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: «Удосконалення технологічних операцій
з виготовлення циліндру вовчка»

КРБ.133ГМбд_41.18.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
*«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»*
спеціальності *133 «Галузеве
машинобудування»*
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи *133ГМбд_41*
ЧИЖАНСЬКИЙ Ігор

Керівник: докт. техн. наук, професор
ХАРЧЕНКО Сергій

Полтава – 2025 року

ВСТУП

Як відомо, промисловий вовчок – це потужне обладнання, призначене для обробки (переробки) великих обсягів м'яса, риби або інших продуктів. Такі пристрої зазвичай використовуються на м'ясокомбінатах, ресторанах та харчових виробництвах.

Основними характеристиками вовчків є:

- потужність (промислові вовчки мають високу потужність, що дозволяє швидко переробляти великі обсяги продуктів);

- продуктивність (можуть переробляти від кількох сотень до тисяч кілограмів м'яса на годину);

- матеріали (зазвичай виготовляються із нержавіючої сталі, що забезпечує довговічність та простоту складання);

- різноманітність насадок (промислові вовчки можуть оснащуватися різними решітками для отримання фаршу різних розмірів, а також насадками для ковбас та інших продуктів);

- автоматизація (деякі моделі мають автоматизовані системи керування, що полегшує експлуатацію та збільшує ефективність роботи).

Таким чином, використання промислових вовчків істотно підвищує продуктивність, якість та безпеку переробки м'ясних продуктів, що робить їх незамінними у сучасному харчовому виробництві [32].

Деталь, винесена на розгляд у кваліфікаційній роботі (циліндр), є складовою частиною вовчка.

Мета роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є вовчок, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення циліндру.

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

- проаналізувати службове призначення вузла, здійснити аналіз точності, охарактеризувати конструкційний матеріал, що застосовуються для виготовлення

Полтавський державний аграрний університет

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.

Полтавський Державний аграрний університет

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

На розгляд виноситься вовчок для подрібнення м'яса. Даний вузол призначений для спрощення процесу подрібнення м'яса за допомогою обертання шнеку від електродвигуна.

Модель К7-ФВП-160 використовується для середнього та мілкого подрібнення м'ясної сировини (рисунок 1.1, 1.2). Містить у собі чотири основних механізми:

1) живильний механізм (бункер, робочий шнек),

Рисунок 1.1 – Загальний вигляд вовчка

2) ріжучий механізм (підпірна решітка, вихідна решітка, ножі, проміжна решітка, приймальна решітка, циліндр із внутрішніми ребрами та гайкою-маховиком із трубчастою насадкою. Ножі виконані з двох частин та мають криволінійні зубці, між якими розташовані канали для продукту. Ножі обертаються від валу, який проходить всередині робочого шнека та має самостійний привід.

Полтавський державний аграрний університет

Рисунок 1.2 – Вовчок для подрібнення м'яса: 1 – підпора; 2 – мотор-редуктор; 3 – пост керування; 4 – гільза; 5 – щиток задній; 6 – корпус підшипників; 7 – шнек допоміжний; 8 – чаша завантажувальна; 9 – привод; 10 – станина; 11 – циліндр; 12 – гайка; 13 – корпус шнеків; 14 – гільза; 15 – прокладка; 16, 17 – решітка; 18 – решітка приймальна; 19 – вісь; 20 – ніж; 21 – опора; 22 – болт; 23 – хомут; 24 – пробка; 25 – шпилька; 26 – гайка; 27 – хвостовик; 28 – штифт; 29 – шпилька; 30 – болт; 31-33 – гвинт; 34-38 – гайка; 39-42 – шайба

Полтавський державний аграрний університет

Вихідна решітка підтискається жорсткою опорою із радіальними загостреними ребрами та має товщину 8 мм. Конструкція такої підпори дозволяє застосовувати решітки товщиною до 5 мм);

3) привід (електродвигун, редуктор, клинопасова передача);

4) станина (монтуються усі деталі, складальні одиниці, електродвигун, пускова апаратура).

Окрім цього, вовчок містить: підпірну решітку, ножовий вал, одновиткову лопать, клинопасову передачу ножового валу, майданчик для санітарної обробки, жолоб, трубчасту насадку.

Принцип роботи полягає у наступному. Жиловане м'ясо у шматках до 0,5 кг подається до бункеру. З останнього воно захоплюється робочим та допоміжним шнеками та спрямовується до зони ріжучого механізму. Таким чином сировина подрібнюється до заданого ступеня. Він налаштовується за рахунок встановлення ножів та ножових решіток, що мають відповідні діаметри отворів.

