

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ *Віталій ІВАНОВ*

«_____» червня 2021 р.

**ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ
ВАЛА FSK-0001.00.327**

Кваліфікаційна робота (проєкт) бакалавра

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітня програма – «Технології машинобудування»

Студент

Давід ЮСУПОВ

Керівник

Артем ЄВТУХОВ

Нормоконтроль

Юлія ДЕНИСЕНКО

Реферат

Записка: 68 с., 13 рис., 19 табл., 4 додатки, 12 літературних джерел.

Об'єкт роботи: вал FSK-0001.00.327, технологічний процес його виготовлення.

Предмет роботи: структура і параметри технологічного процесу виготовлення вала FSK-0001.00.327

Мета роботи: удосконалення технологічного процесу виготовлення вала FSK-0001.00.327 шляхом вибору його раціональних структури та параметрів.

Виконаний аналіз службового призначення машини для виготовлення капсул і вала та умов їх експлуатації. За коефіцієнтом закріплення операцій визначений тип виробництва – середньосерійний, та форма його організації – групова.

Виконаний аналіз технологічності конструкції деталі за якісними та кількісними показниками. Вибраний спосіб одержання заготовки – штамповка на КГШП.

Виконаний аналіз технологічного процесу виготовлення деталі, вибрані і обгрунтовані схеми базування і закріплення заготовок на двох операціях: 020 «Токарна з ЧПК» і 030 «Вертикально-фрезерна».

Розраховані припуски і граничні розміри за технологічними переходами на дві зовнішні поверхні діаметром 60к6.

Вибрані верстатні пристрої, різальний та вимірювальний інструменти, розраховані режими різання та норми часу на наведені операції.

Спроектований верстатний пристрій для обробки шпонкових пазів заготовок на операції 030 «Вертикально-фрезерна».

В розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» визначені первинні дії, які треба надавати людині у разі її ураженні електричним струмом.

ВАЛ, ЗАГОТОВКА, БАЗУВАННЯ, ПРИПУСК, РЕЖИМ РІЗАННЯ, НОРМА ЧАСУ, ПРИСТРІЙ

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| Вступ..... | 4 |
| 1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації..... | 5 |
| 2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі..... | 10 |
| 3 Визначення типу виробництва та форми його організації..... | 13 |
| 4 Аналіз технологічності конструкції деталі..... | 17 |
| 5 Вибір способу отримання заготовки та розроблення технічних вимог до неї..... | 22 |
| 6 Аналіз існуючого технологічного процесу..... | 27 |
| 6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку..... | 27 |
| 6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки..... | 29 |
| 6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів..... | 35 |
| 6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірального інструментів..... | 38 |
| 6.5 Розрахунок режимів різання..... | 39 |
| 6.6 Технічне нормування операцій..... | 47 |
| 7 Проектування верстатного пристрою..... | 50 |
| Висновки..... | 66 |
| Перелік джерел посилань..... | 67 |
| Додаток А Креслення деталі «Вал FSK–0001.00.327»..... | 69 |
| Додаток Б Розрахунок припусків на ЕОМ..... | 70 |
| Додаток В Специфікація ТМ19510143–07–00.00..... | 71 |
| Додаток Г Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях..... | 73 |

| | | | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|--|-----------------------|-------------|---------------|
| | | | | | ТМ19510143–00 ПЗ | | | |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | Проектування технологічного процесу виготовлення вала FSK-0001.00.327. Пояснювальна записка | <i>Лит.</i> | <i>Лист</i> | <i>Листов</i> |
| Разраб. | Юсупов | | | | | | 3 | 68 |
| Пров. | Євтухов | | | | | СумДУ, ТМ–71–9 | | |
| Реценз. | | | | | | | | |
| Н. Контр. | Денисенко | | | | | | | |
| Утв. | Іванов | | | | | | | |

ВСТУП

Сучасна промисловість України випускає значну кількість пляшок шампанського для реалізації їх на ринку держави. Кожна пляшка шампанського закривається пробкою та капсулою виготовленою із алюмінію і алюмінієвого поліамінату. На голівках капсул знаходиться топ-диск із надрукованою термічною печаттю інформацією, яка потрібна покупцю. Виготовлення капсул відбувається в значних об'ємах (мільйонах штук за рік), що характеризує цілодобовий випуск цієї продукції як масовий.

Для виготовлення капсул і нанесення термічної печаті на голівку топ-диску підприємством застосовуються спеціальні машини моделі «MPV.B». Робота машин відбувається в тяжких виробничих умовах. Їх безперервна робота в продовж року спричиняє підвищений знос як всієї машини, так і окремих її деталей. Зношені деталі машини підлягають відновленню, а також виготовленню нових деталей за технічними вимогами відповідних креслень.

Однією із основних деталей машини є «Вал FSK-0001.00.327». Вал відтворює одну із важливих робочих функцій машини – передачу крутного моменту з редуктора на стіл де виготовляються капсули. Для безперервної роботи машини треба відновлювати зношені вали, щоб забезпечити її ремонтну спроможність в продовж року по виготовленню продукції. За даними підприємства річний об'єм виготовлення валів повинен становити не менше 2000 штук, що забезпечить безперервну роботу машин для виготовлення капсул.

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

Наведений перелік питань по виготовленню вала пропонується вирішити в бакалаврській роботі.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМ19510143 – 00 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 4 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА, ДЕТАЛІ. ОПИС КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕТАЛІ ТА УМОВ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

1.1 Службове призначення машини для виготовлення капсул.

Виробами є великі капсули для покриття пробок, що використовуються в пляшках шампанського та вина. Для виготовлення великих капсул із алюмінію і алюмінієвого поліаміанату застосовується машина нової конструкції моделі «MPV.B». Наведена модель призначена автоматично виготовляти капсули із алюмінію і алюмінієвого поліаміанату для пляшок шампанського. Конструкція капсули має вигляд головки із алюмінієвим топ-диском (див. рис.1.1).



Рисунок 1.1 – Капсули для пляшок шампанського

На головці топ-диску є місце, яке може бути анонімним або із надрукованою термічною печаттю інформацією для покупців. Це місце, що передбачено для інформації, може також знаходитися на тілі капсули і мати вигляд язичка (можливо і без язичка), перфорації або віконця. Тіло капсули може мати вигляд повздовжніх жолобків, різноманітних рифлень, медальйонів.

Основні показники машини моделі «MPV.B»:

- компактність та міцність конструкції;

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 5 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | |

ТМ19510143 – 00 ПЗ

розташування (в межах 0,02 мм) і призначені для встановлення на них підшипників кочення. Схема базування і закріплення вала наведена на рисунку 1.2.

Виконавчими поверхнями (ВП) є поверхні 10 і 11. За наведеною класифікацією (дивись ГОСТ 21495–76 [3]), вал двома поверхнями 6 і 15 діаметром $60k6$ та однією із торцевих поверхонь 7 або 17 визначає своє положення в складальній одиниці машини. Всі зазначені поверхні виконують функцію основної конструкторської бази (ОКБ) і у вибраній системі координат (ОХУZ) позбавляють п'ять ступенів свободи. Поверхні 6 та 15 позбавляють деталь чотирьох ступенів свободи в напрямку осей ОХ та ОУ (двох переміщень II і III та двох обертів V і VI, подвійна напрямна база). В напрямку осі ОZ вал позбавлений однієї ступені свободи (переміщення I, опорна база). Цю функцію можуть виконувати дві торцеві поверхні 7 або 17. В напрямку обертання деталі уздовж осі ОZ (обертання IV), вона не позбавлена ступені свободи, тому що цей рух не впливає на її роботу в машині. За класифікацією [3] наведені бази є явними. Схема зв'язків та ступінь відповідності переміщенням наведені в таблицях 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1 – Таблиця відповідності

| Зв'язок | Ступінь свободи | Найменування бази |
|------------|-----------------|------------------------------------|
| 1, 2, 3, 4 | II, III, V, VI | Подвійна напрямна база (ПНБ), явна |
| 5 | I | Опорна база (ОБ), явна |
| 6 | IV | ОБ (Вакансія) |

Таблиця 1.2 – Матриця зв'язків

| X, Y, Z / 1, α | X | Y | Z | Найменування бази |
|-----------------------|---|---|---|-------------------|
| 1 | 1 | 1 | 0 | ПНБ |
| α | 1 | 1 | 0 | |
| 1 | 0 | 0 | 1 | ОБ |
| α | 0 | 0 | 0 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | – |
| α | 0 | 0 | 0 | |
| Всього | 2 | 2 | 1 | 5 зв'язків |

Таким чином, установлений вал в підшипниках кочення одночасно базується і закріплюється в з'єднанні «вал – підшипники». Наведена схема базування визначає якісну роботу машини, її довговічність.

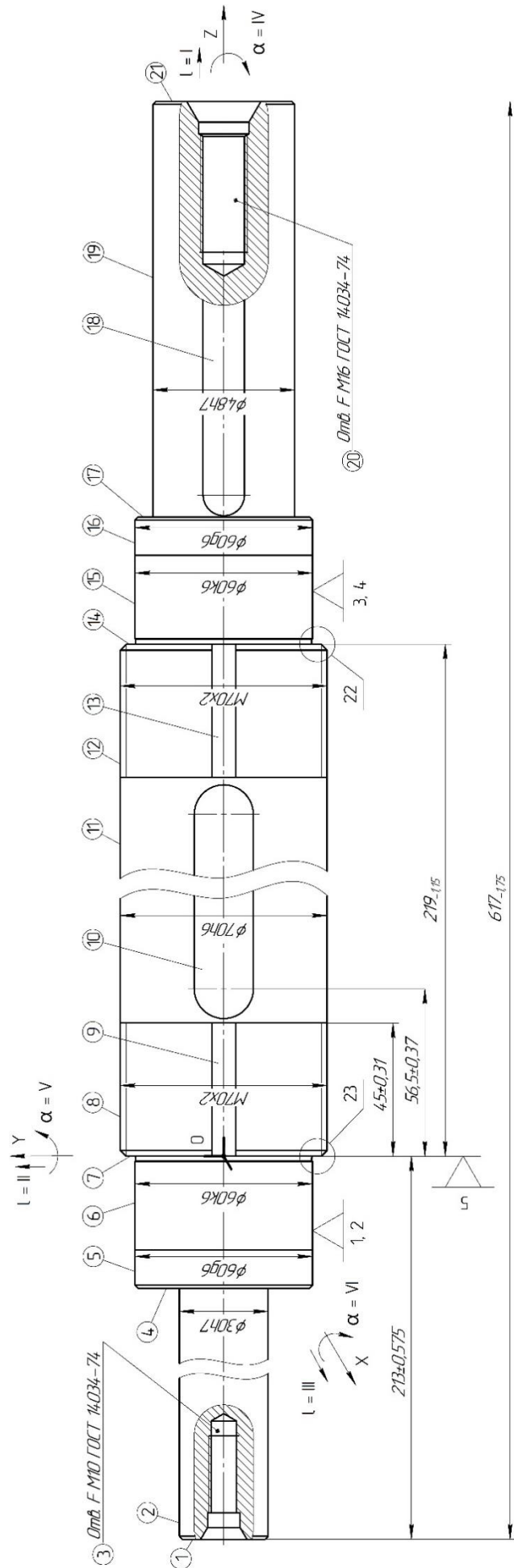


Рисунок 1.2 – Схема установления вала в корпусе машины

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
| | | | | |

TM19510143 – 00 ПЗ

Лист

8

Поверхні 2, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 18, 19 є допоміжними конструкторськими базами (ДКБ). Наведені поверхні вала визначають положення приєднаних до них деталей. Точність їх розташування в конструкції вала визначає потрібний режим роботи машини та збільшує строк служби виробу.

Інші поверхні 3, 20, 22, 23, незазначені фаски, деякі елементи конструкції шпонкових пазів, центрових отворів, галтелей, є поверхнями вільними. Ці поверхні не приймають участі при виготовленні деталі на стадії механічної обробки і при роботі деталі в машині. Наведені поверхні потрібні для визначення контуру деталі, виходу (перебігу) інструменту при обробки на окремих операціях технологічного процесу, усунення задирок (фаски) в місцях з'єднання циліндричних та торцевих поверхонь, допоміжного базування деталі (циліндричні поверхні в центрових отворах) на токарних і шліфувальних операціях.

Таким чином, визначення функціонального призначення поверхонь дозволить призначити потрібні технічні вимоги для їх виготовлення, а на стадії механічної обробки запропонувати раціональні методи і способи їх обробки.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМ19510143 – 00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 9 |

2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Аналізом креслення «Вала FSK-0001.00.327» встановлено, що кількість видів, перерізів, проекцій, виносок достатньо для його виконання.

Виходячи із умов експлуатації вала у виробі, конструктор призначив матеріалом сталь 45 ГОСТ 1050-88 (див. табл. 2.1) [3].

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 45 ГОСТ 1050–88, в процентах

| C | Si | Mn | Cr | Ni | P | S |
|-----------|-----------|-----------|------|------|-----------|-------|
| | | | | | Не більше | |
| 0,40-0,50 | 0,17–0,37 | 0,50–0,80 | 0,30 | 0,30 | 0,045 | 0,045 |

Основні механічні властивості сталі 45 наведені в таблиці 2.2 [3].

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 45 ГОСТ 1050–88

| σ_B , МПа | σ_T , МПа | δ_5 , % | ψ , % | a_n , Дж/см ² | НВ (не більше) | |
|------------------|------------------|----------------|------------|----------------------------|----------------|------------|
| Не менше | | | | | гарячекатаної | відпаленої |
| 610 | 360 | 16 | 40 | 50 | 241 | 197 |

За всіма наведеними показниками сталь 45 відповідає службовому призначенню вала. Якщо задана конструктором сталь відсутня, то можливе застосування іншої марки сталі (сталь-замінник), наприклад, сталь 40 ГОСТ 1050–88.

Однією із основних вимог креслення є невеликий поступальний рух вала відносно осі центрів «В» в межах зазору 0,1–0,2 мм. Наведений зазор обумовлений підвищенням температури, що виникає в процесі роботи виробу, і передбачений в конструкції механізму повороту (так звана «осьова гра підшипників кочення») [6].

Суттєвою технічною вимогою креслення є обмеження радіального биття підшипникових шийок вала відносно осі центрів «В» в межах 0,02 мм. Точність двох розмірів діаметрів 60кб, шорсткість цих поверхонь за критерієм $R_a = 0,8$ мкм дозволяє забезпечити потрібне з'єднання вала із підшипниками на стадії складання.

Дві циліндричні поверхні діаметром 60гб і шорсткістю $R_a = 0,8$ мкм передбачені для встановлення на них ущільнювань, які запобігають витіканню змащувальної рідини із місць встановлення підшипників кочення, та не допускають попаданню на них пилу і бруду із зовні конструкції виробу. Зазначена низька шорсткість

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
| | | | | | | Лист |
| | | | | | | 10 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | ТМ19510143 – 00 ПЗ | |

поверхонь передбачена для зменшення зносу при роботі ущільнювань. Технічні вимоги конструктора щодо точності їх розмірів (шостий квалітет) та взаємного розташування (радіальне биття в межах 0,02 мм) відносно інших циліндричних поверхонь, зазначені правильно. Це дозволяє збільшити строк служби виробу за час його експлуатації.

Циліндрична поверхня діаметром 48h7, шорсткістю $R_a = 1,6$ мкм та шпонковим пазом шириною 20H9 передбачена для встановлення на неї зубчастого колеса і передачі крутного моменту.

Циліндрична поверхня діаметром 30h7, шорсткістю $R_a = 1,6$ мкм передбачена для встановлення на неї деталі «ручний редуктор».

Дві поверхні M70x2–8g виконані із метричною різьбою для встановлення на них гайок. Гайки потрібні для постійної фіксації шківів при його встановленні на поверхню діаметром 70,1(0; –0,019) мм. Щоб виключити викрутку гайок за час їх експлуатації, на двох різьбових поверхнях M70x2–8g зроблені пази із розмірами під шайби 8 x 45 мм.

Аналіз лінійних розмірів деталі визначив, що всі лінійні розміри на кресленні проставлені конструктором за трьома методами: ланцюговим, координатним, змішаним. Наприклад, розміри 170 мм, 213 мм, 617 мм проставлені координатним методом від однієї торцевої поверхні діаметром 30h7. Розміри 213 мм, 56,5 мм, 105 мм проставлені ланцюговим методом. Розміри 45 мм, 30 мм, 43 мм проставлені змішаним методом.

Конструкція вала має два різних за розмірами центрові отвори із різьбою: «Отв. центр. F M10 ГОСТ 14034–74» та «Отв. центр. F M16 ГОСТ 14034–74». Різьба в центрових отворах виконана згідно ГОСТ 24705–2004 і потрібна для вертикального розташування вала на операції транспортування. Також різьба застосовується у зібраному виробі для закріплення встановлених деталей «ручного редуктора» та зубчастого колеса на сходах діаметрами 30h7 і 48h7 боковими кришками. Наведені конструкції центрових отворів збільшують трудомісткість виготовлення деталі, тому що збільшується кількість технологічних переходів, інструментів, основний (машинний) час технологічної операції.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМ19510143 – 00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 11 |

Для підвищення зносостійкості циліндричних поверхонь, різьби, шпонкових пазів при їх експлуатації передбачена операція гартування, яка забезпечує твердість поверхонь вала НРСэ 42...45. Конструктор призначив термічну обробку деталі на основі досвіду експлуатації подібних виробів. Запропонований захід збільшує зносостійкість робочих поверхонь деталі, а також час роботи машини.

