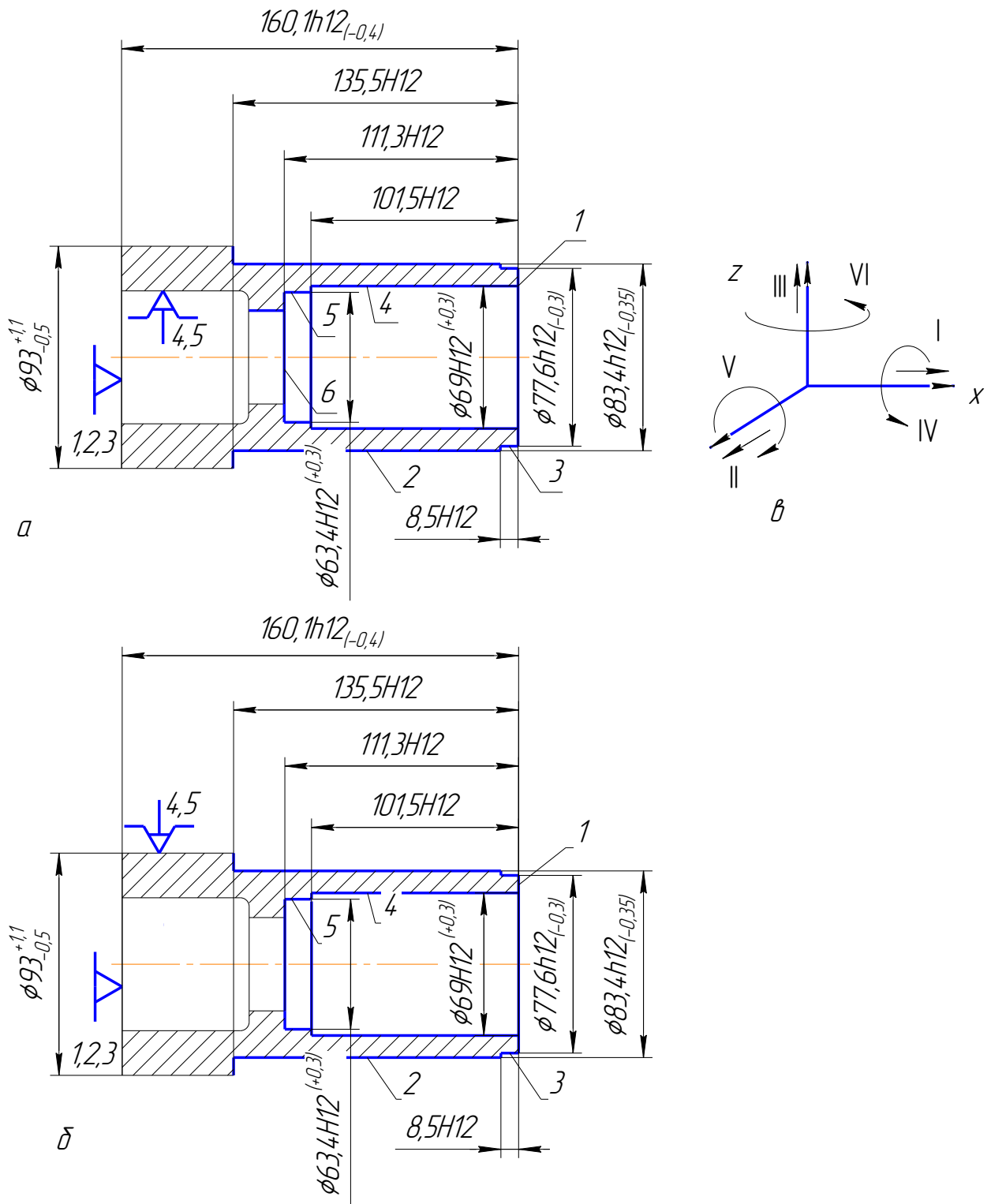


Рисунок 2.9 – Ескіз закріплення заготовки на операції 010

а – перший варіант базування;

б – другий варіант базування;

в – система координат.

Таблиця 2.9 – Матриця зв'язків на операції 010

	X	Y	Z	
L	1	0	0	Установоча база
α	0	1	1	
L	0	1	1	Подвійна опорна база
α	0	0	0	
L	0	0	0	
α	1	0	0	

Операція 015 Токарно гвинторізна з ЧПУ.

Базування представлений на аркуші маршруту технологічного процесу

Операція 020 Вертикально фрезерна

На цій операції можлива дві схеми базування, обидві схеми позбавляють заготовку шести ступенів свободи. І в обох випадках таблиця відповідностей і матриця зв'язків однакові представлені в таблицях 2.10 і 2.11.

Таблиця 2.10 – Таблиця відповідностей на операції 020.

Зв'язок	Ступінь вільності	Бази
1,2,3,4	II, III, V, VI	Подвійна напрямна база
5	I	Опорна база
6	IV	

У першому випадки заготовка закріплюється в опорній призмі з упором в торець і зверху затискаються зажимами, при цьому виникають три технологічні бази (рисунок 2.7 а):

- циліндрична поверхня є подвійний направляючої базою;
- упор в лівий торець є опорною базою;
- зажим є опорною базою.

Таблиця 2.11 – Матриця зв'язків на операції 020.

	X	Y	Z	
L	0	1	1	Подвійна напрямна база
α	0	1	1	
L	1	0	0	Опорна база
α	0	0	0	
L	0	0	0	
α	1	0	0	

При цьому похибка базування:

$$E_{\sigma} = T_{66} = 300\text{мкм}$$

У другому випадки заготовка закріплюється в опорній призмі з упором в лівий торець і зверху затискаються зажимами, при цьому виникають три технологічні бази (рисунок 2.7 б):

- циліндрична поверхня є подвійний направляючої базою;
- упор в лівий торець є опорною базою
- зажим є опорною базою.

При цьому похибка базування для діаметральні розмірів дорівнює нулю, для лінійних розмірів похибка (технологічна база і вимірювальна збігаються) дорівнює

$$T_{155} = 400\text{мкм (по ГОСТ 25346-82)}; E_{\sigma} = T_{155} + T_{66} = 400 + 300 = 700\text{мкм}$$

І при першому і при другому варіантах базування похибка базування більше допуску на розмір 18 мм (відповідно). Застосовуємо перший варіант базування, так як його похибка менше, ця похибка не впливає на роботу самого вузла.

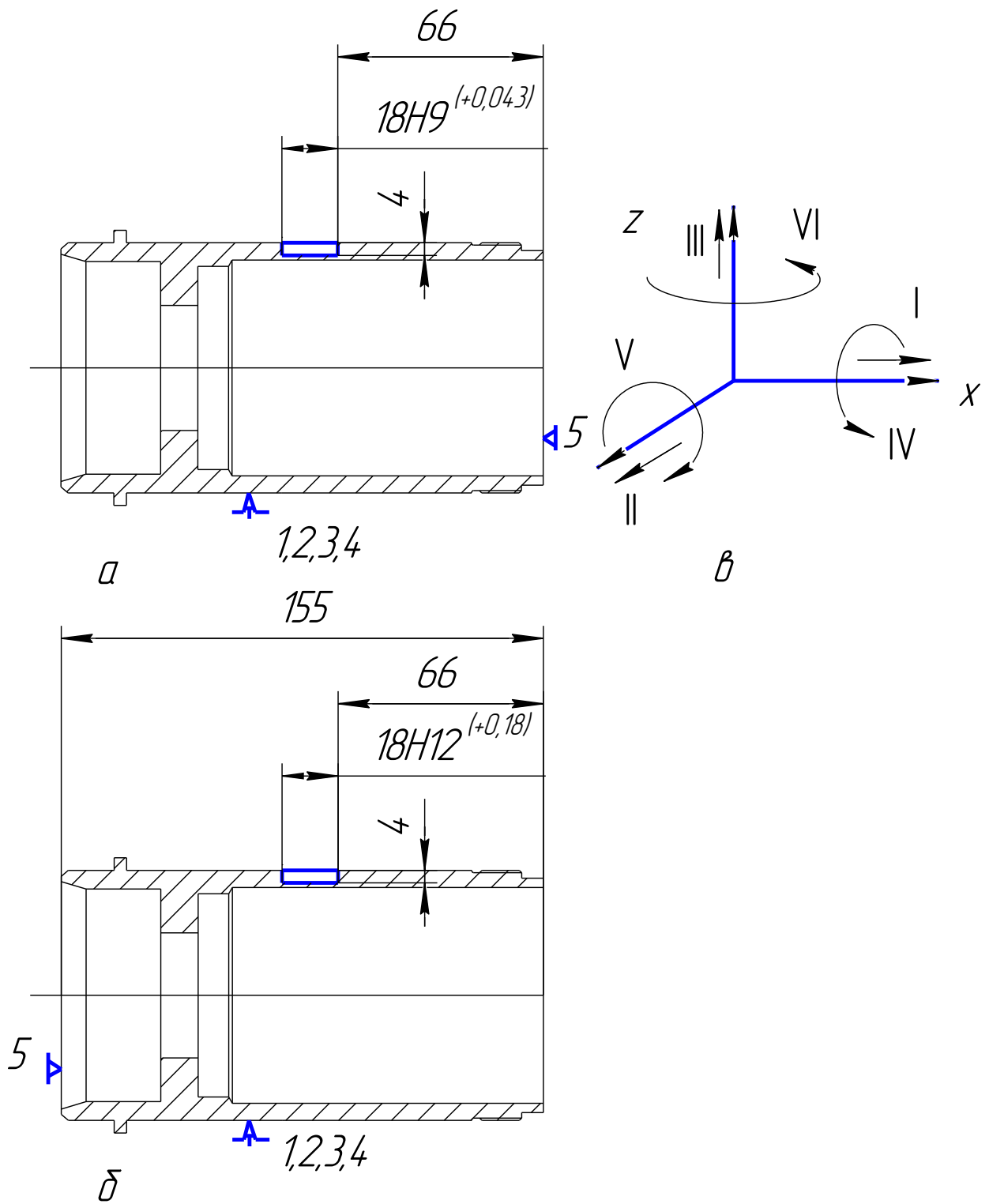


Рисунок 2.10 - Ескіз закріплення заготовки на операції 020

а – перший варіант базування;

б – другий варіант базування;

в – система координат.

Операція 025 Вертикально сверлильна

У двох випадках заготівля розташована на столі верстата і закріплена в трикулачній патроні, позбавлена п'яти ступенів свободи і похибка базування однакова (рисунок 2.11 а, б). Таблиця відповідностей і матриця зв'язків представлені в таблицях 2.12 і 2.13.

Похибка базування буде дорівнює:

$$E_b = T_{155} + T_{32} = 0,4 + 0,25 = 0,75 \text{ мм.}$$

Таблиця 2.12 – Таблиця відповідності на операції 025

Зв'язок	Ступінь вільності	Бази
1,2,3	I, V, V	Установоча база
4,5	II, III	Подвійна опорна база
6	IV	

Таблиця 2.13 – Матриця зв'язків на операції 025

	X	Y	Z	
L	1	0	0	Установоча база
α	0	1	1	
L	0	1	1	Подвійна опорна база
α	0	0	0	
L	0	0	0	
α	1	0	0	

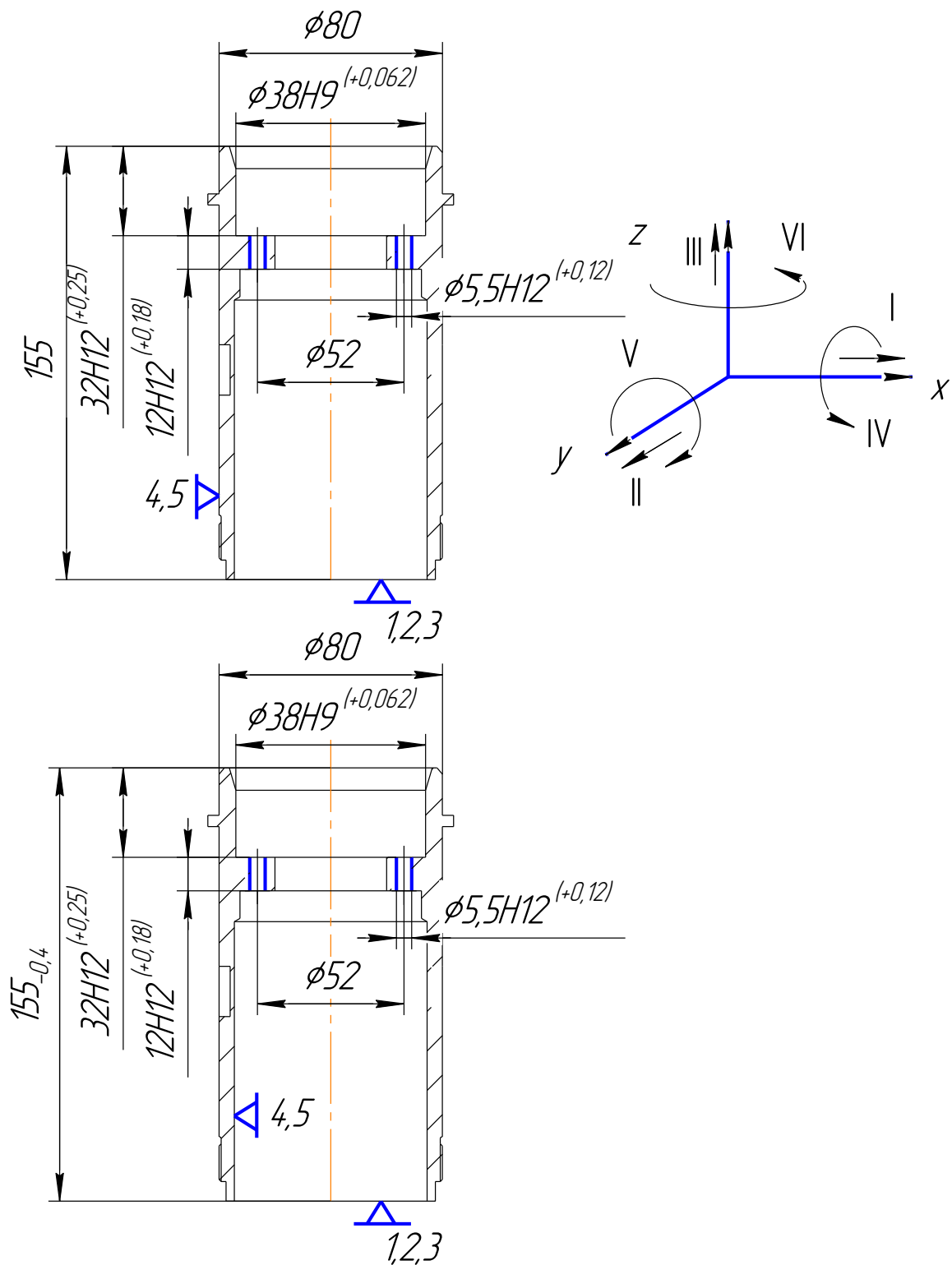


Рисунок 2.11 - Ескіз закріплення заготовки на операції 025

а – перший варіант базування;

б – другий варіант базування;

в – система координат.

2.6 Вибір моделей металорізальних верстатів

Металорізальний верстат вибирається виходячи з вимог до якості поверхні, яку необхідно отримати, необхідної потужності двигунів, габаритів, типу виробництва, кількості інструментів на даній операції.

На операції 010 токарна з ЧПК проводиться чорнова обробка заготовки з одного установа.

Металорізальний верстат вибираємо за наступними критеріями:

- технологічні методи обробки поверхонь: для обробки вищевказаних поверхонь було розглянуто перелік токарних верстатів, проаналізувавши, був обраний верстат моделі 16К20Ф3, який оснащений системою ЧПК [4];

- потужність двигуна: верстат даної моделі оснащений 14 кВт двигуном, якого достатньо для точіння поверхонь корпусу;

- габарити робочого простору: дане обладнання дозволяє обробляти заготовки діаметром - до 400 мм, і довжиною - до 800 мм, що дозволить встановити заготовку;

- тип виробництва: при дрібносерійному виробництві перевага віддається універсальному обладнанню з ЧПК, таким обладнанням є верстат моделі 16К20Ф3.

