

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: «Конструктивно технологічне забезпечення виготовлення корпусу
паливного насосу дизельного генератора»

КРБ.133ГМбд_31[2].15.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти за освітньо-
професійною програмою

Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва

назва ОПП

спеціальності 133 Галузеве

машинобудування

код та найменування спеціальності

ступеня вищої освіти «бакалавр» групи 1

Яременко Віталій Сергійович

Прізвище та ініціали здобувача вищої освіти

Керівник: канд. техн. наук., доцент Басова

Юлія Олександрівна

Прізвище та ініціали керівника

Полтава – 2024 рік

ВСТУП

Актуальність теми. Розробка технологічного процесу обробки деталі умов сучасного конкурентоспроможного виробництва - це складний, але ключовий процес, який вимагає комплексного підходу. Для ефективності розробки такого процесу необхідно дотримуватися аналізу вимог та специфікацій, вибору оптимальної технології, моделювання та імітації процесу, оптимізації параметрів обробки, тестування та валідації, контролю якості та постійного вдосконалення. Ці кроки допоможуть вам розробити конкурентоспроможний технологічний процес обробки деталі, який буде відповідати найвищим стандартам якості та ефективності.

Метою дипломного проєкту є підвищення продуктивності процесу виготовлення корпусу секції насоса на основі аналізу конструкторської та технологічної документації для подальшого удосконалення технологічного процесу чи написання нового варіанту. Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити низку завдань:

- проаналізувати технологічний процес виготовлення корпусу секції насоса;
- розробити проєктний варіант технологічного процесу деталі;
- скласти розмірний аналіз чинного та проєктного варіанту технологічного процесу;
- спроектувати та розрахувати спеціальне верстатне пристосування та ріжучий інструмент;
- вибрати модель координатно-вимірювальної машини та засоби обладнання;
- розробити структурну схему гнучкої виробничої ділянки;
- визначити економічну ефективність, розглянути вимоги охорони праці та захисту навколишнього середовища при виробництві корпусу секції насоса.

Об'єкт дослідження є процес виготовлення корпусу секції насоса, предметом є розробка технологічних операцій виготовлення корпусу секції паливного насоса дизельного генератора.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1. Призначення, умови експлуатації та опис вузла виробу

Однією з основних складових системи живлення дизельної силової установки є насос, що забезпечує подачу палива під високим тиском на форсунки. Повна назва - паливний насос високого тиску (ТНВД), схема насоса представлена рис 1.1.

Рисунок 1.1 - Паливний насос високого тиску (ТНВД)

Цей вузол системи живлення має досить складну конструкцію, оскільки в його завдання входить не тільки нагнітання дизельного палива, але ще й подача його на форсунки в строго визначені моменти. Від його роботи безпосередньо залежить функціонування силової установки. Незважаючи на відмінності в конструкції, у всіх використовується той самий основний робочий вузол – «секція паливного насоса». Саме вона здійснює подачу та розподіл палива, схема плунжерної пари представлена на рис 1.2.

Рисунок 1.2 – Схема плунжерної пари

Секція паливного насоса за допомогою плунжера (19), що рухається в гільзі (18), під великим тиском подає паливо через форсунки в камеру згоряння двигуна трактора.

Підібрані пари плунжер-гільза піддаються спеціальному випробуванню на щільність. Їх поділяють на дві групи. На насос встановлюється комплект пар (плунжер-гільза) однієї й тієї групи з метою забезпечення рівномірності подачі палива на насос. На корпусі секції біля стопорного гвинта гільзи набитий номер групи. У надплунжерну порожнину паливо підводиться через бічний отвір (6) в гільзі діаметром $3+0,05$ мм. З'єднання надплунжерного простору з кільцевою канавкою реалізовано через поздовжній паз, що є на головці плунжера. Необхідний для зміни кількості палива, що подається плунжером, косий зріз розташований в нижній частині головки. При повороті плунжера вліво зменшується кількість палива, що подається секцією.

Таким чином, через секцію паливного насоса подається паливо в циліндр, забезпечуючи його рівномірність подачі.

1.2. Службове призначення деталі «Корпус секції насоса» та технічні вимоги, що пред'являються до деталі

Для проектування нового технологічного процесу була вибрана деталь - «Корпус секції насоса». Деталь входить у складальний вузол «51-67-124сп секція насоса паливного», який у свою чергу є складовою складального вузла «51-67-24сп насос паливного двигуна Д-180».

Деталь «Корпус секції насоса» служить корпусом для секції насоса. Деталь утримує і забезпечує хід в ній інших елементів секції паливного насоса, які у свою чергу і забезпечує рівномірну подачу палива, таких як плунжер, гільза плунжера, стопорний гвинт гільза, продувна голка.

Деталь типу – корпус, масою 0,46 кг, матеріал сталь 45 ДСТУ 7809, технічні вимогами креслення заготовкою є – поковка 2 класу точності за ГОСТ 7505-74. Основні габарити 41x72x55 мм. Корпус має три осі симетрії трьох багатоступінчастих отворів та одну площину симетрії самого корпусу.

Основними конструкторськими базами корпусу задані дві оброблені площини, що визначають висоту деталі. Відносно них задані більшість лінійних розмірів, і одна площина, що орієнтує вісь основного отвору, куди встановлюються всі комплектуючі деталі та складальні одиниці при складанні вузла 51-67-124сп секція паливного насоса. Деталь не несе великих експлуатаційних навантажень, але має високі конструкторські вимоги до збирання.

Деталь має низку допусків на виготовлення.

Невиконання вимоги паралельності опорного торця корпусу секції до ступеня при переході від меншого 12 діаметра до більшого 25 мм в основному отворі не більше 0,04 мм призводить до похибок при встановленні секції в паливний насос надалі може призвести до затискання насосного елемента і

заклинювання плунжера, і виходу з ладу насоса. Також співвісність даних отворів має перевищувати $R0,025$ мм.

Порушення вимог співвісності різьблення $M8 \times 1$ та діаметру 3мм більш ніж на $R0.09$ призводить до витоків палива через конус голки продувного вентиля, по-друге, «підсмоктування» повітря в систему подачі палива.

Аналізуючи зазначені вище конструкторські вимоги та креслення деталі (рис. 1.3) в цілому, приходимо до висновку, що деталь технологічно «легка» у процесі виготовлення, але потрібна спеціалізована лінія верстатів для її механічної обробки у масовому чи серійному виробництві.

Рисунок 1.3 – Креслення деталі «Корпус секції насоса»

Аналізуючи робоче креслення деталі, можна зробити такі висновки (рис. 1.3):

- креслення достатньо інформативне, має необхідні проекції, розрізи та перерізи;
- на кресленні вказані всі необхідні розміри з допусками, вимоги до точності форми та взаємного розташування, а також вимоги до якості поверхні,

що забезпечують розробку технологічного процесу, проектування та виготовлення деталі;

- вказано вимоги до матеріалу, фізико-механічного стану деталі;
- допуски форми, взаємного розташування поверхонь відповідають стандартним значенням (ДСТУ ГОСТ 2308-79);
- параметри шорсткості відповідають ДСТУ ГОСТ 2309-77;

1.3 Аналітичний огляд та порівняння зарубіжних та вітчизняних технологічних рішень для галузі виробництва корпусів

На зарубіжних підприємствах для виготовлення корпусів використовують метод кування та штампування. Сьогодні обробка металів тиском є найбільш поширеним та технічно обґрунтованим методом отримання заготовок, які називають поковки, які надалі піддаються механічній обробці для досягнення необхідних розмірів та конфігурації деталей.

Поковка - це проміжна заготовка, отримана методом пластичної деформації металу, особливістю якої є її схожість з майбутньою деталлю або виробом за габаритними розмірами та формою.

Процес виготовлення поковки проходить такі етапи:

1. Різання прокату різної конфігурації на необхідні розміри. Використовуваний прокат може мати круглий, квадратний, прямокутний та багатокутний переріз.

2. Процес деформації металу.

3. Термічна обробка поковки (нормалізація та відпустка)

4. Прийом готового кування відділом технічного контролю.

Сьогодні існує два основних методи отримання поковки:

1. Кування – процес деформації металевої заготовки, яка знаходиться у пластичному стані та надання їй потрібної форми шляхом впливу ударного навантаження бойків молота чи преса. До кування також відносять згинання, витяжку, волочіння. Відмінною особливістю кування є те, що заготовка знаходиться у вільному стані в процесі деформації, вона не має чіткого базування.

Припуск під обробку кованою поковки практично вдвічі більше, ніж у поковки отриманої методом штампування. На виробництві кування застосовують тільки в дрібносерійному та одиничному виробництві двома основними методами, це ручний або машинний.

