

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Кафедра «Технології машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ В.О. Залога

«__» _____ 2020 р.

**ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ
ВАЛ Н19.31.30.01.**

Бакалаврська кваліфікаційна робота
Спеціальність – 131 Прикладна механіка
(Технології машинобудування)

Студент

А.О. Єрмаков

Керівник

В.О. Колесник

Нормоконтроль

Ю. О. Денисенко

Суми – 2020

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить с.69, табл.18, рис.14, джерел 16, додатка 2. Об'єкт розробки: деталь Вал Н19.31.30.01.

Мета роботи – аналіз та розробка вдосконалених операцій технологічного процесу механічної обробки деталі Вал Н19.31.30.01.

У кваліфікаційній роботі бакалавра було проведено аналіз службового призначення машини, вузла і деталі; технічні вимоги до деталі, її технологічність і спосіб отримання заготовки – поковка штампована.

В роботі розроблена операційна технологія для виготовлення деталі. На операції розраховані режими різання та проведене нормування часу. Обрані верстатні пристрої, ріжучий і вимірювальний інструмент для обробки деталі за сучасними стандартами та методиками обробки деталей.

Спроектовано верстатний пристрій на операцію 105 – фрезерна.

Також в роботі розглянута перша допомога при ураженні струмом...

ВАЛ, СТАЛЬ, ШТАМПОВКА, ОПЕРАЦІЯ, ЦИЛІНДРИЧНІ
ПОВЕРХНІ, ТЕХНІЧНЕ НОРМУВАННЯ.

Зміст

Вступ	7
1. Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації	8
2. Аналіз технічних вимог на виготовленні деталі	10
3. Визначення типу виробництва та організаційних умов	11
4. Аналіз технологічності конструкції деталі	13
5. Вибір способу одержання заготовки та розробка технічних вимог до неї	18
6. Аналіз технологічної операції існуючого чи типового технологічного процесу.	22
6.1 Розрахунок припусків аналітичним способом	22
6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування та закріплення.	28
6.3 Обґрунтування вибору металорізального верстата.	30
6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів.	32
6.5 Розрахунок режимів різання.	35
6.6 Технічне нормування операції.	41
7. Проектування верстатного пристрою.	44
7.1 Обґрунтування необхідності створення пристрою.	44
7.2 З'ясування кількісних та якісних даних про заготовку що знаходиться на операцію. Аналіз точності поверхонь які можуть бути базовими.	44
7.3 Визначення умов, в яких буде виготовлятися та експлуатуватися проектований пристрій	46
7.4 Складання переліку функцій, які реалізуються	47
7.5 Розробка і обґрунтування схеми базування	47
7.6 Точнісні розрахунки пристрою	52
7.7 Опис та принцип дії пристрою	57
Висновок.	58
Перелік джерел посилання	59
Додаток А	63
Додаток Б	65

					ТМ 18510255 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Єрмаков				Кваліфікаційна робота бакалавра	Лит.	Лист	Листов
Провер.	Колесник						6	70
Реценз.						СумДУ, ТМ-61		
Н. Контр.								
Утверд.								

ВСТУП

У сучасному машинобудуванні досягненого великого прогресу у розвитку промислових роботів, металообробних верстатів та технологій виготовлення та обробки з допомогою комп'ютеризованих технологій та спеціального високотехнологічного оснащення.

Основним з напрямків сучасного розвитку промисловості є розвиток верстатів з ЧПК – основний спосіб механічної обробки матеріалів. Верстат з системою числового програмного керування являє собою високотехнологічну та високопродуктивну механо-оброблюючу станцію. Так як його системи числового керування є неймовірно точними, і верстат має можливість виконувати обробку за складними траєкторіями руху ріжучого інструменту, це дозволяє йому виконувати важкі види обробки.

Сучасне українське машинобудування застрягло у 70-80-их роках минулого століття. Більшість українських підприємств використовує обладнання радянських часів, яке до останнього добивається виготовляючи сучасні складні замовлення з максимальними навантаженнями та мінімальною продуктивністю. В кращому випадку, на українських підприємствах подекуди використовують списані китайські верстати з ЧПК. Можливо для України це високі технології, але у порівнянні з німецькими чи японськими верстатами, китайський аналог – дитяча іграшка.

Якщо країна дійсно хоче розвиватися, то необхідно створювати можливості для її розвитку. Нове обладнання на підприємствах спонукатиме до зміни методів навчання, і може тоді молоді спеціалісти будуть працювати не на польських виробництвах, а у рідній країні. оскільки буде можливість реалізувати знання.

Метою даної роботи є удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі Вал Н19.31.30.01, основане на використанні останніх розробок у машинобудуванні.

					ТМ 18510255 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

1. Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації.

Деталь «Вал», що розглядається входить до складу насос типу «Д»,
рисунок 1.1



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд насосу типу «Д».

Насоси типу «Д» використовують для перекачування води в системах водопостачання промислових і комунальних об'єктів, їх застосовують також для зрошення і осушення земель..

Призначення: Насоси типу Д та насосні агрегати на їх основі типу АД призначені для перекачування води з температурою до 850С в системах водопостачання промислових і комунальних об'єктів, меліорації.
Матеріали: корпуси, кришки і робочі колеса - відливки з сірого чавуну; деталі щільних ущільнень - незадираємі корозійностійкі сплави; вал - сортовий прокат з конструкційної легованої сталі 40Х. Насос Д 2500-62-2- відцентровий

					ТМ 18510255 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

горизонтальний одноступінчатий насос двостороннього входу з двостороннім полуспіральним підведенням рідини до робочого колеса і спіральним відводом. Розташування всмоктуючого і напірного патрубків в нижній частині корпусу насоса дозволяє проводити ремонт без від'єднання труб і демонтажу двигуна. Двигун приводить в дію ротор насоса через пружну втулочно-пальцеву муфту. Опорами ротора насоса служать радіальні або радіально-упорні підшипники кочення або ковзання (в залежності від споживаної потужності) з пластичного або картерного мастила. Робоче колесо двостороннього входу, що забезпечує рівновагу осевих сил. Ущільнення валу - механічні з сальниковим набиванням надійно запобігають протікання по валу.

Насос Д 2500-62-2) призначений для перекачування чистої води і рідин, характеристики яких подібні з нею по хімічній активності, з кінематичною в'язкістю до $36 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, змістом механічних домішок не більше 0,05%, з розміром твердих частинок не більше 0,2 мм, температурою до 85°C і мікротвердістю не більше $650 \text{ кгс} / \text{мм}^2$. У якості матеріалу для виготовлення проточних деталей насоса Д 2500-62-2 використовується чавун СЧ 25 (корпус, кришка, робоче колесо) і сталь 40Х (вал).

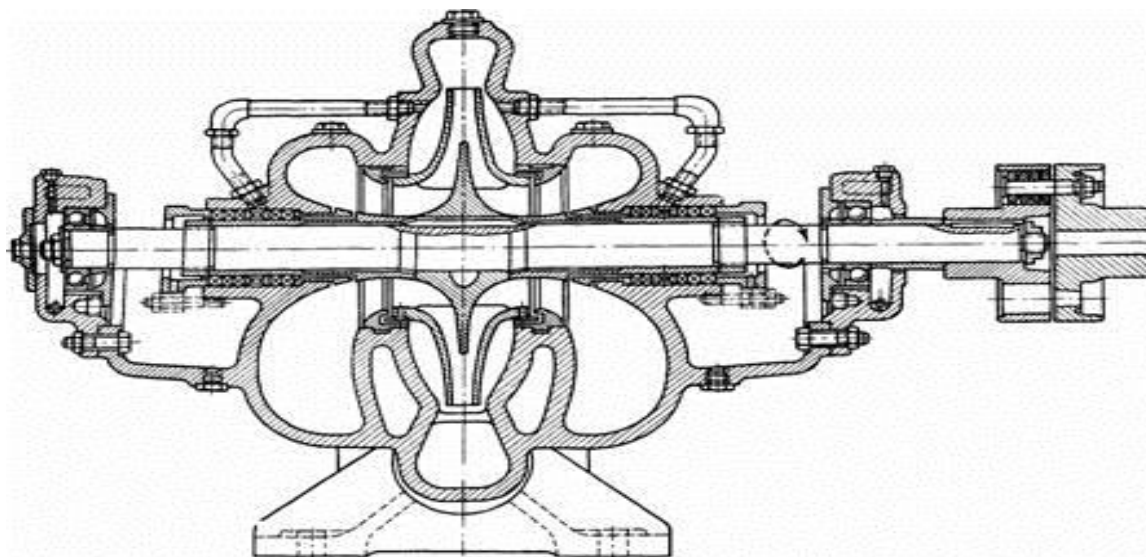


Рис 1.2 Розріз насосу типу Д

Вал Н19.31.30.01 призначений для передачі крутного моменту від двигуна до робочого колеса насоса. Виготовлений він із Сталі 40Х, яка пройшла випробування на стійкість проти міжкристалічної корозії за методом

					ТМ 18510255 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

ВЧ ГОСТ 6032-89. Базування валу у виробі відбувається за допомогою двох підшипників кочення напресованих на вал, які впресовуються в посадочні місця корпусу насосу з упором у торці. Посадочні поверхні вала виконані по Ra 0.4. Передача крутного моменту від валу до робочого колеса передається за допомогою шпонки. Співвідношення $l / d = 1912/100$ мм. Переходи між торцевими поверхнями в більшості випадків мають фаски.

2. Аналіз технічних вимог на виготовленні деталі.

Технічні вимоги на виготовлення деталі визначаються її службовим призначенням. На основі аналізу робочого креслення можна зробити висновок, що наявних проєкцій і перетинів досить, вони правильно розміщені відповідно до існуючих стандартів, на всіх поверхнях позначені необхідні дані: вимоги на виготовлення деталі, розміри, їх точність і шорсткість. Креслення деталі Вал Н19.31.30.01 виконано відповідно до ЕСКД і повністю відповідає стандартам:

- ГОСТ 2.109-73. Основні вимоги до креслень;
- ГОСТ 2.305-68. Зображення видів, перетинів;
- ГОСТ 2.307-68. Нанесення розмірів і граничних відхилень;
- ГОСТ 2.309-73. Шорсткість поверхні. Параметри, характеристики і позначення;
- ГОСТ 24643-81. Допуски форми і розташування поверхонь.

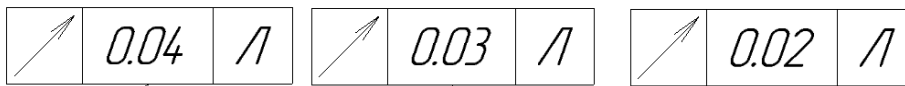
Вимоги по точності розмірів конструктором проставлені у вигляді відхилень. Аналізуючи технологічність конструкції по застосовуваних матеріалів необхідно відзначити, що сталь 40Х є взаємозамінною на сталь 45Х

Деталь являє собою тіло обертання з відношення $l/d=1912/100$.

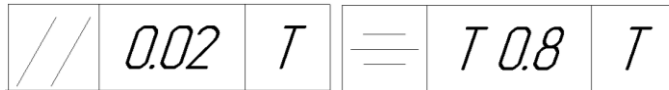
Найбільш точними поверхнями є зовнішні циліндричні поверхня $d=100k6_{-0,022}$, $d=80h8$, $d=95h8$. Найбільш високу якість мають зовнішні циліндричні поверхні Ra0,4; $d=80h8$.

Основними допусками проставлення на кресленні, є допуски радіального і торцевого биття. Всі допуски проставлені щодо загальної бази Л - осі вала, дані допуски чисельно рівні 0.02, 0.03 0.04мм,

					ТМ 18510255 ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Також існують допуски симетричності та паралельності пазу до бази Т, які чисельно дорівнюють 0.8 (симетричність) та 0.02 (паралельність).



Вимоги до них вважаються підвищеними. Це забезпечує точність оброблюваної поверхні. Дані допуски дозволяють правильно розташувати пази на конусі та циліндричних поверхнях, та виготовити установчі шийки валу що базують його у виробі з необхідною точністю. Якщо знехтувати цими вимогами, це може призвести до вібрацій або люфтів конструкції, що в свою чергу призведе до передчасних поломок та зменшенню ресурсу виробу.

3. Визначення типу виробництва та організаційних умов.

Виходячи з річної програми випуску деталей $N = 2000$ шт. тип виробництва середньосерійний.

Визначимо кількість деталей в партії для одночасного запуску у виробництво за формулою:

$$n = \frac{N \cdot a}{254} \quad (3.1)$$

де N – річна програма, шт.;

a – періодичність запуску в днях (рекомендовано періодичність 3,6,12, 24 дні).

Вибираємо 6 днів.

$$n = \frac{2000 \cdot 6}{254} = 47,24 \approx 48 \text{ шт}$$

Среднесерійне виробництво характеризується середньою обмеженою номенклатурою виробу, що виготовляються або ремонтуються періодичними партіями і порівняно великим об'ємом випуску близько 10-20 найменувань виробів. Використовується універсальне і спеціалізоване обладнання та частково спеціальне. Широко використовуються верстати з ЧПУ, обробні

					ТМ 18510255 ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

центри. Устаткування розставляються по технічних групам з урахуванням напрямку основних вантажопотоків цеху по предметнозамкнутим ділянкам. Тех.оснастка зазвичай універсальна але також використовується універсально-збірна, переналагоджувані технологічне оснащення.

В якості вихідних заготовок використовують холодний і гарячий прокат, лиття в землю і під тиском, точне лиття, поковки і точні штампування і пресування, доцільність застосування яких також обґрунтовується техніко-економічними розрахунками.

Середня кваліфікація робітників вище, ніж в масовому виробництві, використовується відрядна погодинна форма оплати праці.

У С.С.П. нормування операцій здійснюючи аналітичним способом, причому час встановлюється на виконання даної операції при певних організаційно-технічних умов і найбільш ефективно використання всіх засобів виробництва з урахуванням передового виробничого досвіду.

