

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет інженерії
Кафедра машинобудування та прикладної механіки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до випускної кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему: Розробка технологічного процесу механічної обробки
деталі «Вал шліцьовий»

Студента IV курсу групи ПМЕ-17д

спеціальності: 131 Прикладна механіка

Астапенко Д. М.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник роботи

к.т.н. Шумакова Т.О.

(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)

Сєвєродонецьк – 2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет інженерії

Кафедра машинобудування та прикладної механіки

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр

Спеціальність 131 «Прикладна механіка»

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

« _____ » _____ 2021 року

ЗАВДАННЯ
НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА
студенту

Астапенку Данилу Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка технологічного процесу механічної обробки
деталі «Вал шліцьовий»

керівник роботи Шумакова Тетяна Олександрівна

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

затверджені наказом по університету від «__» _____ 2021 року _____

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані Креслення деталі. Матеріал деталі. Річна програма випуску
роботи деталі

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки

Реферат. Вступ. Опис технологічного обладнання. Проектно-конструкторський розрахунок деталей технологічного обладнання. Розробка технологічного процесу деталі «Вал шліцьовий». Висновки. Список використаної літератури.

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

1. Вал шліцьовий. 2. Робоче креслення заготовки деталі. 3. Наладка інструментальна.

6. Консультанти розділів

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

7. Дата видачі завдання «__» _____ 2021 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)

Астапенко Д. М.

.....
(прізвище та ініціали)

Керівник бакалаврської роботи

.....
(підпис)

Шумакова Т.О.

.....
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної бакалаврської роботи містить: сторінок 52, таблиць 8, рисунків 12.

Технологічний процес механічної обробки деталей являє собою необхідну та дуже важливу частину виробничого процесу та слугую для, досягнення заданої точності та якості поверхонь деталей машинобудівного виробництва.

В бакалаврській роботі було розроблено технологічний процес механічної обробки деталі «Вал шліцьовий». Визначено тип заготовки, спосіб її отримання. Розраховано основні розміри заготовки та виконане робоче креслення деталі та заготовки, знайдено тип виробництва. Спроектовано маршрутний технологічний процес обробки деталі, виконано розрахунки режимів різання двома методами – аналітичним та табличним.

Зроблено проектно-конструкторський розрахунок деталі вал вхідний шліцьовий коробки швидкостей консольно-фрезерного горизонтального верстата моделі СФ80.

Пояснювальна записка має наступні розділи:

- 1) Реферат;
- 2) Зміст;
- 3) Вступ;
- 4) Загальний опис основного обладнання (верстат СФ80);
- 5) Проектно-конструкторський розрахунок;
- 6) Розробка технологічного процесу;
- 7) Висновки
- 8) Рекомендована література.

Ключові слова наступні: вал, верстат, коробка швидкостей, розрахунок, технологічний процес, обробка, різець.

ЗМІСТ

Вступ	6
1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ. 7	7
1.1. Службове призначення та особливості конструкції технологічного обладнання.....	7
1.2. Перелік та обґрунтування операцій, що виконуються на верстаті, що проектується	11
1.3. Поздовжня і поперечна компоновка коробки швидкостей	13
2. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	15
2.1. Загальні положення.....	15
2.2. Проектно-конструкторські розрахунки	17
3. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «ВАЛ ШЛІЦЬОВИЙ».....	24
3.1. Опис службового призначення деталі, аналіз креслення і технічних умов на її виготовлення.....	25
3.2 Виконання технологічної частини	27
3.2.2 Визначення маси деталі.....	28
3.2.3 Визначення типу виробництва	28
3.2.4 Вибір виду заготовки і обґрунтування методу її отримання	29
3.2.5 Особливості вибору та обґрунтування методів обробки поверхонь деталей. Розробка маршрутного технологічного процесу	30
4 ПРОЕКТУВАННЯ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «ВАЛ ШЛІЦЬОВИЙ».....	33
4.1 Розрахунок припусків на механічну обробку і визначення операційних розмірів.....	35
4.2 Розрахунок режимів різання	43
Висновки	47
Рекомендована література	49

ВСТУП

Проектування технологічних процесів є складовою частиною єдиної системи технологічної підготовки виробництва. Ця система встановлена на базі державних стандартів з метою організації та управління технологічною підготовкою виробництва на основі новітніх досягнень науки і техніки. Проектування технологічних процесів складається з наступних етапів: аналізу вихідних даних, технологічного контролю деталі, вибору заготовки, баз, встановлення маршруту обробки окремих поверхонь, проектування технологічного маршруту виготовлення деталі з вибором типу обладнання, розрахунку припусків, побудова операцій, розрахунків режиму обробки, технічного нормування операцій, оформлення технологічної документації.

Головним завданням кваліфікаційної бакалаврської роботи є набуття наступних навичок:

1. Створювати і обґрунтовувати конструкцію машин, механізмів їх елементів на базі методів прикладної механіки на машинобудування, теорії взаємозамінності, принципів конструювання.
2. Вміння виконувати вузли обладнання, проектувати складальні і робочі креслення різноманітних виробів машинобудування, за базою діючих норм конструювання.
3. Здатність виконувати наступні розрахунки деталей машин: на міцність, стійкість, жорсткість, довговічність, витривалість.
4. Навчитися знаходити оптимальне технологічне обладнання, комплектацію технічних комплексів і мати основні уявлення про правила їх експлуатації
5. Вміння вирішувати типові задачі і розрахунки: вибір різального інструменту, оброблювальних верстатів. Знаходження раціональних режимів різання, які дозволяють отримати задану якість продукції

1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

1.1. Службове призначення та особливості конструкції технологічного обладнання

Технологічним обладнанням при виконанні кваліфікаційної бакалаврської роботи слугує консольно-фрезерний горизонтальний верстат на базі моделі СФ80, який може забезпечити високопродуктивне виконання основних технологічних операцій обробки деталей.

Основні операції, що виконуються на верстаті наступні: центрування, свердління, зенкування, розсвердлювання, розгортання точних отворів, розточування отворів і фрезеруванням різних поверхонь.

Верстат призначено для обробки заготовок зі сталей, кольорових металів, сплавів, чавуну і пластмас. На цьому верстаті обробляються заготовки, отримані в результаті кування, лиття, прокату і штампування.

Розміри оброблюваних деталей визначається, за розмірами столу і граничною відстанню між столом і фрезою. Розмір столу № 2 (стіл другого типорозміру) з габаритними розмірами: 320×1250 мм.

Гранична маса заготовки, що можна встановити на стіл верстату з елементами базування і кріплення не більше 200 кг.

Граничні розміри заготовок, що можуть біти оброблено на верстаті 720×300 мм. При фрезеруванні можна добитися шорсткості поверхонь до $Rz=3,2$ мкм. Точність обробки отворів з полем допуску не більше за Н8. На рисунку 1 наведений зовнішній вигляд верстату моделі СФ80. В таблиці 1 наведені технічні дані і характеристики верстата моделі СФ80. Кінематична схема консольно-фрезерного горизонтального верстата на базі моделі СФ80 наведена на рис. 2.

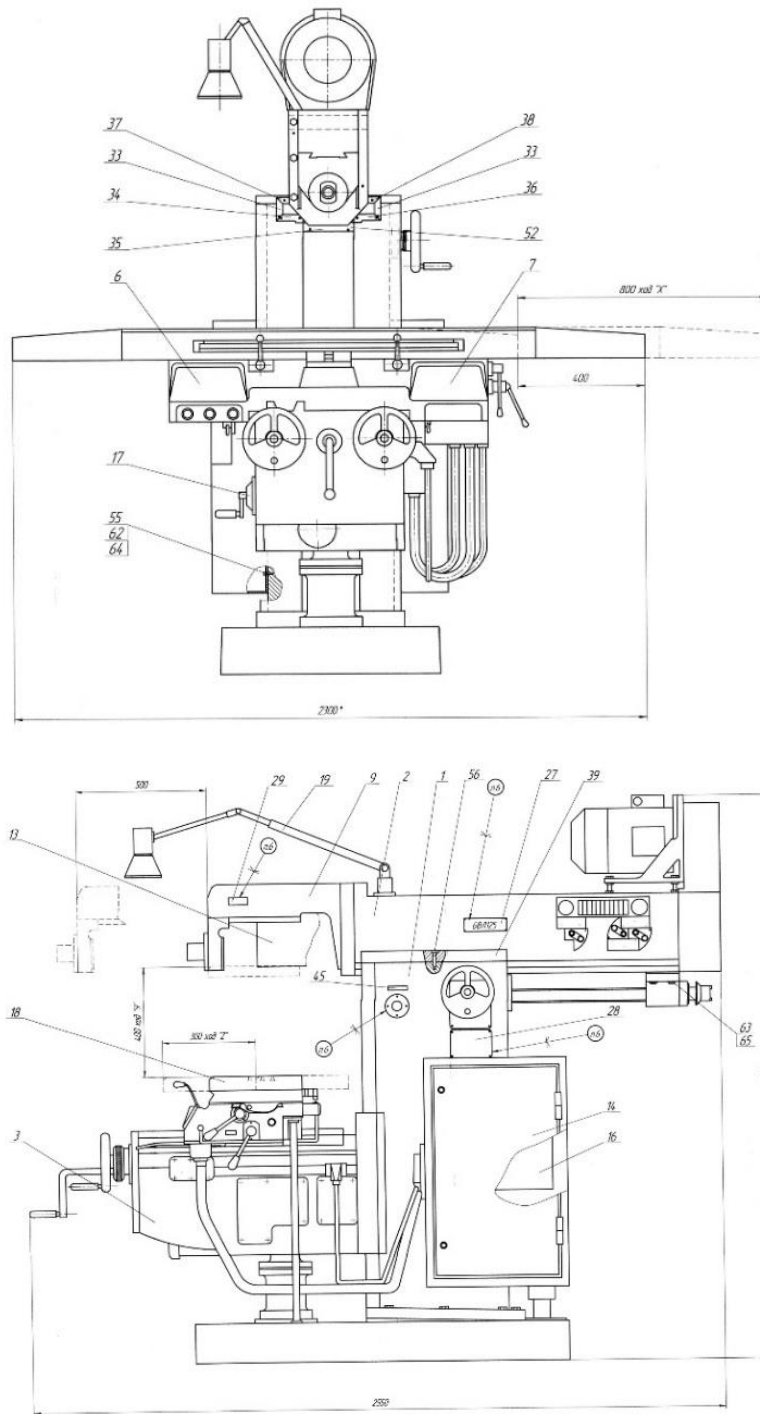


Рис. 1 Зовнішній вигляд консольно-фрезерного горизонтального верстату моделі СФ80

