

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра механічної та електричної інженерії

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

бакалавр

на тему: «Виготовлення валу стрічкового транспортеру
за умов визначеного типу виробництва»

КРБ.133ГМбд_31[2].06.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»
спеціальності 133 *«Галузеве*
машинобудування»
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи 133ГМбд_31[2]
КРАСНОВ Олексій

Керівник: докт. техн. наук, професор
САЙЧУК Олександр

Полтава – 2025 року

ВСТУП

Стрічковий транспортер – це механізм, призначений для переміщення різних сипких та штучних матеріалів за допомогою стрічки, що безперервно рухається.

Основні види та застосування у сільському господарстві наступні:

- зернові транспортери (переміщують зерно на елеваторах, складах, млинах);
- використовуються у зерноочисних комплексах;
- транспортери для кормів (застосовуються на фермах для подачі кормів до годівниці тварин, а також використовуються в лініях автоматизованого кормороздавачі);
- транспортери для добрив та відходів (дозволяють механізувати транспортування органічних та мінеральних добрив. Використовуються для виділення гною та відходів у тваринницьких комплексах).

Стрічка є основною робочою частиною. Вона виготовлена з гуми, ПВХ чи інших м'яких матеріалів. Ролики та барабани – забезпечують рух та підтримку стрічки. Привідний механізм – електродвигун з редуктором, що передає рух стрічці. Рама – металева конструкція, що утримує усі елементи транспортера. Принцип роботи ґрунтується на безперервному русі стрічки, що подає матеріал від точки завантаження до точки виантаження.

Переваги стрічкових транспортерів: висока продуктивність (переміщують великі обсяги вантажу без значних витрат енергії); економічність (знижують витрати на ручну працю, гнучкість конструкції (можна змінювати довжину, кут нахилу, встановлювати на стаціонарні та пересувні установки); надійність (довговічність та стійкість до механічних навантажень).

Отже, стрічкові транспортери – незамінне обладнання у сільському господарстві, що дозволяє автоматизувати процеси транспортування зерна, кормів та добрив. Вони підвищують ефективність і знижують трудовитрати, роблячи аграрні роботи більш продуктивними та технологічними.

Мета роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є стрічковий

транспортер, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення валу.

Для вирішення поставленої мети необхідно розв'язати наступні **задачі**:

- проаналізувати службове призначення вузла, здійснити аналіз точності, охарактеризувати конструкційний матеріал, що застосовуються для виготовлення деталі, а також визначити тип виробництва на підставі річної програми запуску виробу;

- здійснити відпрацювання на технологічність вузла та деталі, запропонувати маршрут обробки поверхонь деталі, а також визначити припуски та операційні розміри відомими методами;

- сконструювати затискне пристосування для реалізації процесу механічної обробки, а також визначити зусилля затиску, розрахувати параметри силового приводу, здійснити розрахунок слабкої ланки.

- визначити економічну ефективність методу отримання заготовки деталі, а також запропонувати заходи із точки зору охорони праці та захисту довкілля;

- розробити комплект технічної документації для забезпечення потреб підприємств галузевого машинобудування

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

На розгляд виноситься транспортер стрічковий (рисунок 1.1, таблиця 1.1).

Рисунок 1.1 – Транспортер стрічковий: 1 – барабан; 2 – рама;
3 – стрічка; 4 – натяжний механізм; 5 – мотор-редуктор;
6 – барабан приводний; 7, 8 – роликові опори

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика

| Назва параметра | Величина |
|--------------------------------------|-----------|
| Продуктивність, м ³ /год. | 16...64 |
| Ширина стрічки, мм | 800 |
| Швидкість стрічки, м/с | 0,5...1,0 |
| Нахил стрічки, град. | 0...35 |
| Довжина транспортера, м | 20 |
| Маса, кг | 3637 |

Стрічковий транспортер – це механізм, призначений для транспортування сипучих і штучних вантажів на різні відстані. Його принцип роботи заснований на переміщенні вантажу за допомогою гнучкої нескінченної стрічки, що рухається по роликах або барабанах.

Основні елементи стрічкового транспортера:

- 1) привідний барабан – забезпечує рух стрічки, з'єднаний із двигуном;
- 2) натяжний барабан – підтримує необхідний рівень натягу стрічки;
- 3) стрічка – основний робочий елемент, виготовляється з гуми, тканини, металу або полімерів;
- 4) роликотопори – підтримують стрічку по всій довжині, зменшуючи тертя та деформацію;
- 5) привідний механізм – включає електродвигун, редуктор і систему передачі крутного моменту;
- 6) рама – конструкція, що підтримує всі елементи транспортера;
- 7) завантажувальні та вивантажувальні пристрої – місця подачі та скидання вантажу.

Принцип роботи наступний. Запуск двигуна. Привідний барабан починає обертатися. Рух стрічки. Завдяки тертю між барабаном і стрічкою, остання починає рух. Переміщення вантажу. Матеріали, розміщені на стрічці, рухаються разом із нею. Вивантаження. У потрібній точці вантаж автоматично або вручну скидається.