Оскільки в серійному виробництві випуск виробів повторюється, економічно доцільно розробляти технологічні процеси обробки і збірки детально; представляти кожну операцію у вигляді переходів; встановлювати режими обробки, точні назви верстатів і спеціального оснащення і технічні норми часу.

Організація праці в серійному виробництві відрізняється високою спеціалізацією. За кожним робочим місцем закріплюється виконання декількох певних операцій. Це дозволяє робітникові добре освоїти інструмент, пристосування і весь процес обробки; набути навичок і вдосконалити прийоми обробки. Так як в серійному виробництві застосовується велика кількість складного обладнання та спеціального оснащення, налагодження устаткування здійснюється спеціальними робочими-наладчиками.

Особливості серійного виробництва обумовлюють економічну доцільність випуску продукції по циклічно повторюється графіком. При цьому виникають необхідні умови для встановлення суворого порядку чергування виробів в цехах, на виробничих ділянках і робочих місцях. Технологічне

					ТМ 18510255 ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

оснащення в основному універсальна. Великого поширення набули універсальні збірні переналагоджувані пристосування, що дозволяють істотно підвищити коефіцієнт оснащення виробництва. Ріжучий інструмент: в основному стандартний, рідше – спеціальний.

Вимірювальний інструмент: в основному спеціальний, рідше – стандартний. Технічне нормування робіт ведеться за допомогою розрахунку. Технологічна документація детально розробляється для найбільш складних і відповідальних заготовок при одночасному застосуванні спрощеної документації для простих заготовок. Для них використовується гарячий і холодний прокат, лиття, поковки і штампування. Необхідна точність досягається методами автоматичного отримання розмірів, рідше – методом пробних ходів і замірів.

4. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ.

Технологічною вважається та конструкція деталі, обробка якої можлива з мінімальною собівартістю.

Відпрацювання на технологічність проводиться в три етапи:

1) Конструктор під час проектування деталі або виробу вдається до використання найбільш вдалих рішень, які дозволяють забезпечити вимоги креслення, використання стандартного інструменту, типових способів обробки з мінімальними витратами на налаштування обладнання, уніфікацію складальних одиниць і основних деталей як в межах проектного виробу, так і виробів знаходяться в виробництві, технологічність оригінальних деталей і вибір для них раціональних заготовок.

2) Технолог при складанні технологічного процесу аналізує можливість використання найбільш прогресивних методів обробки. Проводять аналіз технологічності деталі - виявляють НЕ технологічні конструктивні елементи з обґрунтуванням. Після аналізу подаються пропозиції щодо відпрацювання деталі на технологічність в конструкторське бюро, якщо рішення визнають обґрунтованим, проводиться відпрацювання технологічності конструкції деталі (вводять зміни в конструкцію).

					ТМ 18510255 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

3) Робочий на робочому місці механічної обробки або зборки.

Показники технологічності - якісні і кількісні

До якісних оцінок відносять:

1) Матеріал деталі

2) Базування і закріплення заготовки в процесі обробки. На деталі повинні бути поверхні дозволяють виробляти установку і закріплення на механічній обробці з великим ступенем надійності. При відсутності таких поверхонь вони повинні бути передбачені конструктором штучно.

3) Проставлення розмірів повинно здійснюватися так щоб не викликати труднощів у процесі обробки поверхонь та їх контролю.

4) Величина допусків поверхонь и взаємного расположения

5) Точність розмірів та шорхностей

6) Не технологічні конструктивні елементи. вирішується питання про уніфікацію елементів, заміна складних простішими.

7) Метод отримання заготовки

До кількісних відносять:

1) Коефіцієнт використання заготовки.

2) Коефіцієнт використання матеріала.

3) Коефіцієнт точності

4) Коефіцієнт шорхності

Якісні оцінки технологічності

Деталь вал виготовлена зі сталі 40Х. Замінниками можуть служити Сталь 45Х, Сталь 40ХС. Поставляється у вигляді: сортового прокату, в тому числі фасонного ГОСТ 4543-71, ГОСТ 2590-2006. Калібрований пруток ГОСТ 7417-75, Лист товстий ГОСТ 1577-93, Поковки ГОСТ 8479-70.

Механічні властивості матеріалу: межа текучості $0.2 > 490$ МПа (50кгс / мм²) тимчасовий опір розриву > 690 МПа (70кгс / мм²) відносне видовження $> 14\%$ ударна в'язкість > 490 кДж / м² (5кгс / см²) Відбір проб для випробувань відповідно з ГОСТ 7564-73.

					ТМ 18510255 ПЗ	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Хімічний склад С 0.36-0.44%, Si 0.17-0.37%, Mn 0.5-0.8%, Ni до 0.3%, S до 0.035%, P до 0.035%, Cr 0.8-1.1%, Cu до 0.3%, Fe ~ 97%

Твердість матеріалу: HB 10 -1 = 217 МПа

Температура критичних точок: Ac1 = 743, Ac3 (Acm) = 815, Ar3 (Arcm) = 730, Ar1 = 693

Зварюваність: важкозварювальна. Способи зварювання: РДС, ЕШС, необхідний підігрів і подальша термообробка. КТС - необхідна подальша термообробка.

Різанням: в гарячекатаному стані при HB 163-168 і $\sigma_B = 610$ МПа, До ν тв. спл = 1,2 і Kv б.ст = 0,95

Температура ковки, С°: початку 1250, кінця 800. Перетини до 350 мм охолоджуються на повітрі.

Схильність до відпускнуї крихкості: схильна

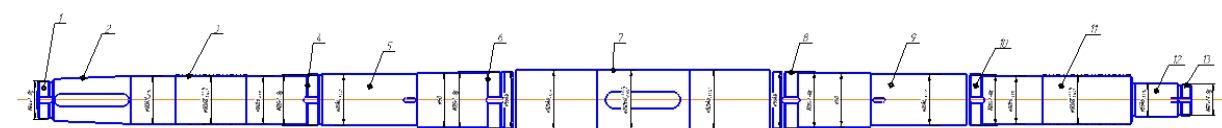


Рис. 4.1 Поверхні валу.

Табл. 4.1

№ поверхні	Назва бази
3,11	ОКБ
1,2,4,5,6,7,8,9,10,12,13.	ДКБ

Основні та Допоміжні конструкторські бази.

Якщо розглянути конструкцію деталі в цілому, то вона технологічна, так як є тілом обертання. Базування деталі можна виробляти на всіх поверхнях. Як пристосування для закріплення заготовки слід застосовувати центру: лівий - плаваючий, правий обертовий. Рух передається за допомогою диску приводу, так само використовують призми для фрезерної операції.

Як чорнові бази варто застосовувати поверхні у яких найменші припуски, не варто приймати за чорнові бази поверхні роз'єму, нерівні поверхні зі слідами від прибутків, літників і іншими вадами.

					ТМ 18510255 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

Проставлення розмірів на кресленні деталі повинна бути здійснено так, що б ці розміри можна було легко проконтролювати в процесі обробки. На підставі аналізу технологічності проставлення розмірів, очевидно, що простановка розмірів відповідає вимогам технологічності.

Не технологічними конструктивними елементами даної деталі є наступні елементи:

- 1) Проточки, канавки (для їх виготовлення необхідний спеціально зпроектований інструмент)
- 2) Шпонкові пази (для їх виготовлення необхідні шпонкові фрези певного діаметра)
- 3) Наявність галтелі (для її виготовлення необхідний спеціально заточений інструмент або ж верстат з ЧПУ)
- 4) Наявність ступенів (для їх отримання необхідно проводити обробку в центрах на двох установках або застосовувати ліві різці, обробка в центрах потягне за собою впровадження фрезерно-центрувальної операції)
- 5) Наявність різьблень (для їх виготовлення необхідно мати різьбові різці або плашки. Підрахунок середнього квалітету та шорсткості приведені в Табл 4.2

Табл 4.2 Поверхні та елементи валу.

Поверхня	Кількість	Квалитет	Шорсткість
Циліндричні			
d80h11	1	11	3,2
d80d8	2	8	0,4
d80h6	2	6	1,6
d85h6	2	6	1,6
d90	2	14	3,2
d95h8	2	8	1,6
d100h8	2	8	1,6
d100k6	1	6	1,6
d55h6	1	6	1,6
d30h6	2	6	1,6
Канавки			
d61h13	1	13	
d82h13	2	13	
d92h13	2	13	

Канавки			
d94	2	14	
d92h13	1	13	
d54h13	1	13	
Різи			
m64x2	1		3,2
m85x2	2		3,2
m95x2	2		3,2
m52x1.5	1		3,2
Шпонкові пази			
R5L23	1		
R10L125	1	9	3,2
R5L25	2		
R4L20	2	9	
R5L30	2		
R14L125	1	9	3,2
R3L16	1		
R4L22	1		

Коефіцієнт точності дорівнює

$$K_{TЧ} = 1 - (1/A_{CP}), \quad (4.1)$$

де A_{CP} – середній квалітет точності

Розрахунок середнього арифметичного значення квалітету точності деталі:

$$ACP = (n_1 + n_2 + \dots + n_{27}) / \sum m_i, \quad (4.2)$$

де n – квалітет точності кожної поверхні;

m – кількість поверхонь.

$$A_{CP} = ((14 \cdot 10) + (13 \cdot 3) + (11 \cdot 1) + (8 \cdot 6) + (6 \cdot 7)) / 27 = 10.3$$

$$K_T = (1 - 1/10.3) = 0.9 > 0.8$$

Коефіцієнт шорхності рівний

$$K_{Ш} = 1 - 1/B_{CP} \quad (4.3)$$

де B_{CP} – середнє позначення шорсткості всіх поверхонь

Розрахунок арифметичного значення шорсткості всіх поверхонь:

$$BCP = (c1 + c2 + \dots + c27) / \sum i m_i \quad (4.4)$$

$$Bcp = ((11 \cdot 3.2) + (11 \cdot 1.6) + (1 \cdot 0.8) + (2 \cdot 0.4) + (9 \cdot 12.5)) / 34 = 4.9$$

$$K_{ш} = 1 / 4.9 = 0.2 < 0.32$$

Так як $K_{ш} < 0.32$, деталь по даному показнику є технологічною.

Згідно з результатами кількісного аналізу можемо зробити висновок що деталь є технологічною.

В цілому аналізуючи технологічність деталі «Вал», він має прості поверхні, виконання яких може викликати ускладнення. Проте з урахуванням загального аналізу можемо зробити висновок, що деталь є технологічною хоча має окремі не технологічні характеристики як по точності так і по якості.

Висновок: при аналізі базування деталі, її конструкторських розмірів, виконавчих умов, властивостей матеріалу, можна зробити висновок, що деталь задовольняє умови експлуатації.

5. Вибір способу одержання заготовки та розробка технічних вимог до неї.

Від методу виготовлення заготовки залежать техніко-економічні показники ТП виготовлення деталі. Трудомісткість і собівартість заготовки повинні бути як умога меншими для більшої рентабельності деталі. Заготовка повинна мати форму, що дозволяє вести обробку з мінімальною кількістю установів, ріжучого інструменту та оснастки. Заготовка не повинна мати тріщин, рихлостей, раковин або сильно виражених дефектів форми.

На метод отримання заготовки впливають матеріал деталі, його призначення та технічні вимоги до виготовлення, обсяг випуску, конфігурація, форма поверхні та її розміри.

В базовому варіанті заготовку отримували прокатом. В проектованому варіанті, виходячи з конфігурації заданої деталі, технічних вимог до неї та габаритів, пропонується метод ГKM.

					ТМ 18510255 ПЗ	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Вид заготовки встановлюється на основі перелічених даних, а також техніко-економічного порівняння декількох варіантів.

Аналіз економічності заготовки.

Собівартість заготовок з прокату розраховується за формулою:

$$S_{\text{заг}} = M + \sum C_{\text{о.з.}}, \quad (5.1)$$

де M – витрати на матеріал заготовки, грн;

$\sum C_{\text{о.з.}}$ – технологічна собівартість операції правки, калібрування прутків, розрізання їх на штучні заготовки

$$C_{\text{о.з.}} = \frac{C_{\text{п.з.}} \cdot T_{\text{шт}}}{60 \cdot 100}, \quad (5.2)$$

де $C_{\text{п.з.}}=3050$ – приведенні затрати на робочому місці, грн./год.;

$T_{\text{шт}}=7,9$ – штучний час виконання заготівельної операції, хв.

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \frac{S_{\text{отх}}}{1000} \quad (5.3)$$

де $Q = 176$ – маса заготовки (розраховується за габаритами заготовки заводського варіанта – прокат діаметром 120 мм та довжиною 2000 мм та за густиною матеріалу заготовки, $\rho=7800 \text{ кг/м}^3$), кг;

$q=88$ – маса готової деталі, кг;

$S_{\text{отх}}=0,9$ – ціна 1 тони відходів, грн.;

$S=17$ – ціна 1 кг матеріалу заготовки, грн

$$M = 17623,2 - (176 - 88) \frac{900}{1000} = 17544 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{о.з.}} = \frac{3050 \cdot 7,9}{60 \cdot 100} = 4,01 \text{ грн.}$$

$$S_{\text{заг}} = 17544 + 4,01 = 17548 \text{ грн.}$$

Собівартість заготовок, отриманих ковкою на молотах розраховується за формулою:

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_v \cdot K_M \cdot K_n \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{отх}}}{1000}, \quad (5.4)$$

де C_i = 15600 – базова вартість однієї тони заготовок, грн/т;

K_m – коефіцієнт, який залежить від класу точності заготовки;

K_c – коефіцієнт, який залежить від групи складності заготовки;

K_v – коефіцієнт, який залежить від маси заготовки;

K_M – коефіцієнт, який залежить від марки матеріалу;

K_n – коефіцієнт, який залежить від обсягу виробництва;

Q – маса заготовки;

q – маса деталі;

$S_{\text{отх}}$ – вартість однієї тони відходів, грн.

