

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Віталій ІВАНОВ

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня **«магістр»**

(бакалавр/магістр)

зі спеціальності **131 «Прикладна механіка»**

(код та назва)

освітньо-професійної програми **«Технології машинобудування»**

(освітньо-професійної/освітньо-наукової)

(назва програми)

на тему: **Удосконалення технологічного процесу виготовлення золотника 1274-1-0001**

шляхом структурно-параметричної оптимізації оздоблювальної операції

Здобувача (ки) групи **ТМ.мдн-21к**

(шифр групи)

Кравцов Євгеній Олексійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Євгеній КРАВЦОВ

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник

доцент, канд. техн. наук, доцент **Артем ЄВТУХОВ**

(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Консультант

з питань

охорони праці

ст. викладач, канд. техн. наук **Віра ФАЛЬКО**

(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Нормоконтролер

доцент, канд. техн. наук, доцент **Олександр ІВЧЕНКО**

(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

ЗМІСТ

	С.
ВСТУП.....	4
Розділ 1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ЗОЛОТНИКІВ	
ГВИНТОКРИЛА «МІ-8М СК»	7
1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі.....	7
1.2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі	8
1.3 Визначення типу виробництва та форми його організації	10
1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі	12
1.5 Аналіз операцій існуючого технологічного процесу обробки золотника .	15
1.6 Висновки та завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі	22
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБЛЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО	
ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗОЛОТНИКА 1274-1-0001	25
2.1 Складання технологічного маршруту виготовлення золотника	25
2.2 Вибір та обґрунтування способу виготовлення заготовки та розроблення технічних вимог.....	26
2.3 Розрахунок припусків на механічну обробку поверхні обертання.....	28
2.4 Розроблення структури операції 045 «Суперфінішна».....	30
2.4.1 Обґрунтування та вибір схем базування та закріплення заготовки.....	30
2.4.2 Обґрунтування та вибір моделі металорізального верстата.....	31
2.4.3 Обґрунтування та вибір верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів.....	32
2.4.4 Розрахунок режимів різання	33
2.5 Проектування контрольно-вимірювального пристрою	35
2.5.1 Обґрунтування мети операції контролю	35
2.5.2 Обґрунтування та вибір методів вимірювання.	37
2.5.3 Обґрунтування та вибір засобів вимірювання	38
2.5.4 Ескізне проектування КВП	40
2.5.5 Опис конструкції та роботи КВП	41

2.6 Висновок	42
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБЛЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ОПЕРАЦІЇ СУПЕРФІНІШУВАННЯ СХОДИНОК ЗОЛОТНИКА	43
3.1 Спосіб оброблення циліндричних поверхонь абразивними брусками	43
3.2 Розробка схеми обробки абразивними брусками для виправлення похибки геометричної форми циліндричної поверхні	46
3.3 Пристрій для суперфінішування зовнішніх поверхонь золотника	52
3.4 Визначення часу на виправлення форми поверхонь золотника.....	55
3.6 Висновок	60
ВИСНОВКИ.....	61
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	63

ВСТУП

Актуальність теми. Підприємства авіаційної промисловості випускають у великій кількості золотники різних розмірів, які застосовуються у виробі вертольотобудування. Технологічний процес обробки золотників (деталей паливної апаратури двигунів) передбачає оздоблювальні операції круглого шліфування та притирання. Як свідчить аналіз, застосовувані методи обробки не завжди забезпечують повний комплекс показників якості поверхонь наведених деталей. Випуск золотників в серійному виробництві вимагає застосування операцій, які б забезпечили високу якість поверхні, шорсткість поверхневого шару деталі. Оздоблювальні операції, які застосовуються на виробництві, мають не зовсім досконалі кінематичні методи, що виконуються із утворенням підвищеної кількості тепла, мають складності в налагодженні і не завжди забезпечується стабільна якість поверхні оброблюваної партії заготовок.

Метою магістерської роботи є удосконалення існуючого на підприємстві технологічного процесу виготовлення золотників за умовою річного об'єму їх випуску. При проектуванні оптимального технологічного процесу виготовлення золотника виникає потреба в розробленні окремих оздоблювальних технологічних операцій, режимів різання та норм часу, проектування технологічного оснащення, різального та вимірювального інструментів.

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження є золотник 1274-1-0001, який входить до складу складальної одиниці паливної апаратури гвинтокрила.

Предмет дослідження. Предметом дослідження є існуючий технологічний процес виготовлення золотника.

Мета дослідження. Підвищення ефективності оздоблювальної операції обробки золотника з метою забезпечення точності геометричної форми двох поверхонь $\varnothing 40h8$ мм – відхилення від круглості і профілю поздовжнього перерізу циліндричної поверхні в межах 0,005 мм та шорсткості поверхонь за критерієм $R_a = 0,08-0,16$ мкм.

Завдання дослідження. Дослідити кінематичні схеми обробки циліндричних поверхонь $\varnothing 40h8$ мм золотника абразивними брусками. Виконати дослідження нової структури оздоблювальної операції для обробки наведених поверхонь золотника з метою досягнення потрібних показників точності та шорсткості за вимогами креслення.

Запропонувати модель верстата, спроектувати пристрій для суперфінішування поверхонь золотника абразивними брусками за новою кінематичною схемою.

Розробити рекомендації для вибору оптимальних режимів різання абразивними брусками запропонованого способу обробки поверхонь абразивними брусками.

Методи дослідження. Теоретичні задачі вирішувалися шляхом математичних рівнянь, якими описувалася обробка поверхонь абразивними брусками. Практичні рекомендації для вибору режимів різання виконувалися за результатами наукових робіт, в яких досліджувалася нова кінематика суперфінішування.

Наукова новизна одержаних результатів дослідження. Розроблена нова структура оздоблювальної операції для обробки абразивними брусками двох циліндричних поверхонь золотника. В запропонованій структурі операції визначені умови для побудови мікрорельєфу шорсткості циліндричних поверхонь. Запропонований інструментальний пристрій для обробки циліндричних поверхонь та визначені кінематичні умови за якими забезпечуються потрібні параметри точності форми та шорсткості поверхонь золотника.

Практичне значення одержаних результатів дослідження. Запропонована модель верстата для суперфінішування, нова конструкція інструментальної головки для обробки двох поверхонь золотника абразивними брусками. Розроблені рекомендації для вибору режимів обробки з метою отримання потрібної точності форми та шорсткості поверхонь золотника.

Особистий внесок магістра. Автором роботи запропонована кінематична схема процесу обробки абразивними брусками, модель верстата для суперфінішування, запропоновані режими обробки для забезпечення необхідних параметрів якості поверхонь золотника.

Апробація результатів магістерської роботи. Немає.

Структура і обсяг роботи. Магістерська робота складається з вступу, 3 розділів, висновків, списку використаних джерел з 35 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 66 сторінок.

РОЗДІЛ 1
АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ЗОЛОТНИКІВ
ГВИНТОКРИЛА «МІ-8М СК»

1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі

Гвинтокрил з двома двигунами у світі є один із найбільш розповсюджених гвинтокрилів в авіації. Ця машина широко використовується для виконання багатьох цивільних і військових завдань. Український варіант гвинтокрила є модернізацією радянського багатоцільового гвинтокрила моделі Мі-8 і розроблений компанією «Мотор Січ». За даними випробувань на різних режимах польоту, у разі виходу зі строю одного з двигунів, гвинтокрил здатен злітати в повітря на одному двигуні маючи значне перенавантаження.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика гвинтокрила «Мі-8М СК»

Рік побудови	2014
Довжина / Висота, м	25,31 / 5,54
Діаметр несучого гвинта, м	21,3
Максимальна злітна маса, кг	12500
Модель двигунів	2x ТВ3-117ВМА-СБМ1В4Е
Потужність двигунів (злітний режим), к. с.	2x 1500
Максимальна швидкість, км/год	260
Крейсерська швидкість, км/год	225
Динамічний максимум, м	9150
Практична дальність, км	600

За останні роки гвинтокрил «Мі-8М СК» зазнав значної модернізації і отримав нові системи збирання, реєстрації і обробки польотної інформації, авіаційний радіомаяк, лазерну систему прицілу марки ФПМ-01кв, станцію оптико-електронного придушення «Адрос», комбінований пристрій викиду теплових помилкових цілей «Адрос» КУВ 26-50, вихлопні пристрої АШ-01В для зниження температури і розсіювання потоків вихлопних газів. Додатково на гвинтокрил можуть установлюватися запасні паливні баки та озброєння, керовані і некеровані ракети, стрілецько-гарматне озброєння, шість авіабомб або систему повітряного мінування ВСМ-1.

Для забезпечення надійності та безпеки польотів гвинтокрил оснащений гідравлічною системою. Агрегати гідравлічної системи: панель гідроапаратів, гідравлічний бак, насоси НШ-39М, фільтри, гідроакумулятори, автомат розвантаження насосу ГА-77В, електромагнітний кран ГА-74М/5, електромагнітні крани ГА-192Т, автоматичний клапан ГА-59/1, бортова панель, дозатор ГА-172-00-2, зворотній клапан ОК-10А, циліндр фрикційної рукоятки ШАГ-ГАЗ, гідравлічний упор, трубопроводи системи, а також гідравлічні підсилювачі КАУ-30Б та РА-60Б.

У одному із систем паливної апаратури гвинтокрила застосовується деталь «Золотник 1274-1-0001». Золотник розташований в гідравлічній частині паливної системи виробу. Основна функція золотника – розподілення потоку рідини у різні системи двигуна гвинтокрила. Конструкцією золотника передбачені дві однакові циліндричні поверхні $\varnothing 40h8$ мм, які є виконавчими поверхнями, що забезпечують відсутність протікання рідини між поверхнями корпусу та золотника.

1.2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі

Технічні вимоги на виготовлення деталі наведені на кресленні золотника (дивись додаток А). Виходячи із умов експлуатації золотника в гвинтокрилі, конструктор призначив матеріалом сталь 40Х13 ГОСТ 5632-72. Хімічний склад сталі 40Х13 та її механічні властивості наведені в таблицях 1.2 та 1.3 [4].

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сталі 40Х13, в процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	Mo	Інші елементи
0,36-0,45	< 0,8	< 0,8	12,0-14,0	–	–	–	–

Таблиця 1.3 – Механічні властивості сталі 40Х13

σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ , %	Ψ , %	НВ, МПа
Не більше				Загартована сталь
1350	1800	10	45	Не більше 229

Технологічні властивості сталі 40Х13: стійка до корозії, обробка різанням у гарячекатаному стані при HB 166–170 та $\sigma_B=890$ МПа складає: $K_{VTB.ст.}=1$; $K_{V6.ст.}=0,9$; схильність до хрумкої ламаності. Виходячи із фізико-механічних і технологічних характеристик сталі 40Х13 можна затверджувати, що золотник варто виготовляти із цієї сталі. Застосування сталей інших марок може збільшити вартість матеріалу і погіршати експлуатаційні та механічні властивості деталі.

Виконаємо аналіз технічних вимог креслення золотника.

Золотник має два діаметра точних розмірів: $\varnothing 40h8(0; -0,039)$ мм. Поле допуску $\varnothing 40h8$ мм призначено конструктором для посадки $\varnothing 40H7/h8$. Зазначена посадка згідно рекомендацій ГОСТ 25347-82 застосовується для поступального руху золотника за підвищеними вимогами до точності центрування. Підвищення точності центрування збільшує якість складання і зменшує величину співвісності з'єднань у пневматичних і гідравлічних виробках. Технологічний процес обробки двох поверхонь $\varnothing 40h8$ передбачає операції шліфування і притирання, що забезпечує точність розміру за восьмим квалітетом.

Внутрішня різьба М30х1,5-7Н передбачена для закріплення золотника на штоку. Клас точності різьби «середній» і закріплення передбачає підвищені вимоги.

На двох поверхнях $\varnothing 40h8$ мм виконані канавки (вид А), які забезпечують потрібний об'єм мастильної рідини при роботі цих поверхонь у з'єднанні. Кількість канавок, їх відстань між собою встановлені конструктором із урахуванням роботи аналогічних виробів у гвинтокрилах.

Точність форми двох поверхонь $\varnothing 40h8$ мм на кресленні знаходиться в межах поля допуску (39 мкм) на цей розмір. Золотник є тілом обертання і точність форми (допуски круглості і профілю поздовжнього перерізу) становить 0,005 мм. Це відповідає шостому ступеню точності $S = 12\%$ допуску на розмір згідно ГОСТ 23643-81. Для золотника наведена точність є достатньою, тому що довжина деталі становить 170 мм, а поздовжній рух золотника в складальній одиниці 10 мм. Підвищене відхилення форми від циліндричної може визвати нерівномірний знос робочої поверхні і перетікання рідини між порожнинами.

Таким чином, допуск точності форми двох поверхонь зазначений конструктором правильно.

На кресленні допуск співвісності двох $\varnothing 40h8$ мм відносно їх загальної осі дорівнює 0,005 мм і відповідає 5-му ступеню точності згідно ГОСТ 24643-81. Золотник за умовами роботи має поступально-зворотній рух. Виходячи із роботи золотника ця вимога передбачає відсутність його заклинювання під час роботи.

Шорсткість поверхонь золотника відповідає мінімальній шорсткості залежно допуску на розмір [1]. Шорсткість двох поверхонь $\varnothing 40h8$ мм становить $R_a = 0,1$ мкм, що визвано інтенсивною експлуатацією вузла за період роботи виробу. Зазначений параметр шорсткості зменшує сили тертя, знос робочих поверхонь і температуру їх нагрівання за час роботи золотника і відповідає вимогам потрібної експлуатації деталі у виробі.

Креслення виконано за вимогами нормативу ЄСКД. Кількість видів і перерізів достатньо для повного уявлення деталі. Поверхні деталі мають розміри, зазначена їх точність, шорсткість. На кресленні наведені технічні вимоги для обробки деталі.

1.3 Визначення типу виробництва та форми його організації

При проектуванні оптимального технологічного процесу обробки деталі треба враховувати тип виробництва виробів. Згідно ГОСТ 3.1108-74 тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій, який визначається поділкою всіх різноманітних операцій, що виконуються підрозділом за місяць, до кількості робочих місць.

На перших етапах проектування тип виробництва можна визначити із достатньою точністю табличним методом, а потім уточнити за коефіцієнтом закріплення операцій [4].

Тип виробництва залежить від річної програми випуску виробів $N = 2000$ шт. та їх трудомісткості. Спочатку визначимо місячний випуск виробів N_m :

$$N_m = \frac{N}{12} = \frac{2000}{12} = 167 \text{ шт,}$$

де 12 – кількість місяців в році.

Трудомісткість виготовлення деталі за даними виробництва складає 22 години. За даними джерела [1, рис. 15.9, с. 461] це буде середньосерійне виробництво.

Визначимо кількість деталей в партії $N_{\text{п}}$ для одночасного їх запуску у виробництво спрощеним способом за формулою [3, с. 23]:

$$N_{\text{п}} = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{2000 \cdot 12}{254} = 95 \text{ шт,}$$

де $a = 12$ днів – періодичність запуску деталей в днях;

254 дні – кількість робочих днів у році.

У середньосерійному виробництві основною формою організації виробництва згідно ГОСТ 14.004-83 [5] є групова форма. Робочі місця на підприємствах певною мірою спеціалізовані – закріплені за кожним із декількох операцій для виготовлення деталей, обробка яких ведеться партіями.

Використовується універсальне, спеціалізоване і частково спеціальне обладнання. Широко застосовуються верстати з ЧПК, оброблювальні центри, гнучкі автоматизовані системи на основі верстатів з ЧПК, пов'язаних транспортуючими пристроями, керованими від ЕОМ. Устаткування розташовано за технологічними групами із урахуванням напрямку основних вантажних потоків цеху. Застосовується універсально-збірне, періодично налагоджувальне технологічне оснащення. Основний типаж різального інструменту – універсальний і спеціальний. Вимірювальний інструмент – калібри, спеціальний вимірювальний інструмент.

Вихідними заготовками застосовують гарячий та холодний прокат, лиття в земляні форми, лиття під тиском, точне лиття, поковки і точні штамповки.

Технологічна документація та нормування докладно розробляється для найбільш складних і відповідальних заготовок і спрощеного нормування для простих заготовок. Одночасно має місце застосування укрупненої документації.

У середньосерійному виробництві технологічний процес переважно диференційований, тобто розчленований на окремі операції, які закріплені за окремими визначеними верстатами. Середня кваліфікація основних робочих вище, ніж у масовому виробництві, але нижче, ніж в одиничному виробництві. Розряди робочих знаходяться в межах 3–5 розрядів.

1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

Оцінювання технологічності конструкції деталі за якісними показниками.

Конструкція деталі складена із циліндричних, площинних і різьбових поверхонь, що дозволяє застосувати відомі методи обробки (точіння, свердління, шліфування, нарізання різьби) та реалізувати прості схеми базування і закріплення [5].

Обробка двох поверхонь $\varnothing 40h8$ мм передбачає єдність технологічних баз при їх виготовленні (вісь деталі). На токарних і шліфувальній операціях базами для наведених поверхонь будуть два центрові отвори А5 ГОСТ 14034-74. Для свердління двох отворів $\varnothing 1,5$ мм доцільно використати дві східчасті поверхні $\varnothing 40h8$ мм. Обробка отворів $\varnothing 8 \times 128$ мм, $\varnothing 26 \times 48$ мм, різьбового отвору М30х1,5-7Н довжиною 12 мм виконується на токарній операції, де базовою поверхнею буде $\varnothing 40h8 \times 48,5h11$ мм. Точність розмірів, їх взаємне розташування не передбачає труднощів при виготовленні і таку конструкцію поверхонь деталі можна вважати технологічною.

Допуски форми поверхонь $\varnothing 40h8$ мм (круглості та профіля поздовжнього перетину в межах 0,005 мм), співвісності цих поверхонь в межах 0,005 мм відносно осі деталі треба витримати на шліфувальній операції. Поверхні треба обробити на одному установі шліфувальній операції, що забезпечить потрібні вимоги креслення. Конструкцію східчастих поверхонь золотника $\varnothing 40h8$ мм можна вважати технологічною.

Конструкція отвору $\varnothing 8$ мм глибиною 128 мм є відносно технологічною, тому що це потребує застосування свердла із подовженим хвостовиком. Також зазначений отвір є «глухим» і можлива поломка різального інструменту при його обробленні.