Інші поверхні вала на етапі механічної обробки виготовляються із застосуванням відомих технологічних методів і не потребують додаткових уточнень або змінювань.

Перелічені вимоги креслення дозволяють валу виконати своє службове призначення – передавати крутний момент на з'єднану з ним деталь.

Таким чином, аналізом встановлено, що наведених технічних вимог достатньо для забезпечення нормальної експлуатації вала у виробі.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМ19510143 – 00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 12 |

3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ФОРМИ ЙОГО ОРГАНІЗАЦІЇ

Тип виробництва визначається за коефіцієнтом закріплення операцій K_{30} [5]. Вихідними даними для розрахунку коефіцієнта є існуючий технологічний процес виготовлення вала і норми штучно-калькуляційного часу $T_{ш-к}$ за всіма операціями. Вихідні та розраховані дані наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій

| Номер операції | Найменування операції | $T_{ш-к}$, хв | m_p | P | $\eta_{з.ср.}$ | O |
|----------------|-----------------------------|----------------|--------|-----|----------------|--------|
| 015 | Горизонтально-розточувальна | 6,2 | 0,0641 | 1 | 0,0641 | 12,481 |
| 020 | Токарна з ЧПК | 7,6 | 0,0786 | 1 | 0,0786 | 10,179 |
| 025 | Токарна з ЧПК | 5,4 | 0,0559 | 1 | 0,0559 | 14,312 |
| 030 | Вертикально-фрезерна | 19,7 | 0,2037 | 1 | 0,2037 | 3,928 |
| 040 | Круглошліфувальна | 7,8 | 0,0807 | 1 | 0,0807 | 9,914 |
| Всього | | 46,7 | – | 5 | – | 50,814 |

Визначення типу виробництва.

Кількість верстатів по операціям визначається за формулою [1]:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{ш-к}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.ср.}}$$

де $N = 2000$ шт – річна програма виготовлення виробів;

$F_d = 4029$ год – дійсний річний фонд часу роботи обладнання;

$\eta_{з.н.ср.} = 0,8$ – середнє значення нормованого коефіцієнта завантаження обладнання (на цьому етапі тип виробництва ще не визначений).

Приймаємо цілу кількість робочих місць P та округляємо їх до найближчого цілого значення m_p .

Фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P}$$

Кількість операцій, що виконуються на робочому місці

$$O = \frac{\eta_{з.н.ср.}}{\eta_{з.ф.}}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
| | | | | | | Лист |
| | | | | | | 13 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

ТМ19510143 – 00 ПЗ

Результати розрахунків наведені в таблиці 3.1, де визначені сумарні показники $T_{ш-к}$; P ; O .

Коефіцієнт закріплення операцій визначається за формулою:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{50,814}{5} = 10,2.$$

Згідно ГОСТ 14.004–83, якщо $10 < K_{з.о.} = 10,2 \leq 20$, то це відповідає середньосерійному виробництву [5].

Визначення форми організації виробництва.

Такт виробництва τ (в хвилинах) визначається за формулою:

$$\tau = \frac{60 \cdot F_d}{N} = \frac{60 \cdot 4029}{2000} \cong 121 \text{ хв},$$

де $F_d = 4029$ год – дійсний фонд часу за плановий період.

Випуск N_d деталей за добу:

$$N_d = \frac{N}{254} = \frac{2000}{254} \approx 8 \text{ шт},$$

де 254 – кількість робочих днів за рік.

Продуктивність Q потокової стрічки за сутки при її завантаженні на 60%:

$$Q = \frac{F_{сут} \cdot 0,6}{T_{ср}} = \frac{952 \cdot 0,6}{9,34} = 62 \text{ шт},$$

де $F_{сут}$ – фонд часу роботи обладнання у дві зміни.

$$F_{сут} = \frac{F_d \cdot 60}{254} = \frac{4029 \cdot 60}{254} = 952 \text{ хв},$$

де $T_{ср} = \frac{\sum T_{ш-к}}{n_p} = \frac{46,7}{5} = 9,34$ хв – середня трудомісткість основних механічних операцій;

$n_p = 5$ – кількість основних механічних операцій технологічного процесу.

Якщо $N_d = 8 \text{ шт} < Q = 62 \text{ шт}$, то застосування одно номенклатурної стрічки є недоцільним, тому приймаємо групову форму організації виробництва. Вироби запускаються у виробництво із визначеною періодичністю, що є ознакою серійного виробництва.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 14 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | |

ТМ19510143 – 00 ПЗ

Кількість деталей в партії для одночасного запуску можна визначити спрощеним способом:

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

де $a = 12$ днів – періодичність запуску деталей у виробництво.

Розмір партії корегуємо за рахунок кількості змін C на обробку всієї партії:

$$C = \frac{T_{\text{ср}} \cdot N_{\text{п}}}{F_{\text{см}} \cdot \eta_{\text{з.н.}}} = \frac{9,34 \cdot 95}{476 \cdot 0,8} = 2,33,$$

де $F_{\text{см}} = \frac{F_{\text{сут}}}{m} = \frac{952}{2} = 476$ хв – фонд часу роботи обладнання за одну зміну;

$m = 2$ – кількість змін;

$\eta_{\text{з.н.}} = 0,8$ – нормований коефіцієнт завантаження верстатів у серійному виробництві.

Кількість змін округляємо до найближчого значення $C_{\text{п}} = 3$. Тоді кількість деталей в партії:

$$N_{\text{п}} = \frac{F_{\text{см}} \cdot C_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{з.н.}}}{T_{\text{ср}}} = \frac{476 \cdot 3 \cdot 0,8}{9,34} = 123 \text{ шт.}$$

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.

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 15 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | |

ТМ19510143 – 00 ПЗ

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.

Середньосерійне виробництво значно економніше, ніж одиничне виробництво, тому що краще використовується технологічне устаткування, спеціалізація робочих місць. Все це збільшує продуктивність праці і зменшує собівартість виготовленої продукції.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМ19510143 – 00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 16 |

4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

4.1 Оцінювання технологічності конструкції деталі за якісними показниками.

Форма поверхонь деталі не має складних рельєфів і не передбачає труднощів при виготовленні заготовки. Деталь є геометричною фігурою складених із циліндричних, площинних поверхонь, що дозволяє застосувати відомі методи обробки (точіння, свердління, шліфування, нарізання різьби) та реалізувати прості схеми базування і закріплення [5].

Аналіз конструктивних особливостей східчастих поверхонь вала передбачає застосування на токарних операціях точіння різцями. Конструкція деталі повинна мати достатню жорсткість, яка б компенсувала деформації її поверхонь від сил різання при обробки. Конструкція вала має східчасті поверхні різних діаметрів, розташованих на великій довжині деталі (дивись креслення вала FSK–0001.00.327). Визначимо відношення довжини заготовки L до її середнього діаметру D_{cp} [12].

$$D_{cp} = \frac{D_1 \cdot l_1 + D_2 \cdot l_2 + D_3 \cdot l_3 + D_4 \cdot l_4 + D_5 \cdot l_5}{L} =$$
$$= \frac{30 \cdot 170 + 60 \cdot 43 + 70 \cdot 219 + 60 \cdot 34 + 48 \cdot 142}{617} = 52,6 \text{ мм,}$$

де $D_1 = 30$ мм; $D_2 = D_4 = 60$ мм; $D_3 = 70$ мм; $D_5 = 48$ мм; $L = 617$ мм;
 $l_1 = 170$ мм; $l_2 = l_4 = 43$ мм; $l_3 = 219$ мм; $l_5 = 142$ мм.

Відношення $L/D_{cp} = 617/52,6 \cong 11,7$ і знаходиться в межах 10 – 12, що визначає недостатню жорсткість вала. За рекомендаціями робіт [3, 5, 12] вали із зниженою жорсткістю конструкції в середньосерійному виробництві раціонально оброблювати на токарних верстатах з ЧПК. На цих верстатах вигідно виконувати чистове точіння шийок валів із точністю обточування в межах $\pm(0,01-0,02)$ мм. Рекомендується циліндричні поверхні оброблювати різцями із твердого сплаву при швидкості різання в межах 100–200 м/хв. Обробку сходинок вала доцільно виконувати одним контурним токарним різцем, а прорізання канавок – спеціальними різцями.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМ19510143 – 00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 17 |

Обробка циліндричних поверхонь діаметрами 30h7, 48h7; двох діаметрів 60g6, двох діаметрів 60k6; діаметра 70,1(0; -0,019) та різьби M70×2-8g; передбачає єдність технологічних баз при їх виготовленні (вісь деталі). Для цих поверхонь на токарних та шліфувальних операціях базами будуть два центрові отвори HМ10-7Н та HМ16-7Н згідно ГОСТ 14034-74. При фрезеруванні шпонкових пазів 20H9, 14H9, та двох пазів 8 мм базами будуть дві циліндричні поверхні діаметром 60k6.

Вимога до радіального биття наведених циліндричних поверхонь відносно їх загальній осі в межах 0,02 мм повинна бути витримана на оздоблювальній операції – шліфуванні. Поверхні діаметрами 60k6 треба обробити із одного установа. Таким чином, пропоновані методи обробки не будуть визивати будь-яких ускладнень для досягнення потрібних вимог креслення цих поверхонь. Можна вважати конструкції поверхонь запропонованих конструктором технологічними.

Не технологічною є конструкція «глухої» різьби в двох центрових отворах FM10 і FM16. Це може призвести до поломки різального інструменту (свердла або мітчика) при обробки таких отворів. Окрім цього, конструктор спроектував два різних за розмірами центрові отвори, що збільшує використання різального інструменту і різних режимів різання при їх обробки.

Не технологічними є конструкція поверхонь деталі, в яких на діаметрах 60g6 та 30h7, 48h7 мм відсутні напрямні фаски. Їх відсутність призведе до ускладнення збірки із потрібною посадкою окремих деталей у складальні одиниці виробу.

Обробка поверхонь вала в умовах середньосерійного виробництва виконується із великим відхиленням розташування двох пазів 20H9 довжиною 105 мм та 14H9 довжиною 133 мм відносно запропонованих технологічних баз. Пропонується доповнити вимоги креслення (див. рис. 4.1 та 4.2).

Креслення шпонкових пазів доповнене технічними вимогами їх симетричного та паралельного розташування відносно базових поверхонь деталі, що забезпечить потрібне з'єднання вала, шпонки та приєднаних до них деталей при складанні.

За рекомендаціями робіт [3, 6] шорсткість поверхонь діаметрів 60k6 та 60g6 становить $R_a = 0,8$ мкм. Ця вимога конструктора є правильною і передбачає забезпечити з'єднання підшипників із шийками вала пресовою посадкою.

| | | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|--------------------|------|
| | | | | | | | | | | ТМ19510143 – 00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | | 18 |

показниками: маса деталі, коефіцієнт використання металу, коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів, коефіцієнт точності обробки, коефіцієнт шорсткості поверхонь, рівень технологічності конструкції за використанням металу та технологічній собівартості.

1 Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів K_{ye} . Деталь має 41 конструктивний елемент: канавкових поверхонь – 2, фасок – 8, різьби – 4, циліндричних зовнішніх поверхонь – 7, циліндричних внутрішніх поверхонь – 4; конічних поверхонь – 2, торцевих поверхонь – 6, поверхонь шпонкових пазів – 4, галтелей – 4. Із цих поверхонь 30 – уніфіковані, а 6 поверхонь – оригінальні (дві фаски із кутом розташування 45° , дві галтелі радіусом 0,3 мм і дві галтелі радіусом 0,5 мм). Коефіцієнт уніфікації становить:

$$K_{ye} = 35/41 \cong 0,86.$$

Показник коефіцієнта уніфікації елементів достатньо високий і за цим критерієм конструкцію деталі можна вважати технологічною [3].

2 Коефіцієнт точності K_T діаметральних і основних лінійних розмірів деталі (див. табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Коефіцієнт точності K_T

| | | | | | | | | | |
|----------------------------|----|----|---|----|----|----|----|----|-----|
| Квалітет точності T_i | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| Кількість квалітетів n_i | 4 | 4 | - | 2 | - | 2 | - | - | 22 |
| $T_i \cdot n_i$ | 24 | 28 | - | 18 | - | 22 | - | - | 308 |

$$\Sigma n_i = 30; \quad \Sigma(T_i \cdot n_i) = 400.$$

$$T_{cp} = \frac{\Sigma(T_i \cdot n_i)}{\Sigma n_i} = \frac{400}{30} = 13,3.$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{1}{13,3} \approx 0,93.$$

За даними показника коефіцієнту точності $K_T = 0,93$ конструкцію деталі можна вважати технологічною. [3].

3 Коефіцієнт шорсткості $K_{ш}$ діаметральних і торцевих поверхонь деталі (див. табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Коефіцієнт шорсткості $K_{ш}$

| | | | | | |
|--|-----|------|-----|------|-------|
| Шорсткість поверхонь $\text{Ш}_i(R_a, \text{мкм})$ | 0,8 | 1,25 | 1,6 | 3,2 | 6,3 |
| Кількість поверхонь n_i | 4 | 2 | 2 | 6 | 18 |
| $\text{Ш}_i \cdot n_i$ | 3,2 | 2,5 | 3,2 | 19,2 | 113,4 |

$$\Sigma n_i = 32; \quad \Sigma(\text{Ш}_i \cdot n_i) = 141,5.$$

$$\text{Ш}_{\text{ср}} = \frac{\Sigma(\text{Ш}_i \cdot n_i)}{\Sigma n_i} = \frac{141,5}{32} = 4,42.$$

$$K_{ш} = \frac{1}{\text{Ш}_{\text{ср}}} = \frac{1}{4,42} = 0,23.$$

Показник коефіцієнта шорсткості $K_{ш} = 0,23$ є достатнім і за цим критерієм конструкцію деталі можна вважати технологічною [3].

Аналіз якісних та кількісних показників технологічності поверхонь деталі дозволив визнати її як технологічною на стадіях виготовлення заготовки та механічної обробки,

5 ВИБІР СПОСОБУ ОДЕРЖАННЯ ЗАГОТОВКИ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО НЕЇ

Вихідними даними для виготовлення заготовки є: річна програма випуску деталей $N = 2000$ штук; матеріал деталі – сталь 45 ГОСТ 1050–88; тип виробництва – середньосерійний.

На підприємстві заготовка вала виготовляється із круглого прокату діаметром $80(+0,4; -1,0)$ мм і довжиною 8000 мм. Заготовка із наведеними розмірами є групувою заготовкою, яка потім розрізається на окремі (штучні) заготовки (див. рис. 5.1).

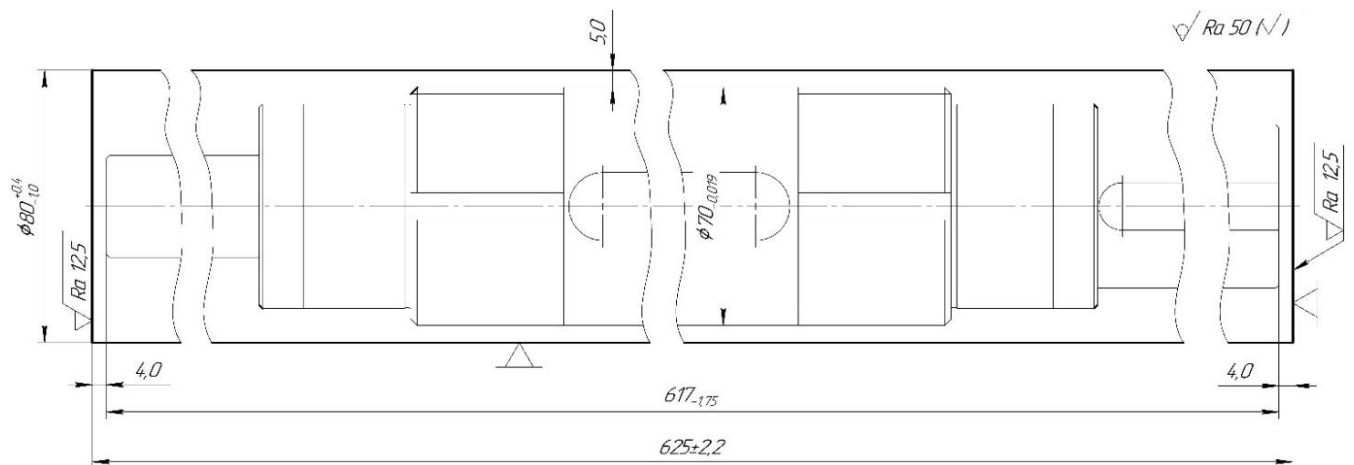


Рисунок 5.1 – Заготовка, яка виготовлена із круглого прокату

Визначимо вартість S_{Π} заготовки із круглого прокату за формулою [5]:

$$S_{\Pi} = M + \Sigma C_o,$$

де M – витрати матеріалу заготовки, грн.;

C_o – витрати на розрізання прутків для отримання штучних заготовок, грн.

