

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА


до дипломної роботи

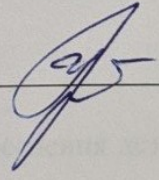
ОКР- бакалавр

Галузь знань: 13

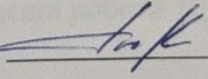
Спеціальність: 131 Прикладна механіка

на тему: «Технологія виготовлення деталі «Вал-шестерня 725.03-19»
з використанням верстатів з ЧПК»

Виконав студент групи ПМТ-18-1 _____  (Калінін О.В)

Керівник дипломної роботи: _____  (доц. Урбанюк Є.А.)

До захисту допускаю:

Завідувач кафедри _____  (В.П.Ткачук)

22 06 2022 р.

Хмельницький – 2022 року

Хмельницький національний університет

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра технології машинобудування

Спеціальність 131 Прикладна механіка

**ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ
КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Студ. гр. ПМТ-18-1 Калініну Олексію В

Тема затверджена наказом ректора

№ _____ від _____ .2022 р.

Тема роботи: «Технологія виготовлення деталі «Вал-шестерня 725.03-19»
з використанням верстатів з ЧПК»

План роботи і терміни подання окремих розділів

Розділ I _____ 30.04.2022

Розділ II _____ 10.05.2022

Розділ III _____ 30.05.2022

Розділ IV _____ 05.06.2022

Перелік графічних матеріалів: 1 Креслення деталі – 1 арк. ф.А2; 2 Креслення заготовки – 1 арк. ф.А2; 3. Карта наладки верстата з ЧПК – 1 арк. ф.А1; 4. Графотехнологія - 1 арк. ф.А1; 5.Верстатний пристрій - 1 арк. ф.А1; 6.Калібр-скоба – 1 арк. ф.А3.

Термін подання закінченої роботи 10.06.2022

Завідувач кафедри _____ В.П.Ткачук

Керівник роботи _____ Є.А.Урбанюк

Студент _____ Калінін О.В.

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломну кваліфікаційну роботу Калініна О.В.

Тема роботи: Технологія виготовлення деталі «Вал-шестерня 725.03-19» з використанням верстатів з ЧПК

1. **Актуальність і значення теми:** Розроблення технологічних процесів виготовлення деталей з використання обладнання з ЧПК є важливою складовою конкурентоспроможності підприємств машинобудівного профілю, тому тема кваліфікаційної роботи відповідає спеціальності 131 - Прикладна механіка.

2. **Оцінка якості та достовірності проведених досліджень:** В загальному розділі на основі аналізу конструкції і технічних вимог до виготовлення деталі «Вал-шестерня 725.03-19» наведена оцінка її технологічності.

В технологічному розділі на основі аналізу базового технологічного процесу оброблення деталі розроблений його новий варіант: обґрунтований вибір методу отримання заготовки, вибране обладнання та інструмент, призначені припуски на оброблення поверхонь деталі, розраховані і призначені режими різання по операціях, виконане технічне нормування.

В конструкторському розділі спроектований верстатний пристрій для фрезерувального верстата і калібр-скоба для контролю відповідальної поверхні деталі, які підвищують якість і продуктивність виготовлення деталі.

В розділі «Охорона праці» наводиться перелік заходів із запобігання можливим небезпекам та шкідливостям на дільниці механічного оброблення деталі, описані основні методи і засоби контролю умов праці на машинобудівному підприємстві.

Зауваження: В кваліфікаційній роботі для підтвердження оволодіння здобувачем сучасними технологіями підготовки виробництва доцільно було би представити технологію створення керуючих програм для верстатів з ЧПК з використанням спеціалізованих комп'ютерних програм.

3. **Оцінка запропонованих заходів та пропозицій практичної цінності та ефективності:** Наведені в кваліфікаційній роботі розділи містять як класичні підходи вирішення задач технологічного та конструкторського характеру, так і елементи застосування сучасного обладнання і технологій. При їх впровадженні можна очікувати позитивного економічного ефекту.

4. **Загальний висновок та оцінка:** Наведені в роботі обґрунтування і розрахунки свідчать про достатній рівень підготовки здобувача освітнього рівня бакалавра із загальноосвітніх та спеціальних дисциплін. Графічна частина роботи виконана із дотриманням вимог ЕСКД та ДСТУ, розрахунково-пояснювальна записка оформлена з дотриманням основних вимог до оформлення текстових документів технічних проектів. Кваліфікаційна робота виконана згідно завдання і заслуговує оцінки «добре», а Калінін О.В. присвоєння йому освітнього рівня «бакалавр» з прикладної механіки.

Рецензент: Бабак Олег Петрович,
доцент кафедри трибології, автомобілів
та матеріалознавства


(Підпис)

«17» 06. 2022 р.

здобувача вищої освіти
студента Калініна О.В.
факультет інженерії, транспорту і архітектури
курс 4-й, група ПМТ-18-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення про систему забезпечення академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті, згідно з яким виявлення академічного плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту і застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений. Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на академічний плагіат оповіщений та надаю свою згоду на обробку й збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та/або Anti-Plagiarism) і використання роботи для виявлення академічного плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота надається для перевірки в електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

13.06.2022

дата


підпис

Зміст

| | | |
|-------|---|---------|
| | Вступ | С. 6 |
| 1 | Загальний розділ | 7 |
| 1.1 | Основні завдання дипломної роботи | 7 |
| 1.2 | Аналіз об'єкту виробництва. Призначення та конструкція деталі | 8 |
| 1.3 | Аналіз технологічності конструкції деталі | 10 |
| 1.4 | Визначення типу і організаційної форми виробництва | 14 |
| 2 | Технологічний розділ | 15 |
| 2.1 | Аналіз існуючого технологічного процесу | 15 |
| 2.2 | Вибір типу заготовки та техніко-економічне обґрунтування методу її отримання | 15 |
| 2.3 | Вибір технологічних баз | 21 |
| 2.4 | Вибір варіанта технологічного маршруту та його техніко-економічне обґрунтування | 21 |
| 2.5 | Розроблення технологічних операцій | 23 |
| 2.6 | Розрахунок припусків на механічне оброблення | 24 |
| 2.6.1 | Аналітичний розрахунок припусків на оброблення поверхні $\varnothing 45h10_{0,1}$ | 24 |
| 2.7 | Розрахунок та призначення режимів різання | 29 |
| 2.7.1 | Аналітичний розрахунок режимів різання | 29 |
| 2.7.2 | Призначення режимів різання за таблицями | 33 |
| 2.8 | Розрахунок технічних норм часу при виконанні операцій | 35 |
| 2.9 | Розроблення карти налагодження для операції 010 Токарна з ЧПК | 38 |
| 3 | Конструкторський розділ | 41 |
| 3.1 | Проектування верстатного пристрою для фрезерування шліцьової поверхні | 41 |
| 3.1.1 | Вибір установочних елементів, схеми базування і закріплення деталі | 41 |
| 3.1.2 | Розрахунок пристрою на точність | 42 |
| 3.1.3 | Розрахунок сил, необхідних для закріплення деталі | 43 |
| 3.1.4 | Розроблення технічних вимог, компонування пристрою та описання його роботи | 46 |
| 3.1.5 | Розрахунок деталей пристрою на міцність | 51 |
| 3.2 | Проектування калібра-скоби для контролю шийки деталі $\varnothing 60k6$ | 51 |
| 4 | Охорона праці | 56 |
| | Висновки | 65 |
| | Література | 67 |
| | Додатки | |

ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ

| Зм.Арк | № докум. | Підпис | Дата | Літера | Аркуш | Аркушів |
|-----------|--------------|--------|------|--|-------|--------------|
| Розробив. | Калінін О.В. | | | Літера | Аркуш | Аркушів |
| Перевірів | Урбанюк Є.А. | | | «Технологія виготовлення деталі «Вал-шестерня 725.03-19»з використанням верстатів з ЧПК» | 5 | 67 |
| Н. Контр. | Бись С.С. | | | | | |
| Затвердив | Ткачук В.П. | | | (Пояснювальна записка) | ХНУ | гр. ПМТ-18-1 |

ВСТУП

Ефективність виробництва, якість виготовлення продукції залежить від впровадження сучасних технологій, обладнання, інструменту та впровадження методів техніко-економічного аналізу.

Одним із чинників, які впливають на розвиток країни загалом, а, особливо, в нинішній критичний для України час, є машинобудування. Важливий вплив на розвиток машинобудування має рівень освіти технологів та конструкторів машинобудівників, який вони здобувають у вищих навчальних закладах за спеціальностями машинобудівного профілю.

Перед машинобудівниками стоять задачі подальшого підвищення якості продукції, зниження її собівартості і матеріалоємності, впровадження прогресивних методів оброблення, а також скорочення термінів підготовки виробництва нових об'єктів.

Виконання кваліфікаційної роботи є кінцевим етапом навчання на здобуття освітнього рівня бакалавра. При виконанні даної роботи студент самостійно вирішує комплекс інженерних задач. Основною метою кваліфікаційної роботи є перевірка знань загально-технічних і, головним чином, спеціальних дисциплін, які отримав студент за період навчання.

Робота над кваліфікаційною роботою дає можливість перевірити вміння студента використовувати отримані ним знання при виконанні конкретних виробничих завдань. Сюди відноситься розроблення прогресивних технологічних процесів, конструювання пристроїв, інструментів та інші проектні роботи. При цьому повинні враховуватися останні досягнення науки і техніки. В процесі роботи студент повинен проявити свої творчі можливості, показати вміння розробляти перспективні технологічні процеси виготовлення виробів машинобудування.

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 6 |

1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Основні завдання дипломної роботи

В ході виконання дипломної роботи бакалавра (ДРБ) потрібно розробити вдосконалений технологічний процес механічного оброблення деталі "Вал-шестерня 725.03-19". При цьому необхідно вирішити цілий ряд питань, які направлені на забезпечення високого технологічного рівня виготовлення деталі у порівнянні з існуючим шляхом використання прогресивних методів оброблення та відповідного технологічного устаткування. Для цього необхідно проаналізувати зміст кожної операції технологічного процесу, методи досягнення заданої точності розмірів, форми та взаємного розташування поверхонь, їх шорсткості тощо. Важливими параметрами технологічного процесу є операційні припуски, режими різання та технічні норми часу. Для покращення умов роботи слід розробити спеціальний верстатний пристрій для закріплення деталі при механічному обробленні, а також калібр-скобу для контролю діаметра відповідальної шийки деталі. Вибір обладнання має відповідати темі ДРБ, тобто, необхідно не лише вибрати моделі верстатів з ЧПК, а і розробити для операцій, на яких вони мають використовуватись, керуючу програму.

В розділі техніки безпеки мають бути розроблені заходи, які відповідають умовам технологічного процесу оброблення деталі.

Підготовка до виконання ДРБ відбувалася під час проходження переддипломної практики за матеріалами ВАТ «Шепетівський культиваторний завод».

Отже, в кваліфікаційній роботі необхідно:

- внести зміни до технологічного процесу оброблення деталі «вал-шестерня» для покращення його техніко-економічних показників;
- розробити установочні пристрої для затиску заготовки;

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 7 |

спроєктувати контрольний пристрій і спеціальний різальний інструмент.

Основними вихідними даними для розробки ДРБ

є: робоче креслення деталі «вал-шестерня»;

технічні умови на виготовлення деталі; річна

програма випуску – 2500 шт.;

1.2 Аналіз об'єкта виробництва. Призначення та конструкція деталі

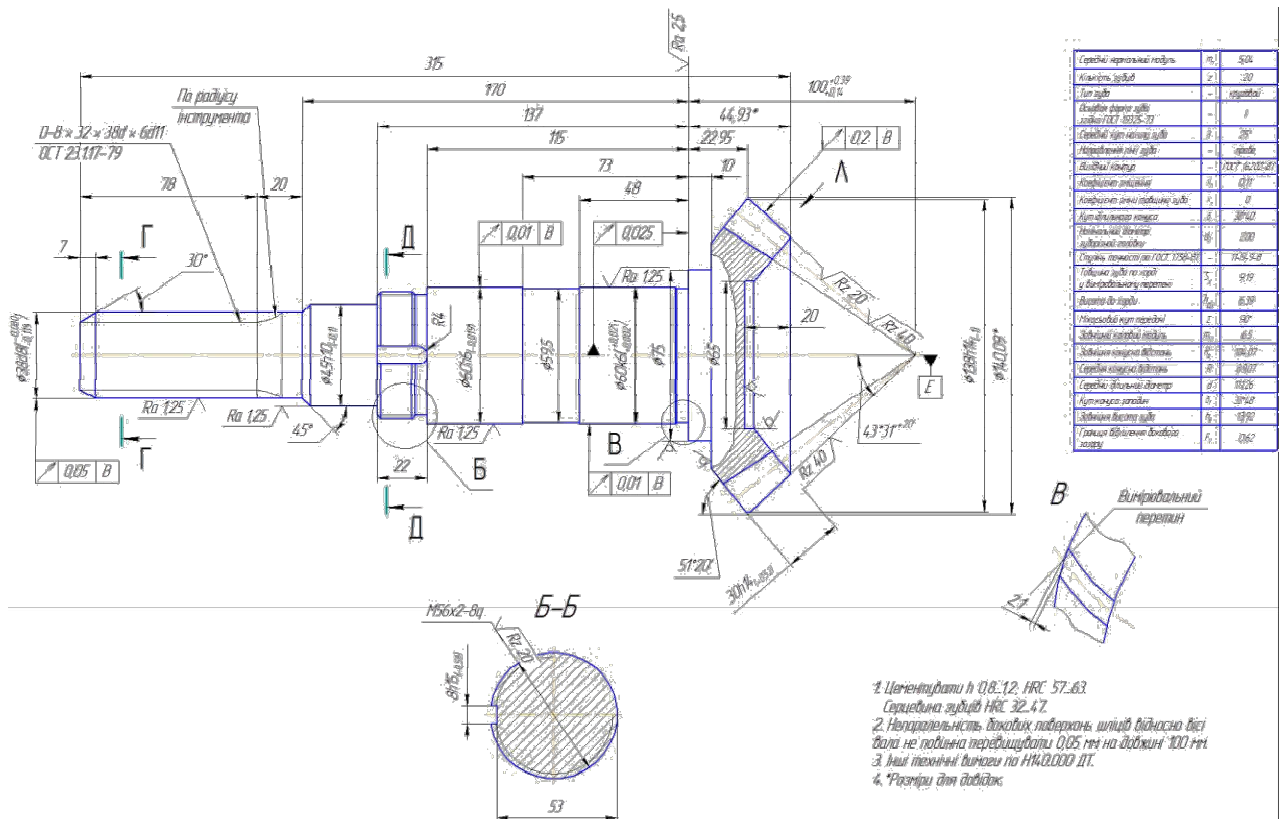


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі "Вал-шестерня 725.03-19"

Деталь "Вал-шестерня 725.03-19" відноситься до класу тіл обертання.

