

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

**Факультет інженерії
Кафедра машинобудування та прикладної механіки**

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

Бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Проектування та технологічний процес обробки валу привода
верстата електроерозійної обробки»

Студента IV курсу групи ПМЕ-16Д

напряму підготовки: 131 Прикладна механіка

Слепченко К.І.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник роботи

к.т.н. Логунов О.М

*(вчене звання, науковий ступінь,
прізвище та ініціали)*

(підпис)

Завідувач кафедри

проф., д.т.н. Соколов В.І.

*(вчене звання, науковий ступінь,
прізвище та ініціали)*

(підпис)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет	інженерії		
Кафедра	машинобудування та прикладної механіки		
Освітньо-кваліфікаційний рівень	бакалавр		
Напрямок підготовки	131 – Прикладна механіка		

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
д.т.н., проф. Соколов В.І.

« ____ » _____ 2020 року

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **«Проектування та технологічний процес обробки
Валу привода верстата електроерозійної обробки»**

керівник роботи **к.т.н. Логунов Олександр Миколайович**

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «__» _____ 2020 року ____

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані роботи **Діаметри деталі $d_{\partial 1}$, $d_{\partial 2}$, мм. Довжина деталі l_{∂} , мм.**

Матеріал деталі. Маса деталі M_{∂} , кг.

Програма випуску деталей на рік, N , штук/рік.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Реферат. Вступ. Опис технологічного обладнання. Розробка технологічного процесу деталі «Вал». Проектно-конструкторський розрахунок деталей технологічного обладнання. Висновки. Список використаної літератури.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Робоче креслення деталі «Вал». 2. Маршрутний технологічний процес. 3. Операційна карта технологічного процесу. 4. Робоче креслення заготовки. 5. Вал коробки швидкостей.

6. Загальний вид верстату.

6. Консультанти розділів

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання « » 2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Згідно з календарним планом – графіком, затвердженим кафедрою машинобудування та прикладної механіки, що до виконання бакалаврських робіт		

Студент

(підпис)

Слепченко К.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

(підпис)

Логунів О.М.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Розрахунково-пояснювальна записка до дипломного проекту містить:

сторінок 7 , таблиць 33 , рисунків 12 .

Електроерозійна обробка необхідна для того, щоб домогтися найвищої якості поверхні металу, в результаті чого вона стає максимально точною і однорідною. В роботі описана суть методу, необхідне обладнання.

Розроблено технологічний процес механічної обробки деталі «Вал». Обрано тип заготовки, метод її отримання та розраховано основні розміри заготовки з виконанням робочого креслення, визначено тип виробництва. Розроблено маршрутний технологічний процес обробки деталі, виконано розрахунок режимів різання аналітичним та табличним методом;

Виконано проектно-конструкторський розрахунок. Проведений розрахунок деталі «Вал»

Пояснювальна записка містить такі розділи:

- реферат;
- зміст;
- вступ;
- загальний опис токарних верстатів, опис даного верстату;
- проектно-конструкторський розрахунок;
- розробка технологічного процесу;
- висновки
- рекомендовану літературу

Ключові слова: токарний верстат, вал, обробка, розрахунок, різець.

					1843.00.000.ПЗ		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	Слєпченкр КІ.				<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Перев.</i>	Логунов О.М					1	1
<i>Реценз.</i>	Кроть О.С.				РЕФЕРАТ		
<i>Н. Контр.</i>					СНУ ім. В.Даля		
<i>Утверд.</i>	Соколов В.І				кафедра МПМ		

ЗМІСТ

Вступ	8
1. Загальна характеристика	9
1.1 Історична довідка.....	9
1.3 Обладнання	11
1.4 Переваги електроерозійної обробки	12
1.5 Електроерозійна оброблюваність	13
1.6 Робоче середовище	13
1.7 Якість поверхні і точність обробки	14
1.8 Зміцнення поверхневого шару металів (електроерозійне легування)	15
2. ПРОЕКТНО – КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	18
2.1. Завдання до проектно – конструкторської частини.....	18
2.2. Проектно – конструкторські розрахунки	21
2.2.1. Проектувальний розрахунок валу.....	21
3. Розробка технологічного процесу механічної обробки деталі «Вал»	28
3.1. Опис службового призначення деталі, аналіз креслення і технічних умов на її виготовлення	30
3.2. Визначення типу виробництва.....	31
3.3. Вибір виду заготовки і обґрунтування м е Т е р о п л а т и ч е с ь к и х р о з м і р ів	35

	о				1843.00.000.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ЗМІСТ	Лит.	Лист	Листов
Розроб.	Д	Слепченко К.І						
Перев.	у	Логунов О.М						?
Реценз.		Кроль О.С.						
Н. Контр.								
Утверд.		Соколов В.І						СНУ ім. В.Даля кафедра МПМ

3.4.1. Розрахунок припуску на діаметральний розмір	35
3.4.2 Розрахунок припусків на лінійний.....	42
4. Розрахунок режимів різання	45
4.1 Вибір матеріалу, геометричних параметрів ріжучої частини та розмірів токарних різців	45
4.2 Призначення глибини різання.....	50
4.3 Призначення значення подачі	50
4.4 Визначення швидкості різання	51
4.4 Перевірка обраного режиму різання.....	56
5. Розрахунок часу виконання операції	63
5.1. Розрахунок основного часу	63
5.2 Розрахунок допоміжного часу	64
5.3 Розрахунок оперативного часу.....	65
5.4 Час на обслуговування робочого місця	65
6. Розрахунок потреб в обладнанні.....	68
7. Техніко-економічна ефективність.....	69
7.1 Коефіцієнт основного часу.....	69
7.2 Коефіцієнт використання верстата по потужності	69
8. Розрахунок точності операції.....	70
Висновки	74
Рекомендована література.....	75

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Метою технологічної частини бакалаврської роботи є розробка та проектування технологічних процесів і засобів технологічного оснащення. Вони забезпечують продуктивність праці, якість продукції, зниження її собівартості й матеріалоємності, а також поліпшення умов праці; вирішення комплексу взаємозалежних технологічних, конструкторських, організаційно-економічних питань.

Розробка технологічного процесу виконується на прикладі деталі «Вал», службовим призначенням якої є передача крутного моменту, базування і координації положення зубчастих коліс. В бакалаврській роботі пропонується виконати наступні етапи розробки технологічного процесу механічної обробки:

- визначення типу виробництва;
- вибір типу заготовки, методу її отримання та розрахунок основних розмірів заготовки з виконанням робочого креслення;
- розробка маршрутного технологічного процесу обробки деталі;
- розрахунок режимів різання аналітичним та табличним методом;
- розрахунок точності операцій.

Значну увагу приділено визначенню правильної товщини припусків на обробку, що є відповідальною техніко-економічною задачею.

Досягнення заданої точності та якості поверхні деталі є основною задачею технологічного процесу механічної обробки деталі. Від якості поверхневого шару деталі залежать її експлуатаційні характеристики. Це безумовно впливає і на майбутнє всіх інших деталей задіяних в один механізм з нею, та правильність функціонування того органу і всього механізму в цілому.

					1843.00.000.ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Слепченко К.І			Лит.	Лист	Листов
Перев.		Логунов О.М				1	2
Реценз.		Кроль О.С			ВСТУП СНУ ім. В.Даля кафедра МПМ		
Н. Контр.							
Утверд.		Соколов В.І					

1.ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА

1.1 Історична довідка

Електроерозійну обробку металу досить широко застосовують для зміни розмірів металевих деталей, не порушуючи їх фізичних властивостей. Такий процес здійснюється за допомогою спеціального обладнання і вимагає хорошого знання необхідних технологій.

За останні роки електроерозійна обробка не тільки остаточно закріпила свої позиції в сучасному інструментальному виробництві, а й продовжує розвиватися швидкими темпами в напрямку поліпшення якісних показників і пропозиції нових конструктивних рішень. Творцями технології електроерозійної обробки є радянські вчені — подружжя Б. Р. Лазаренко та Н. Й. Лазаренко у 1943 році, які вперше і відкрили можливість використання явища електричної ерозії для обробки токопровідних матеріалів. В якості діелектрика спочатку використовували навколишнє повітря. Однак скоро з'ясувалося, що похідні мінеральних масел мають в цьому плані незрівнянні переваги: сила розряду – більше, можна працювати з меншими іскровими проміжками, що покращує точність операції. Новий матеріал діелектрика також дозволив збільшити частоту розрядів і краще вимивати частинки еродованого металу.

У 1952 році виробничою фірмою «Charmilles» створено першу машину, що використовувала іскрову обробку, яка була представлена вперше на європейській виставці верстатів в 1955 році.

З 1960 року на ринок стали виходити хімічні компанії, що пропонують спеціальні склади для використання в електроерозійних установках.

У 1969 році швейцарська фірма «Agie» представила перший верстат

					1843.00.000.ПЗ		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	Слепченко КІ				<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Перев.</i>	Логунов О.М						11
<i>Реценз.</i>	Кроль О.С				ЗАГАЛЬНА		
<i>Н. Контр.</i>					ХАРАКТЕРИСТИКА		
<i>Утверд.</i>	Соколов В.І				СНУ ім. В.Даля кафедра МПМ		

з ЧПК електроімпульсної обробки непрофільованим електродом.

1.2 Про суть процесу

Перед тим як приступити до виконання цього виду обробки, необхідно спочатку правильно зібрати всі необхідні елементи в єдиний ланцюг і попередньо підготувати деталі, які знадобляться для роботи.

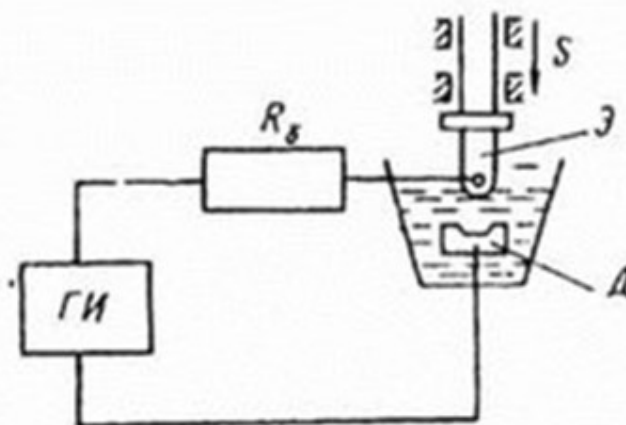


Рис.1.1- Схема електроерозійної обробки: ГИ- генератор імпульсів, R_б-балластний опір, Э- Електрод-інструмент, Д- обробляема деталь, S- Подача електрода-інструмента

Отже, проста електроерозійна схема повинна обов'язково складатися з наступних елементів:

- електрод;
- конденсатор;
- ємність для робочого середовища;
- реостат;
- джерело, що забезпечує електроживлення.

Харчування цієї схеми забезпечується напругою імпульсного типу, яке повинно мати різну полярність. Завдяки цьому можна отримати електроіскрову і електроімпульсній режимі, які потрібні для роботи.

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	1843.00.000.ПЗ					Лист

Під час подачі напруги здійснюється зарядка конденсату, від якого на електрод надходить розрядний струм. Цей електрод заздалегідь опускають в ємність з заготівлею і робочим складом. Як тільки на конденсаторі напруга досягне потрібного потенціалу, відбувається пробій рідини. Вона починає дуже швидко нагріватися до температури кипіння, а також в ній виникає міхур з газів, який сприяє локальному нагріванню заготовки. У свою чергу, у заготівлі відбувається плавлення самих верхніх шарів, що забезпечує отримання необхідної форми.

Потрібно відзначити, що найважливішим елементом в схемі, необхідної для виконання електроерозійної обробки, є електрод, який повинен мати достатню ерозійну стійкість. У цьому випадку в якості електрода можна використовувати такі метали, як:

- графіт;
- мідь;
- вольфрам;
- алюміній;
- латунь.

1.3 Обладнання

Промислові підприємства для електроерозійної обробки металу застосовують спеціальне обладнання, таке як:

- проволочно- електроерозійне;
- копіювально-прошивочне.

Якщо виникає необхідність виготовити деталі зі складною формою і прес-форми, а також для виробництва деяких матеріалів з високою точністю обробки, застосовують проволочно- електроерозійні агрегати. Найчастіше таке обладнання використовується для виготовлення різних деталей для електроніки, літаків, і навіть космічної сфери.

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Копіювально-прошивальні агрегати в основному застосовуються для серійного і масового виробництва деталей. Завдяки таким верстатів виходять досить точні наскрізні контури і дрібні отвори, що з успіхом використовується при виготовленні сіток і штампів в інструментальній промисловій сфері.