Технічні дані і характеристики верстата моделі СФ80

Найменування показників	Значення показників
1	2
1. Показники призначення Показники заготовки Граничні розміри заготовки, мм: висота ширина довжина Граничні розміри оброблюваних поверхонь, мм: висота довжина Найбільша маса встановлюваної заготовки з елементами базування і кріплення, кг	400 320 1000 300 720 200
2. Характеристика робочої поверхні столу Робоча поверхня столу, мм: номінальний розмір Т-образних пазів, мм номінальна відстань між осями пазів, мм число Т-образних пазів	320×1250 18 63 3
3. Показники інструменту, що встановлюється на верстаті Найбільший діаметр дискових фрез, мм Конус шпинделя по ГОСТ 15945-62 Довжина набору фрез на оправці, мм Закріплення інструменту	200 Конус 50 300 Бесшомпольне
4. Показники робочих і настановних переміщень Найбільше переміщення столу, мм: поперечне поперечне вертикальне Найбільше установче (ручне) переміщення шпиндельної бабки, мм найменше, не більше	300 800 400 300

1	2
<p>Відстань від осі шпинделя до робочої поверхні столу, мм найбільше, не менше</p> <p>Відстань від торця шпинделя до вертикальних напрямних, мм найменше, не більше найбільше, не менше</p>	<p>450 50</p> <p>75 375</p>
<p>5. Силові характеристики верстата</p> <p>Номінальна потужність приводу головного руху, кВт</p> <p>Потужність сумарна встановлених електродвигунів</p>	<p>5,5 7,12</p>
<p>6. Показники основних і допоміжних переміщень</p> <p>Межі частот обертання шпинделя $xв^{-1}$</p> <p>Число частот обертання шпинделя</p> <p>Межі подач столу, мм/хв:</p> <p> поздовжнє</p> <p> поперечне</p> <p> вертикальне</p> <p>Число подач столу</p> <p>Швидкість швидких переміщень столу, мм/хв:</p> <p> поздовжнє</p> <p> поперечне</p> <p> вертикальне</p> <p>Ціна поділки лімба при ручному переміщенні столу за один оборот:</p> <p> поздовжньому і поперечному</p> <p> вертикальному</p>	<p>31,5...1600 (40...2000)</p> <p>18</p> <p>20...1000 20...1000 8...400</p> <p>18</p> <p>3000 3000 1200</p> <p>2 1</p>
<p>7. Габарити і маса</p> <p>Габаритні розміри, мм, не більше</p> <p> ширина</p> <p> висота</p> <p> довжина</p> <p> маса, кг, не більше</p>	<p>2300 2100 2100 3000</p>

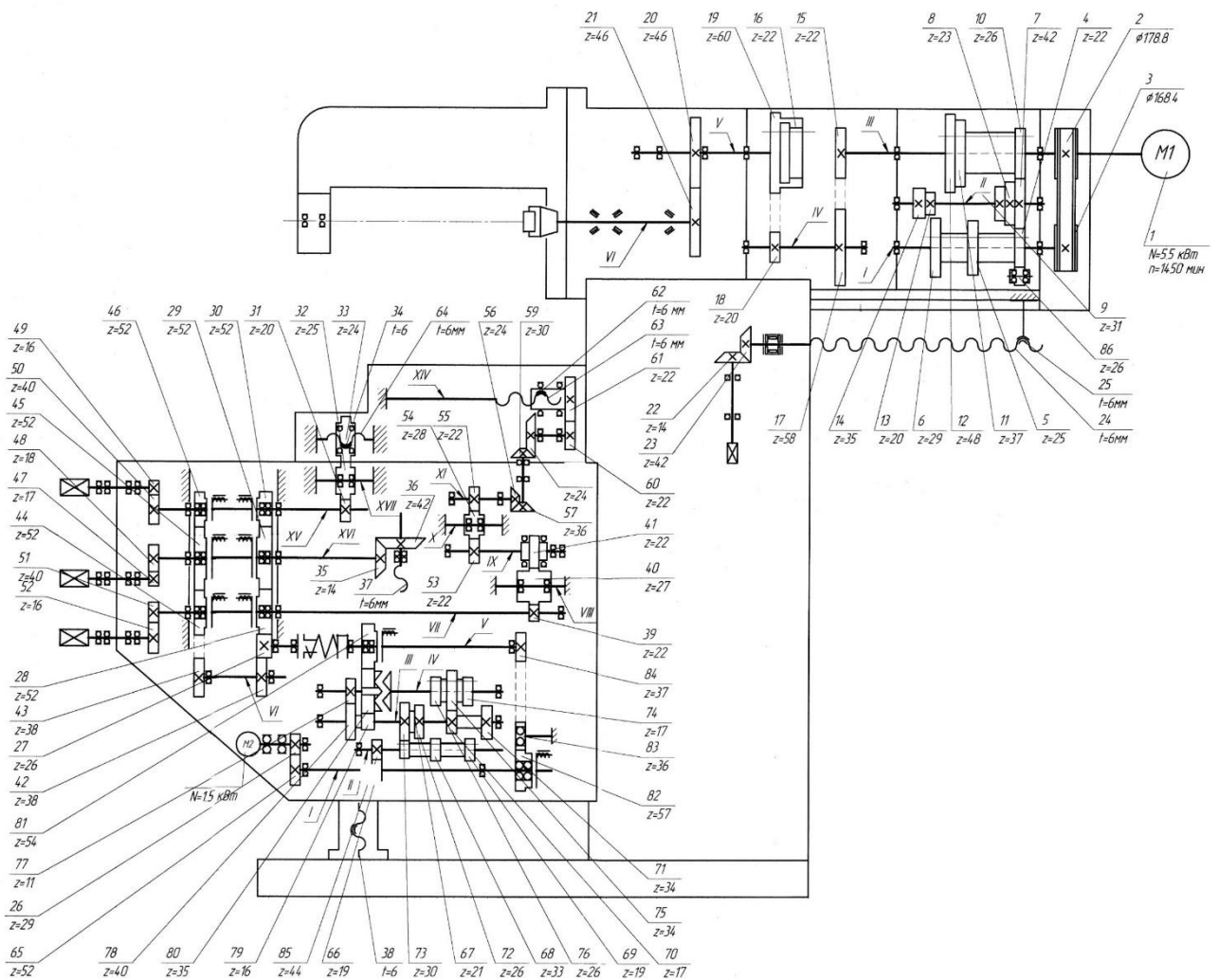


Рис. 2. Кінематична схема верстату СФ80

1.2. Перелік та обґрунтування операцій, що виконуються на верстаті, що проектується

На верстаті СФ80 можна виконувати наступні операції: фрезерування (рис. 3), центрування, zenкування, розсвердлювання, свердління, розгортання, розточування отворів (рис. 4). Свердління – це операція, що виконується обертанням спірального свердла (рис. 4. а) та переміщення столу за рухом подачі.. Zenкування – проводиться zenкером і слугує для покращення поверхні отвору, який отримано після свердління, штампування або лиття (рис. 4. б). Розгортання –

процес який потрібно виконувати після зенкування, і воно служить для зменшення шорсткості поверхні та усунення слідів попередніх операцій (рис. 4. в).

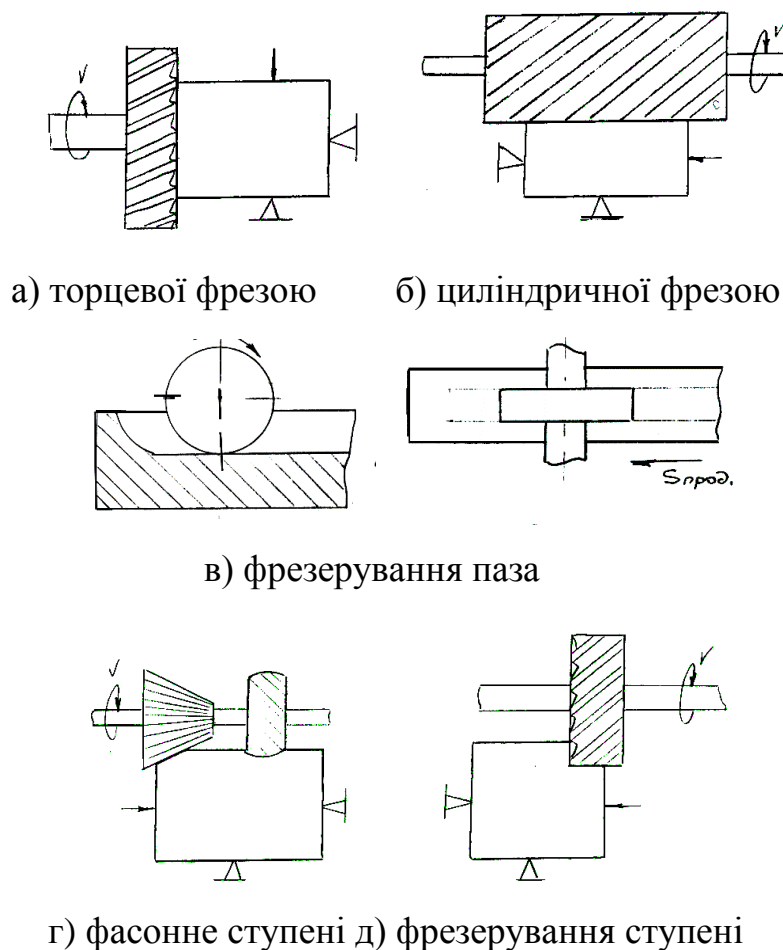


Рис. 3. Схеми фрезерування поверхонь

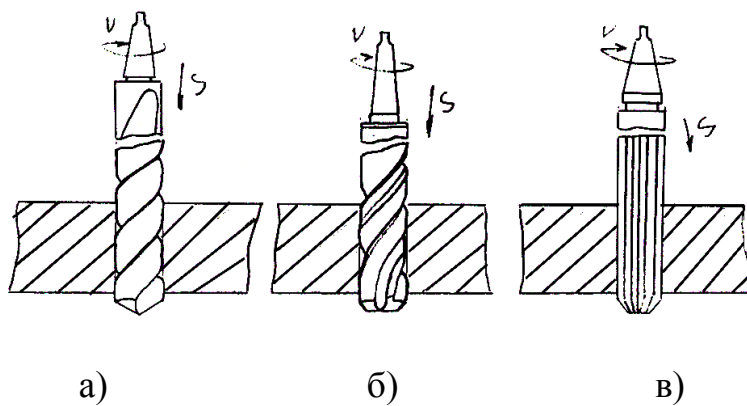


Рис. 4. Ескізи операцій свердління

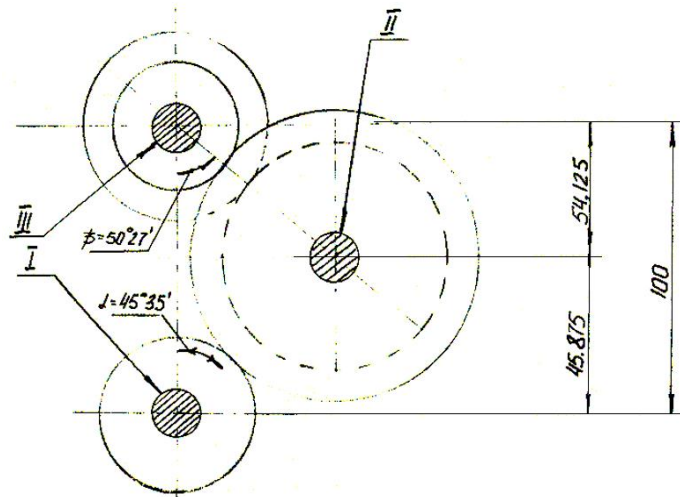


Рис. 6. Поперечна компоновка коробки швидкостей верстату СФ80

До числа найбільш відповідальних деталей коробки швидкостей верстату СФ80 належать вали, як і в будь-якому іншому механізмі або машині, і поломка яких зазвичай є загрозою для всього приводу. Для розрахунку валів необхідно знати наступні данні

- 1) Розміри їх ділянок по довжині;
- 2) Сили, що діють і крутний момент;
- 3) Допустиме напруження матеріалів;

На першому етапі ескізного проектування коробки передач встановлюють довжини ділянок. На стадії розрахунку передач визначають зусилля. За довідковими таблицями отримують матеріал і допустимі напруження.