Для заготовки, отриманої ковкою на молотах:

$C_i = 15600$ грн/т;

$K_m = 1$ [3, с.37];

$K_c = 1,1$ [3, табл.2.12, с.38];

$K_v = 0,98$ [3, табл.2.12, с.38];

$K_M = 1,22$ [3, с.37];

$K_n = 0,95$ [3, табл.2.13, с.38];

$Q = 133$ кг (виходячи з габаритних розмірів, $\rho = 7,8$ г/см³);

$q = 88$ кг;

$S_{\text{отх}} = 900$ грн/т.

Вартість заготовки, отриманої ковкою на молотах:

$$\begin{aligned} S_{\text{заг}} &= \left(\frac{15600}{1000} \cdot 133 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 0,98 \cdot 1,22 \cdot 0,95 \right) - (133 - 88) \cdot \frac{900}{1000} \\ &= 3494,4 \text{ грн} \end{aligned}$$

$S_{\text{заг}} = 3494,4$ грн

Так як вартість заготовки, отриманої ковкою на молотах значно менше вартості заготовки, отриманої покатоком (3494,4 проти 17548), то в якості способу отримання заготовки для даної деталі приймаємо ковку.

Економічний ефект розраховують за формулою

$$E_{\phi} = (S_{2\text{заг}} - S_{1\text{заг}})N, \text{ грн} \quad (5.5)$$

де N – річний обсяг випуску, шт

$$E_{\phi} = (3494,4 - 17548) \cdot 2000 = 28107200 \text{ грн}$$

Для остаточно обраної заготовки, у відповідності зі стандартом ГОСТ 7829-70 «Поковки з вуглецевих і легированих сталей, що отримують ковкою на молотах» призначаємо припуски на всі поверхні і визначаємо розміри заготовки.

Припуски та граничні відхилення для поковок вибираємо у відповідності з рисунком 5.1 і таблицею 5.1 [4]:

Таблиця 5.1 – Припуски та граничні відхилення для поковок

Розмір деталі	Чистота поверхні	Основний припуск	Додатковий припуск	Загальний припуск	Розрахунковий розмір заготовки	Прийманий розмір заготовки	Фактичний припуск
D100	12,5	3,5	0,5	4	108	108	8,0
L1912	6,3	4,5	0,5	5	1917	1917	5,0

Зміщення по поверхні рознімання штампа – 0,3 мм.

Зігнутість і відхилення від площинності і прямолінійності – 0,5 мм.

Вигляд заготовки зображений на рисунку 5.1.

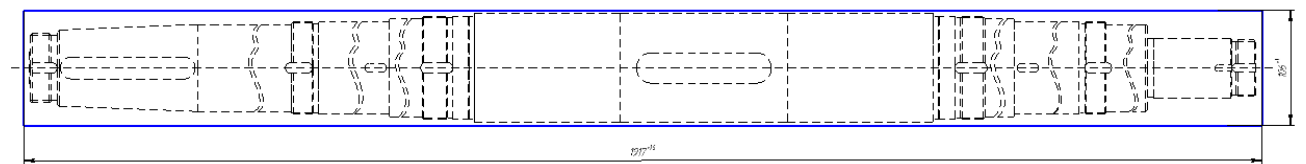


Рисунок 5.1 – Вигляд заготовки, що отримується ковкою на молотах

Технічні вимоги до заготовки:

– Спосіб отримання: вільне кування на молотах;

- HB 180...200;
- Група складності: II;
- Припуски на розміри за ГОСТ 7829-70

6. Аналіз технологічної операції існуючого чи типового технологічного процесу.

6.1 Розрахунок припусків аналітичним способом

Обераємо поверхню для розрахунку припуску перевіряючи запас металу для забезпечення точності та якості поверхні d100k6.

6.1.1. Метод одержання заготовки - поковка штампована

6.1.2. Призначення маршруту обробки.

А) Чорнова;

Б) Напів чистова;

В) Чистова;

Г) Обробна (шліфування).

6.1.3. Обробка поверхонь ведеться на токарному верстаті з ЧПК моделі Doosan Puma XL800.

6.1.4.

$$2Z = 2(Rz_{i-1} + T_{i+1} + \sqrt{P_{i-1}^2 + M_{yi}^2}) \quad (6.1)$$

Rz- висота мікронерівнеостей

м- похибки установки

Т- глибина дефектного шару поверхні

Р- просторове відхилення форми

-попередній перехід

i-виконуваний перехід

Заготовка	h15	+0
		-14
Чорнова	h14	0
		-0.87
Н/чистова	h12	0
		-0.35
Чистова	h9	0
		-0.087
Обробна	k6	-0.003
		-0.025

Табл. 6.1 - стадії обробки та допуски.

Висота мікронерівностей R_z і глибина дефектного шару h вибираються за таблицями:

- Для заготовки: $R_z = 200$ мкм; $h = 250$ мкм;

- По переходах:

а) чорнове точіння: $R_z = 50$ мкм; $h = 50$ мкм;

б) напівчистове точіння: $R_z = 35$ мкм; $h = 35$ мкм;

г) чистове точіння: $R_z = 25$ мкм; $h = 25$ мкм;

в) оздоблювальне шліфування: $R_z = 5$ мкм; $h = 5$ мкм.

Сумарне значення просторових відхилень форми заготовки при обробці в патроні валу визначається за формулою:

$$P = P_1 + P_2$$

(6.2)

$$P = 1.4 + 1.1 = 1780 \text{ мкм}$$

Величина залишкового сумарного значення просторових відхилень форми

заготовки після виконання переходу (операції) визначається за формулою:

$$P = P \cdot K$$

(6.3)

Коефіцієнт уточнення:

- Для чорнового точіння: $K_y = 0,06$;
- Для напівчистового точіння: $K_y = 0,05$;
- Для чистового точіння: $K_y = 0,04$.

Тоді сумарні значення просторових відхилень форми по переходах рівні:

$$P = 0.06 \cdot 1780 = 106.8 \text{ мкм}$$

$$P = 0.05 \cdot 1780 = 89 \text{ мкм}$$

$$P = 0.04 \cdot 1780 = 71.2 \text{ мкм}$$

Необхідне положення заготовки в робочій зоні верстата досягається в процесі її встановлення. Процес установки містить базування і закріплення

Відхилення у положенні заготовки, що виникає при базуванні, а при закріпленні

-називається похибкою закріплення

При більш точних розрахунках точності обробки, похибку, можна визначити за таблицями

- Для чорнового точіння: $m = 0 \text{ мкм}$;
- Для напівчистового точіння: $m = 0 \text{ мкм}$;
- Для чистового точіння: $m = 0 \text{ мкм}$.

$$2Z_{\text{чор}} = 2(200 + 250 + 1780 + 0) = 4.460 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{п/ч}} = 2(50 + 50 + 106 + 0) = 0.412 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{ч}} = 2(35 + 35 + 89 + 0) = 0.318 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{обр}} = 2(25 + 25 + 71.2 + 0) = 0.242 \text{ мм}$$

Допуск заготовки $T_{\text{дзаг}}$ визначений в п.4 и дорівнює $T_{\text{дзаг}} = 1.4$ ($es = +0 \text{ мм}$; $ei = -1.4 \text{ мм}$).

Допуски по переходам:

- для чорнового точіння: $T_{\text{дчорн}} = 0,87 \text{ мм}$ ($es = 0 \text{ мм}$; $ei = -0,87$);
- для напівчистового точіння: $T_{\text{дп/ч}} = 0,35 \text{ мм}$ ($es = 0 \text{ мм}$; $ei = -0,35$);
- для чистового точіння: $T_{\text{дчист}} = 0,087 \text{ мм}$ ($es = 0 \text{ мм}$; $ei = -0,087$);
- для оздоблювального шліфування: $T_{\text{дозд}} = 0.028 \text{ мм}$ ($es = -0,025 \text{ мм}$; $ei = -0,003$);

					ТМ 18510255 ПЗ	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Розміри валу після шліфування оздоблювального визначаються за формулами:

$$d_{\min \text{ озд}} = d_{\text{ном озд}} + e_{\text{іозд}}, \quad (6.4)$$

$$d_{\min \text{ озд}} = 100 + 0.003 = 100.003 \text{ мм},$$

$$d_{\max \text{ озд}} = d_{\text{ном озд}} + e_{\text{созд}}, \quad (6.5)$$

$$d_{\max \text{ озд}} = 100 + 0,025 = 100.025 \text{ мм}.$$

Максимальний припуск на шліфування оздоблювальне визначається за формулою:

$$2Z_{\max \text{ озд}} = T_{\text{дозд}} + 2Z_{\min \text{ озд}}, \quad (6.6)$$

$$2Z_{\max \text{ озд}} = 0,028 + 0,242 = 0,27 \text{ мм}.$$

Розміри валу після точіння чистового визначаються за формулами:

$$d_{\min \text{ чист}} = d_{\max \text{ озд}} + 2Z_{\min \text{ озд}}, \quad (6.7)$$

$$d_{\min \text{ чист}} = 100.025 + 0,242 = 100.267 \text{ мм}.$$

$$d_{\text{ном чист}} = d_{\max \text{ чист}} = d_{\min \text{ чист}} + T_{\text{дчист}} \quad (6.7)$$

$$d_{\text{ном чист}} = d_{\max \text{ чист}} = 100.267 + 0.087 = 100.354 \text{ мм}.$$

Максимальний припуск на точіння чистове визначається за формулою:

$$2Z_{\max \text{ чист}} = T_{\text{дчист}} + T_{\text{дн/ч}} + 2Z_{\min \text{ чист}}, \quad (6.8)$$

$$2Z_{\max \text{ чист}} = 0,087 + 0,35 + 0,318 = 0.755 \text{ мм}.$$

Розміри валу після точіння напівчистового визначаються за формулами:

$$d_{\min \text{ н/ч}} = d_{\text{ном чист}} + 2Z_{\min \text{ чист}}, \quad (6.9)$$

$$d_{\min \text{ н/ч}} = 100.354 + 0,318 = 100.672 \text{ мм}.$$

$$d_{\text{ном н/ч}} = d_{\max \text{ н/ч}} = d_{\min \text{ чист}} + T_{\text{д н/ч}} \quad (6.10)$$

					ТМ 18510255 ПЗ	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$d_{\text{ном н/ч}} = d_{\text{мах н/ч}} = 100.672 + 0,35 = 101.022$$

Максимальний припуск на точіння напівчистове визначається за формулою:

$$2Z_{\text{мах чист}} = Td_{\text{н/ч}} + Td_{\text{чорн}} + 2Z_{\text{мін н/ч}} \quad (6.11)$$

$$2Z_{\text{мах н/ч}} = 0,35 + 0.87 + 0,412 = 1.632 \text{ мм.}$$

Максимальний припуск на точіння чорнове визначається за формулою:

$$d_{\text{мін чорн}} = d_{\text{ном н/ч}} + 2Z_{\text{мін н/ч}}, \quad (6.12)$$

$$\begin{aligned} d_{\text{мін чорн}} &= 101.022 + 0,412 = 101.434 \text{ мм,} \\ d_{\text{ном чорн}} = d_{\text{мах чорн}} &= d_{\text{мін чорн}} + Td_{\text{чорн}}, \end{aligned} \quad (6.13)$$

$$d_{\text{ном чорн}} = d_{\text{мах чорн}} = 101.434 + 0.87 = 102.304 \text{ мм.}$$

Максимальний припуск на точіння чорнове визначаються за формулою:

$$2Z_{\text{мах чорн}} = Td_{\text{чорн}} + Td_{\text{заг}} + 2Z_{\text{мін чорн}}, \quad (6.14)$$

$$2Z_{\text{мах чорн}} = 0.87 + 1.4 + 4.460 = 6.730 \text{ мм.}$$

Розміри валу заготовки визначаються за формулами:

$$d_{\text{мін заг}} = d_{\text{ном чорн}} + 2Z_{\text{мін чорн}}, \quad (6.15)$$

$$d_{\text{мін заг}} = 102.304 + 4.460 = 106,764 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{ном заг}} = d_{\text{мін заг}} + e_{\text{заг}}, \quad (6.16)$$

$$d_{\text{ном заг}} = 106,764 + 1,4 = 108.164 \text{ мм,}$$

$$d_{\text{мах заг}} = d_{\text{ном заг}} + e_{\text{сзаг}}, \quad (6.17)$$

$$d_{\text{мах заг}} = 108.164 + 0 = 108.164 \text{ мм.}$$

Розраховані значення максимальних припусків і проміжних розмірів зводяться до таблиці 6.2

					ТМ 18510255 ПЗ	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Розрахунок загального мінімального і максимального припуску на обробку

поверхні проводиться за формулою:

$$2Z_{\text{заг min}} = m2Z_{\text{min}} \quad (6.18)$$

де $m2Z_{\text{min}}$ - сума мінімальних міжопераційних припусків, мм

$$2Z_{\text{заг min}} = 4,460 + 0,318 + 0,413 + 0,242 = 5,433$$

$$2Z_{\text{заг max}} = m2Z_{\text{max}} \quad (6.19)$$

де $m2Z_{\text{max}}$ - сума максимальних міжопераційних припусків, мм

$$2Z_{\text{заг max}} = 6,730 + 1,632 + 0,755 + 0,27 = 9,359 \text{ мм}$$

Таблиця 6.2 - Вихідні та розрахункові дані на заданий розмір

3Стадії	Rz	T(h)	p		2Zmin	2Zmax	dmin	dnom	dmax
Заготовка	200	250	1780	-	5,433	9,359	106.764	108.164	108.164
Чорнова	50	50	106	0	4,460	6,730	101.434	102.304	102.304
Н/ч	35	35	89	0	0,413	1,633	100.672	101.022	101.022
Чистова	25	25	71,2	0	0,318	0,755	100.267	100.354	100.354
Обробна	5	5	-	-	0,242	0,27	100.003	100	100.025