Основними поверхнями деталі є зубчастий вінець, посадкові поверхні $\varnothing 60k6$ і $\varnothing 60h6$ та шліцьова поверхня, завдяки якій передається крутний момент на зубчасту передачу. Посадкові поверхні $\varnothing 60k6$ і $\varnothing 60h6$ є базовими, так як на них встановлюються підшипники кочення, тому до них висуваються найбільш жорсткі вимоги щодо точності. Зубчастий вінець валу має

відповідати ГОСТ 16202-81, ступінь точності за ГОСТ 1758-81 – 11-9-9В. Зубці конічної шестерні мають кругову форму, що дозволяє їм витримувати більші навантаження у порівнянні із шестернями з прямим зубом завдяки більшій площі контакту і плавній роботі. Шліцьова поверхня D8×32×38d×6d11 використовується для встановлення зубчастого колеса, через яке крутний момент передається на конічну передачу. Інші поверхні є допоміжними.

В процесі експлуатації вал-шестерня сприймає значні статичні і динамічні навантаження. Тому для виготовлення деталі використовується сталь марки 18ХГТ ГОСТ 4543-71. Конічна зубчаста поверхня додатково підлягає цементації.

Хімічний склад сталі 18ХГТ наданий в табл.1.1.

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі 18ХГТ

| Назва хімічного елемента | С | Si | Ni | Cr | Ti | Mn | S | P |
|------------------------------|-----------|-----------|--------|-------|-----------|---------|-----------|-------|
| | | | | | | | не більше | |
| Вміст складових елементів, % | 0,17 0,23 | 0,17 0,37 | 0÷0,30 | 1÷1,3 | 0,03÷0,09 | 0,8 1,1 | 0,035 | 0,035 |

Механічні властивості сталі 18ХГТ наведені в табл.1.2.

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 18ХГТ

| т _р , МПа | вр _р , МПа | б, % | , % | а _н , Дж/см ² | НВ, не більше | |
|----------------------|-----------------------|------|-----|-------------------------------------|---------------|-----------|
| | | | | | Гарячекатана | відпалена |
| Не менше | | | | | 229 | 217 |
| 885 | 980 | 9 | 50 | 50 | 229 | 217 |

Технологічні властивості сталі 18ХГТ:

оброблюваність різанням - висока;

зварюваність – без обмежень;

інтервал температур куванням, °C - 800 1200;

пластичність при холодній обробці – задовільна.

Отже матеріал деталі вибраний вірно, так як при такій порівняно малій товщині поверхневого шару має високу міцність та твердість. Ця сталь має високу зносостійкість, що дуже важливо для зубчастої передачі.

Робоче креслення вал-шестерні містить всі необхідні проекції і розрізи, які надають повну інформацію про конструкцію деталі. На кресленні вказані всі розміри з допусками, квалітетами точності оброблювальних поверхонь, допустимі відхилення взаємного розміщення поверхонь, допустимі відхилення від геометричних форм.

Базовими є поверхні $\varnothing 60k6$ ($\begin{matrix} 0,021 \\ 0,002 \end{matrix}$) та $\varnothing 60h6$ ($\begin{matrix} 0,019 \end{matrix}$). Відносно них

представлені вимоги щодо перпендикулярності торців, а також радіального биття поверхонь відносно центральної осі вала. До базових поверхонь ставляться високі вимоги щодо шорсткості – $R_a1,25$. Для досягнення цього кінцевим видом оброблення слід призначити попереднє і чистове шліфування.

1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

Відпрацювання конструкції деталі на технологічність – це комплекс заходів із забезпечення необхідного рівня технологічності виробу за встановленими показниками. Такі заходи направлені на зменшення витрат часу на виготовлення виробу при забезпеченні необхідної якості. Види і показники технологічності приведені в ГОСТ 14-205-83, а правила відпрацювання конструкції виробу і перелік обов'язкових показників технологічності – в ГОСТ 14.201-83.

Ескіз деталі з позначеннями окремих поверхонь наводяться на рис.1.2, а технологічна характеристика поверхонь деталі подана в табл.1.3.

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 10 |

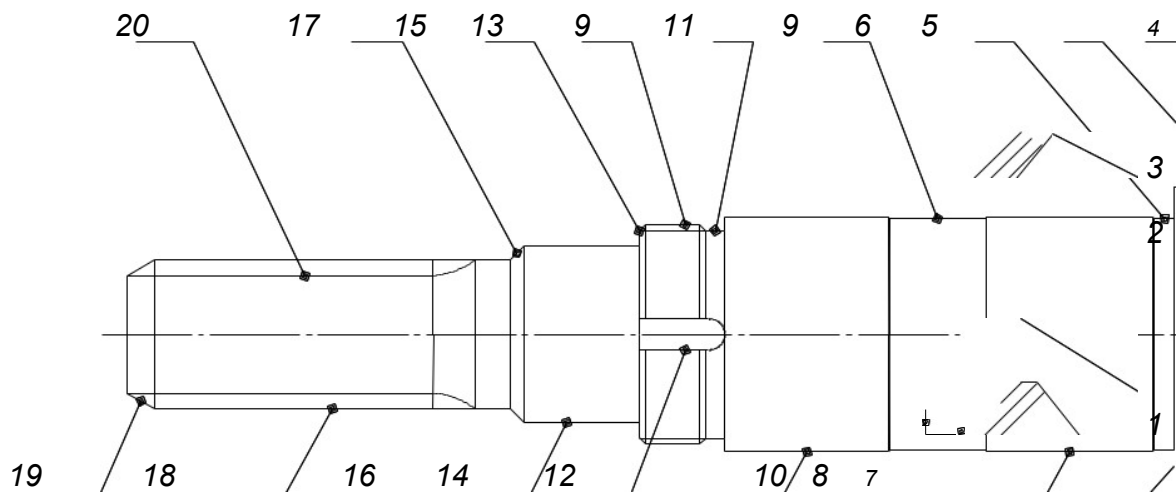


Рисунок 1.2 - Поверхні деталі "Вал-шестерня 725.03-19"

Таблиця 1.3 – Технологічна характеристика поверхонь деталі

| № | Назва поверхні | Кількість поверхонь | Число уніфікованих поверхонь | Номинальний розмір | Квалітет точності | Шорсткість R_a , мкм |
|----|-------------------------|---------------------|------------------------------|--------------------|-------------------|------------------------|
| 1 | Торець | 1 | 1 | Ø65 | h14 | Rz 200 |
| 2 | Циліндрична | 1 | 1 | 4 | H14 | Rz 200 |
| 3 | Конічна | 1 | 1 | Ø65/Ø104,5 | H14 | Rz 80 |
| 4 | Зубчаста | 20 | 20 | Ø138/Ø104,5 | h9 | Rz 40/ Rz 20 |
| 5 | Конічна | 1 | 1 | Ø138/Ø100 | h14 | Rz 80 |
| 6 | Торець | 1 | 1 | Ø100/ Ø75 | h14 | Rz 200 |
| 7 | Циліндрична | 1 | 1 | Ø75 | h14 | Rz 200 |
| 8 | Торець | 1 | 1 | Ø75/Ø59,5 | h14 | Ra 2,5 |
| 9 | Канавка | 2 | - | Ø59 / Ø53 | h14 | Rz 80 |
| 10 | Циліндрична | 1 | 1 | Ø60 | k6 | Ra 1,25 |
| 11 | Циліндрична | 1 | 1 | Ø59,5 | h14 | Rz 80 |
| 12 | Циліндрична | 1 | 1 | Ø60 | h6 | Ra 1,25 |
| 13 | Циліндрична Різьбова | 1 | 1 | Ø56 / M56x2 | h14 | Rz 20 |
| 14 | Шпонковий паз | 1 | - | 8 | h15 | Rz 80 |

| | | | | | | |
|----|-------------|------------|---------------|---------|-----|---------|
| 15 | Фаска | 1 | 1 | 1,6x45° | h14 | Rz 20 |
| 16 | Циліндрична | 1 | 1 | Ø45 | h10 | Ra 1,25 |
| 17 | Фаска | 1 | 1 | 3,5x45° | h14 | Rz 80 |
| 18 | Циліндрична | 1 | 1 | Ø38 | d8 | Ra 1,25 |
| 19 | Фаска | 1 | 1 | 7x30° | h14 | Rz 80 |
| 20 | Шліци | 8 | 8 | 6 | d11 | Rz 20 |
| 21 | Торець | 1 | 1 | Ø30 | h14 | Rz 80 |
| | | $Q_{e 47}$ | $Q_{y.e. 45}$ | | | |

Розрізняють якісні і кількісні показники технологічності.

Аналізуючи технологічність конструкції за якістю можна стверджувати, що матеріал деталі сталь 18ХГТ вибрано вірно, так як ця сталь рекомендована для деталей з високими вимогами до зносостійкості і мінімальною деформацією при термічному обробленні. Окрім того сталь 18ХГТ добре підходить для відповідальних деталей, які покращуються та цементуються, і від яких вимагається підвищена міцність та в'язкість серцевини, а також висока поверхнева твердість.

Конструкція деталі, форми і характеристики оброблювальних поверхонь допускають можливість застосування високопродуктивного обладнання і уніфікованого технологічного спорядження. Деякі оброблювальні поверхні мають складні геометричні параметри (зубчаста поверхня, шліци), але їх можна обробити стандартними інструментами, застосувавши типові пристрої. Загалом деталь технологічна, допускає використання високопродуктивних режимів різання, має хороші базові поверхні і достатньо жорстка. Не технологічними можна вважати жорсткі вимоги щодо радіального биття основних базових поверхонь, що вимагає обмежених режимів різання і застосування верстата підвищеної жорсткості.

Кількісно оцінку технологічності конструкції деталі можна провести, зокрема, за такими показниками:

| | | | | |
|------|------|---------|--------|------|
| Зм.. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата |
|------|------|---------|--------|------|

рівень уніфікації конструктивних елементів;
 коефіцієнт точності оброблення; коефіцієнт
 шорсткості поверхонь тощо.

На основі аналізу креслення деталі визначаємо коефіцієнт уніфікації

конструктивних елементів:
$$K_{y.e} = \frac{Q_{y.e}}{Q_e}, \quad (1.1)$$

де $Q_{y.e}$ і Q_e - відповідно кількість уніфікованих конструктивних елементів і їх загальна кількість, шт.

У нашому випадку $Q_{y.e} = 45$; $Q_e = 47$. Тоді
$$K_{y.e} = \frac{45}{47} = 0,96.$$

За цим показником деталь технологічна, так як $K_{y.e} = 0,6$.

Коефіцієнт точності оброблення визначається за формулою:

$$K_m = 1 - \frac{1}{A_{cp}}, \quad (1.2)$$

де A_{cp} – середній квалітет точності поверхонь деталі:

$$A_{cp} = (6 \cdot 2 + 8 \cdot 1 + 9 \cdot 20 + 11 \cdot 8 + 14 \cdot 14 + 15 \cdot 1) / 47 = 10,62.$$

В нашому випадку
$$K_m = 1 - \frac{1}{A_{cp}} = 1 - \frac{1}{10,62} = 0,91.$$

Так як $K_m = 0,8$, то деталь за цим показником теж технологічна.

Коефіцієнт шорсткості поверхні визначається за формулою:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}}, \quad (1.3)$$

де B_{cp} – середня шорсткість поверхні, що залежить від параметра R_a , мкм.

$$B_{cp} = (1,25 \cdot 4 + 2,5 \cdot 1 + 5 \cdot 30 + 20 \cdot 8 + 40 \cdot 4) / 47 = 477,5.$$

Тоді
$$K_{ш} = \frac{1}{477,5} = 0,002.$$
 Так як $K_{ш} = 0,32$, то за цим показником деталь теж технологічна.

1.4 Визначення типу та організації виробництва

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 13 |

Тип виробництва попередньо можна визначити за масою деталі та річною програмою випуску. При масі деталі від 10 кг до 100 кг та програмі випуску 2500 шт. тип виробництва – середньо-серійний.

Згідно ГОСТ 3.1108-74 тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій $K_{з.о}$, який показує відношення кількості різних технологічних операцій, які виконуються протягом місяця, до числа робочих місць.

Значення коефіцієнта закріплення операцій приймається для планового періоду, що дорівнює одному місяцю, і визначається за

формулою:
$$K_{з.о} = \frac{O}{P}, \quad (1.4)$$

де O – число різних операцій;

P – число робочих місць з різними операціями.

Відповідно з ГОСТ 3.1108-74 для середньо-серійного виробництва коефіцієнт закріплення операцій знаходиться у проміжку $10 < K_{з.о} < 20$.

Форма організації виробництва за ГОСТ 14.312-74 залежить від встановленого порядку виконання операцій, способу розміщення технологічного устаткування, кількості виробів та напрямку їх руху при виготовленні.

Середньо-серійне виробництво характеризується обмеженою номенклатурою виробів, які виготовляються періодично повторюваними партіями і порівняно невеликим об'ємом випуску. При середньо-серійному виробництві використовують універсальні верстати, які оснащені як спеціальними, так і універсальними пристроями, що дозволяє знизити трудомісткість і собівартість виготовлення деталі. Технологічний процес виготовлення виробу переважно диференційований, тобто, розділений на окремі операції, що виконуються на окремих верстатах.

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 14 |

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Аналіз існуючого технологічного процесу

Технологічний процес механічної оброблення деталі "Вал-шестерня 725.03-19" на базовому підприємстві побудований у відповідності із заданою програмою випуску деталей та наявності діючого устаткування. Як заготовка використовується гаряче штампування із сталі 18ХГТ ГОСТ 4543-71.

Аналіз конструкції деталі показує, що використання такого типу заготовки є доцільним, так як це призводить до раціонального використання матеріалу. Але припуски на чорнове, чистове і кінцеве оброблення розподілені нераціонально. Тому вдосконалення потребують послідовність і структура операцій.

Устаткування, що застосовується на базовому підприємстві є занадто потужним. Технологічна оснастка, що використовується на деяких операціях існуючого технологічного процесу, є недостатньо продуктивною. Різальний і вимірювальний інструмент, який використовується в технологічному процесі, є широко розповсюдженим, режими різання вибрані, в основному, оптимальні, але на багатьох операціях, дещо занижені.

Аналіз існуючого технологічного процесу показує, що його доцільно удосконалити за рахунок використання високопродуктивного універсального обладнання, вдосконалення технологічної оснастки, призначення оптимальних режимів різання та застосування оброблення на верстатах з ЧПК з відповідною їх підготовкою.

2.2 Вибір типу заготовки та техніко-економічне обґрунтування методу її отримання

2.2.1 Техніко-економічне порівняння двох варіантів вибору заготовки

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 15 |

Проведемо техніко-економічний розрахунок двох варіантів виготовлення заготовки: із круглого прокату та гарячого штампування.

Варіант 1. Заготовка з круглого прокату

Затрати на матеріал визначаються за масою прокату, необхідного для виготовлення деталі й масою стружки, що йде у відходи. При цьому слід враховувати стандартну довжину прокату та відходи в результаті не кратності довжини заготовок цій стандартній довжині:

$$M = QS + (Q - q) \frac{S_{\text{відх}}}{1000}, \quad (2.1)$$

де Q – маса заготовки, кг.; $Q = 44,8$ кг.;

S – ціна 1 кг. матеріалу заготовки; $S = 11600$ грн. за 1 тону;

q – маса готової деталі, кг.; $q = 6,38$ кг.;

$S_{\text{відх}}$ – ціна 1 тони відходів, грн.; $S_{\text{відх}} = 900$ грн. За 1 тону.

$$M_1 = 44,8 + 11,6 (44,8 - 6,38) \frac{900}{1000} = 485,1 \text{ грн.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу

$$K_{\text{в.м.}} = \frac{M_{\text{д}}}{M_{\text{з}}} = \frac{6,38}{44,8} = 0,142 \quad (2.2)$$

Це є дуже низький показник.