Основні технічні характеристики токарного верстата моделі 16К20Ф3 наступні:

- найбільший діаметр оброблюваної заготовки над:
- станиною - 400 мм,
- супортом - 200 мм;
- найбільша довжина оброблюваної заготовки - до 800 мм;
- крок метричної різьби до 6 мм;
- частота обертання шпинделя $12,5 \div 1600 \text{ хв}^{-1}$;
- подача:
- поздовжня $1 \div 1000 \text{ мм/хв}$;

- поперечна $1 \div 200$ мм/хв;
- потужність електродвигуна приводу головного руху - 14 кВт.

Для операції 020. Вибір металорізального верстата для фрезерування паза.

При обробці паза (поверхню 7,8,9 см. Малюнок 1.1) потрібно керуючись такими характеристиками як розміри робочого простору столу і потужність електродвигуна.

З огляду на, що довжина фрезеруемого паза 18 мм, глибина 4 мм і ширина 6 мм, то потрібно буде вибрати верстат з робочою поверхню столу наближеною до 160×550 і потужністю електродвигуна до (2 кВт).

Порівнюючи два вертикально-фрезерних верстата:

- а) моделі 6Т104
- б) моделі 6Р13Ф3-01

Можна зробити висновок. Що якщо використовувати верстат з ЧПУ 6Р13Ф3-01, то при фрезеруванні пазів потрібно буде використовувати спеціальні пристосування для автоматичного повороту деталі. Це буде значно дорожче, ніж в базовому техпроцесі і тим більше потрібно змінити техпроцес.

Великого виграшу в часі ми не отримаємо, потужність електродвигуна (7,5 кВт) і габарити робочого простору (400×1000) роблять його для обробки економічно неефективним

[1, таблиця 37, с. 51].

Отже для обробки будемо застосовувати верстат 6Т104

Основні технічні характеристики верстата 6Т104

1 Розміри робочої поверхні столу (ширина \times довжина) 160×630

2 Найбільше переміщення столу:

- поздовжнє 400
- поперечне 160
- вертикальне 320

3 Переміщення гільзи зі шпинделем -

- 4 Найбільший кут повороту шпindelної головки, ° ± 45°
- 5 Число швидкостей шпинделя 12
- 6 Частота обертання шпинделя, об / хв 63-2800
- 7 Число подач столу 12
- 8 Подача столу, мм / хв
- подовжній і поперечній 11,2-500
 - вертикальна -
- 9 Швидкість швидкого переміщення столу, мм / хв
- подовжня і поперечна 3800
 - вертикальна -
- 10 Потужність електродвигуна приводу головного руху, кВт 2,2
- 11 Габаритні розміри
- довжина 1250
 - ширина 1205
 - висота 1630
- 12 Маса, кг 830

Для операції 025.Вибір метало ріжучого верстата для свердління восьми отворів Ø5,5мм і ціковкі чотирьох отворів Ø9 мм.

При виборі верстата потрібно керуватися такими характеристиками як розмір робочого простору столу і потужність електродвигуна.

Так як у нас дрібно серійне виробництво і точність отворів невисока (12 квалітет) то потрібно вибрати універсальний верстат.

Порівнюючи два вертикально-свердлильні верстата:

а) моделі 2Н125

б) моделі 2Н135

Паспортні дані цих верстатів обрані по [1, таблиця 11, с. 20].

Так як отвори не великих розмірів - глибина різання не велика, то верстат можна прийняти не великої потужності (потужність верстата моделі 2Н125 - 2,2кВт; 2Н135 - 4 кВт) це економічно доцільно.

Отже для обробки будемо застосовувати верстат 2Н125

Основні технічні характеристики верстата 2Н125

- 1 Найбільший умовний діаметр свердління в стали 25
- 2 Робоча поверхня стола 400 450
- 3 Найбільша відстань від торця шпинделя До робочої поверхні столу 700
- 4 Виліт шпинделя 250
- 5 Найбільший хід шпинделя 200
- 6 Найбільше вертикальне переміщення:
 - Сверлова головки 170
 - столу 270
- 7 Конус Морзе отвору шпинделя 3
- 8 Число швидкостей шпинделя 12
- 9 Число подач шпинделя -
- 10 Частота обертання шпинделя 45-2000
- 11 Подача шпинделя, мм / об 9
- 12 Потужність електродвигуна приводу головного руху, кВт 2,2
- 13 Габаритні розміри
 - довжина 950
 - ширина 785
 - висота 2350
- 14 Маса верстата, кг - 800.

2.7 Вибір верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів

У Виходячи з типу виробництва (дрібносерійне) найбільш доцільно застосовувати систему універсально складальних пристосувань (УСП) згідно ГОСТ 14.305-73.

Як пристосування вибираємо:

Для операції 010

Патрон самоцентріруючій трьохкулачковий 7100-0015 ГОСТ 2675-80 [8]

Для операції 015

Патрон трикулачній-клинової ГОСТ 2675-80 [9] з пневмоприводом представленим на кресленні пристосування.

Для операції 020

Опорна призма ГОСТ 12195-66 [1] зі спеціальному пристосуванням, який представлений на кресленні пристосування.

Для операції 025

Патрон самоцентріруючій трьохкулачковий 7100-0015 ГОСТ 2675-80[9]

Для операції 030

Кільцевій індуктор для одночасної шпильки зовнішньої циліндричної поверхні

Для операції 035

Патрон самоцентріруючій трьохкулачковий 7100-0015 ГОСТ 2675-80 [9]

Вибір інструмента виробляємо виходячи з таких умов.

а) метод обробки поверхні

б) етап обробки

в) матеріал заготовки Сталь 40Х (ГОСТ 4543-71)

г) вид і стан заготовки: штампування.

Як ріжучий інструмент вибираємо

Для операції 010

З метою підвищення ефективності процесу різання будемо використовувати токарний різець з механічним кріпленням багатограних твердосплавних пластинок.

Матеріал ріжучої частини: твердий сплав Т15К6 ГОСТ 3882-74.

Для точіння поверхонь 3,4,5,6,13,26,27 вибираємо:

- пластина тригранна 741-1704-1 по ГОСТ 19079-80 [10];
- різець прохідний завзятий 2101-0603 ГОСТ 20872-80 [20]

Для підрізування поверхонь 1,14 вибираємо:

- пластина чотиригранна 03131-090304 по ГОСТ 19049-80 [10];
- різець підрізної 2102-0018 ГОСТ18868-73 [20].

Для паростки поверхонь 15,17,18,21,23,24 вибираємо:

- пластина ромбическая 03113-120408 по ГОСТ 19056-80 [10];
- різець розточний 2142-00331 ГОСТ 19795-84 [20].

Для операції 015

Матеріал ріжучої частини: твердий сплав Т15К6 ГОСТ 3882-74.

Для точіння поверхонь 1,2,3,13,14,26,27 вибираємо:

- пластина тригранна 01114-16034 по ГОСТ 19079-80 [10];
- різець прохідний 2103-0671 ГОСТ 20872-80 [20]

Для паростки поверхонь 16,17,18,21,22,23,24,25 вибираємо:

- пластина тригранна 01114-16034 по ГОСТ 19079-80 [10]
- різець росточной 2142-0031 ГОСТ 19795-84 [20].

Для точіння поверхонь 10,11 вибираємо:

- пластина чотиригранна 03131-090304 по ГОСТ 19049-80 [10];
- різець канавковий 2366-00114 ГОСТ 25419-82 [20].

Для отримання різьбовій поверхні:

- пластина 01114-16034 по ГОСТ 19079-80 [10];
- різець різьбовий 2564-00051 ГОСТ 25419-82 [20].

Для операції 020.

Для обробки використовується шпонкова цільна фреза 2234-0205 ГОСТ16463-80 [1]. Матеріал ріжучої частини: твердий сплав ВК8

Для операції 030

Для обробки отворів Ø5,5 мм використовується свердло спіральне з циліндричним хвостовиком 2300-6966 ГОСТ 886-77 [20] Для обробки отворів Ø9 мм використовується ціковка спеціальна. Матеріал ріжучої частини: швидкоріжуча сталь Р6М5

Для операції 035.

Для обробки використовується шліфувальний круг ПП 32 × 8 × 10 25А СМ-5-К ГОСТ2424-83 [1]. Матеріал ріжучої з електрокорунда білого марки 25А.

Для операції 040.

Для обробки використовується шліфувальний круг ПП 32 × 8 × 10 25А СМ-5-К ГОСТ2424-83 [1]. Матеріал ріжучої з електрокорунда білого марки 25А.

При виборі контрольно-вимірювальних інструментів до уваги слід взяти трудомісткість вимірювань, точність вимірювань тип виробництва.

У дрібносерійному виробництві пріоритет слід віддавати універсальним (шкальні) вимірювальних засобів. При визначенні точності інструментів потрібно враховувати, що ціна ділення повинна становити $0,3 \div 0,5$ допуску вимірювального параметра.

В якості вимірювального інструмента вибираємо

На всіх операціях параметри шорсткості перевіряються за зразком

Для операції 010.

Для вимірювання використовується штангенциркуль ШЦ-ІІ-630-0.1 ГОСТ 166-63 [1]

Для операції 015.

Для вимірювання використовується гладкий МК по ГОСТ 6507-60 [11]

Для вимірювання різьби використовується різьбовій МВМ по ГОСТ 4380[1]

Для операції 020.

Для вимірювання використовується глибонометр 8315-0508 ГОСТ 24116-80 і штангенциркуль ШЦ-П-320-0.1 ГОСТ 166-89 [9]

Для операції 030.

Для вимірювання використовується Нутрометри з вимірювальною головкою по ГОСТ 9244-75 [3].

Для операції 040.

Використовується контрольно-вимірювальне пристосування для контролю радіального биття (креслення прісопосблення), гладкий МК по ГОСТ 6507-60 [9].

Для операції 045.

Використовується гладкий мікромерт МК по ГОСТ 6507-60 [9]

2.8 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання для операції 010 токарно-гвинторізні

Рішення проводиться аналітичним (повним) способом для точіння поверхні 2 (рисунок 1.1).

Вихідні дані: на токарно-гвинторізний верстаті 16Б16А обробляється поверхню деталі. Опрацьований матеріал - Сталь 40Х, НВ -670 МПа, заготівля - штампування. Діаметр оброблюваної поверхні 83,4 мм, довжина оброблюваної поверхні - 133,6 мм, обробка чорнова, шорсткість Ra 6,3 мкм; обробка без охолодження

1. Паспортні дані верстата 16Б16.

Частота обертання шпинделя, об / хв -20 25 32 40 50 63 80 100 126 159 200
252 317 399 502 632 796 1002 1262 1589 2000.

Поздовжня подача мм / об 0,05 0,065 0,086 0,11 0,15 0,19 0,25 0,33 0,43 0,56
0,73 0,96 1,25 1,64 2,14 2,8.

Потужність електродвигуна головного руху $N_{ел} = 4,6\text{кВт}$, ККД = 0,9.

Максимальна осьова сила допускається механізмом подачі $P = 3000\text{Н}$.

1. Призначаємо глибину різання. Припуск на сторону дорівнює:

$$\Delta = \frac{D-d}{2}$$

$$\Delta = \frac{93-83,4}{2} = 4,8 \text{ мм}$$

Виходячи з вимог до деталі (IT12, Ra 6,3мкм), припуск знімаємо за один прохід.

$$t = \Delta = 4,8 \text{ мм};$$

2. Вибираємо геометричні параметри різця. Для чорнової обробки приймаємо токарний завзятий різець з механічним кріпленням твердосплавних пластини з кутами в плані $\phi = 90^\circ$, $\lambda = 150^\circ$. матеріал пластини твердий сплав Т15К6. Позначення пластини 01113-110304 по ГОСТ 19044-80 [10] товщина пластини $S = 3,18$ мм, радіус при вершині 0,4 мм.

При орієнтовному значенні чорновий подачі для даних умов 0,6 -1,2 мм / об 13 і глибини різання 4,8 мм для верстата 16Б16А приймаємо перетин різця 16x25мм 10. Задній кут 150° , передній кут 100° , кут нахилу ріжучої кромки 0° . Спосіб кріплення ріжучої пластини клиновий.

Для одноінструментальної обробки призначаємо період стійкості $T = 30$ хв.

Визначаємо подачу виходячи з таких обмежень:

А. Подача, що допускається міцністю державки різця, визначається за формулою:

$$S_{\text{пр.р}} = \sqrt{\frac{B \cdot H^2 \cdot \overline{f u}}{60 \cdot c_{pz} \cdot \left(\frac{c_v \cdot k_v}{T_3^m}\right)^{npz} \cdot t^{xpz} \cdot k_{pz} \cdot L_p}},$$

де: $B=16$ мм, $H=25$ мм

$[\sigma] = 490$ МПа (для закаленої державки из стали 40ХН);

$$L_p = 1,5 \cdot H = 1,5 \cdot 25 = 38 \text{ мм};$$

Знаходимо коефіцієнти до показників ступенів [13].

$$C_{PZ} = 300, X_{PZ} = 1,0, Y_{PZ} = 0,75, n_{PZ} = -0,15.$$

K_{PZ} – поправочний коефіцієнт впливає на зміну умов обробки;

$$K_{PZ} = K_{\varphi PZ} \cdot K_{\chi PZ} \cdot K_{\lambda PZ} \cdot K_{rPZ},$$

де $K_{\varphi PZ} = 0,89$; - поправочний коефіцієнт впливає на зміну умов обробки від кута φ [13];

$K_{\chi PZ} = 1,0$; - поправочний коефіцієнт впливає на зміну умов обробки від кута χ [13];

$K_{\lambda PZ} = 1,0$; - поправочний коефіцієнт впливає на зміну умов обробки від кута λ [13];

$K_{rPZ} = 0,87$; - поправочний коефіцієнт впливає на зміну умов обробки від радіус при вершині різця [13];

K_{MP} - поправочний коефіцієнт на зміну умов обробки в залежності від оброблюваного матеріалу;

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^{0,75} = \left(\frac{670}{750} \right)^{0,75} = 0,92$$

$$K_{PZ} = 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 0,92 = 0,71$$

$C_v = 350$; $X_v = 0,15$; $Y_v = 0,35$; $m=0,2$ – поправочні коефіцієнти і показники ступеня в формулах швидкості різання.