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{від}}}{1000} = 24,81 \cdot 1,68 - (24,81 - 11,6) \cdot \frac{280}{1000} \cong 38 \text{ грн.}$$

де $Q = 24,81$ кг – маса заготовки із прокату;

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \cdot L \cdot J = \frac{3,14 \cdot 8^2}{4} \cdot 62,5 \cdot 7,9 = 24,81 \text{ кг.}$$

$D = 80$ мм – діаметр прутка;

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМ19510143 – 00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 22 |

$L = 625$ мм – довжина окремої заготовки із прутка;

$J = 7,9$ г/см³ – питома густина матеріалу.

$S = 1,68$ грн – ціна одного кілограма матеріалу заготовки;

$q = 11,6$ кг – маса деталі (за кресленням);

$S_{\text{від}} = 280$ грн – ціна однієї тони відходів.

$$C_o = \frac{C_{\text{пз}} \cdot T_{\text{шт}}}{60 \cdot 100} = \frac{121 \cdot 1,9}{60 \cdot 100} = 0,0383 \text{ грн},$$

де $C_{\text{пз}} = 121$ коп/г – наведені витрати за один час роботи обладнання [5, с. 30].

Якщо відрізання заготовок виконується на кругло-відрізнаму півавтоматі моделі 8А631 дисковими пилами, то основний час визначиться за формулою:

$$T_o = \frac{L_p \cdot i}{S_m} = \frac{90 \cdot 1}{82,74} = 1,1 \text{ хв},$$

де $L_p = L_o + L_{\text{вр}} + L_{\text{пер}} = 80 + 5 + 5 = 90$ мм – довжина заготовки, врізання і перебіг різального інструменту при відрізанні заготовок діаметром 80 мм;

$i = 1$ – кількість рухів інструменту;

$S_m = S_z \cdot Z \cdot n_{\text{фр}} = 0,05 \cdot 84 \cdot 19,7 = 82,74$ мм/хв – хвилинна подача стола верстата;

$S_z = 0,05$ мм/зуб – подача на один зуб фрези

($D_{\text{фр}} = 350$ мм; $Z = 84$ зубця; $B = 5,0$ мм згідно ГОСТ 2679–73) [6].

$T_{\text{шт}}$ – штучний час операції, де розрізаються прутки на окремі заготовки, хв.

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_d + T_{\text{об}} + T_{\text{пер}} = 1,1 + 0,69 + 0,11 = 1,9 \text{ хв},$$

де $T_d = 1,85 \cdot (0,069 + 0,034 + 0,04 + 0,23) = 0,69$ хв – допоміжний час [5];

$T_{\text{об}} + T_{\text{пер}} = 6\% \cdot T_{\text{оп}} = 6\% \cdot (T_o + T_d) = 0,06 \cdot (1,1 + 0,69) = 0,11$ хв – час обслуговування робочого місця та час відпочинку [5].

$$S_{\text{п}} = 38 + 0,0383 \approx 38 \text{ грн}.$$

В технологічному процесі який проектується, заготовку пропонується виготовляти штампуванням на КГШП (нагрівання заготовок – індукційним способом).

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 23 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | |

ТМ19510143 – 00 ПЗ

Визначимо вартість заготовки $S_{ш}$, яка отримана гарячим штампуванням на КГШП [5, с. 31]:

$$S_{ш} = \left(\frac{S}{1000} \cdot Q_{п} \cdot K_{Т} \cdot K_{С} \cdot K_{В} \cdot K_{М} \cdot K_{П} \right) - (Q_{п} - q) \cdot \frac{S_{від}}{1000},$$

де $Q_{п} = 17,4$ кг – маса заготовки отриманої пресуванням;

$K_{Т} = 1,0$ – коефіцієнт, що залежить від класу точності штамповки;

$K_{С} = 0,87$ – коефіцієнт, що враховує групу складності штамповки;

$K_{В} = 1,14$ – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

$K_{М} = 1,13$ – коефіцієнт, що враховує масу заготовки;

$K_{П} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує об'єм виробництва.

$$S_{ш} = \left(\frac{1680}{1000} \cdot 17,4 \cdot 1,0 \cdot 0,87 \cdot 1,14 \cdot 1,13 \cdot 1,0 \right) - (17,4 - 11,6) \cdot \frac{280}{1000} = 31,1 \text{ грн.}$$

Порівняємо два способи виготовлення заготовок – із прокату та заготовку виготовленою штампуванням на КГШП:

$$S_{п} = 38 \text{ грн} > S_{ш} = 31,1 \text{ грн.}$$

Приймаємо заготовку, яка одержана штампуванням на КГШП.

Призначення табличних значень припусків та допусків на поверхні заготовки, яка одержана способом штампування, згідно ГОСТ 26645–85.

За виконаними розрахунками розробимо креслення штампованої заготовки.

1. Основне обладнання – КГШП, клас точності Т4 [7, т. 19].

2. Визначимо масу штампованої заготовки $m_{ш}$ [7, т. 20]:

$$m_{ш} = q \cdot K_p = 11,6 \cdot 1,5 = 17,4,$$

де $K_p = 1,5$ – коефіцієнт.

3. Установлюємо клас точності – Т4 [7, т. 19].

4. Визначаємо групу сталі – М2 [7, т. 1].

5. Визначаємо ступінь складності поковки С [7, додаток 2]:

$$C = \frac{m_{ш}}{m_{\phi}} = \frac{17,4}{19,7} = 0,88,$$

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 24 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | |

ТМ19510143 – 00 ПЗ

де $m_{\phi} = V_{\phi} \cdot j \cdot 1,05 = \frac{\pi D^2}{4} \cdot L \cdot j \cdot 1,05 = \frac{3,14 \cdot 7^2}{4} \cdot 61,7 \cdot 7,9 \cdot 1,05 = 19,7$ кг;

$j = 7,9$ г/см³ – густина матеріалу;

$D = 70$ мм; $L = 617$ мм – найбільші розміри деталі за кресленням;

1,05 – коефіцієнт збільшення розмірів поковки.

Якщо $C = 0,88 > 0,63$, то ступень складності $C1$.

6. Визначаємо конфігурацію поверхні рознімання штампа [7, т. 1] – П (площинна).

7. Визначаємо вихідний індекс $VI = 14$ [7, т. 2].

8. Визначаємо основні табличні припуски на механічну обробку (на сторону) і напуски [7, т. 3]: діаметр 70 → 2,0 мм; $R_a=6,3$ мкм; діаметр 60 → 2,2 мм; $R_a=0,8$ мкм; діаметр 48 → 2,0 мм; $R_a=1,6$ мкм; діаметр 30 → 2,0 мм; $R_a=1,6$ мкм; довжина 617 мм → 3,0 мм; $R_a=6,3$ мкм; товщина 219 мм → 2,5 мм; $R_a=6,3$ мкм; товщина 213 мм → 1,3 мм; $R_a=6,3$ мкм; товщина 170 мм → 1,7 мм; $R_a=6,3$ мкм; товщина 43 мм → 1,9 мм; $R_a=6,3$ мкм.

9. Визначаємо додаткові припуски [7, т. 4, 5, 7]: зміщення поверхні рознімання штампів – 0,4 мм; вигін, відхилення від площини і прямолінійності – 0,8 мм; радіуси закруглення зовнішніх кутів поковки – 2,0 мм.

10. Визначаємо розміри поковки із урахуванням основних і додаткових припусків:

діаметр 70 + (2,0+0,4+0,8)·2 = 76,4 мм, приймається 77 мм;

діаметр 60 + (2,2+0,4+0,8)·2 = 66,8 мм, приймається 67 мм;

діаметр 48 + (2,0+0,4+0,8)·2 = 54,4 мм, приймається 55 мм;

діаметр 30 + (1,8+0,4+0,8)·2 = 36 мм, приймається 36 мм;

довжина 617 + (3,0+0,4+0,8)·2 = 625,4 мм, приймається 625 мм;

товщина 219 + (2,5+0,4+0,8)·2 = 226,4 мм, приймається 226 мм;

товщина 213 + (1,7+0,3+0,6) – (1,3+0,3+0,6) = 213,4 мм, приймається 213,5 мм;

товщина 170 + (1,7+0,3+0,6) – (1,3+0,3+0,6) = 170,4 мм, приймається 170,5 мм;

товщина 43 + (1,9+0,3+0,6) – (2,0+0,3+0,6) = 42,9 мм, приймається 43 мм.

11. Штампувальний уклін – 5° [7, т. 18]; допустима величина остаточного «облоя» залежно від маси заготовки, конфігурації поверхні рознімання штампу та

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 25 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | |

ТМ19510143 – 00 ПЗ

класу точності – 1,2 мм [7, т. 10]; допустима висота задирки на заготовки за контуром обрізання «облоя» – 5,0 мм; допустиме відхилення від вгнутості, площинності, прямолінійності: торців вала – 1,6 мм [7, т. 13]; діаметрів (розмір 70 мм) – 0,6 мм [7, т. 13]; допустима величина зміщення за поверхнею рознімання штампа – 1,0 мм [7, т. 9]; незазначені допуски радіусів закруглення – 1,0 мм [7, т. 17].

12. Допустимі відхилення розмірів [7, т. 8]: діаметр 77(+1,8; –1,0) мм; діаметр 67(+1,8; –1,0) мм; діаметр 55(+1,8; –1,0) мм; діаметр 36(+1,6; –0,9) мм; довжина 625(+3,0; –1,5) мм; товщина 226(+2,4; –1,2) мм; товщина 170,5(+2,4; –1,2) мм; товщина 213,5(+2,4; –1,2) мм; товщина 43(+1,8; –1,0) мм.

За розрахованими розмірами розробляємо креслення заготовки (див. рис. 5.2).

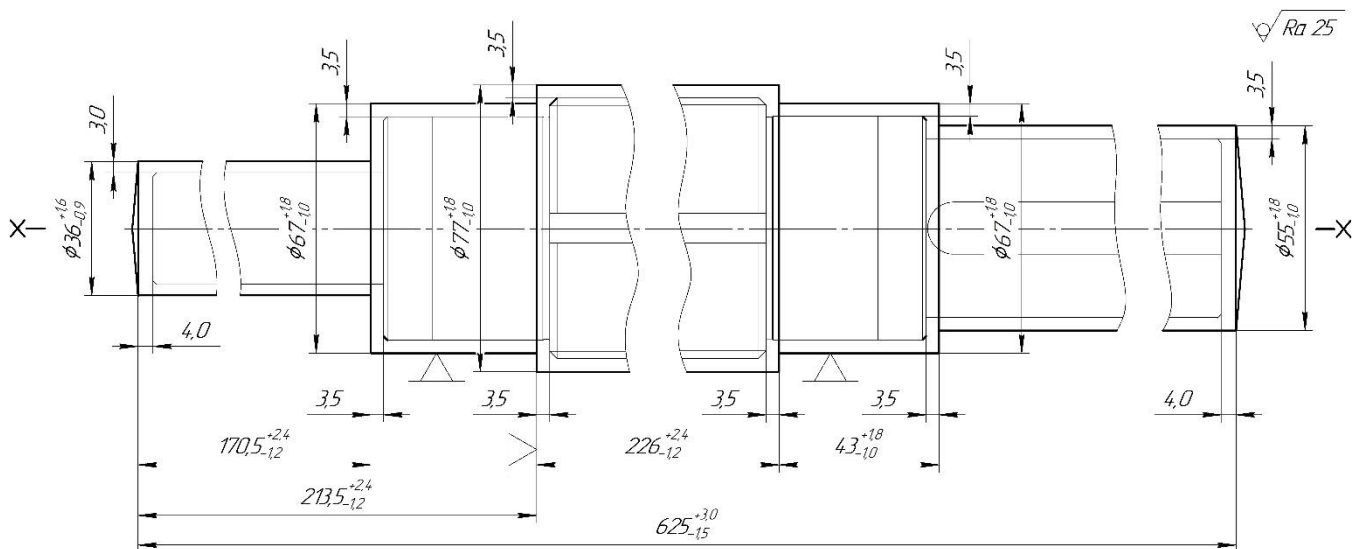


Рисунок 5.2 – Заготовка, яка виготовлена штампуванням на КГШП

Технічні вимоги для виготовлення штампованої заготовки наведені на кресленні «Вал. Штамповка FSK–0001.00.327».

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 26 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | |

ТМ19510143 – 00 ПЗ

6 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

Розрахунок припусків та проміжних граничних розмірів виконується для обробки двох поверхонь діаметром $60k6(+0,021; +0,002)$ мм і довжиною 43 мм. Визначимо операції на яких формуються розміри наведених поверхонь.

Операція 005. Обробка тиском.

Операція 020. Токарна з ЧПК (чорновий режим).

Операція 025. Токарна з ЧПК (чистовий режим).

Операція 040. Круглошліфувальна.

Операція 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} і H_{i-1} беремо із джерела [3, т. 4.3 та т. 4.5, с. 63 – 64] та заносимо їх в таблицю 6.1.

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

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{ц}}^2},$$

де $\rho_{\text{см}} = 1,1$ мм;

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_{\text{к}} \cdot l = 0,7 \cdot 447 \approx 313 \text{ мкм} \approx 0,32 \text{ мм};$$

$$\rho_{\text{ц}} = \sqrt{\left(\frac{T_3}{2}\right)^2 + 0,25^2} = \sqrt{\left(\frac{2,8}{2}\right)^2 + 0,25^2} \approx 1,43 \text{ мм},$$

де $T_3 = 2,8$ мм – допуск на заготовку поверхонь діаметром $67(+1,8;-1,0)$ мм, які були використані як бази на горизонтально-розточувальній операції [5].

Тоді просторові відхилення заготовки складуть:

$$\rho_3 = \sqrt{1^2 + 0,32^2 + 1,43^2} = 1,78 \text{ мм} = 1780 \text{ мкм}.$$

Остаточні просторові відхилення після чорнового точіння заготовки на операції 020 становлять $\rho_1 = 0,06 \cdot 1780 = 107$ мкм; після чистового точіння на операції 025

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМ19510143 – 00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 27 |

становлять $\rho_2=0,04 \cdot 1780 = 71$ мкм; після шліфування на операції 040 становлять $\rho_3=0,02 \cdot 1780 = 36$ мкм.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані для визначення припуску на діаметр 60k6

| Найменування переходу або операції | Квалітет точності | Елементи припуску, мкм | | |
|------------------------------------|-------------------|------------------------|-----------|--------------|
| | | Rz_{i-1} | H_{i-1} | ρ_{i-1} |
| Штамповка на КГШП | T4 | 150 | 250 | 1780 |
| Токарна з ЧПК (чорнове точіння) | h12 | 50 | 50 | 107 |
| Токарна з ЧПК (чистове точіння) | h8 | 30 | 30 | 71 |
| Круглошліфувальна | h7 | 10 | 20 | 36 |
| Суперфінішна | k6 | 5 | 15 | – |

Розрахунок припусків виконаємо на ЕОМ за програмою «rgr» ver. 7.1 (дивись додаток Б). Схема полів припусків і допусків наведена на рисунку 6.1.

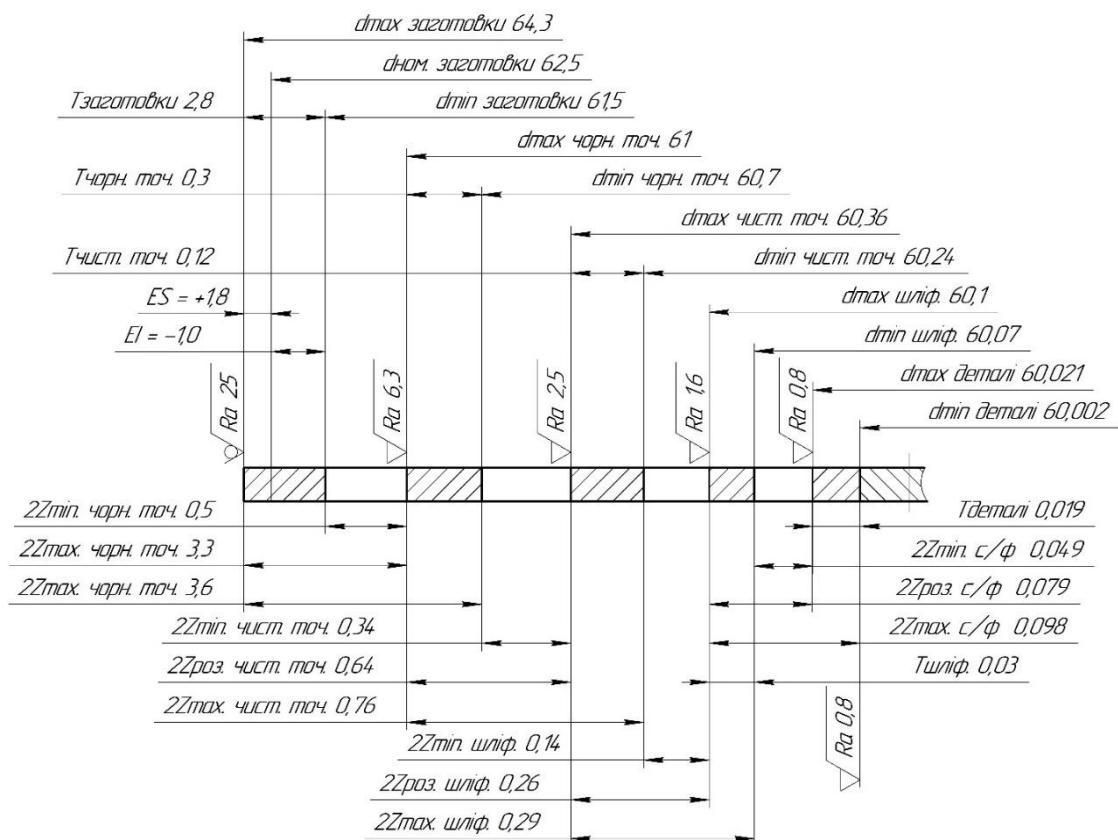


Рисунок 6.1 – Схема полів припусків і допусків для поверхні діаметром 60k6 (за програмою «rgr» ver. 7.1)

6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки

Операція 020 «Токарна з ЧПК». Верстат моделі 16Б16Т1. Схеми за варіантами №1 і №2 базування і закріплення заготовки наведені на рисунках 6.2 та 6.3.