Стрічкові транспортери широко використовуються у промисловості, сільському господарстві, гірничій справі та логістиці через їхню надійність, простоту обслуговування та ефективність.

Деталлю, що виноситься на детальний розгляд, є вал (рисунок 1.2). Вал виготовлений зі сталі 45 за ДСТУ 7809:2015. В одному торці валу просвердлено два отвори M20, за допомогою яких до нього кріпиться упорна шайба, що тримає на валу зірочку. З іншого боку валу нарізана різьба M142 на яку накручується шайба, для утримання валу у потрібному положенні.

Рисунок 1.2 – Вал

На вал напресовуються підшипники, які разом із валом встановлюють у корпус підшипника і закриваються кришками. Корпус підшипника виготовлено із сірого чавуну СЧ 20 за ДСТУ 8833:2019.

Корпус стоїть на регульовальному клині і разом з ним прикріплений до плити за допомогою шпильок. Регульовальний клин передбачено для того, щоб підняти, або опустити (вверх або вниз відповідно), привідний вал. На лапах корпусу підшипника отвори просвердлені зі зміщенням з метою полегшення установлення стрічки.

1.2 Аналіз параметрів точності

При проведенні аналізу параметрів точності деталі заповнюємо таблицю 1.2 (рисунок 1.2), у якій наведені дані про точність виготовлення та якість обробки [3, 9, 11, 13, 18, 21, 25, 29, 40, 47, 48].

Таблиця 1.2 – Аналіз параметрів точності

| Тип поверхні | Розмір і допуск | Квалітет | Відхилення | | Шорсткість Ra, мкм |
|--------------|-----------------|----------|----------------|-----------|--------------------|
| | | | Форми | Положення | |
| Циліндрична | φ150 | h9 | $\sqrt{0,004}$ | ◎0.02 | 3.2 |
| Циліндрична | φ160 | k6 | $\sqrt{0,004}$ | ◎0.02 | 0.8 |
| Циліндрична | φ178 | | $\sqrt{0,004}$ | ◎0.02 | 6.3 |
| Циліндрична | φ180 | h9 | $\sqrt{0,004}$ | ◎0.02 | 3.2 |
| Циліндрична | φ178 | | $\sqrt{0,004}$ | ◎0.02 | 6.3 |
| Циліндрична | φ160 | k6 | $\sqrt{0,004}$ | ◎0.02 | 0.8 |
| Різьбова | M145×3 | g8 | | ◎0.12 | 3.2 |

| | | | | | |
|---------------|--------|----|--|------------------------------|-----|
| Шпонковий паз | 15+0,3 | | | $\equiv 0,068$ $// 0,022$ | 6,3 |
| Шпонковий паз | 45 | N9 | | | 6,3 |
| Шпонковий паз | 12+0,3 | | | $\equiv 0,068$ $// 0,022$ | 6,3 |
| Шпонковий паз | 36 | N9 | | | 6,3 |
| Різьбова | M20 | H7 | | | |

Провівши аналіз якості виконання поверхонь деталі, маємо, що найточніший розмір у поверхні $\phi 160k6$ і найнижча шорсткість $Ra=0,8$ мкм. Деталь може бути виготовлена у заводських умовах.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

Марка матеріалу для виготовлення деталей визначається службовим призначенням і умовами роботи вузла, що розробляється в роботі. При цьому необхідно враховувати вплив властивостей матеріалу на такі конструктивні параметри, як міцність і жорсткість конструкції, вібростійкість, зносостійкість окремих поверхонь, габарити і масу деталі [24, 37].

При виготовленні деталі в якості матеріалу використовуються сталь 45 ДСТУ 7809:2015. Вуглецеві сталі класифікують за деякими ознаками, основними з яких є хімічний склад, склад та призначення.

За хімічним складом сталі розрізняють на мало вуглецеві (до 0,25%С), середньо вуглецеві (0,3...0,65%С) та високо вуглецеві (більше 0,65%С). За якістю розрізняють сталі звичайної якості ($S \leq 0,06\%$ та $P \leq 0,04\%$), якісні ($S \leq 0,04\%$ та $P \leq 0,04\%$), та високоякісні ($S \leq 0,03\%$ та $P \leq 0,03\%$). При цьому враховується спосіб виготовлення сталі. За призначенням сталі поділяють на конструкційні та інструментальні. В конструкційних сталях розрізняють будівельні (переважно мало

вуглецеві) та машинобудівні (маловуглецеві та середньовуглецеві). Інструментальні сталі передбачені для виготовлення ріжучого, вимірного та штампового інструменту.

Вуглецеві якісні конструкційні сталі за видами обробки розподіляються на гаряче катання, калібрування, кування, круглі зі спеціальним обробітком поверхні.

Дані сталі виплавляють в кисневих конвертерах, мартенівських та електричних печах, та використовують для виготовлення відповідальних деталей. Їх розподіляють на дві групи: 1 – сталі з нормальним вмістом марганцю; 2 – з підвищеним вмістом марганцю.