Основна технічна характеристика наведена у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика вовчка

Назва параметра	Величина

Деталлю, що виноситься на детальний розгляд, є циліндр (рисунок 1.3).

Полтавський Державний аграрний університет

Рисунок 1.3 – Циліндр

1.2 Аналіз параметрів точності

При проведенні аналізу параметрів точності деталі заповнюємо таблицю 1.2 (рисунок 1.4), у якій наведені дані про точність виготовлення та якість обробки [3, 9, 11, 13, 18, 21, 25, 29, 40, 47, 48].

Аналіз параметрів точності деталі включає кілька ключових аспектів:

- геометрична точність (перевірка відповідності розмірів та форм деталі заданим параметрам. Це включає лінійні розміри, кути, радіуси та профілі);

Полтавський державний аграрний університет

Рисунок 1.4 – Аналіз параметрів точності

- положення (аналіз відносного розташування елементів деталі. Це може включати паралельність, перпендикулярність, співвісність та інші характеристики);

- поверхнева шорсткість (оцінка якості поверхні деталі, що впливає на її експлуатаційні характеристики та довговічність);

- технологічні допуски (встановлення меж відхилень для різних розмірів та характеристик деталі, які забезпечують її функціональність та взаємозамінність);

Полтавський державний аграрний університет

- методи контролю (використання різних методів та інструментів для вимірювання та перевірки параметрів, таких як штангенциркулі, мікрометри, координатно-вимірювальні машини та ін.);

- аналіз причин відхилень (визначення факторів, що впливають на точність деталі, включаючи помилки в обробці, деформації, зношування інструментів та інше).

Ефективний аналіз параметрів точності деталі дозволяє забезпечити високу якість продукції та мінімізувати брак на виробництві.

Таблиця 1.2 – Аналіз параметрів точності

№ пов.	Назва поверхні	Розміри з відхиленнями	Квалітет точності	Точність форми	Точність відносного положення	Шорсткість R_a
1	2	3	4	5	6	7
1	Внутрішня циліндрична поверхня	$Ø160^{+0,25}$	H11	–	[illegible]	1,6
2	Зовнішня циліндрична поверхня	$Ø195^{+0,29}$	H11	–	–	6,3
3	Зовнішня циліндрична поверхня	$Ø160_{-0,1}$	h9	–	–	1,6
4	Внутрішня циліндрична поверхня	$Ø130^{+0,25}$	H11	–	–	6,3
5	Отвір	$Ø10^{+0,015}$	H7	–	–	6,3

Полтавський Державний аграрний університет

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7
6	Бокові поверхні пазу	$17^{+0,1}$	H11	⌯ 0,10 E	// 0,08 E	3,2
7	Торцева поверхня	$274_{-1,3}$	h14	–	–	6,3
8	Різьба	M200×3–20	6g	–	–	3,2
9	Отвір	$Ø9^{+0,015}$	H7	–	–	6,3

При проведенні аналізу виявлено, що вимоги до точності і шорсткості прийнятні, розміри проставлені раціонально. Найточніші поверхні – ∅10H7 і Ø9H7, шорсткість R_a=6,3 мкм, що цілком задовольняє умови роботоздатності.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

Матеріал, який використовується для виготовлення деталей машин повинен мати високі механічні властивості. При цьому він повинен мати високий комплекс механічних властивостей, а не високе значення якої-небудь однієї властивості. Матеріал з якого виготовляються деталі машин, що зазнають великі навантаження, повинен гарно опиратися таким навантаженням і поряд з високою міцністю повинен мати в'язкість, щоб опиратися динамічним та ударним навантаженням. Отже, головними критеріями при виборі матеріалу з якого виготовляються деталі є задовільні хімічні та механічні властивості матеріалу та його вартість.

Циліндр виготовлено із чавуну СЧ 20 за ДСТУ 8833:2019 [24, 67]. Чавуни для виливок розрізняють за структурою, хімічним складом, призначенням та технологією отримання. За хімічним складом отримання розрізняють відливки, які отримані в разових піщаних формах, в оболонкових формах, кокіль, у піщаних формах, виготовлених за газифікованими моделями, в керамічних формах.

Полтавський Державний аграрний університет

Найбільш універсальним методом отримання заготовок, придатним як для одиничного, так і серійного виробництва відливок масою від десятків грам до десятків тон, є метод лиття у піщані форми по дерев'яних моделях.