Перелік проектування коробки передач технологічного обладнання:

- 1) Виконання попереднього розрахунку валів;
- 2) Конструкторська розробка валів;
- 3) Перевірочний розрахунок валів;

2. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1. Загальні положення

Вал — деталь, що обертається навколо своєї осі, призначена для передачі руху зв'язаним з нею частинам машини чи механізму, складовою яких вона є. При цьому вал передає крутний момент вздовж своєї осі та забезпечує підтримання обертових деталей машин, котрі на ньому розміщені. Крутні моменти передаються за допомогою сил, що діють на вали з боку механічних передач (наприклад, у зачепленні зубчастих або черв'ячних передач, натягу приводних пасів тощо). Тому на вали діють також згинальні моменти і осьові навантаження.

Класифікація валів. За призначенням вали поділяються на вали передач та корінні вали машин. На валах передач установлюють зубчасті колеса, шківви, муфти та інші деталі передач, на корінних валах — не тільки деталі передач, але і маховики, затискні патрони, кривошипи тощо.

За формою геометричної осі вали бувають:

- прямі;
- ексцентрикові (колінчасті, кулачкові);
- гнучкі;
- карданні (прикладом є приводний вал автомобіля).

За конструктивним виконанням вали поділяються на:

- гладкі;
- ступінчасті;
- порожнисті.

Найпоширенішими є прямі вали. Вони застосовуються в редукторах, металорізальних верстатах, підйомно-транспортних машинах, машинах легкої промисловості тощо.

Конструювання валу. Конструкція валів визначається деталями, які на них розміщуються і розташуванням опор. При конструюванні валів і осей беруть до

уваги технологію збирання та розбирання, механічну обробку, витрати матеріалу та ін. При проектуванні вхідних або вихідних валів редукторів чи коробок передач сусідньою до хвостовика шийкою є ділянка вала, на яку встановлюють підшипник. Тому висота буртика циліндричної ділянки вала має бути узгоджена із внутрішнім діаметром підшипника. При цьому бажано передбачити можливість монтажу підшипника без демонтажу призматичної шпонки.

Порожнисті вали зазвичай застосовують для економії матеріалу чи поліпшення характеристик деталі (наприклад підвищення опору на згин чи подача через вал реагенту в робочу зону апарата) Порожнистий вал можна виготовити з:

1. **Трубопрокату.** Відрізають потрібну заготовку від трубоподібної заготовки, далі її обробляють в залежності від умов роботи готової деталі. Підходить майже для всіх випадків;
2. **Металевої смуги.** З листа необхідної товщини вирізають контур майбутньої заготовки. Надалі заготовку згинають на прокаті чи листозгинальній машині, надаючи їй форму труби, стик зварюють. Підходить для великих тихохідних валів, по яких буде подаватися (чи видалятиметься) матеріал до робочої зони апарата (чи видалятиметься з неї);
3. **З суцільної заготовки.** У суцільній заготовці на свердильному (токарному) верстаті вирізається отвір потрібних параметрів. Метод підходить для відносно коротких валів.
4. **Відливання.** Рідкий метал (сталь) заливають у готову форму. Після застигання виріб відправляють на механічну обробку, балансування, гартування тощо. Зазвичай так виготовляють вали характеристики (в тому числі геометричні параметри) та властивості яких не можна отримати вище зазначеними методами.

Матеріали валів. Вали і осі в основному виготовляють з сталей:

- вуглецевих 20, 30, 40, 45, 50;
- легованих 20Х, 40ХН, 30ХГСА, 40ХН2МА, 18Х2Н4МА і ін.

Вибір матеріалу визначається конструкцією вала, вимогами до нього, що пред'являються умовами експлуатації, необхідним терміном гарантії безвідмовної роботи.

Для поліпшення механічних характеристик застосовують різні види термообробки, в тому числі поверхневе зміцнення для підвищення зносостійкості. Вибір матеріалу вала-шестерні (черв'яків) визначається вимогами до поверхневої твердості і витривалості при вигині зубів вала-шестерні (витків черв'яка).

2.2. Проектно-конструкторські розрахунки

Починаю проектний розрахунок валу приводу технологічного обладнання і роблю креслення конструкції валу.

Вхідні дані. Вхідні данні для проектно-конструкторського розрахунку це - кінематична схема коробки швидкостей (рис. 7) та розрахункова схема валу (рис. 8).

Вхідні дані для розрахунку наступні:

- тип електродвигуна V112S;
- потужність електродвигуна, що передається $5,5 \text{ N, кВт}$
- номінальна частота обертання електродвигуна, 1000 n, хв^{-1}
- діаметр ведучого шківa $d_{p1} = 112 \text{ мм}$;
- діаметр веденого шківa $d_{p2} = 280 \text{ мм}$.

В бакалаврській роботі в якості електродвигуна для коробки швидкостей є двигун постійного струму з двозонним регулюванням типу V112S. Його потужність складає $5,5 \text{ кВт}$. Призначення таких електродвигунів є – для приводи головного руху верстатів з ЧПК.

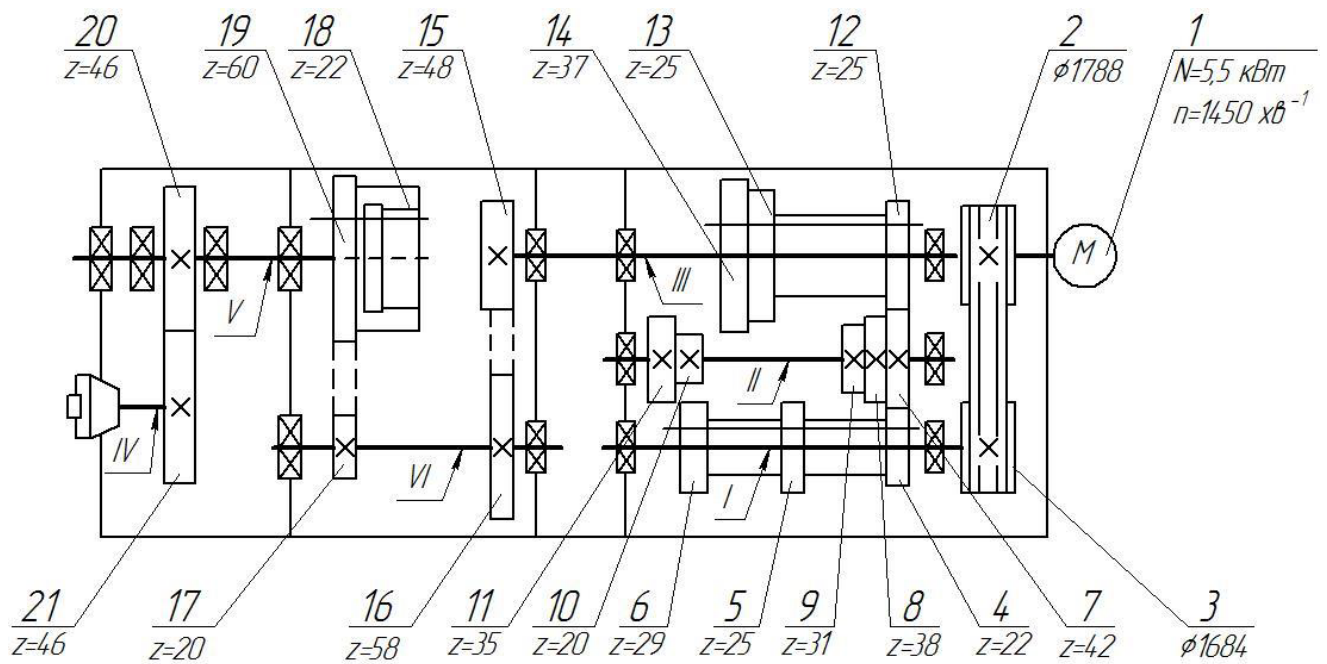


Рис. 7. Принципова кінематична схема привода головного руху

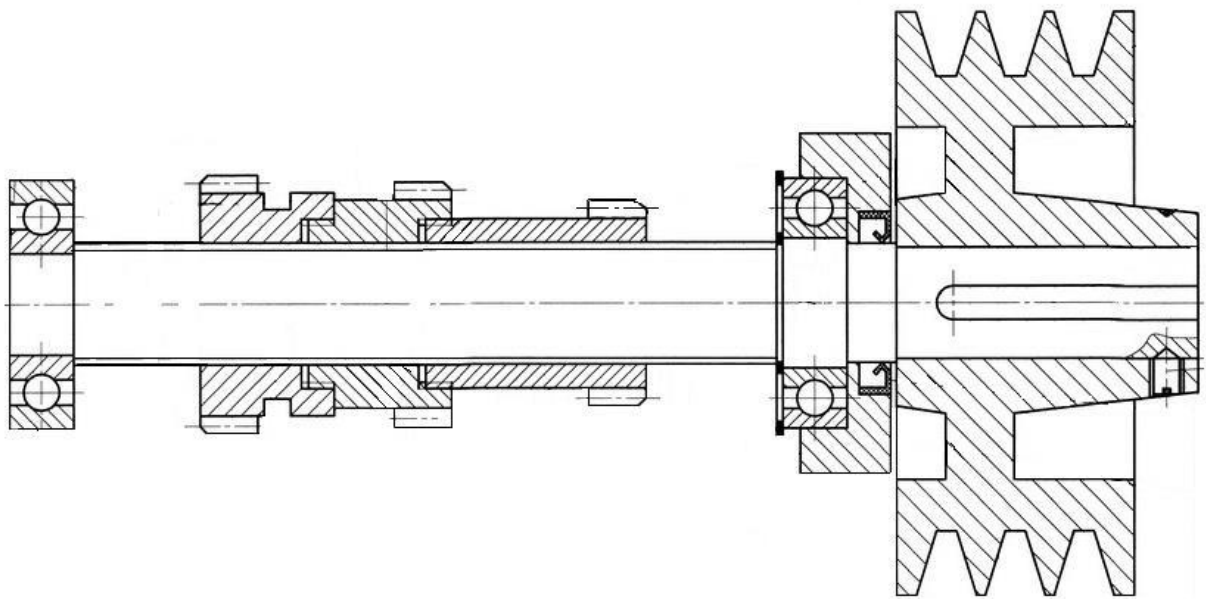


Рис.8. Ескіз вузла «Вал»

Матеріал валу. Для валів приводу головного руху верстатів зазвичай застосовують сталі марок 20Х, 45, 50, 20Х, 40Х, що пройшли термічну обробку поліпшенням (загартування з наступним високим відпуском).