1.4 Переваги електроерозійної обробки

Такі роботи повинні здійснюватися тільки на спеціальному обладнанні під обов'язковим наглядом кваліфікованого фахівця, який має відповідний допуск. Хоча такий спосіб робить заготовку більш точною і якісною, промислові підприємства вважають за краще застосовувати механічну обробку металу.

Тому необхідно відзначити основні переваги електроерозійного впливу на різноманітні види заготовок.

Використовуючи такий метод, практично завжди вдається домогтися найвищої якості поверхні металу, в результаті чого вона стає максимально точною і однорідною. При цьому повністю виключається необхідність проведення фінішної обробки. Також цей метод гарантує отримання на виході поверхні різноманітної структури.

Також до переваг електроерозійної обробки металу відносять можливість здійснювати роботу з поверхнею будь-якої твердості.

Електроерозійне вплив повністю виключає виникнення деформації поверхні у деталей, що мають невелику товщину. Це можливо через те, що при такому методі не виникає ніякої механічної навантаження, а робочий анод має мінімальний знос. Крім того, електроерозійна обробка сприяє отриманню поверхні різноманітних геометричних форм і конфігурацій при мінімальних зусиллях.

Також до переваг такого процесу відносять повну відсутність шуму при роботі на спеціальному обладнанні.

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Звичайно, є і недоліки при електроерозійному впливі на деталь з металу, але на її експлуатаційні властивості позначаються вони несуттєво.

1.5 Електроерозійна оброблюваність

Ефект ерозії різних металів і сплавів, вироблений однаковими за своїми параметрами електричними імпульсами, різний. Залежність інтенсивності ерозії від властивостей металів називають електроерозійною оброблюваністю.

Різний вплив імпульсних розрядів на метали і сплави залежить від їх теплофізичних констант: - температур плавлення і кипіння, теплопровідності, теплоємності. Якщо прийняти електроерозійну оброблюваність стали за одиницю, то електроерозійна оброблюваність інших металів (при тих же умовах) може бути представлена в наступних відносних одиницях: вольфрам - 0,3; твердий сплав - 0,5; титан - 0,6; нікель - 0,8; мідь - 1,1; латунь - 1,6; алюміній - 4; магній - 6 (зазначені дані справедливі тільки при конкретних умовах: енергія імпульсу 0,125 Дж, тривалість $1.4 \cdot 10^{-5}$ с, частота 1200 1 / с, амплітуда струму 250 А).

1.6 Робоче середовище

Більшість операцій при електроерозійній обробці виробляють в рідині. Вона забезпечує умови, необхідні для видалення продуктів ерозії з міжелектродного проміжку, стабілізує процес, впливає на електричну міцність міжелектродного проміжку. Рідини, придатні для електроіскровий обробки, повинні мати відповідну в'язкість, електроізоляційними властивостями, хімічною стійкістю до дії розрядів.

З підвищенням частоти імпульсів і зниженням робочого струму стабільність робочого процесу погіршується. Це викликає необхідність збільшити шпаруватість імпульсів. Застосування прямокутних імпульсів істотно підвищує продуктивність.

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Продуктивність обробки можна підвищити, якщо застосовувати примусове видалення продуктів ерозії з міжелектродного проміжку. Для цього в міжелектродний проміжок під тиском нагнітають рідину (рис. 1.2)

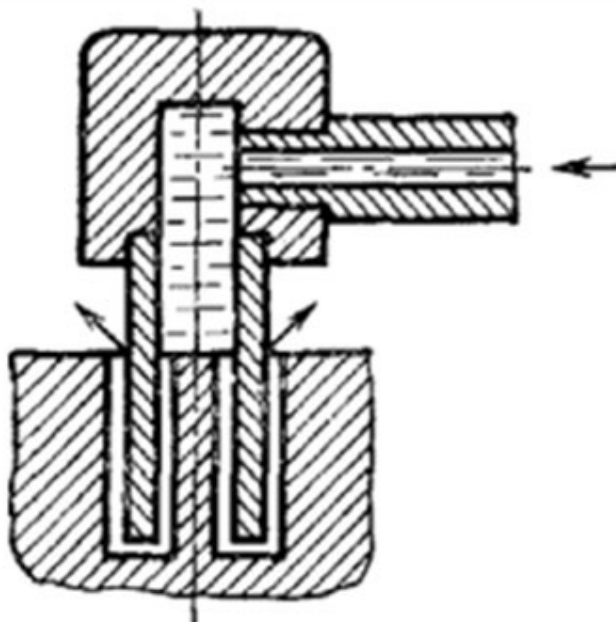


Рис. 1.2- Схема підведення рідини в міжелектродний проміжок через порожнистий електрод при прошивці отвори

Хороші результати дає накладення вібрацій на електрод-інструмент, а також обертання одного або обох електродів. Тиск рідини залежить від глибини отвору і величини міжелектродного проміжку. Вібрації особливо необхідні при електроіскровий обробці глибоких отворів малого діаметра і вузьких щілин. Більшість верстатів забезпечений спеціальною вібраційної голівкою.

1.7 Якість поверхні і точність обробки

Метал електродів піддається хоча і локальному, короткочасного, але вельми інтенсивному електротермічним впливу. Найвища температура існує на оброблюваній поверхні і швидко зменшується на деякій відстані від

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	1843.00.000.ПЗ				

заготовки: твердість, зносостійкість, жаростійкість і ерозійна стійкість. Цю особливість використовують для підвищення зносостійкості різального інструменту, штампів, прес-форм і деталей машин, зміцнюючи металеві поверхні електроіскровим способом.

При електроіскровому легуванні застосовують зворотню полярність (заготівля є катодом, інструмент - анодом) обробку виробляють зазвичай в повітряному середовищі і, як правило, з вібрацією електрода. Апаратура, за допомогою якої здійснюється процес зміцнення, малогабаритна і дуже проста в експлуатації. Основні переваги електроіскрового способу нанесення покриттів полягають в наступному: покриття мають велику міцність зчеплення з матеріалом основи; покриваються поверхні не вимагають попередньої підготовки; можливе нанесення не тільки металів і їх сплавів, а й їх композицій. Процеси, що відбуваються при електроіскровому зміцненні, складні і є предметом ретельних досліджень. Сутність зміцнення полягає в тому, що при електроіскровому розряді в повітряному середовищі відбувається полярний перенесення матеріалу електрода на заготівлю. Перенесений матеріал електрода легуючих металів заготовки і, хімічно з'єднуючись з дисоційованому атомарним азотом повітря, вуглецем і матеріалом заготовки, утворює дифузний зносостійкий зміцнений шар. При цьому в шарі виникають складні хімічні сполуки, високостійкі нітриди і карбонітриди, а також гартівні структури. На думку фахівців, при електроіскровому зміцненні в поверхневому шарі, наприклад, стали відбуваються процеси, наведені в табл. 1.1.

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Матеріал	Процес	
	Вид	Особливості
Углеродиста сталь, що містить углерод у кількості більше ніж 0,6 %, а також легуючі елементи у великій кількості	Надшвидкісне гартування	Короткочасне нагрівання до високої температури та моментальне охолодження нагрітих та розплавлених участків масою холодного металлу
Інструментальна сталь	Азотування	Дисоціація атмосферного азоту в разряді з утворенням атомарного азоту. З'єднання азоту з елементами поверхневого шару та утворення нитридів металів (титана, хрома, заліза та ін.)

Таблиця 1.1- Зміцнення поверхневого шару

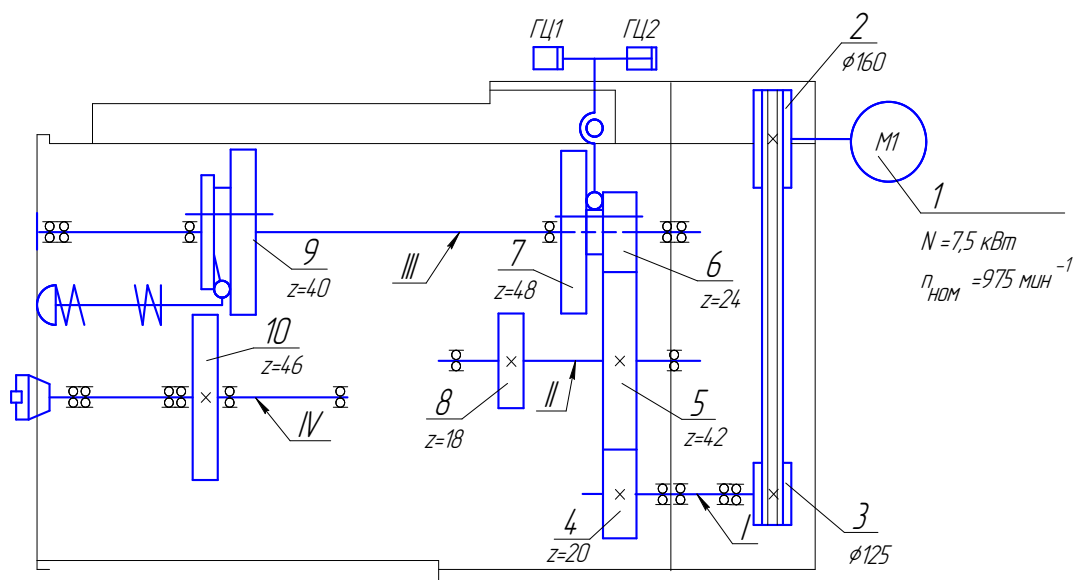
					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ПРОЕКТНО – КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1. Завдання до проектно – конструкторської частини

Здійснити проектний розрахунок валу приводу технологічного обладнання, побудувати його тривимірну модель в САПР та виконати креслення конструкції валу.

Вхідні дані. Вхідними даними для проектно-конструкторського розрахунку валу приводу головного руху є кінематична схема коробки швидкостей (рис. 2.1) та розрахункова схема валу (рис. 2.2). Також згідно варіанту (табл. 2.1) задаються: тип електродвигуна; передана потужність; номінальна частота обертання електродвигуна; діаметри ведучого та веденого шківів.



					1843.00.000.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб	Слепченко КІ				ПРОЕКТНО – КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	Лит.	Лист	Листов
Перев	Логунов О.М							
Реценз.	Кріль О.С					СНУ ім. В.Даля		
Н. Контр.						кафедра МПМ		
Утверд.	Соколов В.І							

РИС. 2.1- ПРИНЦИПОВА КІНЕМАТИЧНА СХЕМА ПРИВОДА
ГОЛОВНОГО РУХУ

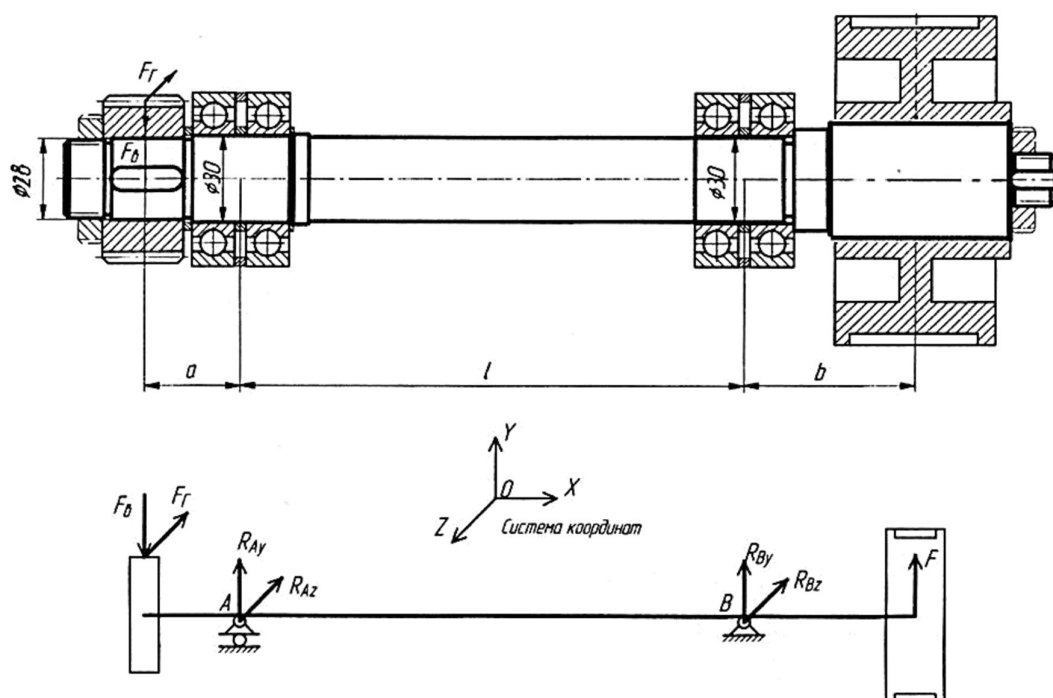


Рис. 2.2- Ескіз і розрахункова схема вузлу «Вал»

Варіант	Тип електродвигуна	Передана потужність електродвигуна $N, кВт$	Номінальна частота обертання електродвигуна $n, хв^{-1}$	Діаметр ведучого шківа $d_{p1}, мм$	Діаметр веденого шківа $d_{p2}, мм$
3	V112M	5,5	1000	112	280

Таблиця 2.1- Вхідні дані для розрахунку

Електродвигун постійного струму з двозонним регулюванням серії V з діапазоном потужностей 3,7 ... 45 кВт призначені для приводів головного руху металорізальних верстатів з числовим програмним керуванням.