2. Штампування – процес деформації металевої вихідної заготовки під тиском, що протікає з використанням додаткового оснащення (спеціального штампу). Процес пластичної деформації здійснюється в матриці штампу, форма якої повністю ідентична поковці, що виготовляється. Ударним елементом, що надає навантаження, виступає пуансон. Штампування може бути виконане з попереднім нагріванням вихідної заготовки, і без нього. Штампування, на відміну від кування, має достатньо високу продуктивність, вона не вимагає високої кваліфікації робітників, а на виході поковка має більш високу точність розмірів та малу шорсткість поверхневого шару. Однак застосування штампів доцільно лише в масовому та серійному виробництві, щоб виправдати витрати на їхнє дороге виготовлення.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1. Аналіз операційних карток технологічного процесу

В якості матеріалу деталі застосовується сталь 45 ДСТУ 7809. Вибір цієї марки сталі, в першу чергу, пов'язаний з її широким використанням в машинобудуванні. Ця сталь одна з самих стійких конструкційних вуглецевих якісних сталей, вона забезпечує нормалізацію, поліпшення, піддається поверхневій термічній обробці виготовлення невідповідальних деталей. Також, перевагами для вибору даної марки сталі є її відносна легкість обробки різанням та штампуванням. Для захисту деталі з даної марки сталі від корозії необхідно лише виконати хімічне оксидування з промаслюванням (вороніння) зовнішніх поверхонь, так як вузол в цілому працює в агресивних хімічних навколишніх середовищах.

Операція 010 Токарна.

На рис 2.2 зображено схему обробки на операції 010. На даній операції проводиться підрізання торця, свердління отворів та нарізання внутрішньої різьби. Обробка здійснюється в 1 установлення.

Рисунок 2.2 – Схема обробки на операції 010

Комплект баз: опорна та подвійна напрямна. Невизначеність базування відсутня.

Обладнання: Токарний напівавтомат 1А240П-6.

Ріжучий інструмент: свердло комбіноване, різець підрізний 16х16, свердло ф19,5, РТЕКК 32-25Р22, різець 32х25х170, TNMO 220416 РК 4035, пластина ріжуча, 17,9 852М, пластина опорна, зенкер комбінований, розгортка комбінована 25Н10х19, 8Н11, мітчик М27х1, 5.

Міряльний прилад: ШЦ 1-125-0,1-1 ГОСТ 166-89, пробка 25,43^{+0,22}, 25Н10, 19,8Н11 ГОСТ 14810-69; пробка М79х1, 5 ГОСТ 17758-72, Калібр М27х1,5.

Верстатне пристосування: патрон, копірні кулачки при верстаті.

Операція 015 Токарна.

На рис 2.3 зображений операційний ескіз операції 015. На цій операції проводиться підрізування торця та свердління отворів. Обробка проводиться у 1 установлення.

Рисунок 2.3 – Схема обробки на операції 015

Комплект баз: опорна та подвійна напрямна. Невизначеність базування відсутня.

Обладнання: Токарний напівавтомат 1Б240П-6.

Ріжучий інструмент: Свердло 46,5 ГОСТ 109033-77, P88Ж-3232P19, різець 32x32x170, SNMG-190612, пластина ріжуча, 174-852М опорна пластина, розгортка 21Н14, зенкер 30Р16х45°.

Міряльний прилад: ШЦ 1-125-0,1-1 ГОСТ 166-89, скоба 55,3-0,35 ГОСТ 2216-84, індикатор ИЧ10кл1 ГОСТ 557-68, пробка 21Н14 ГОСТ 14810-69.

Верстатне пристосування: патрон, копірні кулачки при верстаті.

Операція 020 Свердлильна.

На рис 2.4 зображено операційний ескіз операції 020. На цій операції проводиться свердління та розгортання отворів. Обробка проводиться у 1 установлення.

Рисунок 2.4 - Схема обробки на операції 020

Комплект баз: подвійна опорна та настановна. Невизначеність базування відсутня.

Обладнання: вертикально-свердлильний верстат 2125.

Різальний інструмент: розгортка.

Міряльний прилад: пробка 19,95Н8 ГОСТ14810-69, калібр.

Верстатне пристосування: підставка, пристрій контрольний.

Операція 025 Свердлильна.

На рис 2.5 зображено операційний ескіз операції 025. На цій операції проводиться розгортання отвору. Обробка проводиться у 1 установлення.

Рисунок 2.5 – Схема обробки на операції 025

Комплект баз: установча база та подвійна опорна. Невизначеність базування відсутня.

Обладнання: вертикально-свердильний верстат 2125.

Різальний інструмент: розгортка 20Н8.

Міряльний прилад: пробка 20Н8 ГОСТ14810-69, калібр ф20Н8, ф25Н11.

Верстатне пристосування: підставка.

Операція 035 Агрегатна.

На рис 2.6 зображено операційний ескіз операції 035. На цій операції проводиться свердління отворів та нарізання внутрішньої різьби.

Рисунок 2.6 - Схема обробки на операції 035

Обладнання: агрегатно-свердильний верстат 3ХА-5698.

Ріжучий інструмент: свердло $\phi 18$, $\phi 23$ ГОСТ 10903-77; свердло $\phi 7$, $\phi 8,6$; $\phi 6,7$ ГОСТ 12121-69, зенкер, мітчик М8х1-6Н.

Міряльний прилад: пробка $6,95^{+0,2}$; 13Н14; 8,5 Н13; 13Н14 ГОСТ 14810 69, скоба 23,5-0,4 ГОСТ 14810-69, пробка М8х1-6Н ГОСТ 17758-72, калібр, ШЦ-I-125-0,1-1 ГОСТ 166-87.

Верстатне пристосування: затискний.

Операція 045 Агрегатна.

На рис 2.7 зображено операційний ескіз операції 045.

Рисунок 2.7 – Схема обробки на операції 045

На цій операції проводиться свердління отворів та нарізання внутрішньої різьби. Обробка проводиться у 1 установлення.

Комплект баз: опорна та подвійна напрямна. Невизначеність базування відсутня.

Обладнання: агрегатно-свердлильний верстат 3ХА 5699.

Ріжучий інструмент: свердло 12 ГОСТ 10903-77, свердло 7 ГОСТ 12121-77, свердло 3,1 та 5,3 ГОСТ 886-77, мітчик М8х1.

Міряльний прилад: пробка $6,95^{+0,95}$, 3Н14 5,2Н14 ГОСТ 14810-69, пробка М8х1 ГОСТ 17758-72, калібр М8х1-6Нх9 min.

Верстатне пристосування: пристосування затискне, палець, плита кондукторна.

Операція 050 Свердлильна.

На рис 2.8 зображено операційний ескіз операції 050. На цій операції проводиться нарізання внутрішньої різьби. Обробка проводиться в 1 установлення.

Рисунок 2.8 – Схема обробки на операції 050

Обладнання: вертикально-свердлильний верстат 2125;

Ріжучий інструмент: мітчик з напрямком M27x1,5

Міряльний прилад: калібр співвісності, пробка M27x1,5-5H

Верстатне пристосування: патрон 24x3, підставка

Операція 060 Плоскошліфувальна.

На рис 2.9 зображено операційний ескіз операції 060. На цій операції проводиться шліфування зовнішньої поверхні. Обробка проводиться в 1 установлення.

Рисунок 2.9 – Схема обробки на операції 060

Операція 065 Свердлильна.

На рис 2.10 зображено операційний ескіз операції 065. На даній операції проводиться свердління та розгортання отворів. Обробка проводиться в 1 установлення.

Рисунок 2.10 – Схема обробки на операції 065

Обладнання: вертикально-свердильний «Герберт».

Ріжучий інструмент: свердло 4,9 ГОСТ 886-77, зенківка 16x90° ГОСТ 14853-80, розгортка 5.

Міряльний прилад: пробка 4,9Н11 ГОСТ 14810-69, ШЦ-I-125-0,1-1 ГОСТ 166-89, калібр, пробка 5Д10 ГОСТ 14810-69.

Верстатне пристосування: кондуктор для свердління, патрон, підставка.

Операція 085 Свердлильна.

На рис 2.11 зображено операційний ескіз операції 085. На цій операції проводиться зенкування отвору. Обробка проводиться в 1 установлення.

Рисунок 2.11 – Схема обробки на операції 085

Обладнання: вертикально-свердильний 2125;

Ріжучий інструмент: зенківка;

Міряльний прилад: шаблон 21Н14;

Верстатне пристосування: пристрій для зенкування.

Операція 090 Свердлильна.

На рис 2.12 зображено операційний ескіз операції 090. На цій операції проводиться зенкування отвору. Обробка проводиться в 1 установлення.

Рисунок 2.12 – Схема обробки на операції 090

Обладнання: вертикально-свердильний 2170.

Ріжучий інструмент: зенкер ступінчастий.

Міряльний прилад: скоба 91115.

Верстатне пристосування: пристрій для установки, головка 4-х шпиндельна.

2.2. Аналіз технологічного обладнання, технологічного оснащення та ріжучого інструменту

Токарна обробка деталі проводиться на автоматному токарному восьмишпиндельному горизонтальному патронному верстаті 1A240П-8. Верстати моделі 1A240П-8 призначені для токарної обробки деталей з каліброваного холоднотягнутого прутка круглого, шестигранного та квадратного перерізу або з труб в умовах серійного виробництва.

Операція свердління провадиться на вертикально-свердильному верстаті 2A125. Верстати універсальні вертикально-свердлувальні 2A125 використовуються на підприємствах з одиничним та дрібносерійним випуском продукції та призначені для виконання наступних операцій: свердління, розсвердлювання, зенкування, розгортання та підрізування торців ножами. Межі чисел оборотів та подач шпинделя дозволяють обробляти різні види отворів на раціональних режимах різання.

Як пристосування для верстата 1Б240П-6 на 015 операції використовують гойдаючийся патрон Т9448-028. Заготовка кріпиться до баз супутника та закріплюється в патрон. Патрон використовується для кріплення деталей на осі шпинделя. Застосування патрона у разі доцільно лише за наявності застарілого чи зношеного устаткування, оскільки їх вартість нижча вартості верстата.