При виконанні кваліфікаційної роботи бакалавра приймаємо, що матеріалом валу є Сталь 20Х ($\tau_{кр} = 25 \text{ МПа}$).

М.

Розраховую діаметральний розмір першої ступені валу, на якій розташовано шків клинопасової передачі:

$$d_1 = 10 * \sqrt[3]{\frac{T}{(0.2[\tau])}} = 10 * \sqrt[3]{\frac{55.525}{(0.2 * 25)}} = 22.3$$

де T – крутний момент на вхідному валу, Н*М

$[\tau_{кр}]$ – допустима напруга на кручення, МПа, для вихідного кінця валу приймаю $[\tau_{кр}] = 25$ МПа. Приймаємо, що $d_1 = 24$ мм.

При проектному розрахунку валу довжину першої ступені вхідного валу, на якій розташовано шків клинопасової передачі, приймаю рівною ширині шківа, тобто $l_1 = l_m = M$.

Розраховую ширину шківа M перерізу В (ДСТУ ISO 22:2009 [42]) з трьома канавками (рис. 9):

$$M = (n-1) * e + 2f = (3-1) * 19 + 2 * 12.5 = 63 \text{ мм}$$

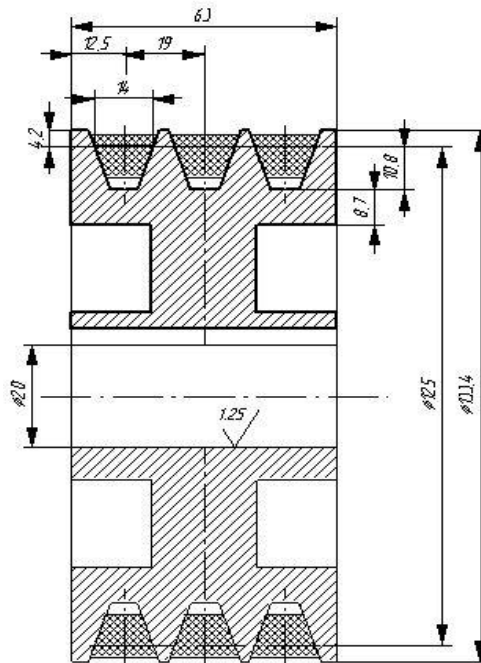


Рис. 9. Ескіз шківу клинопасової передачі

Отримане значення ширини шківів перевіряю згідно ряду нормальних лінійних розмірів за ГОСТ 6636-69. Розмір $M=63$ мм відповідає нормальному ряду $R_a 5$.

Виходячи з розрахунків приймаю наступні розміри першої ступені: діаметр – $d_1=24$ мм: довжина – $l_1 = 63$ мм.

На першій ступені валу, що проектується, розташовано відкритий шпонковий паз. Він необхідний для з'єднання валу зі шківом клинопасової передачі. Розміри призматичної шпонки вибираємо згідно за ГОСТ 23360-78 [16] в залежності від діаметра валу. Довжина пазу визначаю згідно довжини маточини, що насаджується. Значення довжини округляю до стандартного ряду: 6; 8; 10; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63; 70; 80; 90; 100; 110; 125; 140; 160; 180; 200; 220; 250 (мм).

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

$$d_2 = d_1 + 2 * t = 24 + 2 * 2 = 28 \text{ мм},$$

де t – перехід діаметра валу по відношенню до попереднього діаметра. Значення буртику t в залежності від діаметру ступені d_1 для мого випадку дорівнює 2 мм.

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

Вибір підшипників.

В якості опор обираю підшипники шарикові радіальні однорядні легкої серії, згідно ГОСТ 8338-75 [12] діаметру валу $d_2 = 30$ мм відповідають підшипники марки 205, вантажопідйомністю $C = 14000$ Н, $C_0 = 6950$ Н. Номінальний діаметр зовнішньої циліндричної поверхні підшипника $D = 52$ мм, ширина $B = 15$ мм, координата монтажної фаски $r = 1,5$ мм.

Довжина другої ступені валу під підшипник дорівнює ширині підшипника $l_2 = B = 15$ мм. Отримане значення довжини другої ступені перевіряю за ГОСТ 6636-69 [11]. Розмір $l_2 = 15$ мм відповідає нормальному ряду $R_a 5$.

Для визначення розмірів третьої ступені валу враховуємо, що зубчасте колесо на валу монтується за допомогою шліцьового з'єднання. Розрахуємо діаметр ступені валу під зубчасте колесо:

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

Округляю згідно ряду нормальних чисел до найближчого більшого $d_3 = 38 \text{ мм.}$

Обираю параметри зубчастого шліцьового прямобочного з'єднання легкої серії згідно ГОСТ 1139-58 [20] для внутрішнього діаметру $d_3 = 38 \text{ мм.}$ число зубів $z = 8$; зовнішній діаметр $D = 40 \text{ мм.}$; ширина зуба $b = 6 \text{ мм.}$

Довжину третьої ступені валу вираховують виходячи з габаритів корпусу коробки швидкостей фрезерувального верстату 2–3 типорозміру, які знаходяться в межах 200 – 300 мм. Так отримуємо:

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

де l_k - довжина корпусу коробки швидкостей, мм.

Параметри четвертої ступені валу дорівнюють другій, так як на ній монтується ідентичний підшипник марки 205.

Виходячи зі сказаного приймаю наступні розміри четвертої ступені: діаметр $d_2 = 30 \text{ мм.}$; довжина $l_2 = 16 \text{ мм.}$

Остаточні розміри всіх ступенів валу наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Остаточні розміри всіх ступенів валу

Розмір	Ступінь валу			
	I	II	III	IV
d, мм	24	30	38	30
l, мм	63	16	105	16

Технічних вимог до валу шліцьового вхідного наступні:

1. Значення відхилення довжин циліндричної частини кінця валу призначаємо за ГОСТ 25346-89 [21].

2. Допуск радіального биття циліндричних поверхонь деталі відносно її осі обертання призначаємо з таблиці 5 ГОСТ 24643-81 [22].

3. Допуск круглості та допуск профілю поздовжнього перерізу призначаємо за ГОСТ 24642-81 [23].

У випадку, що розглядаємо, для діаметрів 24 та 30 мм допуски круглості та допуски профілю поздовжнього перерізу призначають в діапазоні 0,8...3,5 мкм, а допуск на мінливість діаметрів в поздовжньому і поперечному перерізі становлять 1,6...7,0 мкм [2, с. 166, табл.97].

4. Шорсткість поверхонь шліцьового валу:

- для внутрішніх діаметрів шліцьових з'єднань – Rz 40;
- для торцевих поверхонь під підшипники – Rz 40;
- для канавок і радіусів заокруглення – Ra 2,5;
- для зовнішніх діаметрів шліцьового з'єднання – Ra 1,25;
- для посадочних поверхонь 7 квалітету під зубчасті колеса – Ra 0,63;
- для шийок шліцьового валу 5 квалітету точності – Ra 0,32.

У робочий кресленик деталі проставляємо всі розміри і їх граничні відхилення, вид термообробки, шорсткість поверхонь, матеріал й особливі технічні вимоги. Масу деталі в основному напису проставляємо у кілограмах. На рис. 10 представлено робочий кресленик валу шліцьового вхідного.

3. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «ВАЛ ШЛІЦЬОВИЙ»

Технологічна частина записки відображає розроблений технологічний процес виготовлення деталі. Пропоную наступну послідовність розв'язання задач:

- призначення машини, вузла, деталі, визначення класу деталі;
- відпрацювання конструкції валу на технологічність;
- хімічний склад та фізичні характеристики матеріалу деталі;
- розрахунок маси деталі;
- визначення типу виробництва;
- розрахунок необхідного числа обробок поверхонь;
- особливості вибору та обґрунтування методів обробки.

Одною з головних задач це визначення правильної товщини припусків на обробку, що є відповідальною техніко-економічною задачею.

Якщо призначити занадто великі припуски, це призведе до втрати матеріалу, що перетворюється в стружку; до збільшення пружної деформації технологічної системи верстат – пристосування – інструмент – заготовка внаслідок збільшення сили різання, а значить і до зменшення точності і збільшення трудомісткості механічної обробки.

Якщо призначити недостатньо великі припуски то вони не зможуть забезпечити видалення дефектних шарів матеріалу та досягнення необхідної точності та шорсткості оброблюваних поверхонь, а також потребує підвищення вимог до точності заготовок, що призводить до їх удорожчання.

Основною задачею технологічного процесу механічної обробки деталі є: досягнення заданої точності та якості поверхні деталі

Завдання: розробити технологічний процес механічної обробки деталі «Вал шліцьовий»:

- 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.

Вхідні дані для проектування:

- Кресленик деталі (рис. 3.1).– матеріал деталі – сталь 20Х
- програма випуску деталей $N = 10000$ шт./рік.

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

Основним призначенням деталі вал шліцьовий – передача крутного моменту, базування і координація положення зубчастих коліс.

В якості заготовки використовуємо штамповку КГШП.

Кривошипні гарячештампвальні преси (КГШП) широко застосовуються для гарячого об'ємного штампування, так як мають ряд переваг в порівнянні з молотовим штампуванням.

1. Отримані на КГШП поковки точніше за розмірами завдяки постійності ходу преса і фіксованому нижньому положенню повзуна, що дозволяє зменшити відхилення розмірів поковки по висоті. Поковки можна не контролювати на зрушення, так як повзун рухається по напрямних станини і точно збігається з верхньою і нижньою частинами штампа, оснащеного напрямними колонками і втулками.