СЧ 20 – сірий чавун із пластичним графітом, має перлітну структуру з густиною 7000-7300 кг/м^3. 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 деталі

Марка матеріалу	Хімічний склад, %					Механічні властивості	
	C	Si	Mn	P	S	$\sigma_в$, МПа	НВ
СЧ 20	3,3…3,5	1,4…2,2	0,7…1,0	0,2	0,15	196	170…241
СЧ 18	3,4…3,6	1,9…2,3	0,5…0,7	0,2	0,15	196	170…241

Отже, обраний замінник матеріалу повністю відповідає технічним та технологічним вимогам.

1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в деталях циліндра ковчка у кількості 300 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою:

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

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.

$$N_{зап} = (300 + 0,04 \cdot 300) \cdot (1 + 0,025) = 320 \text{ (шт.)}.$$

Максимальна маса оброблюваних заготовок деталей вузла перевищує 20 кг, тому за [34] визначаємо тип виробництва – середньосерійне.

Полтавський державний аграрний університет

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Конструкція машини, вузла, деталі являється технологічною коли вона відповідає усім технічним та експлуатаційним вимогам і коли на неї витрачається мінімальна кількість суспільної праці [23].

В автоматизованому виробництві вимоги до технологічності базуються на таких самих вимогах, що й вимоги до виготовлення на універсальному обладнанні. При використанні верстатів із ЧПК конструктор може створити деталь зі складною поверхнею, а не спрощувати її. Це має значення для міцності, а багатоінструментальна обробка та велика концентрація переходів вимагають більш точних базових поверхонь, а також досяжності інструменту до більшості поверхонь.

Конструкція вовчка є середньою за складністю. Він складається з більш ніж сорока деталей. У даному виробі широко застосовуються стандартні вироби (болти, гайки, шайби та ін.), але основна маса деталей виготовляється безпосередньо для даного привода, конструкція виробу дозволяє проводити його складання без особливих труднощів. При проведенні поточних технічних оглядів та ремонтів виріб досить легко розбирається.

Точність виконання основних функціональних поверхонь забезпечує нормальне функціонування вузла.

Базові поверхні складальних одиниць, якими вони будуть установлюватися у вузол, оброблені достатньо точно, з точки зору точності та визначеності базування. Регулювання та контроль роботи також проводиться без розбирання. Складові частини мають таку конструкцію, що забезпечує задану точність розташування їх при установці у вовчок.

Вовчок технологічний з нижче вказаних причин:

- при складанні відсутня необхідність запроваджувати ловузловий метод складання з послідуючим вивірянням взаємного положення;

- розмірний ланцюг послідовно контактуючих деталей не потребує контролю;

Полтавський державний аграрний університет

- зазор між шнеком складає та циліндром складає 0,5…0,8 мм , який при експлуатації має достатню величину, щоб уникнути контакту між шнеком і циліндром. У разі виникнення контакту за рахунок швидкої зміни хвостовика шнека зазор відновлюється до необхідної величини.

Вузол має у своєму складі багато стандартних та уніфікованих деталей, що значно спрощує його виготовлення. Конструкцію вовчка можна вважати технологічною і придатною для виготовлення й експлуатації відповідно до технічних вимог.

У процесі аналізу креслення деталі циліндр було виявлено, що деталь практично повністю відпрацьована на технологічність для серійного типу виробництва, оскільки витрати на налагодження верстатів будуть порівняно невеликі з економією матеріалу та часу.

Результати аналізу на технологічність деталі наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз на технологічність деталі

№ з п.	Показники технологічності	Висновки за показниками технологічності	Дії щодо поліпшення технологічності
1	2	3	4
1	Чи є зручні бази?	Так, технологічно.	При обробці зовнішньої поверхні та внутрішньої – встановлення в чотирьохкулачковому патроні.

Полтавський державний аграрний університет

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
2	Чи можна використовувати прості установчі елементи?	Так, технологічно.	Конструкція деталі дозволяє використову-вати прості механічні пристосування.
3	Чи треба ввести нові ребра жорсткості?	Ні, технологічно.	–
4	Чи є глухі отвори?	Ні, технологічно.	–
5	Чи більша глибина отворів за 8d?	Ні, технологічно.	–
6	Чи можлива багатошпиндельна або багато інструмен-тальна обробка?	Так, технологічно.	–
7	Чи є внутрішні торці, які необхідно обробляти?	Так, технологічно.	–
8	Яка точність заготовок для їх обробки на верстатах з ЧПК?	-	Точність заготовки за 12 квалітетом.

Розглянувши таблицю, можна зробити висновки, що в цілому деталь за більшістю показників є технологічною для умов автоматизованого виробництва.

Полтавський державний аграрний університет

2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення

При виготовленні заготовки циліндр пропонується використовувати литво в кокіль. Цей метод дозволяє отримувати заготовки досить точні і з малою шорсткістю поверхні (12 квалітет, шорсткість R_z= 20...10 мкм.). Це дає змогу зменшити обсяг очисних робіт, механічної обробки.