Наявність в конструкції золотника двох отворів $\varnothing 1,5$ мм розташованих під кутом 45° відносно осі деталі ускладнює технологічний процес його виготовлення. По-перше, отвір є дуже малого діаметру і для його виготовлення потребує верстат із ручною подачею, щоб уникнути поломки інструмента. По-друге, початок свердління починається із поверхні – галтелі радіусом 5 мм, що призведе до уводу свердла на самому початку обробки. Це потребує зробити на галтелі плоску поверхню («лиску»), або центрувати це місце центровим свердлом. Додаткові заходи збільшує штучно-калькуляційний час їх виготовлення і можна вважати наведену конструкцію деталі нетехнологічною.

Наявність отворів $\varnothing 8$ мм, 26 мм, М30х1,5-7Н мм із однієї сторони деталі робить конструкцію золотника нетехнологічною. Це пояснюється тим, що на шліфувальній операції потрібно використовувати два центрових отвори. Але один із центрових отворів видаляється на попередній токарній операції. Тому в технологічному процесі золотника передбачена додаткова токарна операція. На операції точиться різьбова пробка з центровим отвором А5 ГОСТ 14034-74. Потім пробка вкручується у різьбовий отвір М30х1,5-7Н золотника за посадкою М30-7Н/6g. На останньому технологічному переході операції центрові отвори золотника і пробки «притираються». Запропонована конструкція золотника ускладнює технологічний процес виготовлення і тому її можна вважати нетехнологічною.

Шорсткість поверхонь $\varnothing 40h8$ мм становить $Ra = 0,1$ мкм. Для реалізації цієї вимоги в технологічному процесі виготовлення золотника введена операція притирання. Операція виконується на токарному верстаті спеціальними притирами – форма і розміри яких збігаються (копіюють) із оброблювальною поверхнею. Обробка виконується в ручному режимі. Можна вважати наведену конструкцію золотника відносно технологічною.

Таким чином, за якісними показниками деталь є відносно технологічною, допускає застосування відомих методів обробки, роботу на верстатах із високопродуктивними режимами різання, але додаткові технологічні переходи ускладнюють технологічний процес її виготовлення.

Оцінювання технологічності конструкції деталі за кількісними показниками. Технологічність конструкції деталі оцінювалася наступними кількісними показниками [10, 11]: масою деталі, коефіцієнтами використання металу, уніфікації конструктивних елементів, точності обробки, шорсткості поверхонь, рівнем використання металу та технологічною собівартістю.

1 Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів K_y [11]. Деталь має 42 конструктивних елементи: циліндричних зовнішніх поверхонь – 5; циліндричних внутрішніх поверхонь – 6; канавкових поверхонь – 13, фасок – 4, різбових поверхонь – 2; конічних поверхонь – 1, торцевих поверхонь – 7, галтелей – 4.

Із цих поверхонь 29 – уніфіковані, а 13 поверхонь – оригінальні (дванадцять канавок радіусом 0,5 мм і одна канавка радіусом 2 мм). Коефіцієнт уніфікації становить

$$K_y = 29/42 = 0,69.$$

Показник коефіцієнта уніфікації елементів не високий і за цим критерієм конструкцію деталі можна вважати відносно технологічною [10].

2 Коефіцієнт точності K_T діаметральних і основних лінійних розмірів деталі (див. табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Коефіцієнт точності K_T

Квалітет точності T_i	7	8	9	10	11	12	13	14
Кількість квалітетів n_i	2	2	–	–	3	28	–	7
$T_i \cdot n_i$	14	16	–	–	33	336	–	98

$$\Sigma n_i = 42; \quad \Sigma(T_i \cdot n_i) = 497.$$

$$T_{cp} = \frac{\Sigma(T_i \cdot n_i)}{\Sigma n_i} = \frac{497}{42} = 11,83.$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{1}{11,83} = 0,92.$$

За даними показника коефіцієнту точності $K_T = 0,92$ конструкцію деталі можна вважати технологічною. [10].

3 Коефіцієнт шорсткості $K_{ш}$ діаметральних і торцевих поверхонь деталі (див. табл. 1.4).

Таблиця 1.4 – Коефіцієнт шорсткості $K_{ш}$

Шорсткість поверхонь $\Sigma_i(R_{a_i}, \text{мкм})$	0,1	1,25	2,5	3,2	6,3
Кількість поверхонь n_i	2	1	16	2	22
$\Sigma_i \cdot n_i$	0,2	1,25	40	6,4	138,6

$$\Sigma n_i = 42; \quad \Sigma(\Sigma_i \cdot n_i) = 186,45.$$

$$\Sigma_{cp} = \frac{\Sigma(\Sigma_i \cdot n_i)}{\Sigma n_i} = \frac{186,45}{42} = 4,44.$$

$$K_{ш} = \frac{1}{\Sigma_{cp}} = \frac{1}{4,44} = 0,23.$$

Показник коефіцієнта шорсткості $K_{ш} = 0,23$ є достатнім і за цим критерієм конструкцію деталі можна вважати технологічною [10].

Оцінювання технологічності конструкції деталі за якісними та кількісними показниками дозволив визнати її технологічною на стадіях виготовлення заготовки та механічної обробки.

1.5 Аналіз операцій існуючого технологічного процесу обробки золотника

Операція 005. Заготівельна. Деталь золотника виготовляється із круглого прокату діаметром $45(+0,4; -0,7)$ мм згідно ГОСТ 2590-71; матеріал прокату – конструкційна легована сталь марки 40X13 ГОСТ 5632-72. Маса круглого прокату – 12,5 кг на один погонний метр, точність прокату – А.

Операція 010. Відрізна. Згідно кресленню деталі на підприємстві відрізають прутки довжиною $175 \pm 0,5$ мм (див. рис. 1.1). Основним різальним інструментом на операції є спеціальні абразивні відрізні круги. Різання заготовок

здійснюється під кутом 90° до їх осі із припуском 2,5 мм. Використання абразивних кругів дозволяє зменшити кількість відходів металу, виключити різноманітні деформації та прожоги поверхонь заготовки.

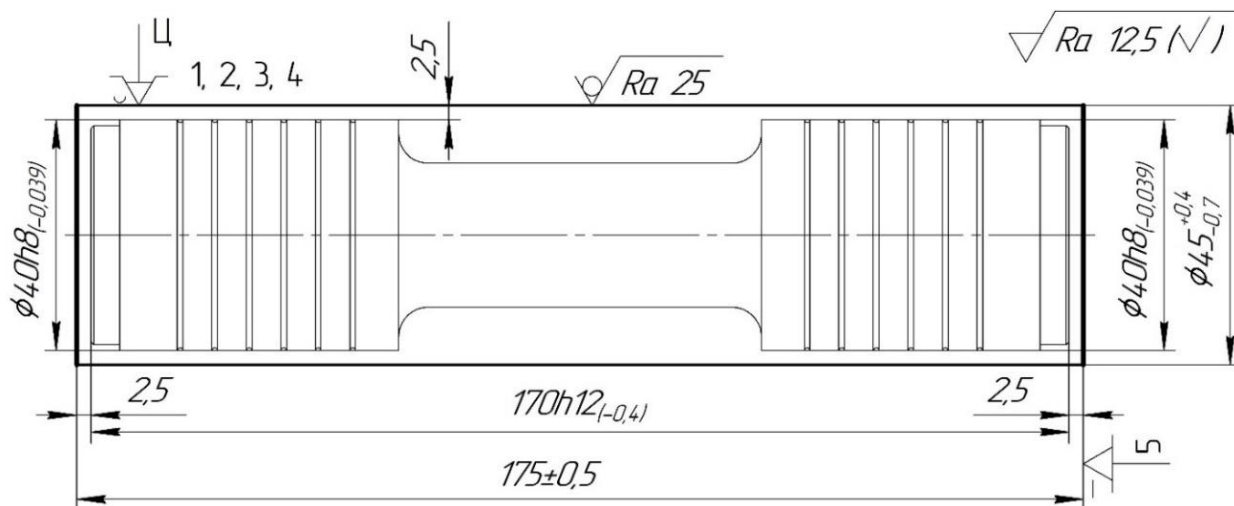


Рисунок 1.1 – Ескіз заготовки на операції 010

Операція 015. Фрезерно-центрувальна. Операція виконується на фрезерно-центрувальному верстаті моделі Arix TMD42CL(50CL), де оброблюються базові поверхні заготовки (див. рис. 1.2).

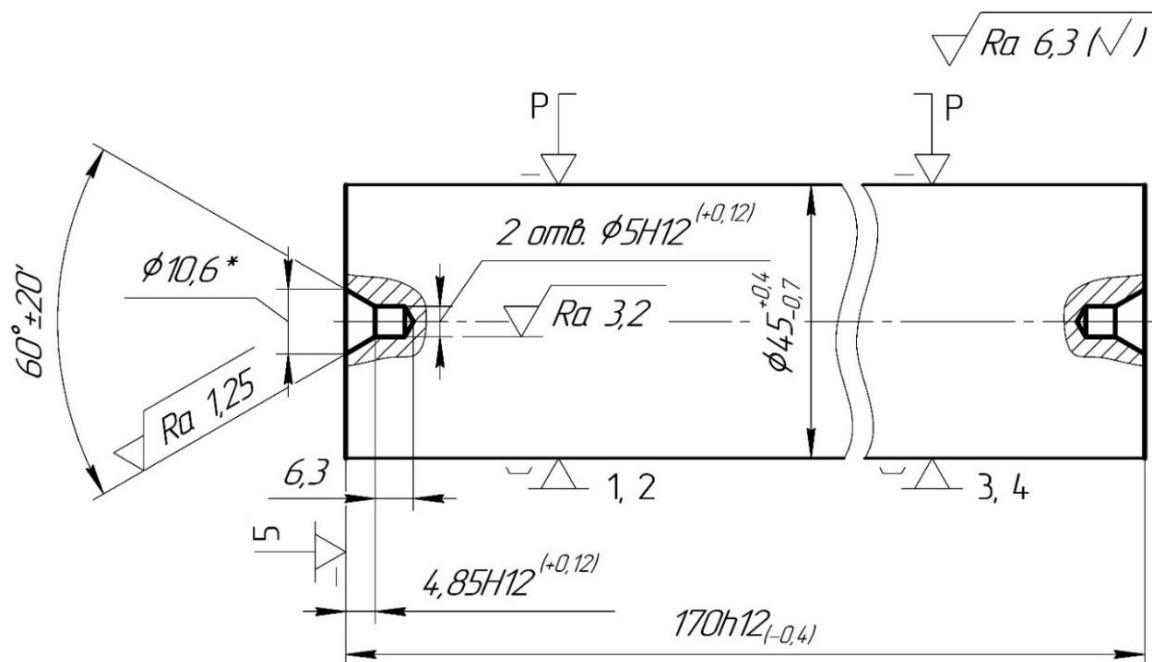


Рисунок 1.2 – Ескіз заготовки на операції 015

На першій позиції виконується одночасна обробка двома фрезами двох торцевих поверхонь $\varnothing 45(+0,4; -0,7)$ мм і витримується розмір $170h12(0; -0,4)$ мм. На другій позиції двома центровими свердлами виконується центрування двох торців за формою А5 ГОСТ 14034-74.

Операція 020. Токарна з ЧПК. Обробка заготовок виконується на токарному верстаті з ЧПК моделі 16К20Ф3 (див. рис. 1.3).

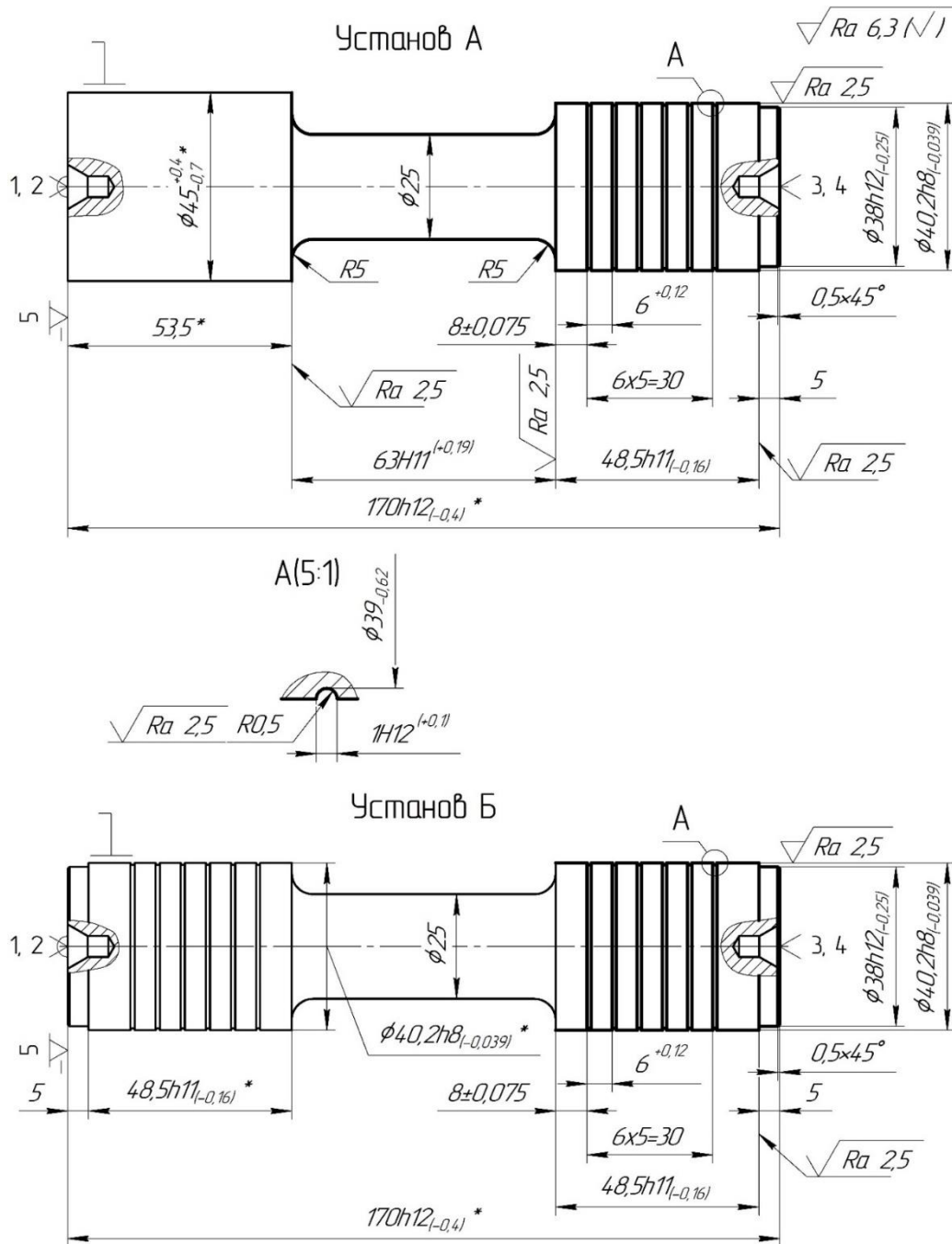


Рисунок 1.3 – Ескіз заготовки на операції 020

Спочатку точаться дві поверхні $\varnothing 40h8$ мм довжиною $48,5h11$ мм і залишається припуск на обробку шліфуванням та притиранням. Потім точаться два $\varnothing 38h12$ мм довжиною 5 мм. Останньою точиться поверхня $\varnothing 25h14$ мм довжиною $63h11$ мм та канавки А шириною $1H12(+0,1; 0)$ мм і радіусом 0,5 мм витримуються відстані від карману по $8\pm 0,075$ мм. При точінні двох $\varnothing 40h8$ мм та поверхні $\varnothing 25h14$ мм використовується наступний режим різання: середня швидкість різання $V = 210$ м/хв, подача $S = 0,02$ мм/об; глибина різання $t = 2,5$ мм. Точіння канавок А відбувалося на режимах: швидкість різання $V = 250$ м/хв, подача $S = 0,025$ мм/об; глибина різання $t = 0,5$ мм.

Операція 025. Токарна з ЧПК. Операція виконується на токарно-гвинторізному верстаті з ЧПК моделі 16К20Ф3 (див. рис. 1.4).

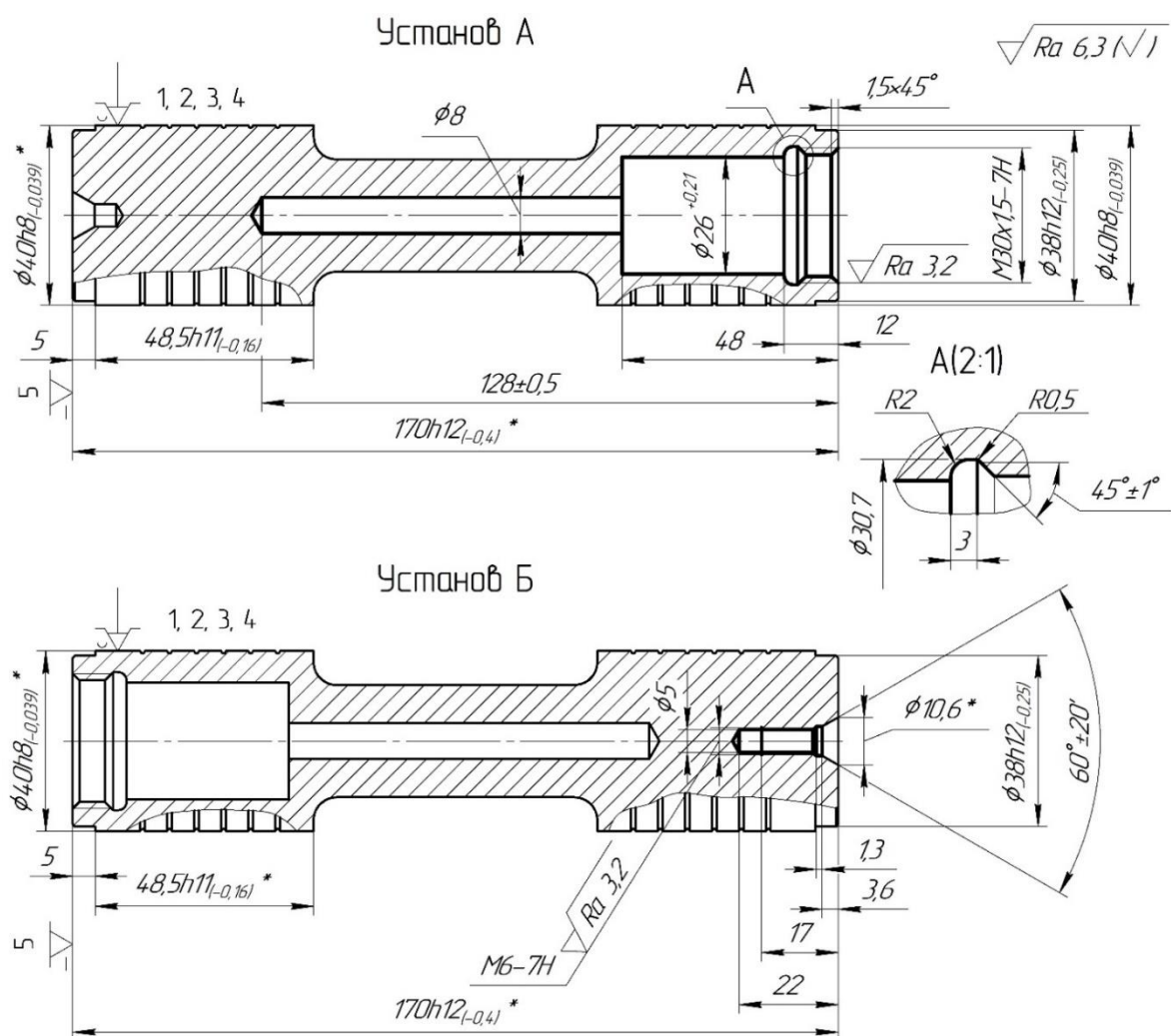


Рисунок 1.4 – Ескіз заготовки на операції 025

На операції розточується отвір діаметром $26(+0,21; 0)$ мм на глибину 48 мм, потім розточується канавка А (під вихід різьбового різця), точиться фаска $1,5 \times 45^\circ$, нарізається різьба $M30 \times 1,5-7H$. Потім із використанням задньої бабки свердлять отвір $\varnothing 8$ мм і витримується розмір $128 \pm 0,5$ мм. При обробки поверхонь використовується режим різання: швидкість різання $V = 20-90$ м/хв; подача в межах $S = 0,025-0,1$ мм/об; глибина різання $t = 0,2$ мм.