На установі А операції оброблюються діаметри 32,4(0; -0,25) мм, 62,8(0; -0,3) мм, 72,8(0; -0,3) мм і витримуються лінійні розміри 169,5(+0,4; 0) мм, 212,5(+0,46; 0) мм. Потім заготовка переустановлюється. На установі Б оброблюються діаметри 50,8(0; -0,3) мм, 62,8(0; -0,3) мм і витримуються лінійні розміри 141,5±0,5 мм та 21,5±0,105 мм.

За обома схемами заготовка установлюється центровими отворами на центра верстата. На точність розмірів діаметрів 32,4(0; -0,25) мм, 62,8(0; -0,3) мм, 72,8(0; -0,3) мм, 50,8(0; -0,3) мм похибка установлення заготовки в центрах не впливає і $\varepsilon_y = \varepsilon_6 = \varepsilon_3 = 0$.

Точність лінійних розмірів $T_{169,5} = 0,4$ мм, $T_{212,5} = 0,46$ мм, $T_{141,5} = 1,0$ мм, $T_{21,5} = 0,21$ мм забезпечується точністю налагоджувального розміру інструмента на оброблювальний розмір. За схемою №1 вал базується у центрах, де передній центр самостійно установлюється уздовж осі центрального отвору заготовки. Одночасно торець заготовки діаметром 55 мм сполучується із упором (ТБ), а крутний момент на заготовку передається від повідкового патрона. Схеми зв'язків відповідності та матриці зв'язків наведені у таблицях 6.2 та 6.3.

Таблиця 6.2 – Таблиця відповідності

| Зв'язок | Ступінь свободи | База |
|------------|-----------------|------|
| 1, 2, 3, 4 | II, III, V, VI | ПНБ |
| 5 | I | ОБ |
| 6 | Вакансія | – |

Таблиця 6.3 – Матриця зв'язків

| X, Y, Z / 1, α | X | Y | Z | База |
|-----------------------|---|---|---|--------------|
| 1 | 1 | 1 | 0 | ПНБ |
| α | 1 | 1 | 0 | |
| 1 | 0 | 0 | 1 | ОБ |
| α | 0 | 0 | 0 | |
| 1 | 0 | 0 | | – |
| α | 0 | 0 | 0 | |
| Всього | 2 | 2 | 1 | 5-ь зв'язків |

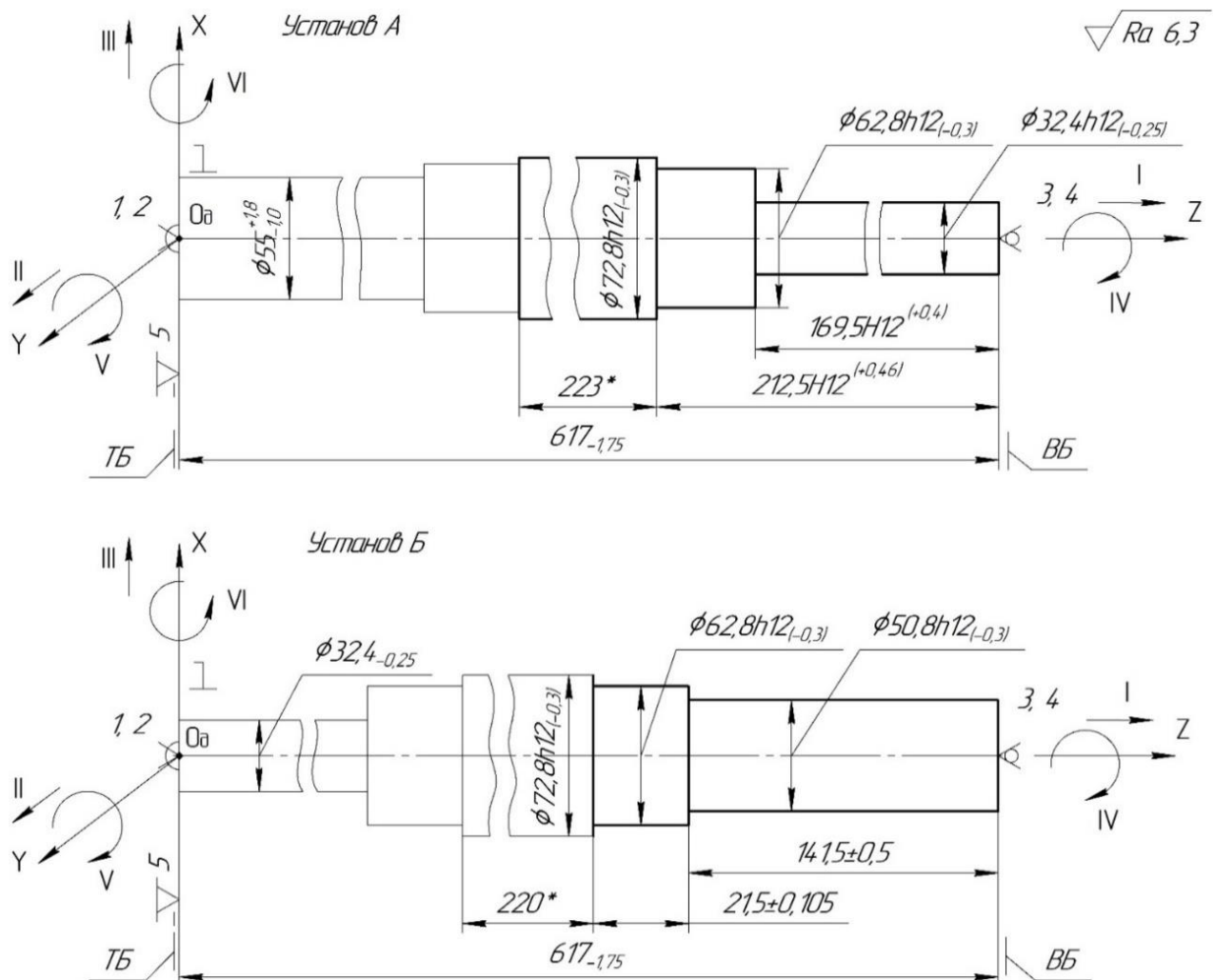


Рисунок 6.2 – Ескізи заготовки на операції 020 (Установи А і Б). Схема №1

За цією схемою ТБ і ВБ з'єднані розміром $617(0; -1,75)$ мм і похибка базування для всіх лінійних розмірів становить $\varepsilon_6 = 1,75$ мм, а це більше ніж величина кожного допуску $T_{169,5} = 0,4$ мм, $T_{212,5} = 0,46$ мм, $T_{141,5} = 1,0$ мм, $T_{21,5} = 0,21$ мм. Таким чином, точність цих розмірів не витримується. Але обробка заготовки виконується на верстаті з ЧПК, де налагоджувальний розмір можна задавати від вимірювальної бази (ВБ), яка у цьому випадку буде виконувати також функцію технологічної бази (ТБ). Таким чином, похибка базування для всіх лінійних розмірів буде дорівнювати нулю і зазначені допуски будуть витримані.

За схемою №2 відсутній упор, що є опорною базою (ОБ), і заготовка базується тільки вдома центрами. Схема базування №2 наведена в таблицях 6.4 і 6.5.

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 30 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | ТМ19510143 – 00 ПЗ | | | | |

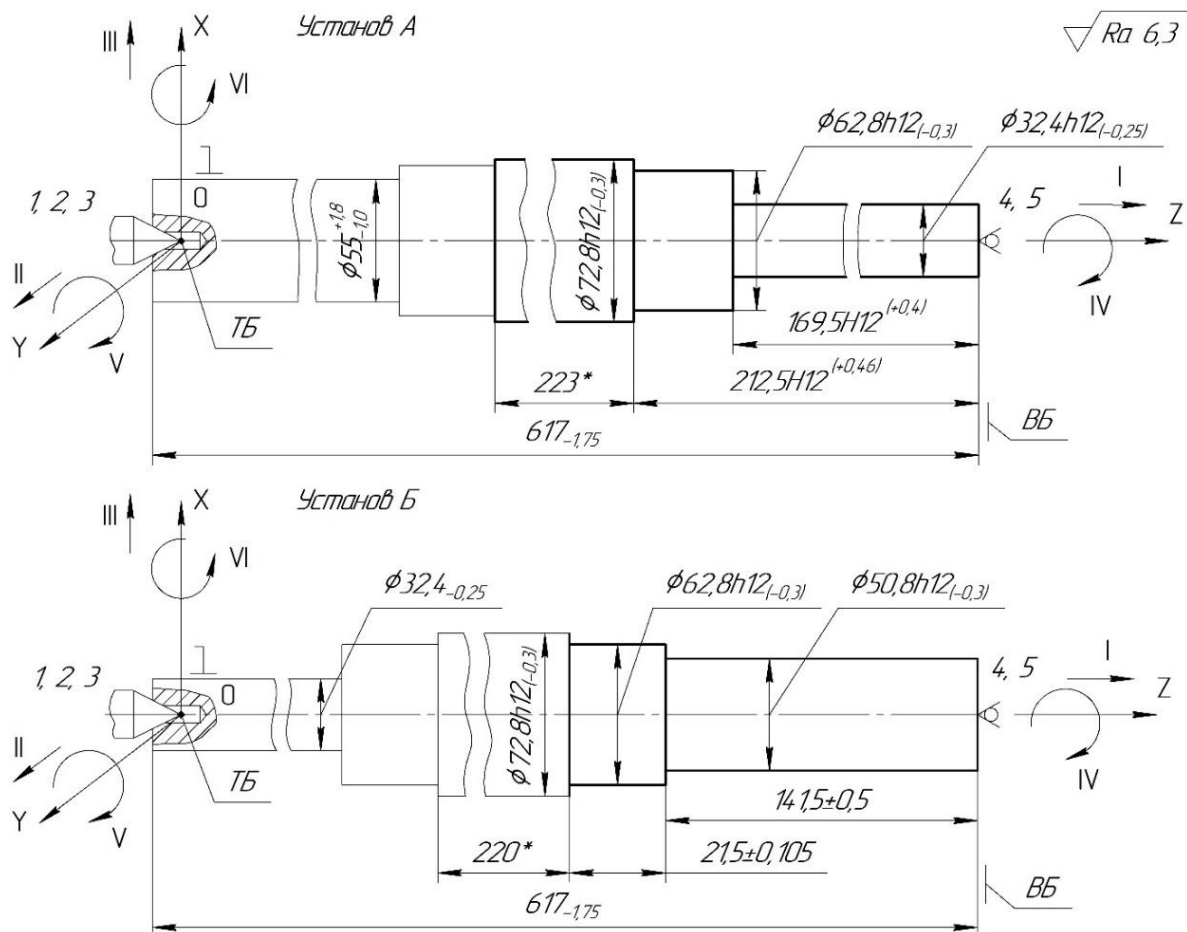


Рисунок 6.3 – Ескізи заготовки на операції 020 (Установи А і Б). Схема №2

Таблиця 6.4 – Таблиця відповідності

| Зв'язок | Ступінь свободи | База |
|---------------|-------------------|--------|
| 1, 2, 3, 4, 5 | I, II, III, V, VI | ПНБ+ОБ |
| 6 | Вакансія | — |

Таблиця 6.5 – Матриця зв'язків

| X, Y, Z / 1, α | X | Y | Z | База |
|----------------|---|---|---|--------------|
| 1 | 1 | 1 | 1 | ПНБ+ОБ |
| α | 1 | 1 | 0 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | — |
| α | 0 | 0 | 0 | |
| Всього | 2 | 2 | 1 | 5-Ь ЗВ'ЯЗКІВ |

За цією схемою базування заготовка має тільки одну ступінь свободи із шести. Заготовка позбавлена п'яти ступенів свободи: трьох переміщень та двох обертів (подвійно-напрямна та опорна бази). Передній центр не установлюється самостійно на довжині центрального отвору і не компенсує величину допуску на довжину і

діаметр конічної частини отвору. Відносно любого лінійного розміру виникає похибка базування, тому що ТБ знаходиться на шпичаку центру, а ВБ – на торці заготовки (діаметр 32,4 мм на установі А та діаметр 50,8 мм на установі Б). Тому розміри всіх лінійних розмірів не будуть визначені. Похибка базування визначиться за формулою:

$$\varepsilon_6 = \varepsilon_{61} + \varepsilon_{62}, \quad (6.1)$$

де ε_{61} – похибка базування, яка виникає від «просадки» переднього центру (максимальний розмір на установі А);

$\varepsilon_{62} = T_{617} = 1,75$ мм – похибка базування, яка залежить від допуску на розмір, що з'єднує зовнішні торці заготовки.

$$\varepsilon_{61} = \frac{TD_{\text{ц}}}{2 \tan(\frac{\alpha}{2})} = \frac{0,18}{2 \tan(\frac{60^0}{2})} = 0,16 \text{ мм}, \quad (6.2)$$

де $TD_{\text{ц}} = 0,18$ мм – допуск на діаметр конічної частини центрального отвору;

$\alpha = 60^0$ – кут конічної частини центрального отвору.

Друга складова похибки дорівнює допуску довжини 617 мм, що з'єднує ТБ та ВБ ($\varepsilon_{62} = T_{617} = 1,75$ мм). Таким чином, $\varepsilon_6 = 0,16 + 1,75 = 1,91$ мм і точність лінійних розмірів не витримується.

Із двох наведених схем базування і закріплення заготовки, беремо схему №1 і виконуємо налагодження розмірів за цією схемою.

Операція 030 «Вертикально-фрезерна». Верстат моделі UWF 10. Схема базування і закріплення заготовки наведена на рисунку 6.4.

На операції оброблюються: шпонкові пази розмірами 20H9(+0,052; 0) мм, 14H9(+0,043; 0) мм та два однакові пази розміром 8H14(+0,36; 0) мм. Точність ширини всіх пазів забезпечуються діаметром інструменту (фрезами відповідних розмірів). Точність довжин пазів забезпечується точністю налагоджування інструментів на розмір.

Для витримування глибини пазів 62h11(0; -0,19) мм, 42,5h11(0; -0,16) мм, 66,9h14(0; -0,74) мм заготовку треба базувати в призмах по двом діаметрам заготовки 60,8h8 мм. Також призми забезпечать технічні вимоги паралельності і симетричності розташування пазів відносно інших поверхонь заготовки. Наведені

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМ19510143 – 00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 32 |

технічні вимоги будуть забезпечені у спеціально розробленому пристрої (дивись розділ 7 пояснювальної записки).

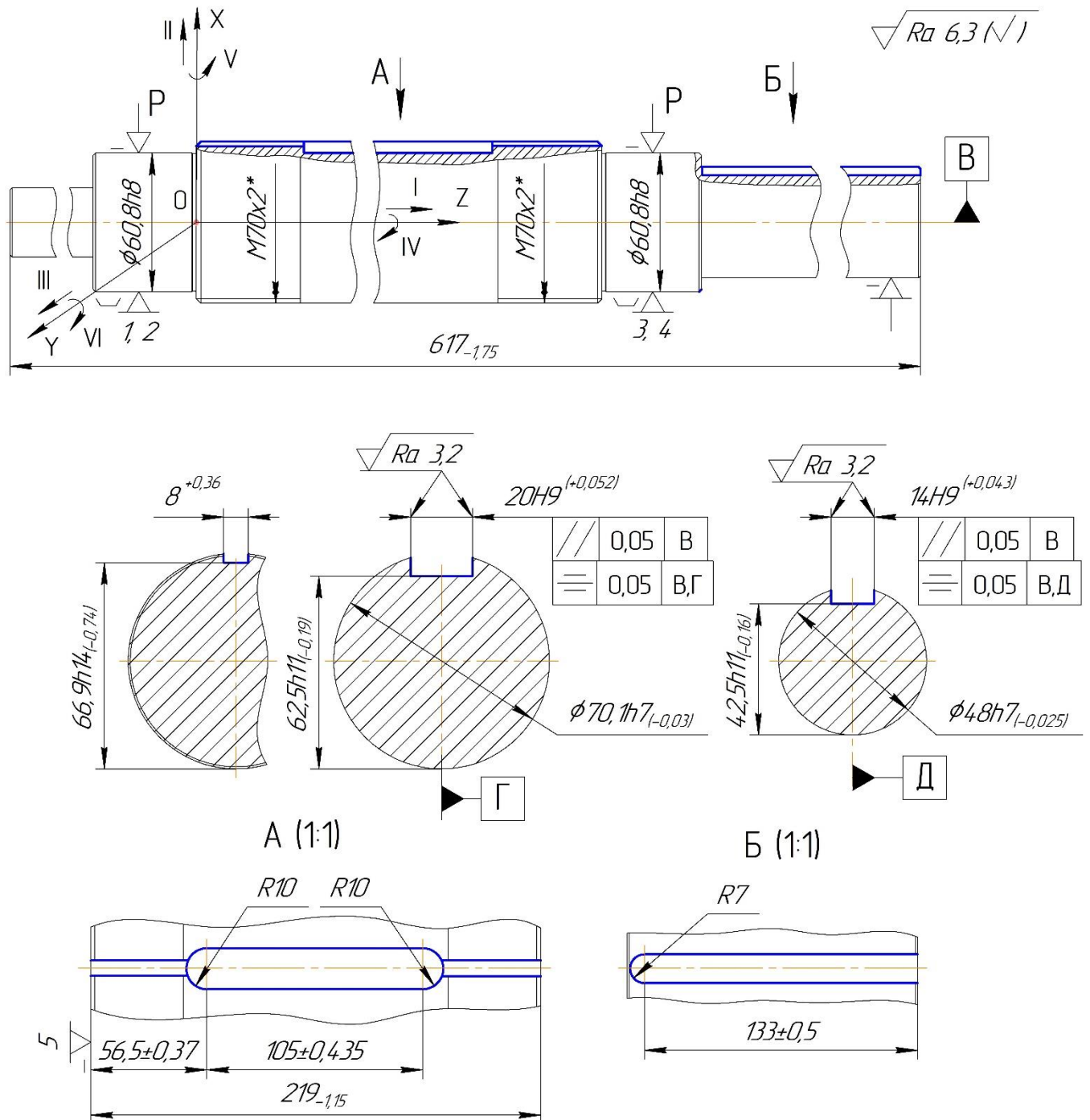


Рисунок 6.4 – Ескіз заготовки на операції 030

Розташування довжини $105 \pm 0,435$ мм закритого пазу розміром $20H9$ залежить від схеми базування, а саме, від налагоджувального розміру $56,5 \pm 0,37$ мм, який вимірюється від бази – торця $M70x2/\phi 60,8h8$. Якщо сумістити наведений торець із

технологічною базою (ТБ), то він буде виконувати функцію обох баз (ТБ і ВБ). У цьому випадку похибка базування у напрямку витриманого розміру $56,5 \pm 0,37$ мм буде дорівнювати нулю.