При використанні універсальних верстатів застосовувався стандартний різальний інструмент. Використання прогресивного різального інструмента дозволяє зменшити кількість переходів механічної обробки поверхонь, також зменшити шкідливий вплив на навколишнє середовище завдяки використанню екологічних мастил та мінімальному їх застосуванню при охолодженні зони різання.

У діючому технологічному процесі для контролю застосовуються універсальні прилади, що збільшує час вимірювання, а разом з тим і штучний час. Нами запропоновано використовувати спеціальний вимірювальний та контрольний інструмент.

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:

$$\varepsilon = \frac{T_З}{T_Д} = \frac{T_З}{T_1} \cdot \frac{T_З}{T_2} \cdots \frac{T_{i-1}}{T_i} \cdots \frac{T_{n-1}}{T_Д} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \ldots \varepsilon_n = \prod_i^n \varepsilon_i , \qquad (2.1)$$

де ε – загальне значення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

$П$ – число ступенів обробки;

$T_З$, $T_Д$, T_i – відповідно допуски для заготовки, деталі, окремого ступеня обробки.

Полтавський Державний аграрний університет

Розкладаючи загальне значення на співмножники, потрібно враховувати типові рекомендації: для першого ступеня чорнової обробки досяжними є величини уточнення ε<6; для проміжних ступенів напівчистової обробки ε=3...4; для ступенів чистової обробки ε=1,5...2.

Для найбільш спрямованого вибору числа ступенів обробки необхідно застосувати формулу:

$$n_p = \lg(\varepsilon) / 0,46. \qquad (2.2)$$

Приклад. Для обробки поверхні 3 – ∅160h9 ($_{-0,1}$). Допуск за кресленником 0,1 мм, допуск заготовки – 2,7 мм. Загальне уточнення складає:

$$\varepsilon = \frac{2,7}{0,1} = 27.$$

Орієнтовна кількість ступенів обробки:

$$n_p = \frac{\lg 27}{0,46} = 3,1.$$

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

Пропонуємо наступні обробки поверхонь деталі (таблиця 2.2).

Полтавський державний аграрний університет

Таблиця 2.2 - Методи обробки поверхонь деталі

Позначення поверхні	Квалітет точності	Допуск за кресленням, $\delta_д$, мм	Шорсткість R_a за кресленням	Допуск заготовки, $\delta_з$, мм	Квалітет	Загальне уточнення	Можливі маршрути обробки поверхонь		Квалітет після обробки	Досягнений допуск, мм	Проміжний ступень уточнення	Загальне уточнення
							№ маршруту	Перехід МОП				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
												11,8
												11,8
												12,3
												12,3
												22,9
												22,9

Полтавський державний аграрний університет

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

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

2.4 Розробка маршруту виготовлення деталі

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

Полтавський державний аграрний університет

Таблиця 2.3 - Маршрут обробки деталі

№ операції	Обладнання	Зміст операції
1	2	3
005 заготівельна		Виливка заготовки циліндр методом лиття в кокіль.

Полтавський державний аграрний університет

Продовження таблиці 2.3

1	2	3

2.5 Призначення схем базування

Одночасно із розробленням маршруту обробки обираємо технологічні бази для кожної технологічної бази (таблиця 2.4). При виборі чорнової технологічної бази діємо за принципом забезпечення більш рівномірного зняття припуску з найбільш точних та важливих поверхонь деталей.

Одним з найбільш складних і принципових розділів проектування процесів механічної обробки є визначення конструкторських, технологічних і вимірювальних баз. Від правильного вибору технологічних баз істотно залежить фактична точність виконання заданих конструкторських розмірів, правильність

Полтавський державний аграрний університет

взаємного розташування оброблюваних поверхонь, ступеня складності пристосувань, що ріже й вимірювального інструмента, загальна продуктивність обрсоки заготовки.

Таблиця 2.4 – Схеми базування при обробці деталі

Номер та назва операції	Схема базування	Номер та назва операції	Схема базування
1	2	1	2
015 токарно-карусельна		020 токарно-гвинторізна	
025 свердлильна			

Полтавський державний аграрний університет

Продовження таблиці 2.4

1	2	1	2
030 довбальна		035 горизонтально-фрезерна	
040 свердлильно-фрезерно-розточна			

Основною базою є внутрішня циліндрична поверхня. Базування по цій базі проводиться на всіх операціях обробки зовнішніх і внутрішніх діаметрів. Установочною базою являються торці деталі. Чорновими базами є зовнішня циліндрична поверхня та торець деталі.