Операція 030. Вертикально-свердлильна. Операція виконується на універсальному одношпindelному вертикально-свердлильному верстаті моделі 2Н118 (див. рис. 1.5).

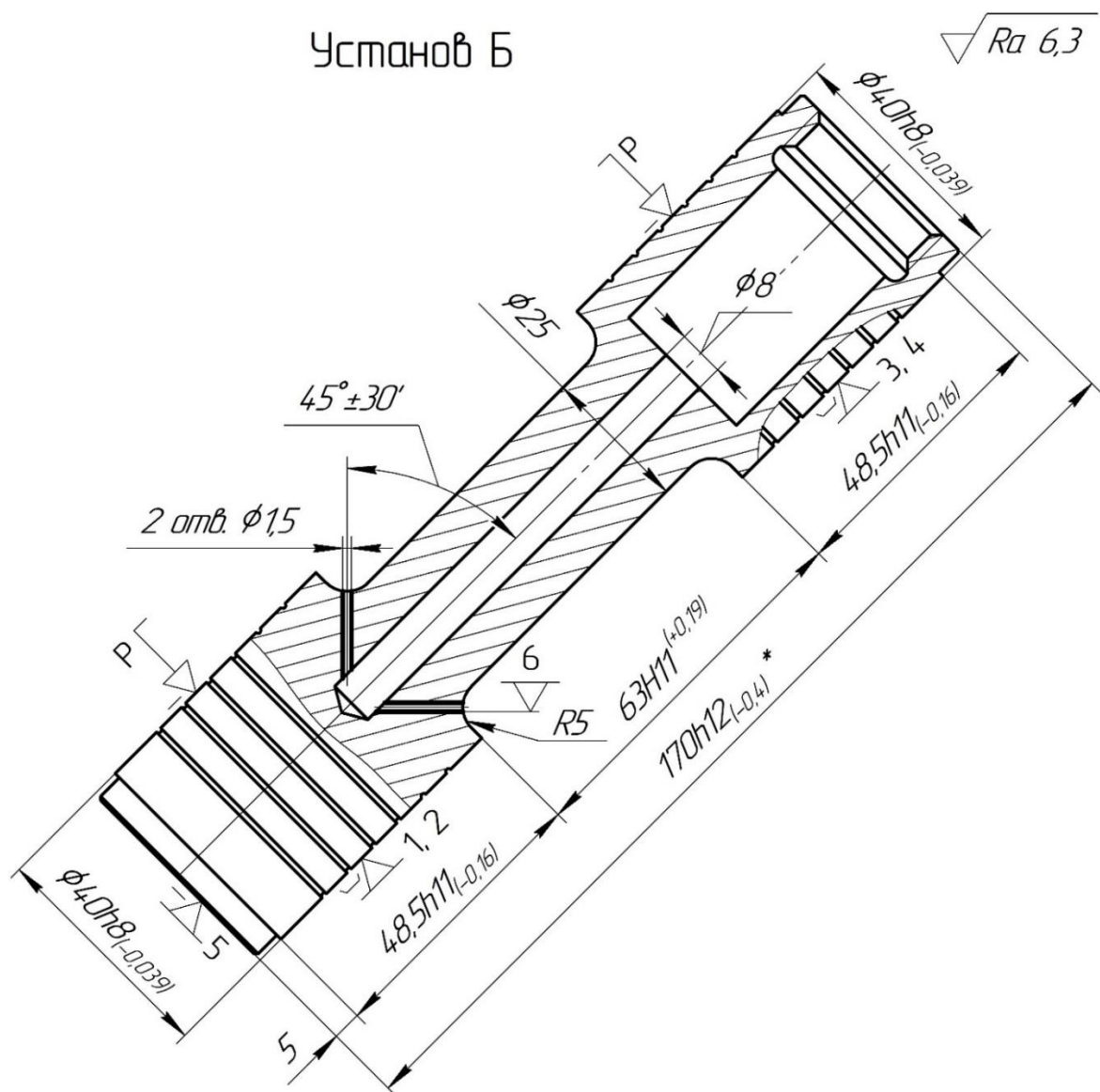


Рисунок 1.5 – Ескіз заготовки на операції 030

Свердлять два отвори $\varnothing 1,5$ мм на прохід (до перетинання із $\varnothing 8$ мм). При свердлінні отворів витримується кут $45^\circ \pm 30'$ відносно загальної осі золотника. Обробка отворів передбачає їх розташування один від одного під кутом 180° . Тому при свердлінні другого отвору використовується технологічна база – отвір, який просвердлений раніше. Обробка виконується із використанням ручної подачі різального інструменту, що пов'язано із малим діаметром отвору. За рекомендаціями джерел [1, 3, 6] отвори діаметрів до 3 мм свердляться із застосуванням ручної подачі інструмента.

Операція 035 Слюсарна. Операція передбачає встановлення спеціальної деталі – пробки із центровим отвором (базова поверхня). Пробка вкручується у отвір $M30 \times 1,5-7H$ мм. Потім обоє центрові отвори «правляться».

Операція 040. Круглошліфувальна. Операція виконується на круглошліфувальному верстаті моделі 3А110В (див. рис. 1.6).

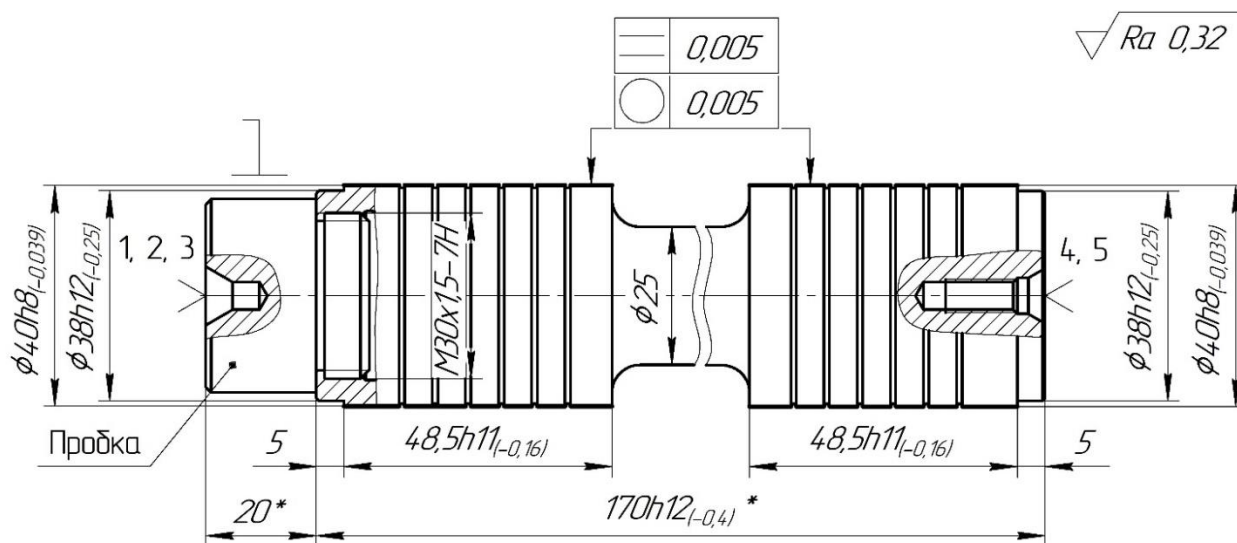


Рисунок 1.6 – Ескіз заготовки на операції 040

Заготовка встановлюється на центрові отвори. Для передачі крутного моменту від шпинделю верстата до заготовки застосовується спеціальний пристрій – хомутик. Хомутик не дозволяє передавати сили вібрації, що виникають в коробки швидкості шпинделю верстата, на оброблювальні поверхні

заготовки. Для шліфування використовується шліфувальний круг типу ПП80x45x205 ГОСТ 2424-88 із характеристикою 63С20СТ1К6 ГОСТ 2424-88.

На операції шліфуються дві сходинок $\varnothing 40h8$ мм. Огляд шліфованих поверхонь виявив багато слідів (рисок) оставлених абразивними зернами шліфувального круга. В багатьох випадках на поверхнях зостаються «ритвини», окремі прожоги, що виникли під дією високих локальних температур. Вимірювання циліндричної форми поверхонь, їх шорсткості показав, що не у всіх заготовок обробленої партії ці показники відповідають технічним вимогам креслення. Крім цього, на робочій поверхні круга виникають плями «засалювання», що є результатом налипання шламу від заготовки і зупинення процесу різання. Дія високих локальних температур (600 – 1000 °С), підвищені сили тертя в зоні контакту інструменту і заготовки негативно впливають на структуру поверхневого шару заготовки. Виникає вигорання вуглецю із поверхневого шару заготовки, що призводить до появи окремих аморфних шарових слоїв поверхні. Негативний вплив методу шліфування на якість поверхонь заготовки потребує застосування інших методів обробки замість існуючого, наприклад, суперфінішування або притирання.

Шліфуванням забезпечуються точність діаметральних розмірів двох сходинок заготовки в межах 6–7 квалітетів точності (за кресленням 8-й квалітет), шорсткість поверхонь $R_a = 1,6 - 0,8$ мкм та їх взаємне розташування за вимогами креслення, а саме, допуск круглості циліндричній формі сходинок 0,005 мм, допуск профіля поздовжнього перетину 0,005 мм.

Операція 045. Притиральна. Притирання виконується на токарному верстаті застарілої моделі 16К20, який знятий із виробництва. Обробка виконується ручним способом, за допомогою інструмента «жимки», в якому встановлена шліфувальна шкурка. Під дією сил стиснення здійснюється видалення мікроскопічного аморфного шару метала і поява шорсткості на поверхні заготовки, яка відповідає вимогам креслення.

За результатами обробки забезпечується потрібна форма циліндричної поверхні: допуск круглості форми сходинок 0,005 мм, допуск профіля

поздовжнього перетину сходинок 0,005 мм, шорсткість поверхонь $R_a = 0,1$ мкм. За даними виробництва шорсткість поверхонь для всієї партії заготовок не забезпечується, що пов'язано із суб'єктивним фактором обробки, яка здійснюється у ручному режимі.

Операція 050. Промивання. Мета операції – видалення металевого і абразивного шламу з поверхонь деталі. На шліфувальній та оздоблювальній операціях поверхні деталі мають багато включень абразивного шламу. Вимірювання поверхонь деталі контактними контрольно-вимірювальними інструментами (індикаторами) призводить до підвищеного зносу поверхонь контрольних приладів.

Деталі необхідно промивати у ванні бензином марки «Калоша», а поверхні вчищати щіткою КП-40 ГОСТ 10597-87, а після промивання висушити. Сушіння деталі запобігає корозії поверхонь золотника.

Операція 055. Технічний контроль. Виконується контроль всіх точних розмірів деталі. Контролюється точність розмірів $\varnothing 40h8$ мм, шорсткість поверхонь за критерієм $R_a=0,1$ мкм, допуск форми круглості і поздовжнього перетину сходинок (не більше 0,005 мм), співвісність сходинок відносно осі деталі в межах 0,005 мм.

1.6 Висновки та завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі

1. На діючому підприємстві технологічний процес оброблення заготовки золотника відбувається в умовах серійного типу виробництва. Заготовки оброблюються на верстатах з ЧПК та на універсальному обладнанні. Структура операцій складається із переходів, на яких використовуються різні режими різання, різальний інструмент, застосовується універсальна (спрощена) технологічна оснастка. Структура технологічного процесу виконана за принципом концентрації операцій, має збільшену кількість допоміжних переходів та штучно-калькуляційний час на оброблення заготовок.

Виходячи із умов середньосерійного виробництва існуюча структура технологічного процесу обробки вала не є раціональною.

2. В існуючому технологічному процесі виготовлення золотника тривалість часу операцій різна. Наприклад, операція 030 «Вертикально-свердлильна», на якій свердяться два отвори $\varnothing 1,5$ мм, має значно менший штучно-калькуляційний час у порівнянні із операцією 025 «Токарна з ЧПК». Це потребує додаткове технологічне завантаження свердлильної операції.

3. Операції 020, 025 «Токарна з ЧПК», 030 «Вертикально-свердлильна» оснащені пристроями, в яких не застосовуються пневматичні або гідравлічні приводи. Їх відсутність не дає можливість скоротити допоміжний час в межах штучно-калькуляційного часу операції, що збільшує їх трудомісткість.

4. На токарних операціях 020 і 025 оброблюються дві сходинки золотника $\varnothing 40h8$ мм і залишається припуск на наступну оздоблювальну обробку абразивним інструментом. Наведена послідовність операцій дозволяє забезпечити технічні вимоги креслення за критеріями точності і шорсткості поверхні.

5. Операція 040 «Круглошліфувальна» забезпечує технічні вимоги креслення – круглість форми двох поверхонь $\varnothing 40h8$ мм та співвісність сходинок в межах 0,005 мм. Шорсткість поверхонь $R_a=0,1$ мкм остаточно формується на операції 045 «Притирання».

Практикою доведено, що після шліфування незагартованої сталі 40X13 на її поверхні залишаються температурні плями у вигляді задирок та уламків абразивних часток, які зварювані із поверхневим шаром металу залишених шліфувальним кругом. Форма шліфованих поверхонь має огранювання та овальність і містять сліди окремих глибоких подряпин зоставленими виступаючими абразивними зернами шліфувального круга.

Наведені недоліки частково усуваються на операції притирання. Але обробка поверхонь золотника відбувається застарілими притирами «жимками», у ручному режимі, що не дозволяє повністю виправити дефекти поверхневого шару деталі та забезпечити потрібну форму та шорсткість поверхонь.

6. На операції 040 «Круглошліфувальна» використовується застаріла модель верстатного обладнання. Для умов середньосерійного виробництва операцію треба оснастити сучасним продуктивним і більш точним верстатом. На верстаті застосувати пристрій активного контролю точності розмірів сходинок деталі в автоматичному режимі, що виключить їх похибку.

7. В технологічний процес обробки золотника замість операції «Притиральна» треба ввести оздоблювальну операцію – обробку поверхонь абразивними брусками. Пропонується поверхні золотника обробляти методом суперфінішу. Обробка суперфінішуванням виключить ручний спосіб обробки «жимками» та зменшить вплив температурного фактору на поверхні заготовки, який не перевищує 60 °С. Для виправлення геометричної форми поверхні (овальності та огранювання) треба розробити схему жорсткого охоплення циліндричної поверхні заготовки робочою поверхнею бруска та спеціальний пристрій – суперфінішну головку.

8. Пропонується на оздоблювальній операції суперфінішування поверхонь золотника використати спеціалізований верстат для суперфінішування моделі ЗД870Б, який має коливальну каретку, що дозволить послідовно обробити сходинок деталі. Верстат має автоматичний цикл налагодження інструмента на обробку заготовки, забезпечує безступінчасте регулювання тиску бруска на оздоблювальну поверхню, реле часу, що дозволяє програмувати потрібний час обробки абразивним бруском.

9. Шорсткість поверхонь $\varnothing 40h8$ мм золотника пропонується контролювати на робочому місці профілометр-профілографом моделі 240 ГОСТ 9504-80 (для цехів) після виконання операції суперфінішування.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБЛЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗОЛОТНИКА 1274-1-0001

2.1 Складання технологічного маршруту виготовлення золотника

Конструкція золотника містить циліндричні, площинні, конічні, різьбові поверхні та їх сполучання. Для оброблення наведених поверхонь застосовуються методи фрезерування, точіння, свердління, нарізання різьби, шліфування, притирання. В таблиці 2.1 порівнюються технологічний процес виготовлення золотника на підприємстві із запропонованим.

Таблиця 2.1 – Порівняльна таблиця технологічних процесів оброблення золотника

Номер операції	Технологічний процес на підприємстві	Верстат	Запропонований технологічний процес	Верстат
005	Заготівельна. Круг 45x6000 ГОСТ 2590-88	Прокатний стан	Обробка тиском	КГШП
010	Відрізна	8A631	Термічна обробка	Піч
015	Фрезерно-центрувальна	Agix TMD42CL	Фрезерно-центрувальна	MP-77
020	Токарна з ЧПК	16K20Ф3	Токарна з ЧПК	Star Chip 450
025				
030	Вертикально-свердлильна	2H118	Вертикально-свердлильна	KGB 25
035	Слюсарно-складальна	Стіл	Слюсарно-складальна	Стіл
040	Круглошліфувальна	3A110B	Шліфувальна з ЧПК	RSM CNC 500
045	Притиральна	16K20	Суперфінішна	ЗД870Б
050	Промивання	Ванна	Промивання	Ванна
055	Технічний контроль	Стіл ВТК	Технічний контроль	Стіл ВТК

В запропонованому технологічному процесі виготовлення золотника введена суперфінішна операція, яка детальніше буде розглянута в наступних підрозділах пояснювальної записки. Для контролю співвісності двох сходінок золотника буде спроектований спеціальний контрольно-вимірювальний

пристрій (КВП), який спростить трудомісткість і підвищить точність вимірювання деталі.