Для витримання довжини $133 \pm 0,5$ мм паза 14H9 треба сумістити ТБ і ВБ на торці діаметром 48h7. Для цього відповідна фреза підводиться до дотику із торцем діаметра 48h7, а на пульті керування верстатом координата повздовжнього руху стола виставляється на «0». Налаштування від цієї бази зробить похибку базування рівною нулю і забезпечить точність розміру довжини паза за вимогами креслення.

Два пази шириною 8H14(+0,36; 0) мм оброблюються «на прохід». Довжина оброблених пазів не потребує додаткового базування або суміщення ТБ і ВБ.

Таким чином, на операції заготовка базується один раз. Встановлювати заготовку за цією схемою передбачається у пристрій, що має дві призми, які реалізують подвійну напрямну базу. Один із торців призми буде виконувати функцію опорної бази. Схеми базування і зв'язків наведені в таблицях 6.6 і 6.7.

Таблиця 6.6 – Таблиця відповідності

| Зв'язок | Ступінь свободи | База |
|------------|-----------------|------|
| 1, 2, 3, 4 | II, III, V, VI | ПНБ |
| 5 | I | ОБ |
| 6 | IV – Вакансія | – |

Таблиця 6.7 – Матриця зв'язків

| X, Y, Z / 1, α | X | Y | Z | База |
|-----------------------|---|---|---|--------------|
| 1 | 1 | 1 | 0 | ПНБ |
| α | 1 | 1 | 0 | |
| 1 | 0 | 0 | 1 | ОБ |
| α | 0 | 0 | 0 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | – |
| α | 0 | 0 | 0 | |
| Всього | 2 | 2 | 1 | 5-ь зв'язків |

За цією схемою технологічна база діаметром $60,8h8(0; -0,046)$ мм і вимірювальні бази діаметрів 70,1h7 та 48h7 не співпадають. Тому у напрямку оброблених розмірів $62,5h11(0; -0,19)$ мм, $42,5h11(0; -16)$ мм, $66,9h14(0; -0,74)$ мм виникає похибка базування, яка визначиться за формулою:

$$\varepsilon_6 = \frac{TD}{2} \left(1 + \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right) = \frac{0,046}{2} \left(1 + \frac{1}{\sin \frac{90^\circ}{2}} \right) = 0,056 \text{ мм}, \quad (6.3)$$

де $D = 60,8h8$ мм – діаметр базової поверхні заготовки;

$\alpha = 90^\circ$ – кут призми пристрою;

$TD = 0,046$ мм – допуск розміру D .

Порівняємо $\varepsilon_6 = 0,056$ мм < $T_4 = 0,16$ мм – точність витримується.

Виконаний аналіз схеми базування заготовки в призмах дає підставу реалізувати її на операції 030. Конструкція пристрою, що буде реалізовувати запропоновану схему, проста у виготовленні та надійна в експлуатації.

6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів.

Токарна обробка заготовок на підприємстві виконується на верстаті моделі DOOSAN Lynx. Технічна характеристика верстата моделі DOOSAN Lynx наведена в таблиці 6.8.

Таблиця 6.8 – Технічна характеристика верстата моделі DOOSAN Lynx

| Параметри | Чисельні дані |
|--|---------------|
| Модель верстата | DOOSAN Lynx |
| Найбільший діаметр обробленої заготовки, мм: над станиною | 320 |
| над супортом | 630 |
| Найбільший діаметр прутка, що проходить через отвір шпинделю, мм | 115 |
| Найбільша довжина обробленої заготовки, мм | 725 |
| Частота обертання шпинделю, об/хв | 40–2800 |
| Кількість швидкостей шпинделю | 18 |
| Подача супорта, мм/хв: - повздовжня | 2–14000 |
| - поперечна | 1–14000 |
| Кількість ступенів подач (регулювання без сходинок) | б/с |
| Потужність електричного двигуна головного привода, кВт | 22 |
| Габаритні розміри (без ЧПК), мм: - довжина | 3837 |
| - ширина | 1863 |
| - висота | 1900 |
| Маса, кг | 2550 |

6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів

Операція 020 «Токарна з ЧПК».

Для токарної обробки східчастих поверхонь вала використовується токарний повідковий патрон 7108–0021 ГОСТ 2571–71; центр РВК 7032–4032 ГОСТ 8742–75; центр 7032–4014 ГОСТ 8742–75.

Різальний інструмент – токарний різець прохідний, упорний із кутом в плані 93° (правий). Матеріал різальної частини різця – пластина із твердого сплаву марки ВК8. Умовне позначення: різець 2101–0641 ВК8 ГОСТ 20872–80, тип І.

Вимірювальний інструмент – штангенциркуль ШЦ-ІІ-630-0,1 ГОСТ 169–89; зразки шорсткості ГОСТ 9378–75.

Операція 030 «Вертикально-фрезерна».

Для обробки чотирьох пазів треба розробити спеціальний пристрій з метою точного базування, швидкого закріплення та розкріплення заготовки, з використанням пневматичного силового приводу. Проектування верстатного приводу наведено у розділі 7 пояснювальної записки.

Для обробки шпонкового паза шириною $20H9(+0,052; 0)$ мм, довжиною $105\pm 0,435$ мм, глибиною 7,6 мм застосовується фреза шпонкова діаметром $D = 20e8$, кількість зубців $Z = 2$ із конічним хвостовиком згідно ГОСТ 9140–78, матеріал фрези Р6М5 ГОСТ 19265–73. Для обробки шпонкового паза шириною $14H9(+0,043; 0)$ мм, довжиною $133\pm 0,5$ мм, глибиною 5,5 мм застосовується фреза шпонкова діаметром $D = 14e8$, кількість зубців $Z = 2$ із конічним хвостовиком згідно ГОСТ 9140–78, матеріал фрези Р6М5 ГОСТ 19265–73. Для обробки шпонкових пазів шириною $8(+0,36; 0)$ мм, довжиною 45 мм, глибиною 3,1 мм застосовується фреза кінцева діаметром $D = 8$ мм; кількість зубців $Z = 4$ із циліндричним хвостовиком згідно ГОСТ 17025–71, матеріал фрези Р6М5 ГОСТ 19265–73.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМ19510143 – 00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 38 |

Для вимірювання пазів використовуються: калібр-пробки Ø14Н9 ПР/НЕ, Ø20Н9 ПР/НЕ ГОСТ 14810-69; штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-0,1 ГОСТ 166-89; зразки шорсткості ГОСТ 9378-75.

6.5 Розрахунки режимів різання.

Операція 020 «Токарна з ЧПК».

Вихідні дані. Обробка виконується на верстаті моделі 16Б16Т1, потужність верстата $N_v = 7,1$ кВт. Обробляється зовнішня циліндрична поверхня діаметром $36(+1,6; -0,9)$ мм до діаметру $32,4(0; -0,25)$ мм, на довжину 169,5 мм. Шорсткість поверхні $R_a = 6,3$ мкм.

Різальний інструмент: різець прохідний, упорний із кутом в плані 93° (правий) згідно ГОСТ 20872-80, тип І. Матеріал різальної частини різця – пластина із твердого сплаву марки ВК8.

1 Глибина різання t , мм [9, с. 265]:

$$t = \frac{36 - 32,4}{2} = 1,8 \text{ мм.}$$

Приймаємо $t = 1,8$ мм, кількість ходів $i = 1$.

2 Подача S , мм/об [9, т. 11, с. 266]:

$$S = 0,4 - 0,5 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо $S = 0,5$ мм/об (за паспортними даними верстата повздовжня та поперечна подачі змінюються без сходинок).

3 Швидкість різання V , м/хв [9, с. 265]:

$$V = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} = \frac{420 \cdot 0,64}{60^{0,2} \cdot 1,8^{0,15} \cdot 0,5^{0,2}} = 124,8 \text{ м/хв,}$$

де $C_v = 420$, $x = 0,15$; $y = 0,2$; $m = 0,2$ [9, т. 17, с. 269-270]; $T = 60$ хв [9, с. 268].

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} = 1 \left(\frac{750}{610} \right)^1 \cdot 0,8 \cdot 0,65 \approx 0,64,$$

де $K_r = 1$; $n_v = 1$ [9, т. 2, с. 262]; $K_{pv} = 0,8$ [9, т. 5, с. 263]; $K_{iv} = 0,65$ [9, т. 5, с. 263]; $\sigma_B = 610$ МПа (див. табл. 2.2).

4 Визначаємо частоту обертання заготовки n , об/хв:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 124,8}{3,14 \cdot 36} = 1104 \text{ об/хв.}$$

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 39 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | |

ТМ19510143 – 00 ПЗ

Приймаємо $n_{\pi} = 1000$ об/хв, тоді

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n_{\pi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 36 \cdot 1000}{1000} = 113 \text{ м/хв.}$$

5 Визначаємо сили різання P_z, P_y, P_x , Н [9, с. 271]:

$$\begin{aligned} P_z &= 10 \cdot C_{pz} \cdot t^{x_1} \cdot S^{y_1} \cdot V^{n_1} \cdot K_{pz} = \\ &= 10 \cdot 300 \cdot 1,8^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 113^{-0,15} \cdot 0,77 = 1218 \text{ Н;} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_y &= 10 \cdot C_{py} \cdot t^{x_2} \cdot S^{y_2} \cdot V^{n_2} \cdot K_{py} = \\ &= 10 \cdot 243 \cdot 1,8^{0,9} \cdot 0,5^{0,6} \cdot 113^{-0,3} \cdot 0,54 = 357 \text{ Н;} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_x &= 10 \cdot C_{px} \cdot t^{x_3} \cdot S^{y_3} \cdot V^{n_3} \cdot K_{px} = \\ &= 10 \cdot 339 \cdot 1,8^1 \cdot 0,5^{0,5} \cdot 113^{-0,4} \cdot 0,86 = 561 \text{ Н.} \end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned} C_{pz} &= 300; x_1 = 1,0; y_1 = 0,75; n_1 = -0,15 \\ C_{py} &= 243; x_2 = 0,9; y_2 = 0,6; n_2 = -0,3 \\ C_{px} &= 339; x_3 = 1,0; y_3 = 0,5; n_3 = -0,4 \end{aligned} \right\} [9, \text{т. 22, с. 273 – 274].$$

$$K_{pz} = K_{mp} \cdot K_{\phi pz} \cdot K_{\gamma pz} \cdot K_{\lambda pz} \cdot K_{rpz} = 0,86 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 = 0,77;$$

$$K_{py} = K_{mp} \cdot K_{\phi py} \cdot K_{\gamma py} \cdot K_{\lambda py} \cdot K_{rpy} = 0,86 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 1,25 = 0,54;$$

$$K_{px} = K_{mpx} \cdot K_{\phi px} \cdot K_{\gamma px} \cdot K_{\lambda px} \cdot K_{rpx} = 0,86 \cdot 1,17 \cdot 1 \cdot 0,85 = 0,86.$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{610}{750} \right)^{0,75} = 0,86 [9, \text{т. 9, с. 264}].$$

$$\left. \begin{aligned} K_{\phi pz} &= 0,89; K_{\gamma pz} = 0,5; K_{\lambda pz} = 1,17 \\ K_{\phi py} &= 1,0; K_{\gamma py} = 1,0; K_{\lambda py} = 1,0 \\ K_{\phi px} &= 1,0; K_{\gamma px} = 1,25; K_{\lambda px} = 0,85 \end{aligned} \right\} [9, \text{т. 23, с. 275}].$$

6 Визначаємо потужність різання N_e , кВт [9, с. 271]:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V_{\phi}}{1020 \cdot 60} = \frac{1218 \cdot 113}{1020 \cdot 60} = 2,3 \text{ кВт.}$$

Якщо $N_e = 2,3 \text{ кВт} < N = N_e \cdot \eta = 7,1 \cdot 0,8 = 5,68 \text{ кВт}$, то режим різання забезпечується.

7 Визначаємо основний T_0 (хв) час переходу:

$$T_0 = \frac{L_p \cdot i}{S \cdot n_{\pi}} = \frac{171 \cdot 1}{0,5 \cdot 1000} = 0,35 \text{ хв,}$$

де $L_p = l_d + l_{вр} + l_{пер} = 169,5 + 1,5 + 0 = 171$ мм – розрахункова довжина;

$l_d = 169,5$ мм – довжина обробленої поверхні;

$l_{вр} = 1,5$ мм – величина врізання інструменту;

$l_{пер} = 0$ – величина перебігу інструменту;

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 40 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | |

ТМ19510143 – 00 ПЗ

$i = 1$ – кількість ходів інструменту.

На інші переходи операції режими різання визначалися табличним методом (див. табл. 6.12).

Таблиця 6.12 – Режими різання на операції 020 «Токарна з ЧПК»

| Номер поверхні | Режими різання | | | | | D , мм | L , мм | T_0 , хв |
|----------------|----------------|-----|-------------|-------------|------------|----------|----------|------------|
| | t , мм | i | S , мм/хв | n , об/хв | V , м/хв | | | |
| 3 | 1,8 | 1 | 320 | 1000 | 113 | 36 | 171 | 0,35 |
| 4 | 2,1 | 1 | 250 | 630 | 108,8 | 55 | 142 | 0,57 |
| 1, 5 | 2,1 | 1 | 200 | 500 | 105,2 | 67 | 45 | 0,45 |
| 2 | 2,1 | 1 | 160 | 400 | 96,7 | 77 | 226 | 1,42 |
| Всього | | | | | | | | 2,98 |

Операція 030 «Вертикально-фрезерна».

Обробка виконується на фрезерному верстаті моделі UWF 10, потужність верстата $N = 5,5$ кВт. На *першому* переході фрезерується шпонковий паз шириною $20H9(+0,052; 0)$ мм, довжиною $105 \pm 0,435$ мм, глибиною 7,6 мм. Різальний інструмент: фреза шпонкова діаметром $D = 20e8$; $L = 107$ мм; $l = 22$ мм; кількість зубців $Z = 2$; тип 2 із конічним хвостовиком згідно ГОСТ 9140–78, матеріал фрези Р6М5 ГОСТ 19265–73. Обробка паза виконується за один хід інструменту.

1 Глибина різання $t = 7,6$ мм; ширина фрезерування $B = 20$ мм.

2 Подача на зуб при врізанні на глибину шпонкового пазу $S_z = 0,011$ мм/зуб.

При повздовжньому руху фрези подача $S_z = 0,032$ мм/зуб [7, т. 38, с. 286].

3 Період стійкості шпонкової фрези $T = 80$ хв [7, т. 40, с. 290].

4 Швидкість різання V визначається за формулою [7, с. 282]:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} = \frac{12 \cdot 20^{0,3} \cdot 0,96}{80^{0,26} \cdot 7,6^{0,3} \cdot 0,032^{0,25} \cdot 20^0 \cdot 2^0} \approx 11,7 \text{ м/хв},$$

де $C_v = 12$; $q = 0,3$; $x = 0,3$; $y = 0,25$; $u = 0$; $p = 0$; $m = 0,26$ – показники степені [7, т. 39, с. 286–290];

$K_v = 0,96$ – загальний поправний коефіцієнт для швидкості різання залежно від фактичних умов різання [7, с. 282].

