

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Інжинірингу машинобудівних технологій

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему:

Розроблення технології виготовлення

корпуса РКС6-03.118 з дослідженням способів забезпечення якості

поверхні гвинтових дозаторів

Виконав (ла): студент (ка) VI курсу, групи МПмд-61
спеціальності

131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва спеціальності)

Kim C.I.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Комар Р.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Ткаченко І.Г.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Окіпний І.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2024

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Інжинірингу машинобудівних технологій
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Окпний І.Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)

«___» _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 131 «Прикладна механіка»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Коту Сергію Івановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технології виготовлення
корпуса РКС6-03.118 з дослідженням способів забезпечення якості
поверхні гвинтових дозаторів

Керівник роботи Комар Роман Васильович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «14» листопада 2024 року № 4/7-1097

2. Термін подання студентом завершеної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи креслення деталі, технічні умови на виготовлення;
річна програма випуску $N = 10000$ шт.; базовий технологічний процес виготовлення;
базова література по об'єкту дослідження

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Аналітична частина. Науково-дослідна частина.

Технологічно-конструкторська частина.

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Результати наукових досліджень (2 арк. А1).

Складальні креслення пристроїв для механічної обробки (4 арк. А1).

Схеми інструментальних налагоджень на операції механічної обробки (1 арк. А1).

6. Консультанти розділів роботи

[illegible]

7. Дата видачі завдання 15 листопада 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Kim C.I.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Комар Р.В.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Завдання на кваліфікаційну роботу	2
Реферат	4
Вступ	5
1 Аналітична частина	6
1.1 Інформативний аналіз тематики роботи	6
1.2 Способи вирішення виявлених проблем	9
1.3 Визначення завдань кваліфікаційної роботи	20
2 Науково-дослідна частина	22
2.1 Опис досліджуваного об'єкту	22
2.2 Оброблення інформації досліджень	30
2.3 Аналіз результатів та формування висновків досліджень	35
3 Технологічно-конструкторська частина	37
3.1 Службова характеристика об'єкту виробництва	37
3.2 Аналіз технологічності виробу і процесу його обробки	40
3.3 Вибір способу одержання і розробка заготовки	44
3.4 Вибір технологічних баз та маршруту оброблення деталі	48
3.5 Вибір режимів оброблення деталі та норм часу	51
3.6 Встановлення кількості обладнання	58
3.7 Розробка спеціальної оснастки	60
4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	67
Висновки	71
Перелік посилань	72
Додатки	74

РЕФЕРАТ

Тема представленої кваліфікаційної роботи: «Розроблення технології виготовлення корпусу РКС6-03.118 з дослідженням способів забезпечення якості поверхні гвинтових дозаторів».

Актуальність. Відомі способи зміцнювальної обробки мають обмежені технологічні можливості. Особливо це проявляється, коли йдеться про обробку дрібнорозмірних циклоїдних гвинтових поверхонь. У разі дрібносерійного виробництва існуючі методи вимагають переналагодження пристосування для зміцнення методом поверхневого пластичного деформування. Виходячи з технологічних можливостей існуючих методів обробки, найбільш перспективним рішенням для дрібносерійного виробництва дрібнорозмірних роторів гвинтових дозаторів є зміцнення поверхневого шару методом поверхневого пластичного деформування із застосуванням програмного керування інструментом.

Мета і завдання. Встановити способи підвищення якості поверхневого шару гвинтових заготовок методом поверхнево-пластичного деформування за умови забезпечення рівномірності розподілу мікротвердості і глибини зміцненого шару циклоїдальних гвинтових поверхонь дозаторів виготовлених з аустенітних нержавіючих сталей поверхневим пластичним деформуванням за рахунок застосування алгоритму управління рухом інструменту, який б забезпечував сталість тиску в зоні контакту.

Практичне значення. Узагальнено практичні рекомендації щодо технології забезпечення рівномірності розподілу мікротвердості і глибини зміцненого шару циклоїдальних гвинтових поверхонь дозаторів; розроблено технологію виробництва корпусу РКС6-03.118.

Апробація. XIII Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», ТНТУ, 2024 р. [1]

ВСТУП

Головним завданням машинобудівного виробництва є виготовлення машин належної якості з мінімальною собівартістю та забезпеченням високої продуктивності виробничого процесу. Один із найважливіших шляхів розв'язання цієї проблеми – технічне переозброєння машинобудівного виробництва на основі його комплексної автоматизації.

Удосконалення конструкції та підвищення експлуатаційних характеристик машин часто пов'язане зі збільшенням частки деталей зі складнопрофільними поверхнями, однією із яких є гвинтова поверхня. Характерним виробом, що включає складнопрофільні деталі, є насосна і компресорна техніка, зокрема, одногвинтові дозатори. Одногвинтові дозатори широко поширені в багатьох галузях промисловості (машинобудуванні, приладобудуванні, нафтогазовій галузі, на харчових виробництвах), де вони застосовуються для вирішення широкого ряду завдань: транспортування і точне нормування пластових рідин із свердловин, внутрішньопромислове перекачування рідин та сумішей, транспортування різних продуктів у харчовий та виноробної промисловості, дозування рідин та нанесення різних сумішей на поверхні, зокрема 3D-друк тощо.

Для зниження собівартості виробу застосовують продуктивні методи обробки, що знижують затрати робочого часу на виготовлення виробу. До таких методів обробки належать застосування комбінованого інструменту, одночасна обробка кількох поверхонь, застосування оптимальних режимів різання, використання в якості обладнання автоматів та напівавтоматів. Ці способи є доцільними при виробництві партії деталей, тобто в серійному, або масовому виробництві, що відповідає нашому випадку.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Інформативний аналіз тематики роботи

Основною галуззю, в якій використовуються гвинтові дозатори-насоси, є нафтовидобувна і газодобувна промисловість. Так само гвинтові дозатори широко використовуються і на інших виробництвах, де потрібна подача та транспортування різноманітних середовищ, що перекачуються. Світовий ринок мініатюрних гвинтових дозаторів-насосів високої об'ємної точності, незважаючи на те, що технологія прецизійної подачі матеріалу із застосуванням одногвинтових пар досить молода, стрімко розвивається, простежується явна затребуваність високоточного гвинтового обладнання.

Провідною компанією із виробництва гвинтових високоточних насосів дозуючого типу, яка на даний момент є лідером у своїй галузі, – це «PreeFlow» (Німеччина) [2, 7]. Також на ринку присутні такі виробники як «Netzsch», «Beinlich» (Німеччина) [3, 5], «Heishin» (Японія) [4], «Nordson» (США) [6].

Дозатори гвинтового типу відносяться до об'ємних роторних гідромашин і забезпечують працездатність і довговічність при перекачуванні рідин, що містять механічні домішки і не мають змащувальних здібностей. Такі характеристики досягаються самим принципом дії та конструкцією робочих органів (гвинтової пари). Принцип роботи одногвинтових дозаторів полягає у створення напору рідини, що нагнітається, або іншої речовини, що здійснюється за рахунок переміщення рідини гвинтовим металевим ротором, що обертається всередині статора відповідної форми. Гвинтова пара складається з еластичної обкладки обойми – статора і гвинта, що має зносостійку поверхню – ротор. Робочі органи цих механізмів мають циклоїдальні гвинтові поверхні (ЦГП) з різними типами профілів (рисунк 1.1).

Обширність сфери застосування таких насосів, обумовлює необхідність виготовлення різних варіантів геометрії гвинтової пари, розміри яких мають

великий діапазон: від малих розмірів – у дозаторах, до великогабаритних – у нафтовій промисловості.

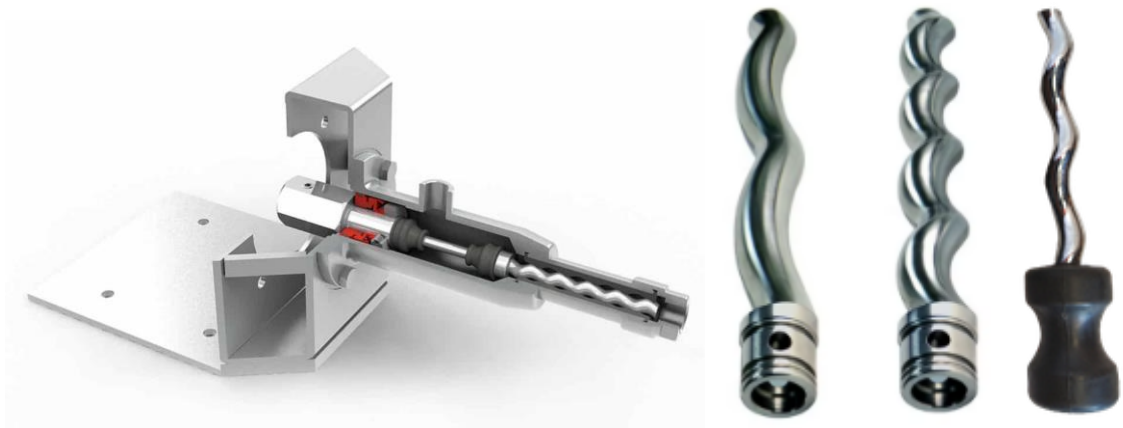


Рисунок 1.1 – Робочий орган дозатора із циклоїдальною гвинтовою поверхнею

В основі дозаторів найчастіше застосовуються дрібнорозмірні гвинтові пари: діаметр переріз ротора не перевищує 10 мм, крок гвинтової поверхні ротора – до 20 мм (рисунок 1.2).

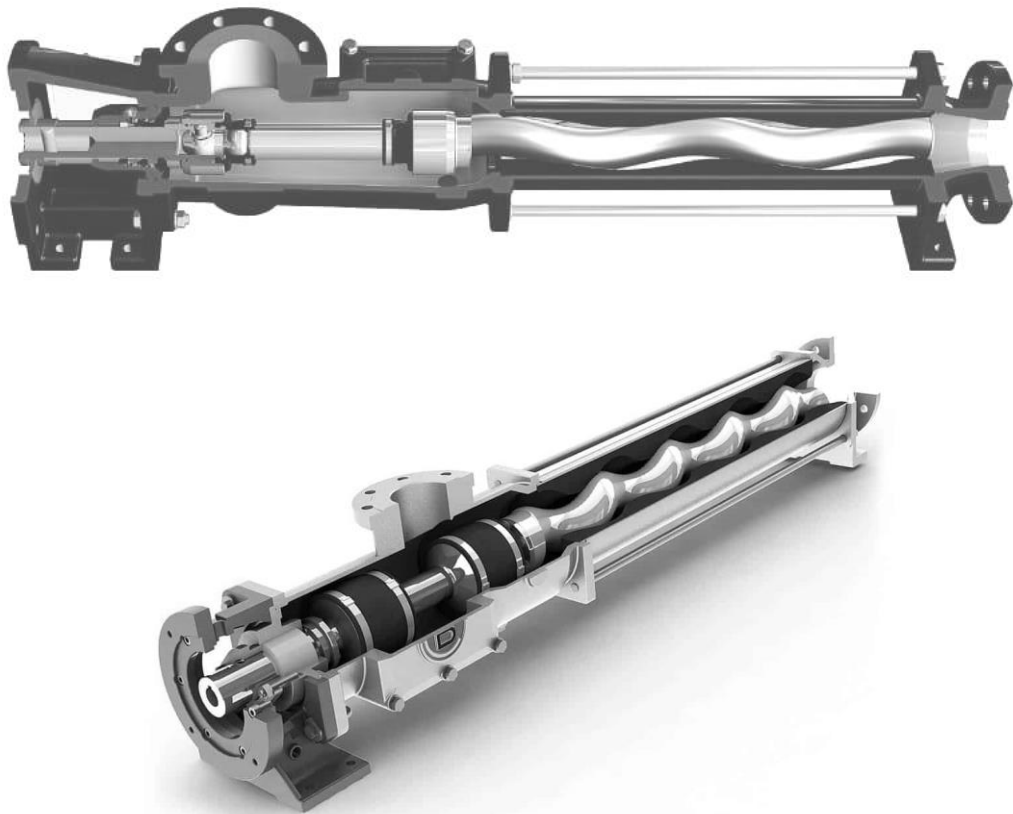


Рисунок 1.2 – Загальний вигляд гвинтового дозатор-насоса

У процесі експлуатації гвинтові пари можуть працювати у складних умовах: з рідинами та пастами, що містять абразивні частинки; із хімічно активними речовинами; з харчовими добавками та іншими хімічно агресивними середовищами. Так, наприклад, відомо про застосування дозаторів для 3D – друку, для нанесення термопаст, для дозування та підготовки різних компаундів.

Такі умови експлуатації негативно впливають на ресурс робочих органів насоса. Найбільш поширеними причинами виходу ротора гвинтового дозатора з ладу є абразивне зношування, кислотна дія, втомний знос, точкова корозія [7].



Рисунок 1.3 – Ротор дозатора із руйнуваннями внаслідок абразивного зносу і точкової корозії

Вплив факторів, що призводять до виходу з ладу дозатора в процесі експлуатації, необхідно мінімізувати. Для того щоб зменшити хімічне та корозійне зношування ротора необхідно застосовувати для виготовлення ротора матеріали, які мають достатню хімічну стійкість. Таким матеріалом є нержавіюча аустенітна сталь. Одним із способів підвищення зносостійкості є підвищення параметрів якості циклоїдальної гвинтової поверхні: підвищення твердості, зниження величини шорсткості. Забезпечити зазначені вимоги дозволяє термічна обробка деталей із подальшим застосуванням методів

фінішної обробки. Однак для роторів, виготовлених з аустенітної нержавіючої сталі застосування термічної обробки не дає підвищення твердості. Такі ротори необхідно піддавати фінішному поверхневому пластичному деформуванню (ППД). Поява нових областей застосування гвинтових дозаторів тягне за собою розширення номенклатури середовищ, що перекачуються. Саме тому дослідження, спрямовані на розробку нових методів і методик, які дозволили б підвищити якість поверхневого шару в умовах дрібносерійного виробництва та, як наслідок, стійкість роторів є актуальним науково-технічним завданням.

Мета дослідження – встановити рівномірність розподілу мікротвердості і глибини зміцненого шару циклоїдальних гвинтових поверхонь деталей з аустенітних нержавіючих сталей поверхневим пластичним деформуванням за рахунок застосування алгоритму управління рухом інструменту, що забезпечував сталість тиску в зоні контакту.

Для досягнення поставленої мети необхідно проаналізувати існуючі методи обробки роторів гвинтових дозаторів поверхневим пластичним деформуванням з метою забезпечення рівномірного розподілу мікротвердості при обробці циклоїдальних гвинтових поверхонь.

1.2 Способи вирішення виявлених проблем

Методи обробки циклоїдальних гвинтових поверхонь шляхом поверхневого пластичного деформування заготовок засновані на дії деформуючого елемента (індентора) з певною силою на заготівлю, що викликає пластичні деформації. У процесі обробки забезпечується відносне переміщення індентора щодо заготівлі для зміцнення всіх поверхонь, що вимагають обробки. В результаті поверхневого пластичного деформування на поверхні заготівлі виникають стискаючі напруги, що призводить до зміцнення поверхневого шару, зниження шорсткості [7, 8, 9, 10]. Поверхнєве пластичне деформування активно застосовується у виробництві підвищення довговічності різних деталей

машин протягом багатьох років. Методи пластичного поверхневого деформування відрізняються високою продуктивністю, простотою та економічною ефективністю. Ці фактори забезпечують швидкий розвиток і широке впровадження у виробництво методів поверхневого деформування.

Розглянемо методи обробки пластичного поверхневого деформування щодо їх застосування в умовах дрібносерійного виробництва дрібнорозмірних роторів гвинтових дозаторів.

Як зміцнюючий метод обробки в сучасному машинобудуванні дробоструминна обробка використовується для отримання наклепаного шару на поверхні валів, зубчастих коліс, ресор, торсіонів, деталей газотурбінних двигунів та інших деталей. Зміцнення досягається за рахунок кінетичної енергії дробу, що рухається під дію потоку повітря, змащувальних або охолоджувальних рідин або мастила в напрямку заготівлі. Для реалізації процесу дробоструминної обробки необхідна спеціальна установка (рисунок 1.4). Залежно від матеріалу та форми поверхні заготівлі цей метод дозволяє досягти зміцнення поверхневого шару на 20...40%. У цьому глибина зміцненого шару становить 0,4... 1 мм [8, 9]. Даний метод забезпечує високу продуктивність технологічного процесу та дозволяє обробляти заготовки зі складним профілем поверхні.