2.2 Вибір та обґрунтування способу виготовлення заготовки та розроблення технічних вимог

Вихідні дані для виготовлення заготовки: тип виробництва – середньосерійний; матеріал деталі – сталь 40Х13 ГОСТ 5632-72.

На підприємстві заготовка золотника виготовляється із круглого гарячекатаного прокату $\varnothing 45(+0,4; -0,7)$ мм і довжиною 6000 мм, яка потім розрізається на штучні заготовки довжиною $175\pm 0,5$ мм. В середньосерійному виробництві економічно вигідно виготовляти форму заготовки максимально наближену до форми готової деталі. Пропонується заготовку виготовляти штампуванням на КГШП (заготовки нагріваються індукційним способом).

При порівнянні собівартості заготовки виготовленої із круглого прокату з заготовкою штампованої на КГШП встановлено, що економічно вигідно виготовляти заготовку штампуванням на КГШП.

Призначення припусків і допусків на поверхні заготовки згідно ГОСТ 7505–89.

1 Обладнання – КГШП, клас точності Т4 [13, т. 19]; маса штампованої заготовки 1,6 кг [13, т. 20]; група сталі М2 [13, т. 1]; ступінь складності поковки С1 [13, додаток 2]; конфігурація поверхні рознімання штампа П (площинна) [13, т. 1].

2 За даними пункту 1 визначається вихідний індекс – 10 [13, т. 2].

3 Визначаються основні і додаткові припуски на механічну обробку, напуски, розміри та допуски поковки [13, т. 3, 4, 5, 7, 9, 10, 13, 17, 18] (див. табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Розрахунок розмірів заготовки

Розмір на кресленні деталі, мм	Шорсткість, Ra мкм	Припуск основний і додатковий (на сторону), мм	Допуск, мм	Розмір на кресленні заготовки, мм
$\varnothing 40h8(0; -0,039)$	0,1	$1,5+0,2+0,4=2,1$	1,6	$\varnothing 45(+1,1; -0,5)$
$\varnothing 25h14(0; 0,52)$	6,3	$1,1+0,2+0,4=1,7$	1,4	$\varnothing 28(+0,9; -0,5)$
$170h12(0; -0,4)$	6,3/6,3	$1,4+0,2+0,4=2,0$	2,2	$175(+1,4; -0,8)$
$53,5h11(0; -0,19)$	6,3/6,3	$1,2+0,2+0,4=1,8$	1,6	$58(+1,1; -0,5)$
$63H11(+0,19; 0)$	6,3/6,3	$1,2+0,2+0,4=1,8$	1,6	$59(+1,1; -0,5)$

За розрахованими розмірами розроблено креслення вихідної заготовки золотника (див. рис. 2.1).

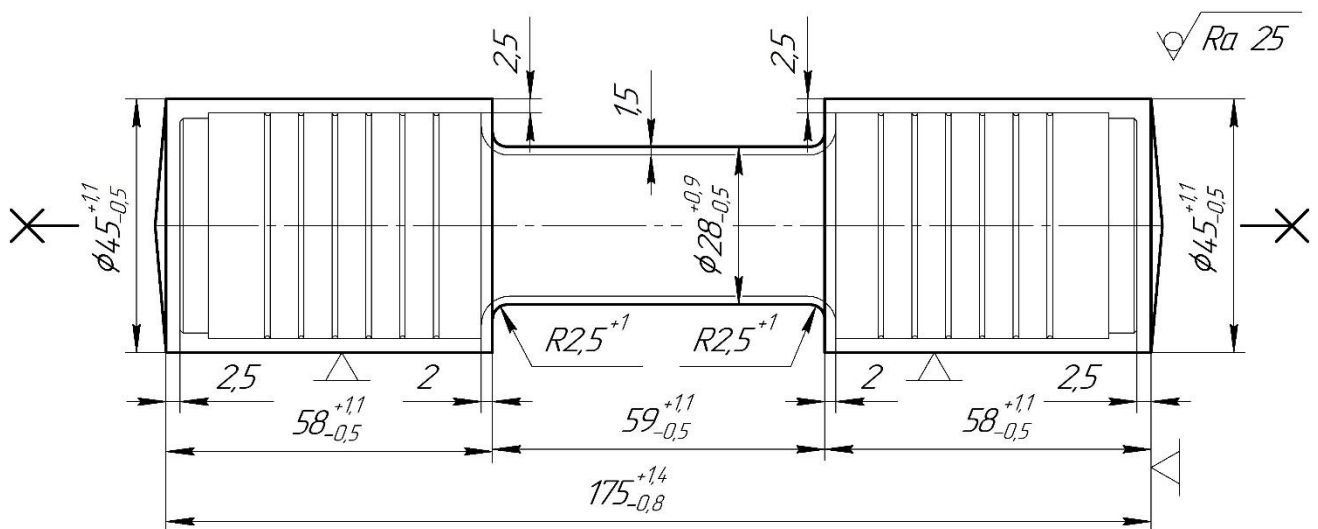


Рисунок 2.1 – Заготовка, яка виготовлена штампуванням на КГШП

Технічні вимоги до виготовлення заготовки штамповкою на КГШП.

- 1 Поковка Гр. II – 170...217 НВ ГОСТ 8479-70.
- 2 Ступінь складності С1, група сталі М2, точність виготовлення Т4, вихідний індекс 10 згідно ГОСТ 7505-89.
- 3 Незазначені радіуси зовнішніх кутів $R2,5(+1,0; 0)$ мм.
- 4 Незазначені штамповані уклони 5° .
- 5 Висота задирки на заготовки по периметру обрізання не більше 3 мм.
- 6 Гранична величина зміщення поверхонь роз'ємних частин штампа 0,5 мм.
- 7 Величина вигину осі золотника не більше 0,6 мм.

2.3 Розрахунок припусків на механічну обробку поверхні обертання

Припуски та проміжні граничні розміри розраховуються для двох поверхонь $\varnothing 40h8(0; -0,039)$ мм з довжиною $48,5h11(0; -0,16)$ мм. Розміри поверхонь формуються на операціях 005 «Обробка тиском», 020 та 025 «Токарна з ЧПК», 040 «Шліфувальна з ЧПК», 045 «Суперфінішна».

Токарна, шліфувальна і суперфінішна обробка поверхонь відбувається із використанням центрових отворів. Таким чином, одна із складових мінімального припуску – похибка установки $\varepsilon_y = 0$ [3, т. 4.2, с. 62 – 63].

Величини Rz_{i-1} и H_{i-1} беремо із джерела [3, т. 4.3 та т. 4.5, с. 63 – 64] та заносимо їх в таблицю 2.2.

Величина ρ_3 для заготовки визначиться за формулою [3, т. 4.7, с. 66 – 69]:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{3M}^2 + \rho_{жол}^2 + \rho_{ц}^2},$$

де $\rho_{3M} = 0,5$ мм;

$$\rho_{жол} = \Delta_k \cdot l = 1,5 \cdot 85 = 128 \text{ мкм} = 0,128 \text{ мм};$$

$$\rho_{ц} = \sqrt{\left(\frac{T_3}{2}\right)^2 + 0,25^2} = \sqrt{\left(\frac{1,6}{2}\right)^2 + 0,25^2} = 0,838 \text{ мм},$$

де $T_3 = 1,6$ мм – допуск на заготовку двох поверхонь $\varnothing 40h8(0; -0,039)$ мм, які були використані як бази на фрезерно-центрувальній операції [5].

Тоді просторові відхилення заготовки складуть:

$$\rho_3 = \sqrt{0,5^2 + 0,128^2 + 0,838^2} = 0,984 \text{ мм} = 984 \text{ мкм}.$$

Остаточні просторові відхилення після чорнового точіння заготовки на операції 020 становлять $\rho_1 = 0,06 \cdot 984 = 59$ мкм; після чистового точіння на операції 025 становлять $\rho_2 = 0,04 \cdot 984 = 40$ мкм; після шліфування на операції 040 становлять $\rho_3 = 0,02 \cdot 984 = 20$ мкм.

Таблиця 2.2 – Вихідні дані для визначення припуску на $\varnothing 40h8$ мм

Найменування переходу або операції	Квалітет точності	Елементи припуску, мкм		
		Rz_{i-1}	H_{i-1}	ρ_{i-1}
Обробка тиском	T4	150	200	984
Токарна з ЧПК (чорнове точіння)	$h12$	50	50	59
Токарна з ЧПК (чистове точіння)	$h9$	30	30	40
Шліфувальна з ЧПК	$h8$	10	20	20
Суперфінішна	$h8$	5	15	–

Припуски і операційні розміри $\varnothing 40h8$ мм розраховувалися за програмою «ргір» вер. 7.1 (див. додаток В). Схема полів припусків і допусків наведена на рисунку 2.2.

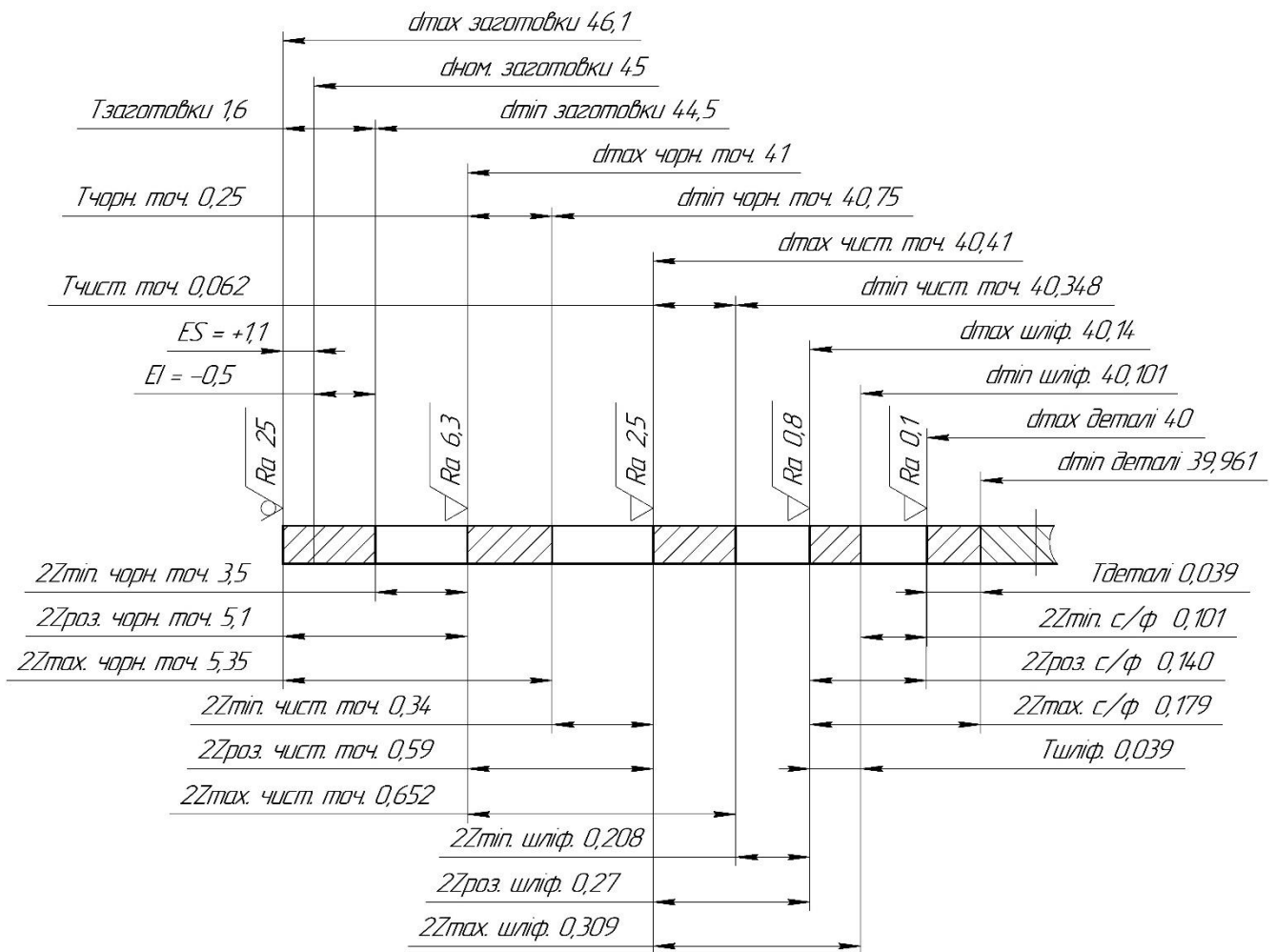


Рисунок 2.2 – Схема припусків на дів поверхні $\varnothing 40h8(0; -0,039)$ мм

2.4 Розроблення структури операції 045 «Суперфінішна»

2.4.1 Обґрунтування та вибір схем базування та закріплення заготовки.

Схема базування і закріплення заготовки на суперфінішному верстаті наведена на рисунку 2.3. На операції оброблюються дві поверхні $\varnothing 40h8(0; -0,039)$ мм. Деталь базується на центрові отвори, які є явними базами. Центрові отвори реалізують приховану базу – вісь золотника А, яка є одночасно конструкторською, технологічною і вимірювальною базою. Схема базування золотника в жорстких центрах наведена в таблицях 2.4 і 2.5.

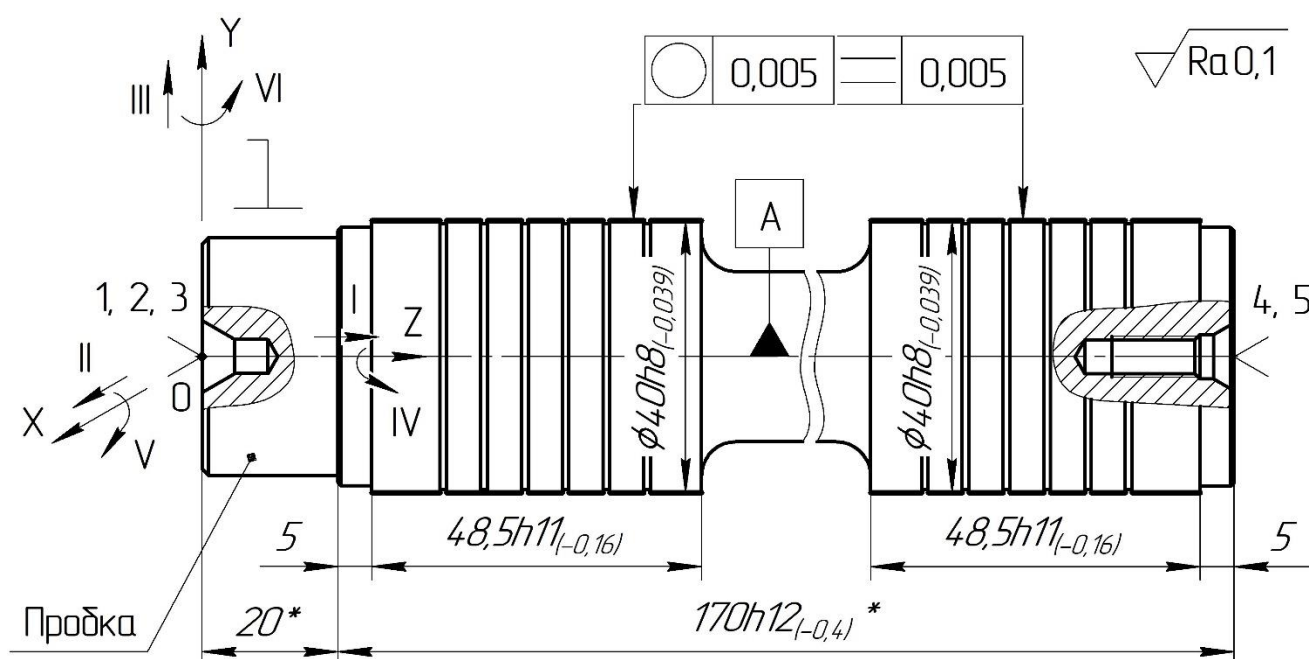


Рисунок 2.3 – Ескіз заготовки на операції 045

Таблиця 2.4 – Таблиця відповідності

Зв'язок	Ступені свободи	База
1, 2, 3, 4, 5	I, II, III, V, VI	ПНБ+ОБ
6	IV (вакансія)	–

Таблиця 2.5 – Матриця зв'язків

X, Y, Z / 1, α	X	Y	Z	База
1	1	1	1	ПНБ+ОБ
α	1	1	0	
Всього	2	2	1	5-Ь зв'язків

2.4.2 Обґрунтування та вибір моделі металорізального верстата

Суперфінішування круглих деталей в центрах виконується на спеціальних верстатах для суперфінішування, які комплектуються одним, двома або чотирма інструментальними головками [1, 23]. Інструментальні головки є верстатними пристроями і проектується спеціально за технічними вимогами оброблювальної деталі. Верстати із однією інструментальною головкою призначені для послідовної обробки циліндричних східчастих поверхонь круглих деталей в центрах. Обробка виконується абразивними або алмазними брусками, які притискаються до поверхні заготовки і виконують коливальні та зворотно-поступальні рухи уздовж осі обертальної поверхні. Короткі конічні або циліндричні поверхні оброблюються тільки коливальними рухами бруска.

Верстати для суперфінішування в центрах мають напівавтоматичний цикл роботи на чорнових і чистових режимах різання. Змінювання чорнового режиму різання на чистовий та закінчення циклу роботи верстата відбувається автоматично. Час обробки на режимах установлюється за величиною видаленого припуску і контролюється спеціальним КВП – реле часу.

Конструкції верстатів для обробки в центрах виконані за однією принциповою схемою, а саме, основні вузли верстатів уніфіковані, а оригінальні вузли визначаються розмірами оброблювальних заготовок.