Як пристосування на операції 030 використовується пристрій для прошивки Т9698-27183.

Як пристосування на операціях 035 використовується затискний пристрій Т9688-6527. Пристрій фіксує заготовку у потрібному положенні.

Як пристосування на операції 035 використовується пристосування Т9578-5859. Пристрій призначений для контролю отримання отворів.

Як пристосування на операціях 040 використовується пристосування для зняття фасок.

Як пристосування на операції 045 використовується палець Т9698-43540 і затискний пристрій Т9688-3758. Також як пристосування на операції 045 використовується кондукторна плита Т9642-1196

Як пристосування на 050 операції використовують підставку для розгортання отвору Т9696-19980.

Застосування пристроїв на кожній операції доцільно, оскільки обробка відбувається на застарілому або зношеному обладнання, оскільки його вартість нижча за вартість верстата.

2.3. Розмірно-точнісний аналіз технологічного процесу

Розмірний аналіз технологічного процесу проводиться з метою перевірки забезпечення заданої точності деталі при використанні діючого технологічного процесу. Розрахунок розмірного ланцюга наведений у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку розмірної схеми

Група	Номер поверхні ланки		Ном. значення	Верхнє відхилення	Нижнє відхилення	Середній номінальний розмір ланки	Запаси розрахункових граничних значень відносної вихідної ланки	
	лівої	правої	Номінальне значення відсутнє	Граничне значення			мінім	макс
				мінім	макс			
1	18	28	1000	1,410	0,430	1,920	-0,070	0,090
1	18	48	10000	9,525	8,715	19,120	-0,385	0,475
1	18	68	21000	20,860	19,830	41,345	-0,910	0,400
1	18	78	27000	27,530	26,310	53,920	-0,040	0,120
1	18	118	55000	57,710	53,980	109,345	-0,280	0,290
1	17	18		0,890	1,270	1,080	0,790	
1	58	57		3,590	6,210	4,900	3,490	
1	16	17		3,660	4,750	1,205	3,160	
1	118	117		0,630	2,110	1,370	0,130	

Припуски на обробку не збігаються з розрахунковими. Там, де припуск занижений, буде з'являтися «чорнота», там, де він завищений, економно використовується матеріал. У технологічному процесі відсутня замикаюча ланка.

2.4 Розробка проектного варіанта технологічного процесу виготовлення деталі паливного насосу дизельного генератора

2.4.1 Аналітичний огляд, вибір та обґрунтування способу отримання вихідної заготовки

В якості матеріалу заготовки використовують сталь 45. Сталь 45 містить в середньому 0,45% вуглецю. Ступінь розкислення сталі – спокійна (позначають без індексу). З нелегованої спеціальної сталі 45 виготовляють шестірні, вал-шестірні, шпинделі, бандажі, колінчаті і розподільні вали, циліндр, кулачки та інші нормалізовані, поліпшені і піддані поверхневій термообробці деталі, до яких пред'являються вимоги підвищеної міцності.

Сталь марки 45 має гарні характеристики міцності, то в якості заготовки обираємо метод поковки. Сталь 45 найчастіше використовується там, де потрібна підвищена міцність. Поковка сталь 45 - це незамінна проміжна деталь великої кількості технологічних процесів в машинобудуванні і не тільки. При даному методі отримання заготівлі коефіцієнт отримання матеріалу буде найбільшим, що зменшить відхід матеріалу, а значить, продуктивність виготовлення деталі. Також при даному методі форма заготівлі буде максимально наближена до кінцевої деталі, що знизить перехід операції обробки заготовки.

2.2.2 Розмірно-точнісний аналіз проектного варіанта технологічного процесу

Технологічний процес обробки деталі складений таким чином, щоб виключити появу замикаючих ланок у розмірному ланцюзі. Тому в даний момент є лише необхідність розрахунку припусків і мінімального розміру заготовки. Розмірний ланцюг представлений на малюнку 2.21.

Розмір (18 ... 117) знайдемо через припуск, який отримується на операції $[118...177] = (177...18) - (18...118)$; $[118...117] = X \pm 0,37 - 5 \cdot 5_{-0,74}$.

Величина припуску визначається сумою шорсткості R_z , дефектного шару D_f від попередньої операції та суми полів допусків W без середини поля допуску і розраховується за формулою (2.1):

$$Z_H = R_z + D_f - \frac{W}{2} - \Delta W \quad (2.1)$$

де R_z, D_f - для поковки, звичайної точності, рівні відповідно 100 і 400 мкм;

ΔW - середина поля допуску замикаючої ланки. Розраховується як різниця сум середин полів допусків, ланок, збільшують і зменшують і розраховується за формулою 2.2

$$\Delta W = \sum \overrightarrow{A_i} - \sum \overleftarrow{A_i}; \quad (2.2)$$

$$Z_H = 0,1 + 0,4 + \frac{0,74+0,74}{2} - \left(\frac{0,37-(-0,37)}{2} - \frac{0-(-0,74)}{2} \right) = 1,24 \text{ мм}$$

Підставивши значення припуску в рівняння номіналів отримаємо невідомий номер $1,24 = X - 55$; $X = 56,54 \pm 0,37$.

Розмір (17...117) знайдемо через припуск $[18...17]$, $[18...17] = (17...117) - (117...18)$; $[18...17] = Y_{-0,5}^{+1,1} - 56,24 \pm 0,37$.

Припуск розраховуємо по формулі

$$Z_H = 0,1 + 0,4 + \frac{1,6 + 0,74}{2} - \left(\frac{1,1 - (-0,5)}{2} - \frac{0,37 - (-0,37)}{2} \right) = 1,24$$

Підставивши значення припуску в рівняння номіналів отримаємо невідомий номер $1,24 = Y - 56,24$; $X = 57,48_{-0,5}^{+1,1}$.

2.4.2. Розрахунок режимів різання та норм часу на всі операції проектного варіанту технологічного процесу

Розрахунок режимів різання для операції свердління.

Для отримання розміру $\phi 8,5H15^{+0,58}$ із заготовки 17 квалітету, необхідно вести обробку в одну чорнову стадію свердління.

Зробимо розрахунок для чорнової стадії.

Вибір глибини різання здійснюється за довідниками.

Для операції напівчистої обробки поверхні діаметр якої відповідає інтервалу розмірів до 12 мм, рекомендується глибина різання не менше $t = 1,15$ мм.

Вибір інструменту.

З умов обробки (45 з HB>179) приймаємо різальний матеріал Р6М5. Форма заточування свердла нормальна. Нормативний період стійкості 25 хв.

За нормативами визначають поправні коефіцієнти на глибину різання чорнової стадії обробки для змінених умов залежно від:

- Послідовність переходів маршруту обробки (попередній перехід – поковка) $K_{ti} = 1,00$;

Остаточна подача чистової стадії обробки:

$$t_{\text{чорн}} = 1,15 \cdot 1,00 = 1,15 \text{ мм}$$

Вибір подачі.

Для чорнового свердління заготовки зі сталі 45, відношенням $1/D$ до 8 мм і діаметр оброблювального отвору до 10 мм, рекомендується подача $S_{ot} = 0,18$ мм/об.

За нормативами визначають поправні коефіцієнти на подачу чорнової стадії обробки для змінених умов залежно від:

- механічних властивостей оброблюваного матеріалу та інструменту (сталі 45 HB до 190 Р6М5) $K_{SM} = 1,05$.

Остаточна подача чистової стадії обробки

$$S_{\text{оброб}} = 0,18 \cdot 1,05 = 0,189 \text{ мм/об}$$

Вибір швидкості різання.

Рекомендовані значення швидкості різання для чорнової стадії обробки також обирають за нормативами.

Для чорнового свердління заготовки зі сталі 45, відношенням $1/D$ до 8 мм і діаметр оброблювального отвору до 10 мм, рекомендується подача $V_t = 25$ м/хв.

Також вибирають інші поправні коефіцієнти на швидкість різання для змінених умов залежно від:

- механічних властивостей оброблюваного матеріалу та інструменту (сталь 45 НВ до 190 Р6М5) $K_{VM} = 1,05$;
- наявності охолодження (присутнє) $K_{VЖ} = 1,0$;
- стан поверхні (без корки) $K_{VЖ} = 1,0$;
- інструментального матеріалу (Р6М5) $K_{VI} = 1,0$;
- форми заточування інструменту (Н) $K_{VЗ} = 1,0$;
- довжині робочої частини свердла (за ДСТУ ГОСТ 886 Свердла спіральні з циліндричним хвостовиком) $K_{VI} = 1,0$;
- зносостійкого покриття інструментального матеріалу (без покриття) $K_{VII} = 1,0$;
- відношення фактичного періоду стійкості до нормативного (Тф/Тн до 1,0) $K_{VT} = 1,0$;

Остаточно швидкість різання при напівчистовій стадії обробки визначають за формулою (2.3):

$$V = V_T \cdot K \quad (2.3)$$

$$V = 25 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 26,25 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя визначається за формулою 2.4

$$n = \frac{1000v}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 26,25}{8,5 \cdot \pi} = 938,51 \text{ об/хв} \quad (2.4)$$

Обробка заготовки буде здійснюватися різальним інструментом фірми FETTE. Для сверд цієї компанії, в каталогах вказується рекомендовані швидкість, подача і глибина різання.