2.6 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

Як відомо, застосовуються два методи для визначення припусків на обробку: розрахунково-аналітичний та табличний [29, 40, 48]. Визначення припусків на

Полтавський державний аграрний університет

механічну обробку розрахунково-аналітичним методом проводимо для однієї найбільш точної поверхні. У нашому випадку це розмір Ø160h9($_{-0,1}$) мм.

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

$$2z_{i\,min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \qquad (2.3)$$

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_i – похибка встановлення заготовки на переході, що виконується.

Правильність розрахунку перевіряється за формулою:

$$z_{0\,max} - z_{0\,min} = \delta_{заг.} - \delta_{дет.}, \qquad (2.4)$$

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

Карта розрахунку припусків на обробку та граничні розміри по технологічних переходах наведені у таблиці 2.5.

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

$$2 \cdot z_{max} - 2 \cdot z_{min} = \delta_з - \delta_д; \qquad (2.5)$$

$$5370 - 3270 = 2200 - 100;$$

$$2100 = 2100.$$

Полтавський державний аграрний університет

Таблиця 2.5 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці Ø160h9($_{-0,1}$) мм

Технологічний перехід	Елемент припуску, мкм				Розр. припуск $2Z_{min}$, мкм	Розр. розмір, d_p, мм	Допуск δ, мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм	
	R_z	T	ρ	ε				D_{min}	D_{max}	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
Заготовка	800		801	-	-	163,17	2200	163,17	165,37	-	-
Точіння чорнове	100	100	80,2	0	2·1601	160,108	460	160,108	160,38	3062	4990
Точіння чистове	50	50	40,05	0	2·104	159,9	100	159,9	160,0	208	380
									Σ	3270	5370

Розраховані припуски на обробку зручно зобразити графічно на рисунку 2.1.

Рисунок 2.1 – Графічне розташування припусків та допусків на обробку розміру Ø160h9($_{-0,1}$) мм циліндра

На решту поверхонь деталі припуски визначаються за довідником (таблиця 2.6).

Полтавський Державний аграрний університет

Таблиця 2.6 - Припуски на обробку поверхонь деталі

Розмір деталі для механічної обробки, мм	Допуск на розмір, мм	Припуск, мм	Номінальний розмір заготовки, мм
Ø160	0,25	2,5	$Ø170^{+1,8}_{-0,9}$
Ø195	0,29	2,5	$Ø206^{+2,0}_{-1,0}$
Ø130	0,25	1,5	$Ø130^{+1,6}_{-0,8}$
Ø10	0,01	5,0	–

Полтавський державний аграрний університет

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Для операції механічної обробки деталі (свердлильно-фрезерно-розточувальна 040) розробляємо конструкцію затискного пристосування, керуючись рекомендаціями [22, 36, 38, 39]. Складальний кресленик пристосування представлено у графічній частині роботи, а також на рисунку 3.1.

Рисунок 3.1 – Пристосування затискне

Пристосування складається з наступних елементів: 1 – плита; 2 – палець; 3 – прихват; 4 – шток; 5 – гайка; 6 – палець; 7 – корпус; 8 – плита; 9 – корпус поршня; 10 – поршень; 11 – кришка; 12 – гвинт; 13 – гайка.

Пристосування з пневматичним затиском заготовки. Деталь базується по зовнішній торцевій поверхні за допомогою пальця.

Полтавський державний аграрний університет

Принцип роботи пристосування. Після установки заготовки за допомогою пальця 2, притискаємо заготовку прихватом 3, що приводиться у дію подачею повітря у верхню порожнину пневматичного циліндру, тим самим поршень 10 разом з штоком 4 рухаються вниз.

3.2 Розрахунок зусилля затиску та параметрів силового приводу

Конструкція затискного пристосування жорстко фіксує заготовку по всім трьом осям, тому у розрахунок пристосування зводиться до розрахунку слабкої ланки [7, 28, 12, 36, 38, 39].

Сила P_z намагається виштовхнути заготовку паралельно площині закріплення. Складемо рівняння рівноваги у вигляді $\sum F_{iY}$:

$$F_{TP} - K \cdot P_Z = 0; \tag{3.1}$$

$$F_{TP} = W \cdot f \tag{3.2}$$

де f – коефіцієнт тертя.