Хімічний склад і властивості матеріалу наведені нижче в таблиці 1.3. Також у цій таблиці приведено марку, хімічний склад та властивості матеріалу, яким можна замінити базовий матеріал.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад та механічні властивості матеріалу деталі

| Сталь | σ_b , МПа | σ_t , МПа | Твердість НВ·10 ⁻¹ , МПа | Масова частка хімічних елементів | |
|-------|------------------|------------------|---|-------------------------------------|-------------|
| | | | | C | Mn |
| 45 | 598 | 363 | 193 | 0.45% | 0.25...0.8% |
| 40 | 568 | 321 | 183 | 0.4% | 0.25...0.8% |

Як бачимо, з характеристик, сталь 40 добре підходить для виготовлення деталі у якості замітника.

1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в деталях валу стрічкового транспортеру у кількості 200 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою:

$$N_{зан} = (N_{вип} + N_{зч}) \cdot (1 + k_{бр}), \quad (1.1)$$

де $N_{вип}$ – річна програма випуску виробів, шт.;

$N_{зч}$ – кількість виробів, що йдуть на запчастини, приймаємо рівною 3-5% від програми випуску, тис. од;

$k_{бр}$ – коефіцієнт, що враховує технологічні витрати, які неможливо уникнути.

Приймаємо рівним 2-3% від сумарної кількості виробів, що формують програму випуску та йдуть на запчастини.

$$N_{зан} = (200 + 0,04 \cdot 200) \cdot (1 + 0,025) = 213 \text{ (шт.)}$$

Максимальна маса оброблених заготовок деталей вузла перевищує 300 кг, тому за [34] визначаємо тип виробництва – середньосерійне.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

При аналізі вузла на технологічність необхідно перевірити його по ряду факторів, які відповідають технологічності виробу. Якщо вузол по яким-небудь параметрам не відповідає вимогам технологічності, то необхідно (по можливості) прийняти міри по поліпшенню конструкції. Нижче перераховані основні вимоги до технологічності [23].

При складанні вузла і встановленні його на машину, роботи пригонки відсутні. Це пояснюється правильним вибором конфігурації деталей, доцільним їх розташуванням, застосуванням прокладок, які компенсують похибку при встановленні.

Вузол має у своєму складі багато стандартних та уніфікованих деталей, що значно спрощує його виготовлення. Наглядно це можна представити у вигляді коефіцієнтів стандартизації та уніфікації:

Коефіцієнт уніфікації:

$$Y = \frac{n}{N} = \frac{45}{67} = 0,67, \quad (2.1)$$

де n – кількість уніфікованих деталей;

N – загальна кількість деталей.

Коефіцієнт стандартизації:

$$Cm = \frac{n}{N} = \frac{22}{67} = 0,33 \quad (2.2)$$

де n – кількість стандартних деталей;

N – загальна кількість деталей.

Можливість спрощення з'єднання деталей виключається, так як при цьому зміниться герметичність вузла. У даному випадку з'єднання деталей найпростіше і зменшення кількості деталей виключається. Вузол не має зайвих складових частин.

Дана складальна одиниця піддається в умовах експлуатації періодичним розбиранням при ремонті. Вузол технологічний з точки зору процесу розбирання завдяки простому прикріпленню однієї деталі до іншої, наявності різьбового з'єднання і складових частин.

У конструкції вузла передбачені елементи, що забезпечують задану точність розташування її складових частин. Фаски та радіуси заокруглень, виконані на поверхнях складальних одиниць забезпечують гарне центрування при складанні та спрощують його. Роль компенсаторів і регуляторів відіграють прокладки.

На основі цих факторів можна зробити висновок, що вузол є технологічним, що призводить до спрощення та скорочення трудомісткості складання, дозволяє не тільки знизити вартість виробів, але й одночасно підвищити їх якість.

В таблиці 2.1 наводимо аналіз технологічності деталі.

Таблиця 2.1 – Аналіз на технологічність деталі

| № з. п. | Показники і вимоги до технологічності | Висновки по показниках технологічності | Заходи з покращення технологічності |
|---------|---|---|-------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Необхідна наявність зручних технологічних баз, що забезпечують необхідну орієнтацію та надійне закріплення заготовки. | Деталь має зручні технологічні бази. Таким чином забезпечується необхідна орієнтація і надійне закріплення заготовки. | Не потрібні. |

Продовження таблиці 2.1

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|--|---|--------------|
| 2 | Конструкція деталі повинна дозволяти установку і закріплення її простими пристроями. | Конструкція деталі дозволяє установку і закріплення її простими пристроями: пневматичними або ручними лещатами. | Не потрібні. |
| 3 | Отвори в деталі повинні бути такими, щоб їх можна було обробити на прохід. | Деталь не має глухих отворів. | Не потрібні. |
| 4 | У деталях необхідно уникати отворів $I > (8...10)D$. | У даному випадку такі отвори відсутні. | Не потрібні. |
| 5 | Розміри розташування отворів повинні допускати багатошпindelну обробку, для цього відстань між осями повинна бути не менше 30...40 мм. | Розміри розташування отворів допускають багатошпindelну обробку. | Не потрібні. |
| 6 | Не потрібно застосовувати дрібні різьбові отвори. | У конструкції деталі застосовуються отвори М6, але збільшити діаметр не дозволяє конструкція. | Не потрібні. |
| 7 | Не бажана наявність глухих шліфованих поверхонь. | Деталь не має глухих шліфованих поверхонь. | Не потрібні. |