Поправочний коефіцієнт впливає на швидкість різання

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv},$$

де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу [1];

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{\sigma_B} \right) = \frac{750}{670} = 1,12$$

$K_{nv} = 1$; - коефіцієнт, що враховує якість матеріалу інструмента [1];

$K_{iv} = 1$; - коефіцієнт, що відображає стан поверхні заготовки [1].

$$K_v = 1,12 \cdot 1 \cdot 1 = 1,12$$

$$S_{\text{пр.р}} = \sqrt[0.75]{\frac{16 \cdot 25^2 \cdot 490}{60 \cdot 300 \cdot \left(\frac{350 \cdot 1,12}{30^{0.2}} \right)^{-0.15} 4,8^1 \cdot 0,71 \cdot 38}} = 6,9 \text{ мм/об}$$

Б. Подача, допускаема жесткостью різця:

$$S_{\text{жр}} = \sqrt[0.75]{\frac{f_p \cdot E \cdot B \cdot H^3}{40 \cdot c_{pz} \cdot \left(\frac{c_v \cdot k_v}{T_s^m} \right)^{npz} t^{xpz} \cdot k_{pz} \cdot L_p^3}},$$

де: f_p – прогин різця, для чорнової обробки приймаємо рівним 0,1;

E_p – модуль пружності державки для сталі 40ХН $2,1 \cdot 10^5$ Мпа;

$$S_{\text{жр}} = \sqrt[0.75]{\frac{0,1 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 16 \cdot 25^3}{40 \cdot 300 \cdot \left(\frac{350 \cdot 1,12}{30^{0.2}} \right)^{-0.15} 48^1 \cdot 0,71 \cdot 38^3}} = 7,98 \text{ мм/об}$$

В. Подача, що допускається прочністю пластини.

$$S_{\text{пр.п}} = \sqrt[ypz]{\frac{340 \cdot c^{1,35} \left(\frac{\sin 60^\circ}{\sin \varphi^\circ} \right)^{0,8}}{10 \cdot c_{pz} \cdot \left(\frac{c_v \cdot k_v}{T_3^{0,2}} \right)^{npz} t^{xpz-0,77} \cdot k_{pz}}},$$

де: C – товщина пластини, складає 3,18мм;

φ – кут в плані, рівен 90^0 ;

$$S_{\text{пр.п}} = \sqrt[ypz]{\frac{340 \cdot 3,18^{1,35} \left(\frac{\sin 60^\circ}{\sin 90^\circ} \right)^{0,8}}{10 \cdot 300 \cdot \left(\frac{350 \cdot 1,12}{30^{0,2}} \right)^{npz} 4,8^{1-0,77} \cdot 0,71}} = 0,95 \text{ мм/об}$$

Г. Подача, допускаема жорсткістю деталі.

$$S_{\text{ж.д}} = \sqrt[ypz]{\frac{f_g \cdot \mu \cdot E \cdot I}{11 \cdot c_{pz} \cdot \left(\frac{c_v \cdot k_v}{T_3^m} \right)^{npz} t^{xpz} \cdot k_{pz} \cdot L^3}},$$

де: f_g – допустима величина прогину 0,2мм;

μ – коефіцієнт, що враховує тип закріплення;

I – момент інерції заготовки [13]

$$S_{\text{ж.д}} = \sqrt[0,75]{\frac{0,2 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 0,05 \cdot 83,4^4}{11 \cdot 300 \cdot \left(\frac{350 \cdot 1,12}{30^{0,2}} \right)^{-0,15} 4,8^1 \cdot 0,71 \cdot 133,6^3}} = 61,44 \text{ мм/об}$$

Д. Подача, допустима прочністю механізму подачі.

$$S_{\text{м.п}} = \sqrt[ypz]{\frac{P_{\text{м.п}}}{4 \cdot c_{pz} \cdot \left(\frac{c_v \cdot k_v}{T_3^m} \right)^{npz} t^{xpz} \cdot k_{pz}}},$$

де: $P = 3000\text{Н}$, осьова сила допустима механізмом подачі

$$S_{\text{м.п}} = \sqrt[0.75]{\frac{3000}{4 \cdot 300 \cdot \left(\frac{350 \cdot 1,12}{30^{0.2}}\right)^{-0.15} \cdot 4,8^1 \cdot 0,71}} = 1,7 \text{ мм/об}$$

2. Визначаємо економічне значення подачі в якості, якої приймаємо найменшу з подач, що допускаються прийнятими технологічними обмеженнями для заданих умов:

$$S_e = S_{\text{ж.д}} = 0,95; 1,7 \text{ мм/об}$$

$$S_e = S_{\text{ж.д}} = 0,95 \text{ мм/об.}$$

Дану подачу можна реалізувати на верстаті так як виконується умова 0,01

Коригуємо економічне значення подачі по верстата. З урахуванням виконання умови 5% в якості технологічної подачі приймаємо найближче значення з наявних на верстаті, тобто $S_T = 0,96 \text{ мм/об.}$

7. Визначаємо економічне значення числа оборотів за формулою:

$$n_d = \frac{100 \cdot C_v \cdot K_v}{T_g^m \cdot S^{y_v} \cdot t^{x_v} \cdot \pi \cdot D}$$

$$n_d = \frac{1000 \cdot 350 \cdot 0,75}{30^{0.2} \cdot 0,95^{0.35} \cdot 4,8^{0.15} \cdot \pi \cdot 83,4} = 406 \text{ об/мин}$$

Це число оборотів можна реалізувати на верстаті, так як виконується умова $20 \leq 475 \leq 2000$.

8. Перевіряємо економічне значення подачі по потужності верстата.

$$S_{m.c} = \sqrt{\frac{N_s \cdot \eta \cdot 60 \cdot 1020 \cdot 1000}{10 \cdot c_{pz} \cdot \left(\frac{c_v \cdot k_v}{T_s^m}\right)^{npz} \cdot t^{xpz} \cdot k_{pz} \cdot \pi \cdot D \cdot n_s}}$$

$$S_{m.c} = \sqrt[0.75]{\frac{4,6 \cdot 0,9 \cdot 60 \cdot 1020 \cdot 1000}{10 \cdot 300 \cdot \left(\frac{350 \cdot 1,12}{30^{0.2}}\right)^{-0.15} \cdot 4,8^1 \cdot 0,71 \cdot 3,14 \cdot 83,4 \cdot 406}} = 0,33 \text{ мм/об}$$

В якості технологічної розрахункової подачі приймаємо $S_{Tr} = 0,33 \text{ мм / об}$.
Коригуємо значення S_{Tr} по верстата. В якості технологічної подачі приймаємо $S_{Tr} = 0,33 \text{ мм/об}$.

Знаходимо число обертів допускаються потужністю верстата по формулі

$$n_{m.c} = \sqrt[1+n_{pz}]{\frac{N_s \cdot \eta \cdot 60 \cdot 1020}{10 \cdot c_{pz} \cdot t^{xpz} \cdot S^{ypz} \cdot \left(\frac{\pi \cdot D}{1000}\right)^{1+n_{pz}} \cdot k_{pz}}}$$

$$n_{m.c} = \sqrt[0.85]{\frac{4,6 \cdot 0,9 \cdot 60 \cdot 1020}{10 \cdot 300 \cdot 4,8^1 \cdot 0,33^{0.75} \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 83,4}{1000}\right)^{0.85} \cdot 0,71}} = 406 \text{ об/мин}$$

Коригуємо $n_{m.c}$ значення по верстата і приймаємо в якості дійсного числа оборотів з урахуванням виконання умови 5% – $n = 399 \text{ об/мин}$

9. Визначаємо фактичну швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000};$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 83,4 \cdot 399}{1000} = 104,5 \text{ м/мин};$$

10. Знаходимо силу різання по формулі:

$$P_z = 10 \cdot c_{pz} \cdot t^{xpz} \cdot S^{ypz} \cdot V^{npz} \cdot K_{pz}$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 4,8 \cdot 0,33^{0,75} \cdot 104,5^{-0,15} \cdot 0,71 = 2189 = 218,9 \text{ кН};$$

11. Розраховуємо потужність різання за формулою:

$$N_p = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1020};$$

$$N_p = \frac{218,9 \cdot 104,5}{60 \cdot 1020} = 0,37 \text{ кВт.}$$

12. Визначаємо коефіцієнт використання верстата по потужності

$$K_N = \frac{N_p}{N_{\text{э}} \cdot \eta} = \frac{0,37}{2,8 \cdot 0,9} = 0,14$$

Оскільки $K_N \leq 1$, знайдений режим різання можна реалізувати на верстаті 16Б16А.

Для інших переходів цієї операції вибираємо:

- подачу встановлюємо по [14], далі коригуємо подачу за паспортними даними верстата і встановлюємо дійсну, значення заноситься в таблицю;
- швидкість різання встановлюємо по [14] і заносимо значення в таблицю;
- частоту обертання шпинделя розраховуємо за формулою:

$$n = \frac{V_i \cdot 1000}{\pi \cdot D_i},$$

де V_i – швидкість різання;

D_i – діаметр i -го переходу.

Далі коригуємо частоту обертання шпинделя за паспортними даними верста-
та і встановлюємо дійсну частоту обертання, значення заноситься в таблицю 2.14.

Таблиця 2.14– Параметри режиму різання віх переходів операції 010.

Номер перехода	Параметри режимів різання					L, мм	T _о , мин	Вид режиму
	t,мм	S,мм/об	n,об/мин	V,м/мин	i			
1	2,1	0,29	430	135	1	5,8	0,38	Табличний
2	4,8	0,33	399	105	1	136,5	1,036	Розрахунковий
3	2,9	0,14	790	152	1	8,5	0,072	Табличний
4	4,6	0,14	640	142	1	101,5	1,08	Табличний
5	1,8	0,14	790	164	1	10,4	0,13	Табличний
6	1,2	0,14	790	152	1	15	0,31	Табличний
7	2,1	0,29	430	132	1	3	0,38	Табличний
8	4,8	0,33	399	105	1	18,5	0,195	Табличний
9	2,5	0,48	430	122	1	4	0,035	Табличний
10	2,9	0,14	790	152	1	32,3	0,29	Табличний
11	1,2	0,14	790	152	1	13,5	0,22	Табличний
12	1,2	0,14	790	164	1	10,4	0,11	Табличний

Розрахунок режимів різання для операції 020 вертикально-фрезерної

Вибираємо горизонтально - фрезерний верстат моделі 6Т104. потужність еле-
ктродвигуна $N_{эл}=2,2$ кВт, КПД $\eta=0,75$.

Число обертів за хвилину: 63 89 125 177 249 351 495 698 984 1388 1957
2800.

Подача стола, мм/хв: 11,2 16 22 32 45 63 89 126 177 251 354 500.

Нарізувана глибина різання дорівнює глибині паза, тобто $t = 4$ мм.

При фрезеруванні закритого паза розрізняють осьову подачу і подовжню подачу, мм / хв.

Режим різання при осьовому врізанні

Швидкість різання, м / хв,

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot k_v, \quad (2.8)$$

де $D = 6$ мм – діаметр фрези;

$S_z = 0,006$ мм/мин – осьова подача фрези [1];

$S_z = 0,02$ мм/мин – продольна подача фрези [1];

$B = 6$ мм – ширина фрезерування;

$z = 2$ – кількість зубів фрези;

$T = 60$ мин – період стійкості фрези [1];

$C_v = 12$; $q = 0,3$; $x = 0,3$; $y = 0,25$; $u = 0$; $p = 0$; $m = 0,26$ – [1];

$k_v = k_{mv} \cdot k_{nv} \cdot k_{iv}$ - коефіцієнти

$k_{mv} = k_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{nv} = \left(\frac{750}{670} \right)^1 = 1,12$ - коефіцієнти [1];

$k_{nv} = 1$ – коефіцієнти, що враховують стан поверхні [1];

$k_{iv} = 1$ – коефіцієнти, що враховують стан інструменту [1]

$$k_v = 1,12 \cdot 1 \cdot 1 = 1,12$$

Режим різання при осьовому різанні

Швидкість різання по формулі:

$$V = \frac{12 \cdot 6^{0.3}}{60^{0.26} \cdot 6^{0.3} \cdot 0,006^{0.25} \cdot 6^0 \cdot 2^0} \cdot 1,12 = 16,66 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання, об/хв

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 16,66}{\pi \cdot 6} = 884 \text{ об/хв.}$$

Коригуємо частоту обертання шпинделя за паспортними даними верстата і встановлюємо дійсну частоту обертання $n_d = 984$ об/хв.

Сила різання, Н

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot k_{mp}, \quad (2.9)$$

де $C_p = 68,2$; $x = 0,96$; $y = 0,72$; $u = 1$; $q = 0,86$ – коефіцієнти до показників ступенів [1]

k_{mp} – поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу [1]

$$k_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{670}{750}\right)^{0,75} = 0,92$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 6^{0,86} \cdot 0,006^{0,72} \cdot 6^1 \cdot 2}{6^{0,86} 984^0} \cdot 0,92 = 189,24 \text{ Н}$$

Крутний момент, $\text{Н} \cdot \text{м}$, на шпинделі

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{189,24 \cdot 6}{200} = 5,68 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Потужність різання, кВт

$$N_{эл} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{189,24 \cdot 16,66}{1020 \cdot 60} = 0,05 \text{ кВт}$$

Режим різання при поздовжньому фрезеруванні

Швидкість різання, м / хв розраховуємо за формулою:

$$V = \frac{12 \cdot 6^{0,3}}{60^{0,26} \cdot 6^{0,3} \cdot 0,02^{0,25} \cdot 6^0 \cdot 2^0} \cdot 1,26 = 12,33 \text{ м/мин}$$

Частота обертання, об/хв

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 12,33}{\pi \cdot 6} = 654 \text{ об/мин.}$$

Коригуємо частоту обертання шпинделя за паспортними даними верстата і встановлюємо дійсну частоту обертання $n_d = 698$ об/мин.

Сила різання, Н розраховується за формулою:

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 6^{0,86} \cdot 0,02^{0,72} \cdot 6^1 \cdot 2}{6^{0,86} \cdot 698^0} \cdot 0,92 = 450,29 \text{ Н}$$

Обертаючий момент, Н·м

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{450,29 \cdot 6}{200} = 13,5 \text{ Н·м}$$

Потужність різання, кВт

$$N_{эл} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{450,29 \cdot 12,33}{1020 \cdot 60} = 0,09 \text{ кВт.}$$

Розрахунок режимів різання для вертикально-свердильний операції 025

Вибираємо горизонтально - свердильний верстат моделі 2М112

Потужність електродвигуна $N_{эл}=0,6$ кВт, КПД $\eta=0,75$.

Число оборотів шпинделя в хвилину: 450 800 1423 2530 4500.

Подача стола, мм/хв - ручна

Глибина різання

$$t = 0,5D,$$

де D – діаметр отвору, мм:

$$t_1 = 0,5 \cdot 5,5 = 2,75 \text{ мм}$$

$$t_2 = 0,5 \cdot 9 = 4,5 \text{ мм}$$

Подача

Для діаметра свердла 4-6 мм [1] приймаємо

$$S_1 = 0,19 \text{ мм/об.}$$

Для діаметра зенкера до 15 мм [1] приймаємо

$$S_2 = 0,5 \text{ мм/об.}$$

Швидкість різання при свердлінні, м/хв,

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S_z^y} \cdot k_v,$$

де S_z - подача свердла [1];

$T=25$ мин – період стойкості фрези [1];

$C_v=7$; $q=0,4$; $y=0,7$; $m=0,2$ – [1];

$k_v = k_{mv} \cdot k_{nv} \cdot k_{uv}$ - поправочний коефіцієнт:

$$k_{mv} = k_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{nv} = \left(\frac{750}{670} \right)^{0.9} = 1,12 \text{ - поправочний коефіцієнт [1];}$$

$$k_{nv} = 1 \text{ - поправочний коефіцієнт [1]}$$

$$k_{uv} = 1 \text{ - поправочний коефіцієнт [1]}$$

$$k_v = 1,12 \cdot 1 \cdot 1 = 1,12$$

$$V = \frac{12 \cdot 5,5^{0.4}}{25^{0.2} \cdot 0,19^{0.7}} \cdot 1,12 = 39,9 \text{ м/хв.}$$

Швидкість різання для розсвердлювання отвору, м / хв,

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot k_v$$

де $S = 0,5$ мм/мин – подача при цикуванні;

$T = 25$ мин – період стійкості при свердлінні;

$C_v = 16,2$; $q = 0,4$; $x = 0,2$; $y = 0,5$; $u = 0$; $m = 0,2$ – [1];

$k_v = k_{mv} \cdot k_{nv} \cdot k_{uv}$ - поправочний коефіцієнт

$$k_{mv} = k_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{nv} = \left(\frac{750}{670} \right)^{0.9} = 1,12 \text{ - поправочний коефіцієнт [1]}$$

$$k_{nv} = 1 \text{ - поправочний коефіцієнт [1]}$$

$$k_{uv} = 1 \text{ - поправочний коефіцієнт [1]}$$

$$k_v = 1,12 \cdot 1 \cdot 1 = 1,12$$

$$V = \frac{16,2 \cdot 9^{0.4}}{25^{0.2} \cdot 4,5^{0.2} \cdot 0,5^{0.5}} \cdot 1,12 = 28,99 \text{ м/мин.}$$

Частота обертання, об/хв

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}$$

При свердлінні

$$n = \frac{1000 \cdot 39,9}{\pi \cdot 5,5} = 2310 \text{ об/мин.}$$

Коригуємо частоту обертання шпинделя за паспортними даними верстата і встановлюємо дійсну частоту обертання $n_d = 2530$ об/хв.