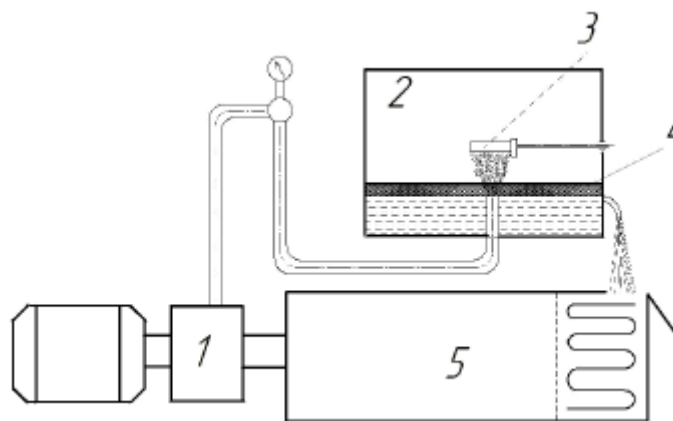


Рисунок 1.3 – Схема установки для дробоструминної обробки:

1 – насос; 2 – робоча камера; 3 – оброблювані лопатки; 4 – сопла; 5 – бак.

На етапі технологічної підготовки виробництва в процесі призначення режимів дробоструминної обробки враховується кут, утворений між вектором швидкості дробу та нормаллю до поверхні ротора. Розглядаючи даний метод зміцнення стосовно обробки циклоїдних гвинтових поверхонь, необхідно врахувати, що при дробоструменеві обробки вектор швидкості дробу спрямований під різними кутами до поверхні ротора. Цей факт робить дробоструминну обробку малозастосовною до зміцнення роторів гвинтових дозаторів, тому що через змінний кут зіткнення дробу із заготівлею виникне нерівномірність режимів обробки і, як наслідок, утворюється дефект у вигляді неоднорідності розподілу показників якості поверхневого шару в різних шарах.

Для обробки поверхні ротора також застосовують спосіб статико-імпульсної обробки. Сутність даного способу полягає в поділі загального навантаження, створюваного індентором у зоні обробки на статичну та динамічну. Таке рішення дозволяє збільшити діапазон режимів обробки та розширює технологічні можливості способу [8]. Для реалізації статико-імпульсної обробки гвинтових поверхонь застосовують спеціальне оснащення (рисунок 1.5). Даний метод дозволяє збільшити мікротвердість в 2...2,5 рази і дозволяє досягти глибини зміцненого шару 8-9 мм в залежності від матеріалу заготівлі. На даний момент існує спосіб обробки гвинтової поверхні роторів, який забезпечує підвищення мікротвердості на 25...75 % на глибину зміцненого шару 0,25...2,5 мм [9]. Цей спосіб вимагає складного та тривалого налаштування інструменту та відрізняється низькою продуктивністю. При цьому висувається вимога до якості поверхні до обробки – шорсткість до $Ra\ 3,2$. Даний спосіб складно реалізувати в умовах дрібносерійного виробництва, тому що для зміцнення циклоїдних гвинтових поверхонь потрібна охоплює спеціальна оснастка, що робить її застосовною тільки для одного типорозміру роторів. Виготовлення оснастки для всіх типорозмірів роторів, що випускаються, або при освоєнні виробництва ротора з новою геометрією циклоїдної гвинтової поверхні вимагатиме значних матеріальних витрат, відповідно проєктування такого оснащення – надто трудомісткий процес.

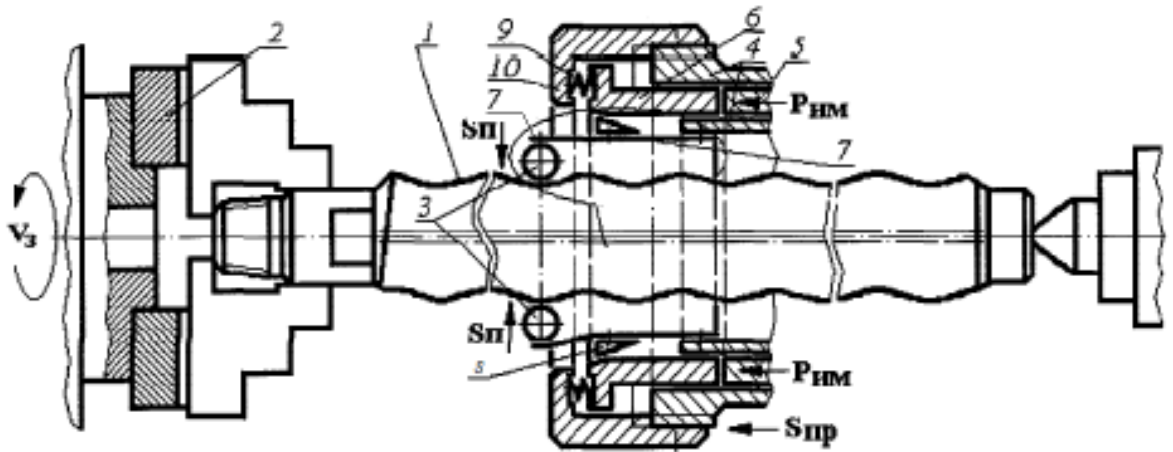


Рисунок 1.5 – Схема спеціального оснащення для статично-імпульсної обробки гвинтів: 1 – заготівля; 2 – трикулачковий патрон, 3 – індентор, 4 – корпус, 5 – бойки, 6 – хвилевід; 7 – пластинчасті пружини; 8 – кулачки, 9 – пружина стиснення, 10 – гайка.

Відомий також такий спосіб обробки поверхонь поверхневим пластичним деформуванням, при якому індентори у формі кульки впливають на робочу поверхню імпульсно. Такий спосіб зветься імпульсно-ударною обробкою [10]. Найчастіше такий спосіб застосовують для обробки плоских поверхонь, проте відома конструкція пристосування, що дозволяє проводити обробку гвинтових поверхонь (рисунок 1.6).

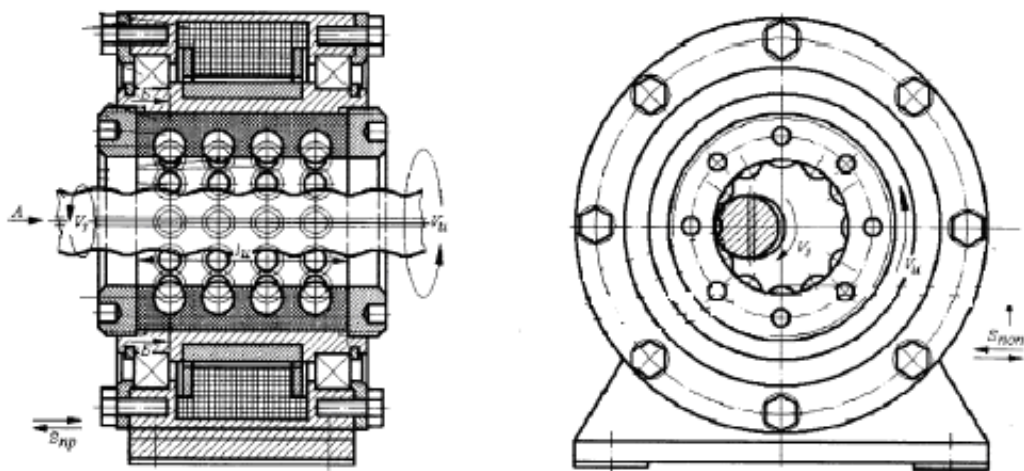


Рисунок 1.6 – Схема пристосування для ударно-імпульсної обробки гвинтових поверхонь.

За такої обробки можна досягти підвищення мікротвердості на 25...75% при глибині наклепаного шару 0,15...0,2 мм. Для реалізації цього способу обробки потрібно складне настроювання інструменту для кожної заготівлі. Перед обробкою необхідно забезпечити якість поверхні у межах $Ra\ 0,8...3,2$.

Також відомий спосіб магнітно-імпульсної обробки. В даному випадку деформація поверхневого шару відбувається за рахунок взаємодії імпульсного магнітного поля, створюваного зовнішнім джерелом, зі струмом, що індукується цим струмом в оброблюваній заготовці. Щоб порушити імпульси магнітного поля використовуються струмопровідний елемент, званий індуктором. Даний спосіб застосовується для обробки валів та інших заготовок, що не мають отворів та пазів [11], [12]. Для реалізації обробки у такий спосіб необхідне спеціальне обладнання. Мікротвердість поверхневого шару обробленої деталі перевищує мікротвердість необробленої заготовки може перевищувати в 2,75 рази. Товщина зміцнення становить 0,075 мм [12].

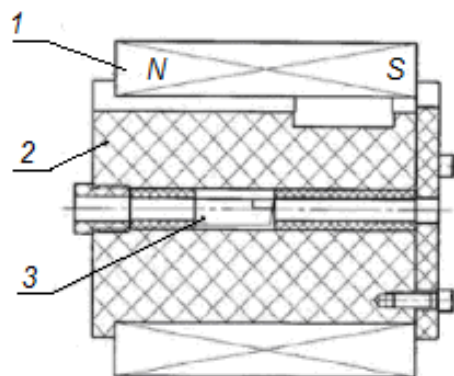


Рисунок 1.7 – Схема магнітно-імпульсного пластичного поверхневого деформування: 1 – індуктор; 2 – оправка для установки заготівлі, 3 – заготівля

Даний метод також має обмежені технологічні можливості стосовно обробки циклоїдних гвинтових поверхонь: важливою складовою режиму обробки є відстань від індуктора до заготовки, тому що профіль ротора має ексцентриситет, параметри якості поверхневого шару зміцненої заготовки відрізнятимуться в залежності від віддаленості поверхні від індуктора.

Ультразвукова обробка відрізняється від класичних методів поверхневого пластичного деформування (обкатування та вигладжування) тим, що інструмент, що притискається до поверхні заготовки, робить ультразвукові коливання. При обробці заготовки обертається, а інструмент здійснює рух у напрямку поздовжньої подачі, що забезпечує переміщення інструменту поверхнею заготовки. Ультразвукова частота впливу індентора на заготовлю збільшує швидкість деформації (рисунок 1.8). Характерні підвищення мікротвердості на 25...80 % і глибина зміцненого шару 0,05...0,3 мм [10], [11].

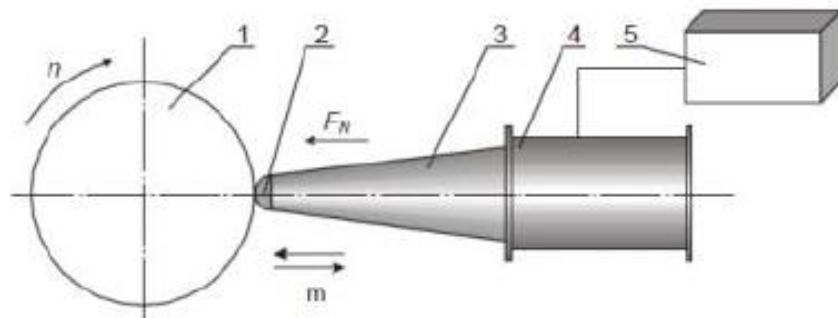


Рисунок 1.8 – Схема поверхневого пластичного деформування ультразвуковим інструментом: 1 – виріб, що обробляється; 2 – індентор; 3 – хвилевід-концентратор; 4 – ультразвуковий перетворювач; 5 – генератор.



Рисунок 1.9 – Ультразвукова обробка ротора на токарному верстаті

Обкатування кульками та роликами застосовується для обробки гвинтових поверхонь. Для цього застосовуються схеми, що охоплюють

обкатування (рисунок 1.10). При цьому способі індентор притискається до заготівлі, що обертається, з постійною силою, а інструмент переміщається в напрямку поздовжньої подачі. Для реалізації такої обробки необхідний застосування спеціального інструменту та налагодження на кожну заготівлю. Для обробки гвинтових поверхонь застосовна схема обкатування, при якій навантажувальна сила забезпечується за рахунок відцентрової сили вантажів, важелями, з'єднаними з обкатними роликами.

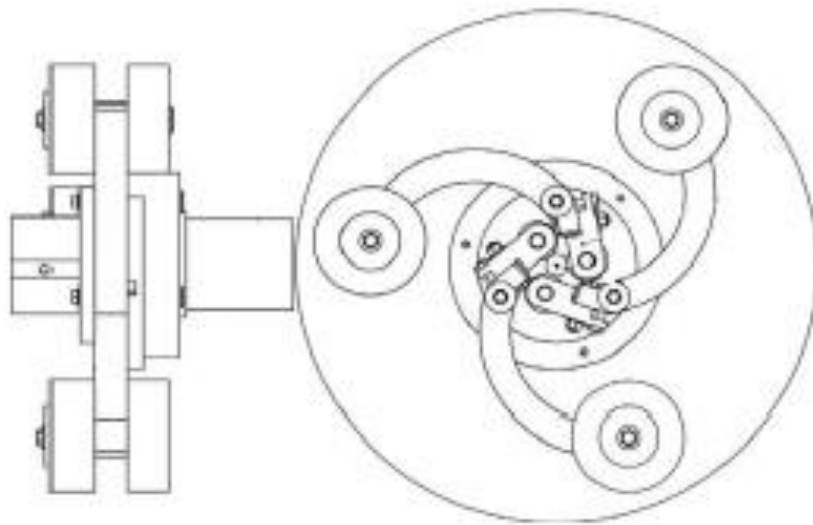


Рисунок 1.10 – Схема відцентрового обкатування

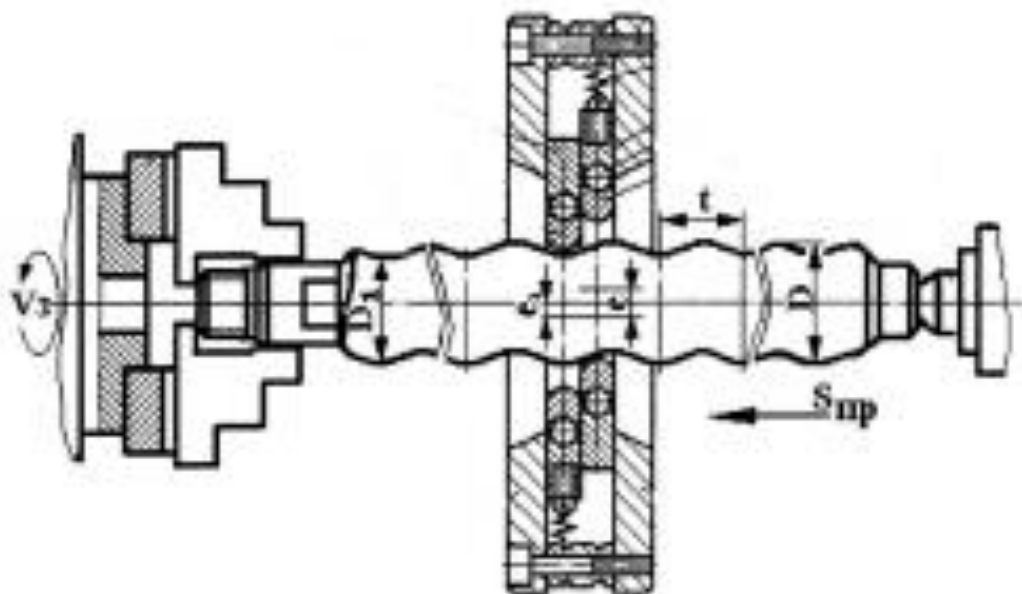


Рисунок 1.11 – Схема охоплюючого обкатування

Часто такий інструмент складається з двох інденторів, встановлених ексцентрично щодо осі обертання заготовки та пов'язаних за допомогою важільного механізму або за допомогою шестерного зачеплення (рисунок 1.12). Така конструкція дозволяє обробляти радіусні, фасонні, конусні та похилі поверхні заготовок на універсальних верстатах. Однак інструмент такої конструкції складний у виготовленні і дозволяє обробляти симетричні тіла обертання, що робить такий спосіб непридатним до зміцнення гвинтових роторів насосів, що мають періодичний профіль циклоїдної гвинтової поверхні.