Продовження таблиці 2.1

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|--|--|--------------|
| 8 | Припуски на заготовку повинні бути мінімальні. | Виходячи з виробничої програми і методу отримання заготовки – лиття у пишані форми при машинній формовці припуски на заготовку мінімальні. | Не потрібні. |
| 9 | При аналізі креслення необхідна перевірка співвідношення між полями допусків і шерсткістю. | При проведенні аналізу креслення виявлено, що співвідношення між полями допусків і шерсткістю є задовільними. | Не потрібні. |
| 10 | Для автоматизованого складання необхідно застосувати елементи для само встановлення і центрування поверхонь. | Конструкція корпусу має елементи для само встановлення і центрування поверхонь – радіуси закруглень. | Не потрібні. |

Деталь «Вал» є технологічною з точки зору автоматизованого виробництва.

2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення

Вал виготовляють з прокату $\varnothing 90 \times 1980$ мм. Хоча даний метод дешевий, але наступна механічна обробка вимагає значних витрат на зняття припуску. Коефіцієнт використання металу низький, тому пропонуємо стримувати заготовку штампуванням.

Оскільки припуск при штампуванні зменшиться, то відпаде необхідність у деяких операціях механічної обробки, що зменшує кількість верстатів, необхідних для виготовлення деталі.

Оскільки вал виготовляється в умовах одиничного виробництва, то при його виготовленні на підприємстві використовуються стандартні універсальні пристрої, універсальні верстати, різальний інструмент. В умовах серійного виробництва пропонується використовувати верстати з ЧПК та пристрої спеціальної конструкції. Загострення прогресивного різального інструменту дозволяє підвищити швидкість різання, що значно зменшує штучний час виготовлення деталі, а відповідно і витрати енергії, інструменту тощо. Це також зменшує собівартість деталі.

2.3 Обробка поверхонь

Різні поверхні деталі виконують різні функції, тому вимоги до них найрізноманітніші: за точністю, шорсткістю та іншими критеріями [3, 6, 9, 11, 13, 18, 21]. Кількість ступенів обробки визначається за формулою:

$$\varepsilon = \frac{T_3}{T_{\pi}} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_3}{T_2} \cdots \frac{T_{i-1}}{T_i} \cdots \frac{T_{n-1}}{T_n} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdots \varepsilon_n = \prod_i \varepsilon_i \quad (2.3)$$

де ε – загальне значення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

Π – число ступенів обробки;

T_3, T_{π}, T_i – відповідно допуски для заготовки деталі, окремого ступеня обробки.

Розкладаючи загальне значення на співмножники, потрібно враховувати типові рекомендації: для першого ступеня чорнової обробки досяжними є величини уточнення $\varepsilon < 6$; для проміжних ступенів напівчистої обробки $\varepsilon = 3 \dots 4$; для ступеня чистої обробки $\varepsilon = 1,5 \dots 2$.

Для найбільш спрямованого вибору числа ступенів обробки необхідно застосувати формулу:

$$n_p = \lg(\varepsilon) / 0,46. \quad (2.4)$$

Пропонуємо наступні обробки поверхонь деталі (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Методи обробки поверхонь деталі

| Позначення поверхні | Квалітет за кресленням | Допуск за кресленням, мм | Шорсткість Ra за креслен. | Допуск заготовки, мм (Ra) | Квалітет заготовки | Загальне уточнення | Можливі маршрути обробки поверхонь | | Квалітет після обробки | Достигнений допуск, мм (Ra) | Коефіцієнт уточнення | Загальне уточнення |
|---------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------|--------------------|------------------------------------|-----------------|------------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------|
| | | | | | | | Номер маршруту | Перехід МОП | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 1 | 12 | 300 | 12,5 | 870 | 14 | 2,9 | 1. | Чорнове точіння | 12 | 300 | 2,9 | 2,9 |
| 2 | 12 | 250 | 12,5 | 740 | 14 | 2,96 | 1. | Чорнове точіння | 12 | 250 | 2,9 | 2,9 |
| 3 | 6 | 16 | 0,8 | 620 | 14 | 38,8 | 1. | Чорнове точіння | 11 | 160 | 3,9 | 38,8 |
| | | | | | | | | Чистове точіння | 9 | 62 | 2,6 | |
| | | | | | | | | Тонке точіння | 7 | 25 | 2,5 | |
| | | | | | | | | Шліфування | 6 | 16 | 1,6 | |