Варіант 2. Гаряче штампована об'ємна заготовка

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 16 |

Припуски і напуски на номінальні розміри деталі призначаються згідно ГОСТ 7505-89. Припуски на штамповану заготовку залежать від багатьох параметрів (маси деталі, класу точності, групи сталі, ступеня складності та шорсткості поверхонь обробленої деталі).

Дану заготовку отримується на горизонтально-кувальній машині. Точність виготовлення поковки Т4, група сталі М1, поверхня рознімання П.

Розрахункова маса поковки: коефіцієнт маси $K_p = 1,4$ (за ГОСТ 7505-89),

$$G_p = G_{\phi} K_p = 6,38 \cdot 1,4 = 8,932 \text{ кг.} \quad (2.3)$$

Ступінь складності:

- маса геометричної фігури, в яку вписується заготовка:

$$G_{\phi} = V_{\phi} \rho, \text{ де} \quad (2.4)$$

$$V_{\phi} = \frac{k \pi D^2 L}{4}, \text{ де} \quad (2.5)$$

$k = 1,05$ – коефіцієнт, який враховує збільшення розмірів заготовки порівняно з деталлю (припуски).

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 1,05 \cdot 14^2 \cdot 31,5}{4} = 5610 \text{ см}^3.$$

$$G_{\phi} = 0,0078 \cdot 5610 = 43,76 \text{ кг.}$$

$$\frac{G_p}{G_{\phi}} = \frac{8,932}{43,76} = 0,2. \quad (2.6)$$

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 17 |

Із співвідношення 2.6 видно, що $0,2 < 0,35$, тому степінь складності прийнято С3. Вихідний індекс – 14.

Основні припуски на механічне оброблення розраховані і зведені в табл. 2.1.

Мінімальна величина радіусів закруглень $R = 2$ мм,

Мінімальна величина штампувальних нахилів 7° .

Для визначення об'єму штампованої заготовки умовно розбиваємо фігуру заготовки на окремі прості елементи з розмірами, в які входять плюсові допуски.

Об'єм заготовки: $V_{заг} = 1036 \text{ см}^3$.

Тоді за формулою 2.4 маємо $G_{заг} = 0,0078 \cdot 1036 = 8,08 \text{ кг}$.

G Приймаючи технологічні втрати при гарячому об'ємному штампуванні $P_0 = 10\%$, визначаємо витрату матеріалу на одну деталь:

$$G_{з.штамп.} = \frac{G_{заг} \cdot (100 + P_0)}{100} = \frac{8,08 \cdot (100 + 10)}{100} = 8,89 \text{ кг.} \quad (2.7)$$

Таблиця 2.1 - Припуски на механічне оброблення заготовки

| № | Розмір | Припуск | Визначення розміру | Результат | Допуск |
|----|--------|---------|--------------------|-----------|-----------|
| 1 | 315 | 2,2 | 315+2x2,2 | 319,4 | +2,7/-1,3 |
| 2 | Ø140 | 1,9 | 140+2x1,9 | 143,8 | +2,1/-1,1 |
| 3 | Ø75 | 1,7 | 75+2x1,7 | 78,4 | +1,8/-1 |
| 4 | Ø60 | 2,2 | 60+2x2,2 | 64,4 | +1,8/-1 |
| 5 | Ø56 | 2 | 56+2x2 | 60 | +1,8/-1 |
| 6 | Ø45 | 2 | 45+2x2 | 49 | +1,8/-1 |
| 7 | Ø38 | 2 | 38+2x2 | 42 | +1,8/-1 |
| 8 | 10 | 1,5 | 10+1,5 | 11,5 | +1,6/-0,9 |
| 9 | 45 | 1,7 | 45+1,7 | 46,7 | +1,8/-1 |
| 10 | 115 | 1,9 | 115+1,9 | 116,9 | +2,1/-1,1 |
| 11 | 137 | 1,9 | 137+1,9 | 138,9 | +2,1/-1,1 |
| 12 | 170 | 2 | 170+2 | 172 | +2,4/-1,2 |

| | | | | | |
|----|----|-----|----------|------|-----------|
| 13 | 20 | 1,5 | 20+1,5 | 21,5 | +1,6/-0,9 |
| 14 | 30 | 1,5 | 30+1,5x2 | 33 | +1,6/-0,9 |

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{в.м.} = \frac{6,38}{8,89} = 0,72.$$

Отже, за коефіцієнтом використання матеріалу даний метод отримання заготовки є ефективним.

Для перевірки правильності результатів проводимо додатковий перевірочний розрахунок в програмі Rokovka, вихідними даними для якої є номінальні розміри деталі. Результати розрахунків виконаних за допомогою програми представлені на рис. 2.1.

| | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата |
| | | | | |

Результаты расчета

Проектирование поковки (штамповки)

Студент - _____ Деталь - Вал-шестерня
 Группа - _____ Вариант - _____

Результаты расчета

1. Точность изготовления поковки - Т4
2. Группа стали - М1
3. Степень сложности поковки - С3
4. Поверхность разъема - плоская
5. Расчетная масса поковки - 8,932 кг
6. Исходный индекс - 14

7,8. Размеры поверхностей детали, припуски и допуски размеров поковки

| № | Тип размера | Разм | Характер размера | Ra | Припуск | ES (es) | EI (ei) | Разм |
|----|-------------|------|------------------|---------------|---------|---------|---------|------|
| 1 | Наружный | 315 | Длина, диаметр | от 10 до 12,5 | 2,2 | +2,7 | -1,3 | 319 |
| 2 | Наружный | 140 | Длина, диаметр | от 10 до 12,5 | 1,9 | +2,1 | -1,1 | 143 |
| 3 | Наружный | 75 | Длина, диаметр | от 10 до 12,5 | 1,7 | +1,8 | -1 | 78,4 |
| 4 | Наружный | 60 | Длина, диаметр | 1,25 | 2,2 | +1,8 | -1 | 64,4 |
| 5 | Наружный | 56 | Длина, диаметр | от 1,6 до 10 | 2 | +1,8 | -1 | 60 |
| 6 | Наружный | 45 | Длина, диаметр | от 1,6 до 10 | 2 | +1,8 | -1 | 49 |
| 7 | Наружный | 38 | Длина, диаметр | 1,25 | 2 | +1,8 | -1 | 42 |
| 8 | Наружный | 10 | Длина, диаметр | от 10 до 12,5 | 1,5 | +1,6 | -0,9 | 11,5 |
| 9 | Наружный | 45 | Длина, диаметр | от 10 до 12,5 | 1,7 | +1,8 | -1 | 46,7 |
| 10 | Наружный | 115 | Длина, диаметр | от 10 до 12,5 | 1,9 | +2,1 | -1,1 | 116 |
| 11 | Наружный | 137 | Длина, диаметр | от 10 до 12,5 | 1,9 | +2,1 | -1,1 | 138 |
| 12 | Наружный | 170 | Длина, диаметр | от 10 до 12,5 | 2 | +2,4 | -1,2 | 172 |
| 13 | Наружный | 20 | Длина, диаметр | от 10 до 12,5 | 1,5 | +1,6 | -0,9 | 21,5 |
| 14 | Наружный | 30 | Длина, диаметр | от 10 до 12,5 | 1,5 | +1,6 | -0,9 | 33 |

9. Минимальная величина радиусов закруглений наружных углов поковки - 2 мм

10. Штамповочные уклоны:
 на наружной поверхности - 1 град.
 на внутренней поверхности - 10 град.

← Предыдущий Выход Распечатать...

Рисунок 2.1 - Результати розрахунків у програмі Pокovka

Як видно з рис. 2.1 результати, отримані за допомогою програми, збігаються із розрахованими аналітично, що свідчить про їх правильність.

Затрати на матеріал визначають за масою заготовки, необхідної для виготовлення деталі та масою стружки, що йде у відходи:

$$M_{QS} = (Q + q) \cdot 1000 \cdot S_{відх},$$

де Q – маса заготовки, кг.; $Q = 8,89$ кг.;

| | | | | |
|------|------|---------|--------|------|
| Зм.. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата |
|------|------|---------|--------|------|

S – ціна 1 кг. матеріалу заготовки; $S = 15$ грн. за 1 кг;

q – маса готової деталі, кг.; $q = 6,38$ кг.;

$S_{відх}$ – ціна 1 тони відходів, грн.; $S_{відх} = 900$ грн. За 1 тону.

$$M_2 = 8,89 \cdot 15 + (8,89 - 6,38) \cdot \frac{900}{1000} = 131,1 \text{ грн.}$$

Економічний ефект визначаємо за формулою:

$$E = (S_{заг1} - S_{заг2}) \cdot N, \quad (2.8)$$

де $S_{заг1}$ і $S_{заг2}$ – вартість порівнюваних заготовок, грн.;

N – річний випуск продукції;

$N = 2500$ шт.

$$E = (485,1 - 131,1) \cdot 2500 = 885000 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків для різних заготовок зводимо в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 - Вихідні дані для розрахунку заготовок

| Найменування показників | Перший варіант | Другий варіант |
|---|----------------|--------------------|
| Вид заготовки | Круглий прокат | Гаряче штампування |
| Маса заготовки Q , кг | 44,8 | 8,89 |
| Вартість 1 тони заготовок, S_i , грн. | 11600 | 15000 |
| Вартість 1т. стружки, $S_{відх}$, грн. | 900 | 900 |
| Вартість заготовки, грн. | 485,1 | 131,1 |

При заміні штампованої заготовки заготовкою з прокату підприємство понесе значних збитків, тому зміна заготовки не доцільна.

2.2.2 Визначення припусків та допусків на розміри заготовки

Отже, приймаємо отримання заготовки методом гарячого об'ємного штампування. Граничні відхилення заготовки вибираємо згідно ГОСТ 7505–89. Відхилення лінійних розмірів заготовки вибираємо із таблиць.

На основі даних розрахунків припусків і допусків, які були виконані у пункті 2.2.1, розроблене креслення заготовки з технічними вимогами на її виготовлення, яке представлено у графічній частині роботи.

2.3 Вибір технологічних баз

За базову поверхню при обробленні деталі "Вал-шестерня 725.03-19" на всіх технологічних операціях та переходах приймаємо центрувальні отвори $\varnothing 5\text{мм}$, що забезпечує високу точність базування деталі на наступних операціях. Для утворення центрувальних отворів на торцевих поверхнях деталі за допоміжною базову поверхню використовується циліндрична поверхня $\varnothing 64,4_{1,8}$, по якій відбувається базування і затискання заготовки на $1,0$ фрезерувально-центрувальному верстаті.

При фрезеруванні шпонкового пазу за базову поверхню приймаємо зовнішню циліндричну поверхню.

2.4 Вибір варіанту технологічного маршруту оброблення деталі

Маршрут технологічного процесу виготовлення деталі "Вал-шестерня 725.03-19", що розроблений на основі базового технологічного процесу з врахуванням його недоліків, наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 - Маршрут технологічного процесу механічного оброблення деталі "Вал-шестерня 725.03-19"

| Номер операції | Найменування операції | Обладнання (модель) | Зміст операції |
|----------------|-----------------------|---------------------|---|
| 005 | Фрезерно-центрувальна | MP-71 | 1. Фрезерувати торці деталі у розмір $315\text{h}14$. 2. Свердлувати центрувальні отвори $\varnothing 5\text{мм}$. |
| 010 | Токарна з ЧПК | 16K20Ф3 | Установ А: 1. Точити деталь по контуру попередньо за |

універсальному токарно-гвинторізному верстаті мод.16К20, а ми пропонуємо її замінити обробленням на верстаті з ЧПК мод.16К20Ф3.

Технологічна собівартість токарної операції оброблення циліндричних поверхонь, фасок, різьби, канавок та конічних поверхонь, на токарно-гвинторізному верстаті мод. 16К20 може виявилась нижчою, ніж при обробленні на верстаті з ЧПК. Але, враховуючи зменшення підготовчого часу та часу між переходами при обробленні на верстаті з ЧПК та застосування сучасних методів оброблення, що також впливає на кінцеву якість виготовлення деталі загалом, перевага надається токарному обробленню деталі на верстаті з ЧПК. Окрім того, це передбачено темою кваліфікаційної роботи.

2.5 Розроблення технологічних операцій

При проектуванні технологічної операції розробляємо наступне: уточнюємо зміст операції, вибираємо настроювальні розміри, розроблюємо операційні ескізи та схеми наладок.

При уточненні змісту операції встановлюємо, які поверхні деталі будуть оброблюватись на даному етапі. При розробці послідовності та змісту переходів необхідно прагнути скоротити час оброблення за рахунок раціонального вибору засобів технологічного оснащення, кількості переходів, суміщення основного та допоміжного часу. Суміщення переходів визначається конструкцією деталі, можливістю розташування різальних інструментів на верстаті та жорсткістю заготовки.

Раціональна побудова операції залежить від ефективного використання вибраного типу технологічного обладнання, оснастки та різального інструменту.

Технологічне обладнання (моделі металорізальних верстатів) вибираємо з врахуванням наступних показників: методів оброблення, що

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 24 |

застосовуються, потужності різання, продуктивності обладнання, вартості верстата і можливості його придбання, зручності та безпеки роботи на верстаті.

Різальний інструмент вибираємо з врахуванням максимального використання нормалізованого і стандартизованого інструменту, методу оброблення, розміру оброблюваної поверхні, точності оброблення і якості поверхні, проміжних розмірів і допусків на ці розміри, стійкості інструменту, його ріжучих властивостей та міцності, стадії оброблення (попередня, чистова), типу виробництва.

Вибір пристроїв для технологічних операцій визначаємо на основі габаритних розмірів виробу, виду заготовки, матеріалу виробу, точності оброблення, якості поверхні, конфігурації виробу, схем базування й закріплення, характеристик обладнання, типу виробництва.

Результатом цієї роботи є маршрутна технологія виготовлення деталі "Вал-шестерня 725.03-19".

2.6 Розрахунок припусків на механічне оброблення

2.6.1 Аналітичний розрахунок припусків на оброблення поверхні $\varnothing 45h10(-0,1)$.

На основі прийнятого виду заготовки і маршруту її оброблення виконуємо розрахунок припусків, операційних розмірів і допустимих відхилень на оброблення поверхні $\varnothing 45h10(-0,1)$ розрахунково-аналітичним методом.

Для заготовки, отриманої методом гарячого об'ємного штампування, значення просторових відхилень становить:

$$KKl \ 500\text{мкм}, \quad (2.9)$$

де K - величина короблення деталі, мкм;

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 25 |

k - питома кривизна заготовки на 1 мм довжини [2], с.71.

Величина залишкових просторових відхилень після чорнового, чистового точіння і шліфування визначається:

$$OCT K_y, \quad (2.10)$$

K_y - коефіцієнт уточнення форми після механічної оброблення.

0,06 - для чорнового точіння;

0,05 - для чистового точіння;

0,02 - для шліфування [2], с.73.

OCT_1 0,06 500 30мкм; OCT_2 0,05 30 1,5мкм; OCT_3 0,02 15 0,3мкм.

Похибка встановлення чорновому точінні визначається за формулою при $\sqrt{\frac{2}{3}}$ (2.11)

де B - похибка базування, мкм: $B = 0$;

z - похибка закріплення, мкм: $z = 80$ мкм [2], с.75.

Таким чином $y_3 = 80$ мкм.