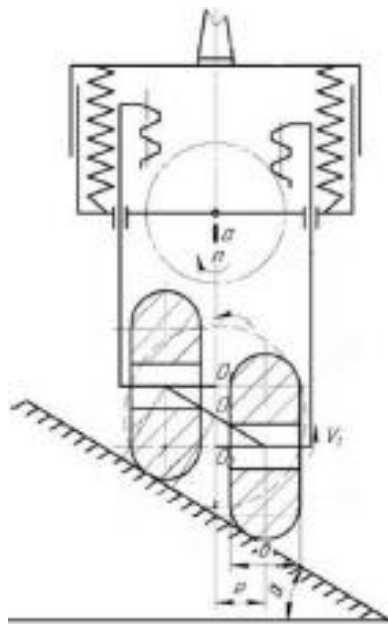


Рисунок 1.12 – Схема для обкатування фасонних поверхонь

При обробці поверхонь пластичним деформуванням складнопрофільних заготовок також застосовується обкатування з використанням програмного управління траєкторією інструменту. Здійснити обробку даним способом можна на багато осьових верстатах з ЧПК (рисунок 1.13). Такий підхід дозволяє обробляти заготівлі за один установ з формоутворенням, зменшуючи допоміжний час, виключаючи похибку базування та усуваючи необхідність переналагодження, тому що траєкторія руху інструменту визначається на стадії формування коду керуючої програми. Такі особливості програмних методів уможливають його застосування в умовах дрібносерійного виробництва. Досягнє зміцнення поверхневого шару при обкатуванні становить до 0,4 мм

при підвищенні мікротвердості на 50...75 % і шорсткості $Ra\ 0,1...1,6$ [13]. Таку форму шорсткості можна назвати сприятливою для тих технологічних процесів, які мають на увазі проведення фінішної обробки після формоутворення та зміцнення: мала відносна опорна довжина профілю сприяє інтенсивному зніманню матеріалу при обробці абразивними методами фінішної обробки і, як наслідок, знижує тимчасові та матеріальні обробки.



Рисунок 1.13 – Обкатування роликом програмним способом

Поверхнєве пластичне деформування алмазним вигладжуванням вимагає меншої сили навантаження у порівнянні з обкатуванням. Як індентор виступають наконечники зі штучних і природних алмазів (напівсфери, голки, конуси). Індентор закріплюється у простій за конструкцією державці (рисунок 1.14). Обробка ведеться в умовах тертя ковзання з малим коефіцієнтом тертя. Алмазне вигладжування дозволяє отримати підвищення мікротвердості на 25...30% при глибині зміцненого шару до 0,4 мм [13].

Отримувана шорсткість становить $Ra\ 0,04...0,32$. Форма шорсткості аналогічна обкатуванню. Цей спосіб також може бути реалізований за допомогою програмного управління інструментом, що значно підвищує технологічні можливості та дозволяє обробляти гвинтові поверхні. До недоліків способу можна віднести низьку продуктивність.

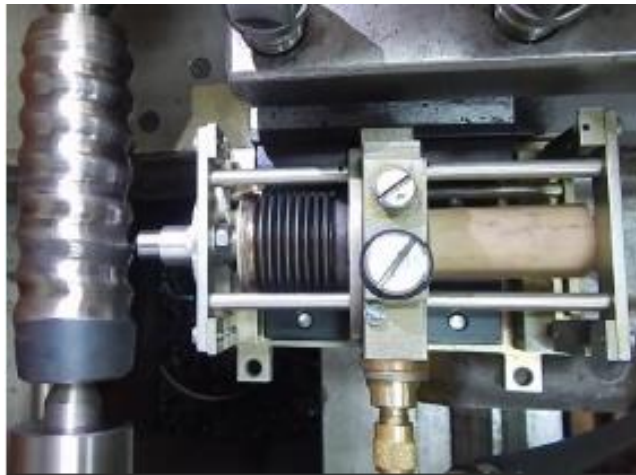


Рисунок 1.14 – Алмазне виглажування програмний спосіб

Узагальнену інформацію по методах обробки поверхневим пластичним деформуванням наведемо у вигляді класифікатора (рисунок 1.15).



Рисунок 1.15 – Класифікація методів обробки поверхневим пластичним деформуванням

Технологічні характеристики розглянутих способів, обробки поверхневим пластичним деформуванням, представимо у вигляді таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняльні характеристики способів обробки поверхневим пластичним деформуванням.

Спосіб обробки	Підвищення мікротвердості поверхні, %	Глибина зміцненого шару, мм	Отримувана шорсткість, Ra (мкм)	Необхідність спеціального обладнання	Технологічні особливості	Обмеження при обробці гвинтових поверхонь
Дробоструменева	20...40	0,4...1	0,16...2,5	+	Висока продуктивність; Складність підбору режимів і середовища обробки	–
Статико-імпульсна	25...75	0,25...2,5	до 3,2	–	Складна оснастка	Гвинтові поверхні круглого січення з крупним кроком
Імпульсно-ударна	25...75	0,15...0,2	0,8...3,2	–	Складні оснастка і налагодження	Гвинтові поверхні круглого січення з крупним кроком
Магнітно-імпульсна	до 2,75	до 0,075	до 3,2	–	Складні оснастка і налагодження	Матеріал із високою струмо-провідністю
Ультразвукова	25...80	0,05...0,3	до 3,2	–	Складна оснастка	Гвинтові поверхні з крупним кроком

Обкатування	50...70	до 0,4	0,1...1,6	–	Низька продуктивність, необхідність у 4-5 осьовому обладнанні	Жорсткість технологічної системи
Алмазне виглажування	25...30	до 0,4	0,04...0,32	–	Низька продуктивність, необхідність у 4-5 осьовому обладнанні	Гвинтові поверхні круглого січення з крупним кроком, жорсткість технологічної системи

1.3 Визначення завдань кваліфікаційної роботи

Аналізуючи узагальнені результати встановлено, що існуючі методи зміцнювальної обробки мають обмежені технологічні можливості. Особливо це проявляється, коли йдеться про обробку дрібнорозмірних циклоїдних гвинтових поверхонь. У разі дрібносерійного виробництва існуючі методи вимагають переналагодження пристосування для зміцнення методом поверхневого пластичного деформування.

Найбільш перспективними методами зміцнюючої обробки дрібнорозмірних циклоїдних гвинтових поверхонь дозаторів є алмазне виглажування та обкатування роликком із застосуванням програмного керування траєкторією інструменту. Виходячи з технологічних можливостей існуючих методів обробки, найбільш перспективним рішенням для дрібносерійного виробництва дрібнорозмірних роторів гвинтових дозаторів є зміцнення поверхневого шару методом поверхневого пластичного деформування із застосуванням програмного керування інструментом.

Відповідно вище наведена інформація визначає актуальність дослідницької частини теми кваліфікаційної роботи.

Загальні пріоритетні завдання:

- провести пошук інформації про існуючі способи підвищення якості поверхневого шару методом поверхневого пластичного деформування, з аналізом розглянутих способів на предмет їх застосування до обробки дрібнорозмірних циклоїдних гвинтових поверхонь в умовах дрібносерійного виробництва;

- встановити засоби технологічного забезпечення якості поверхневого шару складнопрофільних гвинтових деталей пластичним деформуванням;

- проаналізувати існуючі методи обробки поверхневим пластичним деформуванням з точки зору забезпечення рівномірного розподілу мікротвердості при обробці циклоїдальних гвинтових поверхонь;

- виявити взаємозв'язки показників якості поверхневого шару циклоїдальних гвинтових поверхонь та траєкторії руху інструменту при обкатуванні за допомогою тороїдального ролика.

- провести пошук математичної моделі, що дозволяє описати траєкторію інструменту в процесі обробки на верстаті з ЧПК, опис необхідних корекцій, необхідних для забезпечення сталості режимів обробки;

- встановити взаємозв'язок між складовими режиму обробки та значеннями шорсткості одержуваної поверхні та мікротвердості поверхневого шару.

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1 Опис досліджуваного об'єкту

Формоутворення робочої поверхні дрібнорозмірних роторів гвинтових насосів здійснюється шляхом фрезерування. Для цього використовується чотирьохосьове обладнання з ЧПК. Положення заготовки в полі верстата після фрезерної обробки відоме (задається керуючою програмою, підготовленою для фрезерування). З огляду на цю обставину слід включити технологічний перехід, на якому буде виконано обробку поверхневим пластичним деформуванням, до складу операції формоутворення та виконати його за один установ із формоутворенням, що дозволить скоротити час на повторне базування та закріплення складнопрофільної гвинтової заготівлі.

Існуючі САМ-системи та можливості обладнання з ЧПК дозволяють готувати керуючі програми для обкатування складнопрофільних заготовок тороїдальним радіусним роликом. Як вихідні дані використовується 3D-модель заготівлі, яка завантажується в САМ-систему для побудови траєкторії інструменту. Таким способом готуються керуючі програми для обробки ступінчастих валів з галтельними та конічними перехідними поверхнями в місцях зміни діаметра валу.

Однак під час підготовки керуючої програми для обкатування циклоїдних гвинтових поверхонь виникає проблема дискретності тривимірної моделі заготівлі. Це результат подання заготівлі як кінцево-елементної моделі. При експорті моделі до САМ-системи згенерована траєкторія інструменту також успадковує дискретність промальовування моделі. Ця проблема ускладнює, а найчастіше унеможливорює застосування САМ-систем для підготовки керуючої програми. Крім цього, набір стратегій обробки в сучасних САМ-системах не містить відповідних для розглянутої поверхні рішень.

При обкатуванні необхідно синхронізувати рух інструменту (вертикальну, поздовжню та поперечну подачі) та обертання заготовки, тобто

керувати параметрами: A (кут повороту заготовки у градусах); X (координата осі ролика у напрямку осі обертання заготовки в мм), Z (координата осі ролика в поперечному напрямку, мм) та Y (координата осі ролика у вертикальній площині, мм) (рисунок 2.1).

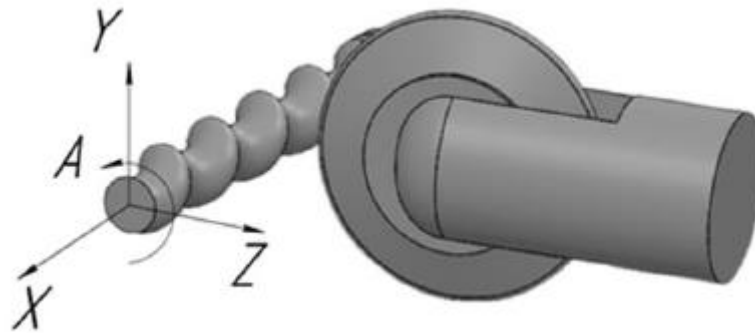


Рисунок 2.1 – Схема обкатування ротора дозатора

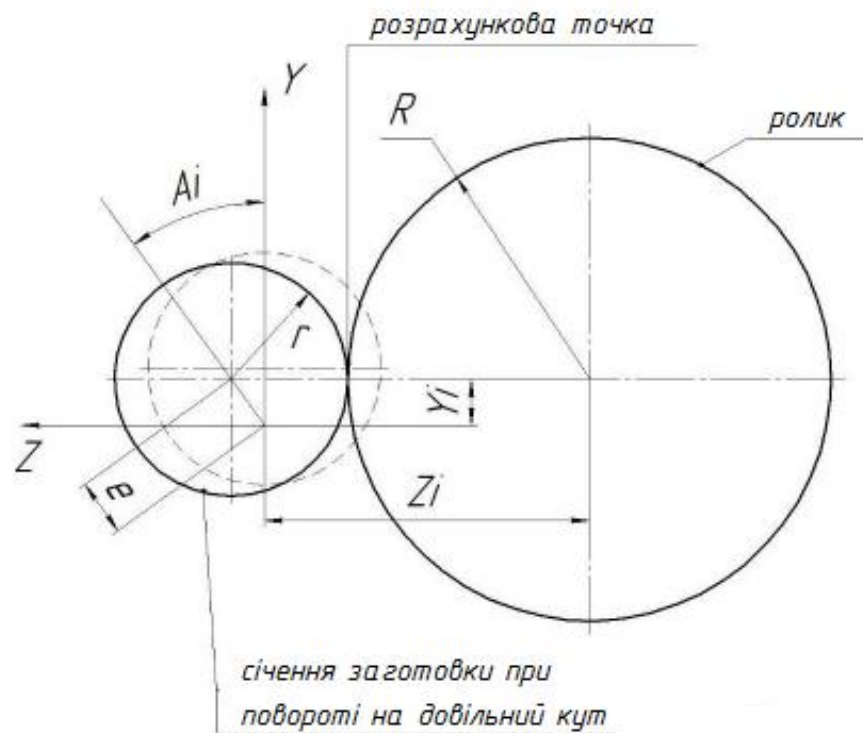


Рисунок 2.2 – Взаємне положення заготовки і ролика в процесі обробки

Згідно схеми на рисунку 2.2 система рівнянь для визначення координат інструменту і заготовки буде наступною

$$\begin{cases} X_i = \frac{s \cdot t}{360} \\ Y_i = e \cdot \cos(t) \\ Z_i = e \cdot \sin(t) - r - R' \\ A_i = \frac{(360 + \Delta A) \cdot t}{360} \end{cases} \quad (2.1)$$

де t – змінний параметр, град;

s – подача, мм/об.;

ΔA - приріст кута, що забезпечує закручування спіралі гвинта;

$$\Delta A = \frac{360 \cdot s}{h}, \quad (2.2)$$

де h – крок підйому гвинтової лінії, мм;

r – радіус заготовки, мм;

R – радіус ролика, мм.

Зважаючи на те, що ролик має профільний радіус, дійсне положення точки торкання відрізняється від розрахункового (рисунок 2.3). Якщо не зважити на цю обставину, то відбудеться локальне підвищення сили обкатування, що призведе до порушення режиму обробки, підвищення шорсткості поверхні, руйнування заготовлі.

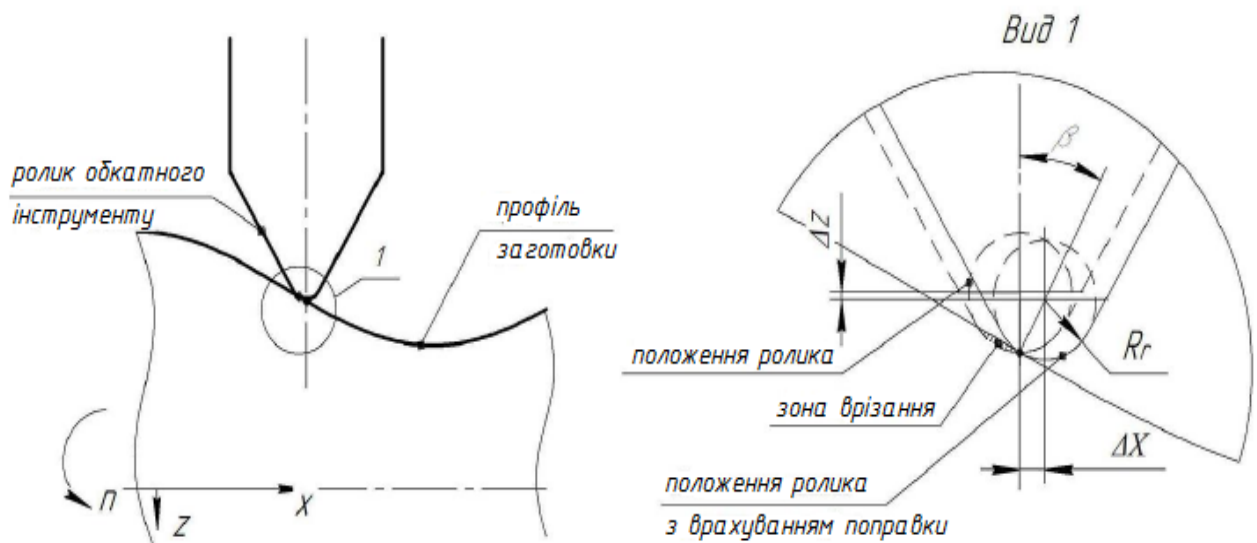


Рисунок 2.3 – Координати точки дотику

Розглянувши взаємне положення ротора і обкатного інструменту, можна врахувати поправку для компенсації зміщення точки їх дотику

$$\begin{cases} X_i = \frac{s \cdot t}{360} + \Delta X \\ Y_i = e \cdot \cos(t) \\ Z_i = e \cdot \sin(t) - r - R + \Delta Z' \\ A_i = \frac{(360 + \Delta A) \cdot t}{360} \end{cases} \quad (2.3)$$

де $\Delta X = R \cdot r \cdot \sin \beta$;

$\Delta Z = R \cdot r \cdot (\cos \beta - 1)$;

$\beta = \beta_m \cdot \sin(t)$;

$\beta_m = \frac{360 \cdot e}{h}$,

де β_m – максимальний кут відхилення ролика, град.