Продовження таблиці 2.2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|---|----|-----|-----|------|----|------|----|-----------------|----|-----|-----|------|
| 4 | 6 | 13 | 0,8 | 620 | 14 | 47,7 | 1. | Чорнове точіння | 11 | 160 | 3,9 | 47,7 |
| | | | | | | | | Чистове | 9 | 62 | 2,6 | |
| | | | | | | | | Тонке | 7 | 25 | 2,5 | |
| | | | | | | | | Шліфування | 6 | 13 | 1,9 | |
| 5 | 8 | 22 | 3,2 | | | | 1. | Свердління | 11 | 90 | - | - |
| | | | | | | | | Розвертання | 8 | 22 | - | - |
| 6 | 12 | 400 | 6,3 | 1000 | 14 | 2,5 | 1. | Фрезерування | 12 | 400 | 2,5 | 2,5 |
| 7 | 12 | 400 | 6,3 | 1000 | 14 | 2,5 | 1. | Фрезерування | 12 | 400 | 2,5 | 2,5 |
| 8 | 12 | 400 | 6,3 | 1000 | 14 | 2,5 | 1. | Фрезерування | 12 | 400 | 2,5 | 2,5 |
| 9 | 6 | 16 | 1,6 | 620 | 14 | 38,8 | 1. | Чорнове точіння | 11 | 160 | 3,9 | 38,8 |
| | | | | | | | | Чистове | 9 | 62 | 2,6 | |
| | | | | | | | | Тонке | 7 | 25 | 2,5 | |
| | | | | | | | | Шліфування | 6 | 13 | 1,9 | |

Правлад, для обробки поверхні – Ø160к6. Допуск за креслеником 0,025 мм, допуск заготовки – 1,0 мм. Загальне уточнення складає:

$$\varepsilon = \frac{1,0}{0,025} = 40.$$

Орієнтовна кількість ступенів обробки:

$$n_p = \frac{\lg 40}{0,46} \approx 3,5.$$

Отже, необхідно передбачити не менше 3 етапів обробки для даної поверхні.

Загальний висновок: при виборі методів обробки кожної поверхні деталі, будемо керуватися показниками собівартості обробки та збільшенням якості оброблених поверхонь.

2.4 Розробка маршруту виготовлення деталі

Маршрут обробки деталі – це послідовність технологічних операцій, що необхідні для виготовлення деталі із заготовки. Він включає перелік обладнання, інструментів, режимів обробки та контролю якості.

Маршрут обробки деталі будемо на підставі обраних маршрутів обробки окремих поверхонь з урахуванням типу виробництва (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 – Маршрут обробки деталі

Продовження таблиці 2.3

Продовження таблиці 2.3

2.5 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

Як відомо, застосовуються два методи для визначення припусків на обробку: розрахунково-аналітичний та таблицьний [29, 40, 48]. Визначення припусків на механічну обробку розрахунково-аналітичним методом проводимо для однієї найбільш точної поверхні. У нашому випадку це розмір $\varnothing 160_{k6}$ мм.

Розрахункова формула для визначення припуску на обробку зовнішньої чи внутрішньої поверхонь обертання:

$$2z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + \sigma_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.5)$$

де Rz_{i-1} – висота мікронерівностей, мкм;

T_{i-1} – глибина дефектного шару на попередньому переході, мкм;

ρ_{i-1} – сумарні відхилення розташування поверхні (відхилення від паралельності, перпендикулярності, співвісності, симетричності, перетину осей, позиційне) і у деяких випадках відхилення форми поверхні (відхилення від площинності, прямолінійності) на попередньому переході;

ϵ_1 – похибка встановлення заготовки на переході, що виконується.

Правильність розрахунку перевіряється за формулою:

$$Z_{0 \max} - Z_{0 \min} = \delta_{\text{заг.}} - \delta_{\text{дет.}} \quad (2.6)$$

де $\delta_{\text{заг.}}$, $\delta_{\text{дет.}}$ – допуск заготовки та деталі відповідно.

Карта розрахунку припусків на обробку та граничні розміри по технологічних переходах наведені у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці $\varnothing 160k6$ мм

| Технол. перехід | Елемент припуску, мкм | | | | Розр. припуск $2Z_{\min}$ мкм | Розр. розмір, d_p , мм | Допуск, мкм | Граничний розмір, мм | | Граничний припуск, мкм | |
|-----------------|-----------------------|-----|----------|---------------|-------------------------------|--------------------------|-------------|----------------------|------------|------------------------|-------------|
| | R_z | T | Δ | ε | | | | D_{\min} | D_{\max} | $2Z_{\max}$ | $2Z_{\min}$ |
| Штампування | 400 | 400 | 3160 | - | - | 168,423 | 2500 | 168,4 | 170,9 | - | - |
| Чорнове точіння | 100 | 100 | 0 | - | 7920 | 160,503 | 1000 | 160,5 | 161,5 | 9400 | 7900 |
| Чистове точіння | 25 | 25 | 0 | - | 400 | 160,103 | 160 | 160,1 | 160,26 | 1240 | 400 |
| Шліфування | 5 | 5 | 0 | - | 100 | 160,003 | 25 | 160,003 | 160,028 | 232 | 97 |
| | | | | | | | | | Σ | 10872 | 8397 |

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

$$2 \cdot Z_{\max} - 2 \cdot Z_{\min} = \delta_z - \delta_{дс} \quad (2.7)$$

$$10872 - 8397 = 2500 - 25,$$

$$2475 = 2475.$$

Для наочності результати розрахунків зручно зобразити графічно (рисунок 2.1).