2. Штампування характеризується більш високим коефіцієнтом використання металу, так як штампи мають верхні і нижні виштовхувачі, що

дозволяють зменшити штампувальні ухили, припуски, напуски і допуски, що призводить до економії металу і зменшення трудомісткості при подальшій обробці поковок різанням.

3. Поліпшуються умови праці внаслідок меншого рівня шуму, вібрації і струсу ґрунту, ненаголошеного характеру роботи, що дозволяє встановлювати КГШП в будівлях полегшеної конструкції.

4. Штампування на КГШП добре піддається автоматизації.

5. Завдяки тому, що деформація на пресі в кожному струмку відбувається за один хід преса, а на молоті за кілька ударів перехід на штампування на КГШП супроводжується підвищенням продуктивності в 1,4-2 рази.

6. Коефіцієнт корисної дії (ККД) преса, приведений до енергії палива, в 2-4 рази вище, ніж у молота.

7. Собівартість продукції, отриманої на КГШП, нижче, ніж на молоті, завдяки зниженню витрати металу і експлуатаційних витрат.

До недоліків КГШП і штампування на даному обладнанні в порівнянні з молотовим штампуванням слід віднести:

- більш високу (в 3-4 рази) вартість КГШП при порівнянних потужностях з молотами;
- небезпека заклинювання і поломки пресів при крайньому нижньому положенні повзуна, на висновок з якого витрачається багато часу;
- меншу універсальність в вироблених операціях (через жорсткий ходу повзуна не застосовують протягання і підкочування заготовок);
- необхідність очищення заготовок перед штампуванням від окалини, так як деформація проходить за один хід преса при безударному навантаженні, і окалина може бути заштампована в поверхню поковки;
- необхідність застосування більшої кількості струмків при отриманні поковок складної форми із-за гіршого заповнення глибоких порожнин;
- більш складні конструкції штампів і їх регулювання.

Деталь представляє собою вхідний вал коробки швидкостей металорізального верстата фрезерувальної групи. На першій ступені валу $\varnothing 24n6$ знаходиться шпонковий паз він служить для установки на нього призматичних шпонок та закріплення на валу шківів клинопасової передачі. На бочці валу виконані прямобічні шліци $d-8 \times 32f7 \times 38h7 \times 6f8$ на які встановлюється зубчасте колесо для передачі крутного моменту з вхідного (першого) валу на другий вал. На обох торцях валу є центрові отвори $A3,15$, що виконані за ГОСТ 14034-74. В технічних вимогах креслення вказано, що шліцові поверхні валу Л підлягають термічній обробці, а саме, цементуванню на глибину $h = 0,7...1,1$ мм з витриманням твердості поверхонь $56...63$ HRC.

Під час виготовлення деталі «Вал шліцьовий» необхідно витримати допуски форми та взаємного розташування поверхонь:

- циліндричності та симетричності поверхні $\varnothing 24 n6$ мм у межах $0,04$ мм;
- допуск биття циліндричної поверхні діаметрами $\varnothing 30js6$ мм не більше $0,04$ мм відносно осі валу;
- допуск биття шліців по зовнішній поверхні $\varnothing 38 h7$ мм не більше $0,03$ мм відносно осі валу;
- допуск биття западини зубу шліців по поверхні $\varnothing 32 f7$ мм не більше $0,01$ мм відносно осі валу;
- допуск биття торцевої поверхні бочки валу, на якій містяться шліци не більше $0,01$ мм відносно осі валу;

За креслеником деталь «Вал шліцьовий» виготовлено з конструкційної легованої хромонікелевої сталі 20Х ДСТУ 7806:2015 (ГОСТ 4543-71). Механічні

в

л

3.2 Виконання технологічної частини

а Завдання

с Розробити технологічний процес механічної обробки деталі «Вал шліцьовий»:

и – визначити тип виробництва;

в

о

с

т

- обрати тип заготовки, метод її отримання та розрахувати основні розміри заготовки з виконанням кресленика деталі;
- розробити маршрутний технологічний процес обробки деталі;
- виконати розрахунок режимів різання аналітичним (один розмір) та табличним методом (інші розміри).

Вхідні дані для проектування наступні:

- Кресленик деталі (рис. 3).
- матеріал деталі – сталь Сталь 20Х
- програма випуску деталей $N = 10000 \text{ шт./рік}$.

Таблиця 3 – Механічні властивості сталі 20Х, МПа

σ_B	σ_T	τ_T	$\sigma-1$	$\tau-1$
650	400	240	310	170

3.2.2 Визначення маси деталі

Масу деталі визначаю за формулою :

$$m_d = 7,8 \cdot 3,14 \cdot \left(\frac{0,24^2}{4} \cdot 0,63 + \frac{0,30^2}{4} \cdot 0,16 + \frac{0,38^2}{4} \cdot 1,05 + \frac{0,30^2}{4} \cdot 0,16 \right) - 7,8 \cdot (0,0032 \cdot 0,6 + 0,0096 \cdot 1,05 + 0,000147) = 1,232 \text{ кг}$$

Маса деталі за за результатами розрахунків 1,232 кг. Для подальших розрахунків приймаю масу деталі $M_d = 1,2 \text{ кг}$.

3.2.3 Визначення типу виробництва

Тип виробництва визначається за річним випуском деталей і їх масою.

За вихідними даними при річному випуску $N = 10000 \text{ шт./рік}$ і масі $M_d = 1,2 \text{ кг}$ Визначаю тип виробництва як великосерійний.

При багатосерійному виробництві деталі виготовляють партіями. Розмір партії розраховую за формулою:

$$n = \frac{N \cdot a}{\Phi} = \frac{(10000 \cdot 6)}{256} = 235 \text{ шт.};$$

де a – кількість днів запасу деталей на складі (прийнято рівною 6); Φ – кількість робочих днів у році (прийнято рівною 256).

.4 Вибір виду заготовки і обґрунтування методу її отримання

При багатосерійному виробництві заготовку деталі «Вал шліцьовий» у варіанті, що проектується, виконується штампуванням на кривошипному гарячостампувальному пресі (КГШП).

Метод є високоточним та гарантує мінімальні припуски і високу продуктивність.

Визначаю розрахункову масу поковки:

$$M_p = M_o \cdot K_p = 1,2 \cdot 1,5 = 1,8$$

де M_o – маса деталі, кг (було розраховано в попередньому пункті);

K_p – коефіцієнт, що залежить від характеристики деталі, при виготовленні заготовки за типом «Вали, вісі, цапфи, шатуни» з прямою віссю приймається $K_p = 1,3 \dots 1,6$ (Пр.3, табл. 20, с. 20 ГОСТ 7505-89 [24]).

Знаходжу габаритні розміри фігури (циліндру), яка описує кування.

Діаметр фігури:

$$D_\phi = D_o \cdot 1,05 = 38 \cdot 1,05 = 39,9$$

Довжина фігури:

$$L_\phi = L_o \cdot 1,05 = 200 \cdot 1,05 = 210$$

де D_o – максимальний діаметр деталі згідно кресленника,

L_o – довжина деталі згідно кресленника.

Визначаю масу фігури, яка описує кування:

$$M_\phi = \frac{3,14 \cdot D_\phi^2}{4} \cdot L_\phi \cdot \rho = \frac{3,14 \cdot 0,0399^2}{4} \cdot 0,210 \cdot 7850 = 2,06$$

д

е Відношення розрахункової маси кування до маси фігури:

$$C = \frac{M_p}{M_\phi} = \frac{1,8}{2,06} = 0,87.$$

Хімічний склад матеріалу деталі – група сталі М1.

Ступінь складності заготовки – С1,

Клас точності для КГШП в закритих штампах – Т2.

Вихідний індекс кування – 8.

3.2.5 Особливості вибору та обґрунтування методів обробки поверхонь деталей. Розробка маршрутного технологічного процесу

Під час технологічного процесу виготовлення деталі «Вал шліцьовий», що проектується, маючи точність вихідної заготовки по ІТ16, виконують токарну чорнову обробку по всьому контуру валу, яка виконується на багаторізцевому токарному напівавтоматі до ІТ12. Після чорнкової токарної обробки виконують чистове точіння циліндричних поверхонь на гідрокопіювальному верстаті з досягненням точності поверхонь по ІТ10. Щоб виконати порівняльний аналіз технологічної собівартості, виконують токарну обробку методом точіння на верстаті з ЧПУ. Завдяки попередньому шліфуванню забезпечується досягнення точності поверхні по ІТ8. Чистове (тонке) шліфування по ІТ6 застосовуємо для кінцевої обробки зовнішніх циліндричних поверхонь і досягнення необхідної точності .

Приклад обробки поверхні $\varnothing 24js6$

Маршрут обробки виконується відповідно кресленнику деталі і річному обсягу випуску. Маршрут наведено в табл. 4.

Таблиця 4 - Маршрутний технологічний процес

№ операції	Найменування операції, її зміст	Модель верстата	Робочий інструмент
1	2	3	4
005	Заготівельна	КГШП	
010	Фрезерно-центрувальна 1. Фрезерувати торці 2. Центрувати торці одночасно з двох сторін	MP-73	Фреза торцева права ті ліва ГОСТ 24359-80 T5K10 Свердло центрувальне BK8 ГОСТ 14952-75 (2шт)
015	Токарна багаторізева Чорнова обробка правого кінця валу	17A30	Різець прохідний T15K6 Різець підрізний T15K6
020	Токарна багаторізева Чорнова обробка лівого кінця валу	17A30	Різець прохідний T15K6 Різець підрізний T15K6
025	Токарна гідрокопіювальна Чистова обробка правого кінця валу	1722	Різець прохідний T15K6 Різець підрізний T15K6 Різець канавковий T15K6
030	Токарна гідрокопіювальна Чистова обробка лівого кінця валу	1722	Різець прохідний T15K6 Різець підрізний T15K6 Різець канавковий T15K6
035	Напівавтоматна шліцефрезерувальна Фрезерування шліців	5Б352П	Фреза черв'ячна спеціальна
040	Термічна Цементувати поверхні зубів шліців на глибину h 0,7...1,1 мм до HRC 56...63	Установка СВЧ	

Продовження таблиці 4

1	2	3	4
045	Виправлення центрових отворів	MP-73	Свердло центрувальне ВК8 ГОСТ 14952-75
050	Круглошліфувальна півавтоматна чорнова Шліфувати шийки валу начорно	3A153	Круг шліфувальний
055	Шпонково-фрезерна Фрезерувати шпонковий паз	6P11Ф2	Фрези кінцеві Ø8
060	Круглошліфувальна півавтоматна чистова Шліфувати шийки валу начисто	3A153	Круг шліфувальний
065	Горизонтальна шліцешліфувальна з ЧПУ Шліфувати поверхні западин шліців	B3-729Ф4	Фасонний шліфувальний круг
070	Слюсарна 1. Обпиляти задирки після попередніх операцій; 2. Очисти глухі отвори від стружки; 3. Клеймити номер	Слюсарний стіл, установка для маркування	Напилек Клеймо
075	Мийна	Мийна машина ММК 7.13.5/1	
080	Контрольна	Стіл ВТК	

Для зовнішнього поздовжнього чорного і чистового точіння застосовують прохідні різці. Різці для чорного точіння працюють зазвичай з більш високими швидкостями різання і знімають стружку більшого перетину, ніж різці для чистового точіння.