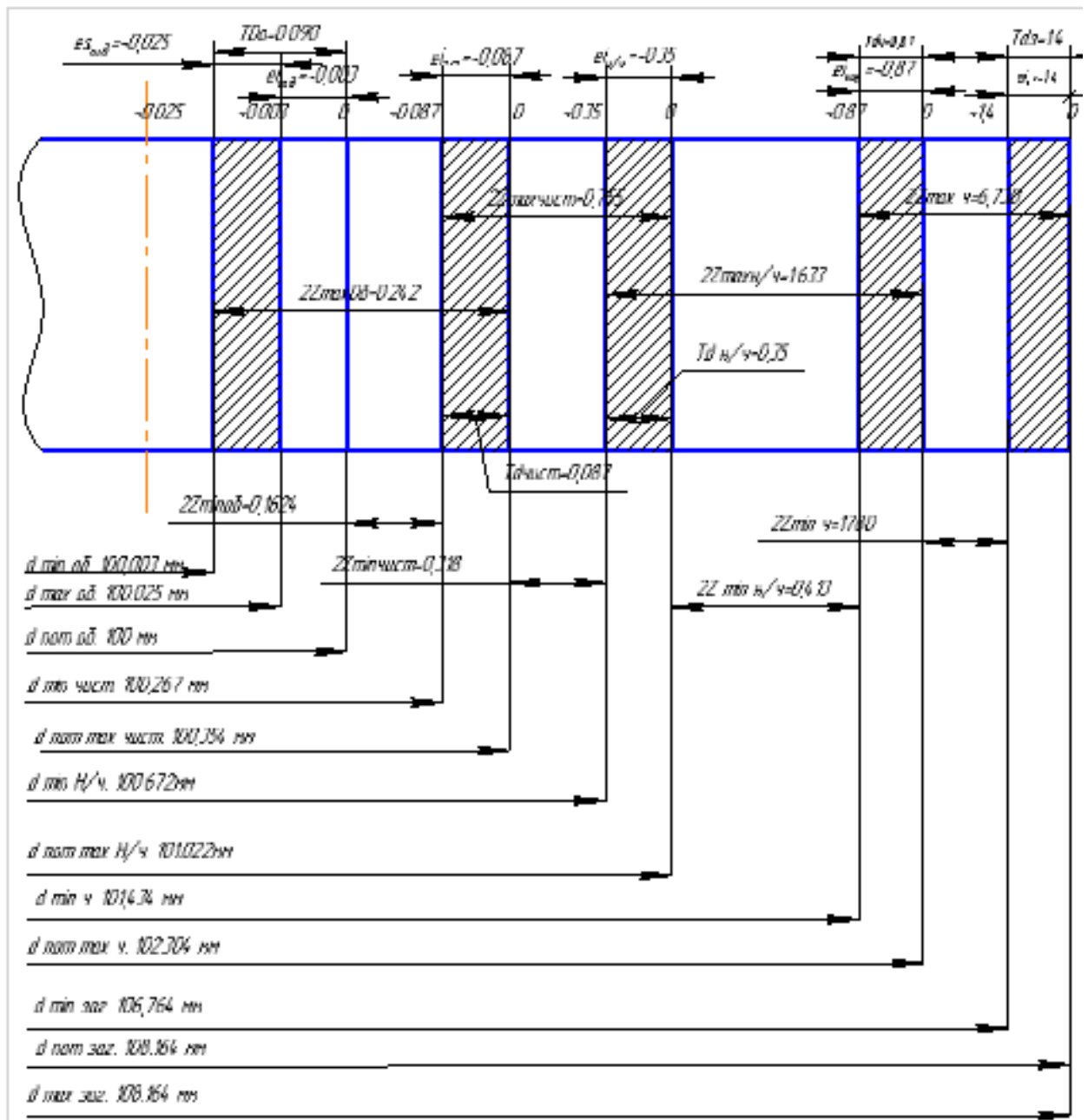


Рис 6.1 Таблица розрахованих припусків

6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування та закріплення.

Для розгляду цього питання в якості технологічної операції була прийнята операція – 150 Кругло-шліфувальна із існуючого технологічного процесу. На даній операції на кругло-шліфувальному верстаті 3A172 обробляються поверхні, виділені на рисунку 6.2.

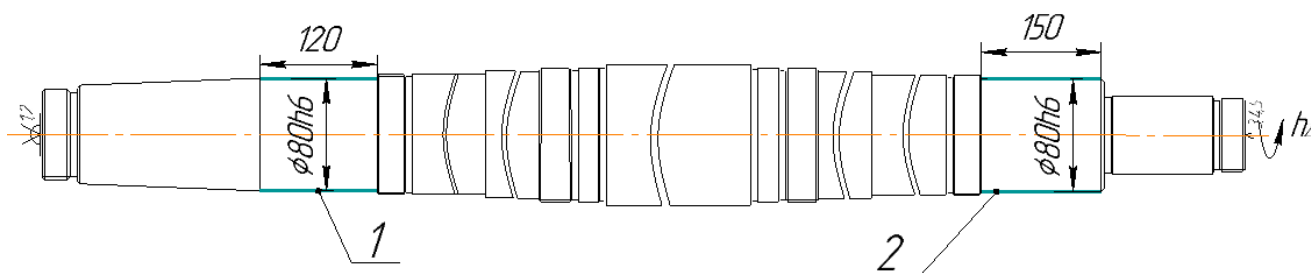


Рис 6.2 Оброблювані поверхні на операції 150.

Проаналізувавши поверхні, обирається спосіб базування в центрах, тому що відсутні інші альтернативні рішення. Зазначені поверхні є доступними, не заважають доступу ріжучого інструменту до оброблюваних поверхонь, забезпечують обробку деталі на інших операціях без зміни баз (принцип постійності баз).

На даній операції заготовка позбавляється 5 ступенів вільності. При цьому виникають дві бази:

- подвійна направляюча – лівий і правий центровий отвір, позбавляють деталь 4-х ступенів вільності: переміщення вздовж осей X і Y і обертань навколо осей X і Y;
- опорна – торець уступу, позбавляє деталь одного ступеня вільності: переміщення вздовж осі Z.

Обрані бази використовуються на інших операціях, тобто досягається принцип постійності баз.

Таблиця 6.2.1 – Таблиця відповідності

Зв'язки	Степені вільності	Найменування баз
1, 2, 3, 4	I, III, IV, VI	ПНБ
5	II	ОБ
6	V	

Таблиця 6.2.2 – Матриця зв'язків

	X	Y	Z	Найменування баз
l	1	1	0	ПНБ
α	1	1	0	
l	0	0	1	ОБ
α	0	0	0	
l	0	0	0	
α	0	0	0	
Σ	2	2	1	5 ступенів

Також розберемо операцію - 075 Токарна з ЧПК із запропонованого технологічного процесу. На даній операції обробляються поверхні, виділені на рисунку 6.2.2.

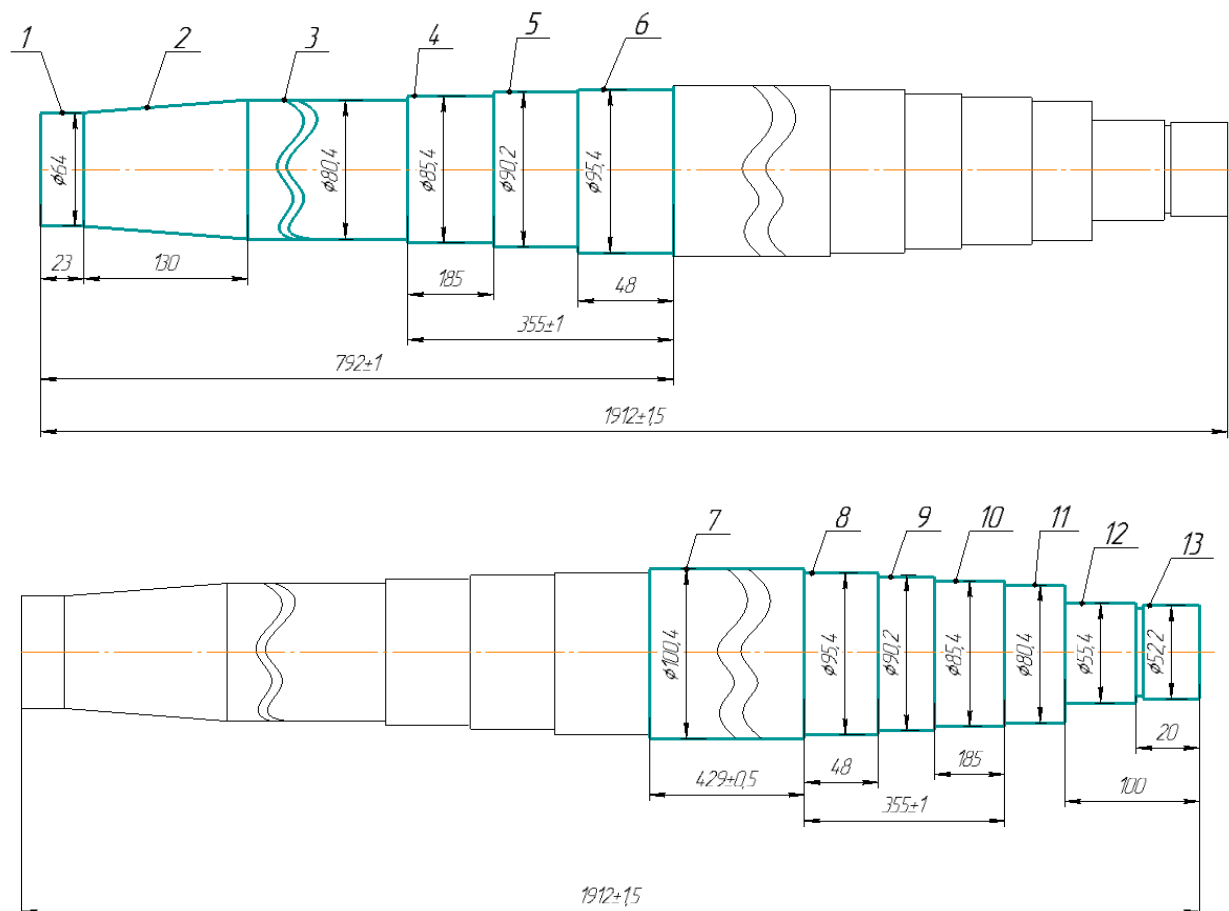


Рис. 6.2.2 оброблювані поверхні на операції 075.

Проаналізувавши поверхні, обирається спосіб базування в центрах, тому що відсутні інші альтернативні рішення. Зазначені поверхні є доступними, не заважають доступу ріжучого інструменту до оброблюваних поверхонь, забезпечують обробку деталі на інших операціях без зміни баз (принцип постійності баз).

На даній операції заготовка позбавляється 5 ступенів вільності. При цьому виникають дві бази:

- подвійна направляюча – лівий і правий центровий отвір, позбавляють деталь 4-х ступенів вільності: переміщення вздовж осей X і Y і обертань навколо осей X і Y;

- опорна – торець уступу, позбавляє деталь одного ступеня вільності: переміщення вздовж осі Z.

Обрані бази використовуються на інших операціях, тобто досягається принцип постійності баз.

Таблиця 6.2.3. – Таблиця відповідності

Зв'язки	Степені вільності	Найменування баз
1, 2, 3, 4	I, III, IV, VI	ПНБ
5	II	ОБ
6	V	

Таблиця 6.2.4.– Матриця зв'язків

	X	Y	Z	Найменування баз
1	1	1	0	ПНБ
α	1	1	0	
1	0	0	1	ОБ
α	0	0	0	
1	0	0	0	
α	0	0	0	
Σ	2	2	1	5 ступенів

6.3 Обґрунтування вибору металорізального верстата.

Для виконання операції 150 Кругло-шліфувальна вибираємо кругло-шліфувальній верстат 3A172.

При виборі даного обладнання з огляду на технологічні методи обробки поверхонь на даній операції (на операції проводиться шліфування зовнішніх циліндричних поверхонь) прийшли до висновку, що даний верстат цілком

					ТМ 18510255 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

придатний для здійснення заданої операції. Технічна характеристика верстата приведена в таблиці 6.3.1.

Табл 6.3.1 Основні характеристики верстату 3A172

Клас точности станка по ГОСТ 8-82	П
Найбільший діаметр виробу над станиною, мм	560
Найбільша довжина випобу мм	4000
Довжина шліфування, мм	3500
Межі частот обертання шпинделя, об/хв	368-891
Потужність електродвигуна головного руху, кВт	40
Габаритні розміри верстата, мм	11750x3700x1850
Маса, кг	23400

Проаналізувавши технічні характеристики верстата на операції 150 кругло-шліфувальна, будемо використовувати верстат 3A172 тому що його технічні характеристики та технологічні можливості повністю забезпечують безперешкодну обробку деталі.

Для виконання операції 075 Токарна з ЧПК вибираємо токарний верстат з ЧПК DOOSAN PUMA 800M Система ЧПК: «FanuK».

При виборі даного обладнання з огляду на технологічні методи обробки поверхонь на даній операції (на операції проводиться точіння зовнішніх циліндричних поверхонь) прийшли до висновку, що даний верстат цілком придатний для здійснення заданої операції. Технічна характеристика верстата приведена в таблиці 6.3.2.

Табл. 6.3.2 Основні характеристики верстату DOOSAN PUMA 800M

Найбільший діаметр виробу над станиною, мм	900
Найбільший хід супортів, мм	
Поздовжній	950
поперечний	210
Кількість керованих/одночасно керованих координат	2/2
Дискретність завдання переміщення, мм	
в поздовжній осі	0,01
в поперечної осі	0,005
Межі частот обертання шпинделя, об/хв	1500
Межі швидкостей робочих подач, мм/хв	
поздовжніх	2800
поперечних	550
Кількість позицій інструментальної головки	6,8,12
Потужність електродвигуна головного руху, кВт	21
Габаритні розміри верстата, мм	7210x2260x2650
Маса, кг	16000

Проаналізувавши технічні характеристики верстата на операції 075 токарна з ЧПК, будемо використовувати верстат DOOSAN PUMA 800M тому що його технічні характеристики та технологічні можливості повністю забезпечують безперешкодну обробку деталі.