Форма валу технологічного обладнання визначається:

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- а) числом і положенням деталей, які мають бути розміщені на ньому;
- б) необхідними посадками розміщуваних деталей;
- в) способами кріплення нерухомих деталей (шпонки, шліцьові з'єднання, буртики);
- г) напрямом пересувних деталей (направляючі шпонки, шліцьова ділянка);
- д) способом регулювання радіального і осьового положення валу або шпинделя;
- е) типом і розмірами підшипників;
- є) технологією термо– або хіміко – термічної обробки.

Вибір матеріалу і способу термо– і хіміко – термічної обробки валу залежить від умов його роботи у технологічному обладнанні і визначається:

- а) необхідними величинами меж витривалості при згинанні і при крученні, особливо для валів, які працюють в умовах різкого навантаження або з ударами;
- б) швидкістю зношення поверхонь, що допускається;
- в) формою валу і обумовленими нею можливими залишковими напруженнями в результаті термо– і хіміко – термічних обробок.

Якщо вал обертається в підшипниках кочення, то в особливій твердості шийок необхідності немає, і достатнє поліпшення (загартування з високою відпусткою). У подібних випадках підходить сталь 45 ДСТУ 7809:2015 (ГОСТ 1050-88) із гартуванням і відпусткою до НВ=230...260.

Основний розрахунок валів слід вести за визначенням запасів міцності по відношенню до межі витривалості в імовірно небезпечних перерізах, тобто, на опір втоми. Необхідність цього підтверджується спостереженнями за руйнуванням валів технологічного обладнання, що зазнавали під час роботи змінної напруги.

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2. Проектно – конструкторські розрахунки

В процесі проектування валу розрізняють проектувальні і перевірочні розрахунки валів. Перевірочні розрахунки виконуються після розробки конструкції валу і виявлення на ньому імовірно небезпечних перерізів.

У кожному з цих перерізів виконуються два перевірочних розрахунки:

- розрахунок на статичну міцність при короткочасних перевантаженнях;
- розрахунок на опір втоми.

Вал вважається працездатним, якщо у всіх намічених перерізах обидва критерії міцності дають задовільні результати.

2.2.1. Проектувальний розрахунок валу

Проектувальний розрахунок виконують з умови статичної міцності з метою орієнтовного визначення діаметрів окремих рівнів. На початку розрахунку відомий тільки обертальний момент T ($H \cdot m$). Згинальні моменти M ($H \cdot m$) можливо визначити лише після розробки конструкції валу, коли згідно із загальною компоновкою виявляють його довжину і місця прикладання діючих навантажень.

Крутний момент T залежить від потужності двигуна N , kW та частоти обертання n , xv^{-1}

$$T = \frac{N}{n} \times 9550 = \frac{5.5}{1000} \times 9550 = 52.525 \text{ Н} \times \text{м}$$

Визначення розмірів першої ступені валу. Розрахуємо діаметральний розмір першої ступені валу, на якій розташовано шків клиноремінної передачі:

$$d \geq 10 \times \sqrt[3]{\frac{T}{(0,2 \times [\tau]_k)}} = 10 \times \sqrt[3]{\frac{52.525}{(0,2 \times 25)}} = 22 \text{ мм} \quad (2.2)$$

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

де T – крутний момент ($H\cdot m$) який діє в розрахунковому перерізі валу;

$[\tau]_k$ – допустима напруга кручення, MPa . Для Ст45 $[\tau]_k = 25 MPa$.

Отриманий діаметр валу округляють до найближчого значення з ряду нормальних лінійних розмірів, ГОСТ 6636-69.

Стандартний ряд діаметрів валів за ГОСТ 6636-69: 16; 18; 19; 20; 22; 24; 25; 28; 30; 32; 36; 38; 40; 42; 45; 48; 50 mm .

Після оцінки діаметра валу розробляють його конструкцію. Залежно від способу передачі руху від одного валу до іншого можна використовувати наступні співвідношення для визначення розмірів ступенів валу (табл.2.3).

Перша ступінь валу, як правило, призначається для монтажу відкритої передачі. Часто в цій якості виступає клинопасова передача. Після розрахунку діаметра першого ступеня (по крутному моменту) його значення треба узгодити з посадковим діаметром шківів пасової передачі.

Конструктивні елементи шківів (рис. 2.4) та їх значення (табл. 2.2) вибираються згідно ДСТУ ISO 22:2009 (ГОСТ 20889-88).

Переріз ременя	W_p	b (min)	h (min)	e		f		r
				Номін.	Граничне. відх.	Номін.	Гран. відх.	
Z(O)	8,5	2,5	7,0	12,0	$\pm 0,3$	8,0	$\pm 1,0$	0,5
A	11,0	3,3	8,7	15,0	$\pm 0,3$	10,0	+2;-1	1,0
B(B)	14,0	4,2	10,8	19,0	$\pm 0,4$	12,5	+2;-1	1,0
C(B)	19,0	5,7	14,3	25,5	$\pm 0,5$	17,0	+2;-1	1,5

Таблиця 2.2- Значення елементів шківів

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Значення параметра ширини шківів M обчислюється за формулою:

$$M = (n-1) \cdot e + 2f = (3-1) \cdot 19 + 2 \cdot 12,5 = 63$$

де n – кількість пасів в передачі; e – відстань між вісями канавок, мм;

f – відстань між віссю крайньої канавки та найближчим кінцем валу, мм.

Стандартний ряд розрахункових діаметрів шківів за ДСТУ ISO 22:2009 (ГОСТ 20889-88): 50; 56; 63; 71; 80; 90; 100; 112; 125; 140; 160; 180; 200 мм.

Діаметри і довжини інших ступенів валів d і l округлити до найближчих стандартних чисел, визначаючи діаметр кожної наступної ступені за стандартним значенням діаметра попередньої.

Діаметр другої ступені d_2 під підшипник визначається в залежності від значення діаметру першої ступені d_1 під відкриту передачу:

$$d_2 = d_1 + 2 \cdot t,$$

де t – перехід діаметра валу по відношенню до попереднього діаметра (табл. 2.3).

Стандартні значення d_2 і d_4 під підшипники кочення прийняти рівними діаметру внутрішнього кільця підшипника. Стандартні значення діаметрів і довжин інших ступенів прийняти по ГОСТ 6636-69.

Обираємо кулькові радіальні однорядні, 0000 (ДСТУ 8338-75). Для цих підшипників основним навантаженням є радіальна (F_r), але вони можуть сприймати і невелике осьове навантаження (F_a). Вони також допускають осьову фіксацію валу. При проектуванні верстатів підшипники кочення вибираються із каталогу по діаметру цапфи валу, який вже сконструйований. Вибрані підшипники потім перевіряються розрахунком за відповідним критерієм працездатності.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	1843.00.000.ПЗ				

При розрахунку діаметрів ступенів валу значення висоти буртику t , орієнтовні величини фаски маточини f і координати фаски внутрішнього кільця підшипника r визначаються в залежності від діаметра відповідної ступені d (суміжного з ним ділянки)

Отримане значення ширини шківів перевіряємо згідно ряду нормальних лінійних розмірів за ГОСТ 6636-69. Розмір $M = 63$ мм відповідає нормальному ряду R_5 .

Виходячи з розрахунків приймаємо наступні розміри першої ступені: діаметр – $d_1 = 22$ мм; довжина – $l_1 = 63$ мм.

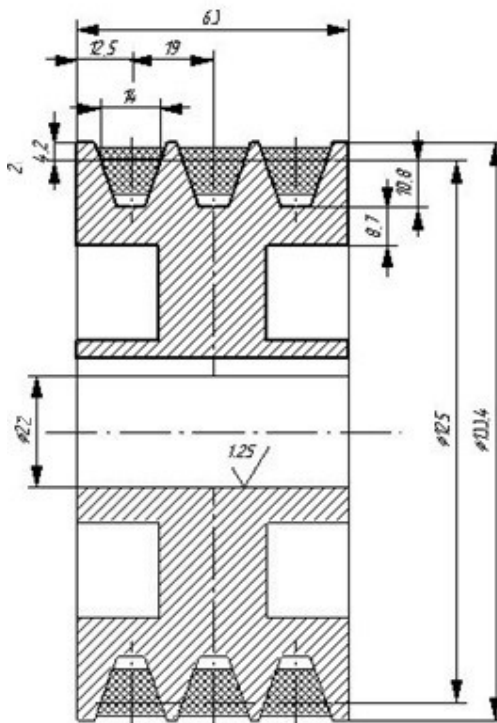


Рис. 2.7- Креслення шківів клинопасової передачі

Розрахунок діаметру другої ступені валу, на якій розташовані опори, у вигляді підшипників.

$$d_2 = d_1 + 2 \cdot t = 22 + 2 \cdot 2 = 26 \text{ мм},$$

Значення висоти буртику t , визначаються по таблиці 2.4. в залежності від діаметру суміжної з ним ступені d_1 . Для нашого випадку $t = 2.2$ мм.

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

1843.00.000.ПЗ

Лист

d	17...24	25...30	32...40	42...50	52...60	62...70	71...85
t	2	2,2	2,5	2,8	3	3,3	3,5
r	1,6	2	2,5	3	3	3,5	3,5
f	1	1	1,2	1,6	2	2	2,5

Таблиця 2.4- Розміри перехідних ділянок

Необхідно враховувати, що значення посадочного діаметру підшипника кратне 5, тому і діаметр ступені валу приймаємо: $d_2 = 30$ мм.

Вибір підшипників. В якості опор обираємо підшипники шарикові радіальні однорядні легкої серії, згідно ГОСТ 8338-75 діаметру валу $d = 30$ мм відповідають підшипники марки 206, з коефіцієнтом працездатності $C = 22000$ Н. Номінальний діаметр зовнішньої циліндричної поверхні підшипника $D = 62$ мм, ширина $B = 16$ мм, координата монтажної фаски $r = 1,5$ мм.

Визначення розмірів другої ступені валу. Довжина другої ступені валу під підшипник дорівнює ширині підшипника $l_2 = B = 16$ мм.

Отримане значення довжини другої ступені перевіряємо згідно ряду нормальних лінійних розмірів за ГОСТ 6636-69. Розмір $l_2 = 16$ мм відповідає нормальному ряду R_5 .

Виходячи з розрахунків приймаємо наступні розміри другої ступені: діаметр – $d_2 = 30$ мм; довжина – $l_2 = 16$ мм.

Визначення розмірів третьої ступені валу. Зубчасте колесо на валу монтується за допомогою шліцьового з'єднання. Розрахуємо діаметр ступені валу під зубчасте колесо:

$$d_3 = d_2 + 3,2 \cdot r = 30 + 3,2 \cdot 2 = 36,4 \text{ мм},$$

5

Округляємо згідно ряду нормальних чисел $d_3 = 38$ мм.

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Обираємо параметри зубчастого шліцьового прямобічного з'єднання легкої серії згідно ГОСТ 1139-80 для внутрішнього діаметру $d = 42$ мм: число зубів $z = 8$; зовнішній діаметр $D = 46$ мм; ширина зуба $b = 8$ мм.

Довжину третьої ступені валу знайдемо виходячи з габаритів корпусу, які знаходяться в межах 200 – 300 мм для приводів головного руху верстатів 2 – 3 типорозміру.

$$l_3 = l_k - (l_1 + l_2 + l_4) = 200 - (63 + 16 + 16) = 105 \text{ мм},$$

де l_k – довжина корпусу, мм.

Визначення розмірів четвертої ступені валу. Параметри четвертої ступені валу дорівнюють другій, так як на ній монтується ідентичний підшипник марки 206.

Виходячи зі сказаного приймаємо наступні розміри четвертої ступені: діаметр – $d_2 = 30$ мм; довжина – $l_2 = 16$ мм.

Зведені розміри ступенів валу приведені в табл. 2.6.

Розмір	Ступінь валу			
	I	II	III	IV
d , мм	22	30	42	30
l мм	63	16	105	16

Таблиця 2.5- Зведені розміри ступенів валу

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «ВАЛ»

Розробити технологічний процес механічної обробки деталі «Вал»:

- визначити тип виробництва;
- обрати тип заготовки, метод її отримання та розрахувати основні розміри заготовки з виконанням робочого креслення;
- розробити маршрутний технологічний процес обробки деталі;
- виконати розрахунок режимів різання аналітичним (один розмір) та табличним методом;
- виконати розрахунок точності операції (однієї за завданням керівника).