Чорнове шліфування прийнято вважати підготовчою стадією. Якщо мова йде про металеві вироби, то даний етап передує термічній обробці. При цьому з деталі знімається шар матеріалу, відведений на припуск. В процесі чорного шліфування заготовка набуває потрібної форми.

Щоб таким чином обробити поверхню, застосовують абразивні інструменти з великим зерном, щільність яких повинна перевищувати щільність матеріалу вироби.

Особливістю чорної обробки є висока швидкість. При терті відбувається сильне нагрівання, що може привести до деформації верхнього шару. Уникнути цього допомагають спеціальні мастильні рідини (МОР). Вони можуть бути з додаванням хлору, сірки або фосфору.

При чорновому шліфуванні необхідно стежити за ступенем стирання абразивного матеріалу і в разі потреби проводити правку круга. Оптимальним інтервалом для цього буде той, при якому абразив знятий в обсязі, близькому до катастрофічного зносу.

Чистовим шліфуванням досягається висока точність поверхні. Головні завдання цього процесу:

- усунути всі нерівності, отримані в ході підготовки деталі;
- зняти частину припуску, що залишилася після чорнових робіт;
- домогтися гранично точних розмірів і форм заготовки;
- надати виробу привабливий зовнішній вигляд.

Основною відмінністю чорного шліфування від чистового є те, що в першому випадку проводиться зняття зайвого шару матеріалу при низьких тимчасових витратах. При цьому до якості поверхні не пред'являються підвищені вимоги, оскільки це тільки підготовчий процес.

Чистове шліфування – це фінальний етап роботи над заготовлею. Тому деталь після такого процесу має точно відповідати заданим параметрам: за своєю формою, розміром, ступеня шорсткості поверхні.

У розробленому, маршрутному технологічному процесі, заготовкою є кування, форма якого максимально наближена до форми деталі, що дозволяє прискорити та знизити витрати на обробку деталі. Більшість операцій ведеться на верстатах з ЧПУ, що забезпечує найбільш високу продуктивність і точність оброблюваних поверхонь. При обробці даної деталі діє принцип сталості і суміщення баз, що так само забезпечує точність оброблюваних поверхонь. Застосовуються стандартні пристосування, і використовується високопродуктивний ріжучий інструмент.

При проектуванні операції шліцефрезерування враховуємо, що центрування сполучених деталей відбувається по внутрішньому діаметру шліців d . Фрезерування шліців $d-8 \times 32f7 \times 38h7 \times 6f8$ виконується за один прохід спеціальною черв'ячною фрезою, яка забезпечує найбільшу точність.

4 ПРОЕКТУВАННЯ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «ВАЛ ШЛІЦЬОВИЙ»

Розрахунок припусків на механічну обробку і визначення операційних розмірів

В якості прикладу розрахунку припусків на діаметральні розміри заготовки аналітичним методом виконаю розрахунок проміжних мінімальних припусків

Для розрахунку $2Z_{\min}$ знайду значення величини можливого викривлення поверхні деталі при її обробці:

$$\Delta_{\Sigma k} = \Delta_k \cdot l = 3 \cdot 60 = 180 \text{ мкм} = 0,18$$

Де Δ_k – кривизна, тобто відхилення вісі деталі від прямолінійності, мкм на 1 мм, що залежить від методу її отримання згідно табл. 3.12 для діаметру кування від 25 до 50 мм обираємо $\Delta_k = 3 \text{ мкм} / \text{мм}$;

$l = 60 \text{ мм}$ – відстань від оброблюваного перетину до найближчої опори (люнети) при її обробці.

Знаходжу похибку центрування:

$$\Delta_{\text{ц}} = 0,25 \cdot \delta_3 = 0,25 \cdot 1600 = 400 \text{ мкм} = 0,4 \text{ мм.}$$

де δ_3 – допуск заготовки, для штамповки по П16 з максимальним діаметром поверхні від 30 до 50 мм приймаємо 1600 мкм.

Далі знаходжу сумарне відхилення розташування поверхонь (просторове відхилення) заготовки при обробці в центрах:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\Sigma k}^2 + \Delta_{\text{ц}}^2 + \Delta_{\text{ум}}^2} = \sqrt{0,18^2 + 0,4^2 + 0,6^2} = 0,74 \text{ мм} = 740$$

де $\Delta_{\text{ум}}$ – відхилення від співвісності елементів, що штампуються в різних половинах штампа, мкм (згідно табл. 3.11 для штамповок, що отримують на пресах масою більше 1,6 до 2,5 кг, приймаємо $\Delta_{\text{ум}} = 600 \text{ мкм} = 0,6 \text{ мм}$).

Розраховую величини залишкових викривлень після переходів, використовуючи K_y – коефіцієнт уточнення, значення якого наведені в таблиці 3.13, та Δ_Σ – сумарне відхилення розташування поверхонь заготовки.

П

$$\Delta_{\Sigma 1} = K_y \cdot \Delta_3 = 0,06 \cdot 0,74 = 0,045 \text{ мм} = 45 \text{ мкм}$$

с П

$$\Delta_{\Sigma 2} = K_y \cdot \Delta_3 = 0,04 \cdot 0,74 = 0,03 \text{ мм} = 30 \text{ мкм}$$

я П

$$\Delta_{\Sigma 3} = K_y \cdot \Delta_3 = 0,03 \cdot 0,74 = 0,022 \text{ мм} = 22 \text{ мкм}$$

я П

$$\Delta_{\Sigma 3} = K_y \cdot \Delta_3 = 0,02 \cdot 0,74 = 0,015 \text{ мм} = 15 \text{ мкм}$$

Розраховую 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 (див. табл. 3.3), та величини залишкових викривлень після переходів $\Delta_{\Sigma i}$.

Проміжні мінімальні припуски під чорнове точіння:

$$2Z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma_{i-1}}) = 2 \cdot (160 + 200 + 740) = 2 \cdot 1100 \text{ мкм} = 2200 \text{ мкм}.$$

Проміжні мінімальні припуски під чистове точіння:

$$2 \cdot z_{\min} = 2 \cdot (50 + 50 + 45) = 2 \cdot 145 \text{ мкм} = 290 \text{ мкм}.$$

Проміжні мінімальні припуски під чорнове шліфування:

$$2 \cdot z_{\min} = 2 \cdot (25 + 25 + 30) = 2 \cdot 80 \text{ мкм} = 160 \text{ мкм}.$$

Проміжні мінімальні припуски під чистове шліфування:

$$2 \cdot z_{\min} = 2 \cdot (10 + 20 + 22) = 2 \cdot 52 \text{ мкм} = 104 \text{ мкм}.$$

Для подальших розрахунків складаю таблицю 5.

Мінімальний та максимальні діаметри при обробці зовнішніх поверхонь заготовки розраховую за наступними формулами:

Таблиця 5 - Розрахунок припусків та граничних розмірів за операціями на

ф	о
у	б 36
н	р
н	о

Технологічний маршрут обробки	Елементи припуску, <i>мкм</i>			Припуск $2 \cdot z_{\min}$, <i>мм</i>	Квалітет	Допуск, δ , <i>мкм</i>	Граничні розміри, <i>мм</i>		
	R_z	h	Δ_Σ				d_{\min}	d_{\max}	$d_{\text{сер}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Заготовка (кування $h16$)	160	200	740	–	$+0,8$ $-0,4$	1200	32,7475	33,9475	33,3475
Чорнове точіння	50	50	45	2200	12	210	30,5475	30,7575	30,6525
Чистове точіння	25	25	30	290	11	130	30,2575	30,3875	30,3225
Чорнове шліфування	10	20	22	160	8	33	30,0975	30,1305	30,114
Чистове шліфування	–	–	–	104	6	13	29,9935	30,0065	30

Примітка: допуск на розмір заготовки (кування) обираємо згідно її маси, розміру, групи сталі та ступеню складності за таблицями, що наведено в Додатку А. Для заготовки масою 1,5 кг розміром кування до 50 мм з М1С1 обираю значення $+0,8$
 $-0,4$ мм. Для призначення інших допусків користуємося табл. 3.14.

$$d_{\min \text{чорн.ш}} = d_{\min \text{дет.}} + 2 \cdot z_{\min \text{чист.ш}} = 29,9935 + 0,104 = 30,0975 \text{ мм.}$$

Д

$$d_{\min \text{чистт}} = d_{\min \text{чорни}} + 2 \cdot z_{\min \text{чорни}} = 30,0965 + 0,16 = 30,2575 \text{ мм.}$$

Л

Д

$$d_{\min \text{чорнт}} = d_{\min \text{чистт}} + 2 \cdot z_{\min \text{чистт}} = 30,2575 + 0,29 = 30,5475 \text{ мм.}$$

Л

Л

Л

Л

Л

Л

Л

Л

Л

Л

Л

Л

Л

Далі знаходжу найбільші діаметри.

$$d_{\max \text{з}} = d_{\min \text{з}} + \delta_{\text{з}} = 32,7475 + 1,2 = 33,9475 \text{ мм.}$$

$$d_{\max \text{чорнт}} = d_{\min \text{чорнт}} + \delta_{\text{чорнт}} = 30,5475 + 0,21 = 30,7575 \text{ мм.}$$

$$d_{\max \text{чистт}} = d_{\min \text{чистт}} + \delta_{\text{чистт}} = 30,2575 + 0,13 = 30,3875 \text{ мм.}$$

—

$$d_{\max \text{чорни}} = 30,0975 + 0,033 = 30,1305 \text{ мм.}$$

П Визначаю граничні значення припусків:

р —

$$2 \cdot z_{\max}^{np} = d_{\max \text{чорни}} - d_{\max \text{чистт}} = 30,0065 - 30,1305 = 0,124 \text{ мм} = 124 \text{ мкм};$$

$$2 \cdot z_{\min}^{np} = d_{\min \text{чорни}} - d_{\min \text{чистт}} = 30,0975 - 29,9935 = 0,104 \text{ мм} = 104 \text{ мкм}$$

д —

я

$$2 \cdot z_{\max}^{np} = d_{\max \text{чистт}} - d_{\max \text{чорни}} = 30,3875 - 30,1305 = 0,257 \text{ мм} = 257 \text{ мкм};$$

р

$$2 \cdot z_{\min}^{np} = d_{\min \text{чистт}} - d_{\min \text{чорни}} = 30,2575 - 30,0975 = 0,16 \text{ мм} = 160 \text{ мкм}.$$