Зробимо вибір аналогічного різучого інструменту.

Свердло з головним кутом у плані 140° FETTE 3355C-085

Для обробки сталі 45 з твердістю поверхні HB до 190 рекомендується використовувати сплав U300. Це твердий сплав з покриттям TiCN для високошвидкісної фінішної обробки, а також для тривалого різання при помірних швидкостях. Використовується для обробки відносно м'яких матеріалів.

Решта режимів різання підберемо аналогічно, за каталогом. Отримані дані заносяться в таблицю 2.4.

Визначення норм часу операціях.

Визначення норм штучного часу.

Норма штучного часу визначається за формулою (2.5):

$$T_{ш} = (T_{ц.а.} + T_{в}) \cdot \left(1 + \frac{a_{тех} + a_{орг} + a_{отл}}{100}\right) \quad (2.5)$$

Допоміжний час розраховується за формулою 2.6:

$$T_{д} = T_{дст.} + T_{пер} + T_{вим} \quad (2.6)$$

де, $T_{дст}$ - допоміжний час на встановлення та зняття деталі для комплексної операції з ЧПУ 005 – $T_{вст} = 0,15$ хв, для комплексної операції з ЧПУ 010 – $T_{вст} = 0,15$ хв, для контрольної операції – $T_{вст} = 0,2$ хв;

$T_{пер}$ - допоміжний час пов'язаний з технологічним переходом. Час на закріплення та розкріплення деталі $T_{пер} = 0,1$ хв – закріплення у спеціальному пристосуванні.

$T_{вим}$ - допоміжний час на контрольний вимір КІМ, перекивається, $T_{вим015} = 1,5$ хв.

Час на організаційне та технічне обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби наведено у відсотках від операційного часу і розраховується за формулою (2.7):

$$a_{орг} + a_{тех} + a_{отл} = 10\% \quad (2.7)$$

Час циклу автоматичної роботи верстата за програмою $T_{ц.а}$ складається з основного часу автоматичної роботи верстата T_o і машинно-допоміжного часу $T_{м.в.}$ і розраховується за формулами (2.8) та (2.9):

$$T_{ц.а.} = T_o + T_{м.в.} \quad (2.8)$$

$$T_o = \sum_{i=1}^n \frac{L1}{S_M} \quad (2.9)$$

де $L1$ – довжина шляху, який проходить інструмент або деталь в напрямку подачі при обробці i -ї технологічної ділянки (з урахуванням врізання та перебігу), мм і розраховується за формулою 2.10:

$$L1 = L + l1 + l2 + l3 \quad (2.10)$$

S_M – хвилинна подача на даній ділянці, мм/хв; $i=1, 2, \dots, n$ – кількість технологічних ділянок обробки.

де L – довжина шляху (або траєкторії), який проходить інструмент або деталь у напрямку подачі, мм;

$l1, l2, l3$ – довжина підведення, врізання та перебігу інструменту відповідно, мм.

Призначаємо за картками 22-24 [1] та вносимо до таблиці 2.2.

Наприклад, розраховуємо для розміру $\phi 8,5H15^{+0,58}$:

$$L = 27 \text{ мм}$$

Довжина підведення для цієї поверхні дорівнює $l1 = 2 \text{ мм}$, так як поверхня оброблена. Довжина врізання розраховується за формулою (2.11):

$$l2 = \frac{t}{\tan \varphi} = \frac{1,15}{\tan 95^\circ} = 1,23 \text{ мм} \quad (2.11)$$

Перебіг дорівнює 3,8, так як точіння проводиться не впритул.

Таким чином:

$$L1 = L + l_1 + l_2 + l_3 = 27 + 2 + 1,23 + 3,8 = 34,03 \text{ мм}$$

Час на обробку цієї поверхні:

$$T_o = \frac{34,03}{937 \cdot 0,18} = 0,202 \text{ хв}$$

Проведемо аналогічні розрахунки для інших переходів і отримані результати вносимо в таблицю 2.5.

$$T_{\text{мв}} = T_{\text{мв.і}} + T_{\text{мв.х}} \quad (2.12)$$

$T_{\text{мв.і}}$ – машинно-допоміжний час на автоматичну зміну інструменту, $T_{\text{мв.і}} = 0,033 \text{ хв}$;

$T_{\text{мв.х}}$ - машинно-допоміжний час на виконання автоматичних допоміжних ходів і технологічної паузи. Для комплексної з ЧПУ 005 – $T_{\text{мв.х}} = 0,267 \text{ хв}$, для комплексної з ЧПУ 010 – $T_{\text{мв.х}} = 0,267 \text{ хв}$, для контрольної операції 015 - $T_{\text{мв.х}} = 1,02 \text{ хв}$.

Остаточний розрахунок циклу автоматичної роботи верстата зробимо в програмі Microsoft Excel. Для цього всі знайдені за нормативами або розрахунки значення часу, довжину траєкторії руху інструменту, режим різання вносимо в таблицю 2.2. Всі формули для розрахунку програмуються в клітинах таблиць і автоматично розраховують необхідний параметр.

Таблиця 2.2 – Режими різання та норми часу для операції механічної обробки

Переходи	V, м/хв	n, об/хв	S, мм/об	t, мм	T _о , хв	Врізання, мм	Перебіг, мм	Підведення, мм	Довжина траєкторії, мм	L, мм
Операція 005 Комплексна з ЧПУ										
Формування розмір 57,5	248	790	0,16	2,1	0,6764	2,25	20,75	5	57,5	85,5
Свердління отвору Ø19,5	17,6	288	0,42	0,74	0,5539	0,8	6,7	2	57,5	67
Розгортання отвору Ø20H8	15	239	0,76	0,06	0,4265	0,07	17,9	2	57,5	77,47
Розсвердлювання отвору Ø21	17,3	236	0,95	2,34	0,0721	2,51	3,5	2	10	18,01

переходи	V, м/хв	n, об/хв	S, мм/об	t, мм	To, хв	Врізання, мм	Перебіг, мм	Підведення, мм	Довжина траєкторії, мм	L, мм
Фрезерування отвору Ø30	200	3185	0,2	1	0,0377	1,07	5,97	2	15	24,04
Свердління отвору Ø8,5	25	937	0,18	1,15	0,2018	1,23	3,8	2	27	34,03
Фрезерування отвору Ø21	180	4777	0,44	0,16	0,009	0,18	6,2	2	1,05	18,88
Свердління отвору Ø7	26	1183	0,14	1,15	0,3745	1,23	2,8	5	53	62,03
Нарізання різьби M8x1	10,7	426	1	1	0,0634	1,07	1,93	2	22	27
Фрезерування отвору Ø13	140	5573	0,4	0,13	0,0061	0,14	4,86	2	6,5	13,5
Свердління отвору Ø5,5	26,5	1535	0,15	0,44	0,1084	0,48	3	2	7	12,48
Розгортання отвору Ø5D9	15	956	0,58	0,06	0,0396	0,07	1,9	2	7	10,97
						Тв, хв	Тмв, хв	Тпа, хв	Тшт, хв	
Сумарні					2,2693	1,37	0,74	3,309	5,1473	
Операція 010 Комплексна з ЧПУ										
Формування розмір 55	248	790	0,16	2,1	0,6566	2,25	2,75	5	55	83
Свердління отвору Ø25	17,6	225	0,42	2,34	0,561	2,51	7,5	2	41	53,01
Розсвердлювання отвору Ø25,5	17,3	216	0,95	2,34	0,1219	2,51	3,5	2	17	25,01
Нарізання різьби M27x1,5	21	248	1,5	1	0,0551	1,07	3,43	2	14	20,5
Свердління отвору Ø3	29	3079	0,07	0,44	0,1414	0,48	2,5	2	25,5	30,48
Свердління отвору Ø7	25,5	1160	0,19	1,15	0,1045	1,23	2,8	2	17	23,03
Нарізання різьби M8x1	1,07	426	1	2,2	0,054	2,36	0,64	2	18	23
Свердління отвору Ø5,2	26,5	1623	0,15	1,15	0,072	1,23	2,3	5	9	17,53
Фрезерування поверхні Ø25	165	3284	0,8	9	0,0419	9,62	0,38	5	12,5	27,5
Фрезерування поверхні Ø34	275	1752	1,54	9	0,0682	9,62	14,38	5	17	46
						Тв, хв	Тмв, хв	Тпа, хв	Тшт, хв	
Сумарні					1,8766	1,37	0,8	2,667	4,4512	

На цьому етапі проектування здійснено:

- вибір більш продуктивного методу отримання заготовки;
- вибір сучасного технологічного обладнання, завдяки якому знижена номенклатура використовуваних верстатів за рахунок збільшення концентрації переходів на операціях. Це дозволило знизити час на обробку деталі;
- формування операційно-маршрутної технології обробки заготовки;
- розмірно-точнісний аналіз, в ході якого визначений операційний розмір і величина мінімальних припусків;
- розрахунок режимів різання для різців і пластин, підібраних спеціально для обробки цього матеріалу. Це дозволило знизити витрати на обробку та збільшити продуктивність на операціях.