Вхідні дані для проектування:

- робоче креслення деталі (рис. 3.1).
- матеріал деталі - Сталь 40 ХН
- програма випуску деталей - $N = 6000$ штук/рік
-
- маса деталі $m_o = 4,79$ кг

Д
і
а
м
е
т
р
с
т

	у				1843.00.000.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб	Слєпченк КІ				ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Лит.	Лист	Листов
Перев	Логунов О.М						1	25
Реценз.	Кроль О.С					<i>СНУ ім. В.Даля кафедра МПМ</i>		
Н. Контр.								
Утверд.	Соколов В.І							

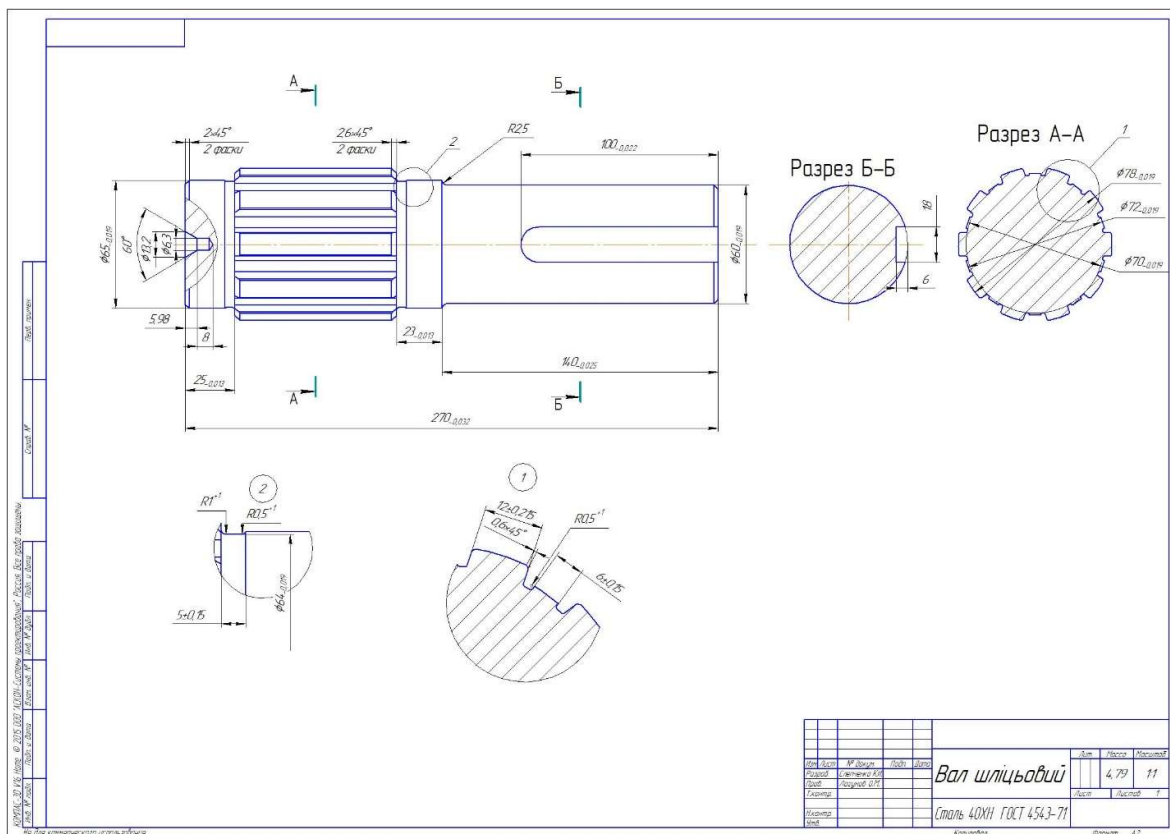


Рис.3.1- Робоче креслення деталі

Номер варіанту	d_{01} , мм	d_{02} , мм	l_0 , мм	Матеріал	Маса деталі, M_0 , кг	Програма випуску деталей на рік, N, штук/рік
3	$\phi 60$ h6	$\phi 7$ 5	27 0	Сталь 40ХН	4,7 9	6000

Таблиця 3.1- Варіанти завдань для деталі «Вал»

3.1. Опис службового призначення деталі, аналіз креслення і технічних умов на її виготовлення

Службове призначення деталі Вал – передача крутного моменту, базування і координації положення зубчастих коліс.

В якості заготовки використовуємо штамповку на кривошипному гаряче-штампувальному пресі (штамповка на КГШП). Деталь являє собою ступінчастий вал, на якому розташовані 1 відкритий шпонковий паз для встановлення призматичної шпонки (ГОСТ 23360-78), на одній зі ступіней нарізані шлиці з центруванням по внутрішньому діаметру за ГОСТом 8027-86. З обох торців валу нарізані центрові отвори за ГОСТом 14034-74.

При виготовленні деталі «Вал» необхідно витримати допуски циліндричності та паралельності поверхні $\varnothing 60h6(-0,019)$ мм у межах 0,005 мм. Допуск биття циліндричних поверхонь діаметрами $\varnothing 48h6(-0,016)$ та $\varnothing 52 h10(-0,12)$ мм, та допуск биття торцевої поверхні 0,04 відносно бази Г - осі деталі.

Згідно з технічних вимог, вал виготовляємо з вуглецевої сталі 40ХН ГОСТ 1050-74.

Даний матеріал використовується для деталей, що працюють при середніх окружних швидкостях, високих питомих тисках і невеликих ударних навантажень; для валів, що працюють в підшипниках кочення.

Вихідна твердість сталі НВ 167-207. Деталь піддається загартуванню з подальшим високим відпусканням. Група металу – М 2.

Механічні властивості і хімічний склад сталі 40ХН наведені в таблиці 3.2 і 3.3.

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

C	P	Mn	S	Si	N	Cr	Cu
0,36-0,44%	0,035%	0,50-0,80%	0,035%	0,17-0,37%	0,01-1,4%	0,45-0,75%	0,30%

Табл.3.2- Хімічний склад сталі 40ХН (ГОСТ 4543-71)

Фізико-механічні властивості						Технологічні властивості
Плотність ρ , г/см ³	Межа міцності при розтягуванні σ_b , МПа	Модуль пружності E, МПа	Після заковки			Температура кування, °С
			Межа міцності при розтягуванні σ_b , МПа	Ударна в'язкість a_n , кДж/м ²	НВ	
7,85	207	200000	615	690	187-229	830-1250

Табл.3.3 - Фізико-механічні і технологічні властивості сталі 40ХН (ГОСТ 4543-71)

3.2. Визначення типу виробництва.

У зв'язку з відсутністю норм часу в базовому технологічному процесі і неможливістю визначення коефіцієнта закріплення операцій тип виробництва попередньо визначаємо за річним випуском деталей та їхньою масою.

Згідно з завданням при річному випуску $N = 6000$ штук і масі $M_d = 4.79$ кг тип виробництва визначаємо відповідно до рекомендацій.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	1843.00.000.ПЗ				

$$D_f = D_d \times 1.05 = 78 \times 1.05 = 82 \text{ мм} \quad (3.3)$$

Довжина фігури:

$$L_f = L_d \times 1$$

Визначаємо масу фігури, яка описує поковку:

$$M_f = \frac{3.14 \times D_f^2}{4}$$

д

е Відношення розрахункової маси поковки до маси фігури:

ρ

– щільність сталі, що дорівнює $\rho = 7820 \text{ кг/м}^3$

$$C = \frac{M_p}{M_f}$$

Тоді, згідно таблиці (3.4): ступінь складності – С2. Згідно таблиці (3.5) по групі сталі, класу точності і ступеню складності визначаємо вихідний індекс поковки- 11.

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Ступінь складності	Значення відношення $\frac{M_p}{M_\phi}$
C 1	більше ніж 0,63
C 2	від 0,32 до 0,63 включно
C 3	від 0,16 до 0,32
C 4	до 0,16

Таблиця 3.4- Визначення ступені складності поковок

Маса поковки, кг	Група сталі			Ступінь складності поковки				Клас точності поковки					Вихідний індекс	
	M1	M2	M3	C1	C2	C3	C4	T1	T2	T3	T4	T5		
До 0,5 вклуч.														1
0,5 до 1,0 "														2
" 1,0 " 1,8 "														3
" 1,8 " 3,2 "														4
" 3,2 " 5,6 "														5
" 5,6 " 10,0 "														6
" 10,0 " 20,0 "														7
" 20,0 " 50,0 "														8
" 50,0 " 125,0 "														9
" 125,0 " 250,0 "														10
														11
														12
														13
														14
														15
														16
														17
														18
														19
														20
														21
														22
														23

Таблиця 3.5- Номограма визначення вихідного індексу поковки

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Для визначення вихідного індексу по табл. 3.5 у графі «Маса поковки» знаходять відповідну даній масі строку та, зміщуючись по горизонталі вправо або по похилим лініям вправо вниз до перетину з вертикальними лініями, які відповідають заданим значенням групи сталі М, ступені складності С, класу точності Т, встановлюють вихідний індекс (від 1 до 23).

Клас точності, група сталі, ступінь складності повинні бути вказані на кресленні поковки.

3.4. Розрахунок припусків на механічну обробку і визначення операційних розмірів.

3.4.1. Розрахунок припуску на діаметральний розмір

Розрахуємо припуски на обробку поверхні діаметром $\varnothing 65h6(-0,019)$ мм для операцій:

- чорнове точіння;
- чистове точіння;
- шліфування.

Розрахуємо значення просторових відхилень для операцій технологічного процесу обробки деталі «Вал». По-перше, знайдемо викривлення поверхні деталі:

$$\Delta_{\text{вкр}} = \Delta_{\epsilon} \cdot l = 0,7 \cdot 60 = 42 \text{ мкм} = 0,042 \text{ мм} \quad (3.7)$$

$\Delta_{\text{вкр}}$ – викривлення поверхні, що визначається за формулою,

де Δ_{ϵ} – питомий викривлення, тобто відхилення осі деталі від прямолінійності, мкм на 1 мм, що залежить від методу її отримання, є однаковим для всіх варіантів, $\Delta_{\epsilon} = 0,7 \frac{\text{мкм}}{\text{мм}}$;

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	1843.00.000.ПЗ				

$l = 60$ мм – відстань від оброблюваного перетину до найближчої опори, мм, є однаковим для всіх варіантів, оскільки не змінюється положення люнети при обробці всіх наведених варіантів деталей.

ε_{i-1} – похибка базування. $\varepsilon_{i-1} = 0$, оскільки обробка валу на всіх операціях ведеться в центрах.

Значення сумарного відхилення розташування циліндричних поверхонь (просторового відхилення) заготовки при обробці в центрах розраховується за формулою, мм:

$$\Delta_z = \sqrt{\Delta_{zm}^2 + \Delta_{ц}^2 + \Delta_{випр}^2} = \sqrt{0.5^2 + 0.95^2 + 0.042^2} = 1.074 \text{ мм} \quad (3.8)$$

де Δ_{zm} – зміщення одних ділянок поверхні відносно інших, у випадку заготовки поковки – зміщення осей поковок при штампуванні в різних половинах штампа, $\Delta_{zm}^2 = 0,5$ мм – дійсне для всіх варіантів;

$\Delta_{ц}$ – похибка центрування, при деталі в центрах знаходиться за формулою:

$$\Delta_{ц} = \sqrt{\left(\frac{\delta_3}{2}\right)^2 + 0,25^2} = \sqrt{\left(\frac{1900}{2}\right)^2 + 0,25^2} = 0,95 \text{ мм} \quad (3.9)$$

де δ_3 – допуск заготовки, мм;

Значення допусків для кожного переходу приймаємо відповідно до квалітетів того чи іншого виду обробки, таблиця 3.6.

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Вид обробки	Квалітет точності	Допуск δ , мкм
Заготовка	16	1900
Чорнове точіння	12	300
Чистове точіння	9	74
Шліфування	6	19
Фрезерно-центрувальна операція		500

Таблиця 3.6- Значення допусків

Величина залишкового викривлення після переходу, що здійснюється, визначається за формулою:

$$\Delta_{\text{зал}} = K_y \cdot \Delta_z \quad (3.10)$$

де K_y – коефіцієнт уточнення, значення приведені в таблиці 3.7;

Δ_z – сумарне відхилення розташування поверхонь заготовки.