При циковці

$$n = \frac{1000 \cdot 28,99}{\pi \cdot 9} = 1026 \text{ об/хв.}$$

Коригуємо частоту обертання шпинделя за паспортними даними верстата і встановлюємо дійсну частоту обертання $n_d = 800$ об/мин.

Сила резання , Н:

При свердлінні:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot k_p,$$

де $C_p=68$; $x=0$; $y=0,7$; $q=1$ – коефіцієнт і показники ступеня у формулі осьової сили [1].

$$k_p = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{670}{750}\right)^{0,75} = 0,92$$

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 5,5^1 \cdot 0,19^{0,7} \cdot 0,92 = 1075,9 \text{ Н}$$

при розсвердлюванні

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot k_p,$$

де $C_p=67$; $y=0,65$; $q=0$; $x=1,2$ – коефіцієнт і показники ступеня у формулі осьової сили;

$$P_0 = 10 \cdot 67 \cdot 1,75^{1,2} \cdot 0,5^{0,62} \cdot 0,92 = 784,2 \text{ Н}$$

Крутний момент, $H \cdot m$, на шпинделі:

При свердлінні

$$M = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot k_p, H \cdot m$$

де $C_M = 0,0345$; $x=-$; $y=0,9$; $q=2$ – коефіцієнт і показатели степені в формуле крутящего момента [1]

$$M = 10 \cdot 0,0345 \cdot 5,5^2 \cdot 0,19^{0,9} \cdot 0,92 = 2,15 \text{ Нм}$$

при розсвердлюванні

$$M = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot k_p,$$

де $C_M = 0,09$; $x=0,9$; $y=0,8$; $q=1$ – коефіцієнт і показатели степені в формуле крутящего момента [1]

$$M = 10 \cdot 0,09 \cdot 9^1 \cdot 4,5^{0,9} \cdot 0,5^{0,8} \cdot 0,92 = 7,06 \text{ Нм}$$

Потужність різання, кВт

$$N_{\text{эл}} = \frac{M \cdot n}{9750},$$

При свердлінні

$$N_{эл} = \frac{2,14 \cdot 2530}{9750} = 0,55 \text{ кВт}$$

при розсвердлюванні

$$N_{эл} = \frac{7,06 \cdot 800}{9750} = 0,57 \text{ кВт}$$

2.9 Технічне нормування операцій

Технічне нормування операцій здійснюємо згідно вибору з відповідної літератури норм допоміжного часу. Нормування полягає у визначенні штучно-калькуляційного часу по формулі:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{п.з.}}{n} + T_{шт}, \quad (2.10)$$

де $T_{п.з.}$ – підготовчо-заклучний час, хв

n – кількість деталей в настроювальній партії, $n = 192$ шт;

$T_{шт}$ – штучний час, хв, і так само:

$$T_{шт} = T_0 + T_B + T_{ТЕХ.ОБС} + T_{ОРГ.ОБС} + T_{от}, \quad (2.11)$$

де T_0 – основний (машинний) час, хв;

T_B – допоміжний час, хв;

$T_{ТЕХ.ОБС}$ – час на технологічне обслуговування робочого місця, хв; береться в процентному відношенні від оперативного часу – $T_{оп}$:

$$T_{OP} = \sum T_0 + \sum T_B \quad (2.12)$$

$$T_{TEX.OBC} = 3,5\% \cdot T_{OP} \quad (2.13)$$

$T_{ORG.OBC}$ – час на організаційне обслуговування, хв, і так само:

$$T_{ORG.OBC} = 4,3\% \cdot T_{OP} \quad (2.14)$$

T_{OT} – час перерв на відпочинок і особисті потреби, хв, і так само:

$$T_{OT} = 2,2\% \cdot T_{OP} \quad (2.15)$$

Технологічне нормування токарно-гвинторізний операції.

Визначаємо підготовчо-заклучний час [16]:

$$T_{п.з.} = T_{п.з.1} + T_{п.з.2} + T_{п.з.3}$$

$T_{п.з.1}$ – час на наладку верстата, інструменту в патроні, $T_{п.з.1} = 7$ мин

$T_{п.з.2}$ – час на перемикування важелем коробки передач, $T_{п.з.2} = 1$ мин

$T_{п.з.3}$ – час на отримання і здачу інструменту після остаточної обробки,

$T_{п.з.3} = 10$ мин.

$$T_{п.з.} = 7 + 1 + 10 = 18 \text{ мин}$$

Визначаємо основний час

Для точіння і розточування по формулі:

$$T_o = \frac{l + l_{ep} + l_{nep}}{s \cdot n_o},$$

де, l - довжина оброблюваної поверхні, мм;

l_{ep} - довжина врізання, мм;

l_{nep} - довжина перебігу, мм.

для поверхні 2 $T_o = \frac{135 + 1,5 + 0}{0,33 \cdot 399} = 1,036 \text{ хв}$

для поверхні 3 $T_o = \frac{8 + 1,5 + 0}{0,33 \cdot 399} = 0,072 \text{ хв}$

для поверхні 4 $T_o = \frac{101 + 1,5 + 0}{0,15 \cdot 632} = 1,08 \text{ хв}$

для поверхні 5 $T_o = \frac{10,4 + 1,5 + 0}{0,15 \cdot 632} = 0,13 \text{ хв}$

для поверхні 8 $T_o = \frac{18 + 1,5 + 0}{0,25 \cdot 399} = 0,195 \text{ хв}$

для поверхні 9 $T_o = \frac{4 + 1,5 + 2}{0,43 \cdot 502} = 0,035 \text{ хв}$

для поверхні 10 $T_o = \frac{32,4 + 1,5 + 0}{0,15 \cdot 796} = 0,29 \text{ хв}$

для поверхні 12 $T_o = \frac{14 + 1,5 + 2}{0,15 \cdot 1002} = 0,11 \text{ хв}$

Визначаємо основний час для підрізання по формулі:

$$T_o = \frac{(D_2 - D_1) + l_{ep} + l_{nep}}{s \cdot n_o},$$

де, D_1, D_2 - діаметри деталей, мм;

l_{ep} - довжина врізання, мм;

$l_{пер}$ – довжина перебігу, мм.

$$\text{для поверхні 1 } T_o = \frac{93 - 59,8 + 1,5 + 2}{0,25 \cdot 399} = 0,38 \text{ мин}$$

$$\text{для поверхні 6 } T_o = \frac{63,4 - 35,2 + 1,5 + 0}{0,15 \cdot 632} = 0,31 \text{ мин}$$

$$\text{для поверхні 7 } T_o = \frac{93 - 59,8 + 1,5 + 2}{0,25 \cdot 399} = 0,38 \text{ мин}$$

$$\text{для поверхні 11 } T_o = \frac{67,3 - 35,2 + 1,5 + 0}{0,15 \cdot 1002} = 0,22 \text{ мин}$$

$$T_0 = \sum T_{0i} = 1,036 + 0,072 + 1,08 + 0,13 + 0,195 + 0,035 + 0,29 + 0,11 + 0,38 + 0,31 + 0,38 + 0,22 = 4,238 \text{ мин}$$

Визначасмо допоміжний час.

1. Допоміжний час на установку і зняття деталі туст.

Час на установку і зняття деталі вагою 2,88 кг в трикулачні патроні з затискачем без вивірки одно 0,21 хв [15].

2. Допоміжний час, пов'язане з переходом тпер

Допоміжний час, пов'язане з переходом встановлюється по

[15]. Для чорнової обробки з пробними стружками або при установці різця по лімбу час на прохід одно:

Для установка А і В

Поверхня 1,5,6,10 – $t_{пер}=0,16$ хв

Поверхня 2,3,4,7,8,9,11 – $t_{пер}=0,12$ хв

$$\sum t_{пер} = 4 \cdot 0,16 + 7 \cdot 0,12 = 1,48 \text{ хв}$$

Допоміжний час на контрольні вимірювання $t_{изм}$.

Допоміжний час на контрольні вимірювання обробленої поверхні встановлюється по [15]

Для установка А и Б

Поверхня 1,6 – $t_{изм}=0,08$ хв

Поверхня 2,7,8 – $t_{изм}=0,12$ хв

Поверхня 3,4,5,9,10,11 – $t_{изм}=0,25$ хв

$$\sum t_{изм} = 2 \cdot 0,08 + 3 \cdot 0,12 + 6 \cdot 0,25 = 2,02 \text{ хв}$$

Допоміжний час на операцію складе:

$$T_g = t_{уст} + t_{пер} + t_{изм} = 0,21 + 1,48 + 2,02 = 3,71 \text{ хв}$$

За [16] визначається поправочний коефіцієнт на допоміжний час в залежності від сумарної, тривалості обробки партії деталей по трудомісткості. При трудомісткості обробки партії деталей в дві зміни цей коефіцієнт дорівнює 1,85.

З урахуванням поправочного коефіцієнта допоміжний час на операцію складе

$$T_g \cdot K = 3,71 \cdot 1,85 = 6,86 \text{ хв}$$

Визначаємо оперативний час за формулою:

$$T_{оп} = 4,238 + 6,86 = 11,098 \text{ хв}$$

Визначаємо час на технологічне обслуговування за формулою:

$$T_{тех.обс} = \frac{3,5 \cdot 11,098}{100} = 0,24 \text{ хв}$$

Визначаємо час на організаційне обслуговування за формулою:

$$T_{орг.обс} = \frac{4,3 \cdot 11,098}{100} = 0,47 \text{ хв}$$

Визначаємо час на відпочинок за формулою:

$$T_{от} = \frac{2,2 \cdot 11,098}{100} = 0,22 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час по формулі:

$$T_{шт} = 4,238 + 6,86 + 0,24 + 0,47 + 0,22 = 11,758$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час:

$$T_{шт-к} = \frac{18}{192} + 11,758 = 11,85 \text{ хв}$$

Таблица 2.17 – Нормирования операции токарно-винторезной

Но- мер пере- хода	T _О , МИН	T _В , МИН	T _{ОП} , МИН	T _{ТЕХ.} ОБС, МИН	T _{ОРГ.} ОБС, МИН	T _{ОТ} , МИН	T _{шт} , МИН	T _{ПЗ} , МИН	T _{Ш-К} , МИН
1	0,38	3,71	11,098	0,24	0,47	0,22	11,758	18	11,85
2	1,036								
3	0,072								
4	1,08								
5	0,13								
6	0,31								
7	0,38								
8	0,195								
9	0,035								
10	0,29								
11	0,22								
12	0,11								

Технологічне нормування вертикально-фрезерної операції

Визначаємо підготовчо-заклучний час:

$$T_{п.з.} = T_{п.з.1} + T_{п.з.1} + T_{п.з.1}$$

$T_{п.з.1}$ – час на наладку верстата, $T_{п.з.1} = 14$ хв [16];

$T_{п.з.2}$ – час на установку фрези, $T_{п.з.2} = 2$ хв;

$T_{п.з.3}$ – час на отримання і здачу інструменту, $T_{п.з.3} = 7$ хв;

$$T_{п.з.} = 14 + 2 + 7 = 23 \text{ хв}$$

Визначаємо основний час.

Визначаємо основний час для обробки фрезеруванням по формулі:

$$T_o = \frac{l_1 + l_{сп}}{s_{oc} \cdot n_d} + \frac{l_2 + l_{пер}}{s_{нр} \cdot n_d},$$

де, $l_1 = 4$ – висота паза, мм;

$l_2 = 18$ – довжина паза, мм;

$l_{сп} = 2$ – довжина врізання, мм;

$l_{пер} = 2$ – довжина перебіга, мм.

$$T_o = \frac{4 + 2}{0,006 \cdot 984} + \frac{18 + 2}{0,02 \cdot 698} = 2,45 \text{ хв}$$

Визначаємо допоміжний час.

1. Допоміжний час на установку і зняття деталі туст.

Час на установку і зняття деталі вагою 2,88 кг в трикулачній патроні з затискачем без вивірки одно 0,21 хв [15].

2. Допоміжний час, пов'язане з переходом тпер

Допоміжний час, пов'язане з переходом встановлюється по

[15] і так само 0,47мін.

3. Допоміжний час на контрольні вимірювання тізм

Допоміжний час на контрольні вимірювання обробленої поверх-ності встановлюється по [15]. При вимірюванні штангенциркулем час на вимір дорівнює 0,2 хв.

Допоміжний час на операцію складе

$$T_e = t_{уст} + t_{пер} + t_{изм} = 0,21 + 0,47 + 0,2 = 0,88 \text{ хв}$$

За [15] визначається поправочний коефіцієнт на допоміжний час в залежності від сумарної, тривалості обробки партії деталей по трудомісткості. При трудомісткості обробки партії деталей вдві змін цей коефіцієнт дорівнює 1,85.

З урахуванням поправочного коефіцієнта допоміжний час на операцію складе

$$T_{\epsilon} \cdot K = 0,88 \cdot 1,85 = 1,628 \text{ хв}$$

Визначаємо оперативний час за формулою:

$$T_{оп} = 2,45 + 1,628 = 4,078 \text{ мин.}$$

Визначаємо час на технологічне обслуговування за формулою:

$$T_{ТЕХ,ОБС} = \frac{3,5 \cdot 4,078}{100} = 0,14 \text{ хв}$$

Визначаємо час на організаційне обслуговування за формулою:

$$T_{ОРГ,ОБС} = \frac{4,3 \cdot 4,078}{100} = 0,17 \text{ хв}$$

Визначаємо час на відпочинок за формулою:

$$T_{от} = \frac{2,2 \cdot 4,078}{100} = 0,09 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час по формулі:

$$T_{шт} = 2,45 + 1,628 + 0,14 + 0,17 + 0,09 = 4,478$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час:

$$T_{ш-к} = \frac{23}{192} + 4,478 = 4,59 \text{ хв}$$

Технологічне нормування вертикально-свердлильний операції. Визначаємо підготовчо-заключний час [16]:

$$T_{п.3.} = T_{п.3.1} + T_{п.3.1} + T_{п.3.1},$$

$T_{п.3.1}$ – час на наладку верстата, $T_{п.3.1} = 9$ хв[16];

$T_{п.3.2}$ – час на установку багатощпindelною головки, $T_{п.3.2} = 20$ хв[16];

$T_{п.3.3}$ – час на отримання, здачу інструменту і пристосувань до початку роботи, $T_{п.3.3} = 5$ хв [16].

$$T_{п.3.} = 9 + 20 + 5 = 34 \text{ хв}$$

Визначаємо основний час.

$$T_0 = \frac{l_{обр} \cdot i}{n \cdot S}$$

де $l_{обр} = l_1 + l_2 + l_3$

l_1 – глибина свердління, мм;

l_2 – довжина врізання інструмента, мм:

$$l_2 = 0,4 \cdot D.$$

l_3 – довжина перебігаючи інструменту, $l_3 = 2$ мм

Для свердління

$$l_{обр} = 12 + 2,2 + 2 = 16,2 \text{ мм}$$

i – кількість проходів, $i = 8$

n – частота обертання шпинделя, $n = 2530$ об/хв

S – подача, $S = 0,19$ мм/об

$$T_0 = \frac{16,2 \cdot 8}{2530 \cdot 0,19} = 0,27 \text{ мин}$$

Для цикування

$$l_{\text{обр}} = 6 + 3,6 + 2 = 11,6 \text{ мм}$$

i – кількість проходів, $i = 4$

n – частота обертання шпинделя, $n = 800$ об/хв

S – подача, $S = 0,5$ мм/об

$$T_o = \frac{11,6 \cdot 4}{0,5 \cdot 800} = 0,116 \text{ хв}$$

$$\Sigma T_o = 0,27 + 0,116 = 0,386 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час.