Рисунок 2.1 – Графічна схема розташування припусків на обробку
студені валу $\varnothing 160k6$ мм

На решту поверхонь деталі припуски визначаємо табличним способом із використанням довідників. Конкретні значення припусків заносимо до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Припуски на механічно оброблені поверхні деталі

| № пов. | Найменування поверхні | Найменування переходу | Припуск Z_{\min} , мм |
|--------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Циліндрична | Гочіння одноразове | 3,0 |
| 2 | Циліндрична | Точіння чорнове | 3,0 |

Продовження таблиці 2.5

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|------|-------------|---------------------------|------|
| 3, 4 | Циліндрична | Точіння чорнове | 2,0 |
| | | Точіння чистове | 1,0 |
| | | Точіння тонке | 0,5 |
| | | Шліфування чистове | 0,25 |
| 5 | Отвір | Свердління чорнове | 3,0 |
| | | Розвертання чистове | 0,5 |
| 6, 7 | Площина | Фрезерування одностороннє | 3,0 |
| 8 | Площина | Точіння чорнове | 3,0 |
| 9 | Площина | Точіння чорнове | 3,0 |
| 10 | Площина | Точіння чорнове | 3,0 |

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Для операції механічної обробки деталі (030 фрезерна) розробляємо конструкцію затискного пристосування, керуючись рекомендаціями [12, 36, 38, 39]. Складальний кресленник пристосування представлено у графічній частині роботи, а також на рисунку 3.1.

Рисунок 3.1 – Пристосування затискне

Пристосування складається із наступних елементів: 1 – камера пневматична; 2 – вал; 3 – кран; 4 – плита упорна; 5 – шток; 6 – упор; 7 – призма; 8 – шпонка; 9 – планка зжимна; 10 – трубка; 11, 12 – гайка; 13-15 – болт; 16 – клин упорне; 17 – шайба; 18 – штифт.

У якості приводу використовується пневмоциліндр двобічної дії. Після встановлення деталі на призми (із контактом на упор) поворотом рукоятки повітря подається у штокову порожнину пневмоцилиндру. Воно тисне на поршень зі штоком. Шток затискає деталь. Після обробки повітря поворотом рукоятки направляється в іншу сторону – виконується розтиск деталі.

Пристосування універсальне, тому його можна переналагодити на іншу деталь. Для цього лише необхідно замінити положення елементів, що встановлені на плиті.

3.2 Розрахунок зусилля затиску та параметри силового приводу

Складемо схему діючих сил і визначимо з неї силу, яка необхідна для затиску W [7, 28, 12, 36, 38, 39]. На даній операції максимальна сила різання P_z при фрезеруванні шпонкового пазу.

Сила P_z намагається виштовхнути заготовку паралельно площині закріплення.

Складемо рівняння рівноваги у вигляді $\sum F_{iy}$:

$$F_{TP} - K \cdot P_z = 0; \quad (3.1)$$

$F_{TP} = W \cdot f$, де f – коефіцієнт тертя.

Тоді рівняння (3.1) прийме вигляд:

$$W \cdot f - K \cdot P_z = 0. \quad (3.2)$$

Звідки

$$W = \frac{K \cdot P_z}{f}, \quad (3.3)$$

де $K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6$ – коефіцієнт запасу,

$K_0 = 1,2$ – коефіцієнт гарантованого запасу;

$K_1 = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує стан поверхні деталі;

$K_2 = 1,1$ – коефіцієнт, який враховує затуплення РІ;

$K_3 = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання при перервному різанні;

$K_4 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує постійність сили затискання;

$K_5 = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує ергономіку затискних пристосувань;

$K_6 = 1,0$.

Тоді K дорівнює:

$$K = 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 2,28.$$

$f = 0,1$ – коефіцієнт тертя.

Силу різання P_z визначимо за формулою:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^\omega} \cdot K_p, \quad (3.4)$$

де $t = 3,0$ мм – глибина різання;

$S = 0,1$ мм/зуб – подача;

$B = 10$ мм – ширина фрезерування;

$z = 2$ – кількість зубів фрези;

$D = 12$ мм – діаметр фрези;

$n = 800$ хв⁻¹ – частота обертання фрези;

$K_p = 1,1$ – загальний поправочний коефіцієнт;

$C_p = 67,5$; $x = 0,95$; $y = 0,8$; $u = 1,1$; $q = 1,1$; $\omega = 0$ – коефіцієнт та показники степеню.

Визначимо силу різання:

$$P_z = \frac{10 \cdot 67,5 \cdot 3,0^{0,95} \cdot 0,1^{0,8} \cdot 10^{1,1} \cdot 2}{12^{1,1} \cdot 800^0} \cdot 1,1 = 546,9 \text{ (Н)}.$$

Визначимо силу, необхідну для закріплення:

$$M = \frac{546,9 \cdot 2,28}{0,1} = 12469,3 \text{ (Н)}.$$

Діаметр пневматичного циліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi P_n \cdot \eta}}, \quad (3.5)$$

де P_n – тиск стиснутого повітря, $P_n = 0,6$ МПа;

η – коефіцієнт корисної дії привода; $\eta = 0,9$;

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 12469,3}{3,14 \cdot 0,6 \cdot 0,9}} = 171,5 \text{ (мм)}.$$

Із стандартного ряду приймаємо діаметр пневматичного циліндра 200 мм.