Заготовка	Технологічний перехід	Коефіцієнт уточнення, K_y
Гарячекатаний прокат, штампування, відливка	Після обточування: чорнового та однократного	0,06
	чистового	0,04
	Після шліфування	0,02

Таблиця 3.7- Значення коефіцієнта уточнення

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta_1 = K_y \cdot \Delta_3 = 0,06 \cdot 1,074 = 0,064 \text{ мм} = 64 \text{ мкм} \quad (3.11)$$

П

і

с

л

я

П

і

ч

н

с

т

знаючи

Р_{z_{i-1}}

н

н

р

ф

у

в

б

н

н

б

к

и

П

і

д

$$\Delta_2 = K_y \cdot \Delta_3 = 0,04 \cdot 1,074 = 0,043 \text{ мм} = 43 \text{ мкм} \quad (3.12)$$

$$\Delta_3 = K_y \cdot \Delta_3 = 0,02 \cdot 1,074 = 0,021 \text{ мм} = 21 \text{ мкм} \quad (3.13)$$

Розрахуємо мінімальні припуски на всі операції технологічного процесу

знаючи $R_{z_{i-1}}$ – висоту мікронерівностей, отриманих на попередній операції,

h_{i-1} – глибину дефектного шару, отриманого на попередній операції, величини

залишкових викривлень після переходів за формулою:

$$2 \cdot z_{\min} = 2 \left(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \epsilon_i^2} \right), \quad (3.14)$$

Значення R_z і h для операцій технологічного процесу :

– для заготовки: $R_z = 150 \text{ мкм}$, $h = 250 \text{ мкм}$;

– для чорнового точіння: $R_z = 50 \text{ мкм}$, $h = 50 \text{ мкм}$;

– для чистового точіння: $R_z = 30 \text{ мкм}$, $h = 30 \text{ мкм}$;

– для шліфування: $R_z = 5 \text{ мкм}$, $h = 15 \text{ мкм}$.

$$2 \cdot z_{\min} = 2 \left(R_{z_{i-1}} + \right.$$

П

і

$$D_2 \cdot z_{\min} = 2 \left(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) = 2(50 + 50 + 64) = 2 \cdot 164 \text{ мкм} \quad (3.16)$$

ч

П

и

і

с

д

т

$$2 \cdot z_{\min} = 2 \left(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) = 2(30 + 30 + 43) = 2 \cdot 103 \text{ мкм} \quad (3.17)$$

Возраховкові формули для визначення діаметральних розмірів. Граничний

ш

діаметральний розмір d_{\min} визначається для кожного переходу за формулою:

л

е

і

$$d_{\min i-1} = d_{\min i} + 2 \cdot z_{\min i} \quad (3.18)$$

ф

т

у

о

в

ч

а

д

т

н

н

н

н

я

я

Граничний діаметральний розмір d_{\max} обчислюється додаванням

допуску до найменшого граничного розміру

$$d_{\max i} = d_{\min i} + \delta_i \quad (3.19)$$

Призначаємо максимальний діаметр після шліфування рівним 65 мм.

Тоді мінімальний діаметр після шліфування розраховуємо по формулі:

$$d_{\min \text{ шліф}} = 65 - 0.019 = 64.981 \text{ мм} \quad (3.20)$$

Мінімальний діаметр після чистового точіння буде рівний:

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_{\min \text{ чист}} = d_{\min \text{ шліф}} + 2Z_{i \text{ шліф}} = 64.981 + 2 \times 0.103 = 65.187 \text{ мм} \quad (3.21)$$

Максимальний діаметр після чистового точіння буде рівний:

$$d_{\max \text{ чист}} = d_{\min \text{ чист}} + \delta_{\text{чист}} = 65.187 + 0.074 = 65,261 \text{ мм} \quad (3.22)$$

Д

Л

$$d_{\min \text{ чорн}} = d_{\min \text{ чист}} + 2Z_{i \text{ чист}} = 65,187 + 2 \times 0.1645 = 65.515 \text{ мм} \quad (3.23)$$

Ч

$$d_{\max \text{ чорн}} = d_{\min \text{ чорн}} + \delta_{\text{чорн}} = 65.515 + 0.3 = 65.815 \text{ мм} \quad (3.24)$$

О

Р

Д

Н

Л

О

Я

В

О

З

Г

А

О

Г

О

Т

Г

О

О

Ч

В

І

К

Н

И

Н

Я

$$d_{\min \text{ загот}} = d_{\min \text{ ч}}$$

$$d_{\max \text{ загот}} = d_{\min \text{ загот}} + \delta_{\text{загот}} = 68.463 + 1.9 = 70.363 \text{ мм} \quad (3.26)$$

Граничні значення припусків z_{\max}^{np} визначаються як різниці найбільших граничних розмірів і z_{\min}^{np} – як різниці найменших граничних розмірів попереднього і виконуваного переходів:

– максимальний припуск

$$2 \cdot z_{\max}^{np} = d_{\max i} - d_{\max i-1}; \quad (3.27)$$

$$z_{\max}^{np} = l_{\max i} - l_{\max i-1}; \quad (3.28)$$

– мінімальний припуск

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$2 \cdot z_{\min}^{np} = d_{\min i-1} - d_{\min i}; \quad (3.29)$$

$$z_{\min}^{np} = l_{\min i-1} - l_{\min i}. \quad (3.30)$$

Т

о

$$Д \quad 2 \cdot z_{\max}^{np} = d_{\max \text{ чист}} - d_{\max \text{ шліф}} = 65.261 - 65 = 0,261 \text{ мм} = 261 \text{ мкм}; \quad (3.31)$$

і

$$2 \cdot z_{\min}^{np} = d_{\min \text{ чист}} - d_{\min \text{ шліф}} = 65.187 - 64.981 = 0,206 \text{ мм} = 206 \text{ мкм}; \quad (3.32)$$

Д

Л

Д

Я

$$Л \quad 2 \cdot z_{\max}^{np} = d_{\max \text{ чорн}} - d_{\max \text{ чист}} = 65,815 - 65,261 = 0,554 \text{ мм} = 554 \text{ мкм}; \quad (3.33)$$

Я

Ш

$$Л \quad 2 \cdot z_{\min}^{np} = d_{\min \text{ чорн}} - d_{\min \text{ чист}} = 65.515 - 65.187 = 0,328 \text{ мм} = 328 \text{ мкм}; \quad (3.34)$$

Л

Ч

і

И

Ф

Д

С

У

Т

Я

О

а

В

Н

О

Н

Г

Р

И

Н

З

О

Н

В

О

О

Ч

Г

а

О

Р

В

$$2 \cdot z_{o \max} = 4548 + 554 + 261 = 5363 \text{ мкм} \quad (3.37)$$

$$2 \cdot z_{o \min} = 2948 + 328 + 206 = 3482 \text{ мкм} \quad (3.38)$$

Загальний номінальний припуск визначаємо за формулою

									Лист
М									
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	1843.00.000.ПЗ				

$$Z_{o \text{ ном}} = Z_{o \text{ min}} + EI_3 - \delta_d = 3483 + 800 - 19 = 4264 \text{ мкм} = 4.264 \text{ мм} \quad (3.39)$$

де EI_3 – нижні відхилення діаметра заготовки;

δ_d – допуск на деталь.

Номинальний діаметр заготовки визначаємо за формулою:

$$Z_{\text{max шліф}}^{\text{пр}} - Z_{\text{min шліф}}^{\text{пр}} = 261 - 206 = 55 \text{ мкм}; \delta_{\text{чист}} - \delta_{\text{шліф}} = 74 - 19 = 55 \text{ мкм} \quad (3.40)$$

$$Z_{\text{max чист}}^{\text{пр}} - Z_{\text{min чист}}^{\text{пр}} = 554 - 328 = 226 \text{ мкм}; \delta_{\text{чорн}} - \delta_{\text{чист}} = 300 - 74 = 226 \text{ мкм} \quad (3.41)$$

$$Z_{\text{max чорн}}^{\text{пр}} - Z_{\text{min чорн}}^{\text{пр}} = 4548 - 2948 = 1600 \text{ мкм}; \quad (3.42)$$

$$\delta_{\text{загот}} - \delta_{\text{чорн}} = 1900 - 300 = 1600 \text{ мкм}$$

Отже, розрахунки припусків виконані правильно.

Розраховані дані вводимо в таблицю 3.8.

найменування операції	Елементи припуску			Припуск 2Zi, мкм	Розрахунковий розмір d, мм	допуск, мкм	Граничні розміри		Граничні припуски	
	Ri	hi	Δi				d _{min} , мм	d _{max} , мм		
Заготовка	150	250	1074	—	68,463	1900	68,463	70,363	—	—
Точіння чорнове	50	50	64	2948	65,515	300	65,515	65,815	2948	4548
Точіння чистове	30	30	42	328	65,187	74	65,187	65,261	328	554
Шліфування	5	15	21	206	64,981	19	64,981	65	206	261
Разом									3482	5363

Таблиця 3.8- Розрахунок припусків та граничних розмірів за операціями на обробку поверхні $\text{Ø}65\text{h}6(-0,019) \text{ мм}$

3.4.2 Розрахунок припусків на лінійний розмір

Розрахуємо припуски на обробку поверхні 270мм.

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Заготовку виробу одержуємо штампуванням на КГШП. Маршрут обробки поверхні складається з фрезерно-центрувальної операції.

Випишуємо значення R_z і T для всіх операцій:

– для заготовки: $R_z = 150 \text{ мкм}$, $T = 250 \text{ мкм}$;

– для фрезерно-центрувальної операції: $R_z = 5 \text{ мкм}$, $T = 15 \text{ мкм}$.

Розраховуємо просторове відхилення:

– для заготовки:

$$\Delta_z = \Delta_{\text{вирп}} = \Delta_g \cdot L = 0,7 \cdot 270 = 189 \text{ мкм} \quad (3.43)$$

Розрахуємо залишкове просторове відхилення після фрезерування торців:

$$\Delta_{\text{зал}} = K_y \cdot \Delta_z = 0,12 \cdot 189 = 22,68 \text{ мкм} \quad (3.44)$$

Розрахуємо припуски на фрезерування торців:

$$z_{\text{min}} = R_{z_{i-1}} + T_i.$$

Розрахункові формули для визначення лінійних розмірів. Гра

Граничний лінійний розмір l_{min} визначається для кожного переходу за формулою

$$l_{\text{mini-1}} = l_{\text{mini}} + z_{\text{mini}}. \quad (3.46)$$

Граничний лінійний розмір l_{max} обчислюється додаванням допуску до найменшого граничного розміру

$$l_{\text{maxi}} = l_{\text{mini}} + \delta_i. \quad (3.47)$$

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Для подальших розрахунків складаємо таблицю 3.9.

найменування операції	Елементи припуску			Припуск 2Zi, мкм	l, мм	допуск, мкм	Граничні розміри		Граничні припуски	
	Ri	hi	Δi				lmin, мм	lmax, мм		
Заготовка	150	250	189	—	271,1695	2000	271,1695	273,1695	—	—
Фрезерно-центрувальна	5	15	19,5	390	270,0195	1150	270,0195	270	1150	3169,5

Таблиця 3.9- Розрахунок припусків та граничних розмірів за операціями на обробку поверхні 270_{-1,15}

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ

4.1 Вибір матеріалу, геометричних параметрів ріжучої частини та розмірів токарних різців

4.1.1 Вибір матеріалу ріжучої частини різця

На вибір матеріалу різців впливають умови роботи та вид обробки, а також матеріал, що оброблюється.

Ріжуча частина виготовлюється з металокерамічних, мінералокерамічних твердих сплавів, рідше зі швидкоріжучої сталі. Пластини з твердих сплавів з'єднують з елементами кріплення за допомогою пайки та спеціальних високотемпературних клеїв, багатогранні твердосплавні пластини закріплюють прихватами, гвинтами та ін.

Обираємо матеріал пластинки із твердого сплаву: для чорнового точіння – Т5К10, для чистового- Т15К6.

					1843.00.000.ПЗ		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб</i>	Слепченкр КІ				<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Перев</i>	Логунов О.М					1	25
<i>Реценз.</i>	Кроль О.С				СНУ ім. В.Даля		
<i>Н. Контр.</i>					кафедра МПМ		
<i>Утверд.</i>	Соколов В.І						

Характер обработки	Марка сплава при обработке			
	стали		чугуна	
	углеродистой и легированной	закаленной	HB240	HB 400-700
Черновое точение по корке и окалине при неравномерном сечении среза и прерывистом резании с ударами	T5K11 T5K12B BK8 BK83		BK8 BK8B BK4	BK8 BK8B
Черновое точение по корке при неравномерном сечении среза и непрерывном резании	T14K8 T5K10		BK4 BK8 BK6	BK6M BK4
Получистовое и чистовое точение при прерывистом резании	T15K6 T14B8 T5K10 BCK-60 BCK-63, B3	T5K10 BK4 BK8 TНМ-20, B3	BK4 BK6 BK8	BK6M
Точное точение при прерывистом резании	T30K4 T15K6	T14K8 T5K10 BK4	BK3 BK3 BK4	BK6M BK3
Точное точение при непрерывном резании	T30K4	T30K4 T15K6 BK6M, BK3M	BK3 BK3M	BK6M BK3M BK3
Отрезка и прорезка канавок	T15K6, T14K8 T5K10	BK6M BK4	BK3 BK3M	BK6M BK3M

Таблиця 4.1- Типові марки твердих сплавів

4.1.2 Визначення геометричних параметрів ріжучої частини та розмірів різця.