Для обробки двох однакових східчастих поверхонь золотника обраний верстат моделі ЗД870Б [26]. Технічна характеристика верстата наведена в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Технічна характеристика верстата моделі ЗД870Б

Найменування параметру	Чисельні дані
Максимальні розміри виробу, мм: діаметр / довжина	140 / 360
Рекомендовані діаметри обробки, мм	6 – 70
Висота центрів над напрямними, мм	150
Кількість інструментальних головок	1
Кут обертання інструментальної головки, град	±15
Частота коливань бруска, подв. хід / хв	1000; 1500; 1900
Подвійна амплітуда коливання бруска, мм	0,5 – 5

Поздовжнє переміщення бруска, мм	5 – 360
Швидкість поздовжньої подачі бруска, м/с (б/с)	0,008 – 0,05
Частота обертання заготовки, хв ⁻¹ (б/с)	45 – 1800
Сила притиснення бруска, Н	До 400
Загальна потужність електродвигунів, кВт	3,26
Габаритні розміри (Д х Ш х В), мм	1600 х 1150 х 1540
Маса, кг	1580

2.4.3 Обґрунтування та вибір верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів

Крутний момент заготовки передається хомутиком 7101-0063 ГОСТ 18488-76. Заготовка базується на двох жорстких центрах 7031-0022 ГОСТ 13214-71.

Абразивний брусок для обробки врізаним суперфінішуванням вибирається за рекомендаціями роботи [7]. Довжина бруска залежить від довжини оброблювальної сходинки золотника, яка становить 48,5h11 мм. Приймається довжина абразивного бруска $L_6 = 52$ мм.

Ширина бруска H_6 приймається від 0,15 до 0,35 довжини кола $\varnothing 40h8$ мм [7]. Потрібно використовувати якомога більшу ширину абразивного бруска, тому що це збільшує інтенсивність видалення металу і усуває вихідну похибку форми деталі.

$$H_6 = (0,15 - 0,35) \cdot \pi D = (0,15 - 0,35) \cdot 13,4 \cdot 40 = 18,84 - 43,96 \text{ мм,}$$
де $D = 40$ мм – діаметр суперфінішування.

Поверхні золотника оброблюються одним бруском. Приймається абразивний брусок розміром БКв 25х52 мм ГОСТ 2424-88. Характеристика бруска 24АМ14СМ17КА ГОСТ 2456-82 [26]. Розмір ширини бруска 25 мм входить у рекомендований діапазон.

Вимірювальний інструмент – калібр-скоба гладка 40h8 ГОСТ 18361-73. Профілограф-профілометр моделі 240 ГОСТ 9504-80 (цеховий варіант). Для вимірювання співвідношення діаметральних східчастих поверхонь застосовується

контрольно-вимірювальний пристрій (див. підрозділ 2.5 пояснювальної записки).

2.4.4 Розрахунок режимів різання

Вихідні дані: суперфінішний верстат моделі ЗД870Б, потужність $N = 3,26$ кВт. Інструмент – абразивний брусок БКв 25х52 ГОСТ 2424-88 з характеристикою 24АМ14СМ17КА ГОСТ 2456-82.Оброблювальні поверхні $\varnothing 40h8$ довжиною 48,5 мм.

1 Визначаємо частоту коливань бруска із умови максимальної продуктивності обробки. Приймається найбільша частота коливань бруска, яка передбачена паспортом верстата $n_{ок} = 1900$ подв. хід. / хв [17, карта 46, с. 332].

2 Визначаємо швидкість обертання заготовки залежно від шорсткості поверхні і частоти коливань бруска $V_3 = 84,5$ м/хв [17, карта 47, лист 1, с. 333]. Частота обертання заготовки визначиться за формулою:

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 84,5}{3,14 \cdot 40} = 672,8 \text{ хв}^{-1}.$$

3 Визначаємо тиск абразивного бруска на оброблювану поверхню залежно від твердості $p_{бр} = 0,1-0,45$ МПа [17, карта 47, лист 2, с. 334]. Беремо $p_{бр} = 0,26$ МПа.

4 Швидкість зворотно-поступального руху каретки верстата із осцилюючими коливанням бруска при обробки врізаним суперфінішуванням відсутня.

5 Визначаємо основний (машинний) час T_0 (хв) операції за формулою:

$$T_0 = m \cdot T_{от} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 2 \cdot 1,38 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 0,5 = 2,07 \text{ хв},$$

де $m = 2$ – кількість оброблювальних поверхонь;

$T_0 = 1,38$ хв – основний технологічний час, який залежить від шорсткості і діаметру оброблюваної поверхні заготовки [17, карта 48, лист 1, с. 335];

$K_1 = 1$ – коефіцієнт, який враховує зменшення шорсткості поверхні від поділки довжини оброблюваної поверхні до довжини бруска;

$K_2 = 1,5$ – коефіцієнт, який враховує групу оброблюваного матеріалу (конструкційну сталь) і кількість брусків в держаку суперфінішної головки;

$K_3 = 0,5$ – коефіцієнт, який враховує кількість подвійних коливань бруска.

2.4.5 Технічне нормування операції.

Штучно-калькуляційний час $T_{ш-к}$ операції розраховується за формулою:

$$T_{ш-к} = \frac{T_{п-з}}{N_{п}} + T_o + T_d + T_{тех} + T_{орг} + T_{від},$$

де $T_o = 2,07$ хв – основний (машинний) час операції;

$N_{п} = 95$ шт – кількість деталей в партії;

$T_{п-з} = 7$ хв – підготовче-завершальний час (встановлення повідкового пристрою) [5, П.6.8, с. 220];

T_d – допоміжний час, який складається із часу: $T_{вс.} = 0,23$ хв – встановлення та зняття заготовки в центрах руками [5, П.5.3, с. 198]; $T_{зв.} = 0,16$ хв – закріплення і відкріплення заготовки в пристрої [5, П.5.7, с. 201-202]; $T_{кер.} = 0,01 + 0,04 = 0,05$ хв – керування верстатом (вмикання і вимикання 0,01 хв [5, П.5.8, с.203], вмикання автоматичної подачі і частоти коливань бруска 0,04 хв [5, П.5.8, с.203]); $T_{вим} (100\%) = 0,18$ хв – вимірювання двох поверхонь заготовки калібр-скобами [5, П.5.12, с. 207].

Допоміжний час визначається за формулою:

$$T_d = 1,5(T_{вс} + T_{зв} + T_{кер} + T_{вим}) = 1,5 \cdot (0,23 + 0,16 + 0,05 + 0,18) = 0,93 \text{ хв.}$$

Оперативний час $T_{оп}$ визначається за формулою:

$$T_{оп} = T_o + T_d = 2,07 + 0,93 = 3,0 \text{ хв.}$$

Час технічного обслуговування $T_{тех}$ робочого місця визначається у відсотках від основного часу ($\Pi_{тех} = 2\%$) [5, П.5.20, с. 212]:

$$T_{тех} = \frac{\Pi_{тех} \cdot T_o}{100\%} = \frac{2 \cdot 2,07}{100} = 0,042 \text{ хв.}$$

Час організаційного обслуговування $T_{орг}$ робочого місця визначається у відсотках від оперативного часу ($\Pi_{орг} = 1,7\%$) [5, П.5.21, с. 213]:

$$T_{орг} = \frac{\Pi_{орг} \cdot T_{оп}}{100\%} = \frac{1,7 \cdot 3}{100} = 0,051 \text{ хв.}$$

Час відпочинку $T_{\text{від}}$ визначається у відсотках від оперативного часу ($P_{\text{від}} = 5\%$) [5, П.6.2, с.215]:

$$T_{\text{від}} = \frac{P_{\text{від}} \cdot T_{\text{оп}}}{100\%} = \frac{5 \cdot 3}{100} = 0,15 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{ш-к}} = \frac{7}{95} + 2,07 + 0,93 + 0,042 + 0,051 + 0,15 = 2,3 \text{ хв.}$$

2.5 Проектування контрольно-вимірювального пристрою

2.5.1 Обґрунтування мети операції контролю

За вимогами креслення (дивись додаток А) треба контролювати співвісність двох циліндричних поверхонь $\varnothing 40h8(0; -0,039)$ мм відносно загальної осі центрів деталі в межах 0,005 мм на діаметр.

Вихідні дані. Річна програма випуску виробів $N = 2000$ штук, тип виробництва – середньосерійний, такт випуску деталей за час роботи підприємства впродовж двох змін $\tau = 62$ хв., контролюється весь (100%) об'єм випуску деталей, контроль деталей відбувається на контрольному столі після зняття деталі з верстата.

Аналіз конструкції деталі на технологічність вимірювання [8, 9]. Базою для контролю радіального биття будуть два центрових отвори (див. рис. 2.4).

Центрові отвори розмірами А5 виконані згідно ГОСТ 14034-74, поверхні доступні, відкриті. Для установа вала на центри конструкція КВП повинна мати один із центрів рухомим уздовж загальної осі деталі. Установа деталі на два жорстких центри дозволить реалізувати сумісну подвійну напрямну та опорну базу, яка позбавить деталь п'яти ступенів свободи. Вимірювальні поверхні є відкритими, доступними і не обмежать використання засобів вимірювання за їх площиною.

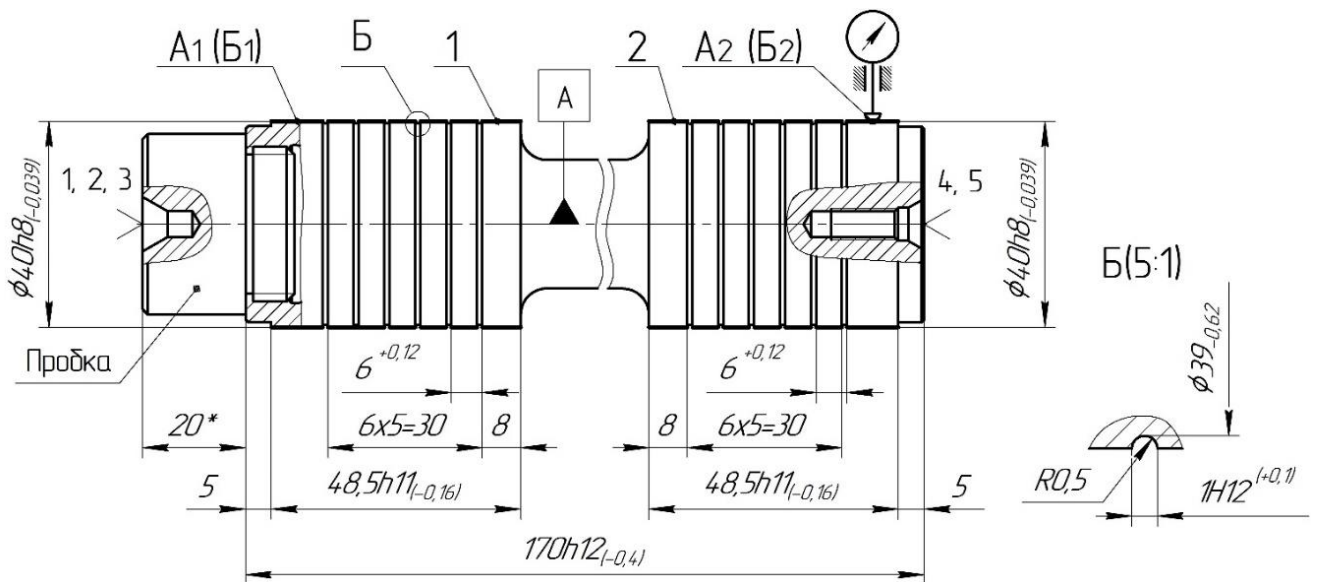


Рисунок 2.4 – Схема вимірювання співвісності поверхонь золотника

Згідно ГОСТ 20737-75 приймається нормальний режим контролю. Показники контролю: за об'ємом – безперервний; за часом – постійний; за структурою – однократний. Перевіряється 100% деталей [21].

Поверхні, які будуть знаходитися в контактi із засобами вимірювання (ЗВ), це діаметри 1, 2 (див. рис. 2.4). Використання індикаторів контролю на всій площині діаметрів поверхонь 1, 2 не мають будь-яких обмежень.

Контрольними точками вимірювання будуть довільні точки діаметральних поверхонь $\varnothing 40h8$ мм. Вихідними точками будуть точки A_1 , A_2 , дотиків індикаторів із вимірювальними поверхнями деталі на початку вимірювання. Кінцевими точками будуть точки B_1 , B_2 , які будуть співпадати із вихідними точками A_1 , A_2 після обертання деталі на кут 360° навколо осі A . За найбільшим відхиленням стрілок індикаторів одного обертання золотника можна зробити висновок о величині співвісності сходинок деталі.

Кожна із вимірюваних поверхонь $\varnothing 40h8$ мм на довжині $48,5h11(0; -0,16)$ мм має шість кільцевих канавок $\varnothing 39(0; -0,62)$ мм шириною $1H12(+0,1; 0)$ мм. Канавки розташовані на однаковій відстані $6H12(+0,12; 0)$ мм одна від одної.

Поверхні, які підлягають контролю, мають 8-й квалітет точності розмірів, шорсткість поверхонь становить $R_a = 0,1$ мкм. Точність форми контрольованих

поверхонь – допуски круглості і профілю поздовжнього перетину знаходяться в межах 0,005 мм.

Точність конічних базових поверхонь конструктором не обумовлена, але згідно ГОСТ 14034-74 шорсткість $R_a = 1,25$ мкм і допуск на кут 60° дорівнює $\pm 20'$.

Деталь віднесена до тіл обертання, за технологічною ознакою – до класу валів, маса деталі – 1,07 кг, матеріал – сталь 40Х13 ГОСТ 5632-72, твердість НВ 229, густина матеріалу $\gamma = 7,905 \cdot 10^3$ кг/м³.

Згідно ГОСТ 25347-82 визначений допуск та їх відхилення розміру $\varnothing 40h8$ мм.

Квалітет точності розміру $\varnothing 40h8$ – восьмий; допуск розміру $T_{40h8} = 0,039$ мм; відхилення поля допуску $ES = 0$; $EI = -0,039$ мм.

2.5.2 Обґрунтування та вибір методів вимірювання.

Деталь в КВП встановлюється на два жорстких центри (дивись додаток М). Перший центр – нерухомий, розташований в корпусі встановленому на площині плити КВП. Другий центр – рухомий, розташовується в корпусі встановленому на площині плити і знаходиться в пінолі, яка має рухи уздовж осі лінії центрів деталі. Це дозволяє переустановлювати деталі для вимірювання. Вісь деталі, яка встановлена на центри, повинна бути паралельна площині плити із встановленими на них корпусами. Чисельна величина паралельності складає не більше 1 – 2 мкм на 100 мм довжини площини плити. Зазначену величину паралельності треба призначити в технічних вимогах креслення КВП і реалізувати на стадії складання виробу.

Для забезпечення точності взаємного розташування нерухомого і рухомого центрів із лінією центрів деталі, треба складений КВП шліфувати за одну установку. Це відбувається при зведенні рухомого і нерухомого центрів і подальшою їх сумісною обробкою на операції шліфування. Площина плити є базою, на яку встановлюється магнітний корпус із стояком і де закріплюється мікронний індикатор ТЕЗА.

Вимірювання відбувається послідовним переустановленням магнітного корпусу із стояком та індикатором у вихідні точки вимірювання А, А₂. Деталь рукою обертається на кут 360°±1°. При обертанні візуально фіксується максимальний діапазон переміщення стрілки по шкалі індикатора. Порівнянням показника отриманого значення індикатора із наведеним на кресленні показником радіального биття (0,005 мм) робиться висновок о відповідності наведеної технічної вимоги.

Метод вимірювання – контактний, контроль – прямий. Умови вимірювання: температура в зоні вимірювання 20±5°С ГОСТ 12.01.005-76; відносна вологість повітря φ_н = 80%; тиск Р_{ат} = 86–106 КПа; швидкість руху повітря V_в ≤ 0,5 м/с; освітлення зони робочого місця E_ф=1000 люкс [21].

2.5.3 Обґрунтування та вибір засобів вимірювання

В КВП застосовується контактний спосіб вимірювання. Для забезпечення точкового контакту індикатора із діаметрами поверхонь 1, 2 за рекомендаціями джерела [22] вибрана вимірювальна сталева вставка із формою сфери моделі № 35.10001 (ТН 10) (див. рис. 2.5).

Похибка від вимірювального зусилля Δ_з для вставки моделі № 35.10001 (ТН 10) визначається за формулою Герца [21]:

$$\Delta_3 = 0,43 \cdot K \cdot \sqrt[3]{\frac{P_3^2}{r}} = 0,43 \cdot 1 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,7^2}{1,5}} \cong 0,54 \text{ мкм},$$

де K = 1 – коефіцієнт, який залежить від матеріалу вимірювальної вставки (сталева вставка);

P₃ = 1,7 – максимальне зусилля вимірювальної вставки;

r = 1,5 мм – радіус сфери вимірювальної вставки.

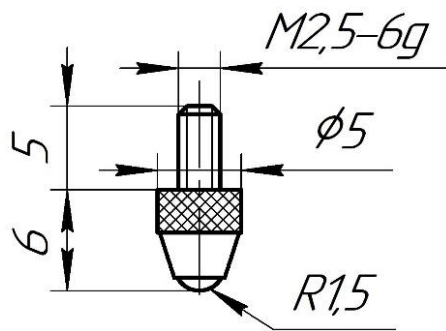


Рисунок 2.5 – Вимірвальна вставка до індикатора моделі Ø80 ТЕЗА

Обираємо засіб вимірювання. Розрахунок виконуємо за технічними вимогами креслення – допуску радіального биття шийок деталі 0,005 мм.

Допустима сумарна похибка вимірювання КВП $|T_B|$ визначається за формулою:

$$|T_B| = K \cdot IT = (0,2 \dots 0,35) \cdot 5 = 1 \dots 1,75 \text{ мкм.}$$

Згідно ГОСТ 8051-81 рекомендується прийняти $|T_B| = 5 \text{ мкм.}$

Визначаємо допустиму $|\Delta_B|$ похибку ЗВ [21]:

$$|\Delta_B| = 0,7|T_B| = 0,7 \cdot 5 = 3,5 \text{ мкм.}$$

Ціна поділки визначається залежно від величини допустимої похибки ЗВ. Приймаємо ціну поділки $C = 0,001 \text{ мм.}$ Відстань між поділками шкали індикатора дорівнює 2 мм. Межа вимірювання за шкалою (А) повинна перевищувати допуск IT . Це потрібна для того, щоб зняття показників індикатора не викликало утруднень. Приймаємо $A = 4IT = 4 \cdot 0,005 = 0,02 \text{ мм.}$ Діапазон індикації визначається умовами експлуатації. Приймаємо $B = 1 \text{ мм.}$ Вимірвальне зусилля $P_3 = 1,7 \text{ Н,}$ похибка вимірвального зусилля $\Delta P_3 = 0,5 \text{ Н.}$

Показником надійності ЗВ є напрацювання $t(P)$ до першої відмови за умовою імовірності безвідмовної роботи $|P| = 0,85:$

$$t(P) = 100 \cdot 12 = 1200 \text{ циклів.}$$

Витрати на ЗВ приймаємо $\text{Ц} = 500 \text{ грн.}$

Остаточо приймаємо ЗВ із наступними технічними характеристиками: стрілочний індикатор ТЕЗА, модель (номінальний діаметр циферблата) Ø80; ціна поділки шкали 0,001 мм, №14.10801 із цифрами на шкалі в двох напрямках

(стандартне виконання); індикатор виконаний із стопором для циферблата та вбудованим механізмом піднімання вимірювальної вставки [22] (див. рис. 2.6).