Тоді рівняння (3.1) набуде вигляду:

$$W \cdot f - K \cdot P_Z = 0.$$

Звідки

$$W = \frac{K \cdot P_Z}{f}, \tag{3.3}$$

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 = 1,12 – коефіцієнт гарантованого запасу;

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

K_2 = 1,1 – коефіцієнт, який враховує затуплення різального інструменту;

Полтавський державний аграрний університет

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:

$$K = 1{,}12 \cdot 1{,}2 \cdot 1{,}1 \cdot 1{,}2 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}2 \cdot 1{,}0 = 2{,}1.$$

f = 0,1 – коефіцієнт тертя.

Силу різання P_z визначимо за формулою:

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^X \cdot S^Y \cdot B^U \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_p, \qquad (3.4)$$

де t = 0,75 мм – глибина різання;

S = 0,15 мм/зуб – подача;

B = 26 мм – ширина фрезерування;

z = 4 – кількість зубів фрези;

D = 26 мм – діаметр фрези;

n = 95 хв$^{-1}$ – частота обертання фрези;

K_p = 1,1 – загальний поправочний коефіцієнт;

C_p = 54,5; x = 0,9; y = 0,74; u = 1,0; q = 1,0; ω = 0 – коефіцієнт та показники степені, які вибираються за довідниками.

Визначимо силу різання:

$$P_z = \frac{54{,}5 \cdot 0{,}75^{0{,}9} \cdot 0{,}15^{0{,}74} \cdot 10^{1{,}0} \cdot 4}{10^{1} \cdot 95^{0}} \cdot 1{,}1 = 45{,}5 \text{ (Н)}.$$

Визначимо силу, необхідну для закріплення:

Полтавський державний аграрний університет

$$W = \frac{45,5 \cdot 2,1}{0,1} = 955,5 \text{ (Н)}.$$

Діаметр пневматичного циліндра:

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

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

η – коефіцієнт корисної дії приводу, η=0,85;

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 955,5}{3,14 \cdot 0,6 \cdot 0,85}} = 48,9 \text{ (мм)}.$$

Із стандартного ряду приймаємо діаметр пневматичного циліндра 50 мм. Відповідно, реальне зусилля, що створюється силовим приводом становитиме:

$$Q = P_n \frac{\pi D^2}{4} \eta \qquad (3.6)$$

$$Q = 0,6 \cdot \frac{3,14 \cdot 50^2}{4} 0,85 = 1000,9 \text{ (Н)}.$$

Полтавський державний аграрний університет

3.3 Розрахунок слабкої ланки на міцність

На наш погляд, слабкою ланкою є різьба М24 на штоці пневматичного циліндра затискного пристосування, що зазнає зусилля 1000,9 Н. Перевірку проводимо за допустимим напруженням.

Допустиме максимальне напруження визначимо за формулою:

$$[\tau] = 0,2 \cdot \sigma_T, \tag{3.7}$$

де σ_T – межа текучості, для сталі 45 становить 340 МПа;

$$[\tau] = 0,2 \cdot 340 = 68 \text{ (МПа)}.$$

Визначимо діюче напруження у різьбі:

$$\tau = \frac{Q}{\pi \cdot D_{\min} \cdot K \cdot h \cdot 10^{-6}}; \tag{3.8}$$

де $D_{\min}$ – мінімальний діаметр, для М24 – 21 мм;

K – коефіцієнт для трикутної різьби 0,8;

h – висота гайки, 24 мм.

Отже, маємо

$$\tau = \frac{1000,9}{\pi \cdot 21 \cdot 0,8 \cdot 24 \cdot 10^{-6}} = 1,9 \text{ (МПа)}.$$

Як ми бачимо, діюче напруження у різьбі не перевищує допустимої величини. Отже можна зробити висновок, що шток має достатню міцність.

Полтавський державний аграрний університет

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Для циліндру що виготовляється з сірого чавуну марки СЧ20 за ДСТУ 8833:2019, способи отримання заготовок для порівняння наступні: литво у кокіль та литво у піщано-глиняні форми [1, 4, 5, 30, 34, 49].

При отриманні деталі методом литва у кокіль маса заготовки буде становити:

$$m_{заг} = \frac{m_д}{k_i} \quad (4.1)$$

$$m_{заг} = \frac{31,8}{0,85} = 37,4 \text{ (кг)}$$

При литві у піщані форми:

$$m_{заг ц} = \frac{31,8}{0,75} = 42,4 \text{ (кг)}$$

де $m_д$ – маса деталі 31,8 кг;

k_i – коефіцієнт використання матеріалу.

Проведемо порівняння методів отримання заготовки за собівартістю виготовлення.