Також необхідно врахувати, що в конструкцію обкатного інструменту входить пружний елемент (як правило циліндрична пружина) за рахунок якого створюється сила навантаження.

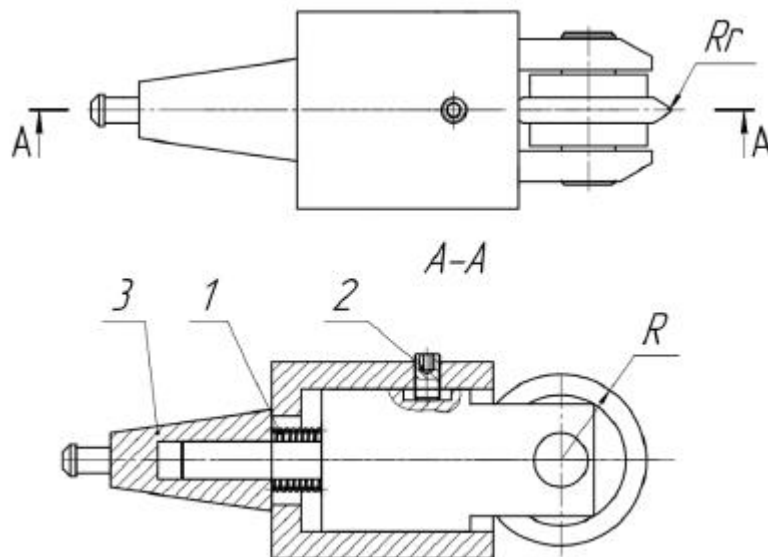


Рисунок 2.4 – Обкатний ролик:

1 – пружний елемент. 2 – регулювальний гвинт тороїдального ролика;

3 – інструментальний конус

Розмір деформації пружного елемента визначається поперечним переміщенням інструменту після торкання до заготовки. Для забезпечення необхідної сили навантаження необхідно ввести поправку у вираз визначення координати Z :

$$Z_i = e \cdot \sin(t) + r + R + R \cdot r \cdot \left(\cos\left(\frac{360 \cdot e}{h} \cdot \sin(t)\right) - 1 \right) + \Delta Z_{PE}, \quad (2.4)$$

де $\Delta Z_{PE} = \frac{P}{k_{PE}}$ - функція, яка пов'язує створювану силу навантаження і величину деформації пружного елемента.

Також необхідно врахувати, що фактичний напрямок сили та її дійсне значення постійно змінюватимуться в процесі обробки (рисунок 2.5). Розрахована за тією чи іншою методикою, отримана в результаті експериментальних досліджень сила обкатування для обробки циліндричної заготовки порівняна з необхідною силою обкатування циклоїдних гвинтових поверхонь лише в перерізах, де напрям вектора сили обкатування перпендикулярно поверхні ротора.

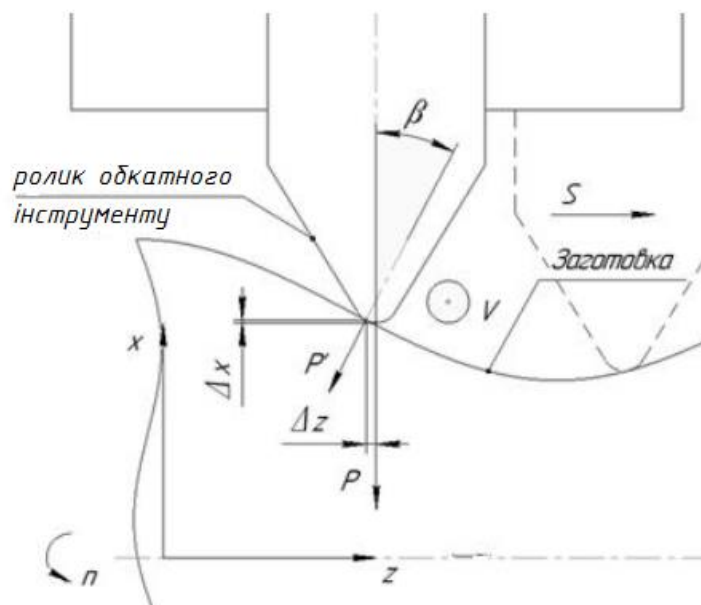


Рисунок 2.5 – Зміна положення точки контакту обкатного інструменту та напрямку вектора сили обкатування: P – напрямок сили обкатування, що прикладається (значення змінюється); P' – фактичний напрямок сили обкатування (значення постійне); S – напрямок подачі.

У решті перерізів значення сили P , створюваної за рахунок деформації пружного елемента обкатного інструменту, зростає зі збільшенням кута β і змінюється за законом [8]:

$$P' = \frac{P}{\cos \beta}.$$

Підставивши в даний вираз вже наявні дані про зміну кута β отримаємо математичну модель, що дозволяє враховувати зміну сили P залежно від кута повороту заготовки [8]:

$$P' = \frac{P}{\cos\left(\frac{360 \cdot e}{h} \cdot \sin(t)\right)},$$

тоді

$$\Delta Z_{PE} = \frac{P}{\cos\left(\frac{360 \cdot e}{h} \cdot \sin(t)\right) \cdot k_{PP}}, \quad (2.5)$$

де k_{PP} – коефіцієнт жорсткості пружного елемента інструмента.

В результаті отримуються залежності, які дозволяють провести математичний опис положення інструменту в залежності від положення заготовки в процесі обкатування циклоїдальної гвинтової поверхні [7].

$$\begin{cases} X_i = \frac{s \cdot t}{360} + \Delta X \\ Y_i = e \cdot \cos(t) \\ Z_i = e \cdot \sin(t) - r - R + \Delta Z \\ A_i = \frac{(360 + \Delta A) \cdot t}{360} \end{cases} \quad (2.3)$$

Для того, щоб у процесі підготовки керуючої програми врахувати переміщення заготівлі, про які йдеться вище, потрібні дані про жорсткість елементів закріплення конкретного обладнання. Отримати їх можна, наприклад, експериментальним шляхом або скористатися даними заводу-виробника.

Також необхідно враховувати прогинання заготівлі під дією сили навантаження. Найбільш простий спосіб оцінити величину переміщення

заготовки – моделювання навантаження. Крім даних про переміщення точки торкання, у даному випадку можна визначити критичне навантаження, при якому заготівля зруйнується. Ці дані про міцність заготівлі стануть лімітуючими при виборі режиму обробки.

Експеримент полягає в обробці циліндричної поверхні на різних режимах з подальшим вимірюванням шорсткості, мікротвердості поверхні та глибини зміцненого шару з метою виявлення залежності між зміною складових режиму обробки та показниками якості поверхневого шару.

При проведенні експерименту як інструмент застосовується ролик з тороїдальним профілем. Зусилля, з яким ролик при обробці притискається до заготовки, створюється за рахунок стиснення пружного елемента. Для того щоб забезпечити необхідну силу навантаження, необхідно знати жорсткість пружини, а також врахувати жорсткість технологічної системи.

Щоб підібрати пружний елемент (пружину) обкатного інструменту, необхідно знати, яка максимальна сила навантаження буде додана у процесі експерименту. Лімітуючим чинником у разі буде міцність заготівлі. Щоб визначити максимально можливу силу, яку витримає заготівля, моделюють її навантаження роликом. При цьому вибирають 10 точок уздовж осі заготовки. Навантаження здійснюється в кожній з цих точок у радіальному напрямку до настання руйнування заготівлі. У ході моделювання встановлено, що максимально можлива сила навантаження становить 600 Н (рисунок 2.5).

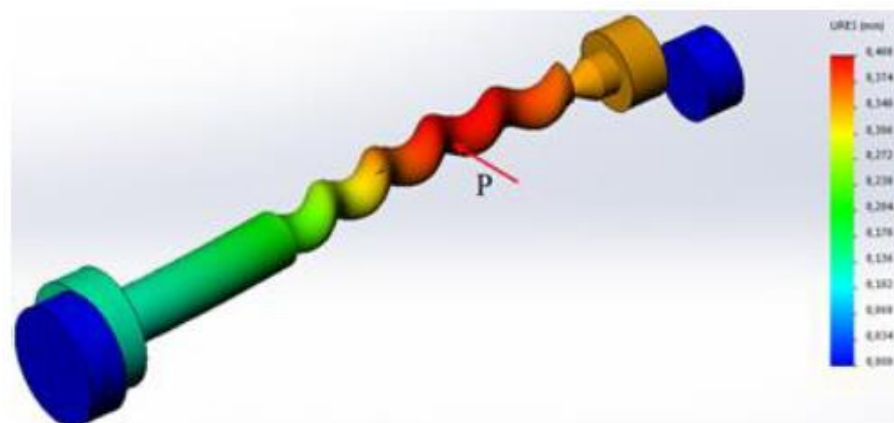


Рисунок 2.5 – Моделювання створення навантаження 600Н

За допомогою моделювання процесу навантаження заготовки було виявлено, що в небезпечному перерізі максимальна сила, при якій заготівля не руйнується, досягає значення 600 Н. Пружний елемент для такого значення сили навантаження був підібраний під час проведення експерименту з дослідження режимів обробки. Також було проаналізовано жорсткість технологічної системи, що дозволило під час підготовки до експерименту врахувати цей чинник досягнення більшої сталості режимів обробки.

Як заготовку використовують ротор гвинтового дозатора, що має наступну геометрію (рисунок 2.6).

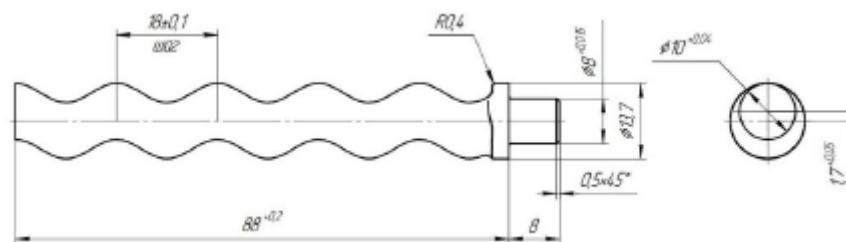


Рисунок 2.6 – Геометрія заготовки для обкатування

Вхідними параметрами є:

- крок гвинта;
- радіус перерізу гвинта;
- ексцентриситет гвинта;
- довжина гвинтової поверхні;
- діаметр ролика;
- профільний радіус ролика;
- режими обробки.

Режим обробки ($n = 14$ об/хв.; $P = 200, 400, 600$ Н; $S=0,05$ мм/об.) було обрано виходячи з результатів відомих експериментів. Такі значення складових режиму обробки забезпечують найбільшу глибину зміцненого шару і мікротвердість поверхні. Обкочування проводилося по всій робочій поверхні ротора (рисунок 2.7). У цьому випадку крок гвинтової поверхні становитиме 18 мм; радіус перерізу 5 мм; ексцентриситет 1,7 мм; довжина гвинтової поверхні 88 мм. При цьому режим обробки наступний: осьова подача 0,15 мм/об.;

хвилинна подача 500 мм. Геометрія обкатних інструментів: діаметр ролика 54 мм; профільний радіус ролика 0,8 мм.

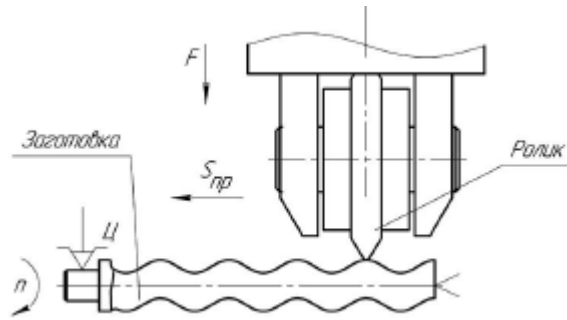


Рисунок 2.7 – Схема обкатування ротора гвинтового дозатора

2.2 Оброблення інформації досліджень

Після встановлення заготівлі на чотирьохосьовому верстаті з ЧПК та налагодження верстата було реалізовано програмне обкатування. Після завершення обробки з кожної ділянки заготовки за допомогою електроерозійного верстата з вирізають зразок (рисунок 2.8). Така конфігурація дозволяє збільшити кількість уколів при вимірюванні мікротвердості і глибини зміцненого шару [13].

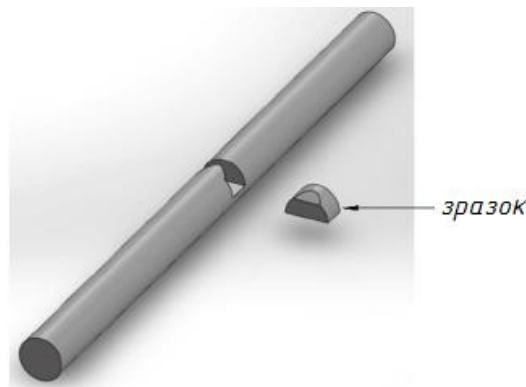


Рисунок 2.8 – Зразок для заміру мікротвердості

Кожен зразок нумерують та запікають в епоксидні шліфи. Температура спікання шліфів – до 150 °С. Такий режим спікання не викликає зміцнення зміцненої поверхні. Потім поверхня шліфів відполіровується. Полірування

проводиться з постійним охолодженням за допомогою подачі води. Це дозволяє запобігти нагріванню шліфів вище 60 °С.

У поверхню отриманого шліфу по черзі в напрямку від поверхні заготовки до її центру було втискають чотиригранну піраміду мікротвердоміра. Далі відповідно до методики вимірювання за Віккерсом визначають мікротвердість для кожного сліду, отриманого на поверхні. Також вимірюють шорсткість на кожній ділянці заготовлі. По отриманих результатах отримують залежності показників якості поверхневого шару ротора гвинтового дозатора від умов оброблення [13].

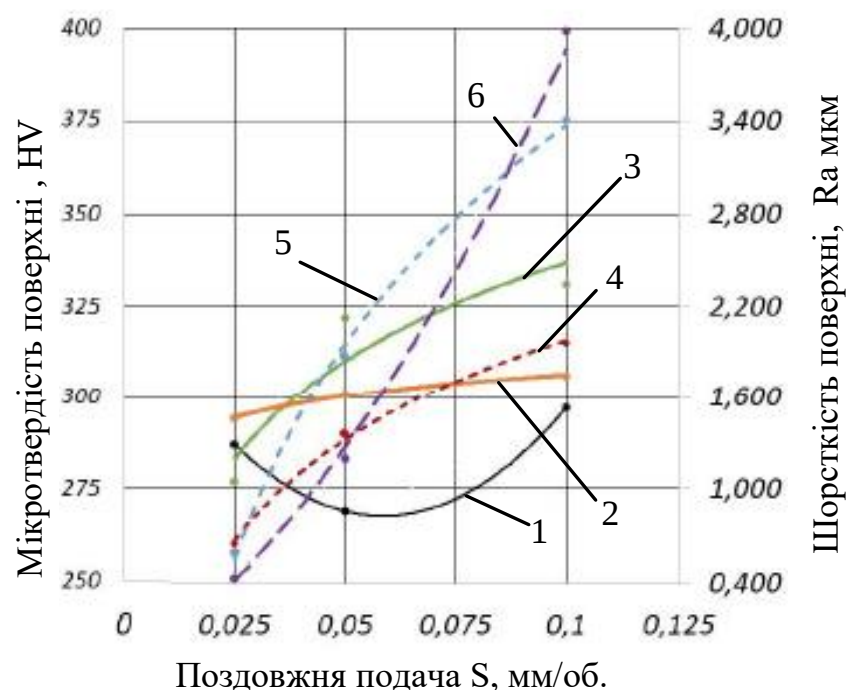


Рисунок 2.9 – Залежність мікротвердості і шорсткості гвинтової поверхні від величини подачі ролика: 1 – мікротвердість при силі 200 Н; 2 – мікротвердість при силі 400 Н; 3 – мікротвердість при силі 600 Н; 4 – шорсткість при силі 200 Н; 5 – шорсткість при силі 400 Н; 6 – шорсткість при силі 600 Н.