1. Допоміжний час на установку і зняття деталі туст

Час на установку і зняття деталі вагою 2,88 кг в одно 0,21 хв [15]

2. Допоміжний час, пов'язане з переходом тпер

Допоміжний час, пов'язане з переходом встановлюється по [15] і так само 0,29 хв.

$$\Sigma t_{\text{пер}} = 2 \cdot 0,29 = 0,58 \text{ хв}$$

Допоміжний час на операцію складе

$$T_e = t_{\text{уст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{изм}} = 0,21 + 0,58 = 0,79 \text{ хв}$$

За [15] визначається поправочний коефіцієнт на допоміжний час в залежності від сумарної, тривалості обробки партії деталей по трудомісткості. При трудомісткості обробки партії деталей в п'ять змін цей коефіцієнт дорівнює 1,85.

З урахуванням поправочного коефіцієнта допоміжний час на операцію складе

$$T_e \cdot K = 0,79 \cdot 1,85 = 1,46 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час за формулою:

$$T_{оп} = 0,386 + 1,46 = 1,846 \text{ хв.}$$

Визначаємо час на технологічне обслуговування за формулою:

$$T_{ТЕХ.ОБС} = \frac{3,5 \cdot 1,846}{100} = 0,065 \text{ хв}$$

Визначаємо час на технологічне обслуговування за формулою:

$$T_{ОРГ.ОБС} = \frac{4,3 \cdot 1,846}{100} = 0,079 \text{ хв}$$

Визначаємо час на відпочинок за формулою:

$$T_{от} = \frac{2,2 \cdot 1,846}{100} = 0,04 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час по формулі:

$$T_{шт} = 0,386 + 1,46 + 0,065 + 0,079 + 0,05 = 2,04 \text{ хв}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час:

$$T_{ш-к} = \frac{34}{192} + 2,04 = 2,22 \text{ хв.}$$

2.10 Проектування верстатного пристрою

Проектування верстатного пристрою на фрезерну операцію. Обґрунтування необхідності створення пристосування. Вибір системи пристосування.

Виходячи з існуючого технологічного процесу виготовлення деталі заготовка обробляється на універсальному обладнанні, закріпленої в призмі з ручним приводом. Робочий на даній операції має шостий розряд. Застосування спеціального пристосування з механізованим приводом дозволить знизити розряд верстатника

на даній операції, знизити трудомісткість обробки, підвищити стабільність точностних параметрів операції.

На даній операції утворюється шпонковий паз розмірами $6 * 4 * 18$.

Точність розміру 18 мм - довгі паза, на кресленні не вказується, точність визначаємо по технічних вимогах - IT12. Числове значення допуску на цей розмір визначаємо по ГОСТ 25346-82 $-T_{18} = 180\text{мкм}$.

Точність розміру 18 мм - довгі паза, на кресленні не вказується, точність визначаємо по технічних вимогах - IT12. Числове значення допуску на цей розмір визначаємо по ГОСТ 25346-82 $-T_6 = 120\text{мкм}$.

Точність розміру 6 мм - ширини паза, так само на кресленні не вказується, точність визначаємо по квалитету - IT12. Числове значення допуску на цей розмір визначаємо по ГОСТ 25346-82 $-T_4 = 120\text{мкм}$.

Точність форми. Спотворення форми паза характеризується відхиленням від площинності. Допуск площинності на кресленні і в технічних вимогах не вказано, значить його величина повинна знаходитися в межах допуску номінального розміру - довгі більшої сторони паза - 18 мм; а саме $0,6 \cdot T_{18} = 0,6 \cdot 180 = 108\text{мкм}$. За ГОСТ 24643-81 визначаємо допуск площинності - 100 мкм, що відповідає 13-й ступеня точності.

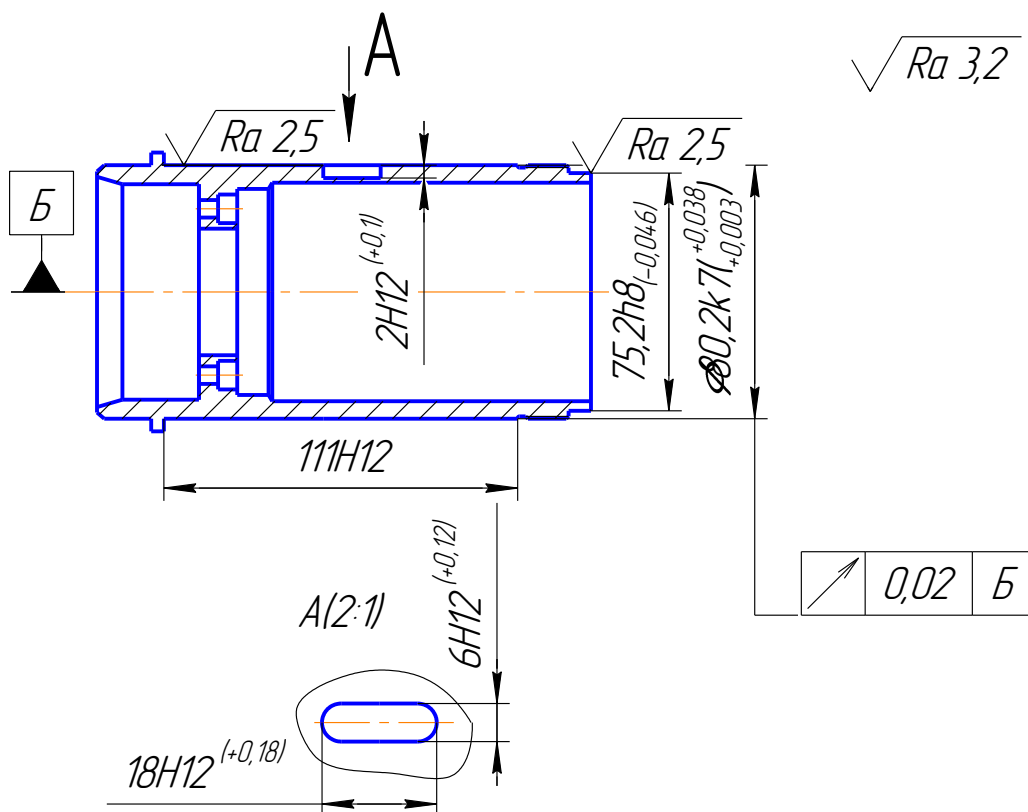


Рисунок 2.14 - Операційний ескіз заготовки.

Точність Розташування поверхонь.

Допуск паралельності на кресленні і в технічних вимогах не вказано, але повинна знаходитися в межах допуску на розмір 6 мм, а саме $0,6 \cdot T_6 = 0,6 \cdot 120 = 72$ мкм. За ГОСТ 24643-81 визначаємо допуск паралельно - 60 мкм, що відповідає 12-й ступеня точності.

Шорсткість поверхонь указанно на кресленні, приймаємо шорсткість - $Ra = 3,2$ мкм по ГОСТ 2789-73.

З'ясування кількісних і якісних даних про заготовку, що надходить на операцію.

На дану операцію заготовка надходить попередньо обробленої з припуском 0,1 мм на сторону. Поверхня $\text{Ø}80\text{k}6$ надходить так само з припуском 0,1 мм. Маса заготовки - 2,2 кг. Матеріал - сталь 40X ГОСТ4543-71. Заготівля являє собою тіло обертання, цілком жорстка, оброблюваність цілком задовільна. Є досить розвинені поверхні, прийняті за базові. До яких можна віднести циліндричну поверхню

(Ø80,2) і правий торець, малюнок 1. Уточнимо точності параметри поверхонь, які можуть бути базовими.

Діаметр зовнішньої циліндричної поверхні після чистового точіння дорівнює - 80,2 мм, так як на кресленні проставлено значення і точність цього діаметра після кругло-шліфувальної операції - Ø80к6, після чистового точіння допуск діаметрального розміру - Ø80,2 буде по якості К7 - допуск $T_{80,2} = 35$ мкм по ГОСТ 25346-82, це дозволяє виконати размет паза - 4 мм без похибки.

Розмір 75,2 мм - торцевої поверхні, отриманий після чистового точіння. Він має квалітет h8, допуск визначається по ГОСТ 25346-82 - $T_{75,2} = 46$ мкм.

Відношення $L/d = 111/80,2 = 1,38 \geq 1$. Це дозволяє використовувати її в якості технологічної бази - подвійний направляючої.

Точність форми.

Оскільки допуск циліндричної і круглості не обумовлено в технічних вимогах і в кресленні, то він може бути встановлений в межах допуску на розмір, а саме $0,3 \cdot T_{80,2} = 0,3 \cdot 35 = 11$ мкм. За ГОСТ 25643-81 допуск дорівнює 10 мкм, що відповідає 6-го ступеня точності.

Відхилення від площинності торця не вказується на кресленні і в технічних вимогах. Так само встановлюється - $0,3 \cdot T_{75,2} = 0,3 \cdot 46 = 13,8$ мкм. За ГОСТ 25643-8, допуск дорівнює 12 мкм, що відповідає 7 ступеню точності.

Розробка і обґрунтування схеми закріплення.

Вибір головної базової поверхні

З усього комплексу поверхонь, що утворюють заготовку, на головну базову поверхню може претендувати тільки одна - Ø80,2 мм. Вона оброблена з точністю IT7, $T_{80,2} = 35$ мкм. Ставлення довжини до діаметру 1,38, шорсткість поверхні Ra = 2,5 мкм. Застосування цієї поверхні в якості базової не перешкоджає доступу інструментів до оброблюваних поверхонь.

Циліндрична поверхня $\varnothing 80,2_{k7}$, буде прийнятої в якості головної базової, по-збавляє заготовку чотирьох ступенів свободи, тобто є подвійний направляючої.

Вибір опорної бази

Функції опорної бази в рівній мірі можуть виконувати два торця.

Визначимо похибка базування за першим варіантом.

Похибка базування виглядає наступним чином:

$$T_{155} = 400\text{мкм (за ГОСТ 25346-82)}; E_{\sigma 66} = T_{155} = 400\text{мкм}$$

Похибка базування $E_{\sigma 66}$ значно перевершує допуск на $T_{66} = 300$ мкм, що не допустимо.

Визначимо похибка базування на точності параметри за другим варіантом.

$$E_{\sigma 66} = 0 ; T_{66} = 300\text{мкм (за ГОСТ 25346-82)};$$

Тут похибка базування $E_{\sigma 66}$ на розмір 66 мм відсутній. Тому вибираємо другу схему базування.

Точнісні параметри базових поверхонь, визначені у пункті 3, можна порівняти з точносних параметрами оброблюваних, що забезпечує виконання точностних вимог, пред'явлених до обробки.

Остаточо аналіз структури зв'язків зробимо, побудувавши таблицю односторонніх зв'язків.

Таблиця 2.15 - Таблиця односторонніх зв'язків

Індекс зв'язку	x	x'	y	y'	z	z'	ω_x	ω_x'	ω_y	ω_y'	ω_z	ω_z'
Реакція	R		R	R	R	R			R	R	R	R

З таблиці видно, що на заготовку накладено дев'ять односторонніх зв'язків.

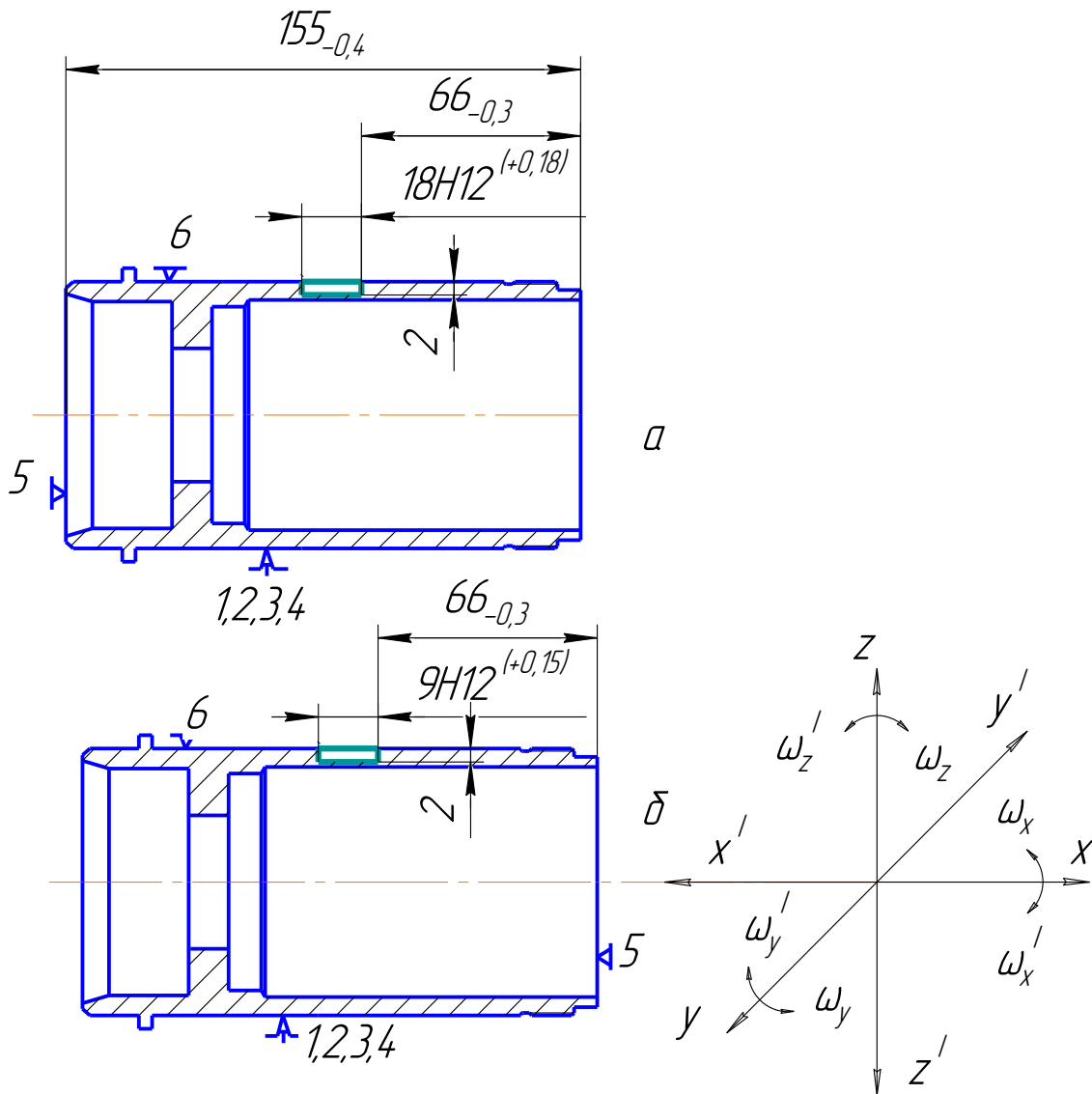


Рисунок 2.15 - Варіанти базування: а - перший варіант;
б - другий варіант.

Побудова функціональної структури і загальної компоновання пристосування

З набору функцій виділимо ті, які реалізуються в перебігу оперативного часу: 0,1,2,5,6,7. Функції 3,4 впливають на підготовчо-заклучний час. Функції 8,11 прямого впливу на штучний час не роблять.