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} = 1,2 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,96,$$

де $K_{pv} = 0,8$ – коефіцієнт враховує стан поверхні заготовки [7, т. 5, с. 263];

$K_{iv} = 1,0$ – коефіцієнт враховує матеріалу інструменту [7, т. 6, с. 263];

$K_{mv} = K_r \cdot (750/\sigma_B)^n = 1 \cdot (750/610)^{0,9} = 1,2$ – коефіцієнт враховує фізико-механічні властивості матеріалу заготовки.

5 Частота обертання фрези n , об/хв.:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 11,7}{3,14 \cdot 20} = 186,3 \text{ об/хв.}$$

Корегуємо оберти фрези за паспортними даними верстата і приймаємо $n_{\pi} = 200$ об/хв. Тоді фактична швидкість різання визначиться:

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n_{\pi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 200}{1000} = 12,6 \text{ м/хв.}$$

6 Визначимо хвилинну подачу стола верстата:

$$S_M = S_z \cdot n_{\pi} \cdot Z = 0,032 \cdot 200 \cdot 2 = 12,8 \text{ мм/хв.}$$

За паспортом верстата приймаємо подачу $S_M = 15$ мм/хв.

Тоді подача на зуб фрези визначиться за формулою:

$$S_z = S_M / n_{\pi} \cdot Z = 15 / 200 \cdot 2 = 0,0375 \text{ мм/зуб.}$$

7 Сила різання P_z визначається за формулою [7, с. 282]:

$$P_z = \frac{10C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z \cdot K_{mp}}{D^q \cdot n^w} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 7,6^{0,86} \cdot 0,0375^{0,72} \cdot 20^{1,0} \cdot 2 \cdot 0,94}{20^{0,86} \cdot 200^0} = 1037 \text{ (Н)},$$

де $C_p = 68,2$; $x = 0,86$; $y = 0,72$; $u = 1,0$; $q = 0,86$; $w = 0$ [7, т. 41, с. 291].

Коефіцієнт K_{mp} визначиться за формулою [7, т. 9, с.264]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{610}{750}\right)^{0,3} = 0,94.$$

Визначаємо складові сили різання P_z :

$$P_h = P_z(0,3 - 0,4) = 0,4 \cdot 1037 = 415 \text{ Н};$$

$$P_v = P_z(0,85 - 0,95) = 0,95 \cdot 1037 = 986 \text{ Н};$$

$$P_y = P_z(0,3 - 0,4) = 0,4 \cdot 1037 = 415 \text{ Н};$$

$$P_x = P_z(0,5 - 0,55) = 0,55 \cdot 1037 = 571 \text{ Н.}$$

8 Потужність різання визначиться за формулою [7, с. 290]:

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМ19510143 – 00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 42 |

$$N_p = \frac{P_z \cdot V_\phi}{1020 \cdot 60} = \frac{1037 \cdot 11,7}{1020 \cdot 60} \approx 0,2 \text{ кВт.}$$

Потужність на шпинделі верстата $N_{\text{шп}}$ визначиться за формулою:

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 5,5 \cdot 0,8 = 4,4 \text{ кВт,}$$

де $\eta = 0,8$ – ККД верстата;

$N_{\text{дв}} = 5,5$ кВт – потужність двигуна верстата.

Якщо $N_p < N_{\text{шп}}$ ($0,2$ кВт $<$ $4,4$ кВт), то обробка можлива.

9 Основний час першого переходу визначиться за формулою:

$$T_{01} = \frac{L \cdot i}{S_m} = \frac{105 \cdot 1}{15} = 7 \text{ хв,}$$

де L – довжина обробки, мм; $L = l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 105 + 0 + 0 = 105$ мм; $l = 105$ мм – довжина обробленої поверхні за кресленням; $l_{\text{вр}} = 0$ мм – величина врізання інструменту; $l_{\text{пер}} = 0$ – величина перебігу інструменту; $i = 1$ – кількість рухів інструменту.

На *другому* та *третьому* переходах фрезеруються два однакових шпонкових пази 8H14(+0,36; 0) мм, довжиною 45 мм, глибиною 3,1 мм. Різальний інструмент: фреза кінцева діаметром $D = 8$ мм; $L = 63$ мм; $l = 19$ мм; кількість зубців $Z = 4$; тип 1 із циліндричним хвостовиком згідно ГОСТ 17025–71, матеріал фрези Р6М5 ГОСТ 19265–73. Обробка кожного паза виконується за один хід інструменту.

1 Глибина різання $t = 8$ мм; ширина фрезерування $B = 3,1$ мм.

2 Подача на зуб фрези $S_z = 0,05 - 0,08$ мм/зуб [7, т. 35, с. 284]. Приймаємо $S_z = 0,08$ мм/зуб.

3 Період стійкості шпонкової фрези $T = 80$ хв [7, т. 40, с. 290].

4 Швидкість різання V визначається за формулою [7, с. 282]:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} = \frac{46,7 \cdot 8^{0,45} \cdot 0,96}{80^{0,33} \cdot 8^{0,5} \cdot 0,08^{0,5} \cdot 3,1^0 \cdot 4^0} \approx 26,2 \text{ м/хв,}$$

де $C_v = 46,7$; $q = 0,45$; $x = 0,5$; $y = 0,5$; $u = 0,1$; $p = 0,1$; $m = 0,33$ – показники степені [7, т. 39, с. 286–290];

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 43 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | |

ТМ19510143 – 00 ПЗ

$K_v = 0,96$ – загальний поправковий коефіцієнт для швидкості різання залежно від фактичних умов різання [7, с. 282].

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} = 1,2 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,96,$$

де $K_{pv} = 0,8$ – коефіцієнт враховує стан поверхні заготовки [7, т. 5, с. 263];

$K_{iv} = 1,0$ – коефіцієнт враховує матеріал інструменту [7, т. 6, с. 263];

$K_{mv} = K_r \cdot (750/\sigma_B)^n = 1 \cdot (750/610)^{0,9} = 1,2$ – коефіцієнт враховує фізико-механічні властивості матеріалу заготовки.

5 Частота обертання фрези, n , об/хв.:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 26,2}{3,14 \cdot 8} = 1043 \text{ об/хв.}$$

За паспортними даними верстата приймаємо $n_{\pi} = 1000$ об/хв. Тоді фактична швидкість різання визначиться:

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n_{\pi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 1000}{1000} \approx 25,2 \text{ м/хв.}$$

6 Визначимо хвилину подачу стола верстата:

$$S_m = S_z \cdot n_{\pi} \cdot Z = 0,08 \cdot 1000 \cdot 4 = 320 \text{ мм/хв.}$$

7 Сила різання P_z визначається за формулою [7, с. 282]:

$$P_z = \frac{10C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z \cdot K_{mp}}{D^q \cdot n^w} =$$
$$= \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 8^{0,86} \cdot 0,08^{0,72} \cdot 3,1^{1,0} \cdot 4 \cdot 0,94}{8^{0,86} \cdot 1000^0} = 1296 \text{ (Н)},$$

де $C_p = 68,2$; $x = 0,86$; $y = 0,72$; $u = 1,0$; $q = 0,86$; $w = 0$ [7, т. 41, с. 291].

Коефіцієнт K_{mp} визначається за формулою [7, т. 9, с. 264]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{610}{750}\right)^{0,3} = 0,94.$$

Визначаємо складові сили різання P_z :

$$P_h = P_z(0,3 - 0,4) = 0,4 \cdot 1296 = 519 \text{ Н};$$

$$P_v = P_z(0,85 - 0,95) = 0,95 \cdot 1296 = 1232 \text{ Н};$$

$$P_y = P_z(0,3 - 0,4) = 0,4 \cdot 1296 = 519 \text{ Н};$$

$$P_x = P_z(0,5 - 0,55) = 0,55 \cdot 1296 = 713 \text{ Н.}$$

8 Потужність різання визначається за формулою [7, с. 290]:

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМ19510143 – 00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 44 |

$$N_p = \frac{P_z \cdot V_\phi}{1020 \cdot 60} = \frac{1296 \cdot 25,2}{1020 \cdot 60} \approx 0,54 \text{ кВт.}$$

Потужність на шпинделі верстата $N_{\text{шп}}$ визначиться за формулою:

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 5,5 \cdot 0,8 = 4,4 \text{ кВт,}$$

де $\eta = 0,8$ – коефіцієнт корисної дії (ККД) верстата;

$N_{\text{дв}} = 5,5$ кВт – потужність двигуна верстата.

Якщо $N_p < N_{\text{шп}}$ ($0,54$ кВт $<$ $4,4$ кВт), то обробка можлива.

9 Основний час другого та третього переходів визначиться за формулою:

$$T_{02+03} = \frac{L \cdot i \cdot m}{S_m} = \frac{58 \cdot 1 \cdot 2}{320} \approx 0,37 \text{ хв,}$$

де L – довжина обробки, мм; $L = l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} + D = 45 + 2,5 + 2,5 + 8 = 58$ мм;

$l = 45$ мм – довжина обробленої поверхні за кресленням; $l_{\text{вр}} = 2,5$ мм – величина врізання інструменту; $l_{\text{пер}} = 2,5$ – величина перебігу інструменту; $D = 8$ мм – діаметр фрези;

$i = 1$ – кількість ходів інструменту;

$m = 2$ – кількість оброблених пазів.

Основний час операції визначиться:

$$T_0 = T_{01} + T_{02} + T_{03+04} = 7 + 9,6 + 0,37 \cong 17 \text{ хв.}$$

На *четвертому* переході фрезерується шпонковий паз шириною $14H9(+0,043; 0)$ мм, довжиною $133 \pm 0,5$ мм, глибиною $5,5$ мм. Різальний інструмент: фреза шпонкова діаметром $D = 14e8$; $L = 86$ мм; $l = 16$ мм; кількість зубців $Z = 2$; тип 2 із конічним хвостовиком згідно ГОСТ 9140–78, матеріал фрези Р6М5 ГОСТ 19265–73. Обробка паза виконується за один хід інструменту.

1 Глибина різання $t = 5,5$ мм; ширина фрезерування $B = 14$ мм.

2 Подача (повздовжня) на зуб фрези $S_z = 0,028$ мм/зуб [7, т. 38, с. 286].

3 Період стійкості шпонкової фрези $T = 80$ хв [7, т. 40, с. 290].

4 Швидкість різання V визначається за формулою [7, с. 282]:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} = \frac{12 \cdot 14^{0,3} \cdot 0,96}{80^{0,26} \cdot 5,5^{0,3} \cdot 0,028^{0,25} \cdot 14^0 \cdot 2^0} \approx 12 \text{ м/хв,}$$

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 45 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | |

ТМ19510143 – 00 ПЗ

де $C_v = 12$; $q = 0,3$; $x = 0,3$; $y = 0,25$; $u = 0$; $p = 0$; $m = 0,26$ – показники степені [7, т. 39, с. 286–290];

$K_v = 0,96$ – загальний поправковий коефіцієнт для швидкості різання залежно від фактичних умов різання [7, с. 282].

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} = 1,2 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,96,$$

де $K_{pv} = 0,8$ – коефіцієнт враховує стан поверхні заготовки [7, т. 5, с. 263];

$K_{iv} = 1,0$ – коефіцієнт враховує матеріалу інструменту [7, т. 6, с. 263];

$K_{mv} = K_T \cdot (750/\sigma_B)^n = 1 \cdot (750/610)^{0,9} = 1,2$ – коефіцієнт враховує фізико-механічні властивості матеріалу заготовки.

5 Частота обертання фрези, n , об/хв.:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 12}{3,14 \cdot 14} = 273 \text{ об/хв.}$$

Корегуємо оберти фрези за паспортними даними верстата і приймаємо $n_{\Pi} = 250$ об/хв. Тоді фактична швидкість різання визначиться:

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n_{\Pi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 14 \cdot 250}{1000} \approx 11 \text{ м/хв.}$$

6 Визначимо хвилинну подачу стола верстата:

$$S_M = S_Z \cdot n_{\Pi} \cdot Z = 0,028 \cdot 250 \cdot 2 = 14 \text{ мм/хв.}$$

За паспортом верстата приймаємо подачу $S_M = 15$ мм/хв.

Тоді подача на зуб фрези визначиться за формулою:

$$S_Z = S_M / n_{\Pi} \cdot Z = 15 / 250 \cdot 2 = 0,03 \text{ мм/зуб.}$$

7 Сила різання P_Z визначається за формулою [7, с. 282]:

$$P_Z = \frac{10 C_p \cdot t^x \cdot S_Z^y \cdot B^u \cdot Z \cdot K_{mp}}{D^q \cdot n^w} =$$
$$= \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 5,5^{0,86} \cdot 0,03^{0,72} \cdot 14^{1,0} \cdot 2 \cdot 0,94}{14^{0,86} \cdot 250^0} = 643 \text{ (Н)},$$

де $C_p = 68,2$; $x = 0,86$; $y = 0,72$; $u = 1,0$; $q = 0,86$; $w = 0$ [7, т. 41, с. 291].

Коефіцієнт K_{mp} визначається за формулою [7, т. 9, с. 264]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{610}{750} \right)^{0,3} = 0,94.$$

Визначаємо складові сили різання P_Z :

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 46 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | |

Допоміжний час T_d визначається за формулою:

$$T_d = 1,85(T_{bc} + T_{zb} + T_k + T_{вим}) = 1,85(0,23 + 0,14 + 0,17 + 2,64) \cong 5,9 \text{ хв,}$$

де $T_{bc} = 0,23$ хв – час встановлення в центри і зняття заготовки масою до 20 кг;

$T_{zb} = 0,14$ хв – час на закріплення та відкріплення заготовки у повідковому патроні;

$T_k = 0,17$ хв – час керування верстатом та роботи, що пов'язані із переміщенням робочих частин верстата [5, т. 5.8–5.9, с. 202–206];

$T_{вим} = 2,64$ хв – час на вимірювання розмірів заготовки штангенциркулем, вимірювальною лінійкою, зразками шорсткості [5, т. 5.14–5.16, с. 208–209];

1,85 – коефіцієнт, який враховує нормативи допоміжного часу наведеного для масового виробництва [5, с. 101–102].

Визначимо оперативний час за формулою:

$$T_{оп} = T_0 + T_d = 2,98 + 5,9 = 8,88 \text{ хв.}$$

Визначимо загальний час на обслуговування робочого місця і час відпочинку, що становить $\Pi = 7\%$ від оперативного часу $T_{оп}$ [5, т. 6.1, с. 214–215], тоді

$$T_{об} + T_{від} = \frac{\Pi \cdot T_{оп}}{100\%} = \frac{7 \cdot 8,88}{100} = 0,63 \text{ хв.}$$

$$T_{ш-к} = \frac{14}{123} + 2,98 + 5,9 + 0,63 = 9,63 \cong 9,7 \text{ хв.}$$

Операція 030 «Вертикально-фрезерна».

Норма штучно-калькуляційного часу $T_{ш-к}$ операції визначається за формулою:

$$T_{ш-к} = \frac{T_{п-з}}{N_{п}} + T_0 + T_d + T_{обс} + T_{від}$$

де $T_{п-з} = 23$ хв – підготовчо-завершальний час. Час складається із налагодження верстата і установлення пристрою із закріпленням його чотирма болтами – 16 хв; установлення трьох фрез – 2 хв; одержання інструментів і пристрою до початку роботи та їх віддання після обробки партії заготовок – 5 хв;

$$T_{п-з} = 16 + 2 + 5 = 23 \text{ хв;}$$

$N_{п} = 123$ шт – партія запуску заготовок у виробництво;

$T_0 = 17$ хв – основний час операції;

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 48 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | |

ТМ19510143 – 00 ПЗ

$T_d = 1,4$ хв – допоміжний час. Час складається із установлення, зняття, закріплення і відкріплення заготовки – 0,16 хв; керування верстатом (увімкнути – вимкнути верстат, підведення інструменту до заготовки, перемістити стіл) – 0,24 хв; вимірювання трьох пазів однієї заготовки – 0,36 хв; поправного коефіцієнту для додаткового часу у середньосерійному виробництві – 1,85.

$$T_d = 1,85(0,16 + 0,24 + 0,36) \cong 1,4 \text{ хв.}$$

$T_{об} + T_{від}$ – час обслуговування робочого місця і відпочинку.

Цей час визначається як 7% від оперативного часу і визначається за формулою:

$$T_{оп} = T_o + T_d = 17 + 1,4 = 18,4 \text{ хв.}$$

Тоді сумарний час обслуговування робочого місця і відпочинку становить:

$$T_{об} + T_{від} = 18,4 \cdot 0,07 \cong 1,3 \text{ хв.}$$

Норма штучно-калькуляційного часу $T_{ш-к}$ операції визначиться:

$$T_{ш-к} = \frac{23}{123} + 17 + 1,4 + 1,3 \approx 20 \text{ хв.}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМ19510143 – 00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 49 |

7 ПРОЄКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

Обґрунтування побудови верстатного пристрою. Вибір системи пристрою.

Конструкція деталі (дивись додаток А, креслення «Вал FSK–0001.00.327») передбачає оброблення на операції 030 «Вертикально-фрезерна» двох шпонкових пазів 20Н9, 14Н9 та двох пазів 8Н14.

На підприємстві шпонкові пази послідовно оброблюються на універсальному вертикально-фрезерному верстаті при установленні заготовки безпосередньо на підкладні універсальні призми із закріпленням її затискачами ручним способом. Розряд робочого на даній операції не встановлений. Робота виконується в ремонтно-механічному відділенні виробничого цеху, кількість виготовлених деталей за рік становить 2000 штук і передбачає середньосерійний тип виробництва. За добу виготовляється 8 деталей, що становить невелику інтенсивність використання пристрою. Застосування спеціального пристрою із механізованим приводом на операції дозволить зменшити трудомісткість обробки, виключити частину ручної праці верстатника, підвищити точність виконання параметрів операції.