Згідно отриманих результатів видно, що значення шорсткості поверхні у напрямку утворюючої циліндричної поверхні пропорційно величині поздовжньої подачі. При великих значеннях подачі величина шорсткості

зростає пропорційно додається силі обкатування, що викликано посиленням ефекту видавлювання матеріалу із зони контакту.

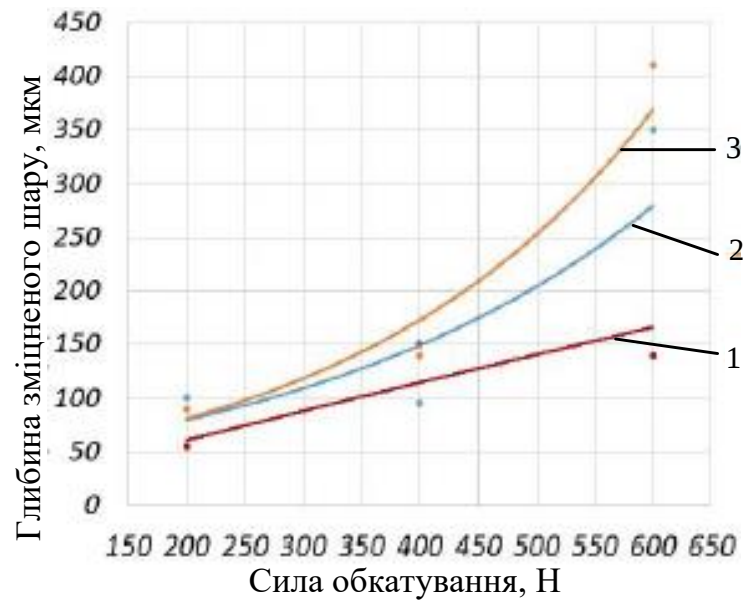


Рисунок 2.10 – Залежність глибини зміцненого шару від величини навантаження: 1 – при подачі 0,025 мм/об.; 2 – при подачі 0,05 мм/об.; 3 – при подачі 0,1 мм/об.

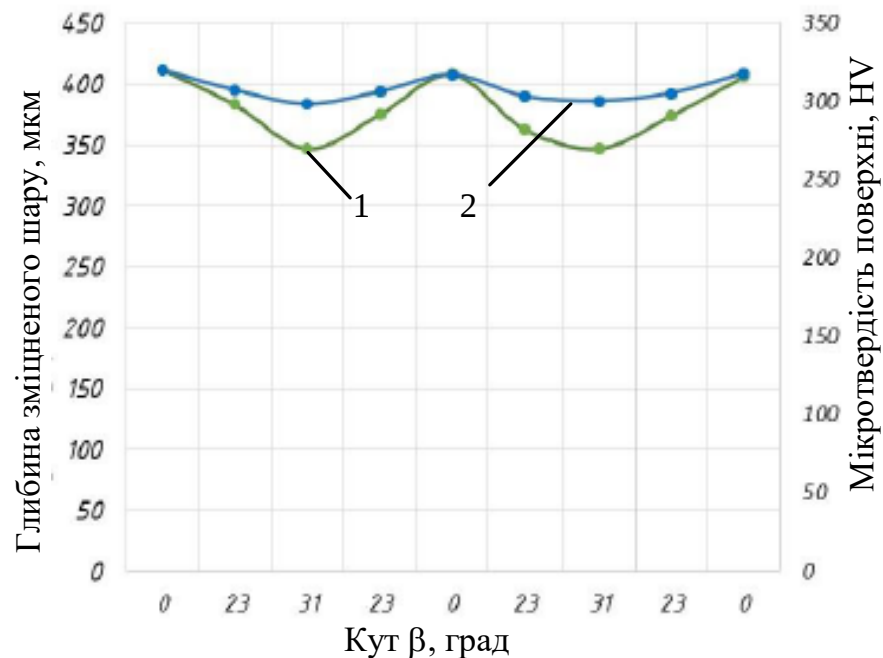


Рисунок 2.11 – Залежність глибини зміцненого шару і величини мікротвердості від взаємного положення ролика і заготовки після обкатування з програмним управлінням: 1 – глибина зміцненого шару; 2 – мікротвердість.

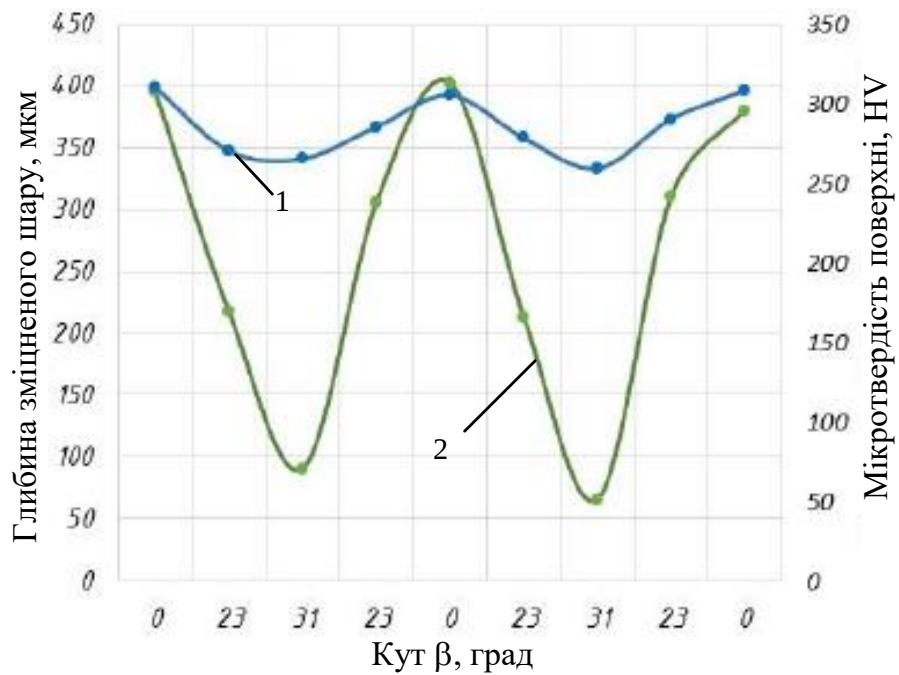


Рисунок 2.12 – Залежність глибини зміцненого шару і величини мікротвердості від взаємного положення ролика і заготовки після обкатування з ручним управлінням: 1 – глибина зміцненого шару; 2 – мікротвердість.

Відповідно при невеликих подачах значення шорсткості зменшується із збільшенням сили обкатування. Це пов'язане з тим, що при збільшенні сили збільшується пляма деформації і відповідно ступінь перекриття слідів обкатування роликом. Збільшення сили обкатування у 3 рази забезпечує триразове збільшення глибини зміненого шару, при цьому мікротвердість збільшується лише на 10...15%.

Середнє значення мікротвердості поверхневого шару після обробки становить 308 HV, що відповідає підвищенню даної величини на 46 одиниць за Віккерсом (на 17%). Середнє значення глибини зміцненого шару становить 379 мкм. Зміна глибини зміцненого шару і мікротвердості носить циклічний характер, викликаний зміною кута між нормаллю до поверхні заготовки і напрямом сили, що прикладається (кута β). Максимальне значення мікротвердості після обробки становить 320 HV (зміцнення на 22 %) і досягається у тих перерізах заготовки, де кут β близький до 0. Зі збільшенням кута β спостерігається зниження зміцнення до 298 HV (зміцнення на 14 %).

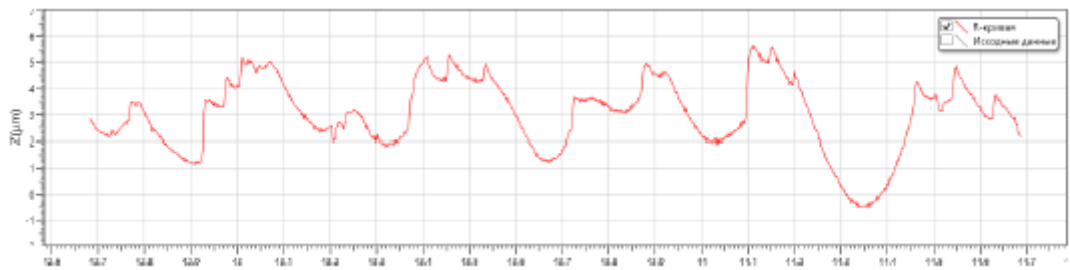
Максимальне значення глибини зміцненого шару становить 412 мкм і знижується до 347 мкм (на 16%) із збільшенням кута β .

Зменшення мікротвердості і глибини зміцненого шару зі збільшенням кута між нормаллю до поверхні і напрямом сили, що прикладається, є наслідком наявності зазорів в конструкції обкатного ролика, що призводить до зміщення точки докладання сили і локального порушення обраного режиму обробки.

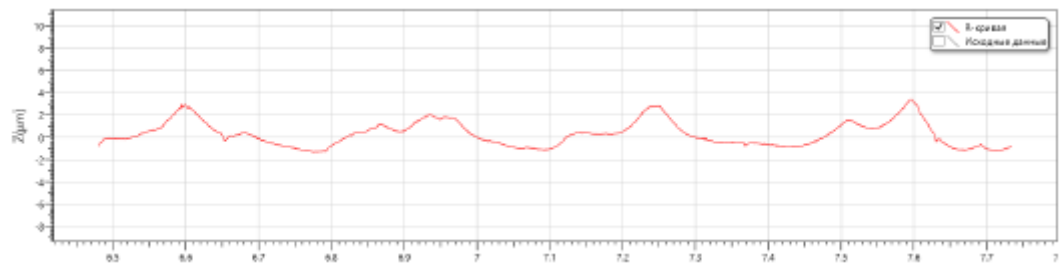
Аналізуючи результати експерименту з обробки заготовки без застосування програмного управління, можна встановити, що середнє значення глибини зміцненого шару становить 286 мкм. Значення величини мікротвердості становить 264 HV. Зміна контрольованих параметрів носить яскраво виражений циклічний характер: значення глибини втраченого шару поблизу перерізів, де кут β близький до 0 досягає 402 мкм, а зі збільшенням кута β знижується до значення 65 мкм (на 84%); мікротвердість знижується з 310 HV (підвищення мікротвердості на 18%) до 259 HV (підвищення мікротвердості відсутня) при збільшенні кута β .

Такий характер зміни мікротвердості та глибини зміцненого шару обумовлений тим, що відсутність корекцій положення інструменту викликає змішання фактичної точки торкання ролика та заготівлі, і, як наслідок, призводить до порушення заданого режиму обробки.

Шорсткість після формоутворення (чистового фрезерування) поверхні гвинтового ротора дозатора становить $Ra\ 1,09$ мкм., після обкатування середня шорсткість поверхні $Ra\ 0,59$ мкм. Виразно простежується, що нерівності мікропрофіля, утворені після чистового фрезерування, при обкатуванні змінюються, утворюючи відносно гладкий хвилястий мікропрофіль. Така форма мікронерівностей характерна для обкатування і є слідами ролика (на профілограмі представлені у вигляді западин), розташовані з кроком, чисельно рівним величині подачі при обробці, а вершини мікропрофілю утворені видавленим роликом металом на стику слідів.



а)



б)

Рисунок 2.13 – Профілограма циклоїдної гвинтової поверхні:
а) фрезерованої; б) зміцненої обкатуванням.

2.3 Аналіз результатів та формування висновків досліджень

На основі аналізу знайденої інформації встановлено, що найбільш перспективним методом зміцнення поверхневого шару деталей, що містять циклоїдальні гвинтові поверхні, є програмне обкатування. Програмне обкатування складнопрофільних поверхонь на верстатах з ЧПК за один установ з їх формоутворенням дозволяє забезпечити рівномірне зміцнення всієї оброблюваної поверхні інваріантно її геометричним параметрам.

Щодо інформації по виду оброблення то:

1. Існуючі методи обкатування мають обмежені технологічні можливості, які часто не дозволяють витримати задані режими обробки, що робить їх непридатними для обробки циклоїдальних гвинтових поверхонь;

2. Програмне обкатування на верстаті з ЧПК дозволяє значно знизити трудомісткість процесу технологічної підготовки виробництва роторів гвинтових дозаторів, що мають форму циклоїдальної гвинтової поверхні;

3. Застосування програмного керування дозволяє підвищити середню глибину зміцненого шару на 58 %, середнє значення мікротвердості поверхні на 10 % при ідентичних режимах обробки;

4. За рахунок програмного управління вдається підвищити рівномірність розподілу глибини зміцненого шару вздовж заготовки, що має форму циклоїдних гвинтових поверхонь, більш ніж 5 разів;

5. При обкатуванні з програмним управлінням тороїдальним інструментом шорсткість, отримана при формоутворенні, знижується з $Ra\ 1,09$ мкм. до $Ra\ 0,6$ мкм., мікронерівності поверхні змінюються, набуваючи хвилястого профілю;

6. Використання аналізованої методики дозволяє підвищити значення середньої мікротвердості на 14...22% від вихідного значення, в той час як обробка без використання програмного управління інструментом дає приріст мікротвердості на 0...18%, що фактично свідчить про безперспективність реалізації обробки обкатуванням без використання програмного керування.

3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Службова характеристика об'єкту виробництва

Корпус РКС6-03.118 входить в механізм приводу вилок бурякозбирального комбайна КС-6. Він виконує роль редуктора конічної зубчастої передачі, яка разом з іншим редуктором призначена для забезпечення зміщення осі вихідного вала в горизонтальній площині на 12.

Поверхні 2 і 18 деталі «Корпус РКС-03.118» призначені для встановлення кулькових підшипників 207 і 208 по ГОСТ 8338-75, які забезпечують обертання вихідного вала.

Підшипник 207 закривається кришкою з маслоутримуючою манжетою 1.2-50×70-1 ГОСТ 8752-79. Кришка кріпиться до корпусу трьома болтами М8×25,66.093 ГОСТ 7796-70, для яких призначені поверхні 7, 8, 9.

Підшипник 208 притискається стаканом, що базується на поверхні 15 і кріпиться до корпусу трьома болтами М10×30,66.093 ГОСТ 7796-70. В стакані розміщена запобіжна муфта, що з'єднує вихідний вал із конічним зубчастим колесом. Для забезпечення точності обертання поверхні 2 і 18 розмірами 72 і 80 виконуються по 7 і 9 квалітетах відповідно.

По поверхні 12 базується стакан крізь який проходить вал ведучого конічного зубчастого колеса. Стакан кріпиться до корпусу чотирма болтами М10×30,66.093 ГОСТ 7793-70.

Поверхні 2 і 18 виконуються із допуском на відхилення від співвісності 0,05мм. Допуск на відхилення від перетину осей поверхні 12 і поверхонь 2 і 18 складає 0,03 мм, а допуск на відхилення від їх перпендикулярності-0,06мм.

Різьбові отвори Ø27 і Ø30 М16×1.5-7Н призначені для встановлення маслосливних пробок. Отвори 33 і 34 забезпечують контроль рівня мастила в корпусі. Для цього до фланця 32 кріпиться двома болтами М8×12.66.093 ГОСТ7796-70 кришка з оглядовим віконцем.

Результати аналізу технічних умов на оброблювану деталь зводимо в таблицю.