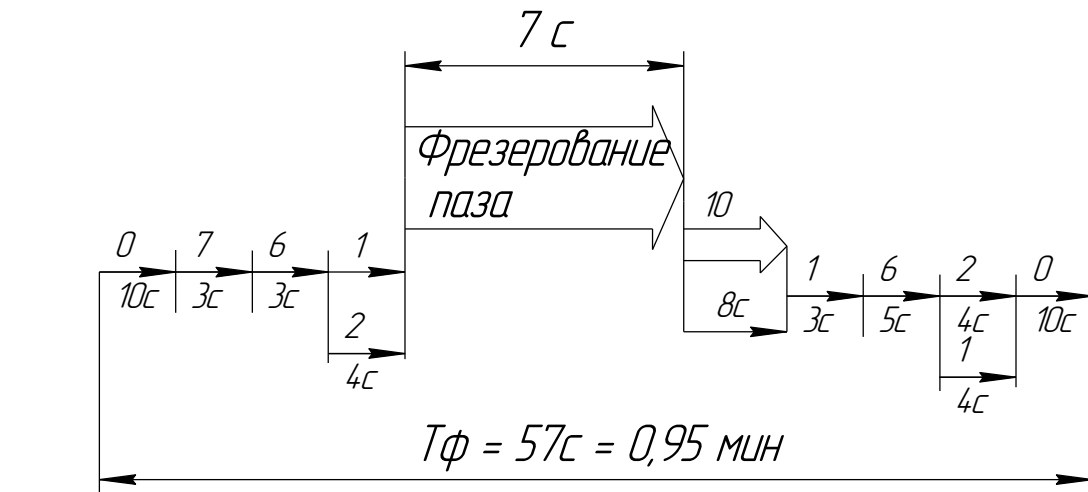


Рисунок 2.16 - Схема послідовної реалізації функцій

Аналіз структури полів сил, що обурюють і полів врівноважують сил.

Для визначення взаємного впливу поля сил, що обурюють і поля призначені врівноважити сил побудуємо графічну модель сил, що обурюють у взаємозв'язку з прийнятою схемою базування.

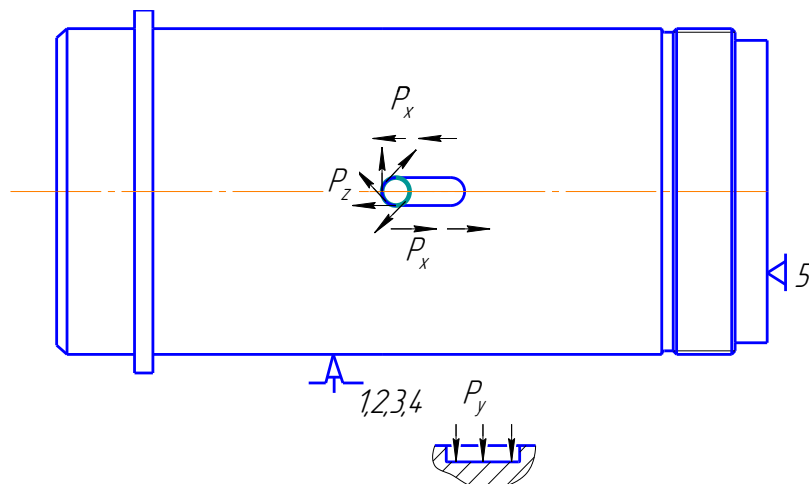


Рисунок 2.17 - Структура поля сил, що обурюють за складовими P_x , P_y , P_z .

З рисунка 2.17 видно, що складова P_x поля сил, що обурюють врівноважується реакцією R_x . Решта складових поля сил, що обурюють невірноважені і вимагають програми додаткових сил закріплення. При такій схемі базування слід визнати раціональним застосування призм, які створять поле врівноважують сил, представлене на рисунку.

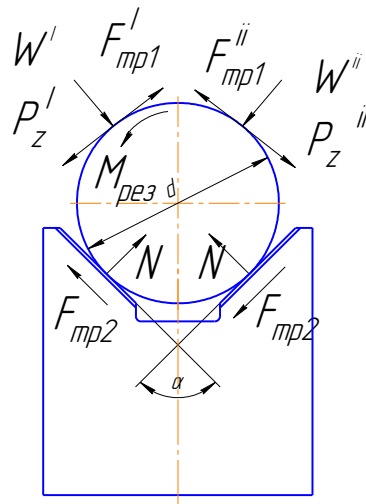


Рисунок 2.18 - Структура поля призначені врівноважити сил, створювана затискним механізмом

Величину сумарного зусилля закріплення необхідно вважати з наступних умов:

- умови непроворота від сили P_z :

$$W = \frac{\kappa \cdot M_{pez}}{f_1 \cdot r + f_2 \cdot r \cdot \frac{1}{\sin \alpha/2}},$$

де κ – коефіцієнт запасу закріплення; $\kappa = 4$.

f – коефіцієнт тертя,

$f_1 = 0,25$ – коефіцієнт тертя в місці контакту заготовки з опорами;

$f_2 = 0,7$ – коефіцієнт тертя заготовки з елементами затискного механізму,

що має на робочих поверхнях рифлення.

$\alpha = 90^\circ$ – кут між сторонами призми.

- умови нездвігання заготовки:

$$W = \frac{\kappa \cdot P_x}{f_1 + f_2 \cdot \frac{1}{\sin \alpha/2}},$$

Недоліком прийнятого способу врівноваження є високий уро-вень енергетичних витрат на закріплення.

Оскільки гідропривід верстата гарантує сталість зусилля закріплення, а вплив неоднорідності шорсткості бази можна знехтувати, то приймаємо похибки закріплення на діаметральні розміри рівні нулю.

У зв'язку з тим, що заготовка досить жорстка, можна не побоюватися відхилень розмірів, форми і розташування її поверхонь при закріпленні в пристосуванні.

Розрахунок сил закріплення

Головна складова сили різання - окружна сила розрахована в розділі

$$M_{врз} = 13500 \text{ Нмм}$$

тоді:

$$W = \frac{4 \cdot 13500}{0,25 \cdot 16 + 0,7 \cdot 16 \cdot \frac{1}{\sin 90/2}} = 1940 \text{ (Н)}.$$

Перевіряємо умова не зрушення заготовки:

при цьому $= 0,006 \text{ мм / хв}$ - осьова подача фрези

Сила різання різання розрахована в розділі і дорівнює $P_x = 189,24 \text{ Н}$

тоді

$$W = \frac{4 \cdot 189,24}{0,25 + 0,7 \cdot \frac{1}{\sin 90/2}} = 1034,6 \text{ (Н)}.$$

Приймаємо більшого значення сили закріплення.

Розрахунок деталі на зріз

Для розрахунку на зріз приймається деталь-палець $d10$. Матеріал деталі -

Сталь 40Х. Для того, щоб палець не зрізало, необхідне виконання умова

$$\tau_p \leq [\tau_p]$$

$$\tau_{cp} = 1,6 \cdot \sigma$$

$$\sigma = \frac{\sigma_m}{n} = \frac{520}{3} = 173 \text{ Н/мм}^2,$$

$$\tau_{cp} = 1,6 \cdot 173 = 104 \text{ Н/мм}^2$$

$$\tau_{cp} = 104 \text{ Н/мм}^2.$$

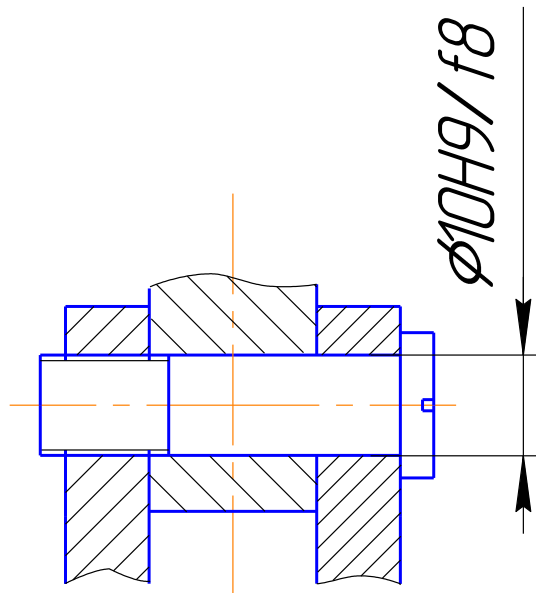


Рисунок 2.18 - Ескіз пальця

З умови міцності пальця на зріз визначимо площа зріза S_{cp} :

$$\tau_{cp} = \frac{F}{2S_{cp}} \leq [\tau_{cp}]$$

Отримаємо:

$$S_{cp} = \frac{F}{2[\tau_{cp}]} = \frac{1940}{2 \cdot 104} = 9,33 \text{ мм}^2.$$

Визначаємо допустимий діаметр:

$$S_{cp} = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

Звідси:

$$d = \sqrt{\frac{4S_{cp}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 9,33}{3,14}} \approx 3,7 \text{ мм.}$$

Так як $3,7 < 10$, то дані умови для пальця прийнятні.

Вибір і розрахунок приводу

Визначаємо зусилля на штоку гідроприводу:

$$Q = \frac{a}{b} \cdot W,$$

де: а,в – передавальні плечі лапи: а = 54 мм, в = 36мм.

$$Q = \frac{54}{36} \cdot 1940 = 2910 \text{ (Н)}.$$

Визначаємо діаметр поршня гідроциліндра:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot P}}$$

де: Р– тиск в гидроцилиндре, приймаємо Р = 7,5 МПа;

Тоді:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 2910}{3,14 \cdot 7,5 \cdot 10^6}} = 0,022 \text{ м} = 22 \text{ мм}.$$

Приймаємо D = 50мм – діаметр циліндра, d = 25 мм – діаметр штока
Точнісні розрахунки пристосування.

З інформаційної точки зору розрахунки допусків на виготовлення елементів пристосування полягають у перетворенні інформації про точність обробки поверхонь деталі на даній операції в точності вимоги до пристосування.

У нашому випадку до розрахунковим параметрам слід віднести точність взаємного розташування основних і допоміжних конструкторських баз пристосування, зокрема:

1) Для виконання допуску співвісності паза $T_{\div} = 40$ мкм необхідно забезпечити паралельність направляючих призм, прийнявши при цьому похибка позиціонування рівну $E_{поз} = 0$ мкм. Так як деталь обробляється без зміни позиції.

$$E_{np} \leq T_{\div} - K_T \sqrt{\left(K_{T1} \cdot E_{\sigma} \right)^2 + E_3^2 + E_y^2 + E_{II}^2 + E_{II}^2 + \left(K_{T2} \cdot \omega_6 \right)^2 + E_{noz}^2},$$

де $K_T = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує можливі відступи від нормального розподілу окремих складових;

$K_{T1} = 0,8$ – коефіцієнт, що приймається до уваги, коли похибка базування не дорівнює «0»;

$E_6 = 0$ – похибка базування;

$E_3 = 0$ мкм – похибка закріплення заготовки з урахуванням неоднорідності бази заготовки;

$E_y = 0$ – похибка установки пристосування на верстаті;

$E_{II} = 0$ – похибка перекосу інструменту;

E_{II} – похибка, що виникає внаслідок зносу настановних елементів визначається за формулою:

$$E_u = \beta \cdot N^n$$

$$E_u = 0,3 \cdot 1600^{0,6} \approx 25 \text{ (мкм)} = 0,025 \text{ (мм)}$$

$\omega_6 = 11$ мкм – середня економічна точність обробки;

$K_{T2} = 0,6$ – коефіцієнт, що враховує ймовірність появи похибки обробки;

$E_{II03} = 0$ мкм – похибка позиціонування.

$$E_{np} = 40 - 1,2 \sqrt{(0,8 \cdot 0)^2 + 0^2 + 25^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 11)^2 + 0^2} = 9 \text{ мкм.};$$

2) Для виконання допуску на розмір глибини паза $T_{76,2} = 300$ мкм необхідно забезпечити паралельність настановної бази пристосування з віссю циліндричного валика. При цьому похибка базування при установці в призмах складе:

$$E_B = \frac{T_{76,2}}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} - 1 \right) = \frac{300}{2} \left(\frac{1}{\sin 90/2} - 1 \right) = 62 \text{ мкм.}$$

$$E_{np} = 300 - 1,2\sqrt{0,8 \cdot 62^2 + 0^2 + 14^2 + 0^2 + 0,6 \cdot 11^2 + 0^2} = 233 \text{ мкм.}$$

Опис пристрою и принцип Дії пристрою.

Пристосування являє собою призму 2, оснащену двома гідро-циліндрами 1, які кріпляться за допомогою болтів з Т-подібними головками на столі вертикально - фрезерного верстата. Базовою деталлю пристосування є плита 4, на якій за допомогою штифтів 16 і гвинтів 12 з шайбами 14 кріпиться призма 2. Привід пристосування - гідроциліндр 1, кріпиться до плити за допомогою вушка 8, приєднаної до плити гвинтом 11 і штифтом 15. До штоку гідроциліндра 1 приєднаний важіль 3, нерухомий кінець якого закріплений в отворі призми гвинтом. Для забезпечення центрування пристосування на столі верстата є шпонки 9 установчі, які закріплюються гвинтом 10. Для підведення робочої рідини до гідроциліндрів використовується штуцер 6.

Деталь укладається на установчі елементи призми 2. Робочий переводить рукоятку гидрораспределителя в положення «вкл». При цьому робоча рідина через штуцер 6 надходить в безштокові порожнину гідроциліндра 1. Шток гідроциліндра переміщається вгору, важіль 3 повертається навколо гвинта спеціального і затискає деталь. Потім проводиться механічна обробка деталі.

При розкріплення деталі робочий переводить рукоятку гидрораспределителя в положення «викл». Під дією пружини вмонтованою в гідроциліндр 1 шток гідроциліндра опускається вниз, переміщаючи важіль 3 в неробочий стан. За допомогою підйомного пристрою ротор знімається з пристосування.

2.11 Висновки

Таким чином у розділі удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі корпус у якості заготовки була прийнята штамповка, так як вона більш економічно вигідна, ніж вільна ковка.

Під час виконання роботи було проаналізовано заводський технологічний процес виготовлення деталі та внесено зміни спрямовані на його вдосконалення, а

саме змінена послідовність операцій, замінено універсальне устаткування на обладнання з ЧПК.

Виконано аналіз схем базування та закріплення заготовки на операціях із визначенням похибок базування. Розраховано припуски аналітичним способом на найбільш точну поверхню, призначенні верстати, оснащення, режими різання та виконано технічне нормування операцій.

Спроектований верстатний пристрій для фрезерної операції з пневматичним приводом, що дозволяє скоротити допоміжний час та підвищити надійність процесу. Також на основі розрахунків виконано комплект технологічної документації.

РОЗДІЛ 3 НАУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Тема: «Удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу 117.124.06.000-07 шляхом інтенсифікації операції круглого шліфування».

Для інтенсифікації процесу шліфування можна піти двома шляхами:

- підвищення режимів різання;
- зменшення допоміжного часу між переустановленнями.

Підвищення режимів різання є досить дієвим варіантом, проте при шліфуванні виділяється значна кількість теплоти, що приводить до виникнення прижогів заготовки та як наслідок втрати точності та якості поверхневого шару, тому необхідно застосовувати правильну технологію правки абразивних кругів, щоб прижогів виникало менше.

На теплонапруженість процесу шліфування впливає значна кількість факторів [24]. З точки зору зменшення ступеня нагріву, а отже, і деформації оброблюваної заготовки при шліфуванні (особливо зі збільшеними глибинами різання), використовують різні технічні прийоми. До них насамперед треба віднести:

1. Визначення оптимальних режимів шліфування [25].
2. Зменшення площі контакту РПК з деталлю за рахунок попереднього нахилу осі шпинделя.
3. Підвищення ефективності процесу правки РПК алмазними інструментами [26].
4. Створення можливості застосування комбінованих процесів шліфування [25], а також із використанням енергії механічних коливань (вібрацій) у зоні шліфування (особливо стосовно обробки крихких матеріалів, наприклад, надтвердих, обробка яких пов'язана з певними труднощами).
5. Удосконалення конструкції пристроїв для ефективного подання ТР в зоні шліфування та правки круга [24], [26], а також забезпечення умов для реалізації на плоскошліфувальному верстаті ідеї шліфування в суцільному шарі ТР [24].
6. Розробка методів здійснення контролю за ступенем заповнення зон шліфування та правки круга ТР [25].