д —

л

$$2 \cdot z_{\max}^{np} = d_{\max \text{чорнт}} - d_{\max \text{чистт}} = 30,7575 - 30,3875 = 0,37 \text{ мм} = 370 \text{ мкм};$$

я

$$2 \cdot z_{\min}^{np} = d_{\min \text{чорнт}} - d_{\min \text{чистт}} = 30,5475 - 30,2575 = 0,29 \text{ мм} = 290 \text{ мкм}.$$

д —

о

$$2 \cdot z_{\max \text{чорнт}}^{np} = d_{\max \text{з}} - d_{\max \text{чорнт}} = 33,9475 - 30,7575 = 3,19 \text{ мм} = 3190 \text{ мкм};$$

р

$$2 \cdot z_{\min \text{чорнт}}^{np} = d_{\min \text{з}} - d_{\min \text{чорнт}} = 32,7475 - 30,5475 = 2,2 \text{ мм} = 2200 \text{ мкм}.$$

д —

н

В

$$2 \cdot z_{o \max} = 3190 + 370 + 257 + 124 = 3941 \text{ мкм};$$

д —

$$2 \cdot z_{o \min} = 2200 + 290 + 160 + 104 = 2754 \text{ мкм}.$$

д —

в

В

$$z_{o \text{ ном}} = z_{o \min} + EI_3 - \delta_d = 2754 + 6,5 - 13 = 2748 \text{ мкм} = 2,748 \text{ мм},$$

д —

о

н

д

Визначаю номінальний діаметр заготовки:

$$d_{\text{з ном}} = d_{\text{д ном}} + z_{o \text{ ном}} = 30 + 2,748 = 32,748 \text{ мм.}$$

д —

в

Виконую перевірку правильності розрахунків:

$$z_{\text{maxчисти}}^{\text{np}} - z_{\text{minчисти}}^{\text{np}} = 124 - 104 = 20 \text{ мкм}; \delta_{\text{чорни}} - \delta_{\text{чисти}} = 33 - 13 = 20 \text{ мкм};$$

$$z_{\text{maxчорни}}^{\text{np}} - z_{\text{minчорни}}^{\text{np}} = 257 - 160 = 97 \text{ мкм}; \delta_1 - \delta_2 = 130 - 33 = 97 \text{ мкм};$$

$$z_{\text{maxчистт}}^{\text{np}} - z_{\text{minчистт}}^{\text{np}} = 370 - 290 = 80 \text{ мкм}; \delta_3 - \delta_1 = 210 - 130 = 80 \text{ мкм};$$

$$z_{\text{maxчорнт}}^{\text{np}} - z_{\text{minчорнт}}^{\text{np}} = 3190 - 2200 = 990 \text{ мкм}; \delta_3 - \delta_{\text{чорнт}} = 1200 - 210 = 990 \text{ мкм}.$$

Отже, розрахунки припусків виконані правильно.

4.1.2 Розрахунок припусків на лінійний розмір

Розраховую припуски на обробку поверхні $79h12_{(-0,3)}$.

Заготовку виробу отримую штампуванням на КГШП. Маршрут обробки поверхні складається з токарної чорної операції.

Виписую значення R_z і h для операцій (див. табл. 3.9, 3.10):

– для заготовки: $R_z = 160 \text{ мкм}$, $h = 200 \text{ мкм}$;

– для токарної чорної операції: $R_z = 50 \text{ мкм}$, $h = 50 \text{ мкм}$.

Розраховую просторове відхилення:

– для заготовки:

$$\Delta_3 = \Delta_{\kappa} \cdot L = 3 \cdot 79 = 237 \text{ мкм}.$$

де Δ_{κ} – кривизна, тобто відхилення вісі деталі від прямолінійності, мкм на 1 мм, що залежить від методу її отримання згідно табл. 3.12, методичних вказівок приймаємо $\Delta_{\kappa} = 3 \text{ мкм} / \text{мм}$; L – номінальний розмір деталі, мм

Розраховую залишкове просторове відхилення після чорного підрізання торцю:

$$\Delta_{\Sigma\text{зал}} = K_y \cdot \Delta_3 = 0,06 \cdot 237 = 14,22 \text{ мкм}.$$

де K_y – коефіцієнт уточнення, значення якого наведені в табл. 3.13. методичних вказівок. Для чорного точіння $K_y = 0,06$.

Розраховую припуски на чорне підрізання торцю:

$$z_{min} = R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma} = 160 + 200 + 740 = 1100$$

Для подальших розрахунків складаю таблицю 6.

Таблиця 6 – Розрахунок припусків та граничних розмірів за операціями на обробку поверхні $79h12_{(-0,3)}$

Технологічний маршрут обробки	Елементи припуску, мкм			Припуск z_{min} , мм	Квалітет	Допуск, δ , мкм	Граничні розміри, мм			
	R_z	h	Δ_{Σ}				l_{min}	l_{max}	$l_{сер}$	
1	2	3	4	5		6	7	8	9	10
Заготовка ($h16$)	160	200	237	–		$+0,8$ $-0,4$	1200	79,8	81	
Чорнове підрізання торцю	50	50	14,22	1100		12	300	78,7	79	

Г

р

а

ф

$$l_{min\ чорнт} = 79 - 0,3 = 78,7 \text{ мм},$$

а для заготовки:

$$l_{min\ з} = l_{min\ чорнт} + z_{min\ чорнт} = 78,7 + 1,1 = 79,8 \approx 80 \text{ мм}.$$

«

Г Граничний лінійний розмір (l_{max}) обчислюємо додаванням допуску до округленого найменшому граничного розміру. Розрахуємо найбільші лінійні розміри. При операції чорнового підрізання торцю:

н

$$l_{max\ чорнт} = 78,7 + 0,3 = 79 \text{ мм}.$$

и Для заготовки:

ч

$$l_{max\ з} = l_{max\ чорнт} + \delta_з = 79,8 + 1,2 = 81 \text{ мм}.$$

н

Розраховую граничні значення припусків під чорнове підрізання торців:

и

$$z_{max}^{np} = l_{max\ з} - l_{max\ чорнт} = 81,0 - 79 = 2,0 \text{ мм} = 2000 \text{ мкм};$$

й

$$z_{min}^{np} = l_{min\ з} - l_{min\ чорнт} = 78,6 - 78,7 = 1,1 \text{ мм} = 1100 \text{ мкм}.$$

В

р

и

о

з

з

н

м

а

і

ч

$$z_{o\max} = z_{\max}^{np} = 1200 \text{ мкм};$$

$$z_{o\min} = z_{\min}^{np} = 1100 \text{ мкм}.$$

Знаходжу загальний номінальний припуск:

$$z_{0\text{ ном}} = z_{0\min} + EI_3 - \delta_0 = 1100 + 300 - 300 = 1100 \text{ мкм} = 1,1 \text{ мм}.$$

Знаходжу номінальний розмір заготовки:

$$l_{3\text{ ном}} = l_{\text{д ном}} + z_{o\text{ ном}} = 79 + 1,1 = 80,1 \text{ мм}.$$

Виконую перевірку правильності розрахунків:

$$z_{\text{махчорнп}}^{np} - z_{\text{мінчорнп}}^{np} = 2000 - 1100 = 900 \text{ мкм}; \quad \delta_3 - \delta_1 = 1200 - 300 = 900 \text{ мкм}.$$

Отже, розрахунки припусків виконані правильно.

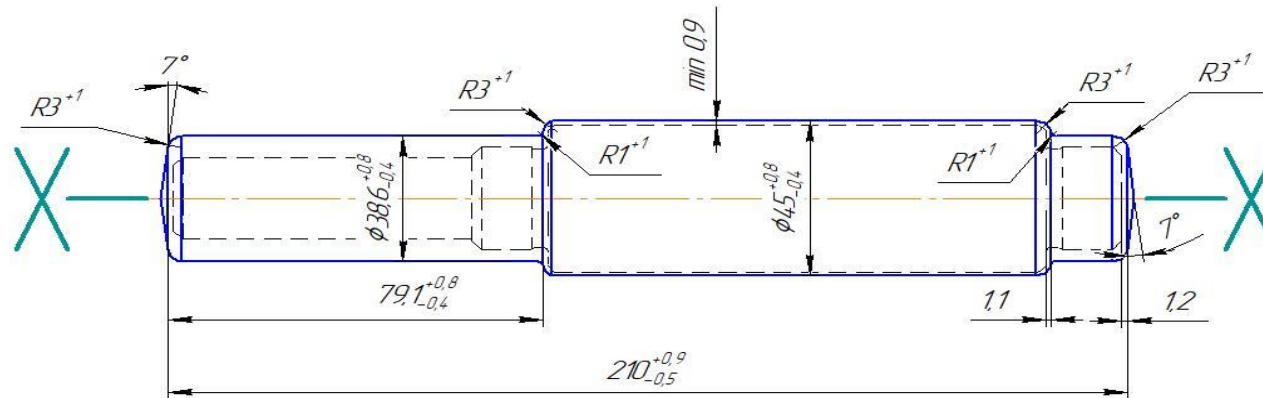
На інші поверхні припуски призначаю по табл. 3 ГОСТ 7505-89 [24]. Граничні відхилення на розміри заготовки (кування) обираю згідно її маси, розміру, групи сталі та ступеню складності за таблицями, що наведено в Додатку А для заготовки масою 1,5 кг з М1С1. Результати зводимо в таблицю 7. Кресленик заготовки деталі «Вал шліцьовий» наведено на рис.11.

Таблиця 7 - Припуск і допуски на оброблювані поверхні валу

Розмір деталі	Припуск		Граничні відхилення
	табличний	розрахунковий	
$\varnothing 30js6 (\pm 0,0065)$	–	2·2,8	(+0,8;–0,4)
$\varnothing 38h7(-0,025)$	2·0,9	–	(+0,8;–0,4)
$79h12(-0,3)$	–	1,1	(+0,8;–0,4)
$16h12$	0,9	–	(+0,8;–0,4)
$200h12$	1,2	–	(+0,9;–0,5)
$16h12$	1,2	–	(+0,8;–0,4)

РБ 000.000.01

√ 200 (√)



1. Твердость 177...229 НВ.
2. Поковка: группа сталей М1, класс точности Т2, степень сложности С1; выходный индекс поковки – 8 (згідно з ГОСТ 7505–89).
3. Радіус заокруглення зовнішніх кутів 3 мм.
4. Штамповочний цухил на зовнішній поверхні 7°.
5. Гранична величина зсуву по поверхні роз'єму штампю 0,2 мм.

				РБ 000.000.01			
Изм.	Лист	№ док.цм.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.						18	1:1
Проб.					Лист	Листов	1
Т.контр.					СНУ ім. В. Даля		
Н.контр.					20X ГОСТ 4543-71		
Утв.					Копиробал Формат А3		

Рисунок 11 – Кресленик заготовки деталі «Вал шліцьовий»

4.2 Розрахунок режимів різання

Розраховую режимі різання аналітичним методом для 020 операції технологічного процесу – «Токарна багаторізцева».