6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів.

На операцію – 150 кругло-шліфувальна вибираємо верстатні пристрої, металорізальні та вимірювальні інструменти. Для установки і закріплення вала в центрах використовуємо паводковий патрон діаметром D=200 мм, виконання 1. Позначення: Патрон 7108-0021 ГОСТ 2571-71.

Передача руху заготовці здійснюється через хомутик. Вибираємо хомутик для заготовок діаметром від 50 до 75 мм. Позначення: Хомутик 7107-0043 ГОСТ 2578-70.

Призначаємо центр упорний виконання 1 нормальної точності з конусом Морзе 6. Позначення: Центр 7032-0043 Морзе 6 ГОСТ 13214-79. Центр обертовий типу А, виконання 1 з конусом Морзе 5, нормальної серії. Позначення: Центр А-1-5-Н ГОСТ 8742-75.

					ТМ 18510255 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

Для обробки зовнішніх поверхонь використовуємо абразивний шліфувальний круг прямого профілю із білого електрокорунду

25А ПП 450Х50Х203 F46. Для контролю поверхонь $\varnothing 80h6$ використовуємо мікрометр YATO 75-100 мм (YT-72303)

Зведемо до таблиці 6.4.1. верстатний пристрій, ріжучий, вимірювальний та допоміжний інструмент, який використовується при механічній обробці на операції 150 Кругло-шліфувальна.

Таблиця 6.4.1. – Ріжучий та вимірювальний інструмент, що використовується на операції 150 Кругло-шліфувальна.

Номер та зміст переходу	Ріжучий інструмент	Доп інстр.	Верст. Прист.	Вим. інструмент
Шліфування шийок вала	Шліфувальний круг 25А ПП 450Х50Х203 F46	Центр упорний ГОСТ 13214-79; Центр обертний ГОСТ 8742-75	Повідковий патрон 7108-0021 ГОСТ 2571-71	YATO 75-100 мм (YT-72303)

На операцію – 075 Токарна з ЧПК вибираємо верстатні пристрої, металорізальні та вимірювальні інструменти. Для установки і закріплення вала в центрах використовуємо паводковий патрон діаметром D=200 мм, виконання 1. Позначення: Патрон KOTIGAWA B-200

Передача руху заготовці здійснюється через хомутик. Вибираємо хомутик для заготовок діаметром від 100 до 125 мм. Позначення: Хомутик 7107-0043 ГОСТ 2578-70.

Призначаємо центр упорний виконання 1 нормальної точності з конусом Морзе 6. Позначення: Центр 7032-0043 Морзе 6 ГОСТ 13214-79. Центр обертний типу А, виконання 1 з конусом Морзе 5, нормальної серії. Позначення: Центр А-1-5-Н ГОСТ 8742-75.

					ТМ 18510255 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

Для обробки зовнішніх поверхонь використовуємо різець токарний прохідний з механічним кріпленням підтисканням важелем через отвір твердосплавної непереточуваної ромбічної пластинки з ріжучою кромкою 12,7 мм і кутом в плані 95°, задній кут пластинки 0°, правий, перерізом Н×В = 25×20 мм, довжиною 150 мм. Позначення: Різець PCLNR 2520 M12 T15K6.

Для обробки канавок використовуємо різець спеціальний канавковий для точіння канавки b6 з напайною пластиною з твердого сплаву T15K6.

Для контролю розмірів використовуємо штангенциркуль ШЦ-I-150-0,1 ГОСТ 166-89 і штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 ГОСТ 166-89. Для контролю поверхонь використовуємо мікрометри УАТО 75-100 мм (УТ-72303) та УАТО 50-75 мм (УТ-72302)

Зведемо до таблиці 6.4.2 верстатний пристрій, ріжучий, вимірювальний та допоміжний інструмент, який використовується при механічній обробці на операції 075.

Таблиця 6.4.2 – Ріжучий та вимірювальний інструмент, що використовується при обробці на операції 075 токарна з ЧПК

Номер та Зміст переходу	Ріжучий інструмент	Доп. інструмент	Верст. Прист.	Вим. інструмент
Обточуван я зовнішніх поверхонь	PCLNR2520M12 Різець правий прохідний PCLNL2520M12 Різець лівий прохідний	Центр упорний ГОСТ 13214- 79; Центр обертовий ГОСТ 8742-75	Повідковий патрон KOTIGAWA B-200	ШЦ-I-150-0,1 ГОСТ 166-89; ШЦ-II-250-0,1 ГОСТ 166-89; Мікрометр УТ- 72302 УТ-72303

6.5 Розрахунок режимів різання.

Розрахунок режимів різання будемо проводити для операції 150 Кругло-шліфувальна. Розрахунково-аналітичним методом розрахуємо режим різання для зовнішнього шліфування поверхні Ø80h6, для інших переходів режим різання призначимо за табличним методом.

Вихідні дані: діаметр поверхні – 80 мм, довжина поверхні 120мм, матеріал заготовки – сталь 40Х з межею міцності $\sigma_B=930$ МПа; матеріал абразивного круга електрокорунд білий, ЗОР – емульсія, заготовка – прокат.

Розміри шліфувального круга $D_k=450$ мм, $B_k=50$ мм, швидкість шліфувального круга $V_k=35$ м/с

Визначимо глибину різання:

$$t = \frac{D_3 - D_{\text{обт}}}{2} \quad (6.20)$$

де D_3 – діаметр в стані заготовки;

$D_{\text{обт}}$ – діаметр після шліфування.

$$t = \frac{80.4 - 80}{2} = 0.2 \text{ мм.}$$

Визначимо частоту обертання шліф. Бабки, об/хв

$$n_{\text{ш}} = \frac{1000 * V_k * 60}{\pi * D_k} \quad (6.21)$$

Маємо:

$$n_{\text{ш}} = \frac{1000 * 35 * 60}{\pi * 450} = 1486 \text{ об/хв}$$

Корегуємо за паспортом верстата, приймаємо 1400 об/хв.

Окружну швидкість заготовки приймаємо $V_3=30$ м/хв.

Частота обертів передньої бабки, відносно вибраної окружної швидкості заготовки, об/хв:

$$n_3 = \frac{1000 * V_3}{\pi * D} \quad (6.22)$$

					ТМ 18510255 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

Маємо:

$$n_3 = \frac{1000 * 30}{\pi * 80} = 119,4 \text{ об/хв}$$

Приймаємо $n_3=120$ об/хв.

Глибина на прохід $t=0.005-0.015$ мм, Приймаємо $t=0.005$ мм.

Поздовжня подача $S=(0,2-0,4)*V_k$, мм/об

Приймаємо $S=0.25*V_k=0.25*50=12.5$ мм/об.

Швидкість поздовжнього ходу стола

$$V_c = \frac{S * n_3}{1000} = \frac{12.5 * 120}{1000} = 1,5 \text{ м/хв}$$

(6.23)

Приймаємо $V_c=1,5$ м/хв

Перевірка достатньої потужності верстата.

Потужність необхідна для різання.

$$N_p = C_n * V_z^z * t^x * S^y * d^q, \text{ кВт.}$$

(6.24)

C_n - коеф. Умов шліфування.

x, y, z, q - показники ступеню.

V, t, S - елементи різання.

d - діаметр шліфування, мм

Для цих умов приймаємо $C_n=2,56; z=0,5; x=0,5; y=0,55; q=0$,

Тоді

$$N_p = 2,56 * 30^{0,5} * 0,005^{0,5} * 12,5^{0,55} * 1 = 3,97 \text{ кВт}$$

Потужність на шпинделі

$$N_{шп} = N_d * h = 40 * 0.8 = 32 \text{ кВт}$$

(6.25)

Так як $N_{шп}=32\text{кВт}>3.97\text{кВт}$, то обробка можлива.

Визначимо Основний час

$$T_o = \frac{L * h}{1000 * V_c * t} K, \text{ хв}$$

(6.24)

					ТМ 18510255 ПЗ	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$L=l-(1-k*m)*B_k, \text{ мм}$$

Де l-довжина шліфування, m- перебіг круга, m=0,5, k=1 число сторін перебігу круга.

$$L=l-(1-1*0,5)*B_k=120-0,5*50=95 \text{ мм}$$

K=1,4 – коефіцієнт вихажування

$$T_o = \frac{95 * 0,2}{1000 * 1,5 * 0,005} 1,4 = 3,54, \text{ хв}$$

Розглянемо обробку інших поверхонь. На переходи даної операції здійснюємо вибір режимів різання табличним методом за допомогою каталогів. Ріжучий інструмент зазначений в пункті 5.3. Обрані режими заносимо до таблиці 6.5.1.

Таблиця 6.5.1 – Режими різання визначені за табличним методом

Номер і текст переходу	Параметри режимів обробки						
	i	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	L, мм	T _o , хв
1	2	3	4	5	6	7	8
Поверхня 1 Ø80h6	4	0.005	12.5	1.5	1400	120	3.54
Поверхня 2 Ø80h6	4	0.005	12.5	1.5	1400	150	4.6
Всього	-	-	-	-	-	-	8.14

Розрахунок режимів різання будемо проводити для операції 040 токарна з ЧПК. Розрахунково-аналітичним методом розрахуємо режим різання для зовнішнього точіння поверхні Ø80h6, для інших переходів режим різання призначимо за табличним методом [10, 11].

Вихідні дані: діаметр поверхні – 80 мм, матеріал заготовки – сталь 40Х з межею міцності $\sigma_B=930$ МПа; матеріал ріжучої частини різця Т15К6, ЗОР – емульсія, заготовка – *прокат*

Визначимо глибину різання:

$$t = \frac{D_3 - D_{обт}}{2}$$

(6.25)

					ТМ 18510255 ПЗ	Лист 35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

де D_3 – діаметр в стані заготовки;

$D_{обт}$ – діаметр після точіння.

$$t = \frac{80.4-80}{2} = 0.2 \text{ мм.}$$

Визначимо подачу:

$$S = 0,25 \text{ мм/об [10, с. 265]}$$

Стійкість інструменту $T = 60$ хв. Визначимо швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \quad (6.26)$$

де $C_v=420$; $x=0,15$; $y=0,20$; $m=0,20$ – коефіцієнти та показники у формулі швидкості різання [10, с. 269].

K_v – поправочний коефіцієнт на швидкість різання, котрий враховує фактичні умови різання, визначається за формулою:

$$K_v = K_M \cdot K_t \cdot K_n \quad (6.27)$$

K_M – поправочний коефіцієнт, на оброблюваний матеріал [10, с.262]

K_t – поправочний коефіцієнт, враховуючий інструментальний матеріал [10, с. 263]

K_n – поправочний коефіцієнт, враховуючий вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання [10, с. 263]

$$K_v=0,8 \cdot 1,05 \cdot 1,0=0,84$$

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 1,0^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 0,84 = 205,26 \text{ м/хв}$$

Визначимо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (6.28)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 205,26}{3,14 \cdot 80.4} = 787,5 \text{ об/хв}$$

					ТМ 18510255 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

Скорегуємо частоту обертання відповідно до паспорту верстату
 $n = 800 \text{ об/хв.}$

Визначимо фактичну швидкість різання:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (6.29)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 80,4 \cdot 800}{1000} = 208,5 \text{ м/хв.}$$

Визначимо силу різання:

$$P_z = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (6.30)$$

де $C_p = 300$, $x=1,0$, $y=0,75$, $n=-0,15$ – коефіцієнти та показники в формулі [10, с.273].

K_p – поправочний коефіцієнт, який враховує умови різання, розраховується за формулою:

$$K_p = K_m \cdot K_\phi \cdot K_\gamma \cdot K_\lambda \cdot K_r \quad (6.31)$$

де $K_m = 1,17$ – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив якості оброблюваного матеріалу на силові залежності [10, с. 264];

$K_\phi = 0,94$ – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив головного кута в плані на силові залежності [10, с. 275];

$K_\gamma = 1,0$ – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив переднього кута на силові залежності [10, с. 275];

$K_\lambda = 1,0$ – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив кута нахилу головного леза на силові залежності [10, с. 275];

$K_r = 1,0$ – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив радіуса при вершині на силові залежності [10, с. 275].

$$K_p = 1,17 \cdot 0,94 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,10.$$

Враховуючи поправочні коефіцієнти отримуємо:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,0^{1,0} \cdot 0,25^{0,75} \cdot 208,5^{-0,15} \cdot 1,10 = 523,7 \text{ Н}$$

Визначимо потужність необхідну для обробки:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (6.32)$$

$$N = \frac{523,7 \cdot 208,5}{1020 \cdot 60} = 1,71 \text{ кВт}$$

Розрахункове значення потужності *не перевищує допустимого* (1,71 кВт < 21 кВт), отже обробка на верстаті DOOSAN PUMA 800М буде забезпечена.

Визначимо основний час:

$$T_o = \frac{L_p + l_1^* + l_1^{**}}{S \cdot n} \quad (6.33)$$

де $l_1^* = \text{ctg} \varphi \cdot t = \text{ctg} 60^\circ \cdot 1 = 0,58 \text{ мм}$ – величина врізання різця;

$l_1^{**} = 2 \text{ мм}$ – виліт різця.

$$T_o = \frac{296}{0,25 \cdot 800} = 1,48 \text{ хв.}$$

Розглянемо обробку інших поверхонь. На переході даної операції здійснюємо вибір режимів різання табличним методом за допомогою каталогів [10, 11]. Ріжучий інструмент зазначений в пункті 6.4. Обрані режими заносимо до таблиці 6.5.2.