Схема базування заготовки на операції 030 «Вертикально-фрезерна була обрана при виконанні розділу 6.2 пояснювальної записки. Шпонкові пази оброблюються трьома різними за розмірами фрезами $\varnothing 20e8$ мм, $\varnothing 14e8$ мм, $\varnothing 8$ мм із швидкорізальних сталей марки Р6М5 ГОСТ 19265–73. Обробка заготовки виконується на вертикально-фрезерному верстаті моделі UWF 10, характеристика якого наведена в таблиці 6.11.

Орієнтовно, при проектуванні конструкції пристрою, треба застосувати найбільш раціональну систему нерозбірного спеціального верстатного пристрою із пневматичним або гідравлічним приводом (НСП) [7, 8].

Уточнення мети технологічної операції.

Точність розмірів. На операції 030 «Вертикально-фрезерна» послідовно оброблюються шпонкові пази: шириною 20Н9(+0,052; 0) мм і довжиною

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 50 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | ТМ19510143 – 00 ПЗ | | | | | |

105Js14(±0,435) мм; шириною 14H9(+0,043; 0) мм і довжиною 133Js14(±0,5) мм; два пази під стопорні шайби шириною 8H14(+0,36; 0) мм і довжиною 47 мм «на прохід».

Ширина паза: номінальний розмір 20 мм, квалітет – 9-й, поле допуску – Н, величина допуску $T_{20H9} = 0,052$ мм, верхнє відхилення поля допуску $ES = +0,052$ мм, нижнє відхилення поля допуску $EI = 0$.

Довжина паза: номінальний розмір 105 мм с двома радіусами 10 мм, квалітет – 14-й, поле допуску – Js, величина допуску $T_{105} = 0,87$ мм, верхнє відхилення поля допуску $ES = +0,435$ мм, нижнє відхилення поля допуску $EI = -0,435$ мм.

Ширина паза: номінальний розмір 14 мм, квалітет – 9-й, поле допуску – Н, величина допуску $T_{14H9} = 0,043$ мм, верхнє відхилення поля допуску $ES = +0,043$ мм, нижнє відхилення поля допуску $EI = 0$.

Довжина паза: номінальний розмір 133 мм із радіусом 7 мм, квалітет – 14-й, поле допуску – Js, величина допуску $T_{133} = 1,0$ мм, верхнє відхилення поля допуску $ES = +0,5$ мм, нижнє відхилення поля допуску $EI = -0,5$ мм.

Ширина паза: номінальний розмір 8 мм, квалітет – 14-й, поле допуску – Н, величина допуску $T_{8H14} = 0,36$ мм, верхнє відхилення поля допуску $ES = +0,36$ мм, нижнє відхилення поля допуску $EI = 0$.

Довжина паза: номінальний розмір 47 мм (виготовлений «на прохід»).

Точність форми поверхонь. Ширина паза між боковими поверхнями дорівнює 20H9(+0,052; 0) мм. Точність форми кожної із бокових поверхонь характеризується допуском площинності. Допуск площинності бокових поверхонь паза на кресленні не зазначений. Цей допуск розраховується як 30% від допуску на розмір ширини паза.

$$T_{20H9 \text{ площ}} = T_{20H9} \cdot 0,3 = 0,052 \cdot 0,3 = 0,0156 \text{ мм.}$$

За даними літературного джерела [1], найближче значення складає 0,012 мм, що відповідає 9-й степені точності.

Ширина паза між боковими поверхнями дорівнює 14H9(+0,043; 0) мм. Точність форми кожної із бокових поверхонь характеризується допуском площинності.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМ19510143 – 00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 51 |

Допуск площинності бокових поверхонь паза на кресленні не зазначений. Цей допуск розраховується як 30% від допуску на розмір ширини паза.

$$T_{14H9 \text{ площ}} = T_{14H9} \cdot 0,3 = 0,043 \cdot 0,3 = 0,0129 \text{ мм.}$$

За даними літературного джерела [1], найближче значення складає 0,012 мм, що відповідає 9-й степені точності.

Ширина пазів між боковими поверхнями дорівнює $8H14(+0,36; 0)$ мм. Точність форми кожної із бокових поверхонь характеризується допуском площинності. Допуск площинності бокових поверхонь паза на кресленні не зазначений. Цей допуск розраховується як 60% від допуску на розмір ширини паза.

$$T_{8H14 \text{ площ}} = T_{8H14} \cdot 0,6 = 0,36 \cdot 0,6 = 0,216 \text{ мм.}$$

За даними літературного джерела [1], найближче значення складає 0,2 мм, що відповідає 12-й степені точності.

Точність розташування поверхонь. Точність взаємного розташування бокових поверхонь пазів $20H9$ і $14H9$ визначається допуском їх паралельності відносно загальної осі деталі А та осей у перерізах перпендикулярних до осі А відповідних шийок вала. Допуск паралельності наведених поверхонь за технічними вимогами креслення становить 0,05 мм. За даними літературного джерела [1], це значення відповідає 10-й ступені точності.

Точність взаємного розташування бокових поверхонь паза $8H14$ мм характеризується допуском їх паралельності і на кресленні не наведений. Тому допуск паралельності приймаємо як 60% від допуску на розмір $8H14$ мм.

$$T_{8H14 \text{ пар}} = T_{8H14} \cdot 0,6 = 0,36 \cdot 0,6 = 0,216 \text{ мм.}$$

За даними літературного джерела [1], найближче значення складає 0,25 мм, що відповідає 14-й ступені точності.

На кресленні для пазів $20H9$ і $14H9$ задане значення симетричного розташування бокових поверхонь пазів 0,05 мм відносно загальної осі А деталі. Це значення відповідає 10-й ступені точності [1].

Точність симетричного розташування бокових поверхонь двох пазів 8 мм конструктором не задана. Пази передбачені для встановлення в них запобіжних шайб з вусиком і тому їх точність оговорювати не потрібно.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМ19510143 – 00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 52 |

Розмір $62,5h11(0; -0,19)$ мм пов'язує підвалину паза $20H9$ із твірною шийки вала $\varnothing 70,1h7$. Величина допуску $T_{62,5h11} = 0,19$ мм, квалітет – 11-й, верхнє відхилення поля допуску $ES = 0$, нижнє відхилення поля допуску $EI = 0,19$ мм.

Розмір $42,5h11(0; -0,16)$ мм пов'язує підвалину паза $14H9$ із твірною шийки вала $\varnothing 48h7$. Величина допуску $T_{42,5h11} = 0,16$ мм, квалітет – 11-й, верхнє відхилення поля допуску $ES = 0$, нижнє відхилення поля допуску $EI = -0,16$ мм.

Розмір $66,9h14(0; -0,74)$ мм пов'язує підвалину паза $8H14$ із твірною шийки вала $M70x2$. Величина допуску $T_{66,9h14} = 0,74$ мм, квалітет – 14-й, верхнє відхилення поля допуску $ES = 0$, нижнє відхилення поля допуску $EI = -0,19$ мм.

Шорсткість поверхонь. Шорсткість двох бокових поверхонь пазів з'єднаних відповідно розмірами $20H9(+0,052; 0)$ мм та $14H9(+0,043; 0)$ мм наведена на кресленні і становить $R_a = 3,2$ мкм згідно ГОСТ 2789–73.

Шорсткість двох бокових поверхонь паза з'єднаних розміром $8H14$ мм і чотирьох підвалин пазів становить $R_a = 6,3$ мкм згідно ГОСТ 2789–73.

Визначення кількісних і якісних даних поверхонь заготовки, яка надходить на операцію.

На операцію 030 «Вертикально-фрезерна» заготовка поступає попередньо обробленою на операції 025 «Токарна з ЧПК». Поверхні на яких будуть фрезеруватися пази мають наступні дані. Дві діаметральні поверхні розміром $M70x2-8g$ мм на операції 025 оброблені остаточно. Поверхні діаметрами $70,1h7$ мм та $48h7$ мм на операцію поступають з припуском під шліфування на сторону $0,1$ мм з шорсткістю $R_a = 2,5$ мкм.

Заготовка має дві однакові поверхні діаметром $60,8h8(0; -0,046)$ мм, довжиною 43 мм кожна, які виконані на попередній операції із однієї установки, що передбачає співвісність їх центрів. Шорсткість поверхонь становить $R_a = 2,5$ мкм. Ці поверхні добре розвиті і вони прийняті за базові. За вимогами креслення лівий торець $\varnothing 60,8h8/M70x2$ заготовки прийнятий за базу, що забезпечує точність розташування паза довжиною $105 \pm 0,435$ мм на шийки деталі.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 53 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | |

ТМ19510143 – 00 ПЗ

Маса заготовки – 11,8 кг, матеріал – сталь 45 ГОСТ 1050–88. Заготовка є тілом обертання і за конструкцією відноситься до класу «валів». Уточнимо точність параметрів поверхонь, які будуть виконувати функцію баз.

Точність розмірів. Діаметри двох базових поверхонь $60,8h8(0; -0,046)$ мм, номінальний розмір – 60,8 мм; квалітет – 8-й, поле допуску – h, величина допуску $T_{60,8h8} = 0,046$ мм, верхнє відхилення поля допуску $ES = 0$, нижнє відхилення поля допуску $EI = -0,046$ мкм.

Точність форми поверхні. На кресленні зазначена технічна вимога – радіальне биття двох поверхонь $\varnothing 60,8h8$ в межах 0,02 мм. Це биття може бути як відхиленням форми точності циліндричної поверхні (овал), так і відхиленням від співвісності двох наведених поверхонь (радіальне биття). Допуск циліндричності розраховується як 60% від допуску на розмір $\varnothing 60,8h8$ і становить:

$$T_{\phi \varnothing 60,8h8} = 0,6 \cdot T_{\varnothing 60,8h8} = 0,6 \cdot 0,046 = 0,0274 \text{ мм.}$$

Таким чином, цю технічну вимогу приймаємо як радіальне биття 0,02 мм.

Точність розташування поверхонь. Ця технічна вимога наведена на кресленні як радіальне биття і допуск на нього становить 0,02 мм.

Допуск на радіальне биття торцевої поверхні $\varnothing 60,8h8/M70x2$ на кресленні не наведений. Цей допуск можна взяти як допуск на лінійний розмір уступу 43 мм (довжина базової поверхні за 14-м квалітетом точності).

$$T_{\text{тор } 43} = T_{43} = 0,62 \text{ мм.}$$

Шорсткість поверхонь. Шорсткість циліндричних поверхонь $R_a = 2,5$ мкм. Шорсткість торцевої поверхні $\varnothing 60,8h8/M70x2$ становить $R_a = 3,2$ мкм.

В пристрої, який проектується, будуть оброблятися заготовки із базовими поверхнями тільки наведеної точності розмірів, форми і шорсткістю.

Розроблення та обґрунтування схеми закріплення заготовки.

Аналіз структури полів збурюючих і врівноважуючих сил. При обробки заготовки виникають сили різання, які є збурюючими і спромагаються зрушити її з встановленого місця у пристрої. За схемою базування, наведеною у розділі 6.2 пояснювальної записки, заготовка позбавлена п'яти ступенів вільності, які

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМ19510143 – 00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 54 |

орієнтують її відносно інструмента (фрези), налагоджуваного на виконання розмірів паза згідно технічних вимог креслення. Для забезпечення постійності базування заготовки за час фрезерування чотирьох пазів треба розрахувати сили різання, які виникають при їх обробки. Розрахунок збурюючих сил – сил різання, наведений в розділі 6.5 пояснювальної записки.

Врівноважуючи сили – сили закріплення, передбачені для компенсації збурюючих сил – сил різання за час обробки заготовки. На рисунку 7.1 наведена схема дії сил різання і закріплення при обробленні шпонкового паза розміром 20H9(+0,052; 0) мм на першому технологічному переході.

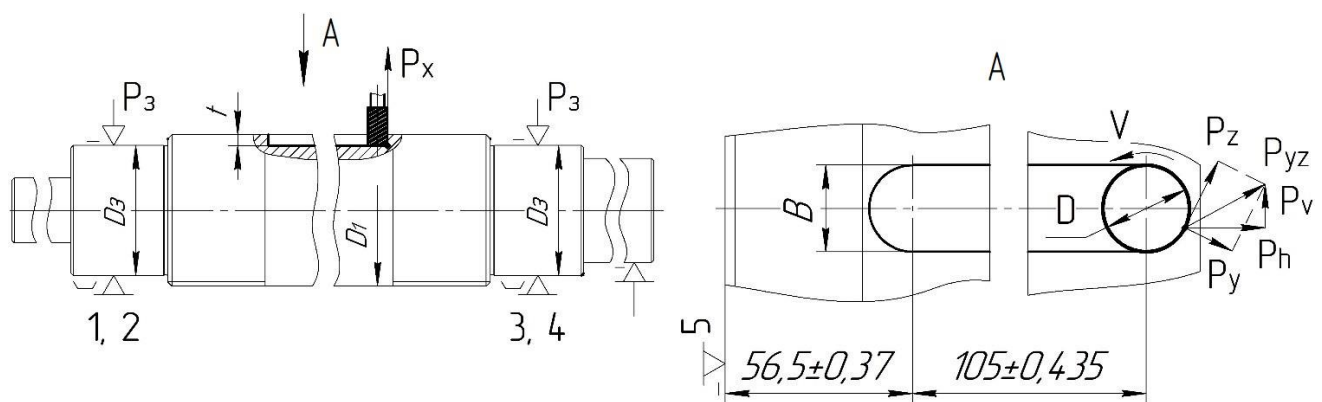


Рисунок 7.1 – Схема дії сил різання і закріплення при обробки паза 20H9

Заготовка установлюється і базується в пристрої двома поверхнями діаметром D_3 . Ці поверхні створюють подвійну напрямну базу і позбавляють заготовку чотирьох ступенів вільності. Поверхні мають точний розмір, добре розвинені (відношення довжини поверхні до її діаметру становить більше двох) і мають низьку шорсткість поверхні $R_a = 2,5$ мкм. Опорною базою є торець D_1/D_3 , від якої проставлений налагоджувальний розмір $56,5 \pm 0,37$ мм. Поверхні D_3 передбачають контакт із силами закріплення P_z , які розташовуються супротив базових опор.

Розрахунком режимів різання чотирьох шпонкових пазів встановлено, що найбільша величина складових сили різання виникає при послідовної обробки двох пазів шириною 8H14(+0,36; 0) мм (дивись розділ 6.5 пояснювальної записки). За даними режиму різання пазів 8H14(+0,36; 0) мм величини складових сил різання

$$P_3 = \frac{P_h \cdot K}{(f_1 + f_2)} = \frac{519 \cdot 3,7}{(0,16 + 0,16)} = 6001 \text{ Н}, \quad (7.1)$$

де $K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,7 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 3,672 \approx 3,7$;

$K_0 = 1,5$ – коефіцієнт гарантованого запасу;

$K_1 = 1,2$ – коефіцієнт враховує якість оброблених поверхонь;

$K_2 = 1,7$ – коефіцієнт враховує затушення різального інструменту;

$K_3 = 1$ – коефіцієнт враховує безперервність фрезерування;

$K_4 = 1,2$ – коефіцієнт враховує наявність пневматичних або гідравлічних приводів у пристрої;

$K_5 = 1$ – коефіцієнт враховує розташування в пристрої рукояток для керування;

$K_6 = 1$ – коефіцієнт враховує наявність моментів, які можуть повернути заготовку установленою площиною поверхнею на постійні опори;

$f_1 = f_2 = 0,16$ – коефіцієнти тертя, відповідно в місцях контакту заготовки із затискним механізмом та опорами;

$\alpha = 90^\circ$ – кут призми.

За другою умовою треба виключити поворот заготовки. Вал при фрезеруванні буде нерухомим, якщо момент M утворений силою P_v буде дорівнювати моменту тертя, утвореного силою закріплення P_3 .

Момент, що утворився силою P_v , визначиться за формулою:

$$M = \frac{P_v \cdot D_1}{2} = \frac{1232 \cdot 0,07}{2} = 43,2 \text{ Нм}, \quad (7.2)$$

де $D_1 = 70$ мм – діаметр на якому розташовуються пази (М70х2).

Сила закріплення P_3 визначиться за формулою [7, т. 8, с. 80–84]:

$$P_3 = \frac{2 \cdot K \cdot M}{D_3 \cdot \left(f_2 + \frac{f_1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right)} = \frac{2 \cdot 3,7 \cdot 43,2}{0,06 \cdot \left(0,16 + \frac{0,16}{\sin \frac{90^\circ}{2}} \right)} = 13792 \text{ Н}. \quad (7.3)$$

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 57 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | |

Таким чином, із двох розрахованих сил, найбільшою силою закріплення є сила $P_3 = 13792$ Н, яка буде компенсувати поворот заготовки. За цією силою виконується розрахунок пристрою для фрезерування шпонкових пазів.

Сила закріплення P_3 діє на заготовку від пневматичного приводу через важільний механізм (див. рис. 7.3).