2.5.4 Ескізне проектування КВП

Розрахунок фактичної сумарної похибки КВП виконується за формулою [21]:

$$\varepsilon_0 = \varepsilon + \Delta_{\text{п}} + \Delta_e + \Delta_{\text{п}} + \Delta_t + \Delta_3,$$

де $\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2} = 1 \text{ мкм}$ – похибка установлення деталі в пристрої;

$\varepsilon_0 = 0$ – похибка базування; $\varepsilon_3 = 0$ – похибка закріплення; $\varepsilon_{\text{пр}} = 1 \text{ мкм}$ – похибка виготовлення елементів пристрою (паралельність осі А деталі відносно поверхні плити);

$\Delta_{\text{п}} = 0$ – похибка передавального устрою (в КВП немає);

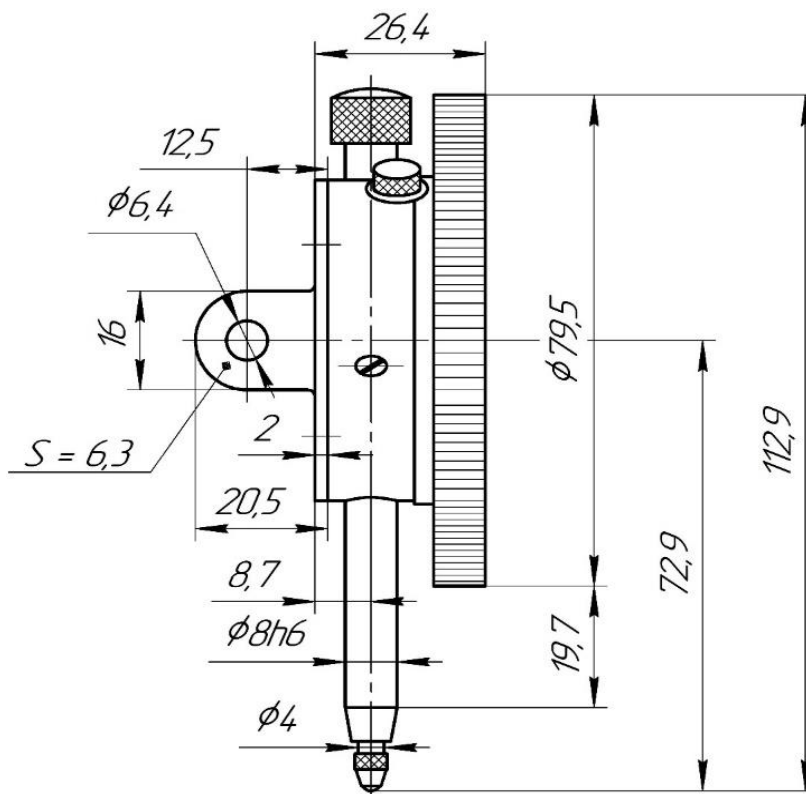


Рисунок 2.6 – Мікроіндикатор ТЕЗА № 14.10801, модель Ø80

$\Delta_e = 0$ – похибка виготовлення еталону (в КВП немає);

$\Delta_{\text{п}} = 1 \text{ мкм}$ – похибка ЗВ (ціна поділки шкали індикатора);

$\Delta_3 = 0,54 \text{ мкм}$ – похибка вимірювального зусилля;

Δ_t – температура в зоні вимірювання.

Температура в зоні вимірювання визначається за формулою:

$$\begin{aligned}\Delta_t &= l \cdot [\alpha_1(t_1 - 20^0) - \alpha_2(t_2 - 20^0)] = \\ &= 48,5 \cdot [12,0 \cdot 10^{-6}(25^0 - 20^0) - 11,5 \cdot 10^{-6}(25^0 - 20^0)] \\ &= 0,12 \text{ мкм},\end{aligned}$$

де $l = 48,5$ мм – розмір вимірювальної поверхні;

$\alpha_1 = 12,0 \cdot 10^{-6}$ і $\alpha_2 = 11,5 \cdot 10^{-6}$ – коефіцієнти лінійного розширення відповідно матеріалу деталі (сталь 40Х13) та вимірювальної сталевий вставки;

$t_1 = t_2 = 25^{\circ}\text{C}$ – температура відповідно деталі та ЗВ.

$$\varepsilon_0 = 1 + 0 + 0 + 1 + 0,12 + 0,54 = 2,66 \cong 3,0 \text{ мкм}.$$

Якщо $\varepsilon_0 = 3 \text{ мкм} < |T_B| = 5 \text{ мкм}$, то контроль деталі буде забезпечений.

Остаточне проектування КВП виконується графічним методом на кресленні ТМЗ 22320359–08.00.00 СК (дивись додаток М).

2.5.5 Опис конструкції та роботи КВП

Конструкція контрольного пристрою (дивись додатки Д і М) складається із плити 1, двох корпусів 2 та 5, магнітного стояка 12 з мікроіндикатором 23. У втулку 3 заднього корпусу 2 вставлений жорсткий нерухомий центр 4. В передньому корпусі 5 розташована рухома піноль 7 із вставленим жорстким центром 6. Піноль рухається за допомогою шпинделю 8 при обертанні маховика 9. Для вимірювання співвісності сходинок золотника застосовується магнітний стояк 12, на якому розташовані затискач 13, валик 15 з індикатором 23, шпилька 14 із рукояткою 16. Закріплення валика 15 з індикатором 23 виконується закручуванням рукоятки 16.

Деталь устанавлюється центровими отворами на жорсткі центри 4 та 6 і підтискується рухом пінолі 7, вибираючи «люфт» в радіальному і осьовому напрямках відносно осі центрів деталі. Далі перевіряється спроможність вільного обертання деталі навколо своєї осі. На площину плити 1 встановлюється магнітний стояк 12 із закріпленим індикатором 23, в ніжку якого вставлена вставка для вимірювання діаметральних поверхонь 1, 2. Ніжка індикатора 23 із

вставкою встановлюється з натягом на вимірювальну поверхню, а стрілка індикатора виставляється на «0». Наприклад, вимірювальною поверхнею буде поверхня 1 ($\text{Ø}40h8$ мм). Деталь рукою обертається на кут $360^{\circ} \pm 1^{\circ}$ і візуально фіксуються найбільше відхилення стрілки індикатора. Отримане значення заноситься в журнал контрольних випробувань і робиться висновок о відповідності отриманої величини вимірювання із величиною заданою кресленням. За такою методикою вимірюється другий діаметр сходитки деталі.

Після вимірювання деталі магнітний стояк знімається з площини плити. Обертанням маховика рухома піноль з центром виводиться із центрального отвору деталі і остання видаляється із пристрою. За результатами вимірювань робиться висновок о відповідності деталі вимогам креслення.

КВП необхідно зберігати в спеціальному футлярі. При зберіганні контрольного пристрою треба прийняти заходи по виключенню ударів, вібрацій, сонячного випромінювання, магнітних силових полів, вологи, пилу. Перед зберіганням КВП на складі, його поверхні тертя змастити мастилом.

2.6 Висновок

1. Запропонований новий варіант технологічного процесу виготовлення золотника.
2. За техніко-економічним обґрунтуванням вибраний спосіб виготовлення вихідної заготовки золотника – штамповка на КГШП.
3. Розрахунково-аналітичним методом на ЕОМ розраховані припуски на два $\text{Ø}40h8$ мм з використанням програми «*grip. ver.7.1*».
4. Запропонована схема базування та закріплення заготовок на операції 045 «Суперфінішна», вибрана модель верстата, технологічна оснастка, різальний та вимірювальний інструменти, розраховані режими різання та технічна норма часу.
5. Для контролю співвісності поверхонь $\text{Ø}48h8(0; -0,039)$ мм відносно загальної осі деталі в межах 0,005 мм спроектований контрольний пристрій.

РОЗДІЛ 3
РОЗРОБЛЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ОПЕРАЦІЇ
СУПЕРФІНІШУВАННЯ СХОДИНОК ЗОЛОТНИКА

3.1 Спосіб оброблення циліндричних поверхонь абразивними брусками

Суперфінішування – процес оздоблювальної обробки поверхонь заготовок абразивними або алмазними брусками [7, 18, 25]. Відмінною особливістю процесу суперфінішування від інших методів обробки абразивним інструментом, є швидкі коливальні (осцилюючі) рухи бруска або заготовки і невеликий (0,05 – 0,3 МПа) питомий тиск бруска на оброблювальну поверхню заготовки.

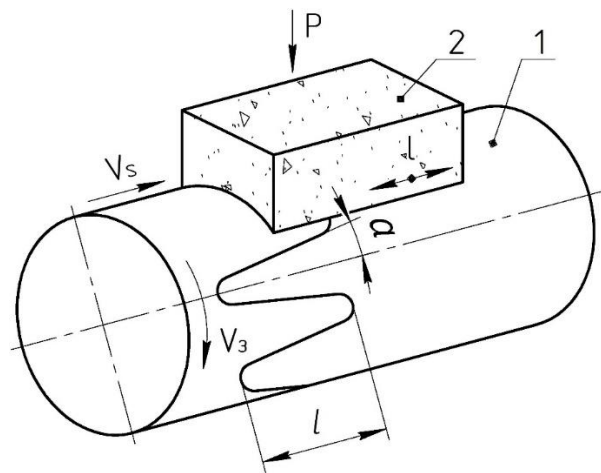


Рисунок 3.1 – Схема суперфінішування:

P – сила притиснення бруска; V_z – колова швидкість заготовки; V_s – швидкість поперечної подачі бруска; l – рух бруска при осциляції; α – кут нахилу траєкторії абразивного зерна бруска (кут сітки)

Основні робочі рухи заготовки 1 і бруска 2 (див. рис.3.1) при суперфінішуванні циліндричних поверхонь складаються із обертання заготовки, осцилюючого руху бруска і поперечно-поступального переміщення бруска уздовж оброблювальної поверхні. При врізаному суперфінішуванні поперечне переміщення бруска відсутнє [26].

Процес різання при суперфінішуванні відбувається за рахунок впровадження великої частини вершин абразивних зерен бруска у поверхневий шар метала і рух (шарпання) цих зерен по оброблювальній поверхні заготовки.

Рівняння коливальних рухів абразивного бруска при суперфінішуванні визначається за формулою [26]:

$$X = \frac{l}{2} \cdot \sin(2\pi n_6 t), \quad (3.1)$$

де X – рух бруска за час t ;

l – максимальний рух бруска при коливанні, мм;

n_6 – кількість коливань бруска, подв. хід / хв;

t – час, с.

За час осциляції абразивні зерна бруска безперервно змінюють напрямок руху, що дозволяє більшій частині вершин і різальних кромek зерен брати участь у різанні. За кожний період руху бруска абразивне зерно ріже метал різними кромками, а при зміні напрямку руху відбувається очищення зерен від стружки.

При відтворенні всіх рухів заготовки і бруска на оброблювальній поверхні зостаються сліди у вигляді синусоїди від проходження абразивних зерен. Шляхи абразивних зерен перехрещуються і відтворюється сітка діагонально-схрещених слідів, яка на остаточно обробленій поверхні майже не помітна.

Кут нахилу траєкторії руху абразивного зерна α , або кут сітки рисок між дотичною та синусною кривою у точці їх схрещення із віссю заготовки, є критерієм, який характеризує процес суперфінішування.

Кут сітки рисок залежить від параметрів процесу суперфінішування і визначається за формулою [7]:

$$\tan \alpha = \frac{V_3}{V_6} = \frac{\pi d_3 n_3}{2 l n_6}, \quad (3.2)$$

де α – кут сітки, град;

V_3 – колова швидкість заготовки, м/с;

V_6 – середня швидкість коливання бруска, м/с;

d_3 – діаметр заготовки, мм;

n_3 – частота обертання заготовки, хв^{-1} ;

l – хід бруска, мм;

n_6 – частота коливань бруска, подв. хід / хв.

Аналіз формули (3.2) показав, що кут сітки рисок залежить від співвідношення частоти обертання заготовки, руху і частоти коливань бруска.

Дослідження, які проведені в роботах [7, 18, 28, 29] показали, що кут сітки слідів абразивних зерен суттєво впливає на продуктивність обробки та якісні показники поверхні заготовки. Установлено, що при $\alpha = 30^\circ - 50^\circ$ відбувається найбільш інтенсивне різання металу та досягається максимальна продуктивність процесу. Це пояснюється тим, що зерна абразивного бруска переміщуються по траєкторії синусоїди і безперервно змінюють різальні кромки при коливанні. При цьому змінюється напрямок дії сили різання на різальні зерна бруска і відбувається їх інтенсивне самозаточування. На робочій поверхні бруска з'являються частини викришених цілих зерен та окремих розколотих зерен із новими вершинами та кромками.

При кутах $\alpha = 65^\circ - 85^\circ$ форма траєкторії руху різальних зерен наближається до кільцевої лінії. Зерна працюють тільки одними гранями і напрямок сили різання не змінюється. Це призводить до затуплення різальних зерен і їх самозаточування не відбувається. У місцях між зернами (порами) накопичується відпрацьований шлам (метал і частки абразивного бруска) і процес різання зостається. Процес переходить у фазу тертя і починається пластичне формування шорсткості оброблюваної поверхні [28, 29, 30].

Якщо змінювати кут сітки рисок, то можна керувати процесом суперфінішування. Дослідженнями встановлено [27, 30, 31], що оздоблювальну обробку абразивними брусками треба виконувати за два переходи. За перший перехід видаляти метал (припуск), який передбачений для потрібної геометричної точності форми поверхні, а саме, видалити хвилястість, овальність та огранювання. На другому переході – формувати потрібну шорсткість поверхні. Для цього треба перевести процес різання у фазу тертя.

Обробка в режимі безперервного самозаточування абразивних брусків відбувається за рахунок їх збільшеної площі контакту із поверхнею заготовки і постійної правки різальних зерен. За цей період часу досягається виправлення некруглості та хвилястості оброблювальної поверхні.

Правильно вибраний режим різання, розміри і характеристика абразивного бруска забезпечить подовжений процес обробки і повністю видалити дефектний шар металу, який залишився після обробки поверхні заготовки шліфуванням. Найбільший об'єм металу видаляється на початку обробки. Це пояснюється вихідною великою шорсткістю поверхні заготовки і тому виникають великі питомі навантаження на окремі зерна бруска. Результатом є інтенсивне самозаточування зерен бруска, що призводить до різання металу. У подальшому шорсткість поверхні заготовки різко зменшується і, як наслідок, зменшуються питомі навантаження на зерна. Це знижує знос робочої поверхні бруска і процес різання стабілізується.

При роботі брусками із оптимальною характеристикою, видалення металу (припуску) відбувається пропорційне часу обробки. Якщо режим обробки і характеристика абразивного бруска зазначені хибно, то настає швидке затуплення абразивних зерен і процес різання передчасно зостає зупиненою. У цьому випадку видалення металу настає раніше, ніж будуть повністю видалені сліди попередньої обробки, наприклад, шліфування.

3.2 Розробка схеми обробки абразивними брусками для виправлення похибки геометричної форми циліндричної поверхні

Уява о можливості зниження вихідної круглості і профіля поздовжнього перетину сходинок золотника при обробленні коливальними абразивними брусками мають суттєві протиріччя. Наведені в джерелах [27, 29, 30, 31] теоретичні і експериментальні дослідження показали, що усунення вихідної похибки форми сходинок золотника залежить від різальної спроможності брусків і жорсткості технологічної системи (ТС). На виробництвах, де

оброблюються подібні деталі, застосовують дві основні схеми обробки коливальними брусками (див. рис. 3.2 і 3.3).

За першою схемою (див. рис. 3.2) обробка сходинок виконується одним бруском розташованим із однієї сторони поверхні деталі і притискується до неї безпосередньо пневматичним або гідравлічним циліндром, жорстко закріпленим на верстаті. Зусилля на поверхню деталі передається на абразивний брусок через поміжний, пружний елемент (наприклад, пружину), що знижує жорсткість ТС.

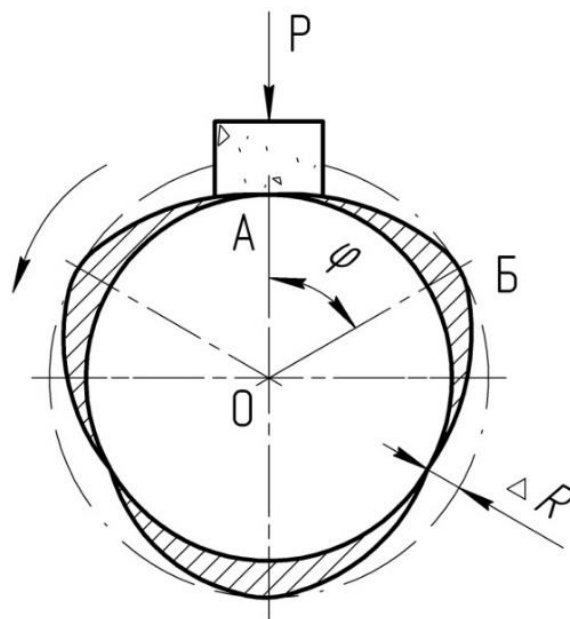


Рисунок 3.2 – Схема обробки циліндричної поверхні абразивним бруском притисненим з однієї сторони

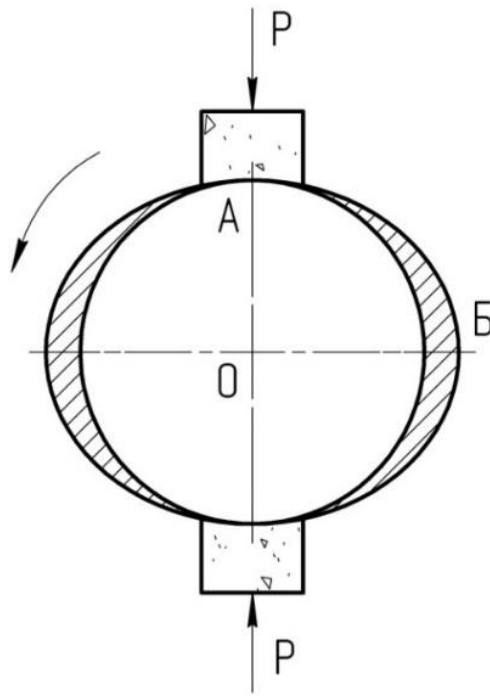


Рисунок 3.3 – Схема обробки циліндричної поверхні абразивними брусками притисненими з двох сторін

Наведений варіант схеми застосовується для зменшення огранювання, хвилястості і круглості оброблювальної поверхні. За даними джерел [18, 26] овальність, огранювання, хвилястість зменшилася до 3 – 5 мкм, а круглість поверхні до 5 мкм. Обробка за такою схемою передбачала жорстке з'єднання абразивного бруска з кінцем штока гідравлічного циліндра радіальної подачі.