Відповідно реальне зусилля, що створюється силовим приводом становитиме:

$$Q = P_{\text{н}} \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot \eta, \quad (3.6)$$

$$Q = 0,6 \cdot \frac{3,14 \cdot 200^2}{4} \cdot 0,9 = 16956 \text{ (Н)}.$$

3.3 Розрахунок слабкої ланки на міцність

Виконаємо перевірку на міцність різьбової частини М68 штока. Дана ділянка штоку є найбільш ослабленою і має концентратор напружень (різьба). Умова міцності на розтяг має наступний вигляд:

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d_1^2} \leq [\sigma_p], \quad (3.6)$$

де σ_p і $[\sigma_p]$ – відповідно розрахункове й допустиме напруження розтягу у поперечному перерізі нарізаної частини, МПа;

F – розтягувальна сила, Н;

d_1 – внутрішній діаметр різі, мм, 61,5 мм.

У нашому випадку маємо:

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot 16956}{3,14 \cdot (61,5 \cdot 10^{-3})^2} = 5,7 \cdot 10^6 = 5,7 \text{ МПа} < [40] \text{ МПа}.$$

Тому стверджуємо, що міцність різьби достатня.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Для валу, що виготовляється зі сталі 45, способи отримання заготовок для порівняння наступні: виготовлення куванням та штампування на молотах [1, 4, 5, 30, 34, 49].

Ціну кованки визначаємо:

$$C_k = 0,001 \cdot (C_{бк} \cdot G_k \cdot K_{Тк} \cdot K_{ск} \cdot K_{МК} \cdot K_{ПК} \cdot K_{Вк} - (G_k - G_g) \cdot C_{ВХ}) \quad (4.1)$$

де $C_{бк}$ – базова ціна однієї тони матеріалу, грн.;

G_g – маса деталі, кг, $G_g = 360$ кг.;

G_k – маса кованки, кг,

$$G_{k(кув-я)} = \frac{360}{0,6} = 600 \text{ (кг);}$$

$$G_{k(штам-я)} = \frac{360}{0,7} = 514,3 \text{ (кг)}$$

$K_{Тк}$, $K_{ск}$, $K_{МК}$, $K_{ПК}$, $I_{вр}$ – коефіцієнти відповідно точності розмірів, конструктивної та технологічної складності, марки матеріалу, програми річного замовлення та виду кувального обладнання;

$C_{ВХ}$ – ціна відходу матеріалу, грн.

Основними ознаками класифікації штампованих кованок є: точність виготовлення, група сталі, конфігурація поверхні рознімання штампа, що використовується, ступінь складності.

Знаходимо для заготовки деталі вал:

- ступінь складності С2;
- група сталі М2,
- клас точності Т5,
- група серійності 2.

Знаходимо значення коефіцієнтів:

$$K_{TK}=1,23; K_{CT}=1,14; K_{BK(KUB-J)}=0,9; K_{BT(ШТАМ-J)}=1,45; K_{ПК}=1,15; K_{МК}=1,23.$$

Визначаємо оптову ціну однієї тони сталі 45 – 30000 грн. за тону, оптову ціну відходів сталі 45 – 8000 грн.

Порівняємо ціни кованок для двох методів отримання заготовок: для вільного кування та штампування на молотах:

$$C_{B.KUB} = 0,001(30000 \cdot 600 \cdot 1,23 \cdot 1,23 \cdot 1,15 \cdot 1,14 \cdot 0,9 - (600 - 360) \cdot 8000) = 30211,3 \text{ грн.};$$

$$C_{ШТ} = 0,001(30000 \cdot 514,3 \cdot 1,23 \cdot 1,23 \cdot 1,15 \cdot 1,14 \cdot 1,45 - (514,3 - 360) \cdot 8000) = 26307,5 \text{ грн.}$$

Визначимо економічний ефект з урахуванням річної програми випуску:

$$E = (30211,3 - 26307,5) \cdot 200 = 780760 \text{ (грн.)}$$

Висновок: як видно із розрахунків ціна кованок, отриманих штампуванням, нижча за ціну кованок.

4.2 Технічні та організаційні заходи з охорони праці на підприємстві

На машинобудівному заводі охорона праці працівників включає комплекс технічних та організаційних заходів, спрямованих на створення безпечних умов праці та зникнення виробничого травматизму [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50].

Технічні заходи спрямовані на усунення або мінімізацію шкідливих та небезпечних виробничих факторів:

1) безпека обладнання та робочих місць (оснащення верстатів, пресів, зварювального обладнання захисними екранами, кожухами, запобіжними пристроями; автоматизація та механізація важких та небезпечних операцій (роботизація, ЧПК верстати; застосування систем блокування та аварійного відключення обладнання);

2) вентиляція, освітлення та мікроклімат (пристрої вентиляції для видалення шкідливої пари, пилу та газів; забезпечення нормативного освітлення робочих місць (природного та штучного); контроль температури, вологості та рівня шуму в цехах);

3) засоби індивідуального захисту (забезпечення працівників спецодягом, взуттям, захисними окулярами, касками, респіраторами, навушниками та ін; регулярна їх заміна та перевірка);

4) контроль стану інструментів та комунікації (перевірка заземлення електроустановок, цілісності проводки; регулярний огляд та ремонт вантажопідйомних механізмів, вентилів, трубопроводів; використання справного ручного інструменту та обладнання.