Розмір різців визначають в залежності від їх відмітних ознак (табл.4.2). Розміри поперечного перерізу державки беруть в залежності від висоти центрів верстата, на якому виконується робота. Для верстата 1А62 висота центрів дорівнює 200 мм. Розміри токарних відігнутих різців із твердого сплаву приведені на рис. 4.1.

Для даної роботи обираємо праві прохідні різці з перерізом $H \times B = 25 \times 16$ мм та кутом врізання пластини в стрижень 0° :

для чорнової обробки-2112-0057 T5K10 ГОСТ 18880-73, та для чистової --. 2102-0055 T15K6 ГОСТ 18877-73.

В умовах серійного виробництва застосовують різці з механічним закріпленням пластин. Використання твердосплавних пластин забезпечує:

- Скорочення допоміжного часу на зміну та переточку пластини;
- Підвищення стійкості на 20-25% порівняно з напаяними різцями;

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

-Скорочення витрат на інструмент в 2-3 рази;

-Зменшення витрат абразивів на заточування.

В залежності від матеріалу ріжучої пластини різця та умов обробки матеріалу обирається форма передньої поверхні різця по табл. 4.3(однакова для чорного та чистового точіння).

Кути ріжучої частини різців в залежності від умов обробки матеріалу, матеріалу ріжучої частини та форми передньої поверхні визначаються по табл. 4.4-4.5.

По табл. 4.4-4.5 обираємо геометричні параметри різців: $\gamma_{\phi} = -5^{\circ}$, $\gamma = 15^{\circ}$, $\alpha_{\text{чорн}} = 8^{\circ}$, $\alpha_{\text{чист}} = 12^{\circ}$, $\phi = 45^{\circ}$, $\phi_1 = 45^{\circ}$, $\lambda = 0^{\circ}$.

Отличительный признак	Наименование резцов
По виду обработки	Проходные, подрезные. Упорные, прорезные, расточные, отрезные, гантельные, фасонные, резьбовые, фасонные
По инструментальному материалу	Из быстрорежущей стали, с пластинками из твердого сплава (металлокерамика и минералокерамика), из сверхтвердых материалов
По положению главного режущего лезвия	Правые, левые
По характеру обработки	Обдирочные (черновые), чистовые, для тонкого (алмазного) точения
По сечению стержня	Прямоугольные, квадратные, круглые
По конструкции головок	Прямые, отогнутые, изогнутые, оттянутые.
По способу изготовления	Цельные, с приваренной встык головкой, с припаянной пластинкой, с приваренной пластинкой, с наплавленной головкой, с механическим креплением пластинок, вставки для державок

Таблица 4.2- Відмітні ознаки різців

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата		

4.2 Призначення глибини різання

Розрахуємо режими різання аналітичним методом для операції технологічного процесу обробки деталі «Вал» 015 – токарна ЧПК.

Операція виконується на верстаті моделі 1А62. Інструменти – різці з платівкою з твердого сплаву Т5К10 та Т15К6.

Глибина різання дорівнює припуску на обробку на даній операції.

$$t = \frac{D - d}{2} \quad (4.1)$$

Де D- діаметр до операції, d-діаметр після операції.

Розраховуємо t_{\max} та t_{\min} для кожної операції. Розрахунок потужності ведемо по t_{\max} . Отже, для чорнового точіння:

$$t_{\max} = \frac{70.363 - 65.815}{2} = 2.274 \text{ мм} \quad (4.2)$$

$$t_{\min} = \frac{68.463 - 65.515}{2} = 1.474 \text{ мм} \quad (4.3)$$

При чистовій обробці глибина різання залежить від шорсткості поверхні R.

Якщо $R_z = 20 \text{ мкм}$, то $0.5 < t < 2 \text{ мм}$

Якщо $R_z \leq 0.8 \text{ мкм}$, то $0.1 < t < 0,4 \text{ мм}$

Обираємо для чистової обробки $t=0.1 \text{ мм}$.

4.3 Призначення значення подачі

При чорновій обробці обирають максимально можливу подачу в залежності від міцності системи (станок- прилад- інструмент-деталь) у межах 0.6-1.2 мм/об(табл. 4.6). Обираємо $S_1=0.8 \text{ мм/об}$.

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

K_v - загальний поправочний коефіцієнт, який дорівнює множенню інших коефіцієнтів, кожен з яких відражає вплив певного фактора на швидкість різання.

Вид обработки	Материал режущей части резца	Характеристи ка подачи	Коеффициент и показатели степени			
			C_v	x	y	m
Обработка стали конструкционной углеродистой $\sigma_s = 750$ МПа						
Наружное продольное точение проходными резцами	Т15К6*	S до 0,30	420		0,20	
		S св. 0,30 до 0,70	350	0,15	0,35	0,20
		S св. 0,70	340	0,15	0,43	0,20
	P18**	S до 0,25	87,5	0,25	0,33	0,125
		S св. 0,25	56		0,66	
Отрезание	T5K10*		47	–	0,80	0,20
	P18**		23,7		0,66	0,25

Таблица 4.7- Коефіцієнти та показники ступенів при різанні

$$K_v = K_{\mu v} \times K_{nv} \times K_{uv} \times K_{qv} \times K_{ov} \times K_{qv} \times K_{rv} \times K_{qv} \quad (4.5)$$

Де $K_{\mu v}$ – коефіцієнт, який враховує фізико-механічні властивості матеріалу. Для конструкційної сталі значення $K_{\mu v}$ розраховуємо по формулі:

$$K_{\mu v} = K_r \left(\frac{750 \text{ МПа}}{\sigma_B} \right)^n = 1 \times \left(\frac{750 \text{ МПа}}{690 \text{ МПа}} \right)^1 = 1.087 \quad (4.6)$$

де σ_B – межа міцності при розтягуванні, $\sigma_B = 690$ МПа,

n – показник ступеня при визначенні складової сили P_z при обробці різцями дорівнює $n = 1$.

Де K_r -- коефіцієнт, який залежить від матеріалу різця(табл. 3.8).

K_{nv} - коефіцієнт який залежить від стану поверхні заготовки(табл. 3.9).

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Главный угол в плане φ , град.	Коэффициент $K_{\varphi v}$	Вспомогательный угол в плане φ_1 , град.	Коэффициент $K_{\varphi v}$	Радиус при вершине резца r , мм	Коэффициент K_{rv}	Сечение державки q , мм	Коэффициент K_{qv}
20	1,4	10	1,0	1	0,94	12x20 16x16	0,93
30	1,2	15	0,97	2	1,00	16x25 20x20	0,97
45	1,0	20	0,94	3	1,03	20x30 25x25	1,0
60	0,9	30	0,91	–	–	25x40 30x30	1,04
90	0,7	–	–	–	–	40x60	1,12

Таблица 4.9- Поправочні коефіцієнти, які враховують вплив параметрів різця на швидкість різання

Обрабатываемый материал	Значения коэффициента K_{mv} в зависимости от марки инструментального материала						
	Сталь конструкционная	T5K12B 0,35	T5K10 0,65	T14K8 0,8	T15K6 1,00	T15K6T 1,15	T3QK4 1,4
Сталь закаленная	HRC 35–50				HRC 51–62		
	T15K6 1,0	T3OK4 1,25	BK8 0,85	BK8 0,83	BK4 1,0	BK6 0,92	BK8 0,74
Серый и ковкий чугун	BK8 0,83	BK6 1,0	BK4 1,1	BK3 1,15	BK3 1,25	–	
Медные и алюминиевые сплавы	P18, P9 1,0	BK4 2,5	BK6 2,7	9XC 0,6	XBG 0,6	Y12A 0,5	–

Таблица 4.10- Значення коефіцієнта K_{mv}

K_{ov} - враховує вплив виду обробки на швидкість різання(табл. 4.11).

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата		

Вид обработки	Отношение диаметров d / D	Коэффициент K_{ov}
наружное точение: продольное поперечное	–	1,00
	0,0-0,4	1,24
	0,5-0,7	1,18
	0,8-1,0	1,04
отрезание прорезание расточивание	0	1,00
	0,5-0,70	0,96
	0,8-0,95	0,84
	–	0,50

Таблиця 4.11- Значення коефіцієнта K_{ov}

Тоді значення коефіцієнту K_v буде дорівнювати:

Для чорнової обробки:

$$K_{v1} = K_{\mu v} \times K_{nv1} \times K_{uv1} \times K_{fv} \times K_{ov} = 1.065 \times 0.8 \times 0.65 \times 1 \times 1.04 = 0.576 \quad (4.7)$$

Для чистової обробки:

$$K_{v2} = K_{\mu v} \times K_{nv2} \times K_{uv2} \times K_{fv} \times K_{ov} = 1.065 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1.04 = 1.076 \quad (4.8)$$

Розрахуємо швидкість різання:

Для чорнової обробки:

$$V_1 = \frac{C_{v1}}{T_1^m \times S_1^x \times y} K_{v1} = \frac{340}{60^{0.2} \times 2.274^{0.15} \times 0.8^{0.43}} \times 0.576 = 82.54 \text{ мм / хв} \quad (4.9)$$

Для чистової обробки:

$$V_2 = \frac{C_{v2}}{T_2^m \times S_2^x \times y} K_{v2} = \frac{420}{60^{0.2} \times 1^{0.15} \times 0.159^{0.35}} \times 0.886 = 312.29 \text{ мм / хв} \quad (4.10)$$

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Знайдемо за формулою частоту обертання шпинделя:

Для чорнової обробки

$$n_1 = \frac{1000}{\dots}$$

Для чистової обробки

$$n_2 = \frac{1000 \cdot V_2}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \times 290.76}{3.14 \times 65.261} = 1523.19 \text{ хв}^{-1} \quad (4.12)$$

Приймаються за паспортом верстата частоту обертання : для чорнової обробки $n_1=380 \text{ хв}^{-1}$, для чистової- $n_2=1200 \text{ хв}^{-1}$.

Знайдемо фактичну швидкість різання:

$$V_{\phi 1} = \frac{\pi \times D \times n_{\text{пр}}}{1000} = \frac{3.14 \times 65.815 \times 380}{1000} = 78.57 \text{ мм / хв} \quad (4.13)$$

$$V_{\phi 2} = \frac{\pi \times D \times n_{\text{пр}}}{1000} = \frac{3.14 \times 65.261 \times 1200}{1000} = 246.03 \text{ мм / хв} \quad (4.14)$$

4.4 Перевірка обраного режиму різання

Обраний режим різання необхідно перевірити по потужності привода шпинделя верстату, по міцності механізму подачі, по міцності державки різця та по міцності пластинки твердого сплаву.

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4.4.1. Перевірка по потужності привода шпинделя верстата.

Потужність, яка витрачається на різання N_p , повинна бути менше або дорівнювати потужності на шпинделі.

$$N_p \leq N_{\text{шп}} = N_3 \eta \quad (4.15)$$

Де N_3 - потужність електродвигуна (кВт);

η - КПД верстата.

$$N_p = \frac{P_z V_\phi}{1000} \quad (4.16)$$

Де P_z -сила різання (Н);

V_ϕ -фактична швидкість різання;

$$P_z = 9.81 \times C_p \times t^x \times S^y \times V^n \times K_p \quad (4.17)$$

де C_p – постійний коефіцієнт, що залежить від фізико-механічних властивостей матеріалу;

t – глибина різання;

S – подача;

V – швидкість різання.

Коефіцієнт C_p та показники ступені x , y , n для конкретних умов обробки згідно даного завдання приведені в таблиці 4.12.

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_{\gamma p}$ – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив переднього кута в плані на силу різання;

$K_{\lambda p}$ – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив кута нахилу головного леза на силу різання;

K_{rp} – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив радіусу при вершині різця.

Чисельні показники коефіцієнтів зведені в таблицю 4.13.