Таблиця 3.1 – Аналіз технічних умов до поверхонь

Позначення поверхні	Зміст тех. вимог	Методи виконання	Метод контролю
1;13	166js14 R _z 40	Підрізка торців	ШЦ-II-250-0,05-1 ГОСТ 166-88 Взірці шорсткості ГОСТ 9378-75
2	72H7 Ra2,5	Алмазне точіння	Калібр-пробка 72(H7). Візірці шорсткості ГОСТ 9378-75
11...14	16×45± $\frac{IT14}{2}$	Чорнове точіння	Фаскомір
7, 8, 9	M8-7H (112 h 14) Ø90±0,28 120g ± 20	Різьбонарізання мітчиком	Калібр пробка (M8) 8221-30367H ГОСТ 17758-72 Калібр на розміщення
10	112h14 R _z 40	Підрізка торця	ШЦ-I-125-0,1-1 ГОСТ 166-88 Взірці шорсткості ГОСТ 9378-75
12	Ø90 H9 Ra 2,5	Чистове точіння з використанням єдиних технологічних баз	Калібр-пробка 90 (H9) Взірці шорсткості ГОСТ 9378-75 Приспосіблення спеціальне для контролю перетину осей
13	Ø90 H9 Ra 25	Чистове точіння	Калібр-пробка Ø90 (H9) Взірці шорсткості ГОСТ 9378-75

16	Ø89H9 R _z 80	Чистове точіння	Колібр-пробка Ø89 (H9) Взірці шорсткості ГОСТ 9378-75
17	$18 \pm \frac{IT14}{2}$	Підрізка торця	ШЦ-I-125-0,1-1 ГОСТ 166-80
18	Ø80 H9 Ra 2,5	Чистове точіння	Калібр-пробка Ø80 (H9) ГОСТ 166-80 Взірці шорсткості ГОСТ 9378-75
19	$1_{\max} \pm \frac{IT14}{2}$ R _z 80	Підрізка торця	ШЦ-I-125-0,1-1 ГОСТ 166-80 Взірці шорсткості ГОСТ 9378-75
23...25;	M10-7H Ø110±0,28 120g±18	Різьбонарізання мітчиком	Калібр-пробка (M10) 8221-30447H ГОСТ 17758-72 Калібр на розташування
26	$2 \pm \frac{IT14}{2}$ R _z 80	Цекування бобишки	ШЦ-I-125-0,1-1 ГОСТ 166-80 Взірці шорсткості ГОСТ 9378-75
27;30	M 16×1,5-7H	Різьбонарізання мітчиком	Калібр-пробка (M16×1,5) 8221-3068 7H ГОСТ 17758-72
29; 32	$3 \pm \frac{IT14}{2}$; $58 \pm \frac{IT13}{2}$ R _z 80	Підрізка торця	ШЦ-I-125-0,1-1 ГОСТ 166-80 Взірці шорсткості ГОСТ 9378-75
33	Ø50H13 Ra 2,5	Напівчистове точіння	Колібр-пробка Ø50 (H13) Взірці шорсткості ГОСТ 9378-75
34	Ø42 A11 Ra 6,3	Напівчистове точіння	Калібр-пробка Ø42 (A11) Взірці шорсткості

			ГОСТ 9378-75
35	$3,3 \pm \frac{IT14}{2}$ Ra 2,5	Підрізка торця	ШЦ-I-125-0,1-1 ГОСТ 166-88 Взірці шорсткості ГОСТ 9378-75
40...43	M10-7H $80 \pm 0,16$	Різьбонарізання мітчиком	Калібр-пробка (M10) 8221-3044 7H ГОСТ 17758-72 калібр на розташування
44;45	M8-7H $80 \pm 0,5$	Різьбонарізання мітчиком	Калібр-пробка (M8) 8221-3036 7H ГОСТ 17758-72 Калібр на розміщення

3.2 Аналіз технологічності виробу і процесу його обробки

Забезпечення технологічності конструкції д виробу є однією з основних функцій єдиної системи технологічної підготовки виробництва розрізняють якісну і кількісну оцінки технологічності.

Висновки і рекомендації щодо якісної оцінки:

1. Необхідності міняти матеріал деталі немає, оскільки сірий чавун СЧ20 забезпечує усі необхідні параметри і властивості деталі.
2. Враховуючи економічні фактори, раціональними методами отримання заготовки є лиття в кокіль і піщані форми з машиною формовкою.
3. На даній деталі є всі необхідні поверхні для застосування їх в якості технологічних баз.
4. У даної деталі відсутні важкодоступні і важкооброблювані поверхні.
5. Усі поверхні деталі є зручними і доступними для контролю.
6. Габарити і товщини стінок деталі забезпечують необхідну жорсткість конструкції.

7. До нетехнологічних поверхонь можна віднести отвір Ø72Н7, оскільки він є достатньо високої точності, а також отвори Ø9Н9 і Ø80Н9 разом з Ø72Н7, тому що задаються високі вимоги до перпендикулярності перетину їх осей.

Для проведення кількісної оцінки технологічності необхідно порахувати ряд кількісних показників. Для цього заповнимо таблицю.

Таблиця 3.2 – Кількісний показник технологічності

Назва поверхні позначення	К-ть поверхонь	Кількість уніфікуваних поверхонь	Квалітет точності	Параметр шорсткості по ГОСТ 2783-73	Клас шорсткості
Торець –166js 14	2	2	14	R _z 40	4
Отвір – Ø72 Н7	1	1	7	Ra 2,5	6
Фаска –1,6×45 ± $\frac{IT14}{2}$	3	3	14	R _z 40	4
Отвір – М8-7Н	5	5	13	Ra 6,3	4
Торець – 112 h14	1	1	14	R _z 40	4
Отвір – Ø90Н9	2	2	9	Ra 2,5	6
Торець – 18 ± $\frac{IT14}{2}$	1	1	9	R _z 80	3
Отвір – Ø89Н 9	1	1	9	R _z 80	3
Торець – 1 _{max} ± $\frac{IT14}{2}$	1	1	14	R _z 80	3
Отвір – Ø80Н9	1	1	9	Ra 2,5	6
Отв.різьб. – М10-7Н	7	7	13	Ra 6,3	4
Торець – 2 ± $\frac{IT14}{2}$	1	1	14	R _z 80	3
Отвір різьбовий М10×1.5-7Н	2	2	13	Ra 6,3	4

Торець – 116 h14	2	2	14	R _z 80	3
Отвір – Ø50 H13	1	1	13	Ra 2,5	6
Торець – $3,3 \pm \frac{IT14}{2}$	1	1	14	Ra 2,5	6
Отвір – Ø42A11	1	1	11	Ra 6,3	4

Коефіцієнт точності обробки

$$K_{m.ч.} = 1 - \frac{1}{T_{c.p.}},$$

де: $T_{c.p.}$ – середній квалітет точності.

$$T_{c.p.} = \frac{\sum T_i \times n_i}{\sum n_i} = \frac{6n_6 + 7n_7 + \dots + 17n_{17}}{n_6 + n_7 + \dots + n_{17}},$$

де: 6, 7, ... 17 – номери квалітетів відповідних поверхонь;

$n_6, n_7, \dots, n_{17}$ – кількість розмірів відповідного квалітету.

$$T_{c.p.} = \frac{7 \times 1 + 9 \times 4 + 11 \times 1 + 13 \times 15 + 14 \times 12}{33} = 12,64.$$

Тоді:

$$K_{m.ч.} = 1 - \frac{1}{12,64} = 0,92.$$

Оскільки $K_{m.ч.} = 0,92 > 0,8$ то деталь середньої точності і технологічна.

Коефіцієнт шорсткості

$$K_u = \frac{1}{B_{c.p.}},$$

де: $B_{c.p.}$ - середній клас шорсткості.

$$B_{c.p.} = \frac{\sum B_i \times n_i}{\sum n_i} = \frac{1n_1 + 2n_2 + \dots + 14n_{14}}{n_1 + n_2 + \dots + n_{14}},$$

де 1, 2, ... 14 - класи шорсткості;

n_i - число поверхонь відповідного класу шорсткості.

$$B_{c.p.} = \frac{3 \times 5 + 4 \times 22 + 6 \times 6}{33} = 4,21.$$

Тоді:

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{4,21} = 0,24.$$

Оскільки $K_{\text{ш}} = 0,24 > 0,16$, то деталь не важкооброблювана і технологічна.

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів

$$K_{\text{у.е.}} = \frac{N_{\text{у.е.}}}{N_{\text{е}}},$$

де $N_{\text{у.е.}}$ - кількість уніфікованих конструктивних елементів;

$N_{\text{е}}$ - загальна кількість конструктивних елементів.

$$K_{\text{у.е.}} = \frac{33}{33}.$$

Оскільки $K_{\text{у.е.}} = 1 > 0,6$ то деталь є технологічна.

Зробивши кількісний і якісний аналіз технологічності деталі робимо висновок, що деталь корпус РКС6-03.118 є технологічною.

Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення

В існуючому технологічному процесі чорнові, чистові та проміжні бази вибрані правильно, дотримано принципу єдності баз. Операції виконуються у правильній послідовності для досягнення заданої точності. Заданим обладнанням можна досягти кожної операції.

В якості інструментів в існуючому технологічному процесі не використовуються комбіновані інструменти, що дозволяють обробляти декілька поверхонь одночасно, а також не використовуються свердлильні головки для нарізання різьби, що збільшує штучний час на різання.

В якості контрольно-вимірювального інструменту часто використовується штангенциркуль, що дає великий час на контроль поверхонь.

В даному технологічному процесі на деяких операціях переходи здійснюються послідовно, хоча їх можна сумістити за рахунок використання свердлильних головок і поперечних супортів.

3.3 Вибір способу одержання і розробка заготовки

На вибір методу одержання заготовки вирішальне значення має конструкція і матеріал деталі, а також об'єм випуску (тип виробництва). Якщо заготовка може бути одержана декількома методами, виникає необхідність у проведенні техніко-економічного аналізу можливих верстатів, щоб на їх основі вибрати оптимальний.

Питання про доцільність того чи іншого методу одержання заготовки на даній стадії проектування може бути вирішене наступними способами:

- 1) Техніко-економічним обґрунтуванням вибору заготовки;
- 2) Розрахунком коефіцієнта використання матеріалу.

Перевагу слід віддавати тій заготовці, що забезпечує меншу технологічну собівартість виготовлення деталі. Якщо ж співставлені варіанти по технологічній собівартості будуть рівноцінні то перевагу слід віддавати варіанту заготовки з більш високим коефіцієнтом використання матеріалу.

Даний пункт полягає в розрахунку технологічної собівартості деталі по зрівнювальним варіантам, що дає найбільш повну картину взаємозв'язаних затрат на виробництво заготовки і її наступної механічної обробки.

Виходячи із цього, технологічна собівартість деталі визначатиметься як сума технологічної собівартості заготовки $C_{заг}$ і технологічної собівартості механічної обробки $C_{м.о.}$

$$C_o = C_{заг} + C_{м.о.}$$

Оскільки наша деталь є корпусом, то методом виготовлення її заготовки вибираємо лиття. Для порівняння вибираємо два способи лиття-лиття в піщано-глиняні форми і лиття в кокіль.

Собівартість заготовок, одержаних литтям визначають за формулою:

$$C_{заг} = (C_o \times Q \times K_n / 1000) - (Q - q) \times S_{відх} / 1000, \text{ грн} .$$

Визначаємо масу заготовки. Для цього визначаємо її розміри, призначивши табличним методом загальні припуски на механічну обробку її поверхонь. Встановлені загальні табличні припуски заносимо в таблицю.

Таблиця 3.3 - Загальні припуски і розміри заготовки

Оброблювана поверхня, її розмір, точність	Параметр шорсткості деталі, мкм	Допуск заготовки, мм	Загальний припуск мм	Розмір заготовки із граничними відхиленнями
Заготовка - виливок в піщано-глиняні форми 10кл. точності розмірів, 3-го ряду припусків				
Ø90H9	Ra2,5	2,8	4,5×2	Ø81±1,4
112h14	R _z 40	3,2	4,5×2	116,2±1,6
Ø80H9	Ra2,5	2,8	4,5×2	Ø71±1,4
Ø72H7	Ra2,5	2,8	4,5×2	Ø63±1,4
116js14	R _z 40	3,6	4,5×2	174.4±1,8
116h14	R _z 80	3,2	4,5×2	124.4±1,6
Заготовка - виливок в кокіль 8 кл. точності розмірів, 2 ряди припусків				
Ø90H9	Ra2,5	1,4	2,8×2	Ø84,4±0,8
112h14	R _z 40	1,6	2,0×2	114±0,8
Ø80H9	Ra2,5	1,4	2,8×2	Ø74,4±0,7
Ø72H7	Ra2,5	1,4	2,8×2	Ø66,4±0,7
166js14	R _z 40	1,8	2,4×2	170,8±0,9
116h14	R _z 80	1,6	2,0×2	120±0,8
Ø42A11	Ra6,3	1,2	2,4×2	Ø37,2±0,6

Знаходимо масу заготовок для кожного способу лиття за формулою:

$$Q = q + m_{\text{прип}} + m_{\text{нан}}$$

де $m_{\text{прип}}$ - маса припусків;

$m_{\text{нан}}$ - маса напусків;

$$m_{\text{прин}} = V_{\text{прин}} \times \rho;$$

$$m_{\text{нан}} = V_{\text{нан}} \times \rho;$$

де ρ - густина матеріалу. $\rho = 7 \text{ г/см}_3$.

$$Q_1 = 4,6 + 1,5 + 0,41 = 6,51 (\text{кг})$$

Для лиття в кокіль:

$$Q_2 = 4,6 + 0,85 + 0,31 = 5,76 (\text{кг})$$

Визначаємо собівартість заготовок по приведених варіантах. Відповідно для лиття в піщано-глиняні форми:

$K_{\text{те}} = 1$ - коефіцієнт, що враховує точність виливка; $K_{\text{св}} = 1,19$ - коефіцієнт, що враховує складність виливків; $K_{\text{мв}} = 1$ - коефіцієнт, що враховує марку матеріалу; $K_{\text{пмв}} = 1,06$ - коефіцієнт, що враховує програму річного замовлення та масу виливків; $K_{\text{ст}} = 1$ - коефіцієнт, що враховує зменшення товщини основних стінок виливка відносно базової товщини.

$$K_{n1} = 1 \times 1,19 \times 1 \times 1,06 \times 1 = 1,26.$$

Тоді:

$$C_{\text{за1}} = \left(2100 \times 6,51 \times \frac{1,26}{1000} \right) - \left((6,51 - 4,6) \times \frac{140}{1000} \right) = 16,96 \text{ грн.}$$

Для лиття в кокіль:

$$K_{\text{те}} = 1,321; K_{\text{св}} = 1,19; K_{\text{мв}} = 1; K_{\text{пмв}} = 1,06; K_{\text{ст}} = 1.$$

$$K_{n2} = 1,32 \times 1,19 \times 1 \times 1,06 \times 1 = 1,66.$$

Тоді:

$$C_{\text{за2}} = \left(2100 \times 5,76 \times \frac{1,66}{1000} \right) - \left((5,76 - 4,6) \times \frac{140}{1000} \right) = 19,92 \text{ грн.}$$

Заготовка – виливок в піщано-глиняні форми виходить дешевшою. Отже, приймаємо заготовку – виливок в піщані форми при машинній формовці по дерев'яних і металічних моделях.