Похибка встановлення при чистовому точінні:

$$y_{y1} K_y = 80 \cdot 0,05 = 4 \text{ мкм.} \quad (2.12)$$

Похибка встановлення при шліфуванні:

$$y_{y2} K_y = 4 \cdot 0,02 = 0,08 \text{ мкм.} \quad (2.13)$$

Значення параметрів якості і точності оброблюваної поверхні [3], с.181:

Для заготовки: $R_z = 320$ мкм, $h = 400$ мкм;

Чорнове точіння: $R_z = 63$ мкм, $h = 60$ мкм;

Чистове точіння: $R_z = 20$ мкм, $h = 30$ мкм;

Шліфування: $R_z = 6,3$ мкм, $h = 12$ мкм.

Мінімальне значення припуску:

$$R_{\min} = 2 R_z + h \sqrt{\frac{2}{i_1} + \frac{2}{i_2}}, \text{ мкм} \quad (2.14)$$

де R_z , h , i_1 - відповідно висота мікронерівностей, глибина λ Недокум.

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | | | |
|--|--|--|--|--|

Д
РБ
.Ф
ИТ
А.
П
М.
22
.0
0
П
3

Арк.
26

$$2Z_{\min 1} \quad 47,763 \quad 45,309 \quad 2454 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max 3} \quad 45 \quad 45,203 \quad 203 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max 2} \quad 45,203 \quad 45,809 \quad 606 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max 1} \quad 45,809 \quad 50,563 \quad 4754 \text{ мкм}.$$

Визначаємо загальні припуски $Z_{0 \max}$ і $Z_{0 \min}$, сумуючи проміжні припуски на оброблення:

$$2Z_{0 \max} \quad 203 \quad 606 \quad 4754 \quad 5563 \text{ мкм};$$

$$2Z_{0 \min} \quad 103 \quad 306 \quad 2454 \quad 2863 \text{ мкм}.$$

Перевіряємо правильність виконаних розрахунків за формулою:

$$2Z_{i \max} - 2Z_{i \min} \leq \delta_i \quad (2.16)$$

$$4754 - 2454 - 2800 \leq 500 - 2300;$$

$$606 - 306 - 500 \leq 200 - 300 - 300; \quad 203 - 103 - 200 \leq 100 - 100 - 100;$$

$$2Z_{0 \max} - 2Z_{0 \min} \leq \delta_{3\gamma} : \quad 5563 - 2863 - 2800 \leq 100 - 2700 \quad .$$

Загальний номінальний припуск $Z_{0 \text{ном}}$ і номінальний розмір заготовки $d_{3 \text{ном}}$ визначаємо за формулами:

$$Z_{0 \text{ном}} = Z_{0 \min} + H_z + H_y, \quad (2.17)$$

де H_z, H_y - нижні відхилення заготовки і деталі.

$Z_{0 \text{ном}}$

28

63

10

00

10

0

39

63 мкм;

$$d_{3 \text{ном}} = d_{0 \text{ном}} + Z_{0 \text{ном}}, \quad (2.18)$$

$$d_{3 \text{ном}} = 44,9 + 3,963 = 48,863 \text{ мм}.$$

Таблиця 2.4 – Результати розрахунку припусків на поверхню $\varnothing 45h10_{0,1}$

| Технологічні переходи оброблення | Елементи | Припуск у, мкм | R_z | h | Розрахунок | Припуск, $2Z_{\min}$, мкм | Розрахунковий розмір d_p , мм |
|--|----------|-------------------|-------|---|------------|-------------------------------|------------------------------------|
| | | | | | | | |
| Поверхні | | | | | | | |

Допуск
, мкм

Граничний
розмір, мм
min | max

Граничний
припуск,
мкм
 $2Z_{\min}$ | $2Z_{\max}$

Зм. Арк. №докум. Підпис Дата

~~ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ~~

Арк.
28

| | | | | | | | | | | | |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|------|--------|------|--------|--------|------|------|
| Заготовка | 320 | 400 | 500 | - | - | 47,763 | 2800 | 47,763 | 50,563 | - | - |
| Чорнове точіння | 63 | 60 | 30 | 80 | 2454 | 45,309 | 500 | 45,309 | 45,809 | 2454 | 4754 |
| Чистове точіння | 20 | 30 | 1,5 | 4 | 306 | 45,003 | 200 | 45,003 | 45,203 | 306 | 606 |
| Шліфування | 6,5 | 12 | 0,3 | 0,1 | 103 | 44,9 | 100 | 44,9 | 45 | 103 | 203 |

Схема графічного розміщення полів припусків і допусків на обробку поверхні $\phi 45$ вала-шестерні Н.140.63.612 - 0,1

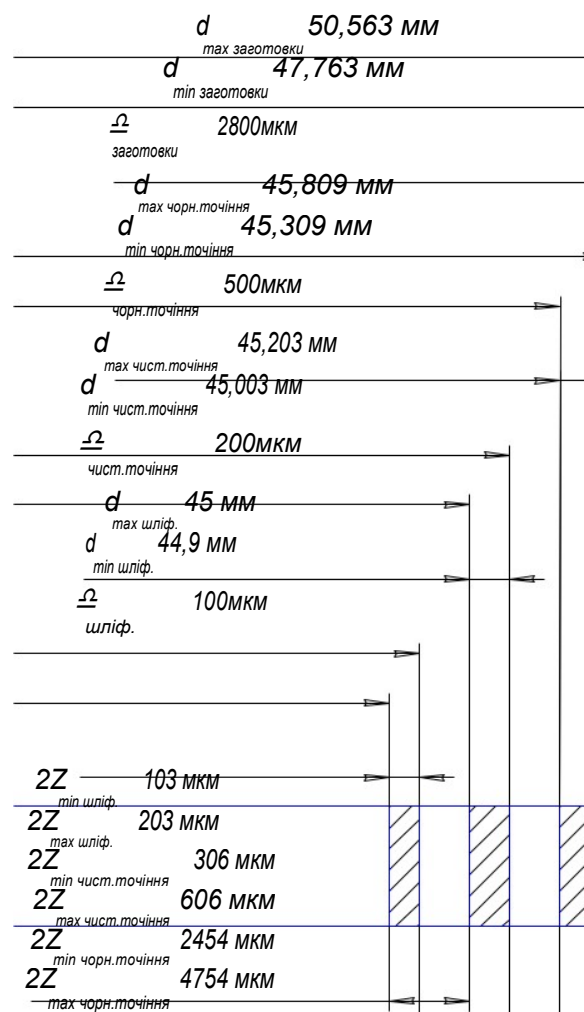


Рисунок 2.2 – Розміщення полів припусків і допусків на обробку $\phi 45h10_{0,1}$

На решту поверхонь припуски призначаємо за таблицями [3] (див. табл. 2.1).

| | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата |
|-----|------|---------|--------|------|

2.7 Розрахунок та призначення режимів різання

2.7.1 Аналітичний розрахунок режимів різання

а) Розрахунок режимів різання при фрезеруванні.

На універсальному горизонтально-фрезерувальному верстаті мод. 6Р82Г виконується фрезерування шліцьових пазів шириною $b=8\text{мм}$ і радіусом $R=40\text{мм}$. Оброблюваний матеріал – сталь 18ХГТ з $\sigma_B=980\text{МПа}$; заготовка – попередньо оброблена поверхня.

I. Вибираємо інструмент.

Приймаємо дискову тристоронню фрезу ГОСТ 3755-78. Діаметр фрези та інші конструктивні розміри вибираємо в залежності від розміру паза за [1]: D 80 мм, B 8 мм, d 27 мм (діаметр оправки), Z 18 .

II. Призначаємо режими різання.

1. Встановлюємо глибину різання. За один робочий хід знімаємо 4мм.
2. Призначаємо подачу за один оберт фрези. Матеріал фрези - швидкорізальна сталь Р6М5, потужність верстата N_d 7,5 кВт, $S_{об}$ 3 мм/об.
3. Призначаємо період стійкості фрези. Для фрези D 80 мм рекомендується період стійкості T 120 хв. [1], с.290.
4. Визначаємо швидкість різання, яка допускається її ріжучими властивостями:

$$V = \frac{C D^q}{T_i^m \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} K_V, \quad (2.19)$$

Виписуємо з таблиці 39 [1], с.288 коефіцієнти і показники степені для сталі, пазової фрези, матеріалу ріжучої частини Р6М5: C_V 68,5 ; q 0,25; x 0,3 ; y 0,2 ; u 0,2 ; p 0,1; m 0,2 . Поправочні коефіцієнти за [4], таблиця 1, с.261.

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 30 |

$$K_{MV} = K_r \frac{750^{N_r}}{980^6}, \quad (2.20)$$

де $N_r = 1$; $K_r = 0,8$ для фрезерування сталі фрезами із швидкорізальної сталі [1], таблиця 2, с.262.

$$K_{MV} = 0,8 \frac{750^1}{980^6} = 0,62.$$

За [1], таблиця 5 і 6, с.263 $K_{PV} = K_{MV} = 1$, так як поверхня заготовки без кірки і матеріал робочої частини фрези – Р6М5.

$$V = \frac{68,5 \cdot 80^{0,25}}{120^{0,2} \cdot 4^{0,3} \cdot 0,167^{0,2} \cdot 8^{0,2} \cdot 18^{0,1}} = 36,36 \text{ м/хв.}$$

5. Частота обертання шпинделя, яка відповідає визначеній швидкості різання:

$$n = \frac{1000V}{D} = \frac{1000 \cdot 36,36}{3,14 \cdot 80} = 145 \text{ об/хв.} \quad (2.21)$$

Частота обертання шпинделя за даними верстата $n_d = 160 \text{ хв}^{-1}$.

6. Дійсна швидкість різання:

$$V_d = \frac{D \cdot n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 160}{1000} = 40,19 \text{ м/хв.} \quad (2.22)$$

7. Визначаємо величину подачі:

$$V_s = \frac{S_m \cdot S}{n_d} = \frac{3 \cdot 160}{480} = 1 \text{ мм/хв.} \quad (2.23)$$

Корегуємо цю величину за даними верстата і встановлюємо дійсну величину подачі $V_s = 480 \text{ мм/хв.}$

8. Розраховуємо силу різання:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S_z^y B^u Z}{D^q n^w} K_{MP}, \quad (2.24)$$

Випишемо з [1], таблиці 41, с.291 коефіцієнти і показники степені для пазових фрез із швидкорізальної сталі: $C_p = 68,2$; $x = 0,86$; $y = 0,72$; $u = 1$; $q = 0,86$; $w = 0$.

Враховуємо поправковий коефіцієнт K_{MP} [4], таблиця 9, с.264:

Зм. **Арк.** №докум. Підпис Датаа

$$K_{MP} = \frac{e^n}{750}, \quad (2.25)$$

де $n = 0,3$.

$$K_{MP} = \frac{980^{0,3}}{750} = 1,08.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 4^{0,86} \cdot 0,167^{0,72} \cdot 818^1}{80^{0,86}} = 2216 \text{ Н}.$$

9. Визначаємо потужність, що витрачається на різання:

$$N_{PI3} = \frac{P_z \cdot V_d}{60 \cdot 1020} = \frac{2216 \cdot 40,19}{60 \cdot 1020} = 1,46 \text{ кВт}. \quad (2.26)$$

10. Перевіряємо, чи достатня потужність привода верстата.

Необхідно виконати умову $N_{PI3} \leq N_{III}$. Потужність на шпинделі верстата $N_{III} = 7,5 \cdot 0,8 = 6 \text{ кВт}$. Отже, обробка можлива, так як $1,46 \leq 6$.

11. Основний час на оброблення:

$$T_0 = \frac{L}{V_s}, \quad (2.27)$$

$$L = 8(l), \quad (2.28)$$

де $l=78\text{мм}$ - довжина паза; $\Delta=10..12 \text{ мм}$ – відстань від оброблюваної поверхні до інструменту.

$$L = 8(78 + 12) = 720 \text{ мм}.$$

$$T_0 = \frac{720}{480} = 1,5 \text{ хв}.$$

б) Розрахунок режимів різання при свердлуванні.

На фрезерувально-центрувальному верстаті свердлять отвір діаметром 5мм на глибину $l=13\text{мм}$. Вибираємо свердло діаметром $D=5\text{мм}$ зі швидкоріжучої сталі Р6М5. Геометричні параметри: форма заточування – подвійна з підточуванням поперечної кромки і смужки ДПЛ; кути свердла: 218° ; 11° ; приймаємо кут 5° .

II. Призначаємо режими різання.

1. Для свердлування сталі з $HВ\ 220$ і діаметром свердла $D\ 5\text{ мм}$,
 $0,10...0,15\text{ мм/об}$. Приймаємо $S\ 0,15\text{ мм/об}$.

Перевіряємо прийнятну подачу за осьовою складовою сили різання, допустимій міцності механізму подачі верстату. Для цього визначаємо осьову складову сили різання:

$$P_0 = 10 C_P \frac{D}{P} q S^y K_{MP} \quad (2.29)$$

У випадку свердлування конструкційної сталі з $\sigma_B\ 980\text{ МПа}$ інструментом із швидкорізальної сталі коефіцієнти і показники степенем будуть такі: $C_P\ 68$; $q\ 1,0$; $y\ 0,7$ [1], таблиця 32, с.281.

Враховуємо поправковий коефіцієнт на осьову складову сили різання $K_{MP} = K_{MP}$ [1], таблиця 9, с.264:

$$K_{MP} = \frac{\sigma_B}{750}^n ; \text{де } n = 0,75 ; \quad K_{MP} = \frac{980^{0,75}}{750} = 1,22$$

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot \frac{1}{5} \cdot 0,15^{0,7} \cdot 1,22 = 1100\text{ Н.}$$

Необхідно виконати умову $P_0 \leq P_{MAX}$, де P_{MAX} – максимальне значення осьової складової сили різання, яка допускається механізмом подачі верстата за паспортними даними верстата МР-71: $P_{MAX} = 20\text{ кН}$. Так як $1100 < 20000$, то подача $S_0 = 0,15\text{ мм/об}$ допустима.

2. Призначаємо період стійкості свердла.

Для свердла діаметром $D\ 5\text{ мм}$, при обробленні конструкційної сталі рекомендується період стійкості $T\ 20\text{ хв}$.

3. Швидкість різання, допустима ріжучими властивостями свердла:

$$V = \frac{C_V D^q}{T^m S^y} K_V, \text{ м/хв.} \quad (2.30)$$

випишуємо коефіцієнти і показники степенів формул для оброблення конструкційної сталі з $\sigma_B\ 980\text{ МПа}$ свердлом з швидкорізальної сталі Р6М5 при $S = 0,2\text{ мм/об}$ [1], таблиця 28, с. 278: $C_V = 7$; $q = 0,4$; $y = 0,7$; $m = 0,2$.

Враховуємо поправкові коефіцієнти на швидкість різання:

$$K_{MV} K_B \frac{750}{980} N_r \quad (2.31)$$

де $K_r = 0,7$; $N_r = 0,9$:

$$K_{MV} = 0,7 \frac{750^{0,9}}{980} = 0,55$$

$K_{IV} = 1$, $K_{IV} = 1$ [1], таблиця 5 і 6, с.263.

$$V = \frac{750^{0,4}}{20^{0,2} \cdot 0,15^{0,7}} = 0,55 \cdot 11 = 15,2 \text{ м/хв.}$$

4. Частота обертання шпинделя, яка відповідає швидкості різання:

$$n = \frac{1000V}{D} = \frac{1000 \cdot 15,2}{3,14 \cdot 5} = 968 \text{ об/хв.}$$

Корегуємо частоту обертання шпинделя за паспортними даними верстата і встановлюємо дійсну частоту обертання: $n_0 = 1000$ об/хв.