Друга схема (див. рис. 3.3) передбачала притиснення оброблювальної поверхні із двох сторін двома брусками. Бруски притиснені до оброблювальної поверхні деталі під дією механізму радіальної подачі, який розташований в корпусі суперфінішної головки. Остання вільно установлюється уздовж осі обертання циліндричної деталі. За цією схемою інтенсивність видалення овальності вище, ніж за першою схемою, але радіальне биття оброблювальної сходинок деталі відносно осі обертання на зменшується.

Дослідження, які наведені в джерелах [29, 30, 31] показали, що огранювання і хвилястість зменшуються до 1,5 – 3 мкм тільки за допомогою розмірів абразивного бруска. Якщо робоча поверхня бруска перевищує довжину хвилі у поперечному перетині оброблювальної деталі, то усунення наведених

похибок має однакову інтенсивність для обох схем суперфінішування і не залежить від жорсткості ТС.

Розглянемо схеми (див. рис. 3.2 та 3.3) обробки коливальними брусками сходинок золотника на центровому верстаті і не будемо враховувати похибки центрів верстата і центрових отворів деталі. В джерелі [2] експериментально доведено вплив круглості центрів верстата і центрових отворів на виправлення вихідної похибки оброблювальних деталей. Установлено [6, 24], що основною причиною зменшення величини круглості циліндричних поверхонь деталей при обробленні абразивними брусками, є мінливий питомий тиск брусків на округлу поверхню. При повороті деталі (див. рис. 3.2) на кут φ , в момент контакту бруска з поверхнею, яка виходить за межу вписаного кола, зростає зусилля притиснення бруска, що визвано пружним переміщенням елементів ТС.

Не враховуючи видалення метала, яке є величиною другого порядку, збільшення зусилля притиснення визначиться рівнянням:

$$\Delta P = \gamma \cdot \Delta R, \quad (3.3)$$

де ΔP – збільшення зусилля притиснення бруска, кг;

γ – жорсткість ТС, кг/мкм;

ΔR – допуск круглості циліндричної поверхні, мкм.

Збільшення питомого тиску брусків Δp визначається за формулою

$$\Delta p = \frac{\gamma \cdot \Delta R}{n_6 \cdot F_6}, \quad (3.4)$$

де Δp – збільшення питомого тиску брусків, кг/см²;

F_6 – площа робочої поверхні бруска, см²;

n_6 – кількість брусків.

Таким чином, питомий тиск бруска збільшується на величину Δp видалення метала Q із поверхні, яка знаходиться за границею кола описаної мінімальним радіусом-вектором.

Зменшення допусків круглості та профіля поздовжнього перетину сходинок золотника за час $d\tau$ дорівнює від'ємності видаленого металу в напрямках радіусів ОБ і ОА

$$d(\Delta R) = -(dQ_B - dQ_A), \quad (3.5)$$

де $d(\Delta R)$ – зменшення допуску круглості, мкм;

dQ_B і dQ_A – видалення металу відповідно в напрямках ОБ і ОА, мкм.

В свою чергу, диференціальне рівняння видалення металу у радіальному напрямку запишеться

$$dQ = Q_V \cdot d\tau, \quad (3.6)$$

де Q_V – швидкість видалення металу, мкм/с;

τ – час обробки, с;

Q – видалення металу на сторону, мкм.

Підставимо у формулу (3.6) рівняння (3.5) і отримаємо

$$d(\Delta R) = -(Q_{VB} - Q_{VA})d\tau, \quad (3.7)$$

де Q_{VB} і Q_{VA} – швидкість видалення металу в напрямках ОБ і ОА, мкм/с.

В літературних джерелах не наведені дані, що пов'язують видалення металу із режимом, характеристикою бруска та іншими параметрами процесу при обробці зовнішніх циліндричних поверхонь. Однак в джерелах [7, 29] експериментальним шляхом отримані окремі залежності швидкості видалення металу від питомого тиску брусків і часу оброблення, відповідно

$$Q_V = f_1(p); \quad Q_{V_0} = f_0(\tau).$$

Аналіз експериментальних даних показав, що швидкість видалення металу для абразивних брусків в робочому діапазоні питомих тисків пов'язана із питомим тиском лінійною залежністю. Тому, швидкість видалення металу у напрямках ОА і ОБ запишуться відповідно

$$Q_{VB} = \frac{p + \Delta p}{p_0} \cdot f_0(\tau); \quad (3.8)$$

$$Q_{VA} = \frac{p}{p_0} \cdot f_0(\tau), \quad (3.9)$$

де p_0 – питомий тиск брусків, за яким визначена залежність $Q_{V_0} = f_0(\tau)$;
 p – питомий тиск брусків при обробки поверхні.

Підставимо рівняння (3.8) і (3.9) у рівняння (3.7) і отримаємо:

$$d(\Delta R) = -\frac{\Delta p}{p_0} \cdot f_0(\tau) d\tau. \quad (3.10)$$

При оздоблювальній обробки циліндричних поверхонь деталей абразивними брусками емпірична залежність видалення металі від часу обробки запишеться

$$Q = K \cdot \tau^a, \quad (3.11)$$

де K і a – коефіцієнти, які отримані експериментальним шляхом.

Швидкість метала визначаємо диференціюванням залежності (3.11):

$$Q = K \cdot a \cdot \tau^{a-1}. \quad (3.12)$$

Після підставлення формул (3.4) і (3.12) у рівняння (3.10) і нескладних математичних перетворень отримаємо:

$$\frac{d(\Delta R)}{\Delta R} = -\frac{\gamma \cdot K \cdot a}{n_6 \cdot F_6 \cdot p_0} \cdot \tau^{a-1} \cdot d\tau. \quad (3.13)$$

Після інтегрування формули (3.13) і перетворень отримаємо:

$$\tau = \sqrt[a]{\frac{n_6 \cdot F_6 \cdot p_0}{\gamma \cdot K} \cdot \ln \frac{\Delta R_{\Pi}}{\Delta R_{\kappa}}}, \quad (3.14)$$

де ΔR_{Π} – вихідна (початкова) круглість поверхні сходинок, мкм;
 ΔR_{κ} – потрібна (кінцева) круглість поверхні сходинок, мкм.

Таким чином, якщо відомі жорсткість ТС, залежність видалення або швидкість видалення від часу обробки та інші вихідні дані, то за формулою (3.14)

можна визначити час потрібний для зменшення вихідної круглості до потрібної величини.

3.3 Пристрій для суперфінішування зовнішніх поверхонь золотника

Пристрій для суперфінішування (див. рис. 3.4) складається із корпусу 1 в якому розточений циліндричний отвір $\varnothing 40H7$ мм і де розташовані поршень 2 та шток 3, які виконані окремими деталями. При з'єднанні поршня і штока у циліндричному отворі корпусу забезпечується їх вільне розташування, що не потребує строгої співвісності між циліндричним отвором і отвором кришки 4. Потрібне положення бруска 5 на оброблювальній заготовці фіксується ромбічним пальцем 6. Пристрій з'єднаний із кареткою верстата ластівчаним хвостом і закріплений клином 7 та двома гвинтами 8.

У штокову порожнину циліндричного отвору корпусу через отвір нижнього штуцера 9 постійно поступає мастило, яке відтворює зворотній тиск, що дозволяє тримати брусок 5 у верхньому відведеному від поверхні деталі положенні.

При подачі мастила через середній штуцер 10, золотник 11 підіймається вгору, відкривається (опускається) зворотний клапан 12 і крізь отвори, що розташовані на поверхні його конусу, мастило поступає до торця поршня 2. Останній рухає вниз шток 3, держак 13 і притискує абразивний брусок 5 до поверхні заготовки. Тиск у верхній порожнині поршня циліндру постійний і за такою умовою брусок постійно притиснутий до поверхні заготовки. За цей час відбувається рівномірне видалення припуску під суперфінішування.

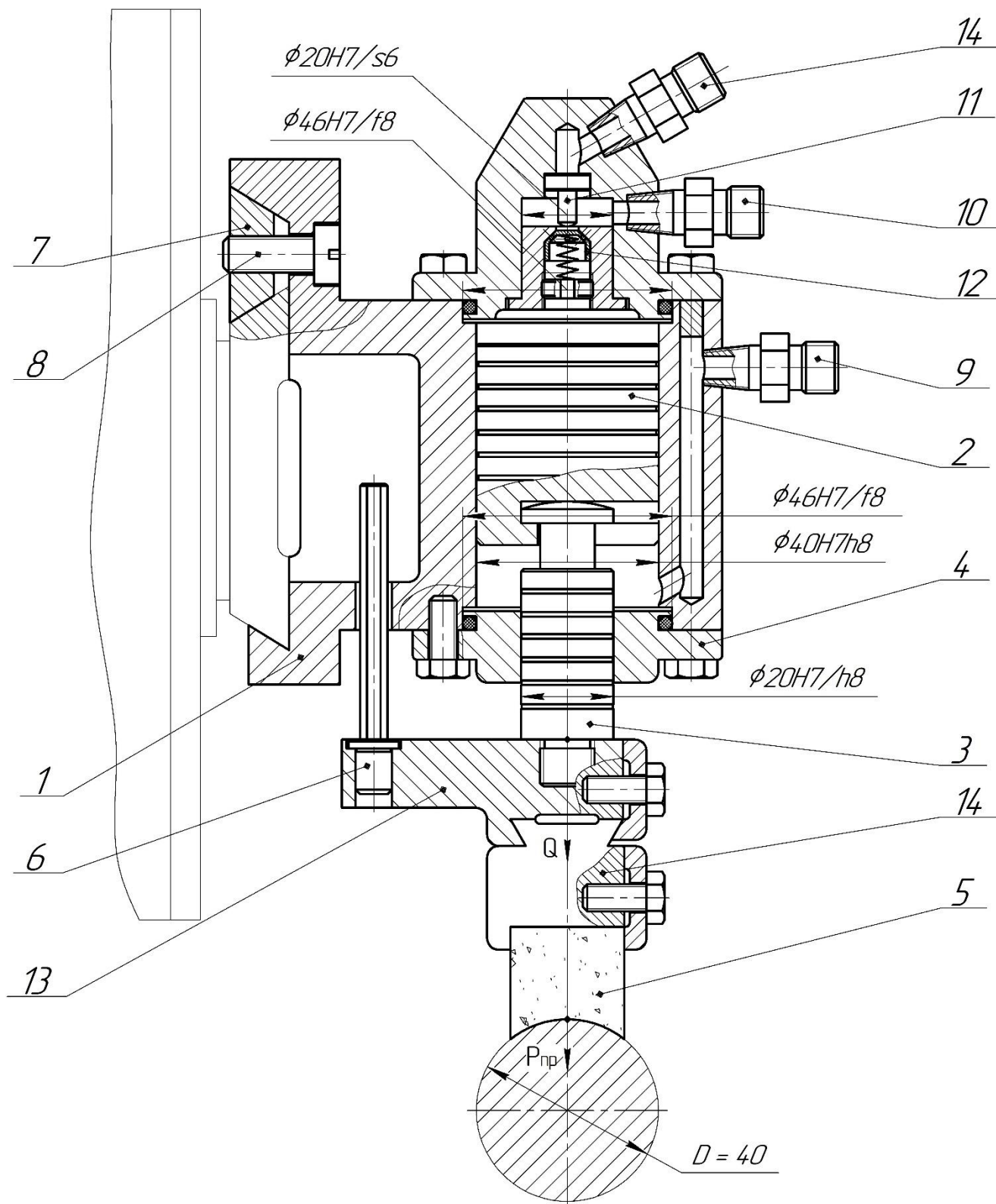


Рисунок 3.4 – Пристрій для суперфінішування східчастих поверхонь золотника

Якщо поверхня золотника має похибки форми (овальність або огранювання), то деталь своїми виступами нерівності спробується відтиснути бруски. Абразивний брусок 5 разом із держакком 13 рухає шток 3 у верх.

Відбувається закриття зворотного клапана 12 і тиск мастила на поршень 2, держак 13 та абразивний брусок 5 збільшується. За цей проміжок часу збільшується видалення металу і відбувається виправлення геометричної похибки форми циліндричної поверхні.

Для підняття держака 13 з брусом 5 треба перекрити подачу мастила через отвір середнього штуцера 10. Мастило треба подавати у отвір верхнього штуцера 14. Тоді золотник 11 буде рухатися до низу, натисне зворотний клапан 12 і відчинить його. Відбувається виливання мастила із верхньої порожнини поршня 2 у отвір середнього штуцера 10. Поршень 2 під дією зворотного тиску буде рухатися вгору і одночасно перемістить шток 3, держак 13 із абразивним брусом 5.

Пристрій для суперфінішування встановлюється на каретку верстата, яка виконана у вигляді ластівчиного хвоста. Наведена конструкція з'єднання дозволяє швидко встановлювати і налагоджувати пристрій на обробку поверхонь золотника абразивним брусом.

Виконаємо розрахунок пристрою для суперфінішування [26].

1 Визначимо потрібну силу Q (Н) на поршні пристрою за формулою:

$$Q = p_{\text{бр}} \cdot F_{\text{бр}} = 0,25 \cdot 0,0013 = 325 \text{ Н},$$

де $p_{\text{бр}} = 0,25$ МПа – питомий тиск абразивного бруска на поверхню деталі;

$F_{\text{бр}} = \alpha \cdot b = 0,025 \cdot 0,052 = 0,0013 \text{ м}^2$ – площа бруска;

$\alpha = 0,025$ м – ширина бруска; $b = 0,052$ м – довжина бруска.

2 Визначаємо тиск p_0 (МПа) в системі інструментальної головки за формулою:

$$p_0 = \frac{4Q}{\pi D^2 \eta_0} = \frac{4 \cdot 325}{3,14 \cdot 40^2 \cdot 0,9} \cong 0,29 \text{ МПа},$$

де $D = 40$ мм – діаметр (стандартний) поршня суперфінішної головки;

$\eta_0 = 0,9$ – ККД механізму «циліндр-поршень».

3 Визначаємо силу притиснення бруска $P_{\text{пр}}$ (Н) до поверхні деталі

$$P_{\text{пр}} = p_{\text{бр}} \cdot F_{\text{бр}} \cdot K \cdot Z = 0,29 \cdot 0,0013 \cdot 1 \cdot 1 = 377 \text{ Н},$$

де $K = 1$ – кількість брусків у пристрої для суперфінішування;

$Z = 1$ – кількість пристроїв розташованих на каретки верстата.

4 Визначаємо силу різання P_p , яка діє при суперфінішуванні

$$P_p = P_{пр} \cdot f = 377 \cdot 0,35 = 132 \text{ Н},$$

де $f = 0,35$ – коефіцієнт різання при обробки абразивними брусками [26].

5 Визначаємо момент M (Нм), який діє при обробки заготовки на центрах

$$M = \frac{P_p \cdot D_3}{2} = \frac{132 \cdot 0,04}{2} = 2,64 \text{ Нм},$$

де $D_3 = 0,04$ м – діаметр оброблювальної поверхні золотника.

6 Визначаємо потужність N_e (кВт), яка витрачається на різання при суперфінішуванні

$$N_e = \frac{M \cdot n_3}{9750} = \frac{2,64 \cdot 672,8}{9750} = 0,18 \text{ кВт},$$

де $n_3 = 672,8 \text{ хв}^{-1}$ – частота обертання заготовки, що відповідає швидкості заготовки $V_3 = 84,5 \text{ м/хв}$, рекомендованій для обробки сталі 40Х13 абразивним бруском.

Якщо $N_6 = 3,26 \cdot 0,8 = 2,61 \text{ кВт} > N_e = 0,18 \text{ кВт}$, то обробка поверхонь заготовок золотника виконується.

3.4 Визначення часу на виправлення форми поверхонь золотника

Вихідні дані для розрахунку часу на виправлення форми поверхонь золотника.

1 Сходінка $\varnothing 40h8(0; -0,039)$ мм і довжиною $48,5h11$ мм; матеріал золотника сталь 40Х13 ГОСТ 5632-72; твердість сходитки НВ 197-229, вихідна шорсткість поверхні після шліфування $R_a = 1,25-0,63$ мкм.

2. Режим суперфінішування: швидкість заготовки $V_3 = 84,5 \text{ м/хв}$; частота обертання заготовки $n_3 = 672,8 \text{ об/хв}$; кількість коливань абразивного бруска $n_{ок} = 1900$ подв. хід/хв; подвійна амплітуда коливання бруска $h = 3$ мм; зусилля притиснення бруска $P_{пр} = 377 \text{ Н}$; змащувально-охолоджувальна рідина (ЗОР) – емульсол НГЛ-205 (мастильний розчин сульфоната натрію, мастило марки АС-6,5 і пасивуючі домішки).

Експериментальна залежність видалення метала від часу обробки побудована у логарифмічних координатах і наведена на рисунку 3.5.