Таблиця 3.4 – Табличні значення припусків

Технологічні операції та переходи обробки поверхонь деталі	Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість мкм	Допуск мм	Припуск мм	Операційні (проміжні) розміри із граничними відхиленнями
Кругла внутрішня поверхня Ø90H9					
Точіння чистове	9	R_a 2,5	0,087	$0,652 \times 2 = 1,3$	Ø90H9($^{+0,087}$)
Точіння напівчистове	11	R_a 12,5	0,22	$1 \times 2 = 2$	Ø88,7 $^{+0,22}$
Точіння чорнове	14	R_a 25	0,87	$2,85 \times 2 = 5,7$	Ø86,7 $^{+0,87}$
Заготовка	10-й кл.	R_z 500	2,8	$4,5 \times 2 = 9$	Ø81 ± 1,4
Розмір торця 112h14					
Напівчистове точіння торця	14	R_z 40	0,87	0,3	112h14 $_{-0,87}$
Чорнове точіння торця	15	R_a 25	1,4	3,9	112,3 ± 0,7
Заготовка	10-й кл.	R_z 500	3,5	4,2	116,2 ± 1,6
Розмір торців 166js14					
Чорнове точіння другого торця	14	R_z 40	1,0	4,2	166 ± 1,6
Чорнове точіння першого торця	14	R_z 40	1,0	4,2	170,2 ± 0,5
Заготовка	10-й кл	R_z 500	3,5	$4,2 \times 2 = 8,4$	174,4 ± 1,8
Кругла внутрішня поверхня Ø80H9					
Точіння чистове	9	R_a 2,5	0,074	$0,5 \times 2 = 1$	Ø80H9($^{+0,087}$)

Точіння н/чистове	11	$R_a 12,5$	0,19	$1 \times 2 = 2$	$\varnothing 79^{+0,19}$
Точіння чорнове	14	$R_a 25$	0,74	$3 \times 2 = 6$	$\varnothing 77^{+0,74}$
Заготовка	10-й кл	$R_z 500$	2,8	$4,5 \times 2 = 9$	$\varnothing 71 \pm 1,4$
Розмір торців 11 6h14					
Чорнове точіння другого торця	14	$R_z 80$	0,87	4,2	$116h14(-0,87)$
Чорнове точіння першого торця	14	$R_z 80$	0,87	4,2	$120,2(-0,87)$
Заготовка	10-й кл	$R_z 500$	3,2	$4,2 \times 2 = 8,4$	$124,4 \pm 1,6$
Розмір торця бобишки $2 \pm \frac{IT14}{2}$					
Цекуння бобишки	14	$R_z 80$	0,25	2,2	$2 \pm \frac{IT14}{2} (\pm 0,125)$
Заготовка	10-й кл	$R_z 500$	2,8	2,2	$4,2 \pm 1,4$

3.4 Вибір технологічних баз та маршруту оброблення деталі

Вибір технологічних баз в значній мірі визначає точність виконання розмірів, тривалість взаємного розташування поверхонь, ступінь складності пристосувань, вибір різальних та вимірювальних інструментів. Для забезпечення заданої точності обробки поверхонь ми вибираємо наступні схеми базування і закріплення.

Для обробки поверхонь 10, 11, 12 приймаємо схему базування по площині і по конусному пальці. Для обробки чотирьох отворів 40, 41, 42, 43 використовуємо схему базування на палець по отвору $\varnothing 90H9$ і на 3 упори по торцю 10 із затиском по необроблюваній поверхні основи. Для обробки отвору

12 Ø90H9 приймаємо схему базування по площині 10 і двох отворах Ø8,5H9 в якій встановлюємо круглий і зрізаний пальці. А для обробки отворів 2, 15, 18 приймаємо схему базування на круглий палець по отвору Ø90H9, зрізаний палець по отвору Ø8,5H9 і площину по торцю 10. Для обробки торця 1 і фаски 3 приймаємо схему базування по торцю і по отвору 2. Для обробки торців 29, 32 і отворів 33, 15, 34 приймаємо схему базування на площину по торці 10 на палець по отвору 12 та упор по боковому торці. Для свердління трьох отворів під різьбу M8 і трьох отворів під різьбу M10 приймаємо схему базування на площину, круглий палець і бокову поверхню. Для свердління двох отворів під різьбу M8 на торці 32 приймаємо схему базування на площину, бокову поверхню з centruванням на зрізаний палець по отвору 34.

Для свердління отворів 27 і 30 приймаємо схему базування на площину, бокову поверхню і зрізаний палець.

Таблиця 3.5 – Маршрут механічної обробки деталі

№ Операції	Назва операції	Оброблювані поверхні	Базові поверхні	Назва обладнання	Схема базування
005	Токарна	10, 11, 12	Чорнова 18, необроблювана основа	Токарний багатопшпіндельний вертикальний напівавтомат послідовної дії мод. 1283	По площині і конусному пальці
010	Вертикально-свердлильна	40,4243,41	12, необроблені 1 і 29 необроблювана основа	Вертикально-свердлильний верстат 2Н135	На зрізаний палець і три упори по трьох торцях

015	Вертикально-свердлильна	40,41,42,43	12, необроблені 1,29 необроблювана основа	Вертикально-свердлильний верстат 2Н135	На зрізаний палець і три упори по трьох торцях
020	Токарна	13,14,15 16,18,19,2	41,43,10	Токарний багатопшпіндельний вертикальний напівавтомат послідовної дії мод. 1283	По площині і двох отворах
025	Алмазно-розточна	12,	10,41,43	Горизонтальний алмазно-розточний верстат 1П365	По площині і двох отворах
		2,15,18,	12,43,10		
030	Токарно-револьверна	1,3	2,13	Токарно-револьверний верстат 1П365	В цанговому патроні по отвору з упором в торець
035	Токарно-револьверна	29,32,33 34,35	10,12,1(13)	Токарно-револьверний верстат 1П36Б	По площині, боковому торцю і круглому пальцю
040	Вертикально-свердлильна	23,24,25	1,2,10	Вертикально-свердлильний верстат 2Н135	По площині, боковому торцю і круглий палець
045	Вертикально-свердлильна	7,8,9	10,13,15	Вертикально-свердлильний верстат 2Н135	По площині, боковому торцю і круглий палець
050	Вертикально-свердлильна	44,45	29,10,34	Вертикально-свердлильний верстат 2Н135	По площині, боковому торцю і круглий палець

055	Вертикаль- но свердлиль- на	4.....6 20.....2 2 36.....3 9 46 ,47	1(13),15,29	Вертикально- свердлильний верстат 2Н135	По площині, боковому торцю і круглий палець
060	Вертикаль- но свердлиль- на	26...28	10,12,13	Вертикально- свердлильний верстат 2Н135	По площині, боковому торцю і круглий палець
065	Вертикаль- но свердлиль- на	30,31	32,34,10	Вертикально- свердлильний верстат 2Н135	По площині, боковому торцю і круглий палець
070	Різенарізна	44,45	29,10,34	Різенарізний верстат 2056	По площині, боковому торцю і круглий палець
075	Різенарізна	7,8,9	10,13,15	Різенарізний верстат 2056	По площині, боковому торцю і круглий палець
080	Різенарізна	40...43	12,1,29	Різенарізний верстат 2056	По площині, боковому торцю і круглий палець
085	Різенарізна	23..25	12,1,29	Різенарізний верстат 2056	По площині, боковому торцю і круглий палець
090	Різенарізна	26,30	1,2,10	Різенарізний верстат 2056	По площині, боковому торцю і круглий палець

3.5 Вибір режимів оброблення деталі та норм часу

Розрахунок режимів різання проводимо двома методами:

- розрахунково-аналітичним;
- нормативним.

Таблиця 3.6 – Вибрані режими обробки

Назва операції , переходу	t , мм	L , мм	i	T , хв	S , мм/об	n , об/хв	V , м/хв	S_M , мм/хв	T_o , хв	N , кВт
005 Токарна 2)Розточити отвір 12 , витримуючи розмір $\varnothing 86,7^{+0,87}$	2,85	29	1	60	0,12	344	94	-	0,7	0,79
3)Підрізати торець 10 витримуючи розмір $112,3 \pm 0,7$	3,9	40	1	60	0,12	344	120	-	0,97	1,8
4)Розточити отвір 12, витримуючи розмір $\varnothing 88,7^{+0,22}$	1	29	1	60	0,12	344	96,1	-	0,7	0,42
5)Розточити фаску 11, витримуючи розмір $2,25 \times 45^\circ$; Підрізати торець 10, витримуючи розмір $112_{-0,87}$, одночасно	2,25	-	1	60	0,12	344	101	-	0,94	0,89
	0,3	39	1	60	0,12		120	-		0,19
010 Вертикально - свердлильна Свердлити одночасно чотири отвори 40...43, в розміри: $\square 80 \pm 0,16, \varnothing 8,2^{+0,2}$	4,1	22	3	35	0,3	635	16,3	-	0,12	1,35

015 Вертикально-свердлильна 2) Розвернути одночасно чотири отвори 40...43, в розмір: $\varnothing 8,5^{+0,036}$	0,15	22	1	25	0,5	300	8	-	0,15	0,6
020 Токарна 2) Розточити фаску 14, витримуючи розмір $\varnothing 93,2$, та підрізати торець 13, витримуючи розмір $170,2 \pm 0,5$ одночасно	11,1	-	1	60	0,12	34,4	101	-	0,92	3,83
	4,2	38	1	60	0,12		168	-		2,67
3) Розточити отвір 2 витримуючи розмір $\varnothing 71,5^{+0,3}$ та $60 \pm 0,34$; розточити отвір 18, витримуючи розмір $\varnothing 77^{+0,74}$, розточити отвір 16, витримуючи розміри $\varnothing 86,7^{+0,87}$, $19 \pm 0,26$, одночасно	2,5	-	1	60	0,12	34,4	77,5	-	1,21	0,84
	3	50	1	60	0,12		83,4	-		1,06
	4,85	-	1	60	0,12		94	-		1,96
4) Розточити отвір 2, витримуючи розмір $\varnothing 71,94^{+0,074}$, розточити отвір 18, витримуючи розміри $\varnothing 79^{+0,19}$, розточити отвір 16, витримуючи розміри $\varnothing 89^{+0,22}$, одночасно	0,22	-	1	60	0,12	34,4	78	-	1,21	0,08
	1	50	1	60	0,12		85,6	-		0,38
	1,15	-	1	60	0,12		96,4	-		0,48
025 Алмазно-розточна 2) Розточити отвір 12 витримуючи розмір $\varnothing 90^{+0,087}$ та $73 \pm 0,23$;	0,65	34	1	60	0,05	53,3	150,6	-	1,28	0,26

3) Розточити отвір 2 витримуючи розмір $\varnothing 72^{+0,03}$ та $60 \pm 0,37$; $\perp$ 0,06 E $\times$ 0,03 E розточити отвір 18, витримуючи розміри $\varnothing 80^{+0,074}$, $\circ$ 0,05 E розточити отвір 15, витримуючи розмір $\varnothing 90^{+0,087}$, $18 \pm 0,22$, одночасно	0,03	33	1	60	0,05	533	120,5	-	1,24	0,02
	0,5	34	1	60	0,05	533	33,9	-	1,28	0,18
	0,5	34	1	60	0,05	533	150,6	-	1,28	0,2
030 Токарно- револьверна 1) Підрізати торець 1, витримуючи розмір $166 \pm 0,5$; розточити фаску 3, витримуючи розмір $1,16 \times 45^0$ одночасно	4,2	28	1	60	0,17	355	100,3	-	0,46	1,81
	5,8	-	1	60	0,17	355	80,3	-		2,22
035 Токарно- револьверна 2) Підрізати торець 29, в розмір $3 \pm 0,15$;	4,2	54	1	60	0,5	188	59	-	0,57	2,87
4) Підрізати торець 32, в розмір $58 \pm 0,23$;	4,2	54	1	60	0,5	188	59	-	0,42	2,87
5) Свердлити отвір 34 в розмір $\varnothing 30^{+0,52}$.	15	26	1	75	0,17	188	17,7	-	0,81	0,9
6) Розточити отвір 34 , в розміри $\varnothing 42^{+0,48}_{+0,32}$, $60 \pm 0,37$	6	13	1	65	0,3	544	71,7	-	0,21	3,2
7) Розточити отвір 33 , витримуючи розмір $\varnothing 50^{+0,39}$, $3,3 \pm 0,15$	4	5	1	65	0,25	385	60,4	-	0,05	0,42

040 Вертикально-свердлильна 2)свердлити одночасно три отвори 23.....25, витримуючи розміри $\varnothing 8,5^{+0,3}$, $23 \pm 0,26$, $\varnothing 110^{+0,3}$, $120 \pm 0,28$	4,25	28	1	35	0,12	518	13,8	-	0,45	0,42
045 Вертикально-свердлильна 2)свердлити одночасно три отвори 7.....9, витримуючи розміри $\varnothing 90 \pm 0,28$, $6,8 \pm 0,26$, $\varnothing 120^{+0,26}$, $23 \pm 0,26$	3,4	16	1	35	0,12	518	11,1	-	0,42	0,24
050 Вертикально-свердлильна 2)свердлити одночасно два отвори 44.....45 , витримуючи розміри $\varnothing 6,8^{+0,26}$, $80 \pm 0,5$	3,4	16	1	35	0,12	518	11,1	-	0,26	0,16
055Вертикально-свердлильна 2)Зенкувати три фаски 4 ... 6 , витримуючи розмір 1×45^0	1	2	3	35	0,1	500	13,8	-	0,12	0,01
4) Зенкувати три фаски 20 ... 22 , витримуючи розмір 1×45^0	1	2	3	35	0,1	500	16,3	-	0,12	0,01
6)Зенкувати дві фаски 46 ... 47 , витримуючи розмір 1×45^0	1	2	2	35	0,1	500	13,8	-	0,08	0,01
060 Вертикально-свердлильна	7,2	25	1	30	0,2	250	11,3	-	0,5	0,92

2)Свердлити отвір 27 з centruванням бобишки 26 і zenкування фаски 28,витримуючи розміри $\varnothing 14,4^{+0,26}$, 1×45^0										
065 Вертикально-свердлильна 2)Свердлити отвір 30 і zenкувати фаски 31 в розмірі $\varnothing 14,4^{+0,3}$, 1×45^0	7,2	19	1	30	0,2	355	16,1	-	0,27	0,31
070 Різенарізна 2)нарізати різьбу в двох отворах 44...45, в розмір M8-7H	0,6	40	1	70	1,25	280	7,05	-	0,12	0,24
075Різенарізна 2)нарізати одночасно різьбу в двох отворах 7...49, в розмір M8-7H	0,6	44	1	70	1,25	280	7,05	-	0,13	0,36
080 Різенарізна 2)нарізати одночасно різьбу в 2-х отворах 7...49, в розмір M10-7H	0,6	40	1	70	1,5	280	8,7	-	0,1	0,9
085 Різенарізна 2)нарізати одночасно різьбу в двох отв. 23...25, в розмір M10-7H	0,6	44	1	70	1,5	280	8,7	-	0,11	0,67
085 Різенарізна 2) Нарізати різьбу в отв. 27, в розмір M16×1,5-7H	0,6	39	1	70	1,5	180	8,1	-	0,14	0,29
4) Нарізати різьбу в отворі 30, в розмір M16×1,5-7H	0,6	39	1	70	1,5	180	8,1	-	0,14	0,29

Технічні норми часу на операції обробки корпусу встановлюють розрахунково-аналітичним шляхом. Результати представимо у вигляді таблиці.

Таблиця 3.7 – норми часу по операціях

Номер і назва операції	T _{О.} хв.	T _{д.} хв.			T _{оп.} хв.	T _{обсл.} хв.		T _{від.} хв.	T _{шт.} хв.	T _{п.з.} хв.	n _{1.} шт.	T _{ш.к.} хв.
		T _{в.з.}	T _{у.}	T _{в.}		T _{тех.}	T _{орг.}					
005 Токарна	1,21	0,15			1,36	0,1			1,46	50	227	0,11
010 Вертикально свердлильна	0,12	0,08	0,03	0,15	0,38	0,02			0,4	20	227	0,49
015 Вертикально -свердлильна	0,15	0,08	0,03	0,13	0,39	0,02			0,41	20	227	0,5
020 Токарна	1,21	0,15	0,15	0,15	1,36	0,1			1,46	50	227	1,68
025 Алмазно- розточна	1,28	0,38	0,08	0,93	2,67	0,19			2,86	28	227	2,98
030 Токарно- револьверна	0,46	0,16	0,1	0,14	0,86	0,06			0,92	24	227	1,03
035 Токарно- револьверна	2,06	0,44	0,5	0,55	3,55	0,23			3,78	26	227	3,89
040 Вертикально -свердлильна	0,42	0,23	0,03	0,12	0,8	0,05			0,85	22	227	0,95
045 Вертикально -свердлильна	0,42	0,23	0,03	0,12	0,8	0,05			0,85	20	227	0,94
050 Вертикально -свердлильна	0,26	0,1	0,03	0,09	0,48	0,03			0,51	20	227	0,6
055 Вертикально -свердлильна	0,48	0,65	0,06	0,08	1,27	0,08			1,35	20	227	1,44
060 Вертикально -свердлильна	0,5	0,2	0,03	0,17	0,9	0,05			0,95	20	227	1,04

065 Вертикально-свердлильна	0,27	0,2	0,03	0,11	0,61	0,04	0,65	20	227	0,74
070 Різенарізна	0,12	0,15	0,14	0,3	0,71	0,05	0,76	22	227	0,86
075 Різенарізна	0,13	0,14	0,15	0,45	0,87	0,06	0,93	22	227	1,03
080 Різенарізна	0,12	0,14	0,14	0,3	0,72	0,05	0,77	22	227	0,87
085 Різенарізна	0,11	0,11	0,14	0,3	0,66	0,05	0,71	22	227	0,81
075 Різенарізна	0,28	0,26	0,31	0,2	1,05	0,07	1,12	22	227	1,22

3.6 Встановлення кількості обладнання

Враховуючи розміри оброблюваної деталі , тип виробництва , режими різання та ряд інших факторів, вибираємо наступні верстати для операцій технологічного процесу .