Параметр		Матеріал режущей части реза	Обозначение	Поправочный коэффициент для составляющей		
Наименование	Величина			тангенциальной	радиальной	осевой P_x
				P_z	P_y	
Главный угол в плане φ , град	30	Твердый сплав	$K_{\varphi p}$	1,08	1,30	0,78
	45			1,00	1,00	1,00
	80			0,94	0,77	1,11
	90			0,89	0,50	1,17
	30	Быстрорежущая сталь		1,08	1,63	0,70
	45			1,00	1,00	1,00
	60			0,08	0,71	1,27
	90			1,08	0,44	1,82
Передний угол γ , град	-15	Твердый сплав	$K_{\gamma p}$	1,25	2,0	2,0
	0			1,10	1,4	1,4
	10			1,00	1,0	1,0
	12-15	Быстрорежущая сталь		1,15	1,6	1,7
	20-25			1,00	1,0	1,0
Угол наклона главного лезвия λ , град	-5	Твердый сплав	$K_{\lambda p}$	1,00	0,75	1,07
	0				1,00	1,00
	5				1,25	0,85
	15				1,70	0,65
Радиус при вершине r , мм	0,5	Быстрорежущая сталь	K_{rp}	0,87	0,66	1,0
	1,0			0,93	0,82	
	2,0			1,00	1,00	
	3,0			1,04	1,14	
	5,0			1,10	1,35	

Таблиця 4.13- Поправочні коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів ріжучої частини інструменту на сил різання

Тоді значення коефіцієнту K_p буде дорівнювати

$$K_p = K_{M_p} \times K_{\varphi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} \times K_{rp} = 1.026 \times 1 \times 1.1 \times 1 \times 1 = 1.13 \quad (4.20)$$

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	1843.00.000.ПЗ				

Знайдемо силу різання :

При чорновій обробці:

$$P_{z1} = 9.81 \times 300 \times 2.274^1 \times 0.8^{0.75} \times 78.57^{-0.15} \times 1.13 = 3324.2 \text{ Н} \quad (4.21)$$

При чистовій обробці

$$P_{z2} = 9.81 \times 300 \times 1^1 \times 0.159^{0.75} \times 246.03^{-0.15} \times 1.13 = 833,8 \text{ Н} \quad (4.22)$$

Розрахункова потужність різання, *кВт*, визначається за формулою:

$$N_1 = \frac{P_{z1} \times V_{1\phi}}{1000 \times 60} = \frac{3324.2 \times 78.57}{1000 \times 60} = 4.35 \text{ кВт} \quad (4.23)$$

$$N_2 = \frac{P_{z2} \times V_{2\phi}}{1000 \times 60} = \frac{833.8 \times 246.03}{1000 \times 60} = 3.42 \text{ кВт} \quad (4.24)$$

Потужність на шпинделі дорівнює:

$$N_{\text{шп}} = N_2 \eta = 7 \times 0.75 = 5.25 \text{ кВт} \quad (4.25)$$

Оскільки $N_p < N_{\text{шп}}$, то обраний режим різання задовольняє умові по потужності на шпинделі верстата.

4.4.2 Перевірка по міцності механізму поздовжньої подачі верстата

Осьова сила P_x , яка впливає на міцність механізму поздовжньої подачі верстата, повинна бути менше або дорівнювати найбільшому зусиллю, допустимому механізмом поздовжньої подачі верстата:

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_x \leq P_{x \text{ доп}} \quad (4.26)$$

Де P_x -осьова сила різання, приймаємо $P_x=0.4P_z$;

$P_{x \text{ доп}}$ – найбільше зусилля, допустиме механізмом поздовжньої подачі верстата.

По паспортним даним верстата 1А62 найбільше зусилля буде дорівнювати 7500 Н.

$$P_x = 0.4 \times P_z = 0.4 \times 3324.2 = 1329.68 \text{Н} \quad (4.27)$$

За розрахунками осьова сила менша за допустиму, отже обраний режим різання задовольняє умові міцності механізму поздовжньої подачі верстата.

4.4.3 Перевірка по міцності державки різця

Умова по міцності державки різця має вид:

$$\sigma_{\text{изг}} \leq [\sigma_{\text{изг}}] \quad (4.28)$$

Де $\sigma_{\text{изг}}$ - це найбільше зусилля у тілі різця , яке залежить від сприймаемого навантаження, матеріалу тіла різця та розмірів його поперечного перерізу.

$$\sigma_{\text{изг}} = \frac{M_{\text{изг}} \times l}{W} \quad (4.29)$$

Де $M_{\text{изг}}$ - вигинаючий момент, Нм;

l - виліт різця з різцетримача, м. Приймаємо $l=1.5H$ (H - висота державки різця, $H=25\text{мм}$);

W - осьовий вигинаючий момент опіру, м^3 ;

$[\sigma_{\text{виг}}]$ - допустиме зусилля для державки різця, МПа. Приймаємо $[\sigma_{\text{виг}}]=200 \text{МПа}$;

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді зусилля в тілі різця визначається по формулі:

$$\sigma_{\text{виг}} = \frac{P_z \times l}{W} = \frac{6 \times P_z \times l}{B \times H^2} = \frac{9 \times P_z}{B \times H} = \frac{9 \times 3324.2}{16 \times 25} = 74.79 \text{ МПа} \quad (4.30)$$

Оскільки $\sigma_{\text{изг}} < [\sigma_{\text{виг}}]$, то обраний режим різання задовольняє умові по міцності державки різця.

4.4.3 Перевірка по міцності пластинки твердого сплаву різця

Умова міцності пластинки твердого сплаву різця має вид:

$$P_z < [P_z] \quad (4.31)$$

Де P_z -фактична сила різання, Н, $P_z=3324.2$ Н;

$[P_z]$ - величина сили різання, яка допускається по міцності пластинок твердого сплаву в залежності від їх товщини.

Відповідно до табл. 4.14 товщину пластинки твердого сплаву необхідно брати не менше ніж 6 мм.

Товщина пластинки, мм, до	Глубина резания, мм							
	1	2	3	4	6	8	12	15
	Допускаемые значения P_z , Н							
4	500	1800	2700	3600	5400	7200	10800	13500
6	1900	3850	5800	7700	11500	15400	23000	28800
8	3300	6600	9900	13200	19700	26300	39500	49400
10	5000	9950	15000	20000	29800	40000	59600	74500

Таблиця 4.14- Значення сили різання P_z , допустимої міцністю пластинок твердого сплаву

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

5. РОЗРАХУНОК ЧАСУ ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЇ

Штучний час $T_{шт}$ – це час , який витрачається на виконання операції, хв, буде дорівнювати:

$$T_{шт} = T_o + T_{доп} + T_{обс} + T_{отд} \quad (5.1)$$

Де T_o - основний час , тобто час безпосередньої дії інструмента на заготовку.

$T_{доп}$ - допоміжний час, тобто час на установку, зняття заготовки, час на управління верстатами при підготовці робочого ходу, виконання вимірювань у процесі обробки.

$T_{обс}$ - час обслуговування робочого місця, тобто організаційне обслуговування(огляд та опробування верстата, розкладання та прибирання інструмента), та час технічного обслуговування (регулювання та налагодження верстата, зміна та налагодження ріжучого інструмента).

$T_{отд}$ - час на особисті потреби та, при виснажливих роботах, на допоміжний відпочинок.

5.1. Розрахунок основного часу

Основний час T_o на змінення форми та розмірів заготовки визначаємо по формулі:

$$T_o = \frac{L \times i}{n \times S} \quad (5.2)$$

Де L -довжина робочого ходу різця, мм;

					1843.00.000.ПЗ					
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	РОЗРАХУНОК ЧАСУ ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЇ					
<i>Розроб</i>	Слепченкр КІ							<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Перев</i>	Логунов О.М								1	25
<i>Реценз.</i>	Кроль О.С							СНУ ім. В.Даля		
<i>Н. Контр.</i>								кафедра МПМ		
<i>Утверд.</i>	Соколов В.І									

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3 \quad (5.3)$$

Де l - загальна довжина робочого ходу різця в траєкторії руху подачі, мм;

i - число робочих ходів;

l_1 - величина шляху врізання, $l_1 = t \times \text{ctg} \varphi + (0.5 \dots 2)$;

l_2 - величина перебігу різця, $l_2 = 1 \dots 3$ мм;

l_3 - величина шляху для зняття пробних стружок, $l_3 = 5 \dots 8$ мм, для налагодженого обладнання $l_3 = 0$.

Тоді :

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3 = 23 + 3 \times \text{ctg} 45^\circ + 1 + 1 + 0 = 28 \text{ мм} \quad (5.4)$$

Основний час, хв, буде дорівнювати:

Для чорнового точіння:

$$T_{o1} = \frac{L \times i}{n_1 \times S_1} = \frac{28 \times 1}{380 \times 0.8} = 0.09 \text{ хв} \quad (5.5)$$

Для чистового точіння:

$$T_{o2} = \frac{L \times i}{n_2 \times S_2} = \frac{28 \times 1}{1200 \times 0.159} = 0,004 \text{ хв} \quad (5.6)$$

5.2 Розрахунок допоміжного часу

По табл.(4.1-4.3) визначаємо допоміжний час на установку, вивірку та зняття заготовки, допоміжний час на робочий хід, та на вимірювання.

$$T_{\text{доп}} = 2.30 + 0.5 + 0.22 = 3.02 \text{ хв} \quad (5.7)$$

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3 Розрахунок оперативного часу

$$T_{опл} = T_{ол} + T_{доп} = 0.09 + 0,004 + 3.02 = 3,114\text{хв} \quad (5.8)$$

5.4 Час на обслуговування робочого місця

Час на обслуговування робочого місця буде дорівнювати:

$$T_{обс} = (3...8\%)T_{оп} = 5\%(3.114) = 0.16\text{хв} \quad (5.9)$$

Час перерв на роботі:

$$T_{обс} = (4...9\%)T_{оп} = 5\%(3.114) = 0.16\text{хв} \quad (5.10)$$

Тоді штучний час буде дорівнювати:

$$T_{шт} = T_{о} + T_{доп} + T_{обс} + T_{отд} = (0.09 + 0.004) + 3.02 + 0.16 + 0.16 = 3.434\text{хв} \quad (5.11)$$

					0000.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Способ установки детали	Характер выверки	Масса детали, кг, до				
		1	3	5	10	30
		Время, мин				
В самоцентрирующем патроне	Без выверки	0,38	0,55	0,68	0,94	1,70
	По мелку	0,80	0,95	1,15	1,42	2,10
	По индикатору	1,65	1,90	2,30	2,90	4,40
В самоцентрирующем патроне с поджатием задним центром	Без выверки	0,49	0,66	0,80	1,06	1,75
	По мелку	0,83	1,20	1,40	1,75	2,70
В четырехкулачковом патроне	Без выверки	–	0,95	1,05	1,32	1,92
	По рейсмусу	–	1,48	1,70	2,10	3,10
	По индикатору	–	2,10	2,50	3,10	4,50
В центрах с хомутиком	Без выверки	0,33	0,55	0,62	0,76	1,60
В центрах с люнетом	Без выверки	0,58	0,68	0,74	0,96	1,32
На планшайбе с центрирующим приспособлением	Без выверки	1,10	1,30	2,30	2,55	3,20

Таблица 5.1- Допоміжний час на установку, вивірку та зняття заготовки

Переход	Высота центров, мм		
	100	200	300
	Время, мин		
Наружное точение или растачивание по 9, 10 качеству	0,70	0,80	1,00
Наружное точение или растачивание по 11 - 13 качествам	0,40	0,50	0,70
Наружное точение или растачивание на последующие рабочие ходы	0,10	0,20	0,30
Подрезка или отрезание	0,10	0,20	0,30
Снятие фасок, радиусов, галтелей	0,06	0,07	0,07
Нарезание резьбы резцом	0,03	0,04	0,06
Нарезание резьбы метчиком или плашкой	0,20	0,20	0,26
Сверление и центрование	0,50	0,60	0,90

Таблица 5.2- Допоміжний час на робочий хід

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата		

Измерительный инструмент	Точность измерения, мм; качество	Измеряемый размер, мм		
		100	500	1000
		Время, мин		
Линейка	–	0,06	0,09	0,11
Угольник	–	0,10	0,24	–
Штанга раздвижная	–	–	0,17	0,21
Штангенциркуль	0,1 мм	0,13	0,20	0,44
	0,02 мм	0,25	0,35	0,66
Микрометр	0,1 мм	0,22	0,30	–
Скоба двухсторонняя	11 – 13	0,07	–	–
	6 – 10	0,16	–	–
Скоба односторонняя	11 – 13	0,06	0,13	–
	6 – 10	0,06	0,20	–
Нутромер (микрометрический штихмасс)	0,03 мм	0,15	0,18	0,34
Пробка двухсторонняя предельная	9 – 10	0,13	–	–
	6 – 8	0,18	–	–
Индикатор	6 – 10	0,08	–	–

Таблица 5.3- Допоміжний час на вимірювання

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

6. РОЗРАХУНОК ПОТРЕБ В ОБЛАДНАННІ

Розрахункова кількість верстатів для виконання певної операції:

$$z = \frac{T_{шт} \times \Pi}{T_{зм} \times 60} = \frac{3.434 \times 100}{8 \times 60} = 0.715 \quad (6.1)$$

Де $T_{шт}$ - штучний час, хв;

Π - програма виконання деталей у зміну

$T_{зм}$ -час роботи верстата у зміну, год(зазвичай $T_{зм}=8$ год).