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1. Аналітичний огляд та вибір стандартизованого технологічного оснащення

Для закріплення інструменту на верстаті необхідно підібрати технологічне оснащення. Технологічне оснащення закріплюється в шпиндель верстата з типом закріплення Н8К-А63. На вибраному токарному оброблювальному центрі використовується шпиндель верстата з магазином ріжучого інструменту, який автоматично береться при необхідності. Патрон верстата зображено рис. 3.1.

Рисунок 3.1 – Патрон верстата Н8К-А63

З метою закріплення фрез для обробки торців обираємо тримач для фрез 2СС-СТ Н8К-А63-ХМ22-60 (рис. 3.2).

Рисунок 3.2 – Тримач фрез

Розміри тримача:

D1 – 40 мм;

L – 60 мм;

dm – 22 мм.

Для закріплення решти інструменту будемо використовувати синхронізуючі патрони ВШ2 для цанг E8X з типом закріплення H8K-A63 та відповідні цанги (рис. 3.3)

Рисунок 3.3 – Синхронізуючі патрони для цант E8X

Таблиця 3.1 – Розмір синхронізуючих патронів

Патрон	d1, мм	d2, мм	d3, мм	l, мм	l3, мм
SCK1-95,5/HSK-A63-ESX20-GN	4,5-11,2	34	34	95,5	37,5
SCK2-109/HSK-A63-ESX32-GN	4,5-18	50	50	109	43,5
SCK3-146,5/HSK-A63-ESX40-GN	10-22	63	58,5	146,5	50,3

Подбір BILZ ESX цанг під інструменті: фрези, свердла (рис. 3.4, табл. 3.1).

Рисунок 3.4 – Цанг ESX для циліндричних хвостовиків

Таблиця 3.1 – Розміри цанг для фрез і свердл

Для інструменту	Діаметр хвостовика, мм	Довжина хвостовика, мм	Тип цанги	Діапазон затискача, мм	l, мм	d, мм
Фреза FETTE 1585	25	76	ESX 40	25,50-4,50	45	41
FETTE 3355C ø8,5	10	42	ESX 32	10,50-9,50	40	33
FETTE 3355C ø7	8	45	ESX 32	8,50-7,50	40	33
FETTE 3355C ø3, ø5, ø5,2	6	42: 38	ESX 20	6,50-5,50	27,5	21
DC160-05-20.000A0-	20	50	ESX 40	20,50-9,50	45	41
DC160-05 ø21; ø25	25	56	ESX 40	25,50-4,50	45	41
FETTE 4225	4	28	ESX 20	4,50-3,50	27,5	21

Підбір VIP2 E8X цанг під мітчик (рис. 3.5, табл. 3.2)

Рисунок 3.5 – Цанг ESX для мітчиків

Таблиця 3.2 – Розміри цанг для фрез і свердл

Для інструменту	Тип цанги	dl, мм	Квадрат, мм	l, мм
FETTE 6324 MF8x1	ESX 20 GB	6	4,9	18
Мітчик FETTE 6404 MF27x1.5	ESX 40 GB	20	16	28

3.2 Вибір основного технологічного обладнання

Основна обробка деталі - свердління та фрезерування. Найкращим варіантом для обробки деталі є фрезерний обробний центр з ЧПУ для обробки у вертикальному та горизонтальному напрямку. На таких верстатах можна обробляти різним інструментом кілька поверхонь за одну операцію. Це підвищує продуктивність і знижує номенклатуру обладнання для виготовлення деталі, а також зменшує час виробництва деталі. Цим вимогам відповідає високоточний 5-осьовий вертикальний обробний центр NMV 3000 DCG (рис. 3.6).

Рисунок 3.6 – Зовнішній вигляд NMV 3000 DCG

Характеристики верстата наведень у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики станка NMV 3000 DCG

Технічні характеристики	NMV 3000 DCG
Хід по осі X/Y/Z, мм	500/350/510
Робоча поверхня стола, мм	300
Потужність шпинделя, кВт	39,2
Ємність інструментального магазину	21
Швидкість подачі, м/хв	X:50000/ Z,:40000
Габарити, мм	2335x3756

Верстат оснащений опційним пристроєм автоматичної зміни заготовок (AWC) великої ємності і має можливості для зберігання інструментів, що забезпечує довгострокову роботу без втручання людини, а також високоефективну обробку невеликих партій різних об'єктів. NMV 3000 DCG може здійснювати високоточну, високоефекційну обробку малих, складних заготовок, які головним чином виготовляються від автомобільної та авіаційної промисловості.

Маршрутний технологічний процес представлений у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Маршрутний технологічний процес

Назва та номер операції	Обладнання
000 Заготівельна	
005 Комплексна з ЧПУ	NMV 3000 DCG
010 Комплексна з ЧПУ	NMV 3000 DCG
015 Контрольна	Wenzel LH 87

Операція 005 Комплексна з ЧПУ

Комплект баз: подвійна напрямна та опорна.

Базування по чорновій поверхні. Під час операції проводиться фрезерування торця, свердління отвору та нарізування внутрішнього різьблення.

Операційний ескіз операції представлений на рис. 3.7, 3.8.

Рисунок 3.7 - Операційний ескіз операції 005

Рисунок 3.8 - Операційний ескіз операції 005

Операція 010 Комплексна з ЧПУ

Базування проводиться по чорновим поверхням.

Комплект баз: подвійна напрямна та опорна.

На операції проводиться фрезерування торця, свердління отворів та нарізання внутрішньої різьби.

Операційний ескіз представлений на рис. 3.9-3.12.

Рисунок 3.9 - Операційний ескіз операції 010

Рисунок 3.10 - Операційний ескіз операції 010

Рисунок 3.11 - Операційний ескіз операції 010

Рисунок 3.12 - Операційний ескіз операції 010

3.3. Підбір спеціального верстатного пристосування

Проаналізувавши даний технологічний процес виготовлення деталі «Корпус паливного насосу» вирішили, спроектувати верстатний пристрій для свердління отворів, щоб знизити похибки при його обробці.

Розрахунок сил різання при свердлінні

Необхідно зобразити ескіз заготовки та діючі на неї сили різання (рис. 3.14).

Рисунок 3.14 – Ескіз заготовки та діючі на неї сили

Вплив кожної складової сили різання на заготовку:

P_x : Сила P_x паралельна осі PI , притискає заготовку до настановного елемента по торцю. Сила P_x залежить від 2ϕ , що більше кут 2ϕ , то більше вписувалося сила P_x .

P_y : Сила P_y перпендикулярна до осі PI , притискає заготовку до кондукторної втулки. Силою P_y в даному розрахунку можна знехтувати.

P_z : Сила P_z діє по дотичній до кола обертання PI назустріч подачі і створює момент опору. Сила P_z застосовується лімітуючим параметром під час розрахунку. Чим більший діаметр PI , тим більша сила P_z , оскільки більша довжина його плеча.

При фрезуванні головна складова сила різання окружна сила P_z і крутний момент $M_{кр}$ різання. Вони по рівному впливають на заготовку. Окружна сила P_o притискає заготовку до настановних елементів у настановній площині.

Визначаємо окружну силу P_z за формулою (3.1)

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} \quad (3.1)$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 13^{0,72} \cdot 0,073^{0,86} \cdot 1^1 \cdot 5}{13^{0,86} \cdot 96,5^0} = 250,76 \text{ Н}$$

Крутний момент визначається за формулою (3.2)

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} \quad (3.2)$$

$$M_{кр} = \frac{250,76 \cdot 13}{2 \cdot 100}$$

де, C_p – емпіричний коефіцієнт, $C_p = 68,2$;

D – діаметр фрезі, $D = 13$;

z – число зубів;

B – глибина робочого ходу, $B = 1$;

t – ширина різання, $t = 13$ мм;

S - швидкість подачі, $S = 0,073$ мм/об;

n - чистота обертання, $n = 96,5$ м / хв;

q, x, y, u, w – показники ступеня, $q = 0,86, x = 0,72, y = 0,86, u = 1, w = 0$;

K_{mp} – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу.

Розраховується за формулою (3.3):

$$K_{mp} = \left(\frac{Q_B}{750}\right)^n = \left(\frac{750}{750}\right)^{0,75} = 1 \quad (3.3)$$

Розрахунок сил затиску і зусилля на поршні

Внаслідок дії сил затиску на поверхнях, що контактують з затискними та настановними елементами, виникають сили реакції опори та сили тертя (рис. 3.15).

Рисунок 3.15 – Виникаючі сили реакції опори та сили тертя

Умова утримання заготівлі (силового замикання) у пристосуванні виражаємо у формулі (3.4)

$$\sum M_{уд} = K \cdot \sum M_{свд} \quad (3.4)$$

$\sum M_{уд}$ – сума утримуючих моментів, що не дозволяють повернути заготовку;

$\sum M_{свд}$ – сума зсувних моментів, які прагнуть повернути заготовку;

K – коефіцієнт надійності закріплення заготовки.

Сумарний момент зсуву: $\Sigma M_{сдв} = M_{кр}$.

Сумарний утримуючий момент (при $N/2 = W/2$) визначаємо за формулою 3.5

$$\Sigma M_{уд} = M_w + M_N \quad (3.5)$$

де, M_w – утримуючий момент між контактними елементами затискного пристрою та поверхнею заготовки;

M_N – утримуючий момент між настановними елементами та базовою поверхнею заготовки.