5. Дійсна швидкість різання:

$$V_0 = \frac{D \cdot n_0}{1000} = \frac{3,14 \cdot 5 \cdot 1000}{1000} = 15,7 \text{ м/хв.}$$

6. Момент кручення від сил опору різанню при свердлуванні:

$$M_{KP} = 10 C_M D_q S_y K_P \quad (2.32)$$

Випишуємо [1], таблиця 32, с.281 коефіцієнт і показники степені для свердлування конструкційної сталі з $\sigma_B = 980$ МПа: $C_M = 0,0345$; $q = 2$; $y = 0,8$.

Враховуємо поправковий коефіцієнт K_P , що визначений раніше,

$$K_P = K_{MP} = 1,22$$

$$M_{KP} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 5^2 \cdot 0,15^{0,8} \cdot 1,22 = 2,3 \text{ Н·м.}$$

7. Потужність, яка витрачається на різання :

$$N_{P13} = \frac{M_{KP} \cdot n_0}{9750} = \frac{2,3 \cdot 1000}{9750} = 0,24 \text{ кВт.}$$

8. Основний час:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S} \quad (2.33)$$

Перебіг свердла 1...3 мм; приймаємо $S = 3$ мм. Тоді $L = 13316$ мм.

$$T_0 = \frac{16}{1000 \cdot 0,15} = 0,107 \text{ хв.}$$

2.7.2 Призначення режимів різання за таблицями

Для інших операцій режими різання вибираємо згідно таблиць довідника [5] і зводимо у таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 – Режими різання на оброблення деталі "Вал-шестерня 725.03-19"

| Найменування операції, зміст переходу | t , мм | i , шт. | $l_{р.х}$, мм | S , мм/об/ мм/хв. | n , об/хв. | V , м/хв. | T_0 , хв. |
|---|----------|-----------|----------------|------------------------|--------------|-------------|-------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 005 Фрезерно-центрувальна | | | | | | | 0,437 |
| 1. Фрезерувати торці у розмір 315h14. | 2,5 | 1 | 150 | 1/450 | 450 | 212 | 0,33 |
| 2. Свердлувати центр. отвори Ø5 | 2,5 | 1 | 15 | 0,15 | 1000 | 15,7 | 0,107 |
| 010 Токарна з ЧПК | | | | | | | 5,423 |
| Установ А: | | | | | | | |
| 1. Точити поверхню Ø42 ^{1,8} _{1,0} начорно у розмір Ø39±0,3 | 1,5 | 1 | 100 | 0,5 | 300 | 36,74 | 0,67 |
| 2. Точити поверхню Ø49 ^{1,8} _{1,0} начорно у розмір Ø45,3±0,1 | 2 | 1 | 33 | 0,5 | 300 | 42,67 | 0,22 |
| 3. Точити поверхню Ø60 ^{1,8} _{1,0} начорно у розмір Ø56-0,3 | 2 | 1 | 22 | 0,5 | 250 | 43,96 | 0,176 |
| 4. Точити поверхню Ø64,4 ^{1,8} _{1,0} начорно у розмір Ø61±0,3 | 2 | 1 | 115 | 0,5 | 250 | 47,89 | 0,92 |
| 5. Точити начорно конічну поверхню зубчастого колеса, середній Ø120 | 2,5 | 1 | 35 | 0,5 | 150 | 56,52 | 0,467 |
| 6. Точити фаску 7×30° на поверхні Ø38,5±0,1 | 3 | 1 | 9 | 0,2 | 250 | 30,22 | 0,18 |
| 7. Точити поверхню Ø39±0,3 начисто у розмір Ø38,5±0,1 | 0,4 | 1 | 90 | 0,2 | 600 | 72,54 | 0,75 |
| 8. Точити фаску 1,6×45° на поверхні Ø56-0,3 | 1 | 1 | 2 | 0,2 | 350 | 61,55 | 0,03 |
| 9. Точити поверхню Ø61±0,3 начисто у розмір Ø60,5±0,1 | 0,4 | 1 | 42 | 0,2 | 500 | 94,99 | 0,42 |

| | | | | | | | |
|--|-----|---|----|------|-----|-------|-------|
| 10. Точити на поверхні $\varnothing 61 \pm 0,3$ заниження $\varnothing 59,5$ | 0,4 | 1 | 25 | 0,2 | 500 | 93,42 | 0,25 |
| 11. Точити поверхню $\varnothing 61 \pm 0,3$ начисто у розмір $\varnothing 60,5 \pm 0,1$ | 0,4 | 1 | 43 | 0,2 | 500 | 94,99 | 0,42 |
| 12. Точити канавку шириною 5 мм | 1,5 | 1 | 2 | 0,15 | 500 | 87,92 | 0,027 |
| 13. Точити канавку шириною 5 мм | 0,5 | 1 | 1 | 0,15 | 500 | 95,77 | 0,013 |

Закінчення табл.2.6.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|------|----|-----|------|------|-------|-------|---|
| 14. Нарізати різьбу M56×2 | 0,6 | 3 | 17 | 2 | 250 | 43,96 | 0,11 | |
| Установ Б: | | | | | | | | |
| 1. Точити внутрішню конічну поверхню шестерні, середній $\varnothing 85$ мм | 2,5 | 1 | 30 | 0,5 | 200 | 53,38 | 0,3 | |
| 2. Точити зовнішню конічну поверхню шестерні, середній $\varnothing 120$ | 2,5 | 1 | 35 | 0,5 | 150 | 56,52 | 0,47 | |
| 015 Вертикально-фрезерувальна | | | | | | | 0,74 | |
| 1. Фрезерувати шпонковий паз 8h15 | 8 | 1 | 25 | 0,15 | 225 | 5,65 | 0,74 | |
| 020 Горизонтально-фрезерувальна | | | | | | | 1,5 | |
| 1. Фрезерувати шліци D8×32×38d×6d11 | 4 | 8 | 90 | 3 | 160 | 40,19 | 1,5 | |
| 030 Круглошліфувальна | | | | | | | 5,765 | |
| 1. Шліфувати поверхню $\varnothing 38,5 \pm 0,1$ начорно у розмір $\varnothing 38,1 \pm 0,05$ | 0,05 | 8 | 100 | 0,5 | 1590 | 1498 | 1,01 | |
| 2. Шліфувати поверхню $\varnothing 38,1 \pm 0,05$ начисто у розмір $\varnothing 38d8$ | 0,02 | 5 | 100 | 0,3 | 1590 | 1498 | 1,05 | |
| 3. Шліфувати поверхню $\varnothing 45,3 \pm 0,1$ начисто у розмір $\varnothing 45h10$ | 0,02 | 10 | 35 | 0,3 | 1590 | 1498 | 0,74 | |
| 4. Шліфувати поверхню $\varnothing 60,5 \pm 0,1$ начорно у розмір $\varnothing 60,2 \pm 0,05$ | 0,05 | 6 | 45 | 0,5 | 1590 | 1498 | 0,34 | |
| 5. Шліфувати поверхню $\varnothing 60,2 \pm 0,05$ начисто у розмір $\varnothing 60h6$ | 0,02 | 10 | 45 | 0,3 | 1590 | 1498 | 0,945 | |
| 6. Шліфувати поверхню $\varnothing 60,5 \pm 0,1$ начорно у розмір $\varnothing 60,2 \pm 0,05$ | 0,05 | 6 | 50 | 0,5 | 1590 | 1498 | 0,63 | |
| 7. Шліфувати поверхню $\varnothing 60,2 \pm 0,05$ начисто у розмір $\varnothing 60k6$ | 0,02 | 10 | 50 | 0,3 | 1590 | 1498 | 1,05 | |
| 035 Зуборізна | | | | | | | 6,8 | |
| 1. Нарізати конічне зубчасте колесо з круговим зубом, Z = 20 шт.; середній | 5 | 20 | 30 | 1,4 | 63 | 45 | 6,8 | |

| | | | | |
|------|------|------------|--------|------|
| Зм.. | Арк. | № док. ум. | Підпис | Дата |
|------|------|------------|--------|------|

$T_{КЕР}$ - час на прийоми керування, хв.;

$T_{ВИМ}$ - час на вимірювання деталі, хв.

Загальний час на обслуговування робочого місця і відпочинок

$$T_{\text{ОБ.ВИДП}} = \frac{T_{\text{П}}}{100}, \quad (2.38)$$

де $T_{\text{ОБ.ВИДП}}$ - витрати на обслуговування робочого місця і відпочинок у відсотках від оперативного часу [6], с.214;

$T_{оп}$ - оперативний час на операцію, хв.

$$T_{оп} = T_0 + T_{доп}, \quad (2.39)$$

Тривалість основного часу T_0 обчислено на основі прийнятих режимів різання і наведено в табл. 2.6.

Нормативи допоміжного часу $T_{доп}$ та підготовчо-заключний час $T_{п.з}$ визначаємо за нормативами [6] для роботи на металорізальних верстатах і за нормативами [6] на слюсарне оброблення.

Нормування операцій на металорізальних верстатах з ЧПК має свої особливості [6].

Допоміжний час визначається за формулою:

$$T_{доп} = T_{в.з} + T_{м.в}, \quad (2.40)$$

де $T_{в.з}$ - час на встановлення і зняття заготовки;

$T_{м.в}$ - час, зв'язаний з виконанням допоміжних ходів і переміщень при обробленні поверхні.

Підготовчо-заключний час $T_{п.з}$ при обробленні на верстатах з ЧПК складається із витрат часу (прийомів) $T_{п.з1}$, із витрат $T_{п.з2}$, що враховують додаткові роботи і часу $T_{п.з3}$ на випробувальну обробку деталі:

$$T_{п.з} = T_{п.з1} + T_{п.з2} + T_{п.з3}. \quad (2.41)$$

Прийнята єдина норма $T_{п.з1} = 12$ хв. для всіх верстатів з ЧПК.

Нормативи часу на роботи, виконувани на верстатах з ЧПК, визначаємо згідно [6], с. 605, табл.12-19. Результати нормування часу на усіх операціях

зводимо в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 - Технічні норми часу по операціях, хв.

| № опер. | Назва операції | T_0 | $T_{ДОП}$ | $T_{ОП}$ | $T_{ОБ.В}$ | $T_{ШТ}$ | $T_{П.З}$ | $T_{ШТ К}$ | |
|---------|-----------------------------|-------|-----------|----------|------------|----------|-----------|------------|--------|
| 005 | Фрезерно-центрувальна | 0,437 | 1,02 | 1,46 | 0,12 | 1,577 | 25 | 2,077 | |
| 010 | Токарна з ЧПК | 5,423 | 4,51 | 9,93 | 0,80 | 10,73 | 40 | 11,533 | |
| 015 | Вертикально-фрезерувальна | 0,74 | 1,58 | 2,32 | 0,19 | 2,51 | 20 | 2,91 | |
| 020 | Горизонтально-фрезерувальна | 1,5 | 2,41 | 3,91 | 0,32 | 4,23 | 20 | 4,63 | |
| 025 | Слюсарна | 2,03 | 1,42 | 3,45 | 0,28 | 3,73 | 25 | 4,23 | |
| 030 | Круглошліфувальна | 5,765 | 3,67 | 9,44 | 0,76 | 10,19 | 30 | 10,795 | |
| 035 | Зуборізна | 6,8 | 2,89 | 9,69 | 0,78 | 10,47 | 35 | 11,17 | |
| Всього: | | 22,69 | | | | | | | 47,345 |

2.9 Розроблення карти налагодження для операції 010 Токарна з ЧПК

В технологічному процесі механічного оброблення деталі «вал-шестерня» є токарне оброблення на верстаті з числовим програмним керуванням. Режими різання, модель обладнання, норми часу та інші параметри даної операції визначені в п.п. 2.5 – 2.8.

Задача проектування операції полягає в деталізації як процесу оброблення, так і засобів технологічного оснащення, та встановленню кінцевих параметрів операції (режимів різання, норм часу) і складанню керуючої програми.

Спочатку вибирають вихідну точку положення різальних інструментів

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 39 |

(PI), вказуючи достатню відстань від різальних кромek інструменту до заготовки для забезпечення зручності установки і зняття заготовки. При виборі типорозміру інструменту враховують особливості його кріплення на верстаті (переріз державки різця, тип хвостовика та номер конуса Морзе мірних PI тощо). Для підготовки керуючої програми послідовно розробляють операційний ескіз, розрахунково-технологічну карту (РТК) та карту налагодження на операцію.

Операційний ескіз оформлюють у вигляді карти ескізів (форми 7 і 7а за ГОСТ 3.1105-84) і включають в комплект технологічної документації. Деталь на ескізі зображують в тому положенні, яке вона займає при обробленні на верстаті. Оброблені поверхні обводять суцільною лінією за ГОСТ 2.303-68.

Зображують схему установки деталі у верстатному пристрої (з вказуванням точок опор та затиску за ГОСТ 3.1107-81). Вибирають початок W та осі (X, Y, Z) декартової системи координат деталі (СКД). Початок W СКД з'єднують із точкою перетину комплекту технологічних баз деталі (рідше - з точкою, відносно якої проставлено більшість розмірів), за умови, що траєкторія руху інструменту описується додатними значеннями координат.

Напрямки осей координат деталі поєднують з напрямками осей координат верстата з ЧПК (останні вибираються згідно правила правої руки).

Розраховують координати опорних точок контуру деталі та проставляють відповідні налагоджувальні технологічні розміри.

Для розрахунку координат опорних точок складного контуру деталі користуються рівняннями, які описують окремі геометричні елементи контуру деталі, та співвідношеннями у сторін трикутниках .

На операційний ескіз наносять налагоджувальні технологічні розміри з граничними відхиленнями, параметри шорсткості оброблюваних

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 40 |

поверхонь та інші технічні вимоги (вимоги до взаємного розташування оброблених поверхонь та точності до їх форми). На основі операційного ескізу розробляють розрахунково-технологічну карту (РТК), яка служить для підготовки управляючої програми (УП).

В РТК приводять повну інформацію про виконувану операцію:

- ескізи з контурами деталі (чистої оброблення), заготовки та контурами проміжної оброблення;
- осі координат деталі та розташування вихідної точки («нуля програми»),
- інструмент та його траєкторію з координатами всіх опорних точок;
- значення подачі, швидкості різання та частоти обертання робочого органу верстата.

При багатоінструментальному обробленні для кожного інструменту розробляють окремий ескіз.

Розраховані координати опорних точок та режими оброблення для кожного інструменту заносять в таблицю, яку розміщують над основним написом креслення. Карта налагодження являє собою графічне зображення взаємного розташування оброблюваної заготовки, різальних і допоміжних інструментів із зазначенням їх позначень та вильотів. За картою налагодження підготовлюють комплект інструментів і встановлюють його в інструментальний магазин у гнізда. Інструментальні блоки та різальні інструменти показують в послідовності їх застосування. На карті налагодження також вказують системи координат верстата і деталі та вихідне положення («нуль програми») усіх використовуваних інструментів.