					1843.00.000.ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	Слєпченк КІ				РОЗРАХУНОК ПОТРЕБ В ОБЛАДНАННІ	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Перев</i>	Логунов О.М						1	25
<i>Реценз.</i>	Кроль О.С					<i>СНУ ім. В.Даля</i>		
<i>Н. Контр.</i>						<i>кафедра МІМ</i>		
<i>Утверд.</i>	Соколов В.І							

7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

7.1 Коефіцієнт основного часу

Коефіцієнт основного часу розраховуємо по формулі:

$$K_o = \frac{T_o}{T_{шт}} = \frac{0.09 + 0.004}{3.434} = 0.027 \quad (7.1)$$

Дані кажуть про те, що при виконанні операцій точіння відносно багато часу відводиться для допоміжних дій, тому необхідно провести організаційні та технологічні заходи по механізації процесів, зменшенню допоміжного часу на ін.

7.2 Коефіцієнт використання верстата по потужності

$$K_N = \frac{N_p}{N_{ст} \times \eta} = \frac{4.35}{7 \times 0.75} = 0.82 \quad (7.2)$$

Де K_N - коефіцієнт використання верстата по потужності;

N_p - потужність різання, кВт(обирають технологічний перехід операції з максимальною витратою потужності);

$N_{ст}$ - потужність основного привода верстата, кВт;

η -КПД верстата;

Чим ближче K_N до 1, тим більш повно використовується потужність верстата.

					1843.00.000.ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб</i>		Слепченко КІ			ТЕХНІКО- ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Перев</i>		ЛОГУНОВ О.М					1	25
<i>Реценз.</i>		Кроль О.С				<i>СНУ ім. В.Даля кафедра МІМ</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Утверд.</i>		Соколов В.І						

8. РОЗРАХУНОК ТОЧНОСТІ ОПЕРАЦІЇ.

Метою розрахунку точності обробки є:

- 1) Визначення сумарної похибки механічної обробки;
- 2) Розробка заходів, що знижують вплив елементарних похибок на сумарну точність.

Розрахунок точності виконуємо на операцію 015 – Токарну з ЧПК, чистове точіння поверхонь Ø60, Ø65, Ø78мм. Допуск на оброблювану поверхню $\delta = 120$ мкм.

Визначимо похибку, яка обумовлена зносом різального інструмент. Для цього знайдемо шлях різання при $S_0 = 0,159$ мм/об.:

$$l = \frac{\pi \times D \times L \times n}{1000 \times S_0} = \frac{\pi \times (60 \times 140 + 65 \times 23 + 65 \times 23 + 78 \times 82) \times 140}{1000 \times 0.159} = 49200\text{м} \quad (8.1)$$

D– діаметр оброблюваної поверхні,

L– розрахункова довжина обробки з урахуванням шляху врізання ріжучого інструменту, знаходиться як сума добутків діаметру та довжини, що оброблюються;

n– кількість деталей в партії;

S_0 - подача на оборот верстата. Тоді похибку, яка обумовлена зносом різального інструменту, визначимо за формулою:

$\Delta i =$

					1843.00.000.ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
Розроб		Слепченкр КІ			РОЗРАХУНОК ТОЧНОСТІ ОПЕРАЦІЇ	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Перев		Логунов О.М					1	25
Реценз.		Кроть О.С				СНУ ім. В.Даля		
Н. Контр.						кафедра МПМ		
Утверд.		Соколов В.І						

де i_o – відносний знос інструмента на 1000 м шляху різання, для різців з матеріалу ріжучої частини Т15К6 при обробки деталі з вуглеводистої сталі $i_o = 5$ мкм/км.

Визначимо похибку настройки верстату.

Знайдемо Δ_m – зміщення центру групування розмірів пробних деталей щодо середини поля розсіювання розмірів. Прийємо миттєву похибку обробки, $\Delta_{mt} = 10$ мкм; кількість пробних деталей, $m = 5$. Тоді:

Δ :

мкм.

Прийємо похибку регулювання положення

ріжучого інструменту на верстаті, $\Delta_{рег} = 15$ мкм, похибку вимірювання пробних деталей $\Delta_{вим} = 8$ мкм. Тоді:

$$\Delta_n = \sqrt{\Delta_{зм}^2 + \Delta_{рег}^2 + \Delta_{вим}^2} = \sqrt{4,4^2 + 15^2 + 8^2} = 17 \text{ мкм} \quad (8.4)$$

де $\Delta_{рег}$ – похибка регулювання положення ріжучого інструменту на верстаті; $\Delta_{вим}$ – похибка вимірювання пробних деталей;

$\Delta_{зм}$ – зміщення центру групування розмірів пробних деталей щодо середини поля розсіювання розмірів, мкм.

При установці деталі в центрах: $\epsilon_y^2 = 0$. Знайдемо сумарну похибку обробки:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_i + \Delta_n + \sqrt{\Delta_{ст}^2 + \epsilon_y^2} = 76 + 17 + \sqrt{15^2 + 0^2} = 108 \quad (8.5)$$

де Δ_i – похибка, обумовлена зносом різального інструменту, мкм;

Δ_n – похибка настройки верстата, мкм;

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$\Delta_{\text{сл}} = 15$ мкм поле розсіювання похибок обробки, обумовлених дією випадкових факторів, мкм;

ε_y – похибка установки заготовки, мкм.

Виконаємо перевірку забезпечення необхідної точності обробки обох поверхонь:

тоб

то

108 ·

мк

м,

Точність обробки деталі «Вал» при спроектованому технологічному процесі забезпечується.

Зведемо усі розрахунки у таблицю 8.1.

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Номер операції	Найменування операції, переходу	Глибина різання	Довжина різання	Подача		Швидкість		частота обертання		хвилинна подача	основний час
				розрах.	прийнята	розрах.	прийнята	розрах.	прийнята		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
010	Фрезерно-центрувальна										
	1.Фрезерувати торці	1	7	1	1	120	101	579	500	500	0,15
	2.Свердлити центрові отвори	14	—	0,12	0,12	29	25	1453	1250	150	0,1
010	Фрезерно-центрувальна										
	1.Фрезерувати торці	1	1	1	1	120	101	579	500	500	0,15
	2.Свердлити центрові отвори	14	—	0,12	0,12	29	25	1453	1250	150	0,1
020	Нарізання шліців										
	Ø8	4	82	0,8	0,8	82,54	78,57	399,2	380	304	0,183
025	Нарізання фасок										
	Ø60	2	2	1,2	0,159	312,29	246,03	1523,2	1200	190,8	0,02
	Ø78	2,6	2,6	1,2	0,159	312,29	246,03	1523,2	1200	190,8	0,011
	Ø65	2	2	1,2	0,159	312,29	246,03	1523,2	1200	190,8	0,004
030	Фрезерування шпонкового пазу										
	Ø60	7	100	0,015	0,015	27	22	614	500	7,5	3
035	Термічна обробка										
040	Торцекруглошліфувальна										
	Ø60	0,26	140	5	5	3000	3000	159,2	120	900	9,2
	Ø65	0,26	25	5	5	3000	3000	146,9	120	900	3,34
	Ø65	0,26	23	5	5	3000	3000	146,9	120	900	3,34
045	Шліфування шліців										
	Ø8	0,015	82	6	6	3000	3000	122,42	120	900	7,9
050	Контроль якості виробу										

Таблиця 8.1- Маршрутна карта технологічного процесу

					1843.00.000.ПЗ						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							

ВИСНОВКИ

В даній роботі приведений розрахунок виготовлення валу приводу верстату електроерозійної обробки деталей.

Наведено проектно – конструкторський розрахунок.

Визначено основні геометричні характеристики вузла технологічного обладнання.

Розраховано ширину шківу та підібрано підшипники, наведено креслення деталі «Вал».

Розроблено технологічний процес механічної обробки деталі «Вал» та визначено тип виробництва.

Було обрано тип заготовки, метод її отримання та розраховано основні розміри заготовки з виконанням робочого креслення.

Розроблений технологічний маршрутний процес обробки деталі.

Виконано розрахунок режимів різання аналітичним та табличним методом, розрахунок точності операції.

Обрано матеріал деталі.

Виконано робоче креслення деталі.

					1843.00.000.ПЗ					
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ВИСНОВКИ					
<i>Розроб.</i>	Слепченкр КІ							<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Перев</i>	Логунов О.М							1	1	1
<i>Реценз.</i>	Кроль О.С							<i>СНУ ім. В.Даля кафедра МПМ</i>		
<i>Н. Контр.</i>										
<i>Утверд.</i>	Соколов В.І									

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т1
Дальской А.М. и др. Москва: Машиностроение-1, 2001. 912 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т2
Дальской А.М. и др. Москва: Машиностроение-1, 2001. 944 с.
3. Горбачев А.Ф. Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Минск: Высшэйш. шк., 1983. 256 с.
4. Расчет экономической эффективности новой техники: справочник / К.М. Великанова и др. Ленинград: Машиностроение, 1990. 512 с.
5. Балабанов А.Н. Краткий справочник технолога – машиностроителя. Москва: Издат. Стандартов, 1992. 462 с.
6. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. Ленинград: Машиностроение, 1975. 652 с.
7. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков. Москва: Машиностроение, 1971. 384 с.
8. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Москва: Машиностроение, 1974. 207 с.
9. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и времени на обслуживание рабочего места, на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Массовое производство. Москва: Машиностроение, 1974. 136 с.
10. Руденко П.А., Харламов Ю.А., Плескач В.М. Проектирование и производство заготовок в машиностроении. Киев: Вища школа, 1991. 361 с.
11. Технология машиностроения / Егоров М.Е. и др. Москва: Высшая школа, 1976. 534 с.

					1843.00.000.ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
Розроб.		Слепченкр КІ			РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Перев		ЛОГУНОВ О.М					1	3
Реценз.		Кроль О.С				<i>СНУ ім. В.Даля</i>		
Н. Контр.						<i>кафедра МПМ</i>		
Утверд.		Соколов В.І						

12. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. Москва: Машиностроение, 1974. 136 с.

13. Технология машиностроения (специальная часть) / А.А. Гусев и др. Москва: Машиностроение, 1986. 480 с.

14. Егоров М.Е. Основы проектирования машиностроительных заводов. Москва: Высшая школа, 1969. 480 с.

15. Допуски и посадки. Справочник / под ред. В.Д. Мягкова. Ленинград: Машиностроение, 1978. 1032 с.

16. Маталин А.А. Технология машиностроения. Ленинград: 1985. 496с.

17. Общемашиностроительные нормативы времени на слесарно-сборочные и слесарные работы при сборе машин. Массовое и крупносерийное производства. Москва: Машиностроение, 1973. 143 с.

18. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении: учебн. пособие / под ред. В.В. Бабука. Москва: Высш. шк., 1987. 255 с.

19. ГОСТ 1050-88. Прокат сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. Общие технические условия. Москва: Изд-во стандартов, 1989. 24 с.

20. ГОСТ 12080-66. Концы валов цилиндрические. Основные размеры, допускаемые крутящие моменты. Москва: Изд-во стандартов, 1966. 18 с.

21. ГОСТ 20889-88. Шкивы для приводных клиновых ремней нормальных сечений. Основные технические условия. Москва: Изд-во стандартов, 1988. 17 с.

22. ГОСТ 6636-69. Основные нормы взаимозаменяемости. Нормальные линейные размеры. Москва: Изд-во стандартов, 1988. 7 с.

23. ГОСТ 8338-75. Подшипники шариковые радиальные однорядные. Основные размеры. Москва: Изд-во стандартов, 1975. 12 с.

					1843.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата		

24. Решетов Д.Н. Детали машин. Москва: Машиностроение, 1989. 496 с.

25. Курсовое проектирование деталей машин: учебн. пособие для учащихся машиностроительных специальностей техникумов С.А. Чернавский, и др. Москва: Машиностроение, 1988. 416 с.

26. Киркач Н.Ф. Баласанян Р.А. Расчет и проектирование деталей машин: учеб. пособие для вузов. Харьков, Основа, 1991. 276 с.

27 Введение в Creo Parametric. *Интерактивная справка Creo Parametric* веб-сайт:

URL: http://support.ptc.com/help/creo/creo_pma/russian/index.html#page/tutorials_pma/tutorials_overview.html#wwconnect_header (дата звернення: 28.04.2020).

									Лист	
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	1843.00.000.ПЗ					