Сумарний утримуючий момент визначається за формулою

$$\Sigma M_{уд} = f_w \cdot W \cdot r + f_N \cdot W \cdot r = W \cdot r \cdot (f_w + f_N) \quad (3.6)$$

де, W – шукана сила закріплення, розраховується за формулою (3.7):

$r1 = 18$ мм – плече сили W (дані взяті із спроектованого креслення пристосування);

$r2 = 34$ мм – плече сили W (дані взяті із спроектованого креслення пристосування);

$f_w = 0,45$ – коефіцієнт тертя-зчеплення сили закріплення W ;

$f_N = 0,45$ – коефіцієнт тертя-зчеплення реакції опори N .

$$W \cdot r \cdot (f_w + f_N) = P_z \cdot K \cdot \Sigma M_{свд} = 16,29 \cdot K \quad (3.7)$$

Коефіцієнт надійності закріплення заготовки визначаємо за формулою (3.8)

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot \quad (3.8)$$

де, K_0 – гарантований коефіцієнт запасу (для всіх випадків), $K_0=2$;

K_1 – коефіцієнт збільшення сил різання при затупленні інструменту, $K_1=1$;

K_2 – коефіцієнт збільшення сил різання через коливання припусків на заготовках (чорнова обробка), $K_2=1,15$;

K_3 – коефіцієнт зміни сил різання при обробці переривистих поверхонь (обробка гладких поверхонь), $K_3=1$;

K_4 – коефіцієнт непостійності сил при закріпленні (пневматичний затискач), $K_4=1$;

K_5 – коефіцієнт непостійності сил затискних пристроїв із ручним приводом (зручне розташування рукоятки управління), $K_5=1$;

K_6 – коефіцієнт невизначеності місць контакту базових поверхонь заготовок з плоскими поверхнями настановних елементів, $K_6=1,5$.

$$K = 2,0 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 3,45 \cdot$$

Визначимо силу закріплення за формулою (3.8)

$$W = \frac{19,29 \cdot K \cdot P_0}{(f_w \cdot r_1 + f_N \cdot r_2)} = \frac{19,29 \cdot 3,45 \cdot 518}{(0,45 \cdot 34 + 0,45 \cdot 18)} = 1244,1 \text{ Н} \quad (3.9)$$

Розрахункова схема для визначення параметрів затискного пристрою представлена рис. 3.16.

Рисунок 3.16 – Розрахункова схема визначення параметрів затискного пристрою

Рівняння силового замикання для пневмоциліндра визначається за формулою 3.11

$$Q = \frac{w}{i \cdot \eta} \quad (3.11)$$

Де $i=1$ – передаточне відношення силового механізму;

$\eta = 0,95$ – коефіцієнт корисної дії (для механізму простої конструкції);

Q - тягове зусилля, так визначається за формулою 3.12

$$Q = q_b \cdot S \quad (3.12)$$

Де $q_b = 0,4$ МПа - тиск повітря у заводській повітряній магістралі;

S – площа робочої частини пневмоциліндра, яка визначається за формулою 3.13

$$S = 0,785(D^2 - d^2) \quad (3.13)$$

де D - діаметр поршня пневмоциліндра, що визначається за формулою (3.14):

d – діаметр штока пневмоциліндра

$$D = \sqrt{\frac{w}{0,785 \cdot q_b \cdot i \cdot \eta}} + d^2 \quad (3.14)$$

Для визначення діаметра поршня пневмоциліндра застосуємо методо наближення (інтеграції), оскільки діаметр штока не відомий. Визначаємо наближене значення діаметра поршня пневмоциліндра D приймаючи $d=0$. Підставляючи значення у формулу 3.14 , отримуємо:

$$D = \sqrt{\frac{1244,1}{0,785 \cdot 0,4 \cdot 1 \cdot 0,95}} + 0^2 = 64,58 \text{ мм}$$

Для отриманого діаметра поршня за ДСТУ ISO 6099:2008 Об'ємні гідроприводи, пневмоприводи та їхні складники. Циліндри. Умовні позначки приєднувальних розмірів і типів кріплення (ISO 6099:2001, IDT) уточнюємо діаметр штока $d=22$ мм.

Визначаємо уточнене значення діаметра поршня пневмоциліндра за формулою 3.14

$$D = \sqrt{\frac{1244,1}{0,785 \cdot 0,4 \cdot 1 \cdot 0,95}} + 22^2 = 68,2 \text{ мм}$$

Остаточно приймаємо діаметр стандартного поршня за ДСТУ ISO 6099:2008 $D=80$ мм.

З ДСТУ ISO 6099:2008 прийmemo довжину ходу поршня, що дорівнює $L_x = 80$ мм.

3.4. Вибір стандартизованого ріжучого інструменту

При розробці технологічного процесу механічної обробки заготовки вибір ріжучого інструменту, його виду, конструкції та розмірів значною мірою визначається методами обробки, властивостями оброблюваного матеріалу, необхідною точністю обробки та якості оброблюваної поверхні заготівлі.

При виборі різального інструмента необхідно приймати стандартний інструмент, але коли доцільно, слід застосовувати спеціальний, комбінований, фасонний інструмент, що дозволяє поєднувати обробку кількох поверхонь.

Якщо технологічні особливості деталі не обмежують застосування високих швидкостей різання, слід застосовувати високопродуктивні конструкції ріжучого

інструменту, оснащеного твердим сплавом, оскільки практика показала, що це економічно вигідніше, ніж застосування швидкорізальних інструментів.

Для зручності вибору ріжучих інструментів позначимо поверхні на деталі. Основні оброблювані поверхні деталі зображені на рис 3.17.

Рисунок 3.17 – Поверхня деталі

Для обробки даної деталі вибираємо різальні інструменти фірм FETTE, ZCC-CT, WALTER. Розглянемо за номерними позиціями застосовуваний ріжучий інструмент технології виготовлення даної деталі.

Для чистової обробки поверхонь 10 та 15, які мають плоску форму, точність яких IT 14 і параметр шорсткості Ra 12,5 і Ra 3,2 приймаємо державку ZCC-CT FMA01-063-A22-SE12-05 (рис. 3.18) та пластину ZCC-CT SEET12T3-DF (рисунок 3.11) з матеріалу YBC301, оскільки матеріал заготовки Сталь 45 (вуглецева) група приналежності P10 (ISO P01, P10), яка забезпечить високу зносостійкість та може бути використана для високошвидкісної обробки сталі.

Розшифровка державки:

FM – торцева фреза;

A – кут нахилу пластинки 45°

01 – серійний номер;

063 – діаметр різальної частини інструменту;

A22 – виконання державки та діаметр кріплення;

S – форма пластинки квадратна;

E – задній кут пластинки 20° ;

12 – довжина ріжучої кромки пластини 12,7, мм;

05 – кількість зубів;

Розміри державки: $D = 63$; $D_I = 74$; $d = 22$; $L = 40$; $a_p = 6$.

Розшифровка пластини:

S – форма пластини квадратна з кутом;

E – задній кут 20° ;

E – допуск пластини (положення вершини: $\pm 0,025$; вписане коло: $\pm 0,025$;
товщина: $\pm 0,025$)

T – тип пластини: з кутом 65° ;

12 – довжина ріжучої кромки пластини 12,7 мм;

T3 – товщина (3,97 мм);

DF – стружколом складної форми;

Розшифровка пластини:

L – ширина платівки;

I.C – діаметр кола;

S – товщина пластини;

d – діаметр отвору для кріплення;

bs – ширина зрізу при вершині (2,55 мм).

Рисунок 3.19 – Пластина ZCC-CT для обробки зовнішніх поверхонь

Для обробки поверхонь 13, які мають циліндричну форму, точність IT 16 обираємо цільну кінцеву фрезу FETTE 1585 (рисунок 3.12) з матеріалу LW630 (ISO P10, P20, P30).

Параметри інструменту:

d1 – Діаметр ріжучої частини 25 мм;

d2 – Діаметр хвостовика 25 мм;

l1 – Довжина інструменту 121 мм;

l2 – довжина ріжучої частини 45 мм;

l3 – довжина покриття (відсутня);

λ – кут нахилу гвинтової канавки 30°.

Для обробки отворів 1, 3, 4, 5, 11, які мають точність IT: 15 і 9 вибираємо цільнотвердосплавні свердла FETTE 3355C (рисунок 3.21) з матеріалу LC640S із покриттям TiCN Plus.

Таблиця 3.6 – Параметри оброблюваних поверхонь

Номер поверхні	Діаметр ріжучою частини, d1	Довжина ріжучою частини, l2 мм	Довжина свердла, l1 мм	Діаметр хвостовика d2 мм	Кут при вершині, °	Кут гвинтової канавки °
1	8,5	47	89	10	140	30
3	7	34	79	8		
4	3	20	62	6		
2	5	28	66	6		
11	3,2	28	66	6		

Для того щоб обробити отвори 7, 8, 9, з точністю IT 11, 8, 14 обираємо свердло Walter DC160-05 (рис 3.14) з матеріалу WJ30ET.

Таблиця 3.7 – Розміри свердл

Позначення	Dc, мм	Lc, мм	l1, мм	l2, мм	l5, мм	d1, мм
DC160-05-20.000A0	20	77	153	101	50	20

DC160-05-21.000A0	21	86	166	108	56	25
DC160-05-25.000A0	25	97	180	122	56	25

Розшифровка інструменту:

DC1 – свердло циліндричне;

60 – універсальне свердло;

05 – глибина свердління ($5 \cdot D$);

20.000 – діаметр ріжучий (20 мм).