Собівартість виливка, отриманого литтям у кокіль, визначається за формулами:

$$C_з = m_{заг}\left(\frac{S_{заг}}{1000} \cdot k_т \cdot k_в \cdot k_м \cdot k_п \cdot k_{сп}\right) - (m_{заг} - m_д)\frac{S_{відх}}{1000} \quad (4.2)$$

Полтавський державний аграрний університет

$$C_з = 37,4\left(\frac{15000}{1000}\cdot 1,32\cdot 1,24\cdot 1\cdot 1,15\cdot 1,42\right)-(37,4-31,8)\frac{10000}{1000}=1443,5 \text{ грн.}$$

де $S_{заг}$ – базова вартість одиниці тони матеріалу, $S_{заг}$=15000 грн.

$k_т$ – коефіцієнт, що залежить від класу точності. Оскільки клас точності заготовки 9, то за $k_т$ =1,32;

$k_в$ – коефіцієнт, що залежить від матеріалу за $k_в$ =1,24;

$k_м$ – коефіцієнт, що залежить від маси заготовки, за $k_м$ =1

$k_п$ – коефіцієнт, що враховує зменшення товщини основних стінок виливка відносно базової товщини, за $k_п$ =1,15;

$k_{ск}$ – коефіцієнт, що залежить від конструктивної та технологічної складності виливка, за при групі складності 5; $k_{ск}$ = 1,42;

$S_{відх}$ – вартість 1т відходів, $S_{відх}$= 10000 грн.

При литті в піщані форми:

$$C_з = 42,4\left(\frac{15000}{1000}\cdot 1,32\cdot 1,24\cdot 1\cdot 1,15\cdot 1,42\right)-(42,4-31,8)\frac{10000}{1000}=1594,0 \text{ грн}$$

Економічний ефект у цьому випадку буде становити:

$$E=(1594-1443,5)\cdot 300=45150 \text{ (грн.)}$$

Висновок: проаналізувавши розрахунки двох методів, обираємо литво в кокіль, адже собівартість виготовлення заготовки за цим методом згідно з розрахунками менша і становить 150, 5 грн. на одиниці.

Полтавський державний аграрний університет

4.2 Розрахунок заземлення верстату моделі 16К20Ф3

Розрахунок заземлюючого пристрою полягає у визначенні кількості вертикальних і горизонтальних електродів згідно з вимогами ПУЕ за нормативним опором заземлення $R_з$=10 Ом, питомим опором грунту $\rho_{вим}$=200 Ом×м. У якості вертикального заземлювача (електроду) використовуємо рівнобічні кутики з полицею 50 мм прийнятими розмірами електродів 0,030×3м та в порівнянні розрахункового опору заземлення з нормативними значеннями [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50].

1.Обчислюємо розрахунковий питомий опір грунту для вертикальних електродів:

$$\rho_в = \rho_{вим} \cdot \psi_в, \tag{4.3}$$

$$\rho_в = 200 \cdot 1{,}2 = 240 \text{ (Ом×м)},$$

де $\psi_в$ – розрахунковий коефіцієнт сезонності для вертикальних електродів, $\psi_в$=1,2.

2.Визначаємо опір розтіканню вертикальних електродів із круглої сталі:

$$R_в = \frac{\rho_в}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left[\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot t_1 + l}{4 \cdot t_1 - l} \right], \tag{4.4}$$

де d – зовнішній діаметр електрода; для вертикальних електродів із кутової сталі d=0,95b, де b – ширина полиці кута.

$$R_в = \frac{240}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 3} \cdot \left[\ln \frac{2 \cdot 3}{0{,}95 \cdot 0{,}05} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2{,}1 + 3}{4 \cdot 2{,}1 - 3} \right] = 66{,}44 \text{ (Ом)}.$$

3.Попередньо встановлюємо необхідну кількість паралельно з'єднаних заземлювачів:

Полтавський державний аграрний університет

$$n = \frac{R_в}{R_з \cdot \eta_в}, \tag{4.5}$$

$$n = \frac{R_в}{R_з \cdot \eta_в} = \frac{66,44}{10 \cdot 1} \approx 7 \text{ шт.}$$

де $\eta_в$ – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів, для орієнтовного розрахунку приймається рівним 1.

4.Обчислюємо довжину горизонтального електрода. При рядовому влаштуванні:

$$l_г = a \cdot (n-1) \tag{4.6}$$

$$l_г = 6 \cdot (7-1) = 36,$$

де а – відстань між вертикальними електродами, м:

$$a = 2 \cdot l_в \tag{4.7}$$

$$a = 2 \cdot 3 = 6 \text{ м;}$$

n – прийнята кількість вертикальних електродів.