Таблиця 6.5.2. – Режими різання визначені за табличним методом

Номер і текст переходу				Параметри режимів обробки								
				i	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	L, мм	T ₀ , хв		
				2	3	4	5	6	7	8		
				1	Поверхня Ø64	1	0.1	0.08	370	1800	25	0,5
				Поверхня 2	1	0,2	0.08	370	1400	130	2,21	
				Поверхня Ø80	1	0,2	0.08	370	1400	296	5	
				Поверхня Ø85	1	0,2	0.08	370	1400	185	3,35	
				Поверхня Ø90	1	0,1	0.08	370	1400	170	3,25	
				Поверхня Ø95	1	0,2	0.08	370	1200	48	0,97	
				Поверхня Ø100	1	0,2	0.08	370	1200	425	9	
Поверхня Ø95	1	0,2	0.08	370	1200	48	0,97					
					ТМ 18510255 ПЗ						Лист	
											38	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата								

Поверхня Ø90	1	0.1	0.08	370	1400	170	3,25
Поверхня Ø85	1	0,2	0.08	370	1400	185	3,35
Поверхня Ø80	1	0,2	0.08	370	1400	251	4,2
Поверхня Ø55	1	0,2	0.08	370	2100	78	0,9
Поверхня Ø52	1	0.1	0.08	370	2300	22	0,24
Всього	-	-	-	-	-	-	37,19

6.6 Технічне нормування операції.

В основі розрахунків продуктивності праці лежить технічне нормування операцій. З цією метою розраховують технічні норми штучно-калькуляційного часу, так як раніше було визначено тип виробництва – середньосерійне. Технічне нормування будемо проводити для операції 150 кругло-шліфувальна.

Технічне нормування операцій здійснюємо згідно вибору з відповідної літератури норм допоміжного часу. Метою даного нормування є визначення норми штучно-калькуляційного часу на операції .

Дані щодо режимів різання та основного часу обираємо з таблиці 6.5.1

Основний час: $T_o = 8,14$ хв.

Визначаємо допоміжний час, для операції 150 кругло-шліфувальна, за формулою:

$$T_d = T_{вст} + T_{кв} + T_{вим} \quad (6.34)$$

де $T_{вст} = 2,2$ хв – час на установку і зняття заготовки [12];

$T_{кв} = 0,42$ хв – допоміжний час, пов'язаний з керуванням верстата

$T_{вим} = 0,86$ хв – час на вимірювання [12].

$$T_d = 2,2 + 0,42 + 0,86 = 3,48 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховуємо за формулою:

$$T_{оп} = T_o + T_d \quad (6.35)$$

$$T_{оп} = 8,14 + 3,48 = 11,62 \text{ хв}$$

Визначаємо додатковий час, який складається з часу на обслуговування та часу на відпочинок і визначається у відсотках від оперативного часу:

					ТМ 18510255 ПЗ	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$T_{\text{дод}} = T_{\text{оп}} \cdot 0,08 \quad (6.36)$$

$$T_{\text{дод}} = 11,62 \cdot 0,08 = 0,92 \text{ хв.}$$

Розраховуємо штучний час:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{дод}} \quad (6.37)$$

$$T_{\text{шт}} = 11,62 + 0,92 = 12,54 \text{ хв.}$$

Розраховуємо штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{шк-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п-з}}}{N} \quad (6.38)$$

де $T_{\text{п-з}}$ – підготовчо-заклучний час, що складається з часу:

- 1) на отримання креслення і наряду, $T = 4 \text{ хв [12]}$;
- 2) на ознайомлення з роботою та кресленням, $T = 2 \text{ хв [12]}$;
- 3) інструктаж майстра, $T = 2 \text{ хв [12]}$;
- 4) отримання основного та допоміжного інструменту, верстатного пристрою та заготовки, $T = 9 \text{ хв [12]}$.
- 5) час на встановлення вихідних режимів роботи станка, $T = 0,15 \text{ хв}$;
- 6) час налаштування пристрою для подачі ЗОР: $0,20 \text{ хв}$.

$$T_{\text{п-з}} = 4 + 2 + 2 + 9 + 0,15 + 0,2 = 17,35 \text{ хв}$$

$N = 48 \text{ шт.}$ – кількість деталей у партії

$$T_{\text{шк-к}} = 12,54 + \frac{17,35}{48} = 34,83 \text{ хв.} \quad (6.39)$$

Також проведемо технічне нормування для операції 075 токарна з ЧПК.
Дані щодо режимів різання та основного часу обираємо з таблиці 6.5.2.

Основний час: $T_o = 1,48 \text{ хв.}$

Визначаємо допоміжний час, для операції 075 токарна з ЧПК, за формулою:

$$T_d = T_{\text{вст}} + T_{\text{кв}} + T_{\text{вим}} \quad (6.40)$$

де $T_{\text{вст}} = 2,2$ хв – час на установку і зняття заготовки [12];

$T_{\text{кв}} = 0,42$ хв – допоміжний час, пов'язаний з керуванням верстата [12];

$T_{\text{вим}} = 0,86$ хв – час на вимірювання [12].

$$T_d = 2,2 + 0,42 + 0,86 = 3,48 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховуємо за формулою:

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_d \quad (6.41)$$

$$T_{\text{оп}} = 1,48 + 3,48 = 4,96 \text{ хв}$$

Визначаємо додатковий час, який складається з часу на обслуговування та часу на відпочинок і визначається у відсотках від оперативного часу:

$$T_{\text{дод}} = T_{\text{оп}} \cdot 0,08 \quad (6.42)$$

$$T_{\text{дод}} = 4,96 \cdot 0,08 = 0,40 \text{ хв.}$$

Розраховуємо штучний час:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{дод}} \quad (6.43)$$

$$T_{\text{шт}} = 4,96 + 0,40 = 5,36 \text{ хв.}$$

Розраховуємо штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{шк-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п-з}}}{N} \quad (6.44)$$

де $T_{\text{п-з}}$ – підготовчо-заклучний час, що складається з часу:

1) на отримання креслення і наряду, $T = 4$ хв [12];

2) на ознайомлення з роботою та кресленням, $T = 2$ хв [12];

3) інструктаж майстра, $T = 2$ хв [12];

4) отримання основного та допоміжного інструменту, верстатного пристрою та заготовки, $T = 9$ хв [12].

5) час на встановлення вихідних режимів роботи станка, $T = 0,15$ хв;

6) час налаштування пристрою для подачі ЗОР: 0,20 хв.

$$T_{п-з} = 4 + 2 + 2 + 9 + 0,15 + 0,2 = 17,35 \text{ хв}$$

$N = 48$ шт. – кількість деталей у партії

$$T_{шк-к} = 5,36 + \frac{17,35}{48} = 5,72 \text{ хв.}$$

7. Проектування верстатного пристрою.

7.1 Обґрунтування необхідності створення пристрою.

На фрезерній операції виконується обробка 11 шпоночних пазів у деталі «Вал». Так, як дана деталь є однією з відповідальних складових атомного водоочисного насосу, для неї ставляться високі вимоги щодо точності розмірів, форми та розташування поверхонь. Для виконання цих вимог використовується підпружинений палець, що зменшує похибку базування та збільшує точність виготовлення деталі.

7.2 З'ясування кількісних та якісних даних про заготовку що надходить на операцію. Аналіз точності поверхонь які можуть бути базовими.

7.2.1 Визначення кількісних і якісних відомостей про заготовку, котра надходить на операцію.

На початковому етапі розроблення схеми базування проводимо аналіз точності поверхонь, що претендують на роль базових. Для кількісної оцінки параметрів поверхонь, які можуть виступати в ролі базових, проводимо аналіз точності їхніх розмірів, точності форми, точності розташування та ступеня їхньої шорсткості. Оскільки для обробки пазів застосовуємо призми, та пневмозажим, то базовими поверхнями можуть виступати: поверхня $\varnothing 85h6$ та $\varnothing 85h6(2)$, а також торець заготовки $\varnothing 90h14$.

					ТМ 18510255 ПЗ	Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

7.2.2 Точність розмірів

Знаходимо допуски на вище зазначені розміри:

$$T_{\varnothing 85} = 22 \text{ мкм};$$

$$T_{\varnothing 85} = 22 \text{ мкм};$$

$$T_{\varnothing 90} = 870 \text{ мкм}.$$

Це означає, що діаметри базових розмірів виконані з параметрами:

$$\varnothing 85h6 (-0,022), \varnothing 85h6 (-0,022), \varnothing 90h14 (-0,87),$$

7.2.3 Точність форми

Похибка форми поверхні $\varnothing 85h6$ характеризується відхиленням від круглості та циліндричності. Оскільки допуск циліндричності та круглості не вказано в технічних вимогах і на кресленні деталі, то він може бути встановлений у межах допуску на розмір:

$$T_{\varnothing 85} = 0,3 \cdot 22 = 6,6 \text{ мкм}$$

Беремо найближче стандартне значення допуску циліндричності та круглості.

$$T_{\varnothing 85} = 6 \text{ мкм}, \text{ що відповідає 5 ступеню точності [1, с. 110].}$$

Похибка форми поверхні $\varnothing 85h6$ (2) характеризується відхиленням від круглості та циліндричності. Оскільки допуск циліндричності та круглості не вказано в технічних вимогах і на кресленні деталі, то він може бути встановлений у межах допуску на розмір:

$$T_{\varnothing 85} = 0,3 \cdot 22 = 6,6 \text{ мкм}$$

Беремо найближче стандартне значення допуску циліндричності та круглості.

$$T_{\varnothing 85} = 6 \text{ мкм}, \text{ що відповідає 5 ступеню точності [1, с. 110].}$$

Похибка форми торця $\varnothing 90h14$ характеризується відхиленням від площинності. Оскільки допуск площинності не вказується, то це означає, що він входить до складу допуску на номінальний розмір.

Розраховуємо значення допуску площинності:

$$T_{\varnothing 90} = 0,6 \cdot 870 = 522 \text{ мкм}$$

					ТМ 18510255 ПЗ	Лист
						43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Беремо найближче стандартне значення допуску площинності:

$T_{\varnothing 90} = 600$ мкм, що відповідає 15 ступеню точності [1, с. 107].

7.2.4 Точність розташування

Вказані допуски по радіальному биттю: поверхні $\varnothing 85h6$ та $\varnothing 85h6$, а також торця заготовки $\varnothing 90h14$.

$T_{\varnothing 85} = 0,6 \cdot 22 = 13.2$ мкм, відповідного до стандартного ряду:

$T_{\varnothing 85} = 16$ мкм, що відповідає 7 ступеню точності.

Для поверхні $\varnothing 85h6$:

$T_{\varnothing 85} = 0,6 \cdot 22 = 13.2$ мкм, відповідного до стандартного ряду:

$T_{\varnothing 85} = 16$ мкм, що відповідає 7 ступеню точності.

Для торця $\varnothing 90h14$:

$T_{\varnothing 90} = 0,6 \cdot 870 = 522$ мкм, відповідного до стандартного ряду:

$T_{\varnothing 90} = 600$ мкм, що відповідає 15 ступеню точності.

7.2.5 Шорсткість

Шорсткість поверхонь, зазначена на кресленні, і має такі значення:

Для $\varnothing 85h6$ вона становить $Ra = 1,6$ мкм.

Для $\varnothing 85h6$ вона становить $Ra = 1,6$ мкм.

Для $\varnothing 90h14$ відповідає $Ra = 3,2$ мкм.

7.3 Визначення умов, в яких буде виготовлятися та експлуатуватися проектований пристрій

Річна програма випуску задана в 2000 деталей. Така програма з урахуванням трудомісткості відповідає дрібносерійному типу виробництва. Можна стверджувати, що пристрій будуть використовувати з досить великою інтенсивністю. В цілому, за період виготовлення деталі “Вал” (1 рік) пристрій повинен здійснити 2000 робочих циклів за нормальних умов.

Заготовка буде оброблюватися на верстаті із ЧПК моделі ГФ2171Ф3.
Основні параметри верстата:

- частота обертання шпинделя – 2500 об/хв;
- подача – 1,6 мм/об;

					ТМ 18510255 ПЗ	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- максимальна осьова сила різання: $P = 5000 \text{ Н}$;
- потужність електродвигуна – 7.5 кВт ;
- ККД верстата $\eta = 0,8$.

7.4 Складання переліку функцій, які реалізуються

0 Переміщення і попередня орієнтація заготовки;

1 Базування заготовки;

2 Закріплення заготовки;

3 Базування пристрою на верстаті;

4 Закріплення пристрою на верстаті;

5 Підведення і відведення енергоносія;

6 Утворення вихідної сили для закріплення;

7 Керування енергоносієм;

8 Об'єднання функціональних вузлів;

9 Обробка пазів;

10 Створення безпечних умов праці.