A0 – хвостовик циліндричний зовнішній.

Для обробки фасок 12 оберасмо зенкер FETTE 4225 (рисунок 3.23).

Параметри інструменту:

L – 40 мм;

D – 5 мм;

d – 1,5 мм;

d_2 – 4 мм.

Для обробки різьблення M8x1 з точність ТІ6 будемо використовувати мітчик FETTE 6324 MF8x1 (рисунок 3.24) із швидкорізальної сталі легованої кобальтом.

Параметри інструменту:

l_1 – 90 мм;

l_2 – 18 мм;

d_1 – MF 8 мм;

d_2 – 6 мм;

Квадрат – 4,9 мм;

z – число зубців 4;

P – 1 мм.

Для обробки різьблення M27x1.5 з точністю ТІ 6 використовуємо мітчик FETTE 6404 MF27x1.5 (рисунок 3.25) із швидкорізальної сталі легований кобальтом.

Параметри інструменту:

l_1 – 140 мм;

$l2 - 28 \text{ мм};$

$d1 - \text{MF } 27 \text{ мм};$

$d2 - 20 \text{ мм};$

Квадрат – 16 мм;

$z - \text{число зубців } 4;$

$P - 1,5 \text{ мм}.$

3.5. Вибір моделі контрольно-вимірювальних машин і засобів оснащення

За допомогою контрольно-вимірювальних машин визначають геометричні параметри, фізичні характеристики та математичну модель форми виробу. Основні критерії вибору певної моделі контрольно-вимірювальної машини (далі – КВМ) є: величина робочої зони, похибка виміру, система координат.

Виходячи з форми деталі «Корпус секції паливного насоса» зручніше використання КВМ з прямокутною системою координат. Деталь у пристосуванні має такі габарити: 55ммх72ммх41. За цими даними були підібрані 3 КВМ. Технічні характеристики обраних КВМ представлені в таблиці 3.8

Таблиця 3.8 - Основні технічні характеристики

Характеристики	DEA Global Classic	Carl Zeiss CenterMax	Wenzel LH 87
Максимально допустимий діапазон вимірів по осях X/Y/Z, мм	500/500/500	1100/1200/900	800/1000/700
Похибка лінійного вимірювання MPEP, мкм	1,9	1,2	0,8
Похибка лінійного вимірювання MPPE, мкм	$1,9+L/300$	$1,2+L/280$	$1,8+L/450$
Максимальна швидкість сканування, мм/с	200	300	300
Повторюваність позиціонування в одній точці, мкм	1,9	1,1	-

Для перевірки забезпечення точності вимірювань необхідно розрахувати похибка за формулою MPE_E для лінійного та діаметрального параметрів, а також

для відхилення розташування. Найточніші параметри у деталі відповідно: 14_{-0,11}, Ø20H8^{+0,033} та позиційний допуск щодо бази І в 0,025 мм.

Контрольно-вимірювальна машина вважається придатною для вимірювання, якщо похибка лінійного виміру становить не більше 20% від допуску на вимірюваний параметр:

$$\frac{\Delta_{1\text{изм}}}{T} = \frac{3,9}{11} \cdot 100\% = 35\%;$$

$$\frac{\Delta_{2\text{изм}}}{T} = \frac{2,5}{11} \cdot 100\% = 22\%;$$

$$\frac{\Delta_{3\text{изм}}}{T} = \frac{1,66}{11} \cdot 100\% = 15\%.$$

Вибираємо КІМ фірми Wenzel LH 87 (рисунок 3.26), оскільки похибка її лінійного виміру найменша з трьох і становить 15 % від допуску 0,11 мм на розмір 14.

Рисунок 3.26 – Wenzel LH 87

Переваги КІМ Wenzel LH 87:

- найвища механічна точність виготовлення завдяки високоточному ручному доведенню всіх поверхонь;

- портал, плита та всі напрямні виконані з граніту, що забезпечує однакову температуру всіх осей;
- плита та напрямна вісь Y є єдиним вузлом, які виконані з цільного шматка граніту за безшовною технологією;
- довгострокова стабільність в експлуатації завдяки найвищій якості виробництва, складання та контролю на всіх етапах;
- лінійки високої роздільної здатності для точного позиціонування та зчитування даних;
- доступні варіанти із поворотним столом.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1. Економіка

Вибір виду верстатів, їх спеціалізації за кількістю керованих координат та визначення їх кількості у складі гнучкої виробничої системи щодо випуску деталей заданої номенклатури здійснюються на основі розроблених технологічних процесів на типові деталі за такою формулою 4.1.

$$K = C_{\text{сер}} / T_{\text{сер}} \quad (4.1)$$

K – число станків по виду обладнання;

де $C_{\text{сер}}$ – середня станкоємність (показник затрат часу роботи обладнання для виробництва певного обсягу продукції), який приходить на один станок, хв

$T_{\text{сер}}$ – середній такт випуску деталей, хв.

$$C_{\text{сер}} = C_1 + C_2 = 8,07 + 4,43 = 12,4 \text{ хв}$$

Середній такт випуску деталей визначаються за формулою 4.2

$$T_{\text{сер}} = (60 \cdot \Phi_0 \cdot K_{\text{вик}}) / N_{\text{річ}} \quad (4.2)$$

де Φ_0 – річний фонд часу обладнання, ч визначається за формулою 4.3

$$\Phi_0 = (K_{\text{к.д}} - K_{\text{с.д}}) \cdot S \cdot d, \quad (4.3)$$

де $K_{\text{к.д}}$ - календарні дні;

$K_{\text{п.д}}$ – святкові та вихідні дні;

S – число змін;

d - тривалість зміни;

$K_{\text{вик}}$ - коефіцієнт використання обладнання за машинним часом ($K_{\text{вик}} = 0,85$);

$N_{\text{річ}}$ - річна програма випуску деталей, 30000 шт.

$$\Phi_0 = (365 - 118) \cdot 2 \cdot 8 = 1976 \text{ год}$$

$$T_{\text{сер}} = (60 \cdot 3660 \cdot 0,85) / 30000 = 6,2 \text{ хв}$$

$$K = 12,5/6,2 = 1,99 \approx 2 \text{ станка}$$

Розрахунок необхідної кількості позицій завантаження та розвантаження виробляють за формулою (4.4)

$$n = \frac{t \cdot K_d}{\Phi_{\text{поз}} \cdot 60} = \frac{7 \cdot 5000}{305 \cdot 60} = 1,9 \approx 2 \text{ позиції}$$

де t - середня трудомісткість операцій на позиції (тільки завантаження або розвантаження, якщо операції поділені, та сумарна, якщо обидві операції виконуються на одній позиції), хв;

K_d – число деталей установок, що проходять через позицію протягом місяця, шт.;

$\Phi_{\text{поз}}$ – місячний фонд часу роботи позиції, год.

$$K_d = K_{\text{шт}} \cdot N = 2 \cdot 2500 = 5000 \text{ шт}$$

де N - середня місячна програма випуску деталей одного найменування 2500 шт;

$K_{\text{шт}}$, 2 шт.

Для розрахунків можна використовувати такі значення трудомісткості операцій із завантаження (t_z) та розвантаження (t_p) деталей: $t_z = 5$ хв; $t_p = 3$ хв.

Розмір $\Phi_{\text{поз}} = \Phi_{\text{ст}} = 305$ год (при двозмінній роботі устаткування).

Необхідна кількість позицій контролю $n_{\text{поз.к}}$ у гнучкій виробничій системі розраховується за формулою (4.5)

$$n_{\text{поз.к}} = \frac{t_k K_{\text{д.у}}}{\Phi_{\text{поз}} \cdot 60} = \frac{13,64 \cdot 833}{305 \cdot 60} = 0,62 \approx 1 \text{ шт}$$

де t_k - сумарний час контролю однієї деталі установки, хв;

$K_{\text{д.у}}$ – число деталей установок, що проходять через позицію протягом місяця, шт.;

$\Phi_{\text{поз}}$ – місячний фонд часу роботи позиції, год.

$$K_{\text{д.у}} = K_{\text{д.}} / n = 5000 / 6 = 833 \text{ шт}$$

де, $K_{\text{д.}}$ – число деталеустановок, оброблюваних комплексі протягом місяця, шт.;

n – число деталеустановок, через яке деталь виводиться на контроль, шт.:

$$n = \frac{n_1}{k_1 \cdot k_2} = \frac{7}{1,15 \cdot 1,05} = 5,79 \approx 6 \text{ шт},$$

де, n_1 – планове число деталейустановок, через яке деталь виводиться на контроль на вимогу технолога, шт.; $n_1 = 7$;

k_1 та k_2 – поправочні коефіцієнти, пов'язані з виведенням деталей на контроль на вимогу наладчика відповідно для першої деталі установки на початку зміни (k_1) і відразу після встановлення нового інструменту (k_2) приймаємо рівними; $k_1 = 1,15$; $k_2 = 1,05$.

Час контролю однієї деталі установки

$$t_k = t_{k1} + t_{k2} + \dots + t_{ki} = 8,5 + 5,15 = 13,64 \text{ хв}$$

де t_{k1} , t_{k2} , t_{ki} - відповідно час контролю поверхонь деталі після обробки на 1, 2 і т.д. і-м верстатах комплексу.