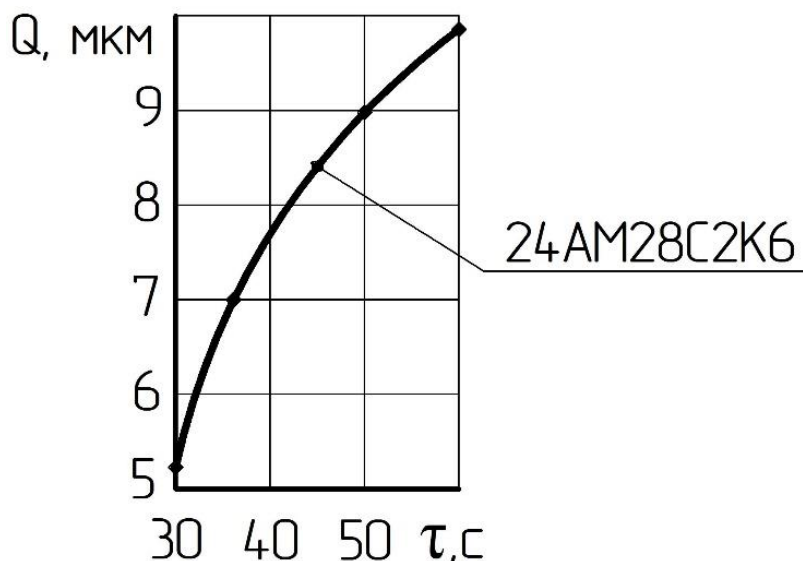


Рисунок 3.5 – Залежність видалення метала Q (мкм) від часу обробки τ (с)

Наведена залежність (див. рис. 3.5) оброблена математичним шляхом і за результатом отримана емпірична формула, яка дійсна в діапазоні часу 0 – 60 с.

$$Q = 0,87 \cdot \tau^{0,95},$$

де Q – видалення метала на діаметр, мкм;

Час за який зменшується вихідна круглість $\Delta R_{\text{п}} = 10$ мкм до кінцевої (за вимогами креслення $\Delta R_{\text{к}} = 5$ мкм), при обробки абразивним бруском визначиться за формулою (3.14):

$$\tau = \sqrt[0,95]{\frac{1 \cdot 46,4}{1,5 \cdot 0,87} \cdot \ln \frac{10}{5}} \approx 29 \text{ с.}$$

де $\gamma = 1500$ кг/мм – коефіцієнт жорсткості (орієнтовно значення жорсткості верстата для суперфінішування).

На рисунку 3.6 наведена залежність $\tau = f_2(\Delta R_{\text{п}}/\Delta R_{\text{к}})$, яка розраховувалася за формулою (3.14) для абразивного бруска 24АМ28С2К6.



Рисунок 3.6 – Час усунення похибки форми циліндричної поверхні (круглості) при коефіцієнті жорсткості $\gamma=1500$ кг/мм

Обробка поверхні золотника абразивним бруском дозволяє виправити вихідну круглість форми поверхні за час $\tau = 29$ с.

Величина круглості із збільшенням часу обробки зменшується, що пов'язано із зменшенням швидкості видалення металу, що спонукає підвищенню тиску потрібного на усунення похибки круглості.

Перетворимо формулу (3.14) і отримаємо:

$$\Delta R_{\text{к}} = \Delta R_{\text{п}} \cdot e^{-\tau^{\alpha} \gamma k / n F p_0} . \quad (3.15)$$

Якщо підставити у рівняння (3.4) формулу (3.15), то отримаємо:

$$\Delta p = \frac{\gamma}{n \cdot F} \cdot \Delta R_{\text{п}} \cdot e^{-\tau^{\alpha} \gamma k / n F p_0} . \quad (3.16)$$

На рисунку 3.7 наведені залежності $\Delta p = f(\tau)$ та $\Delta R = f(\tau)$ для абразивного бруска 24АМ28С2К6, які отримані розрахунком за формулами (3.15) та (3.16) при $\gamma = 1500$ кг/мм і $\Delta R_{\text{п}} = 10$ мкм.

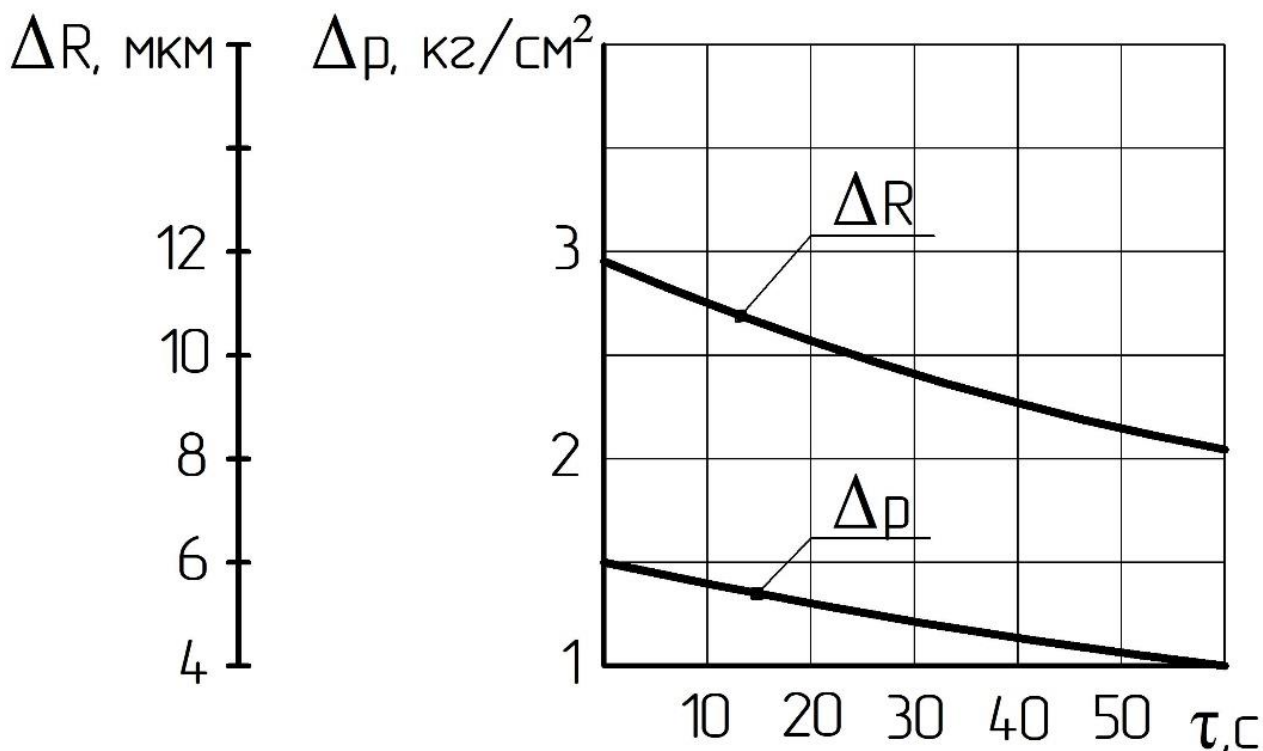


Рисунок 3.7 – Залежність питомого тиску Δp ($\text{кг}/\text{см}^2$) і похибки форми (круглості) ΔR ($\mu\text{м}$) від часу обробки τ (с)

Із рисунку 3.7 видно, що після 60 с обробки поверхні абразивними брусками, приростання питомого тиску зменшується з 1,5 до 1,0 $\text{кг}/\text{см}^2$. Окрім видалення вихідної похибки форми поверхні деталі, необхідно видалити вихідну шорсткість та дефектний шар, який з'являється після обробки деталі попередньою операцією (шліфуванням).

Таким чином, питомий тиск брусків визначається наступною умовою – видалення заданого (згідно вимог креслення) припуску за мінімальний час у напрямку найменшого радіуса оброблювальної поверхні деталі. Для цього потрібно виконати наступну умову:

$$p = \Delta p \leq p_{\text{доп}}, \quad (3.17)$$

де p – питомий тиск бруска у напрямку найменшого радіусу оброблювальної поверхні заготовки, $\text{кг}/\text{см}^2$;

$p_{\text{доп}}$ – допустимий (максимальний) тиск для абразивного бруска заданого розміру та характеристики, $\text{кг}/\text{см}^2$.

Наведені теоретичні і експериментальні дані показали, що зі збільшенням жорсткості ТС інтенсивність виправлення вихідної круглості сходинок золотника збільшується. Виправлення круглості необхідно виконувати із збільшеним розміром ширини абразивного бруска, а у напрямку радіальної подачі жорстко з'єднувати з кінцем штока гідравлічного циліндра пристрою для суперфінішування.

Для виправлення початкової (вихідної) круглості і профіля поздовжнього перетину циліндричної форми поверхні золотника обробку необхідно виконувати абразивними брусками, які мають високу різальну властивість і зберігаються при змінюванні питомого тиску у широкому діапазоні. Рекомендується розмір абразивного бруска – брусок БКв 25x52 ГОСТ 2424-88; характеристика 24АМ14СМ17КА ГОСТ 2456-82 [30].

Проведені дослідження дозволили запровадити оптимальний режим обробки сходинок золотника на операції 045 «Суперфінішна» способом врізання. Оптимальний режим суперфінішування абразивними брусками передбачає обробку заготовки в межах допуску розміру 8-го квалітету точності (0,039 мм) отриманого на операції 040 «Шліфувальна з ЧПК». Для виправлення похибки форми (круглості) поверхні на суперфінішній операції достатній припуск 0,01 мм.

Оптимальні режим обробки поверхонь золотника наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Рекомендації для суперфінішування сходинок золотника абразивними брусками

Параметри обробки	Чисельні дані
Вихідна шорсткість поверхні R_a , мкм	1,25-0,63
Кінцева шорсткість поверхні R_a , мкм	0,08-0,16
Початкова похибка форми поверхні (круглість) ΔR_p , мкм	10
Кінцева похибка форми поверхні (круглість) ΔR_k , мкм	5
Тиск бруска, МПа / сила притиснення, Н	0,25 / 377
Кількість обертів, об/хв / швидкість обертання заготовки, м/хв	672,8 / 84,5
Частота осьових коливань бруска, подв. хід /хв	1900
Подвійна амплітуда осьових коливань бруска, мм	3
Час виправлення похибки форми поверхні (круглість), с	29
Змащувально-охолоджувальна рідина (ЗОР), марка	Емульсія НГЛ-205

3.6 Висновок

1. Запропонована схема зовнішнього врізаного суперфінішування для оброблення циліндричних сходинок золотників.
2. Наведений механізм явищ, які відбуваються при контакті зерен абразивних брусків із оброблювальною поверхнею деталі.
3. Виконаний аналіз впливу радіальної подачі бруска на точність форми циліндричної поверхні при обробки за схемою врізаного суперфінішування.
4. Розроблена схема обробки абразивним бруском для виправлення похибки геометричної форми циліндричної поверхні золотника.
5. Обґрунтований вибір оптимального режиму обробки золотника врізаним суперфінішуванням.
6. Розроблена конструкція пристрою для суперфінішування абразивним бруском циліндричних поверхонь золотника $\varnothing 40h8$ мм.
7. Надані рекомендації для вибору оптимального режиму різання суперфінішуванням циліндричних поверхонь золотника.

ВИСНОВКИ

1. Виконаний аналіз службового призначення гвинтокрила та золотника, який є складовою частиною машини. Проаналізовані технічні вимоги деталі на її виготовлення.
2. Визначений тип виробництва – середньосерійний та форма його організації – групова.
3. Виконаний аналіз технологічності конструкції золотника за якісними та кількісними показниками. Конструкція деталі за окремими її елементами визнана технологічною.
4. Виконаний аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення золотника.
5. Зроблені висновки та надані завдання для удосконалення існуючого технологічного процесу виготовлення деталі.
6. Розроблений новий варіант технологічного процесу виготовлення золотника і запропоновані нововведення для його удосконалення.
7. Визначений спосіб одержання вихідної заготовки – штамповка на КГШП та розроблені технічні вимоги на її виготовлення.
8. Розрахунково-аналітичним методом (з використанням ЕОМ) визначені припуски і допуски на обробку зовнішньої поверхні двох сходинок $\varnothing 40h8$ мм.
9. Обґрунтована схема базування і закріплення заготовки для операції 040 «Шліфувальна з ЧПК». Для операції вибрана модель верстата, технологічна оснастка, різальний та вимірювальний інструмент, розраховані режими різання і норми часу.
10. Для контролю співвісності сходинок золотника спроектований контрольно-вимірювальний пристрій.
11. В дослідній частині роботи виконаний аналіз кінематичної схеми суперфінішування абразивними брусками циліндричних поверхонь.

12. Запропонована схема різання абразивними брусками та модель верстата для обробки циліндричних поверхонь заготовок методом врізання.

13. Спроектований верстатний пристрій (інструментальна головка) для обробки сходинок золотника врізаним суперфінішуванням.

14. Надані рекомендації оптимального режиму різання для запропонованої схеми обробки східчастих поверхонь золотника абразивними брусками.

15. Для спроектованого технологічного процесу виготовлення золотника розроблена технологічна документація (маршрутний технологічний процес, креслення заготовки, верстатного пристрою, КВП, операційне налагодження).

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. **Біланенко, В. Г.** Проектування технологічних процесів. Частина 1. Оброблення деталей-тіл обертання. [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізацій «Технології машинобудування» та «Технології виготовлення літальних апаратів» / Біланенко В. Г., Приходько В. П., Мельник О. О.; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 232 с.
2. **Добрянський, С. С.** Технологічні основи машинобудування. [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафеев; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.
3. **ДСТУ 2391-2010** Система-технологічної документації. Терміни та визначення основних понять.
4. Технологія машинобудівних підприємств: підручник В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін., за заг. ред. В. Л. Диканя. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. – 386 с.
5. **Бойко, Ю. І.** Технологія машинобудування. Курсове проектування: навч. посіб. / Ю. І. Бойко, О. А. Литвиненко. – Київ: НУХТ, 2018. – 195 с.
6. Современные технологии в машиностроении: [Сб. науч. ст.] / Нац. техн. ун-т «Харьк. политехн. ин-т», под общ. ред.: А. И. Грабченко Т.1: 2006. – 439 с.
7. **Rowe, W. B.** Principles of Modern Grinding Technology (Second Edition). – William Andrew Publishing, 2014. – 437 pp.
8. Допуски, посадки та технічні вимірювання. Практикум. Частина 1 : навч. посібн. / Ю.І. Адаменко, О.М. Герасимчук, С.В. Майданюк, Н.В. Мініцька, В.А. Пасічник, О.А. Плівак. – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2016. – 164 с.
9. **ГОСТ 24643–81.** Допуски форми й взаємне розміщення.

10. **ГОСТ 14.301–73.** Загальні правила розроблення технологічних процесів та вибору засобів технологічного оснащення.

11. **ГОСТ 14.204–73.** Правила забезпечення технологічності конструкції деталей.

12. **ГОСТ 14.201–73.** Загальні правила відпрацювання конструкції на технологічність.

13. **Паливода, Ю. Є.** Заготовки у машинобудівному виробництві : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. – 148 с.

14. Різальний інструмент. Навчальний посібник [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів, які навчаються за спеціальністю 131 «Прикладна механіка», спеціалізацією «Технологія машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Л. М. Данилова, С. В. Лапковський, В. П. Приходько. – Електронні текстові данні. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 147 с.

15. **Мазур, М. П.** Основи теорії різання матеріалів : підручник / М. П. Мазур, Ю. М. Внуков, В. Л. Доброскок, В. О. Залого та ін.; під заг. ред. М. П. Мазура. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Львів : Новий Світ-2000, 2011. – 422 с.

16. **Паливода, Ю. Є.** Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник / Ю. Є. Паливода, А. Є. Дячун, Р. Я. Лещук. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.

17. **Дикань, В. Л.** Технологія машинобудівних підприємств: підручник / В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін., за заг. ред. В. Л. Диканя. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. – 386 с.

18. **Паливода, Ю. Є.** Технологія оброблення валів : навчальний посібник / Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко, Ю. Б. Капаціла. – Тернопіль : ТНТУ, 2016. – 198 с.

19. **Петров, О. В.** Технологічна оснастка : навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 123 с.
20. **Медведєв, В. С.** Технологічна оснастка : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» / Укл. В. С. Медведєв, В. І. Тулупов, С. Г. Онищук – Краматорськ : ДДМА, 2021. – 108 с.
21. Сусліков, Л. М. Метрологія та вимірювання: Навчальний посібник / Л. М. Сусліков, І. П. Студеняк. – Ужгород: Видавництво УжНУ, 2014. – 292 с.
22. Tesa Technology. Product catalog. Tesagroup, 2015. – 419 с.
23. **Бишутин, С. Г.** Технологическое обеспечение состояния поверхностей деталей машин при шлифовании / С. Г. Бишутин // Вестн. Харьк. политех. ин-та, №3: науч.-техн. сб. – Харьков: Вища школа, 2005. – Вып. 8 – С. 9–14.
24. **Гришкевич, А. В.** Способ отделочной обработки стальных закалённых деталей / А. В. Гришкевич, В. А. Капуста, О. А. Топоров // Вестник машиностроения. – 1973. – №9. – С. 55 – 57.
25. **Дзюра, В. О.** Технологічні методи забезпечення параметрів якості поверхонь тіл обертання та їх профілометричний контроль / В. О. Дзюра, П. О. Марущак. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. – 170 с.
26. **Toenshoff, H. K.** Basics of Cutting and Abrasive Processes. Springer Heidelberg New York Dordrecht London, 2013. XIII, 399 p.
27. **Пуховський, Є. С.** Прогресивні процеси обробки матеріалів [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів, які навчаються за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» / Є. С. Пуховський ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 132 с.
28. **Савчук, В. И.** Технологические возможности финишных способов обработки абразивными брусками / В. И. Савчук, В. А. Иванов, М. А. Телетов // Вісник СумДУ: науч.-техн. сб. – Сумы: Изд-во СумДУ, 2005. – №11/83. – С. 140 – 145.

29. **Linke, B.** Life Cycle and Sustainability of Abrasive Tools. Springer, 2016. XVII, 265 p.

30. **Савчук, В. И.** Технологические особенности обработки подшипниковых шеек валов суперфинишированием / В. И. Савчук, А. В. Евтухов // Компрессорное и энергетическое машиностроение. – 2015. – №1 (39), март – С. 52 – 55.

31. **Савчук, В. И.** Технологические особенности отделочной обработки конических поверхностей пробок абразивными брусками / В. И. Савчук, А. В. Евтухов, А. В. Ивченко, Д. А. Юсупов // Компрессорное и энергетическое машиностроение». – 2017. – №1 (47), март – С.40–45.

32. **Пат. 122827 Україна, МПК (2021.01) B24B 35/00.** Пристрій для суперфінішування / В. І. Савчук, О. В. Савчук, А. В. Євтухов, Д. А. Юсупов, В. О. Іванов, А. А. Папченко, заявник та власник патенту Сумський державний університет. – № а 201900252; заявлено 09.01.2019; опубл. 06.01.2021, Бюл. № 1.