7.5 Розробка і обґрунтування схеми базування

Із усього комплексу поверхонь, що утворюють заготовку, на базову поверхню може претендувати циліндричний отвір $\varnothing 85h6$. На її користь свідчить таке:

- вона найбільш точно оброблена: $T_{\varnothing 85} = 22 \text{ мкм}$;

- вона досить чисто оброблена: шорсткість її поверхні $Ra = 1,6 \text{ мкм}$. Крім того, застосування цієї поверхні як базової не перешкоджає доступу інструментів до оброблюваних поверхонь. Циліндрична поверхня $\varnothing 85h6$, будучи прийнятою в якості базової, позбавляє заготовку чотирьох ступенів свободи, тобто являється подвійною напрямною базою. У якості опорної бази беремо торець деталі $\varnothing 90h14$, вона позбавляє заготовку одного ступеню свободи. І для забезпечення позиційного допуску розташування отриманих пазів конструкція має підпружинений палець. Дана схема базування показана на рисунку 7.5.1

					ТМ 18510255 ПЗ	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

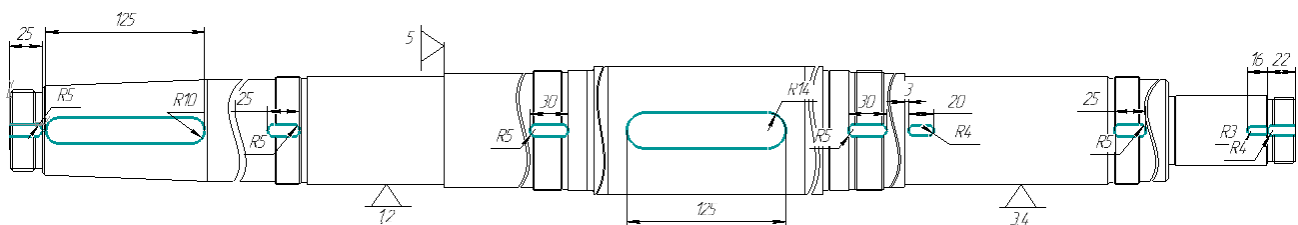


Рисунок 7.5.1 – Схема базування

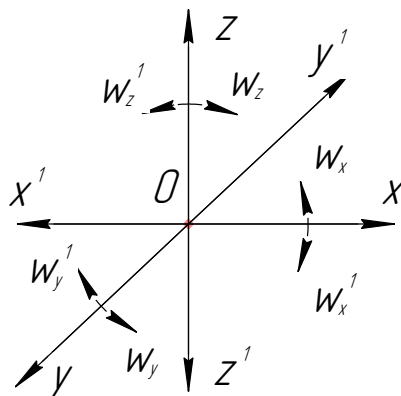


Рисунок 7.5.2 – Схема однобічних зв'язків, що покладають на заготовку
(до таблиці 7.5.1)

Таблиця 7.5.1 – Індеси та номери зв'язків

Індекс координати		x	x'	y	y'	z	z'	ω_x	ω'_x	ω_y	ω'_y	ω_z	ω'_z
Спосіб реалізації	Реакція	R	R	R	R	R	R	-	-	R	R	R	R

7.5.2 Аналіз структури полів збурюючих сил.

Для визначення взаємного впливу поля збурюючих сил та поля зрівноважуючи сил будуюмо графічну модель збурюючих сил (рисунок 8.1) взаємозв'язку з прийнятою схемою базування.

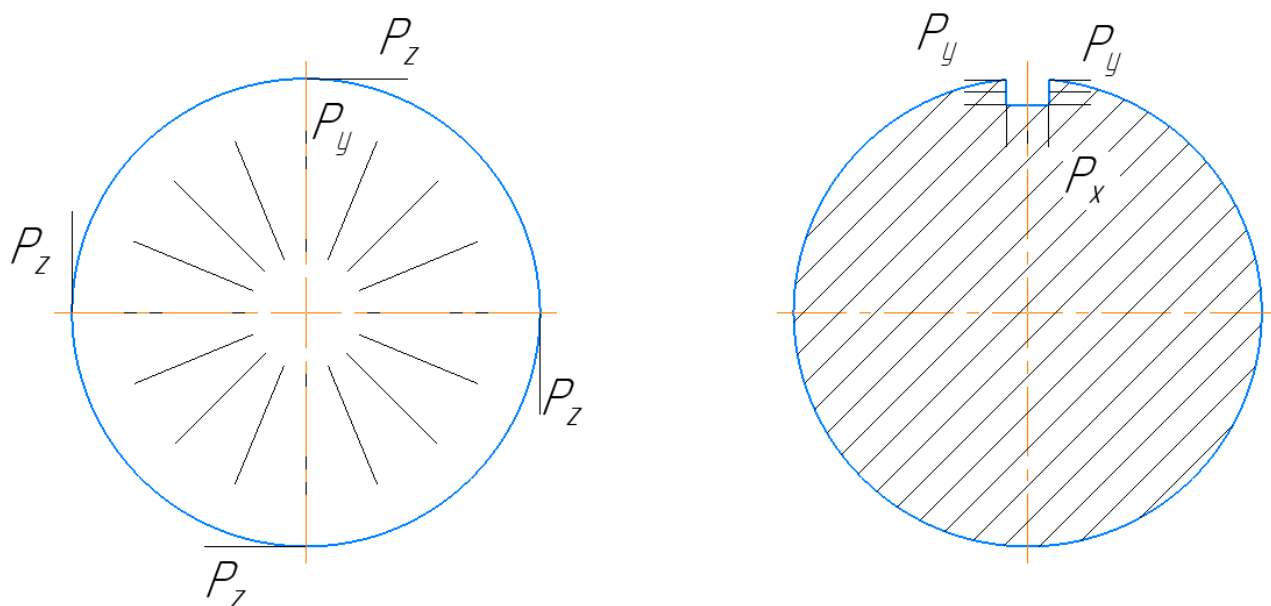


Рисунок 7.5.3 – Структура поля збурюючих сил

З рисунку 7.5.3 бачимо, що складова P_y' поля збурюючих сил врівноважується реакцією R_y' . Інші складові поля збурюючих сил не врівноважені та потребують прикладання додаткових сил закріплення. При даній схемі базування доцільно застосовувати пневмоприжим який створює поле зрівноважувальних сил, що й представлено на рисунку 7.5.4

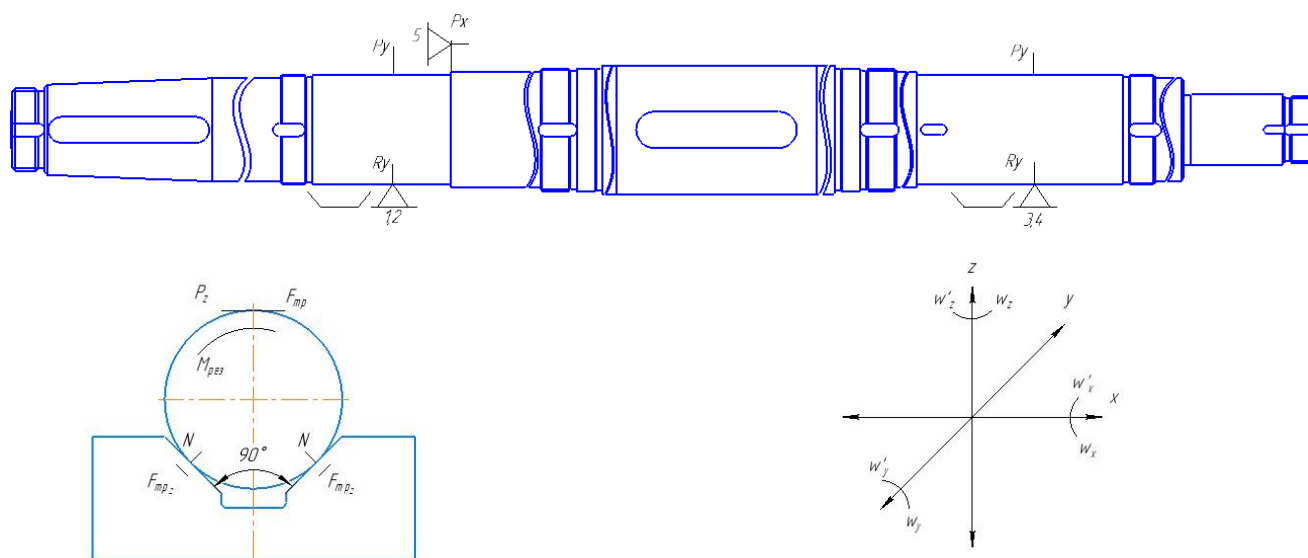


Рисунок 7.5.4 – Структура поля зрівноважувальних сил

Для аналізу структури та якості зв'язків, що виникають при закріпленні заготовки, будемо таблицю однобічних зв'язків.

					ТМ 18510255 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

Таблиця 7.5.2 – Однобічні зв'язки

Індекс зв'язку		x	x'	y	y'	z	z'	ω_x	ω'_x	ω_y	ω'_y	ω_z	ω'_z
Спосіб реалізації	Реакція	R	-	R	R	-	R	-	-	R	R	R	R
	Сила закріплення	-	W	-	-	W		-	-	-	-	-	-
	Сила тертя	-	-	-	-	-	-	F(W)	F(W)	-	-	-	-

7.5.3 Розрахунок сил затиску

Визначаю крутящий момент, діючий під час фрезерування (по [6], с.277) по формулі:

$$M_{kp} = 10 C_M D^q S^y K_p, \quad (7.1)$$

де, $C_M=0,0345$ - коефіцієнт, що враховує умови обробки ([6],табл. 32);

$D=20$ - діаметр фрези;

$q=2,0$ - показник ступеня при D ([6], табл. 32, с.281);

$S=0,25$ - оборотна подача ([6], табл. 25, с.277);

$y=0,8$ - показник ступеня при S ([6], табл. 32, с.281).

Коефіцієнт, що залежить від властивостей оброблюваного матеріалу K_p , визначають по формулі ([6], табл. 9, с.264):

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_b}{750} \right)^n, \quad (7.2)$$

де, $\sigma_b=710$ МПа – межа міцності оброблюваного матеріалу;

$n=0,75$ – показник степені ([6], табл. 9, с.254).

Тоді:

$$K_{Mp} = \left(\frac{710}{750} \right)^{0,75} = 0,96$$

А момент:

$$M_{kp} = 10 * 0.0345 * 20^{2.0} * 0.25^{0.8} * 0.96 = 43,70 \text{ (Н*м)}$$

При затиску момент сили тертя, що виникає між заготовкою й поверхнею призми, повинен бути більше моменту кручення при обробці:

$$M_{тр} = M_{кр} \cdot K, \quad (7.3)$$

де, $M_{тр}$ – момент тертя,

K – коефіцієнт запасу по формулі ([7], с.382-384):

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (7.4)$$

де, $K_0=1,5$ – гарантований коефіцієнт запасу сил затиску;

$K_1=1,0$ – стан технологічної бази;

$K_2 =1,5$ – збільшення сили резання від прогресуючого затуплення інструмента;

$K_3=1,0$ – ударне навантаження на РІ;

$K_4=1,0$ – стабільність силового приводу;

$K_5=1,0$ зручність розташування рукояток у ручних затискних механізмах пристосуваннях;

$K_6=1,25$ – наявність моментів, що прагнуть повернути заготовку.

Тоді:

$$K=1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,25 = 3,75$$

Під час розрахунку $M_{тр}$ розглядаю точку на поверхні заготовки:
 $R = 55,25$

Також момент тертя дорівнює добутку:

$$M_{тр} = F_{тр} \cdot R \quad (7.5)$$

де, $F_{тр}$ - сила тертя розраховується по формулі:

$$F_{тр} = Q' \cdot f \quad (7.6)$$

де, Q' – складова сили Q , прагнуча повернути заготовку;

$f=0,16$ – коефіцієнт тертя (по [7], табл. 3, с. 384).

Виконуючи математичні операції над формулами (7.5) і (7.6) виводжу формулу для обчислення сили Q :

$$Q = \frac{M_{кр} \cdot K}{R \cdot f} \quad (7.7)$$

Згідно цій формулі маємо:

$$Q = \frac{43.70 \cdot 3.75}{55.25 \cdot 0.16} = 18537(H)$$

7.6 Точнісні розрахунки пристрою

Затиск заготовки виконується при подачі стиснутого повітря в штокову порожнину пневмокамери двосторонньої дії. При цьому максимальна сила на штоку розраховується по формулі (для вихідного положення штока) (див.[22], с. 94):

$$Q = \frac{\pi}{16} \left[(D + d)^2 - d_1^2 \right] \cdot p \quad (7.8)$$

де , D – діаметр діафрагми усередині пневмокамери, см;

d – діаметр опорного диска діафрагми, см;

d_1 - діаметр штока, см;

$p = 4 \text{ кгс/см}^2 \approx 39.2 \text{ Н/см}^2$ - тиск стиснутого повітря.

Діаметр опорного диска діафрагми визначається по формулі ([22], с.92)

$$d = D - 2h - (2 \div 4) \text{ мм} \quad (7.9)$$

де, $h=4-8$ мм – товщина діафрагми (приймаю $h=7$ мм).

Тоді:

$$d = D - 2 \cdot 7 - 3 = D - 17(\text{мм}) = D - 1,7(\text{см}).$$

Діаметр штока дорівнює:

$$d_1 = (0,08 \div 0,12)D \quad (7.10)$$

Приймаю значення $d_1 = 0,1D$.

Підставляючи співвідношення по формулах (7.9) і (7.10) у формулу (7.11), маємо наступне вираження:

$$Q = 0,196 \cdot p \cdot \left[(2D - 1,7)^2 - (0,1D)^2 \right] \quad (7.11)$$

Урахувавши те, що необхідна сила затиску дорівнює $Q = 9082 \text{ Н}$, а тиск стисненого повітря $p = 39,2 \text{ Н/см}^2$, маємо:

$$10730 = 0,196 \cdot 39,2 \cdot (4D^2 - 2 \cdot 2D \cdot 1,7 + 1,7^2 - 0,01D^2)$$

Вирішуємо квадратне рівняння:

$$30,7 \cdot D^2 - 52,2 \cdot D - 10710,8 = 0$$

$$D = 52,2^2 + 4 \cdot 30,7 \cdot 10710,8 \approx 1148^2 > 0$$

$$D_1 = \frac{52,2 - 1148}{2 \cdot 30,7} < 0$$

$$D_2 = \frac{52,2 + 1148}{2 \cdot 30,7} = 19,55 (\text{см})$$

Приймаю стандартне значення діаметра пневмокамери $D = 250 \text{ мм}$. Тоді діаметр опорного диска рівний : $d = 250 - 2 \cdot 7 - 3 = 233 (\text{мм})$. Приймаю $d = 232 \text{ мм}$. А діаметр штока : $d_1 = 0,1 \cdot 250 = 25 (\text{мм})$. Сила на штоку в його початковому положенні визначається по формулі:

$$Q = \frac{3,14}{16} \left[(25 + 23,2)^2 - 2,5^2 \right] \cdot 39,2 \approx 17825 (\text{Н})$$

Дана сила перевищує необхідну силу затиску заготовки, а, отже, пристосування забезпечує фіксоване положення при обробці.