Для розрахунків час кожного проміжного контролю (після неповного обробки поверхонь на верстатах комплексу) можна приймати рівним 5 хв, а час остаточного контролю всіх поверхонь деталі – 30 хв.

4.2. Охорона праці

Закон України "Про охорону праці" є одним із основних законодавчих актів, який регулює відносини у сфері охорони праці в Україні. Остання версія цього закону датується 2019 роком. Згідно з ним, обов'язки щодо виконання вимог, які забезпечують безпечні умови праці накладаються на роботодавця.

Керівник організації займається управлінням роботи всіх структурних підрозділів із забезпечення безпеки праці.

Керівництво службою охорони праці накладається головного інженера. Служба охорони праці складається з інженерів та старших інженерів цехів підприємства. При виконанні роботи служби керуються усіма чинними Законами та Постановами, правилами та інструкціями щодо забезпечення безпеки.

Інженери служби охорони праці можуть давати вказівки керівникам по усунення існуючих порушень правил безпеки, перешкоджати виконання робіт, коли є небезпечні умови праці. У разі виникнення нещасного випадку зобов'язані вимагати від керівників робіт своєчасне розслідування. Також у роботу входить внесення пропозицій про заохочення чи покарання працівників. Вказівки інженера з охорони праці має право скасовувати лише головний інженер або начальник управління. Скасування вказівок провадиться у письмовій формі із заповненням необхідних бланків.

Також, працівники служби виконують роботу з:

- організації діяльності структурних підрозділів із забезпечення безпеки праці;
- складання річних планів поліпшення умов праці;
- контролю проектування безпечних та нешкідливих умов праці, в тому числі і за дотриманням вказівок та приписів органів державного нагляду;
- сприяння у вивченні аварій, нещасних випадків у підвідомчих організаціях, реєстрації їх та участі у розробці заходів щодо зменшенню можливості травматизму;
- аналіз виникнення виробничого травматизму. Складання звітів про постраждалих у разі нещасних випадків;

- організації навчання правил та інструкцій з техніки безпеки та виробничої санітарії та перевірки знань інженерно-технічних працівників;
- постачання працівників спецодягом, засобами захисту (індивідуальною та колективною) та організацією їх зберігання та ремонту;
- популяризації безпечних умов праці за допомогою виконання оглядів та конкурсів з охорони праці, семінарів;
- забезпечення правилами, інструкціями, банерами з техніки безпеки;
- здійснення проведення вступних інструктажів з техніки безпеки у кожному виробничому відділенні;
- вивчення проектної документації, а зокрема відстеження повноти та обґрунтованості прийнятих рішень щодо забезпечення техніки безпеки; ведення відповідних документів; ведення контролю надкоректністю інструкцій з охорони праці.

Таким чином, працівники служби охорони праці виконують контрольні-координаційні функції. Начальники дільниць та старші майстри повинні проводити заходи з охорони праці, обумовлені відповідним законодавством, розпорядженнями та інструкціями державних санітарних норм, річними планами, наказами.

Також до обов'язків начальників дільниць входить здійснення первинного, повторного, позапланового та поточного інструктажу робітників з зазначенням адрес об'єктів, на яких здійснюється монтаж; навчання робітників безпечним методам праці.

Начальники повинні стежити, щоб робітники щорічно складали іспити а своєю робочою спеціальністю, стежити за правильною та безпечною експлуатацією приладів, електрообладнання та інструментів. Дотримуватися забезпечення робітника персоналу обладнаними побутовими приміщеннями.

Отже, начальники дільниць та старші виробники робіт виконують контрольні-забезпечуючі функції. На кожній ділянці мають бути інструкції зі спеціальностей, журнал обліку інструктажу робітників з охорони праці, де проставляються підписи про прослуханому матеріалі, технологічну записку, журнал огляду обладнання та

проект виконання робіт. Дотримання наявності даних документів ділянки входить у обов'язки начальника цієї ділянки.

Майстри та бригадири забезпечують проведення робіт відповідно до технологічними картами. До їх обов'язків входить контроль справності технологічного обладнання, пристроїв, засобів індивідуального та колективного захисту, стежити за наявністю завірених інструкцій з техніки безпеки, за санітарним станом побутових приміщень.

Якщо є колективний договір про взаємні зобов'язання керівництва та складу робітників/службовців, тоді передбачаються зобов'язання з охорони праці, які оформлюються у вигляді розділу колективного договору та угоди з охорони праці. Основою цих розділів є типова зведена номенклатура заходів щодо охорони праці.

4.3 Охорона навколишнього середовища

Охорона навколишнього середовища в процесі виготовлення корпусу насоса є важливою складовою охорони праці та збереження довкілля. Для забезпечення цього можна вжити ряд заходів:

використання екологічно чистих матеріалів: обирайте матеріали для корпусу насоса, які не містять шкідливих речовин або мінімізують їх вміст.

енергоефективність: розробляйте та використовуйте насоси з ефективною системою енергозбереження, що дозволяє зменшити споживання електроенергії та викиди CO₂.

контроль викидів: встановлення систем контролю за викидами в процесі виробництва корпусів насосів, включаючи відсмоктування та фільтрацію шкідливих речовин.

відновлення матеріалів: запровадження програм відновлення та переробки використаних матеріалів для зменшення відходів.

навчання та інструктаж: проведення навчальних заходів з працівниками щодо правильного використання обладнання та відходів, а також інструктажів щодо відповідних процедур охорони навколишнього середовища.

моніторинг та аудит: проведення систематичного моніторингу та аудиту процесів виробництва з метою виявлення можливостей для поліпшення та впровадження кращих практик охорони навколишнього середовища.

Забезпечення охорони навколишнього середовища при виготовленні корпусів насосів вимагає комплексного підходу та співпраці всіх сторін, включаючи підприємства, працівників та регулюючі органи.

Відновлення матеріалів у машинобудуванні є важливим процесом, який може включати різні методи і технології, залежно від типу матеріалу та його пошкоджень. Ось деякі з найпоширеніших методів відновлення матеріалів у машинобудуванні:

1. Зварювання – використовується для з'єднання частин металевих конструкцій або для відновлення пошкоджених деталей. Можливі різні види зварювання, такі як електрозварювання, дугове зварювання, газове зварювання тощо.

2. Термічна обробка включає нагрівання та охолодження металевих деталей для поліпшення їхніх механічних властивостей або відновлення їх форми після деформацій.

3. Механічне оброблення використовується для відновлення поверхневих властивостей деталей шляхом обробки, наприклад, шліфування, фрезерування або свердління.

4. Покриття та захист використання спеціальних покриттів або захисних покриттів для відновлення та захисту поверхні від корозії, тертя або інших видів зносу.

5. Лазерна обробка – сучасні технології лазерної обробки можуть бути використані для точного відновлення та ремонту деталей без значного нагрівання чи деформації.

6. 3D друкування - у випадках, коли деталі важко відновити традиційними методами, може бути використана технологія 3D друкування для створення нових деталей або відновлення пошкоджених.

Ці методи часто використовуються окремо або в поєднанні залежно від вимог конкретної ситуації та типу матеріалу, що потребує відновлення.

Відновлення деталей у машинобудуванні може мати значний вплив на охорону навколишнього середовища з кількох причин:

1. Зменшення відходів - відновлення деталей дозволяє використовувати існуючі матеріали і ресурси, замість того, щоб викидати пошкоджені деталі і виробляти нові. Це допомагає зменшити кількість відходів та ресурсів, які потрібно виділити для виготовлення нових деталей.

2. Енергозбереження – процес виготовлення нових деталей може бути дуже енерговитратним, особливо при використанні металургійних технологій. Відновлення деталей зазвичай вимагає менше енергії, оскільки воно базується на використанні вже наявних матеріалів і процесів.

3. Зменшення викидів CO₂ - виготовлення нових деталей часто пов'язане з викидами парникових газів і інших шкідливих речовин у атмосферу. Шляхом відновлення деталей можна зменшити кількість CO₂, яке викидається в атмосферу в результаті виробничих процесів.

4. Продовження життєвого циклу виробів - відновлення деталей дозволяє подовжувати життєвий цикл виробів і обладнання, що в свою чергу зменшує потребу у новому виробництві та ресурсах.

5. Мінімізація використання води та інших ресурсів – виготовлення нових деталей може потребувати значного використання води та інших ресурсів, які можуть бути обмеженими або шкідливими для навколишнього середовища. Відновлення деталей може допомогти зменшити потребу у цих ресурсах.

Отже, відновлення деталей у машинобудуванні може бути важливим способом зменшення негативного впливу на навколишнє середовище та сприяти створенню більш сталого виробництва.

ВИСНОВКИ

Таким чином, найкращим методом одержання заготівлі є поковка. При даному методі отримання заготовки будуть найменші відходи металу, з якого виробляється деталь і найбільша продуктивність праці. Даний метод дозволяє отримати заготовку з більш точними геометричними параметрами і високою якістю поверхні.

Як верстатне обладнання раціонально використовувати 5-осьовий фрезерний обробний центр з ЧПУ. Така номенклатура використовуваного устаткування скоротиться до одного верстата, дана конфігурація дозволяє виготовити деталь за дві операції.

Також, для досягнення більшої точності виготовлення деталі слід замінити матеріал різальної частини інструментів на більш сучасний.

Для зменшення ручної праці робітників необхідно доповнити наявні пристосування гідравлічним або пневматичним затискачем.