5.Визначаємо розрахунковий питомий опір грунту для горизонтального електрода:

$$\rho_г = \rho_{вим} \cdot \psi_г, \tag{4.8}$$

$$\rho_г = 200 \cdot 1,6 = 320 \text{ (Ом×м),}$$

де $\psi_в$ – розрахунковий коефіцієнт сезонності для горизонтальних електродів, $\psi_г$=1,6.

Полтавський державний аграрний університет

6. Установлюємо опір розтіканню струму для горизонтального електрода

$$R_г = \frac{\rho_г}{2 \cdot \pi \cdot l_г} \cdot l_n \frac{l_г^2}{b \cdot t_0}, \qquad (4.9)$$

$$R_г = \frac{320}{2 \cdot 3.14 \cdot 36} \cdot \ln \frac{36^2}{0,04 \cdot 0,6} = 23,5 \text{ (Ом)},$$

де b_1 – ширина штаби, м.

7. Загальний опір заземлюючого пристрою:

$$R_0 = \frac{R_в \cdot R_г}{R_в \cdot \eta_г + R_г \cdot \eta_в \cdot n} \le R_з \qquad (4.10)$$

де $\eta_г$ – коефіцієнт використання горизонтальних електродів з урахуванням вертикальних електродів,

$$R_0 = \frac{66,44 \cdot 23,5}{66,44 \cdot 0,89 + 23,5 \cdot 0,83 \cdot 7} = 7,98 \le R_з = 10 \text{ (Ом)}.$$

Отже параметри заземлення вибрані вірно.

4.3 Екологічні аспекти виробництва

За сучасних умов виробництва особлива увага приділяється як підвищенню якості виробів, так і зниженню негативного впливу на довкілля. У процесі виготовлення чавунного циліндра для вовчка необхідним є впровадження екологічно чистих технологій та оптимізація технологічних операцій.

Полтавський державний аграрний університет

1. Енергетична ефективність. Одним із ключових завдань є скорочення енергетичних витрат. Використання індукційних печей дозволяє значно зменшити витрати енергії порівняно з традиційними методами. Використання технологій рекуперації тепла також сприяє раціональнішому використанню енергетичних ресурсів.

2. Очищення викидів. Для зниження викидів шкідливих речовин до атмосфери необхідно встановити системи фільтрації та очищення, такі як електрофільтри та системи абсорбції. Це дозволить мінімізувати кількість забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу, та підвищити екологічні показники виробництва.

3. Переробка відходів. Під час лиття утворюється значна кількість відходів, таких як ливарний пісок та шлак. Застосування технологій переробки дозволяє повторно використовувати ці матеріали у виробничому процесі, що знижує потребу в нових ресурсах та зменшує кількість відходів. Наприклад, переробка ливарного піску для повторного використання у формувальні може значно скоротити його споживання.

4. Замкнена система водопостачання. Впровадження замкнених систем водопостачання дозволить мінімізувати споживання води та знизити рівень забруднення стічних вод. Рециклінг води у виробничих процесах не тільки економить ресурси, а й сприяє поліпшенню екологічної ситуації.

5. Навчання та залучення персоналу. Екологічна стійкість підприємства безпосередньо залежить від рівня обізнаності та залучення співробітників. Проведення регулярних тренінгів та семінарів з питань екології допоможе підвищити рівень відповідальності працівників за дотримання екологічних норм та стандартів. Створення внутрішньої культури екології стане важливим кроком у досягненні сталого виробництва.

Отже, удосконалення технологічних операцій при виготовленні чавунного циліндра не тільки підвищить якість кінцевого продукту, а й суттєво знизить негативний вплив на навколишнє середовище. Впровадження сучасних технологій,

Полтавський державний аграрний університет

оптимізація процесів та підвищення екологічної обізнаності працівників будуть основою для сталого розвитку за умов екологічної відповідальності.

Полтавський державний аграрний університет

ВИСНОВКИ

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

1. Визначено службове призначення вовчка. Проведено аналіз деталі, що є складовою частиною, а саме циліндру. Охарактеризовано конструкційний матеріал цієї деталі, надано рекомендації стосовно замінника-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 циліндру. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні $\varnothing 160h9(_{-0,1})$ мм розрахунково-аналітичним методом, на решту поверхонь – табличним способом.

3. Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час операції фрезерної обробки циліндру. 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 300 шт. склав 45150 грн. Окрім того, проведено інженерні розрахунки закріплення токарно-револьверного верстату із ЧПК моделі 16К20Ф3. Приділено увагу екологічним аспектам виробництва.

5. У графічній частині роботи наведено складальний кресленик вовчка, кресленик циліндру, кресленик заготовки циліндру, складальний кресленик затискного пристосування для виконання фрезерної операції механічної обробки.

Полтавський державний аграрний університет