Результатом розробки даної операції з ЧПК є карта налагодження, яка приведена графічній частині роботи.

Керуюча програма розроблена для системи ЧПК 2P22 і наводиться в додатку А.

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 41 |

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування верстатного пристрою для фрезерування шліцьової поверхні D8×32×38d×6d11

3.1.1 Вибір установочних елементів, схеми базування і закріплення деталі

Розробляємо схему базування деталі "Вал-шестерня 725.03-19"у верстатному пристрої (рис. 3.1).

Рисунок 3.1 - Схема базування деталі

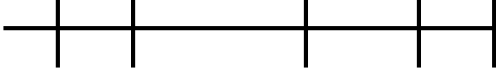
Базування деталі відбувається у плаваючому поводковому передньому центрі (лівий) з встановленням на жорсткий задній (правий) центр.

Пристрій складається з двох частин: ділильної голівки і затискного пристрою з пневмоприводом, які кріпляться на плиті гвинтами. До стола верстата пристрій кріпиться за допомогою плити і болтів. Таке компонування дає змогу точно настоювати положення деталі: витримувати співвісність центрів та паралельність осі центрів площині стола верстата.

Як установочні елементи використовуються наступні центри:

- плаваючий рифлений центр в ділильному пристрої (ГОСТ 18257-72);
- жорсткий центр(ГОСТ 13214-79).

Така установка деталі дає можливість при обробці деталі суміщення



установочної, затискної і вимірювальної баз з метою уникнення похибок встановлення та базування.

3.1.2 Розрахунок пристрою на точність

Похибка оброблення при виконанні даної операції не повинна перевищувати допустиму похибку одержуваного розміру.

Допустима сумарна похибка пристрою, мкм:

$$\text{доп.} T_k, \quad (3.1)$$

де T – поле допуску на виконуваний розмір деталі (розрахунок проводимо для двох розмірів, які одержуємо в результаті виконання операції).

$$T_1 \quad 500 \text{ мкм } 0,5 \text{ мм},$$

$$T_2 \quad 75 \text{ мкм } 0,075 \text{ мм},$$

k - поправочний коефіцієнт, $k \quad 0,6 \dots 1,0$. Приймаємо $k \quad 0,6$ [7], с.52,

50 мкм 0,05 мм - точність оброблення на верстаті [3], Т. 1, с.32.

$$\text{доп.} 1500 \quad 0,6 \quad 50 \quad \text{доп.} 2470 \text{ мкм},$$

$$75 \quad 0,6 \quad 5045 \text{ мкм}.$$

Похибка установки деталі в пристрій, мкм:

$$\text{уст.} \quad \sqrt{\frac{2}{\delta} \quad \frac{2}{\epsilon} \quad \frac{2}{\eta}}, \quad (3.2)$$

де $\delta \quad 0$ - похибка базування деталі [7], с.54

$\epsilon \quad 0$ - похибка закріплення деталі в пристрої.

При однорідній якості базових поверхонь заготовок (центрові отвори) і використанні пристроїв, які забезпечують постійну силу затиску ($Q_{\text{зам}} \text{ const}$, пневмозатискання) [7], с.19.

Однак, в загальну похибку закріплення входять також похибки, що виникають від зношування базових поверхонь, а також від якості їх виготовлення. В даному випадку це можливе перекошування самих центрових отворів в межах допуску $\varnothing 5 \pm 0,1$ мм.

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 43 |

Зміщення заготовки:

$$\text{в радіальному напрямку } y \approx 1,15 a \frac{c}{l} \quad (3.3)$$

$$\text{і в осьовому напрямку } x \approx 2,0 a \frac{c}{l}, \quad (3.4)$$

де a – довжина бокової поверхні конуса центрального гнізда, $a \approx 5$ мм,

$c \approx 0,1$ мм - приймаємо в межах допуску на розмір центрального отвору,

$l \approx 295$ мм - довжина заготовки.

$$y \approx 1,15 a \frac{c}{l} \approx 1,15 \cdot 5 \cdot \frac{0,1}{295} \approx 0,002 \text{ мм}, \quad x \approx 2,0 a \frac{c}{l} \approx 2,0 \cdot 5 \cdot \frac{0,1}{295} \approx 0,0035 \text{ мм}.$$

Тоді загальна похибка закріплення:

$$\Delta_{\text{заг.}} = \sqrt{\Delta_{\text{з.у.}}^2 + \Delta_{\text{з.х.}}^2} = \sqrt{0,002^2 + 0,0035^2} \approx 0,004 \text{ мм}.$$

Похибка виготовлення пристрою залежить від точності виготовлення деталей пристрою. В загальному випадку ця похибка не має перевищувати $(1/3 \dots 1/10) T_d$, тоді:

$$\Delta_{\text{пр.1}} \leq \frac{1}{10} T_d \approx 500 \cdot 0,05 \text{ мкм} = 0,05 \text{ мм}. \quad (3.5)$$

$$\Delta_{\text{пр.2}} \leq \frac{1}{3} T_d \approx 15 \cdot 0,015 \text{ мкм} = 0,015 \text{ мм}. \quad \Delta_{\text{уст.1}} \leq \sqrt{0^2 + 0,004^2 + 0,05^2} \approx 0,050,05 \text{ мм}.$$

$$\Delta_{\text{уст.2}} \leq \sqrt{0^2 + 0,004^2 + 0,015^2 + 0,016^2} \text{ мм}.$$

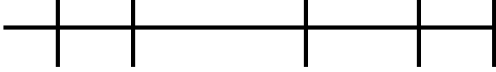
$$\Delta_{\text{дон.}} \leq 0,47 \text{ мм} (0,045 \text{ мм}), 0,05 (0,016) \text{ мм}. \quad (3.6)$$

Точність пристрою забезпечує необхідну точність оброблення деталі.

3.1.3 Розрахунок сил, необхідних для закріплення деталі

Для розрахунку сил закріплення потрібно знати умови оброблення: величину, місце і напрямок прикладання сил, що зрушують заготовку, а також схему її установки і закріплення.

Для фрезерування використовуємо дискову тристоронню фрезу (за ГОСТ 3755-78). Діаметр фрези та інші конструктивні розміри вибираємо в



залежності від розміру паза по [3]: D 80 мм, B 8мм, діаметр оправки d 27 мм, Z 18 .

Сила різання:

$$P_z = \frac{10C_P t^x S_Z^y B^u Z}{D^q n^w} K_{MP}, \quad (3.7)$$

З [1], таблиці 41, с.291 визначаємо коефіцієнти і показники степені для сталі і пазових фрез із сталі Р6М5: C_P 68,2 ; x 0,86 ; y 0,72 ; u 1 ; q 0,86 ; w 0 .

Враховуємо поправочний коефіцієнт K_{MP} [1], таблиця 9, с.264:

$$K_{MP} = \frac{v^n}{750}, \quad (3.8)$$

де $n=0,3$.

$$K_{MP} = \frac{980^{0,3}}{750} = 1,08$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 4^{0,86} \cdot 0,167^{0,72} \cdot 8 \cdot 18 \cdot 1,08}{80^{0,86}} = 2216 \text{ Н.}$$

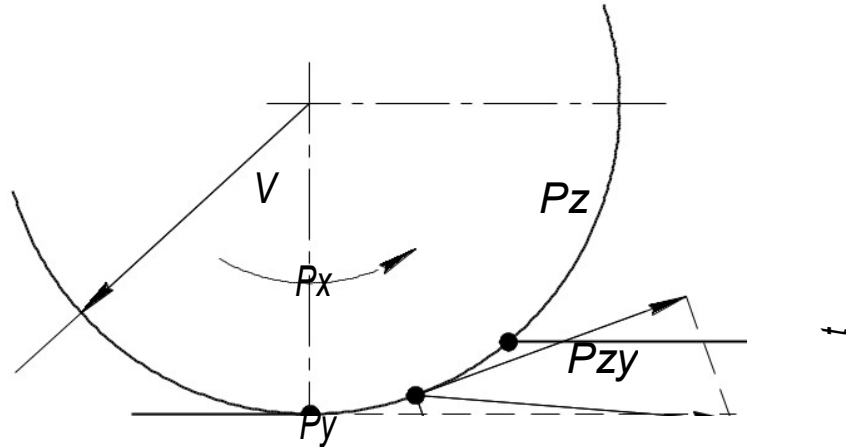


Рисунок 3.2 - Схема дії сил різання при фрезеруванні

Проаналізувавши розташування і напрямки дії сил в процесі різання, приходимо до висновку, що всі діючі на систему деталь-пристрій сили в тій чи іншій мірі прагнуть вирвати деталь із центрових отворів в різних площинах. Це виривання можливе як у вертикальній, так і в горизонтальній

| | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата |
| | | | | |

площині із-за того, що деталь є тілом обертання типу «вал».

Тому визначимо результуючу силу R :

$$R = \sqrt{P_z^2 + P_y^2 + P_x^2} \quad [15, \text{с.84}], \quad (3.9)$$

де $P_z = 2216\text{Н}$, $P_y = 0,4 P_z = 0,4 \cdot 2216 = 887\text{Н}$, $P_x = 0,2 P_z = 0,2 \cdot 2216 = 443\text{Н}$.

$$\text{Отже, } R = \sqrt{2216^2 + 887^2 + 443^2} = 2428 \text{ Н.}$$

Надійне затиснення заготовки забезпечується при умові:

$$2fQ \geq kP, \quad (3.10)$$

де $f = 0,5$ - коефіцієнт тертя. Установка на рифлену поверхню [7], с.158,

Q – зусилля затиску,

$k = 1,5$ - коефіцієнт запасу [7], с.158,

P - результуюча сила, що діє на деталь.

$$Q \geq \frac{kP}{2f} = \frac{1,5 \cdot 2428}{2 \cdot 0,5} = 3642 \text{ Н}, \quad (3.11)$$

$3642 \geq 2428$, тобто, умова надійності закріплення деталі виконується.

3.1.4 Розрахунок параметрів приводу пристрою

Розрахунок зводиться до визначення зусилля на штоку при заданих діаметрі циліндра і тиску повітря або до визначення діаметра циліндра при відомому зусиллі на штоку.

Для циліндрів подвійної дії:

- в безштоковій порожнині [7], с.222.

$$Q = 0,785 D^2 p, \quad (3.12)$$

де D - діаметр циліндра в мм,

$0,4$ МПа - тиск стисненого повітря в системі цеху,

$0,9$ - К.К.Д. пневмоциліндра.

Попередньо знаходимо діаметр пневмоциліндра із формули:

$$D = \sqrt{\frac{Q}{0,785}} = \sqrt{\frac{3642}{0,4 \cdot 0,785 \cdot 0,9}} = 114 \text{ мм.} \quad (3.13)$$

Далі за ГОСТ 15608-81 знаходимо найближчий діаметр циліндра і штока. З ряду діаметрів для даного випадку приймаємо $D = 125$ мм, $d = 32$ мм [8], Т. 1, с.426.

Проводимо перерахунок зусилля затиснення.

- зусилля для безштокової порожнини:

$$Q = 0,785 D^2 \cdot 0,785 \cdot 125^2 \cdot 0,4 \cdot 0,9 = 4420 \text{ Н.}$$

- зусилля для штокової порожнини:

$$Q = 0,785 (D^2 - d^2) \cdot 0,785 (125^2 - 32^2) \cdot 0,4 \cdot 0,9 = 4049 \text{ Н.} \quad (3.14)$$

Вибір конструкції приводу:

Для приводу механізму закріплення деталі вибираємо пневмоциліндр двосторонньої дії, що суміщений з корпусом упорної стійки, з жорстким рухомим в осьовому напрямку центром для установки і затиснення деталі.

За зразок взятий стандартний пневмоциліндр двосторонньої дії з одностороннім штоком (рис. 3.3) без гальмування згідно ГОСТ 15608-81. [8], Т. 1, с.427.

Для керування перемиканням подачі повітря в порожнини циліндра застосовуємо крановий пневмоперемикач за ГОСТ 18467-73 [8], Т. 1, с.457.

Для повороту деталі при фрезеруванні шліців за прототип вибираємо ділильну головку з горизонтальною віссю обертання УП-303 Київського заводу верстатів-автоматів (рис. 3.4) [8], Т. 2, с.302.

3.1.4. Розроблення технічних вимог, компонування пристрою та описання його роботи

Виходячи із допусків, призначених на оброблювані поверхні, технічними умовами на пристрій будуть:

- допуск неспіввісності центрів пристрою не більше 0,1 мм;
- допуск непаралельності вісі центрів до опорних поверхонь плити не більше 0,1 мм.

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 47 |

піддається старінню [17], с.156.

Розміри і конфігурацію елементів корпусів вибираємо з таблиць нормалізованих елементів, які передбачені в нормалях МН 3181-62...МН 3195-62 [7], табл.1, с.157-164.

2. Нижня плита-основа пристрою виготовляється зі сталі марки Ст.3 ГОСТ 380-60.

3. В пристрої застосовані Т-подібні пази для кріплення ділильної головки і упорної стійки до установочної плити-основи болтами. Пази виконуються згідно ГОСТ 6569-59.

4. Для установки центрів в ділильну головку і в упорну стійку проектується установочні гнізда (вимоги ГОСТ 8742-75, ГОСТ 18257-72, [7], с.126, 135. Посадкові місця під конуса Морзе №2 для упорної стійки і №3 для ділильної головки проектуємо, виходячи з рекомендацій ГОСТ 18258-72 на втулки під конуса Морзе [7], с.127.

5. Болти за ГОСТ 13152-67, виконання 2 [7], с.113 використовуються для кріплення двох частин пристрою до установочної плити, а також для кріплення всього пристрою до стола фрезерувального верстата.

6. Елементи ділильних механізмів і механізмів фіксування попередньо вибираємо у відповідності з рекомендаціями нормалей МН353...МН 355-60 [11], с.169-175.

7. Циліндри, гільзи, кришки, фланці. Матеріал циліндра – сталь 45, термооброблена до HRC 28-32, покриття – хромування тверде. Ущільнення кришок циліндру виконуються кільцями круглого перетину за ГОСТ 9833-61. Внутрішня поверхня циліндра обробляється з відхиленнями розміру згідно Н10 і шорсткістю Ra 1,6...0,8. Для амортизації удару поршня в кінці ходу в кришці встановлюємо гумове кільце [7], с.220.

8. Поршень вибираємо за рекомендаціями [7], с.217 збірним з V-подібними ущільнюючими манжетами (нормалізована конструкція за МН 2940-62...МН 2943-62). Елементи вузлів ущільнення штока, канавки під

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 49 |

кільця круглого перетину - за ГОСТ 9833-61. Елементи для V-подібних ущільнень – за рекомендаціями [7], с.218.

Складальне креслення верстатного пристрою наведене у графічній частині роботи.

Описання роботи пристрою

Даний верстатний пристрій призначений для базування і затискання заготовки під час фрезерування шліців. Пристрій складається із трьох основних частин: ділильної стійки, пневмоциліндра і плити. Ділильна стійка і пневмоциліндр кріпляться до плити болтами, які можуть пересуватись по T-подібному пазу, вирізаному у плиті. Паз прорізаний на всю довжину, тому пристрій можна переналагодити для оброблення деталей різної довжини.