Оптимальна довжина ходу штока пневмокамери визначається по формулі:

$$l = \frac{L}{2} = (0,17 \div 0,22)D \quad (7.12)$$

Тоді, приймаю значення $l = 0,2D$, маємо: $l = 0,2 \times 250 = 50 (\text{мм})$.

					ТМ 18510255 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

7.6.1 Розрахунок на міцність

Для розрахунку на міцність береться шток. Він виготовлений зі сталі 40, у якої межа $\sigma_T=300$ МПа. На даному штоку при затиску заготовки саме вразливе місце - різь М16, за допомогою якої шток пристосування прикріплюється до штока пневмокамери.

Для того щоб не було розриву різі на штоку, необхідне виконання умови:

$$\sigma_p \leq [\sigma_p]$$

У свою чергу, допустиме навантаження штока $[\sigma_p]$ визначається по формулі:

$$[\sigma_p] \approx 0,67\sigma_0 \quad (7.13)$$

Тобто:

$$[\sigma_p] \approx 0,67 \cdot 300 = 201 \text{ МПа.}$$

Небезпечним є перетин, ослаблене нарізанням різі, найменший діаметр якого визначається по формулі:

$$d_1 = d - 2H = d - 1,08 \cdot P, \quad (7.14)$$

де, d_1 - внутрішній діаметр різі;

d – зовнішній (номінальний) діаметр різі;

H – висота витка;

P – крок різі (прийнятий $P=1,5$ мм).

Тому для різі М18: $d_1=16.38$ мм, а для М16: $d_1=14.38$ мм.

Навантаження штока визначається по формулі:

$$\sigma = \frac{Q}{S}, \quad (7.15)$$

де, Q – зусилля на штоці ($Q=17825$ Н);

S – площа розглянутого перетину штока.

					ТМ 18510255 ПЗ	Лист
						52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Отже, найбільша напруга виникає в перетині з найменшою площею, у нашому випадку - по внутрішньому діаметрі різі М16

Будую ескіз штока (див. рисунок 7.6.1) і розбиваю його на три ділянки

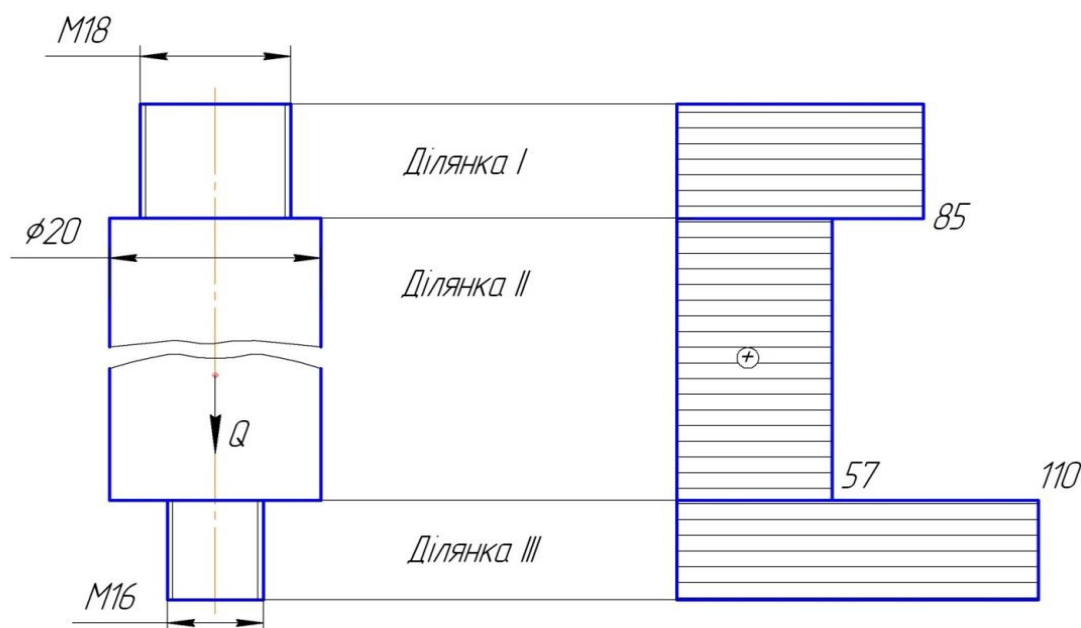


Рисунок 7.6.1 - Ескіз штока Рисунок 7.6.2 - Епюра навантажень σ_p МПа

Обчислюю навантаження, що виникають на ділянках:

$$\text{I: } \sigma_I^p = \frac{4Q}{\pi d_I^2} = \frac{4 \cdot 17825}{3.14 \cdot (16,38)^2} \approx 85 (\text{Н/мм}^2) \approx 85 \text{ МПа}$$

$$\text{II: } \sigma_{II}^p = \frac{4Q}{\pi d_{II}^2} = \frac{4 \cdot 17825}{3.14 \cdot 20^2} \approx 57 (\text{Н/мм}^2) \approx 57 \text{ МПа}$$

$$\text{III: } \sigma_{III}^p = \frac{4Q}{\pi d_{III}^2} = \frac{4 \cdot 17825}{3.14 \cdot (14,38)^2} \approx 110 (\text{Н/мм}^2) \approx 110 \text{ МПа}$$

Максимальна напруга буде на ділянці III, але вона не перевищує припустиме значення $[\sigma_p]$, виконується умова, а значить різь М16 на штоку витримає навантаження. Для наочності поруч із ескізом штока будує епюру навантаження (рисунок 9.2).

7.6.3 Розрахунки пристрою на точність

Розрахункову похибку пристрою знаходимо за формулою [4, с.26]:

$$\varepsilon_{np} \leq T - K_T \sqrt{(k_{T1} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_u^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + \varepsilon_{noz}^2} \quad (7.16)$$

де, $T = 620$ мкм – найбільший жорсткий допуск розміру, що одержують на даній операції ($L = 40$ по 14 квалітету);

$K_T = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує можливий відступ окремих складових від нормального закону розподілу випадкових величин;

$K_{T1} = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує деяке зменшення граничного значення похибки базування;

$\varepsilon_6 = 25$ – похибка базування заготовки в пристрої (вимірювальна і технологічна бази не співпадають);

$\varepsilon_3 = 0$ – похибка закріплення, виникає в результаті зсуву оброблюваних поверхонь заготовок від дії затискної сили (не збігається напрям сили закріплення до допуску розміру, що вимірюється).

$\varepsilon_y = 0,005$ мкм – похибка установлення пристрою на верстаті:

$$\frac{S \cdot l}{L} = \frac{0,018 \times 15}{490} = 0,005,$$

де, $l = 10$ мм (ширина оброблюваного пазу);

$L = 490$ мм (відстань між шпонками);

$S = 0,018$ мм (сума допусків шпонки на пристрою та шпонкового паза на столі верстата).

$\varepsilon_n = 0$ – похибка перекосу інструмента (втулки не використовуються).

ε_u – похибка, що виникає внаслідок зношування встановлювальних елементів пристрою. Визначається за формулою:

$$\varepsilon_u = N \cdot \beta, \quad (7.17)$$

де, $\beta = 0,001$ – постійний коефіцієнт, що залежить від виду встановлювальних елементів і умов контакту поверхонь [4, табл. 3.6 с.41];

$N = 1300$ шт – кількість контактів заготовки з опорою в рік;

$$\varepsilon_u = 1300 \cdot 0,001 = 1,3 \text{ мкм}.$$

					ТМ 18510255 ПЗ	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

$\omega = 180$ мкм – середня економічна точність обробки (допуск по 14 квалітету на розмір 40).

$\varepsilon_{\text{поз}} = 0$ – похибка позиціонування.

Підставляємо значення:

$$\varepsilon_{np} = 430 - 1,2 \sqrt{(0,8 \cdot 0)^2 + 0^2 + 0,005^2 + 0^2 + 9^2 + (0,6 \cdot 180)^2 + 0^2} = 430 - 130 = 300 \text{ мкм}$$

урахуванням стандартного ряду беремо допуск паралельності, [1, с.109]:

$$\varepsilon_{np} = 300 \text{ мкм}$$

7.7 Опис та принцип дії пристрою

Пристрій в зборі повинне задовольняти технічним вимогам креслення загального виду й забезпечувати практичну обробку заготовки по заданим розмірам.

Всі деталі й вузли пристрою піддати візуальному контролю, а виявлені дефекти усунути:

Складання пристрою:

- 1) до підставки 2 кріпляться шпонки 17 за допомогою гвинтів 7;
- 2) до корпусу 4 кріпиться пневмокамера 1 гвинтами 10;
- 3) до корпусу 4 кріпиться оправка 3 гвинтами 8;
- 4) у шток пневмокамери вкручується шток-вставка

Експлуатація пристрою:

- 1) Установити на столі верстата й підключити до пневмомернежі.
- 2) Підготувати базові поверхні до установлення заготовки.
- 3) Установити заготовку на оправку.
- 4) Пересуванням рукоятки зафіксувати деталь швидкоз'ємною шайбою на оправці пристрою.
- 5) Після обробки отворів зробити розтиск деталі переміщенням рукоятки в інше положення.
- 6) Пристрій зберігати на дерев'яній підставці. Вплив атмосферних опадів й агресивних середовищ неприпустимо.

					ТМ 18510255 ПЗ	Лист
						55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ВИСНОВКИ

При виконанні кваліфікаційної роботи, було досліджено технологічний процес обробки для однієї з операцій виготовлення деталі “Вал Н19.31.30.01”.

При вивченні базового технологічного процесу було покращено способи обробки деталі, удосконаливши технологічний процес, та технологічне оснащення. Спосіб отримання заготовки запропоновано змінити з прокату на поковку так як вона є найбільш економічно і технологічно вигідним способом. Було обрано нове сучасне обладнання та інструмент для обробки деталі, вище вказані моделі верстатів дозволяють ефективніше і більш точно виконувати обробку деталі. Обґрунтовані схеми базування для шліфувальної та токарної чистової операції. Також вираховані режими різання, верстатне оснащення, вибрано вимірювальний та різучий інструмент які задовільняють умови якості отримання деталі.

Крім того, в роботі запропоновано верстатний пристрій для фрезерної операції, який дозволяє підвищити продуктивність праці.

					ТМ 18510255 ПЗ	Лист
						56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. **ЕГОРОВ, М. Е.** ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ : УЧЕБНИК [ТЕКСТ] / М. Е. ЕГОРОВ, В. И. ДЕМЕНТЬЕВ, В. Л. ДМИТРИЕВ ; ПОД РЕД. М.Е. ЕГОРОВА. — 2-Е ИЗД., ДОП. — М. : ВЫСШАЯ ШКОЛА, 1976. — 534 С.

2. **Панов, А. А.** Обработка металлов резанием: справочник / А. А. Панов, В. В. Аникин, Н. Г. Бойм и др.; под ред. А. А. Панова. — М. : Машиностроение, 1988. — 736 с.

3. **Корсаков, В. С.** Основы конструирования приспособлений: учебник для вузов / В. С. Корсаков. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Машиностроение, 1983. — 277 с.

4. **Косилова, А. Г.** Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. Т.1 [Текст] / А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1986. — 656 с.

5. **Косилова, А. Г.** Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. Т.2 [Текст] / А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1986. — 496 с.

6. **Руденко, П. А.** Проектирование технологических процессов в машиностроении : учебник для вузов / П. А. Руденко. — Киев: Вища школа, 1985. — 255 с.

7. **ДСТУ ГОСТ 26645-85.** Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. — К.: ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ УКРАЇНИ, 2003. — 55 с.

8. **Горбацевич, А. Ф.** Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учеб. пос. [Текст] / А. Ф. Горбацевич,

					ТМ 18510255 ПЗ	Лист
						57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В. А. Шкред. — 4-е изд., перераб. и доп. — Минск : Высшая школа, 1983. — 256 с.

9. Методические указания к практическим работам «Автоматизированное проектирование карты операционных эскизов в интегрированной системе «Компас» по курсу «САПР технологических процессов»/ сост. Е. П. Квасов, А. Н. Онищенко. – Сумы : СумГУ, 1997. – 25 с.

10. Методические указания к практической работе «Автоматизированное проектирование карты наладки в интегрированной системе «Компас» по курсу «САПР технологических процессов» / сост. Е. П. Квасов, А. Н. Онищенко. – Сумы : СумГУ, 1999. – 21 с.

11. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. – Ч.

1. Токарные, карусельные, токарно-револьверные, алмазно-расточные, сверлильные, долбежные и фрезерные станки. – М. : Машиностроение, 1974. – 416 с.

12. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. – Ч.

3. Протяжные, шлифовальные и доводочные станки. – 3-е изд. – М. : НИИ труда, 1978. – 360 с.

13. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Технологія машинобудування» / укладач О. У. Захаркін. – Суми : Вид-во СумДУ, 2009. – 41 с.

					ТМ 18510255 ПЗ	Лист
						58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

14. Методичні вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунково-графічних і курсових робіт, курсових і дипломних проектів з технології машинобудування : у 2 ч. – Ч. 1. Загальні відомості / укладачі: В. Г. Євтухов, В. О. Іванов. – Суми : Сумський державний університет, 2011. – 55 с.

15. Методичні вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунково-графічних і курсових робіт, курсових і дипломних проектів з технології машинобудування: у 2 ч. – Ч. 2. Приклади оформлення технологічної документації / укладачі: В. Г. Євтухов, В. О. Іванов. – Суми : Сумський державний університет, 2011. – 59 с.

16. ГОСТ 3.1702-79 ЕСТД. Правила записи операций и переходов. Обработка резанием. – М.: Издательство стандартов, 1982. – 32 с.

					ТМ 18510255 ПЗ	Лист
						59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		