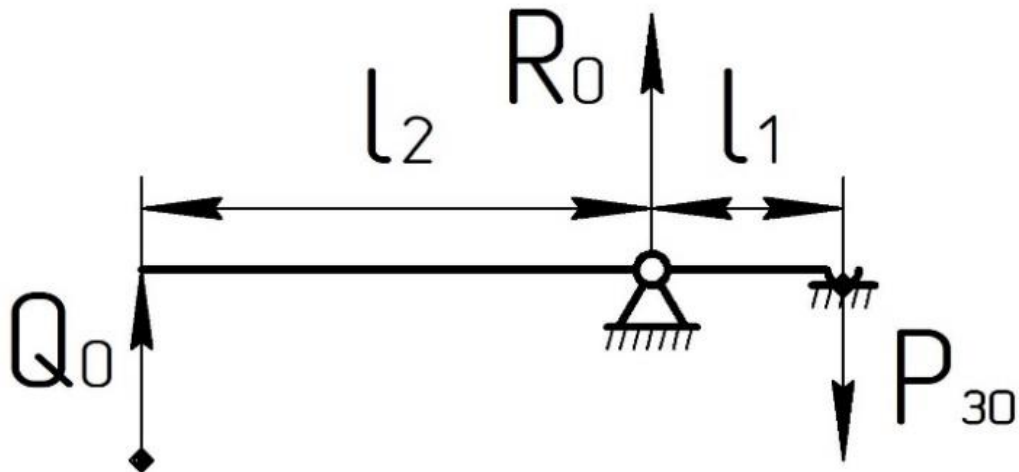


Рисунок 7.3 – Схема важільного механізму пристрою

Важільний механізм введений у пристрій з метою збільшення сили закріплення за умовою невеликих сил на штоку пневматичного приводу та його габаритних розмірів. Сила P_3 контактує із поверхнею заготовки в двох місцях і тоді сила затиснення P_{30} в кожному місці становить:

$$P_{30} = \frac{P_3}{2} = \frac{13792}{2} = 6896 \text{ Н.} \quad (7.4)$$

Сила на штоку Q_0 , з урахуванням важільного механізму, за даними довідника [7, т. 15, с. 89], розраховується за формулою:

$$Q_0 = \frac{P_{30} \cdot l_1}{l_2 \cdot \eta} = \frac{6896 \cdot 60}{160 \cdot 0,9} = 2874 \text{ Н,} \quad (7.5)$$

де $l_1 = 60$ мм; $l_2 = 160$ мм – плечі важільного механізму (визначаються при проектуванні верстатного пристрою);

$\eta = 0,9$ – ККД механізму (середній показник).

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 58 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | ТМ19510143 – 00 ПЗ | | | | | |

Вибір та розрахунок механізованого приводу.

За даними літературного джерела [2] силовими вузлами пристрою є пневматичні циліндри (нерухомі, хитні, обертові) та пневматичні камери. Останні мають вигляд силового вузла однобічної або двобічної дії. Із двох видів силових вузлів пневматичних пристроїв беремо пневматичну камеру (мембранний пневматичний циліндр однобічної дії). Цей вибір пневматичного приводу обумовлений наступним.

По перше, конструкція пневматичної камери є простішою ніж конструкція пневматичного циліндру. Мембрана відокремлює дві порожнини камери за рахунок властивостей матеріалу із якого вона виготовлена, а також змінює форму під дією стислого повітря (стає опуклою). В пневматичних циліндрах ці функції мембрани виконують ущільнювальні елементи. Останні встановлюються в кільцеві канавки поршня і зобов'язані відтворювати задану кресленням посадку поршня з циліндром. Виготовлення елементів конструкції ущільнювання поршня та їх складання у вузол є більш трудомістким процесом у порівнянні з виготовленням мембрани.

По друге, габаритні розміри пневматичної камери є значно меншими ніж розміри пневматичного циліндру, які розраховані на однакову величину сили затиснення.

По третє, строк служби пневматичної камери значно більший строку пневматичного циліндру. Пневматична камера допускає межу ремонтних (регламентних) робіт до одного мільйона рухів мембрани і пов'язаного з нею штока. Межа ремонтних робіт пневматичного циліндра з штоком є значно меншою і потребує додаткових (більш трудомістких) робіт пов'язаних із заміною ущільнювальних елементів в конструкції виробу.

По четверте, виготовлені за існуючими нормативними документами пневматичні камери значно легше встановлюються в конструкцію верстатного пристрою і підключаються до мережі стислого повітря цеху. У цілому конструкція верстатного пристрою є значно компактною і простішою при її виготовленні та експлуатації.

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 59 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | |

ТМ19510143 – 00 ПЗ

Конструкція пневматичної камери складається з двох штампованих кришок, між якими ущільнена діафрагма, матеріал якою є гумова тканина. Останню виготовляють з багатошарової тканини «бельтинг», яка просочена з обох сторін мастило-стійкою резиною. Товщина діафрагми знаходиться в межах 4–10 мм. При поданні стислого повітря в нижню порожнину діафрагми, остання рухає з'єднаний з нею шток і встановлену на ньому пружину в верх. Шток, який пов'язаний із затискним устроєм пристрою, передає на останній зусилля, величина якого залежить від діаметра мембрани і тиску стислого повітря в порожнині камери. Після видалення стислого повітря із порожнини камери шток під дією пружини рухається вниз, а діафрагма стає опуклою.

За невеликим рухом штока застосовують площинні діафрагми строк служби яких становить до одного мільйона затиснень.

Пневматичні камери закріплюються на корпусі пристрою за допомогою гвинтів або болтів і фіксуються напрямними штифтами.

Згідно виконаних розрахунків у розділі 7.4 пояснювальної записки, діаметр пневматичного приводу $D_{\text{п}}$ визначиться за формулою [2, т. 19, с. 92]:

$$D_{\text{п}} = \frac{1}{1,7} \cdot \sqrt{\frac{Q_0}{0,196 \cdot p_0}} = \frac{1}{1,7} \cdot \sqrt{\frac{2874}{0,196 \cdot 0,4}} = 113 \text{ мм}, \quad (7.6)$$

де $p_0 = 0,4$ МПа – мінімальний тиск в порожнині пневматичної камери.

Для приводу вибираємо мембранний пневматичний циліндр однобічної дії. Матеріал мембрани є гумовою тканиною. Приймаємо: діаметр пневматичної камери $D = 125$ мм; сила на штоку становить $Q_0 = 3500$ Н [2, т. 18, с. 91].

Визначимо рух штока L (мм) [1, с. 114]:

$$L = 1,7 \cdot 10^{-5} \frac{p_0 D^4}{S^3} = 1,7 \cdot 10^{-5} \frac{0,4 \cdot 125^4}{6^3} = 7,7 \text{ мм}, \quad (7.7)$$

де S – товщина мембрани, яка визначається із умови міцності її матеріалу:

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 60 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | |

ТМ19510143 – 00 ПЗ

$$S = \frac{D}{4} \sqrt{\frac{3p_0}{\sigma_{max}}} = \frac{125}{4} \sqrt{\frac{3 \cdot 0,4}{40}} = 5,42 \text{ мм}, \quad (7.8)$$

де $\sigma_{max} \leq 40$ МПа – найбільше граничне напруження в тканині мембрани.

Приймаємо $S = 6$ мм, $L = 8$ мм.

Таким чином, сила на штоку пневматичного привода збільшилася і становить $Q_0 = 3500$ Н. Тоді остаточно величина сили закріплення P_{30} кожного важільного механізму визначиться із формули (7.5):

$$P_{30} = \frac{Q_0 \cdot l_2 \cdot \eta}{l_1} = \frac{3500 \cdot 160 \cdot 0,9}{60} = 8400 \text{ Н.}$$

За виконаними розрахунками розроблюємо верстатний пристрій для фрезерування чотирьох шпонкових пазів деталі, призначаємо технічну характеристику пристрою та технічні вимоги до його виготовлення, випробування і експлуатації (дивись креслення ТМ19510143–07–00.00 СК).

Розрахунок елементів конструкції пристрою на міцність.

Одним із навантажених елементів конструкції пристрою є різьбове з'єднання стрижня (позиція 6) із стійкою (позиція 5) окремого важільного механізму (дивись креслення ТМ19510143–07–00.00 СК). Розрахуємо на міцність різьбу стрижня М12х1,75–6g. Сила на стрижні є силою реакції R_0 , яка виникає від дії сили закріплення $P_{30} = 8400$ Н та сили на штоку пневматичного приводу $Q_0 = 3500$ Н. Сила реакції R_0 на стрижні визначиться за формулою [7, т. 15, с. 89]:

$$R_0 = P_{30} + Q_0 = 8400 + 3500 = 11900 \text{ Н.} \quad (7.9)$$

Матеріал стрижня – сталь 40 ГОСТ 1050–88.

Внутрішній діаметр різьби стрижня визначається за формулою:

$$d_B = d_3 - 2 \cdot (0,541P) = 12 - 2 \cdot (0,541 \cdot 1,75) = 10,1065 \text{ мм}, \quad (7.10)$$

де $d_3 = 12$ мм – зовнішній діаметр різьби;

$P = 1,75$ мм – шаг різьби.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 61 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | ТМ19510143 – 00 ПЗ | | | | | |

Мінімальна площа поперечного перерізу різьби $S_{min p}$ стрижня визначається за формулою:

$$S_{min p} = \frac{\pi d_B^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 10,1065^2}{4} = 80,22 \text{ мм}^2. \quad (7.11)$$

За даними довідника [5] допустима границя міцності для сталі 40 $[\sigma_B] = 300$ МПа. Допустима межа $[\sigma_T]$ початку пластичного руйнування сталі 40 визначається за умовою:

$$[\sigma_T] = 0,6[\sigma_B] = 0,6 \cdot 300 = 180 \text{ МПа}. \quad (7.12)$$

Тоді границя міцності різьби на розтягнення σ_p визначиться за умовою:

$$\sigma_p = \frac{R_0}{S_{min p}} = \frac{11900}{80,22} = 148,4 \text{ МПа} \leq [\sigma_T] = 180 \text{ МПа}. \quad (7.13)$$

Таким чином, міцність різьби стрижня забезпечується і важливий механізм буде виконувати своє службове призначення безпосередньо за час обробки заготовки.

Розрахунок точності елементів конструкції пристрою.

Розроблювана конструкція пристрою складається із окремих деталей, точність яких при їх виготовленні та складанні треба забезпечити, щоб пристрій виконував своє службове призначення безпосередньо при експлуатації. Розрахунок допусків на виготовлення елементів пристрою передбачає перетворення інформації о точності обробки поверхонь пазів деталі в технічні вимоги до конструкції пристрою.

У нашому випадку, до розрахункового параметра верстатного пристрою (дивись креслення ТМ19510143–07–00.00 СК), треба віднести точність розташування окремих його поверхонь, а саме, допуск паралельності осі призми (позиція 9) відносно осі установчих шпонок (позиція 21). Цей параметр буде визначати забезпечення потрібного допуску паралельності осей шпонкових пазів з віссю деталі при фрезеруванні.

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 62 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | ТМ19510143 – 00 ПЗ | | | | |

Похибка виготовлення зазначених елементів пристрою визначається за формулою:

$$\varepsilon_{\text{пр}} \leq T_{\text{п}} - K_T \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{\text{п}}^2 + \varepsilon_{\text{зн}}^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + \varepsilon_{\text{поз}}^2}, \quad (7.14)$$

де $T_{\text{п}} = 50$ мкм – допуск паралельності паза відносно осі поверхні $\varnothing 70,1h7$, якій потрібно забезпечити;

$K_T = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує можливе відхилення від нормального розташування окремих складових (приймається у випадку, коли похибка базування не дорівнює нулю);

$\varepsilon_6 = 0$ – похибка базування заготовки в призмі (вісь заготовки знаходиться в площині, де розташована вісь інструмента);

$\varepsilon_3 = 0$ – похибка закріплення не впливає на зміщення заготовки. Вектор сили закріплення приложений до поверхні заготовки супротив опорних елементів призми.

$\varepsilon_y = 3,5$ мкм – похибка установлення пристрою на столу верстата, яка впливає на відхилення паралельності бокових площин паза відносно осі вала. Похибка визначається за формулою:

$$\varepsilon_y = \frac{S_{\text{max}} \cdot l}{L} = \frac{0,07 \cdot 30}{600} = 0,0035 \text{ мм} = 3,5 \text{ мкм},$$

де $S_{\text{max}} = 70$ мкм – максимальний зазор посадки шпонок по Т-пазу стола верстата [18H8(+0,027;0)/18h(0;-0,043)]; $l = 30$ мм – довжина шпонки; $L = 600$ мм – довжина розташування шпонок на підвалині корпусу пристрою. Вихідні дані взяти із креслення ТМ19510143–07–00.00 СК;

$\varepsilon_{\text{п}} = 10$ мкм – похибка перекосу інструменту. За паспортними даними верстата похибкою перекосу є відхилення осі інструмента (фрези) відносно площини стола верстата у вигляді перпендикулярності;

$\varepsilon_{\text{зн}} = 0$ – похибка зносу установчих елементів (рівномірний знос опорних поверхонь призми);

$\omega = 10$ мкм – середня економічна точність обробки [3, с. 59];

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

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 63 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | |

$\varepsilon_{\text{поз}} = 10$ мкм – похибка позиції стола фрезерного верстата відносно шпиндельного блоку (паспортні дані верстата).

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 50 - 1,2\sqrt{0^2 + 0^2 + 3,5^2 + 10^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 10)^2 + 10^2} = 31 \text{ мкм.}$$

Приймаємо точність виготовлення пристрою $\varepsilon_{\text{пр}} = 20$ мкм і розраховане значення вносимо до технічних вимог креслення пристрою.

Опис конструкції та роботи пристрою.

Пристрій (дивись креслення ТМ19510143–07–00.00 СК) встановлюється на столу вертикально-фрезерного верстата і базується в його Т-пазах напрямними шпонками 21. Закріплення пристрою виконується болтами (на кресленні не зазначені), що з'єднують пази корпусу 3 з Т-пазами стола верстата.

Заготовка двома поверхнями діаметром 60,8h8 встановлюється на дві призми 9, а торець $\text{Ø}60,8h8/M70 \times 2$ заготовки з'єднується із торцем лівої призми, який є технологічною базою для налагоджувального розміру $56,5 \pm 0,37$ мм. Останній визначає розташування шпонкового пазу 20H9 на шийки $\text{Ø}70,1h7$ мм. Далі підводять до заготовки затискачі 4 і обертанням рукоятки крана розподільного 2 «Відчинено» виконують одночасне подання повітря у нижні порожнини пневматичних камер 1. Штоки пневматичних камер переміщуються вгору до їх дотику з кінцями затискачів 4, які виконують функцію важільного механізму, і заготовка закріплюється.

Потім виконується послідовна обробка шпонкових пазів 14H9 та 8H14 мм. Обробка кожного паза супроводжується зупинкою верстата, переустановленням відповідної фрези, підведенням (відведенням) стола верстата при його налагодженні на потрібний розмір паза. За цей час роботи виконуються аналогічні функції роботи пристрою, як при обробки паза 20H9 мм.

Після закінчення обробки всіх пазів, стіл верстата із пристроєм відводиться від інструмента і верстат виключається. Для зняття заготовки із пристрою, рукоятка крана розподільного 2 обертається у протилежну сторону «Зачинено» і повітря із

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 64 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | |

ТМ19510143 – 00 ПЗ

нижніх порожнин пневматичних камер 1 виходить у атмосферу. Штоки камер під дією пружин 8 повертаються у вихідне положення, заготовка розкріплюється і виймається із пристрою.

Обслуговування пристрою і його робота не потребує високої кваліфікації верстатника. Пристрій треба зберігати у сухому приміщенні і запобігати його від ударів та падінь при транспортуванні або установки на верстаті.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМ19510143 – 00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 65 |

ВИСНОВКИ

1) Виконаний аналіз службового призначення машини для виготовлення капсул та вала. Проаналізовані технічні вимоги деталі на її виготовлення.

2) За коефіцієнтом розроблення операцій визначений тип виробництва – середньосерійний та форма його організації – групова.

3) Виконаний аналіз технологічності конструкції вала за якісними та кількісними показниками. Конструкція деталі за окремими її елементами визнана технологічною.

4) Запропонований спосіб одержання вихідної заготовки – штамповка на КГШП та розроблені технічні вимоги на її виготовлення.

5) Виконаний аналіз існуючого технологічного процесу і запропоновані нововведення для його удосконалення. Розрахунково-аналітичним методом (з використанням ЕОМ) визначені припуски і допуски на обробку зовнішньої поверхні двох діаметрів 60к6 мм. Обґрунтовані схеми базування і закріплення заготовки для двох операцій – 020 «Токарна з ЧПК» і 030 «Вертикально-фрезерна». Для наведених операцій вибрані моделі верстатів, технологічне оснащення, різальний та вимірювальний інструмент. На операції 020 та 030 розраховані режими різання і норми часу.

6) На операцію 030 «Вертикально-фрезерна» спроектований спеціальний пристрій для швидкого і точного установаження заготовки на стіл верстата моделі UWF 10.

7) У розділі «Охорона праці і техніка безпеки в надзвичайних ситуаціях», працюючі робітники ознайомлені із правилами по наданню первинної допомоги людині при ураженні її електричним струмом.

8) Для запропонованого технологічного процесу виготовлення вала розроблена технологічна документація (карти КТП, КЕ).

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМ19510143 – 00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 66 |

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

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

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМ19510143 – 00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 68 |