Операція виконується на верстаті моделі СФ80. Інструменти – різці прохідні з пластинами з твердого сплаву Т15К6.

Зміст операції:

– чорнове точіння поверхні $\varnothing 45$ $h12$;

–

– підрізка торця в розмір 79 $h12$;

ч – підрізка торця в розмір 63 $h12$.

о Режими різання для операції «Токарна багаторізцева» розраховую для найбільшого розміру, а саме $\varnothing 45$ $h12$. Згідно табл. 3.17 рекомендована і прийнята на паспортном верстата подача: $S_0 = 0,5$ мм/об.

о Знаходжу швидкість різання за аналітичним розрахунком, яку, якщо встановлена подача S знаходиться в інтервалі $0,3 - 0,7$ мм/об, розраховують за формулою:

$$V = \frac{350}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot s^{0,35}} \cdot K_v = \frac{350}{30^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,5^{0,45}} \cdot 0,41 = 99,3$$

де T – значення стійкості різця, обираємо рівним 30 хв; t – глибина різання на операції чорнового точіння, приймаємо 2 мм; K_v – поправочний коефіцієнт, згідно

табл. 2.19 визначається, як: $K_v = \frac{750}{950} \cdot 0,8 \cdot 0,65 = 0,41$.

н Д

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 99,3}{3,14 \cdot 28,95} = 1092,2 \text{ хв}^{-1}.$$

п Приймаю за паспортном верстата частоту обертання $n_{ep} = 1000$ хв⁻¹.

д Знаходжу дійсну швидкість різання:

о
і
в
а
е
м
р
е

$$n = V = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{пр}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 28,95 \cdot 900}{1000} = 81,8 \text{ м/хв.}$$

Визначення режимів різання для всіх наступних операцій виконую таблицним методом за допомогою довідникової літератури, результати зведемо в табл. 8.

Таблиця 8 - Карта режимів різання технологічного процесу обробки деталі «Вал шліцьовий»

№ операції	Перехід	Довжина різання, $l_{\text{різ}}$, мм	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n_p , об/хв	$n_{\text{вер}}$, об/хв
1	2	3	4	5	6	7	8
010	Фрезерно-центрувальна 1. Фрезерувати торці в розмір 200h12 2. Центрувати торці одночасно з двох сторін A3,15 ГОСТ 14034-74	30,6	1,2	0,2	125,5	500	500
		6,97	3,35	0,25	25	240	240
015	Токарна багаторізева Чорнова обробка правого кінця валу з дотриманням розмірів \varnothing \varnothing 46 h12	30,6	1; 0,5; 0,5	0,5	99,3	1092,2	1000
		5,3	0,5; 0,4				
020	Токарна багаторізева Чорнова обробка лівого кінця валу: \varnothing \varnothing 45 h12 \varnothing 71 h12 63 h12	30,6	1; 0,5; 0,5	0,5	89,5	984,6	900
		30,6	2; 1,3; 1				
		5,3	0,7; 0,5				
		2,35	0,7; 0,5				
	Точити канавку $b=3$; \varnothing 24 Точити фаску $2 \times 45^\circ$		0,3				
030	Токарна гідрокопіювальна Чистова обробка лівого кінця валу \varnothing 25,4 h10 \varnothing 20,4 h10 Точити канавку $b=3$; \varnothing 24 Точити 2 фаски $2 \times 45^\circ$	21	0,4	0,5	89,5	984,6	900
			0,6				

035	Півавтоматна шліцефрезерувальна Фрезерування шліців $d-8 \times 32, 1h8 \times 38h7 \times 6f8$	105	2	5	35	15	15
045	Виправлення центрових отворів Центрувати торці одночасно з двох сторін $A3, 15$ ГОСТ 14034-74	6,97	3,35	0,25	25	240	240
050	Круглошліфувальна півавтоматна чорнова Шліфувати шийки валу начорно $\varnothing 25, 1 h8$ $\varnothing 20, 1 h8$	20,4	0,3 0,3	0,55	35	145	125
055	Шпонково-фрезерна Фрезерувати шпонковий паз $8H9$	60	4	0,1	210	500	500
065	Круглошліфувальна півавтоматна чистова Шліфувати шийки валу начисто \varnothing $\varnothing 20 n6$	20,1	0,1 0,1	0,55	35	157	150
070	Горизонтальна шліцешліфувальна з ЧПУ Шліфувати поверхні западин шліців в розмір $\varnothing 32f7$	32,1	0,1	0,9	17	157	150

4.3 Проектування карт технологічних наладок

У якості прикладу на рис. 12 наведено карту технологічної наладки для операції 005 – фрезерно-центрувальна. Інформація, яка подана на ній, є достатньою для виконання наладки обладнання.

ВИСНОВКИ

В ході виконання кваліфікаційної роботи бакалавра було спроектовано вхідний шліцьовий вал коробки швидкостей консольно-фрезерного горизонтального верстату на базі моделі СФ80. Також було розроблено технологічний процес виготовлення цієї деталі з виконанням креслеників заготовки та технологічної наладки на фрезерно-центрувальну операцію.

Так в першому розділі проекту було відображено відомості про технологічне обладнання, що розглядалося в бакалаврській роботі, а саме консольно-фрезерний горизонтальний верстат на базі моделі СФ80. Наведено його кінематичну схему, основні технічні характеристики та повздовжнє та поперекове компонування його коробки швидкостей.

Другий розділ містить основні відомості про вхідний шліцьовий вал коробки швидкостей верстата, його призначення, конструктивні особливості, наведено проектний розрахунок валу з визначенням розмірів всіх ступенів валу.

У технологічній частині кваліфікаційної роботи бакалавра було спроектовано маршрутний технологічний процес механічної обробки деталі «Вал шліцьовий». При проектуванні були визначені: тип виробництва, обрано вид заготовки та метод її отримання, було розраховано основні розміри заготовки з наступним виконанням її робочого кресленника. Також біли виконані розрахунки режимів різання аналітичним та табличним методом.

В ході виконання кваліфікаційної роботи бакалавра були отримані практичні навички конструювання вузлів технологічного обладнання на прикладі коробки швидкостей фрезерувального верстата. На прикладі розробки технологічного процесу механічної обробки деталі «Вал шліцьовий» отримано практичний досвід визначення раціональних режимів різання, вибору різальних інструментів, верстатів та оснащення з урахуванням закономірності процесу різання для отримання необхідної якості продукції. Отримано навички

представлення результатів своєї інженерної діяльності з дотриманням загальноприйнятих норм і стандартів у вигляді робочих креслеників деталі, заготовки та технологічного налагодження, що дозволить в майбутньому успішно використовувати отримані знання при виконанні на виробництві конструкторських та технологічних завдань.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т.1 / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова и др. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение-1, 2001. – 912 с.
2. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т.2 / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова и др. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение-1, 2001. – 944 с.
3. Горбачевич 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. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть 1. Нормативы времени. – М.: Экономика, 1990. – 206 с.
7. Общемашиностроительные нормативы режимов резания резцами с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин. Обработка на станках с ЧПУ. – М.: НИИМаш, 1978. – 56 с.
8. Руденко П.А., Харламов Ю.А., Плескач В.М. Проектирование и производство заготовок в машиностроении. Киев: Вища школа, 1991. 361 с.
9. Технология машиностроения / Егоров М.Е. и др. Москва: Высшая школа, 1976. – 534 с.
10. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для

технического нормирования станочных работ. Серийное производство. Москва: Машиностроение, 1974. – 136 с.

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

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

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

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

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

16. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т. Т1. – 8-е изд., перераб и доп. Под ред. И.Н. Жестковой. М.: Машиностроение, 2001. – 920 с.

17. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т. Т2. – 8-е изд., перераб и доп. Под ред. И.Н. Жестковой. М.: Машиностроение, 2001. – 912 с.

18. 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.

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

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

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

22. Решетов Д.Н. Детали машин. Москва: Машиностроение, 1989. – 496 с.
23. Курсовое проектирование деталей машин: учебн. пособие для учащихся машиностроительных специальностей техникумов / С.А. Чернавский, и др. Москва: Машиностроение, 1988. – 416 с.
24. Киркач Н.Ф. Баласанян Р.А. Расчет и проектирование деталей машин: учеб. пособие для вузов. Харьков, Основа, 1991. – 276 с.
25. 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).
26. Глухих В.Н. Расчет и проектирование валов на примере двухступенчатого зубчатого редуктора: Метод. указания по курсовому проектированию деталей машин для студентов всех специальностей очной и заочной форм обучения. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2011. – 46 с.
27. Пижов І.М. Розробка технологічного процесу на прикладі виготовлення ступінчастого вала редуктора: Навчально-методичний посібник для виконання конструкторсько-технологічних розділів дипломного проекту бакалавра студентами спеціальності «Прикладна механіка» (спеціалізація «Інтегровані технології машинобудування») денної, заочної та дистанційної форм навчання / І.М. Пижов. – Х.: НТУ «ХП», 2018. – 91 с.
28. Дерібо О.В. Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин. Частина 1: практикум / Дерібо О.В., Дусанюк Ж.П., Репінський С.В. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 114 с.
29. Дерібо О.В. Технологія машинобудування. Курсове проектування / Дерібо О.В., Дусанюк Ж.П., Пурдик В. П. – Вінниця, 2012. – 122 с. Електронний ресурс: http://www.vstu.vinnica.ua/ua/inst/inmt/site_tam/.
30. Технология машиностроения : в 2 кн. / [Жуков Э. Л., Козарь И. И., Мурашкин С. Л. и др.] ; под ред. С. Л. Мурашкина. М. : Высшая школа, 2003. – Кн. 1 : Основы технологии машиностроения – 2003. – 278 с.

31. Технология машиностроения: учебник для машиностроительных специальностей вузов / [Якимов А. В., Царюк В. Н., Якимов А. А. и др.]; под ред. А. В. Якимова. – Одесса : Астропринт, 2001. – 608 с.

32. Единая система технологической документации. Термины и определения основных понятий: ГОСТ 3.1109-82 – [Чинний від 1983-01-01]. – М. : Изд-во стандартов, 2003. – 14 с.

33. Технологическая подготовка производства. Термины и определения основных понятий : ГОСТ 14.004-83 – [Чинний від 1983-07-01]. – М. : Стандартиформ, 2005. – 8 с.

34. Единая система технологической документации. Общие требования к комплектности и оформлению документов на типовые и групповые технологические процессы (операции): ГОСТ 3.1121-84. – [Чинний від 1986-01-01]. – М.: Стандартиформ, 2006. – 46 с.