Точність базування ділильної стійки і пневмоциліндра забезпечується шпонками призматичними, які кріпляться до корпусів відповідними гвинтами. Плита, в свою чергу, кріпиться до стола горизонтально-фрезерувального верстата. В корпусі ділильної стійки на упорних підшипниках обертається шпindel, в який вставляється повідковий зубчатий центр. На шпинделі встановлюється ділильний диск із 8-ма отворами для фіксування під кутом 45°. Шпindel приводиться в рух з допомогою маховика і фіксується з допомогою фіксатора (на кресленні не показано). З іншого торця деталь затискається гладким центром з допомогою пневмоциліндра, який складається з циліндра, передньої і задньої кришок, штока та ущільнюючих елементів. Шток з'єднаний гвинтом з центральною втулкою, в яку вставляється гладкий центр. Кришки пневмоциліндра стягуються шпильками і гайками, для щільного контакту торцевих поверхонь циліндра із кришками. Для запобігання ударів штока, у кришках циліндра передбачені гумові кільця, які пом'якшують різкий удар і роблять роботу пристрою більш безшумною. Шток пневмоциліндра приводиться в рух стиснутим повітрям із загальнозаводської мережі, а для

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 50 |

керування переключенням подачі повітря в порожнини циліндра застосовується крановий пневмоперемикач згідно ГОСТ 18467-73 (на кресленні не показано).

При фрезеруванні шліців оброблення проводиться почергово для кожного шліцьового паза. При кожному новому фіксуванні деталі гладкий центр відводиться при перемиканні крана пневмоциліндра, послаблюючи таким чином затиск деталі. Після повороту на потрібний кут деталь знову затискається.

3.1.5 Розрахунок деталей пристрою на міцність

Так як при обробленні шліців діє, в основному, осьове зусилля, то розміри деталей пристрою, які його сприймають, вибрані конструктивно і з великим запасом міцності.

Слабким елементом конструкції можуть бути болти кріплення кришки пневмоциліндра. Але, з врахуванням того, що вибрано стандартний пневмоциліндр з потрібним зусиллям на штоку, перевірку цю робити необхідності немає, так як запас міцності елементів приводу такого типу закладений конструкторами при їх проектуванні.

3.2 Проектування калібра-скоби для контролю шийки деталі Ø60k6

3.2.1 Призначення та область застосування граничних калібрів

У виробництві, особливо масовому і крупно-серійному, а у деяких випадках і середньо-серійному, контроль деталей часто здійснюється калібрами і шаблонами. Робочі калібри використовуються для контролю деталей на робочих місцях у процесі їх виготовлення (ПР прохідний

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 51 |

робочий; НЕ непрохідний робочий). Контрольні калібри використовують для контролю або регулювання робочих калібрів (К ПР контрольний калібр для прохідного робочого калібру; К НЕ контрольний калібр для непрохідного робочого калібру; К У контрольний калібр для контролю спрацювання прохідної сторони робочого калібру).

ГОСТ 24853 81 (СТ РЕВ 157 75) на гладкі калібри встановлює такі допуски на виготовлення: Н робочих калібрів (пробок) для отворів; Н₁ калібрів (скоб) для вала; Н_р контрольних калібрів для скоб. Для прохідних калібрів, які в процесі контролю спрацьовуються, крім допуску на виготовлення, передбачаються допуски спрацювання.

Калібри і контркалибри характеризуються номінальними і виконавчими розмірами.

3.2.2 Розрахунок виконавчих розмірів калібру скоби для контролювання шийки валу $\varnothing 60k6 \left(\begin{matrix} +0,021 \\ +0,002 \end{matrix} \right)$

Визначаємо розміри калібр-скоби для шийки вала діаметром $\varnothing 60$ мм з полем допуску $k6$ [9].

Граничні розміри валу:

$$\begin{matrix} = & + & = 60 + 0,021 = 60,021 \text{ мм} \\ & & = 60 + 0,002 = 60,002 \text{ мм} \end{matrix}$$

Вибираємо значення допусків і відхилень за ГОСТ 21401-75:

Z_I - відхилення середини поля допуску на виготовлення прохідного калібру вала відносно граничного розміру виробу, мкм;

Y_I - допустимий вихід розміру зношеного прохідного калібру валів за межу поля допуску виробів, мкм;

H_I - допуск на виготовлення калібрів для вала;

H_r - допуск на виготовлення контрольних калібрів скоби.

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 52 |

$$PP = -1 + (1/2) = 60,021 - 0,004 + (0,005/2) = 60,0195 \text{ мм}$$

Найменший розмір прохідної частини нової калібр-скоби:

$$PP = -1 - (1/2) = 60,021 - 0,004 - (0,005/2) = 60,0175 \text{ мм}$$

Розмір калібру PP, що вказується на кресленні при допускові на виготовлення $H_1 = 5 \text{ мкм}$, дорівнює $60,0175^{+0,005} \text{ мм}$.

Найбільший розмір зношеної калібр-скоби при допускові на зношування $Y_1 = 3 \text{ мкм}$ дорівнює:

$$PP_{\text{зн}} = +1 = 6,021 + 0,003 = 60,024 \text{ мм}$$

$$HE = + (1/2) = 60,002 + (0,005/2) = 60,0045 \text{ мм}$$

Найменший розмір непрохідної калібр-скоби

$$HE = - (1/2) = 60,002 - (0,005/2) = 59,9995 \text{ мм}$$

Розмір калібру HE, що проставляється на кресленні, $59,9995^{+0,005} \text{ мм}$.

Виконавчі розміри калібру:

$$PP = PP = 60,0175 \text{ мм} \quad HE = HE = 59,9995 \text{ мм}$$

Розміри контрольних калібрів до калібрів-скоб:

а) для контролю прохідної сторони калібру-скоби —

$$(K-PP) = -1 + /2 = 60,021 - 0,004 + 0,002 = 60,026 \text{ мм}$$

Розмір калібру $K-PP$, що проставляється на кресленні, дорівнює $60,026_{-0,002} \text{ мм}$.

б) для контролю непрохідної сторони скоби —

$$(K-HE) = + /2 = 60,002 + 0,002 = 60,003 \text{ мм}$$

Розмір калібру $K-HE$, що проставляється на кресленні, дорівнює $60,003_{-0,002} \text{ мм}$.

в) для контролю зношування прохідної сторони калібру-скоби

$$(K-PP) = +1 + /2 = 60,021 + 0,003 + 0,002 = 60,025 \text{ мм}$$

| | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата |

ДРБ.ФІТА.ЛМ.22.00 ПЗ

Арк.

54

Розмір калібру *K - И*, що проставляється на кресленні, дорівнює 60,025-0,002 мм.

При маркуванні калібр наносять: номінальний розмір деталі, для якої призначено калібр, буквені позначення поля допуску (квалітет) елемента виробу, значення граничних відхилень його розміру в мм, тип калібру (ПР, НЕ, К-И), товарний знак заводу-виробника.

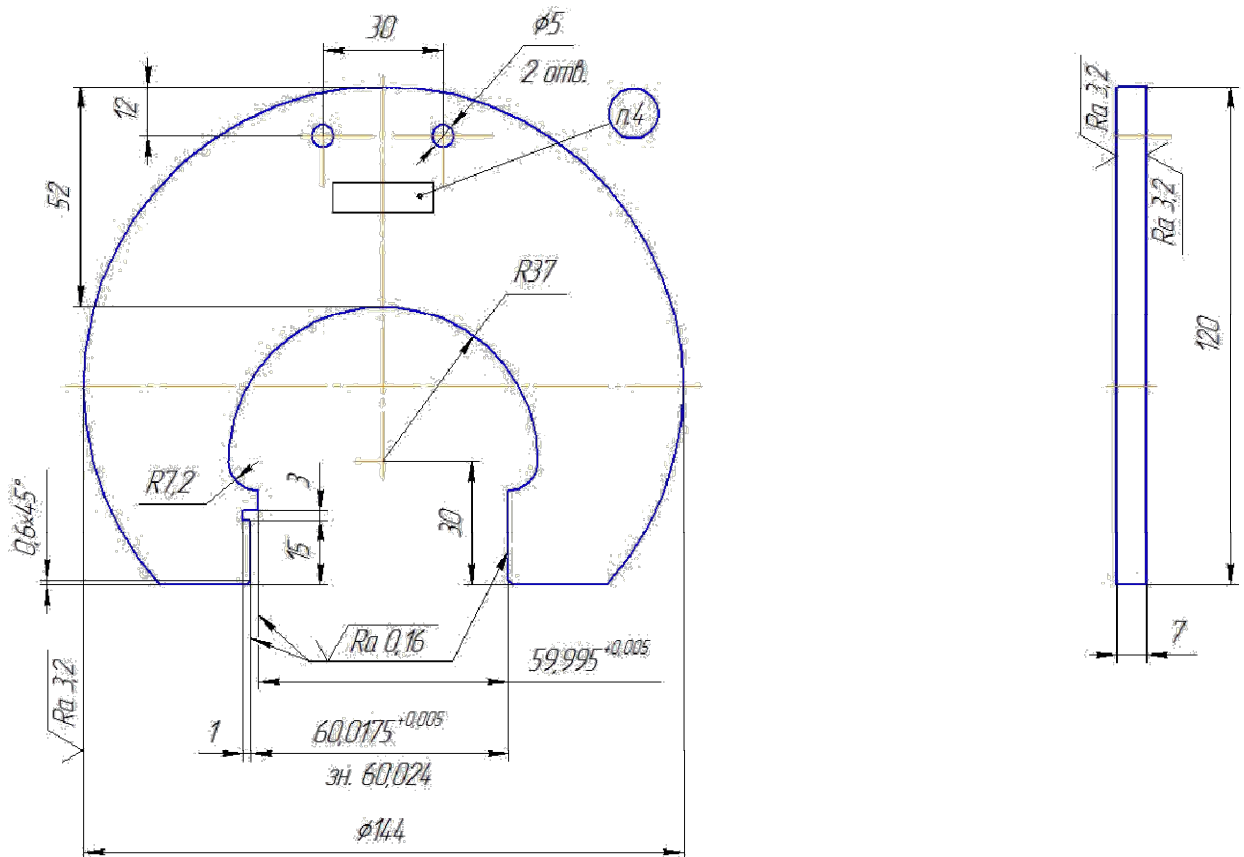


Рисунок 3.3 – Калібр-скоба для контролю розміру $\text{Ø}60k6 \left(\begin{smallmatrix} +0,021 \\ +0,002 \end{smallmatrix} \right)$

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Аналіз можливих небезпек та шкідливостей дільниці механічного оброблення деталі

Розроблений новий технологічний процес має забезпечувати найменші витрати сировини та енергії на одиницю продукції, високу якість виробів, сприяти збільшенню продуктивності праці, зниження собівартості готової продукції.

Існує ряд загальних заходів для забезпечення вимог до техніки безпеки до реалізації технологічних процесів, трудомістких та важких робіт, що враховують ступінь їх безперервності, попередження утворення вибухонебезпечних концентрацій речовин. Для цього розроблений технологічний регламент, автоматичне регулювання та управління технологічним процесом, забезпечення всіх технологічних операцій пристроями контролю та вимірювання.

Механізація трудомістких, небезпечних та шкідливих процесів ліквідує важку працю, контакт із отруйними та пожежо- та вибухонебезпечними речовинами і матеріалами, забезпечує роботу в безпечній зоні верстатів. Найбільш високий відсоток важкої ручної праці приходить на допоміжні, транспортні та завантажувально-розвантажувальні операції. Тому при розробленні нових технологічних процесів необхідно передбачити використання конвеєрних ліній, підвісних та інших засобів внутрішнього цехового транспорту, вантажопідйомних механізмів тощо.

При загальному оцінюванні технологічного процесу виготовлення деталі «вал-шестерня» слід зосередити увагу на ряд можливих небезпечних факторів, що можуть впливати на безпеку праці та здоров'я працюючого:

1. Запиленість і загазованість повітря робочої зони;

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 56 |

2. Високий рівень шуму і вібрації;
3. Недостатня освітленість робочої зони;
4. Завищена пульсація світлового потоку;
5. Вміст в повітрі пару, газів і аерозолів мастильно-охолоджуючих рідин [10].

При видаленні компонентів МОР в повітря вміст вуглеводнів складає 150...940 мг/м³, мастила аерозолію 7...45 мг/м³, забруднення одягу складає 800...900 мг/дм³. Концентрація МОР і її окремих компонентів, а також їх якісний склад залежить від витрати, способу подачі, термостабільності, характеру і режиму оброблення деталі, властивостей оброблюваного матеріалу, наявності і ефективності санітарно-технічних пристроїв.

Одним із факторів впливу на людину є психофізичний. До нього можна віднести фізичні перевантаження при встановленні, закріпленні та знятті деталі, а також перенапруження зору та монотонність праці.

До біологічних факторів можна віднести вплив хвороботворних мікроорганізмів і бактерій, що можуть з'являтися при роботі з МОР. При обробленні поверхонь деталей без використання МОР повітря може бути забруднене пилом різних інгредієнтів. Вплив пилу на організм людини залежить від його дисперсності. Частинки, що крупніші 10...12мкм осаджуються в порожнині носа, а при вдиханні через рот не проникають глибше верхніх бронхів. Частинки розміром менше 5мкм осаджуються в бронхіолах і тільки невелика їх частина проникає в альвеоли. Частинки розміром 0,8...1,6мкм осаджуються в тонких бронхіолах і альвеолах. Після всмоктуванні отруйні компоненти виділяються через легені, слизові оболонки, залози, нирки, із потовиділенням, причому, виводяться із організму з різною інтенсивністю [10].

Отруєння як результат дії пилу може бути місцевим або загальним, гострим або хронічним. Одні і ті ж речовини можуть викликати як гострі, так і хронічні отруєння (наприклад, бензол). ГДК пилу у повітрі

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 57 |

виробничого приміщення встановлені у ГОСТ 12.1.006-88. Їх враховують при розрахунку вентиляційних і газопиловловлювачах систем [11].

Для очищення робочої зони від пилу застосовується вентиляційна централізована система, яка здійснює відсмоктування повітря від обладнання системою повітропроводів, які замикаються на один пилоочисний віддільник і розташований за ним вентилятор. Викид повітря здійснюється із вентилятора в атмосферу. Пилоочисний віддільник і вентилятор в таких установках, як правило, розташовані далеко від вентиляційного обладнання.

Періодичність заміни МОР має встановлюватись за результатам контролю її вмісту, але не менше одного разу у шість місяців при лезовому обробленні і одного разу в місяць при абразивному обробленні.

До небезпечних факторів впливу на безпеку праці та здоров'я людини можна віднести також дію електричного струму. При несправності електротехнічного обладнання чи порушенні правил його експлуатації можуть відбуватися ураження електричним струмом і виникати електротравми. Найбільш небезпечним видом електротравм є електричний удар, при якому вражається центральна нервова система і відбувається параліч дихальних м'язів та серця. Електричні травми можуть проявлятися у вигляді місцевих уражень тканин та органів, контактних і дугових опіків, електричних знаків і металізації шкіри, електроопіфальмії. Безпечною величиною змінного струму (струм, що відпускає) для змінного струму з частотою $f = 50$ Гц вважається $0,01$ А, а для постійного струму - $0,1$ А [11]. Для змінного струму сили струму $0,1$ А вважається смертельним значенням, при цьому за розрахункову величину електричного опору тіла людини приймається значення в 1000 Ом.