7. Використання шліфувальних кругів із суцільною вузькою або широкою переривчатою робочою поверхнею, до того ж імпрегнованих [25] і з пористою структурою [24].

8. Періодичне піднутрення РПК кругів з широкою робочою поверхнею алмазними правлячими інструментами. Розглянуті прийоми часто дозволяють технологу вирішувати ті чи інші завдання щодо зниження теплової напруженості процесу шліфування, оскільки застосування цих підходів (особливо в комбінації один з одним) може дозволити істотно впливати на температуру в зоні обробки

Зниження температури процесу шліфування за рахунок визначення оптимальних режимів шліфування

Регулювання рівня теплової напруженості в зоні шліфування шляхом використання більш щадних режимів [24], [25] є традиційним прийомом, що широко реалізують на практиці. Для цього часто використовують різні критерії оцінки теплонапруженості процесу. Наприклад, у роботі [35] в якості граничного критерію для визначення швидкості різання при лезовій обробці матеріалів з субмікрота нанокристалічною структурою пропонується брати розмір зерна структури металу, значення якого значною мірою залежить від температури обробки та часу її дії. Недоліком такого підходу є те, що він призводить, як правило, до зменшення продуктивності обробки. Тому більш раціональними слід вважати такі прийоми, які, навпаки, за рахунок зниження температури дають можливість суттєво підвищити продуктивність обробки, а отже, й ефективність процесу шліфування в цілому.

Вплив вібрацій у зоні обробки на температуру процесу шліфування

Підведення механічної енергії у вигляді вібрацій до інструменту, деталі, що обробляється, або ТР часто призводить до підвищення ефективності технологічних операцій узагалі й шліфування зокрема. Причиною цього вважають більш рівномірне завантаження абразивних зерен у процесі шліфування, покращення доступу ТР до зони обробки, інтенсифікацію видалення продуктів обро-

бки [25]. Інтенсифікація процесу видалення матеріалу абразивними зернами при обробці з вібраціями пов'язана з постійною зміною їх робочих граней і кутів різання, підвищеною динамічною взаємодією зерен з ОМ, а також збільшеними значеннями щільності сітки слідів абразивних зерен на поверхні, що оброблюється. Усе це призводить до зниження силової й теплової напруженості в зоні обробки, а отже, підвищення продуктивності обробки та якості поверхні. Додатково при цьому ліквідуються такі явища, як самовідпуск матеріалу поверхні деталі, наявність мікротріщин, інтенсивний наклеп. Особливе зацікавлення викликає випадок шліфування ПНТМ, коли в контакті знаходяться практично рівнотверді матеріали — алмазні зерна та ПНТМ, що оброблюється [26]. У таких умовах вібрації можуть сприяти інтенсифікації самозаточування алмазних зерен, а отже, підвищенню ефективності процесу обробки (також і за рахунок зниження температури обробки). Для підтвердження такого припущення, надалі може стати в нагоді методологія 3D моделювання НДС в зоні контакту алмазних зерен круга з ПНТМ [26]. Аналіз літературних джерел інформації показує, що використання процесу шліфування із введенням у зону різання механічних коливань часто стримується відсутністю простих конструкцій механізмів для їх створення [26].

3D моделювання напружено - деформованого стану системи «синтетичний полікристалічний алмаз - металофаза – металеве покриття» при виготовленні алмазного олівця

Як було зазначено в розділі 2, комп'ютерне 3D моделювання дозволяє істотно скоротити обсяг експериментальних досліджень для визначення раціональних конструктивних параметрів алмазно-абразивних і лезових інструментів, оптимальних умов їхнього виготовлення й використання. Реалізація запропонованої послідовності експериментальним шляхом є надзвичайно трудомістким і дорогим процесом [23].

Метою дослідження було встановлення впливу основних факторів на НДС системи «СПА - металофаза - металеве покриття» при закріпленні (пайці) СПА в

державці в умовах високих температур і на цій основі дати рекомендації з практичної реалізації процесу виготовлення олівця.

Відомо, що основним методом закріплення алмаза в корпусі олівця є пайка з використанням різних, до того ж і досить високотемпературних припоїв. Якщо в алмазі є металеві включення (металофаза), коефіцієнт лінійного розширення яких багато в чому перевищує аналогічний показник алмазу, то в умовах високотемпературного впливу в останньому можуть виникати напруження, величини яких будуть перевищувати межу міцності алмазу. Як наслідок — відбудеться руйнування (розтріскування) СПА. Алмаз розривається ніби зсередини [26]. Чим вищий коефіцієнт термічного розширення металофази, тим більше повинні бути напруги в СПА, і тим більша ймовірність його руйнування в процесі виготовлення або експлуатації олівця. Це може привести як до зниження загального терміну його служби, так і до браку при обробці (правці). Слід мати на увазі, що в умовах високих температур важливу роль відіграють фізико-механічні властивості інших факторів, що входять у зазначену вище систему.

Відомо, що одним із способів захисту алмазу від руйнування є нанесення на їхню поверхню рельєфних товстошарових металевих покриттів [28]. Наявність їх на зерні сприяє продовженню ресурсу алмазу через краще утримання в зв'язці (припої), запобігання утворенню в ньому макротріщин, «заліковування» вже наявних мікротріщин, захист від окислювання СПА [26] і т. д. Дані останніх досліджень показали, що ще однією важливою властивістю металевого покриття є здатність захистити алмаз (у разі знаходження всередині нього металофази) від руйнування при впливі на нього високих температур [30]. Нами було висловлено припущення, що аналогічний ефект від покриття буде спостерігатися і стосовно СПА, причому досить великих розмірів. На основі попередніх досліджень товщина покриття приймалася рівною 0,1 мм. Значення температури приймалося з тих міркувань, що існують як низько-, так і високотемпературні припої. Наприклад, припій срібний марки ПСР 40 ($T_{пл}=610^{\circ}\text{C}$) ГОСТ 19738-74, припій мідно-цинковий марки ПМЦ-54 ($T_{пл}=880^{\circ}\text{C}$) ГОСТ 23137-78. Температура 1400°C була при-

йнята близькою до температури, при якій реалізується процес виготовлення зносостійкої твёрдосплавної зв'язки. Вона також не перевищує температуру плавлення нікелю (матеріал покриття). Зазначимо, що стосовно процесу пайки модель навантажували тільки температурним фактором, оскільки силовий фактор у даному випадку практично відсутній. На рисунку 3.3 представлена візуалізація НДС системи «СПА - металофаза - металеве покриття» в залежності від модуля пружності (μ) покриття. Моделювання показало, що з підвищенням значення μ напруги в системі зростають. Це є підтвердженням того, що покриття на алмазі може відігравати захисну функцію в умовах високотемпературного процесу пайки СПА в державці алмазного олівця.

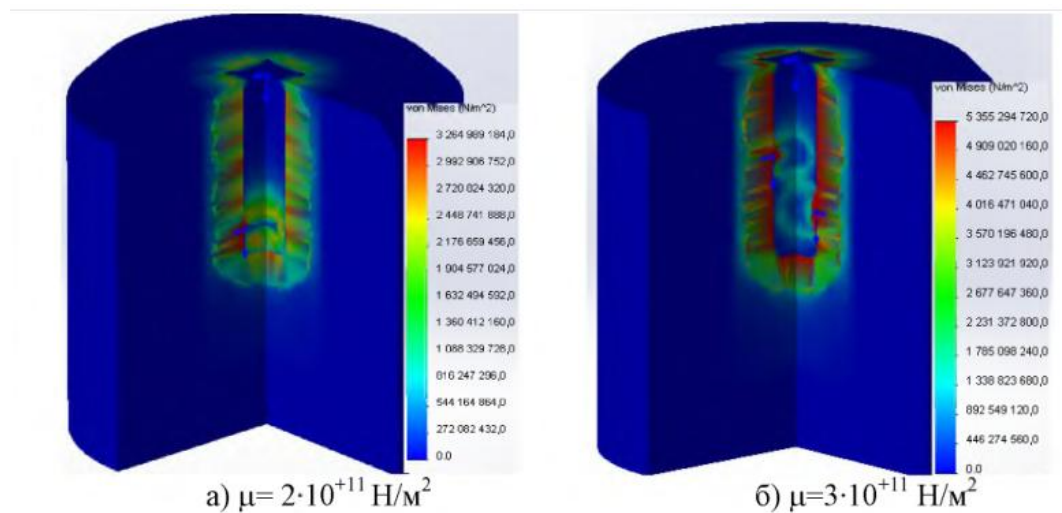


Рисунок 3.2 - Вплив модуля пружності покриття на НДС системи «СПА - металофаза - металеве покриття»

Роль покриття на алмазі багатоцільова [31]. З одного боку воно сприяє збільшенню сили утримання алмазу в матриці як за рахунок кращого зчеплення алмазу з покриттям в порівнянні з матрицею, так і за рахунок збільшення загальної площі поверхні покритого алмазу [31].

По-друге в умовах впливу на алмаз високих значень сил і температур (наприклад, при виготовленні алмазозносного шару круга) воно, як панцир, запобігає можливому розтріскуванню і руйнуванню алмазу [31].

Це, безсумнівно, позитивним чином позначиться на відсотку браку і при виготовленні правлячих олівців з СПА, а також і на їхній працездатності. Ці дані підтверджують той факт, що найбільші напруги при нагріванні сконцентровані в ділянці металофази, і саме вона відіграє ключову роль у руйнуванні алмазів [23]. При розташуванні включень металофази поблизу один від одного спостерігається посилення полів напружень у результаті їхнього накладення, а поширення їх досягає 40% від обсягу зерна [31]. Це, як правило, призводить до руйнування значного обсягу алмазного зерна.

Для встановлення впливу різних чинників на НДС системи при пайці алмазу в корпус олівця було використано математичне планування експерименту. Зокрема був реалізований план другого порядку типу В4. Як фактори були прийняті: процентний вміст металофази (М,%), модуль пружності покриття на алмазі (σ , Н/м²), коефіцієнт термічного розширення металофази (КТР, 1/К), температура пайки алмазу (Т, 0С), значення яких представлені в таблицях 3.1 та 3.2 [31].

На рисунку 4.4 представлена візуалізація результатів моделювання з вияву впливу обраних факторів на НДС зони пайки алмазного олівця. Очевидно, що в разі знаходження в складі СПА мінімальної кількості металофази (або при її практичній відсутності) НДС системи повинен бути мінімальним (через відсутність концентратора виникнення значних напружень).

Це також підтверджується результатами моделювання (досліди 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 і 18). З огляду на те, що межа міцності алмазу на розтягнення становить приблизно 2,0 ГПа, можна зробити висновок про те, що СПА, у складі яких практично немає металофази, при пайці навіть з температурою <1500 °С не повинні зазнавати мікро - або мікроруйнування. Тобто такі алмази можна використовувати навіть при застосуванні високотемпературних і, як правило, зносостійких припоїв. Це дуже важливо з погляду технологій виготовлення та експлуатації правлячих олівців.

Таблиця 3.1 – Рівні варіювання факторів В4*

Рівні варіювання факторів	Фактори							
	Вміст металофази М		Модуль пружності μ покриття при 900 °С		КТР металофази (при 900 °С)		Температура пайки Т	
	Натуральне значення, %	Кодоване значення, X1	Натуральне значення, Н/м ²	Кодоване значення, X2	Натуральне значення, 1/К	Кодоване значення, X3	Натуральне значення, °С	Кодоване значення, X4
ВР	9,9	+1	3.0E+011	+1	45.0E-06	+1	1400	+1
ОР	5	0	2.0E+011	0	25.0E-06	0	1000	0
НР	0,1	-1	1.0E+011	-1	5.0E-06	-1	600	-1

*ВР, ОР, НР – верхній та нижній рівні варіювання факторів

Таким чином, матеріали, представлені на рисунках 3.3 та 3.4, підтверджують той факт, що максимальні напруги концентруються на межах включень металофази. У разі перевищення ними меж міцності алмазу може ініціюватися процес розвитку внутрішніх тріщин в СПА, які, у свою чергу, можуть призвести до макроруйнування полікристала в цілому (див. рис. 3.5). В останньому випадку використовувалися СПА марки СКМ-Р діаметром 5 мм. Як видно з рисунка, при значній кількості металофази («10%) в СПА може утворюватися система магістральних тріщин. У міру її зниження кількість тріщин зменшується, а при наближенні вмісту металофази до деякого мінімуму — вони практично відсутні.

Таблиця 4.2 – Матриця планування стосовно процесу пайки алмазного олівця

№ з/п	Фактори				$(\sigma_{\text{сва}})$, ГПа
	М, %	μ , Н/м ²	КТР, 1/К	Т, °С	
1	9,9	3,0E+11	45,0E-06	1400	15,50
2	0,1	3,0E+11	45,0E-06	1400	1,65
3	9,9	1,0E+11	45,0E-06	1400	8,89
4	0,1	1,0E+11	45,0E-06	1400	1,63
5	9,9	3,0E+11	5,0E-06	1400	1,69
6	0,1	3,0E+11	5,0E-06	1400	1,62
7	9,9	1,0E+11	5,0E-06	1400	1,78
8	0,1	1,0E+11	5,0E-06	1400	1,62
9	9,9	3,0E+11	45,0E-06	600	10,67
10	0,1	3,0E+11	45,0E-06	600	0,69
11	9,9	1,0E+11	45,0E-06	600	3,72
12	0,1	1,0E+11	45,0E-06	600	0,68
13	9,9	3,0E+11	5,0E-06	600	0,70
14	0,1	3,0E+11	5,0E-06	600	0,67
15	9,9	1,0E+11	5,0E-06	600	0,73
16	0,1	1,0E+11	5,0E-06	600	0,67
17	9,9	2,0E+11	25,0E-06	1000	5,36
18	0,1	2,0E+11	25,0E-06	1000	1,15
19	5	3,0E+11	25,0E-06	1000	8,53
20	5	1,0E+11	25,0E-06	1000	2,83
21	5	2,0E+11	45,0E-06	1000	12,52
22	5	2,0E+11	5,0E-06	1000	1,14
23	5	2,0E+11	25,0E-06	1400	7,81
24	5	2,0E+11	25,0E-06	600	3,26

Обробка результатів планованого багатофакторного експерименту дозволила встановити, що при використанні високих температур пайки (1000 - 1400 оС) й наявності на СПА металевого покриття цей мінімум знаходиться у межах до 4%. Цим вимогам задовольняють СПА марки СВ (метод спікання алмазних мікропошків при високих значеннях тиску й температури) [31] та СУБ алмази [32]. Останні практично можуть не мати у своєму складі металофази, а за фізико-механічними властивостями в максимальному ступені наближаються до природних алмазів.