2. Організаційні заходи спрямовані на профілактику нещасних випадків, підвищення дисципліни та відповідальності працівників:

1) інструктажі та навчання з охорони праці (вступний інструктаж під час приймання на роботу; первинний інструктаж на робочому місці; повторний

(періодичний) інструктаж; цільовий інструктаж перед виконанням небезпечних робіт; навчання та атестація персоналу з охорони праці);

2) медичні огляди та контроль здоров'я працівників (попередні та періодичні медогляди; проведення профілактичних заходів);

3) контроль за дотриманням вимог охорони праці (проведення регулярних перевірок, аудитів безпеки; впровадження системи управління охороною праці; аналіз нещасних випадків та розробка заходів щодо їх запобігання);

4) планування та організація безпечного робочого процесу (розробка інструкцій з охорони праці; обмеження доступу до небезпечних зон, маркування небезпечних ділянок; призначення відповідальних за охорону праці у кожному підрозділі; організація системи заохочень за дотримання вимог безпеки).

Ці заходи дозволяють запобігти травмам і профзахворюванням, забезпечуючи безпечні умови праці на машинобудівному заводі.

4.3 Екологічні аспекти заготівельного виробництва

Процес виготовлення заготовок методом штампування та кування надає різний вплив на навколишнє середовище. Розглянемо ключові екологічні аспекти цих процесів:

1. Енергоспоживання. Кування та штампування вимагають значних витрат енергії, особливо при використанні гарячого штампування та гарячого кування. Основними джерелами енергії є електрика, газ, вугілля або інші види палива, що може призвести до викидів CO₂ та інших парникових газів.

2. Викиди у повітря. При гарячому куванні та штампуванні можуть виділятися оксиди вуглецю (CO, CO₂), оксиди азоту (NO_x), оксиди сірки (SO_x) та тверді частинки.

3. Використання мастильних матеріалів та охолоджуючих рідин може призвести до випаровування летких органічних сполук.

4. Забруднення води. При використанні мастильних матеріалів та охолоджуючих рідин можливе попадання оливо, емульсій та інших хімічних речовин у стічні води. Застосування хімічних травників для очищення деталей може призвести до забруднення води кислотами та лугами.

5. Утворення відходів. Основні види відходів: металева стружка та окалина, які можуть бути перероблені. Зношені штампи та інструменти, що потребують утилізації. Відходи мастильних матеріалів та хімікатів, що повинні утилізуватися відповідно до екологічних норм.

6. Шум та вібрація. Штампування та кування супроводжуються високим рівнем шуму та вібрації, що впливає на умови праці та може створювати дискомфорт для навколишнього середовища.

7. Вплив на екосистеми. Видобуток металів для виробництва заготовок веде до виснаження природних ресурсів, забруднення ґрунту та води. Викиди та відходи виробництва можуть негативно вплинути на місцеві екосистеми.

Розглянемо способи мінімізації екологічного впливу:

1) оптимізація енергоспоживання – використання відновлюваних джерел енергії, рекуперація тепла;

2) очищення викидів та стічних вод – застосування фільтрів та систем очищення для уловлювання шкідливих речовин;

3) заміна шкідливих хімікатів – використання екологічних мастильних та охолоджуючих рідин;

4) переробка відходів – вторинне використання металу, утилізація зношених інструментів;

5) шумоізоляція та віброзахист – застосування звукоізоляційних екранів та антивібраційних подушок.

Впровадження цих заходів дозволяє знизити екологічний слід кування та штампування, зробити виробництво більш стійким та безпечним для навколишнього середовища.

ВИСНОВКИ

Відповідно до отриманого завдання на кваліфікаційну роботу здобувача вищої освіти та за результатами її виконання зроблено наступні висновки.

1. Визначено службове призначення стрічкового транспортеру. Проведено аналіз деталі, що є складовою частиною, а саме валу. Охарактеризовано конструкційний матеріал цієї деталі, надано рекомендації стосовно замітника-аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – середньосерійний.

2. Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталь. Проаналізовано діючий технологічний процес виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь валу. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні $\varnothing 160_{k5}$ мм розрахунково-аналітичним та табличним методами для інших поверхонь.

3. Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час фрезерування шпонкового пазу. Визначено зусилля затиску. Розраховано параметри силового приводу. Проведено розрахунок слабкої ланки на міцність.

4. Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки. Річний економічний ефект під час порівняння між двома заготівельними технологіями для програми випуску 200 шт. склав 780760 грн. Окрім того, запропоновано технічні та організаційні заходи з охорони праці на підприємстві. Приділено увагу екологічним аспектам заготівельного виробництва.

5. У графічній частині роботи наведено складальний кресленик секції приводної, кресленик валу, кресленик заготовки, складальний кресленик затискного пристосування для фрезерування шпонкового пазу.