Виходячи із вище згаданого для запобігання електротравм необхідно виконувати провідку в металевих трубах загального призначення, в яких прокладаємо від двох до чотирьох проводів одночасно, причому, ізоляцію

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 58 |

проводів розраховують на напругу 500В. Обов'язково застосовується заземлення, опір якого не повинен перевищувати 4Ом. В процесі роботи слід слідкувати за пилом, що може осідати на струмопровідних мережах і час від часу його прибирати.

До ризикованих факторів також відносяться небезпечні частини обладнання, якими є його відкриті частини чи елементи, що обертаються, наприклад, муфти, вали, шківви, різальний інструмент. Вони утворюють небезпечні зони, тобто, певний простір, в якому періодично виникають чи постійно діють небезпечні виробничі фактори, що здатні травмування працюючих. Такі зони можуть бути постійними чи змінними. До постійних відносять, наприклад, зони між пасом і шківвом, між вінцями зубчастих коліс тощо. Змінні небезпечні зони виникають в процесі оброблення при зміні його характеру, режимів, матеріалів тощо.

Для запобігання нещасних випадків усі небезпечні виступаючі зони мають бути огорожені захисними кожухами, які виготовляють із листової сталі товщиною не менше 0,8 мм, листового алюмінію товщиною не менше 2 мм чи міцної пластмаси товщиною не менше 4 мм.

Робітники і службовці для захисту від дії небезпечних і шкідливих факторів виробництва мають бути забезпечені спецодягом, головними уборами, рукавицями і запобіжними пристроями, що затверджені у певному порядку. Органи зору захищають від механічних пошкоджень окулярами, органи дихання – респіраторами універсального типу ФУ.

4.2. Основні методи і засоби контролю умов праці на підприємстві

Адміністрація підприємства зобов'язана забезпечити належне технічне облаштування всіх робочих місць і створювати на них умови

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 59 |

роботи, які відповідають правилам з охорони праці (правилам з техніки безпеки, санітарним нормам і правилам тощо).

Діюче трудове законодавство встановлює, що відповідальність за організацію праці несе директор і головний інженер. В окремих підрозділах така відповідальність покладена на керівників цехів, дільниць і служб. Безпосереднє керівництво організацією охорони праці здійснює головний інженер підприємства.

На підприємствах в трудових договорах, які щорічно від імені колективу робітників і службовців укладаються профспілковими комітетами з адміністрацією, мають передбачатися конкретні заходи в області охорони праці.

Крім того, проведення поточних заходів з охорони праці відображається в угодах, які є офіційним додатком і складовою частиною колективного договору, а також в єдиних комплексних планах оздоровчих заходів. Щорічні угоди з охорони праці – це важлива правова форма планування і проведення заходів з охорони праці. В них уточнюються і доповнюються заходи з охорони праці по цехах, дільницях, агрегатах, встановлюються терміни проведення кожного заходу, вказуються особи, що відповідальні за їх проведення.

Згідно статі КЗоТ для проведення заходів з охорони праці підприємства виділяють у встановленому порядку кошти та необхідні матеріали. Витрачання цих коштів і матеріалів на інші цілі забороняється.

З метою охорони праці КЗоТ покладає на адміністрацію підприємства, по-перше, проведення інструктажу робітників і службовців з питань техніки безпеки, виробничої санітарії, протипожежної охорони та інших правил охорони праці, по-друге, організацію роботи з професійного відбору і, по-третє, здійснення постійного контролю за дотриманням робітниками всіх вимог інструкцій з охорони праці.

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 60 |

Інструктажі і навчання правилам безпеки, прийомам і методам їх виконання мають бути організовані обов'язково на всіх підприємствах незалежно від характеру і ступеня небезпеки підприємства, а також кваліфікації і стажу роботи осіб, що там працюють.

Міністерство за узгодженням із відповідною галузевою профспілкою затверджує спеціальні положення про порядок проведення інструктажу і навчання робітників і службовців з техніки безпеки. На головного інженера підприємства покладається оперативне керування організацією інструктажів і відповідальність за їх проведення загалом по підприємству. Безпосередній контроль за своєчасним проведенням інструктажів здійснює керівник відділу, старший інженер або інженер з охорони праці. Керівник цеху і майстер виробничої ділянки теж несуть відповідальність за своєчасне і якісне проведення інструктажу.

Існує декілька видів інструктажів: вступний, первинний на робочому місці, повторний, позаплановий, поточний.

Вступний інструктаж мають проходити усі, що заново влаштовуються на підприємство, а також відрядженні та учні, що прибули на практику. Інструктаж проводить інженер з охорони праці.

Первинний інструктаж на робочому місці проводять для усіх заново прийнятих на підприємство, переведених із одного підрозділу в інший, відрядженими та іншими.

Повторний інструктаж проводиться не рідше ніж через шість місяців роботи. Мета цього інструктажу – відновити в пам'яті робітника правила з охорони праці, а також проаналізувати конкретні порушення із практики цеху чи підприємства.

Позаплановий інструктаж проводять при зміні технологічного процесу, зміні правил з охорони праці, впровадженні нової техніки, порушенні робітниками вимог безпеки праці, які можуть призвести або призвели до травми, аварії, вибуху чи пожежі; при перервах в роботі: для

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 61 |

робіт, до яких пред'являють додаткові вимоги безпеки праці більш ніж на 30 календарних днів, для інших робіт – більше 60 днів.

Поточний інструктаж проводять з робітниками перед виконанням робіт, на який оформляється допуск-наряд. Первинний інструктаж на робочому місці, повторний, позаплановий, поточний проводить безпосередньо керівник робіт. Відомості про проведені інструктажі заносять в журнал реєстрації первинного інструктажу, журнал реєстрації інструктажу на робочому місці або в допуск-наряд.

Для осіб, які обслуговують установки підвищеної небезпеки (кранівників, зварювальників тощо), навчання і перевірка знань проводиться в організаціях Держміськтехнагляду.

Важливе значення для безпеки праці має професійний відбір, мета якого полягає у виявленні осіб, непридатних за своїми фізичними і антропометричними даними для участі в тому чи іншому виробничому процесі. В ряді підприємств при поступленні на роботу проводять попередній, а в деяких випадках і періодичні медичні огляди, мета яких у попередженні професійних захворювань.

На робітників і службовців, в свою чергу, також покладаються обов'язки у дотриманні інструкцій з охорони праці, встановлених вимогами експлуатації машин і механізмів, а також використання засобів індивідуальної безпеки. Невиконання цих зобов'язань робітниками і службовцями є порушенням трудової дисципліни. Інструкції з охорони праці встановлюють правила виконання робіт і поведінку робітників у виробничих приміщеннях і на будівельних майданчиках.

Такі інструкції розробляє затверджує адміністрація підприємства спільно з профспілковим комітетом. Міністерство і відомство за узгодженням із галузевими профспілками (а в необхідних випадках і з відповідними органами нагляду за дотриманням правил з охорони праці) можуть затверджувати типові інструкції для робітників основних професій.

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 62 |

Робітники і службовці зобов'язані також дотримуватись встановлених вимог використання машин і механізмів, а також користуватися виділеними для них засобами індивідуального захисту.

Особливу роль в організації роботи із попередження нещасних випадків і проведенню заходів, що забезпечують безпечні і здорові умови праці, відіграє служба охорони праці, яка безпосередньо підпорядковується керівнику підприємства і головному інженеру. Структура цієї служби і її функції визначаються галузевими положеннями про дану службу, які затверджують відповідні міністерства за узгодженням із галузевими профспілками. Керівник підприємства визначає чисельність робітників служби охорони праці в залежності від об'єму робіт, складності і небезпечності технологічних процесів і обладнання, кількості працюючих.

Відділи (бюро) або інженери (старші інженери) з охорони праці виконують внутрішній виробничий контроль за охороною праці у всіх підрозділах.

Інженер з охорони праці відповідає за організацію розроблення відповідних заходів для виробничих підрозділів і бере участь у впровадженні цих заходів; здійснює контроль за дотриманням на підприємстві законодавства з охорони праці і перевірку виконання намічених заходів, бере участь в роботі комісій із розгляду проектів будівництва, реконструкції, ремонту цехів і обладнання та введення їх в експлуатацію; бере участь в розслідуванні причин аварій і нещасних випадків.

Для виконання цих функцій інженеру з охорони праці надані певні права, в тому числі, право давати вказівки керівникам цехів і дільниць про усунення недоліків і порушень правил безпеки, право забороняти роботу на окремих виробництвах, дільницях, агрегатах і верстатах в умовах, небезпечних для життя і здоров'я робітників, право вживати заходів із

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 63 |

вилучення інструментів, обладнання і пристроїв у випадку їх невідповідності вимогам техніки безпеки тощо.

Найважливішим завданням відділу з охорони праці (бюро, старшого інженера, інженера з охорони праці) є залучення всього колективу до участі в розробленні і впровадженні заходів з охорони праці, а також до контролю за станом охорони праці на підприємстві.

Значне поширення на підприємствах отримав триступеневий метод контролю за станом охорони праці. На першому ступені контролю беруть участь майстер і громадський інспектор з охорони праці, які кожного дня перевіряють на своїй ділянці стан робочих місць, справність обладнання, наявність і справність огорожень, індивідуальних засобів захисту тощо. Виявленні недоліки відмічають у спеціальному журналі, затим вживаються заходи із їх усунення.

Керівник цеху, голова комісії з охорони праці профкому цеху із залученням спеціалістів один раз на тиждень виконують другий ступінь контролю за станом охорони праці в цеху.

На третьому ступені контролю керівники підприємств, служби відділів, голова комісії з охорони праці профспілкового комітету підприємства один раз в місяць перевіряють стан охорони праці на підприємстві загалом. Результати перевірки обговорюються на засіданні керівників цехів і відділів у директора підприємства або головного інженера з наступним виданням відповідного наказу. В цьому наказі затверджуються заходи, направлені на подальше покращення охорони праці із зазначенням термінів їх виконання і виконавців.

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 64 |

Висновки

В даній дипломній роботі розглянуто питання вдосконалення існуючого технологічного процесу механічної обробки деталі «вал-шестерня 725.03-19». В технологічному розділі проведено аналіз технологічності деталі і технологічного процесу механічним обробленням. При цьому виявлено недоліки, пов'язані із використанням застарілого обладнання і малоефективних методів обробки. Для приведення виробництва заданої деталі до сучасних умов та вимог були зроблені зміни в маршруті оброблення, а також обладнання з використанням верстатів ЧПК. Всі токарні операції зібрано в одну – токарну з ЧПК, що значно скорочує час оброблення, а також зменшує витрати на обслуговування обладнання. Проведено розрахунки для оптимального вибору заготовки. Змінено заводську заготовку з прокату на гарячештамповану заготовку, що зменшило матеріалоемність та собівартість виробництва деталі «вал-шестерня». Розраховані відповідні до прийнятого обладнання та інструменту режими різання та призначені оптимальні припуски на оброблення.

Для підвищення механізації технологічного процесу розроблено верстатний пристрій для базування і затиску заготовки під час фрезерування шліцьових пазів на горизонтально-фрезерувальному верстаті. Пристрій скомпонований із використанням стандартизованих вузлів та елементів, що полегшує його виготовлення і ремонт. Для створення затискного зусилля в пристрої застосовано пневмоциліндр. Розрахована сила закріплення при фрезеруванні, згідно із якою вибрано за стандартами необхідний діаметр циліндра і штока пневмоциліндра. Привод даного пристрою приєднується до загальнозаводської мережі стиснутого повітря.

Спроектована також скоба для контролю розміру посадкової шийки деталі Ø60 6^(0,021_{0,002}).

| | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата |

ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ

Арк.

65

В розділі охорони праці проведено аналіз основних небезпек та шкідливостей розробленого технологічного процесу, визначено методи і засоби контролю умов праці на підприємстві.

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 66 |

Література

1. Справочник технолога-машиностроителя. Т.2. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1986.
2. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. – Мн. „Высшая школа”, 1983.
3. Справочник технолога-машиностроителя Т.1. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1986.
4. Прогресивне режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник. / Под общ. Ред. В.И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990.
5. Справочник. Режимы резания металлов. / Под редакцией Ю.В. Барановского. – Москва.: Машиностроение, 1972.
6. Н.А. Силантьева. Техническое нормирование труда в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1990.
7. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков.- М.: Машиностроение, 1971. - 384 с.
8. В.И. Анурьев. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х томах. – М.: Машиностроение, 1980.
9. ГОСТ 24853-81 Калибры гладкие. – М.: Изд. стандартов, 1981.
10. Охрана труда в машиностроении / Под ред. Е.Я. Юдина, С.В. Белова. – М.: Машиностроение, 1983. – 316с.
11. Методичні вказівки до лабораторних робіт з охорони праці та безпеки життєдіяльності. Частина II / М.В. Матішин, В.А. Кирилков, С.Т. Ушаков, А.О. Сініченко. – Хмельницький: ТУП, 1999.
12. Гордєєв А.І., Урбанюк Є.А., Безносів А.Є., Мігаль В.Г. Курсове та дипломне проектування з технології машинобудування та металорізальних верстатів: Навчальний посібник. – Хмельницький: ХНУ, 2005. – 294с.

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 67 |

ДОДАТКИ

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 68 |

Керуюча програма для верстата з ЧПК мод. 16К30Ф3

Система ЧПК – 2P22

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 69 |

Оперрація 010 Токарна з ЧПК

Установ А

%

N1 G90 G40 G18

N2 T1 S300 F150 M3

N3 G00 X19.5 Z2

N4 G01 X-98

N5 G01 X22.65

N6 G01 Z-131

N7 G01 X28

N8 G01 Z-153 S250

N9 G01 X 30.5

N10 G01 Z-268

N11 G01 X37.5 S150

N12 G01 X69 Z-293.35

N13 G01 Z-298

N14 G00 X100 Z25 M5

N15 T2 S250 F50 M3

N16 G00 X13.8 Z2

N17 G01 X19.25 Z-98 S600

N18 G01 X26.4 S350

N19 G01 Z-131

N20 G01 X28 S500

N21 G01 Z-146.5

N22 G01 X30.25

N23 G01 Z-195

N24 G01 X29.75

N25 G01 Z-220

N26 G01 X30.25

N27 G01 Z-263

N28 G01 X35

N29 G00 X100 Z25 M5

N30 T3 S500 F75 M3

N31 G01 X30 Z-153

N32 G01 X26.5

N33 G01 X40

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 70 |

N34 G01 Z-268
N35 G01 X29.5
N36 G01 X45
N37 G00 X100 Z25 M5
N38 T4 S250 F50 M3
N39 G01 X30.5 Z-131.1
N40 G01 X26.5
N41 G01 Z-151
N42 G01 X30.5
N43 G01 Z-131.1
N44 G01 X26.5
N45 G01 X30.5 Z-151
N46 G01 Z-131.1
N47 G01 X26.5
N48 G01 Z-151
N49 G01 X30.5
N50 G00 X100 Z25 M5
N51 M02

Установ Б

%

N1 G90 G40 G18
N2 T5 S200 F100 M3
N3 G01 X54.6 Z2
N4 G01 X31.04 Z-17
N5 G01 X28
N6 G00 X100 Z25 M5
N7 T1 S150 F75 M3
N8 G00 X50.36 Z2
N9 G01 X71.24 Z-20
N10 G00 X100 Z25 M5
N11 M02

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 71 |

Специфікації

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 72 |

Технологічна документація

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДРБ.ФІТА.ПМ.22.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 73 |