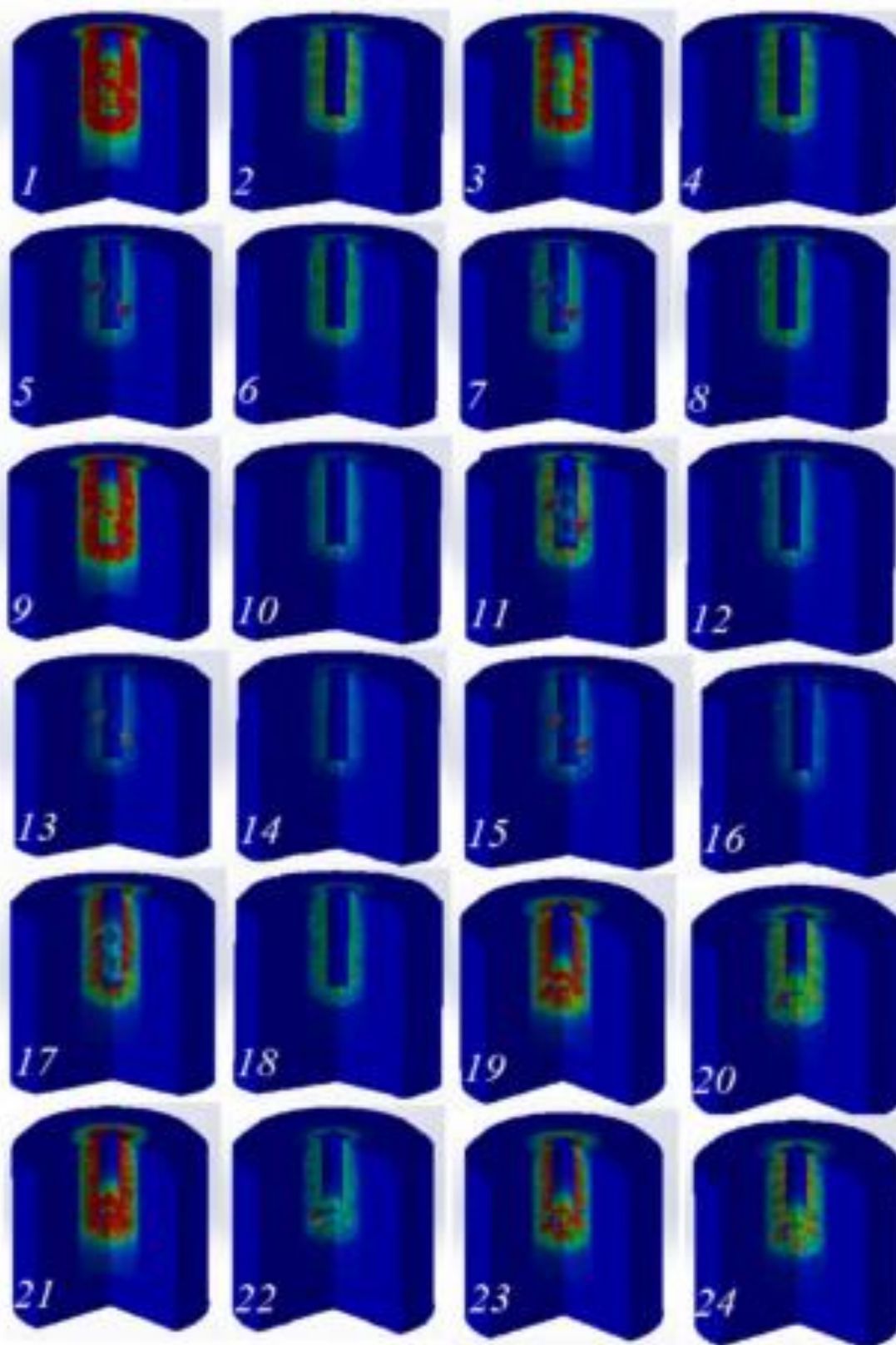
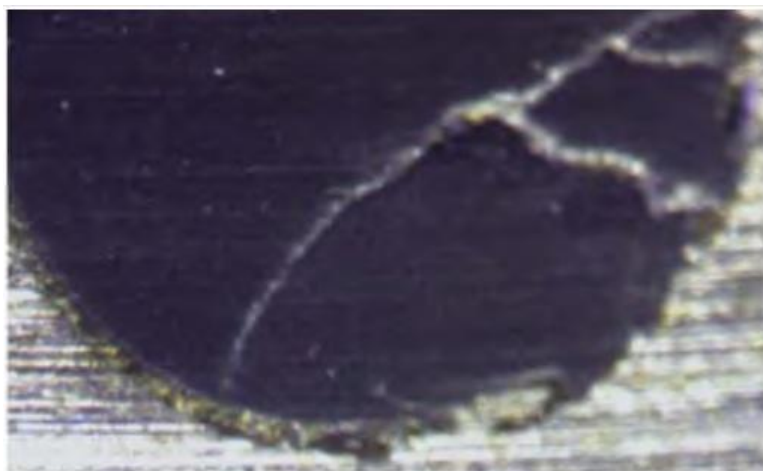
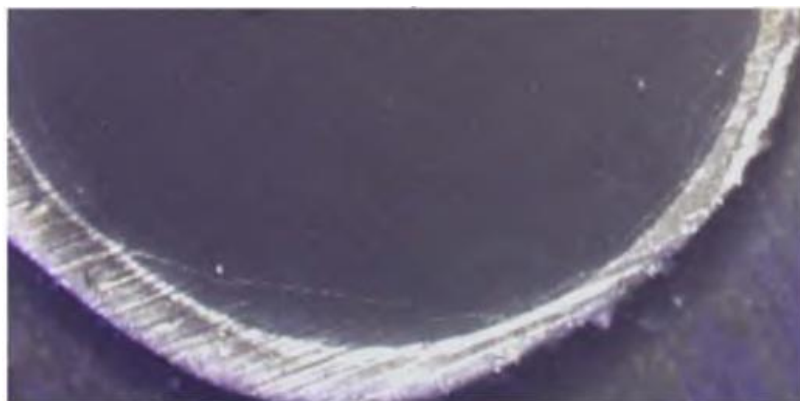


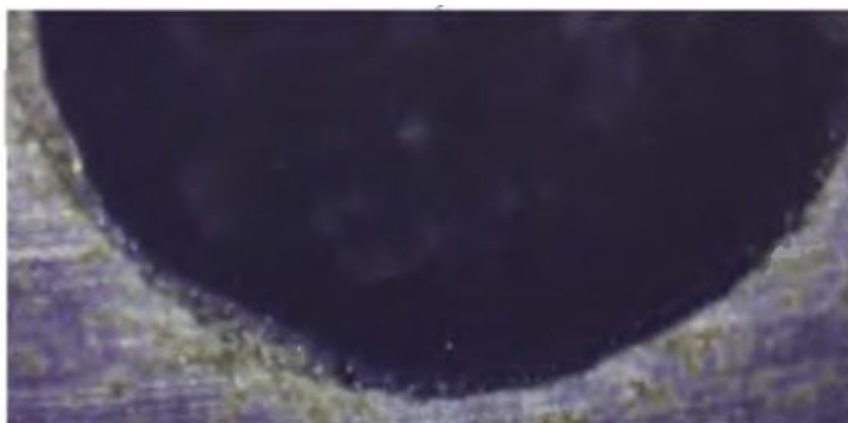
Рисунок 3.3 - Візуалізація результатів моделювання НДС системи «СПА - металофаза - металеве покриття»



а)



б)



в)

Рисунок 3.4 - Вплив вмісту металофази на стан СПА після високотемпературної пайки ($T=1400^{\circ}\text{C}$) у державці олівця а) $-M=9,9\%$; б) $-M=5,0\%$; в) $-M=0,1\%$

Крім зазначеного вище, важливою перевагою СПА є відсутність необхідності орієнтації алмазу при закріпленні в державці інструмента, оскільки через полікристалічну будову СПА мають однакову мікротвердість будь-якому напрямку. Такі алмази найближчим часом дозволять вирішити актуальну проблему заміни природних алмазів у багатьох галузях народного господарства.

ВИСНОВКИ

Тема дипломного проекту – удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу 117.124.06.000-07 шляхом інтенсифікації операції круглого шліфування.

При аналізі службового призначення були відображені основні технічні характеристики і призначення машини. Що стосується самої деталі, то був проведений аналіз усіх її поверхонь, а також функцій, виконуваних ними.

Виконано аналіз технологічності конструкції згідно ЕСТП.

При аналізі технічних вимог були описані властивості сталі, а також були проаналізували вимоги, запропоновані при виготовленні деталі конструктором.

Був визначений тип виробництва – дрібносерійний і надана його характеристика.

В якості заготовки була прийнята поковка на кривошипних пресах, так як найбільш вигідна за розрахунками.

Розраховані припуски аналітичним способом за допомогою методу професора Кована на зовнішню циліндричну поверхню.

Під час виконання роботи було проаналізовано заводський технологічний процес виготовлення деталі та внесено зміни спрямовані на його вдосконалення, а саме змінена послідовність операцій, замінено універсальне устаткування на обладнання з числовим програмним керуванням.

Спроектований верстатний пристрій для фрезерування паза.

У розділі «науково-дослідна частина» були розглянуті питання заточування алмазних олівців для правки абразивних кругів, для ефективного процесу круглого шліфування без прижогів.

До операції токарна з ЧПК та фрезерна розроблені карти операційного налагодження.

У додатку «охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» виконано розрахунок загальної обмінної вентиляції, який дозволяє підібрати вентилятор для цеху.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Захаркин А.У. Методические указания для практических работ по курсам «Теоретические основы изготовления деталей и сборки машин» и «Технология машиностроения» для студентов направления 0902 «Инженерная механика» всех форм обучения [Текст] : А. У. Захаркин, В. Г. Евтухов. - Сумы изд. СумДУ 2004. – 75 с.
2. Горбачевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения [Текст] : [учеб. пособие для машиностроит. спец.] / А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред. - Мн.: Выш. Школа, 1983. — 256 с.
3. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски [Текст]. – Введ. 1990-01-07. – Москва. : Изд-во стандартов, 1990. – 55 с.
4. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя [Текст]: в 2 т. / А. Г. Косилова, Р. К. Мещеряков. – М.: Машиностроение, 1985. – 2 т. – 656 с.
5. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ [Текст] : в 2 ч. Ч. 2 /М.: Экономика, 1990. - 472 с.
6. Общемашиностроительные нормативы времени для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ, [Текст]: в 2 ч. Ч. 1 /М.: Экономика, 1989. - 402 с .
7. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков [Текст] : А. К. Горошкин. – М: Машиностроение, 1979. – 302 с.
8. Колев Н. С. Металлорежущие станки [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / Колев Н. С., Красниченко Л. В., Никулин Н. С. -М.: Машиностроение, 1980. - 500 с.
9. Кушніров П. В. Методичні вказівки до практичних занять з курсу “Технологічна оснастка” [Текст] : П. В. Кушніров. – Суми: Вид-во Сум ДУ, 2009. – 52 с.
10. Гжиров Р. И. Краткий справочник конструктора [Текст] : Р. И. Гжиров. - Л: Машиностроение, 1984. – 464 с.
11. Дунаев И. М. Организация проектирования системы технического контроля [Текст] : Дунаев И. М., Скворцов Т. П., Чутырин В. Н. - М: Машиностроение, 1981. –

191 с.

12. Штейнберг Б. И. Справочник молодого инженера конструктора [Текст] : Б. И. Штейнберг, Б. М. Брайнман. – Киев: Техника, 1983. – 184 с.

13. Цейтлин Я. М. Нормальные условия измерения в машиностроении [Текст] : Я. М. Цейтлин. – Л.: Машиностроение, 1981. – 224 с.

14. Євтухов В. Г. Методичні вказівки до практичної роботи "Вибір засобів вимірювання та його обґрунтування" з дисципліни "Основи конструювання контрольно-вимірювальних пристроїв" для студентів спеціальності 7.090202 та 8.090202 "Технологія машинобудування" денної та заочної форм навчання [Текст] : / В. Г. Євтухов. – Суми, Вид-во СумДУ, 2008. – 20 с.

15. Чумаков Г. С. Методические указания к выполнению контрольной работы по курсу "Проектирование контрольно-измерительных приспособлений" для студентов специальностей 12.01 "Технология машиностроения" [Текст] : / Г. С. Чумаков. – Харьков, ХПИ, 1990. – 56 с.

16. Кузнецов Ю. И. Оснастка для станков с ЧПУ [Текст] : Кузнецов Ю. И., Маслов А. Р., Байков А. Н. - М: Машиностроение, 1990. – 512 с.

17. Юдин Е. Я. Охрана в машиностроении [Текст] : Юдин Е. Я., Белов С. В., Баланцев С. К.— М: Машиностроение, 1983. - 432 с.

18. Ансеров М. А. Приспособления для металлорежущих станков. Расчеты и конструкции [Текст] : М. А. Ансеров. – М: Машиностроение, 1964. – 428 с.

19. Бабаков А. А. Нержавеющие стали. Свойства, обрабатываемость и химическая стойкость в различных агрессивных средах [Текст] : А. А. Бабаков. – М: Госхимиздат, 1956. – 328 с.

20. Методичні вказівки до кваліфікаційної роботи бакалаврів для студентів спеціальності 6.05050201 «Технології машинобудування» денної та заочної форм навчання / укладач В. Г. Євтухов. – Суми : Сумський державний університет, 2017. – 44 с.

21. Иванова Т. Н. Повышение эффективности торцового алмазного шлифования пластин из труднообрабатываемых сталей на основе изменения

температурно-силовых условий процесса: дис. докт. техн. наук: 05.02.08, 05.02.07 / Иванова Татьяна Николаевна. - Чайковский: - 2014. - 418 с.

22. Иванова Т. Н. Кинематика формообразования при торцовом планетарном шлифовании / Т. Н. Иванова // Известия Челябинского научного центра, 2006. - Вып. 1 (31). - С. 31 - 36.

23. Интегрированные процессы обработки материалов резанием Учебник [для высших учебных заведений] / [А. И. Грабченко, В. А. Залого, Ю. Н. Внуков и др.]; под общ. ред. А. И. Грабченко и В. А. Залого. - Сумы: Университетская книга, 2017. - 451 с.

24. Исаев А. И. Микрогеометрия поверхности при токарной обработке / А. И. Исаев. - М.: - Л.: Изд-во АН СССР, 1950. - 108 с.

25. Исследование зависимости абразивной способности алмазов марки АСБ от их микротвердости / [Н. З. Шишков, А. С. Семенова-Тян-Шанская, М. С. Пивоваров, А. И. Голенко] // - Сб. «Алмазы», 1971. - Вып. 8. - С. 1 - 3.

26. Исследование износостойкости карандашей из природных и синтетических алмазов при правке шлифовальных кругов из эльбора / [Х. А. Ахундзянов, М. С. Друй, В. В. Авакян, А. Д. Перова, В. Б. Кудряшова] // - Сб. «Алмазы», 1971. - Вып. 12. - С. 7 - 8.

27. Кадомцев С. Б. Аналитическая геометрия и линейная алгебра / С. Б. Кадомцев - М.-ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 160 с

28. Калафатова Л. П. Технологічні основи підвищення ефективності обробки та забезпечення якості виробів із технічних стекол і ситалів: автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.02.08 «Технологія машинобудування» / Л. П. Калафатова. - Харків: - 2001. - 35 с.

29. Кальченко В. И. Повышение производительности и точности шлифования со скрещивающимися осями эльборового круга и ступенчатого валика / В. И. Кальченко, Н. Н. Погиба, Д. В. Кальченко // Резание и инструмент в технологических системах: Междунар. науч.-техн. сб. - Харьков: НТУ «ХПИ», 2011. - Вып. 80. - С. 131 - 141.

30. Кацев П. Г. Статистические методы исследования режущего инструмента / П. Г. Кацев. - М.: Машиностроение, 1974. - 231 с.

31. Киндрук М. КОМПАС-3Б У10 на 100 % / М. Киндрук. - Питер: Санкт-Петербург, 2009. ISBN 978-5-388-00375-1. - 559 с.

32. Киселев Е. С. Научные основы и технология применения смазочно-охлаждающих технологических средств при механической обработке: сборник учебно-исследовательских лабораторных работ / Е. С. Киселев, В. Н. Ковальногов. - Ульяновск: УлГТУ, 2008. - С. 50 - 55.

33. Киселев Е. С. Теплофизический анализ концентрированных операций шлифования / Е. С. Киселев, В. Н. Ковальногов. - Ульяновск: УлГТУ, 2002. - 140 с.

34. Козакова Н. В. Определение рациональных характеристик алмазных кругов путем 3D моделирования процессов их изготовления и шлифования сверхтвердых материалов: дис. канд. техн. наук: 05.03.01 / Козакова Наталья Витальевна. - Харьков, 2004. - 210 с.

35. Мазур Н. П. Основы теории резания материалов: учебник для высш. учебн. заведений / [Н. П. Мазур, Ю. Н. Внуков, А. И. Грабченко и др.] // под. общ. ред. Н. П. Мазура и А. И. Грабченко. - 2-е изд., перераб. и дополн. - Харьков: НТУ «ХПИ», 2013. - 534 с.