- для операцій 005, 020 – токарний багатшпиндельний вертикальний верстат моделі 1283;
- для операції 010 – вертикально-свердлильний верстат моделі 2Н125;
- для операцій 015, 040...065 – вертикально-свердлильний верстат моделі 2Н125Л;
- для операції 025 – горизонтальний алмазно-розточний верстат моделі 1П365;
- для операції 075...090 – вертикальний різенарізний напівавтомат моделі 2056.

Розрахункову кількість верстатів визначаємо за формулою :

$$m_p = \frac{T_{шт.}}{t_g}.$$

Коефіцієнт завантаження верстату визначаємо за формулою:

$$\eta = \frac{m_p}{m_n} \cdot 100\%.$$

Коефіцієнт використання обладнання за потужністю визначаємо за формулою:

$$\eta_N = \frac{N_{PI3.}}{N_B} \cdot 100\%$$

Результати розрахунків представимо у вигляді графіків.

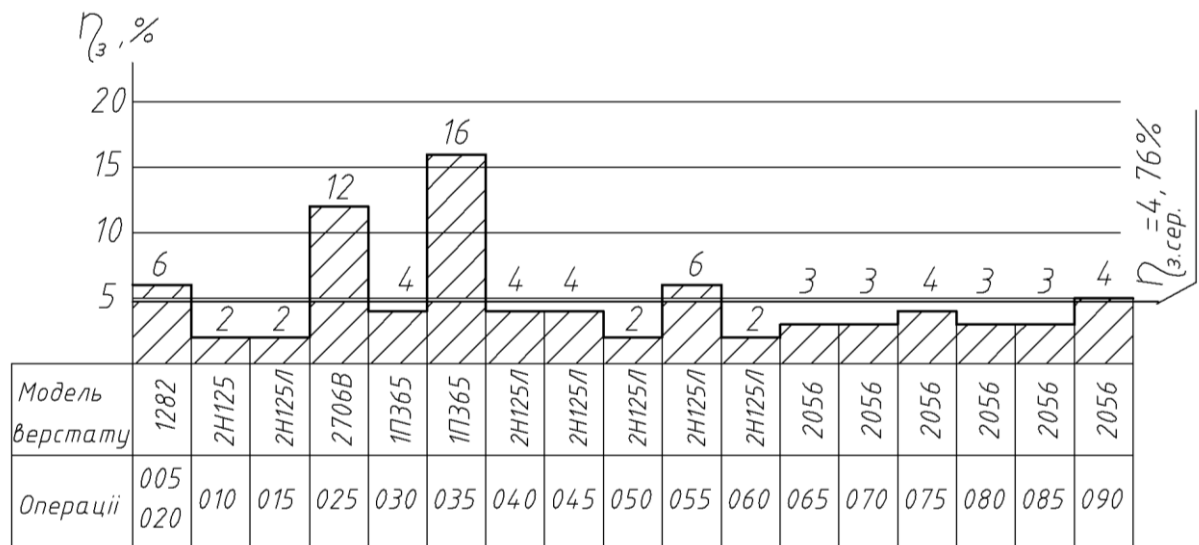


Рисунок 3.1 – Графік завантаження обладнання.

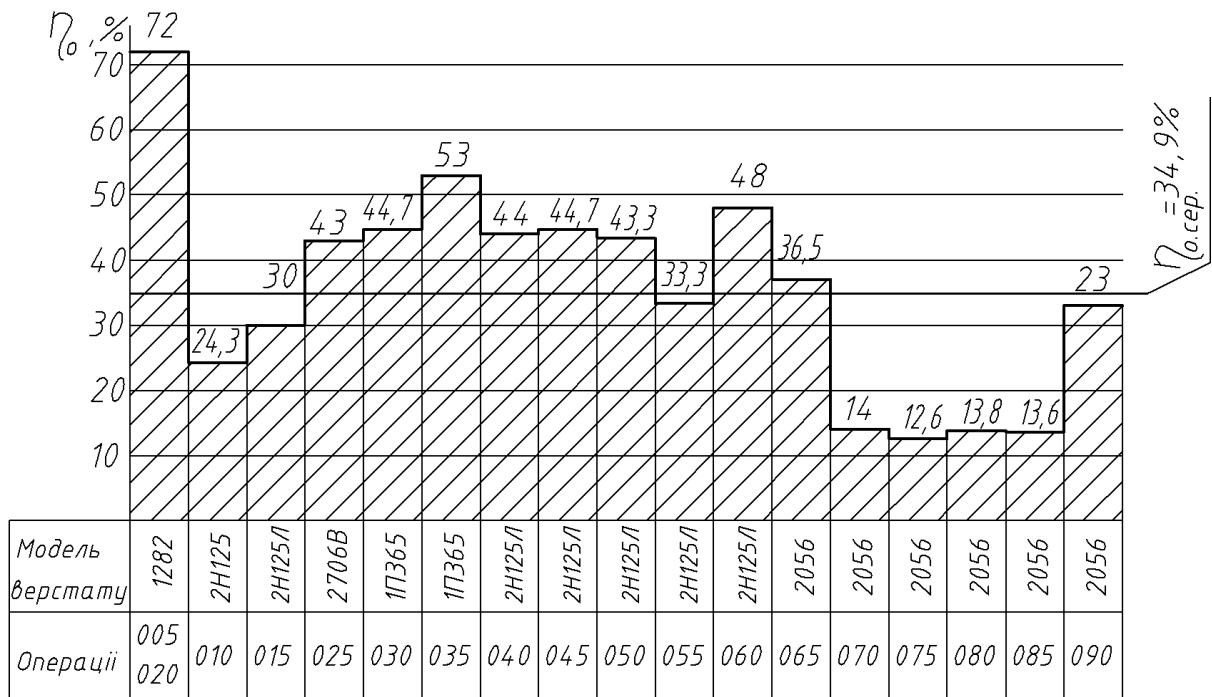


Рисунок 3.2 – Графік використання обладнання по основному часу.

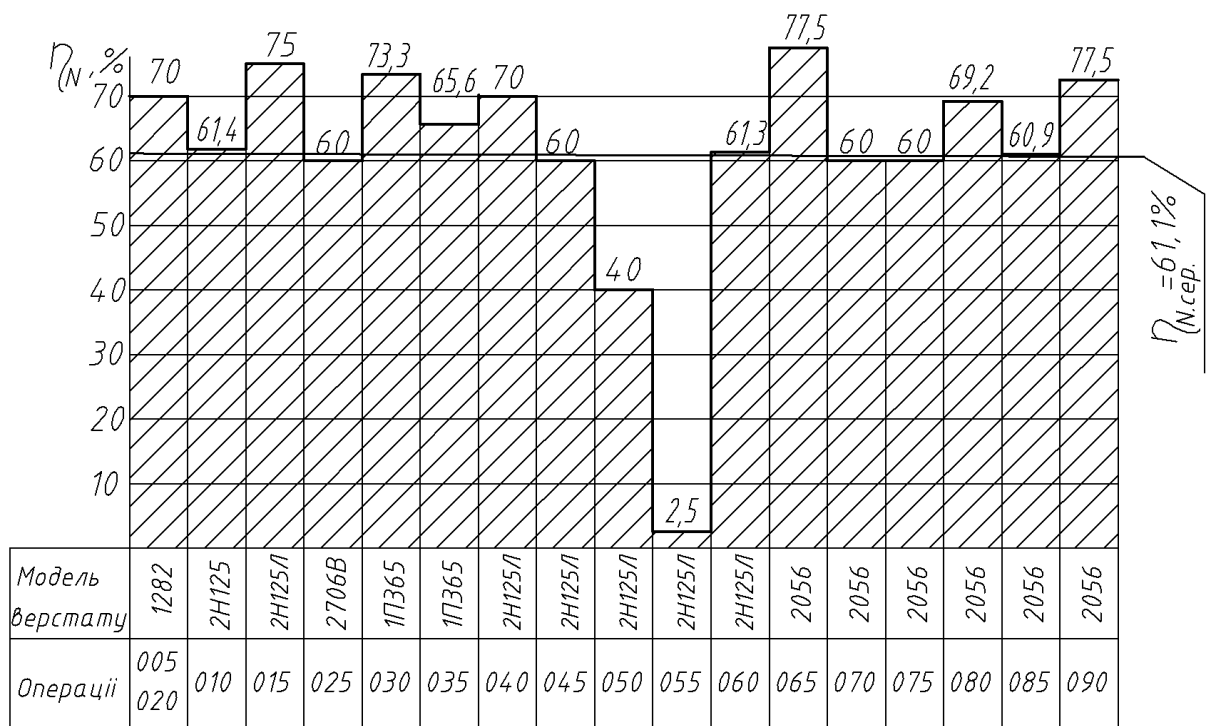


Рисунок 3.3 – Графік використання обладнання по потужності.

3.7 Розробка спеціальної оснастки

3.7.1 Патрон для токарної обробки

Патрон призначений для обробки деталі на токарному багатшпиндельному вертикальному напівавтоматі послідовної дії моделі 1283.

Патрон складається з корпусу 1 (див. специфікації), який кріпиться шістьма гвинтами 46 М16×58.019 до планшайби 21 на шпинделі верстату. В центральному отворі корпусу розміщена втулка 5, в порожнині якої рухається шток 33, приводячи в дію важіль 3, що за допомогою колодки 9, сухарика 32, притискача 25 та пластин 22 і 23 затискає деталь. Колодка рухається по направляючих 14 і 15. Втулка 5 закрита кришкою 13 і кріпиться до корпусу 1 двома пальцями 17. На ці пальці насаджуються пазами плита 26 з чотирма опорами 16. Ця плита є змінна і призначена для встановлення деталі на операції 005. Для встановлення деталі на цій операції у пристрої також передбачено конус 11, що встановлюється через втулку 6 у корпусі 1. Цей конус базує деталь

пружиною 29. Сила притискання регулюється упором 34. Для базування по торцю передбачено три опори 37.

Для встановлення деталі на операції 020 на пристрій встановлюється накладка 2 за допомогою двох пальців 18.

Для закріплення накладки 2 призначено 6 упорів 35. На накладці встановлюється два пальці 19 для базування деталі по двох отворах Ø8,5 Н9.

Для балансування пристрою при обробці передбачено дві противаги 30, що регулюються за допомогою чотирьох гвинтів 45 М12×70 6g.

Для закріплення деталі на операції 005 вона встановлюється в пристрій на чотири опори 16 необробленою основою, а отвором Ø71 встановлюється на корпус. Приводиться в дію пневмоциліндром, що тягне шток 33 до низу. Шток передає зусилля через важіль 3 на колодку 10, яка рухається по направляючих 14 і 15, затискаючи деталь. При цьому накладка 2 стискає пружину 29 і деталь впирається торцем на три опори 37. Після обробки шток піднімається вгору і деталь розтискається. Для закріплення деталі на операції 020 плита 26 з опорами 16 знімається, а на пальці 18 встановлюється накладка 2 з пальцями 17, а на колодку 10, за допомогою Т-подібного паза, встановлюється сухар 32, до якого за допомогою осі 38 6-6×40.453.45, кріпиться притискач 25. Цей притискач розміщений на осі 38, забезпечуючи рівномірне розподілення навантаження при затиску. Деталь встановлюється отворами Ø8,5Н9 на пальці 19 і впирається на вертикальну площину накладки 2. Шток 33 опускається вниз і через важіль 3 передає зусилля на колодку 10 та притискач 25, затискаючи деталь. Після обробки шток піднімається вгору і розтискає деталь.

Визначаємо необхідну силу затиску для оброблюваної заготовки:

$$P_3 = P_z \cdot K_{зат} = 918 \cdot 1,8 = 1652,4 \text{ Н} \quad .$$

Визначаємо необхідне зусилля на штоку пневмоциліндра:

$$Q = P_3 \frac{l}{l_1},$$

де l, l_1 - плечі важеля.

$$Q = 16524 \cdot \frac{170}{150} = 1872,72H .$$

Визначаємо розрахунковий діаметр пневмоциліндра

$$D_{ц} = \sqrt{Q / 0,785 \cdot p \cdot \eta} ,$$

де η - коефіцієнт , що враховує втрати в шарнірах $\eta = 0,9$;

$$D_{ц} = \sqrt{1872,72 / 0,785 \cdot 0,43 \cdot 0,9} = 78,51\text{мм} .$$

Приймаємо стандартний діаметр пневмоциліндра $D_{ц} = 80\text{мм}$.

Визначаємо дійсну силу затиску пневмоциліндра:

$$Q = 0,785 D_{ц}^2 \cdot p \cdot \eta = 0,785 \cdot 80^2 \cdot 0,43 \cdot 0,9 = 1944,3H .$$

3.7.2 Кондуктор для свердління чотирьох отворів Ø8,5 мм

Кондуктор призначений для одночасного свердління чотирьох отворів в деталі на вертикально-свердлильному верстаті 2Н125.

Основою кондуктора є корпус 5, в склад якого входить дві порожнисті колони, що служать направляючими для колонок 13. До колонок 13 кріпиться кондукторна плита 17 з чотирма кондукторними втулками 32 Ø8,2 F7.

По центру кондукторної плити чотирма гвинтами 37 прикріплено зрізаний палець 15. З боку до плити двома гвинтами 36 прикріплено планку 16, крізь яку по різьбі проходить гвинт 41, що служить упором. Затиск деталі знизу здійснюється за допомогою пневмоциліндра 2, шток якого за допомогою тяги, що приводить в дію клин 11. Клин рухається по втулці 9, піднімаючи і опускаючи шток 23. Для зменшення тертя між штоком 23 і клином 11 на штифті 49 знаходиться обертовий ролик 44. Шток 23 рухається по втулці 8. Для компенсації нерівності деталі передбачено гойдалку 10. Для встановлення і зняття деталі передбачено кронштейн 14 з ручкою 6, які дозволяють ставити деталь до затиску. Сила затиску пневмоциліндра 2 регулюється гвинтом 29

M12- 6g×70 з пружиною 43. Висота розміщення кронштейна 14 регулюється двома гвинтами 27 M8- 6g×55 з пружинами 42.

Затиск деталі збоку здійснюється пневмоциліндром 1, шток якого рухає валик 7. До валика двома гвинтами 35 M8-6g×16 прикручено притискач 18 вилчастої форми для затиску деталі. Для затиску і розтиску деталі передбачено пневморозподільувач 4.

Для закріплення деталей встановлюється на кронштейн 14. Свердлильна головка рухаючись по колонах 13 вниз, стискає пружини і опускає кондукторну плиту 17, причому палець 15 входить в отвір деталі.

Пневмоциліндр 2 штовхаючи тягу 19 і клин 11 піднімає шток 23 і гойдалку 10 притискає деталь до кондукторної плити 17. Пневмоциліндр 1 штовхає валик 7 і притискачем 18 затискає деталь з боку. Для розтиску деталі повертаємо ручку пневморозподільувача в іншу позицію після виведення свердла з кондукторних втулок. Після розтиску пневмоциліндрами піднімаємо свердлильну головку, яка в свою чергу піднімає по колонках 13 кондукторну плиту 17.

Визначаємо діаметр пневмоциліндра , що затискає деталь знизу.

Визначаємо необхідну силу затиску.

$$P_3 = P_0 \cdot K_{3AT.} = 5652 \cdot 1,98 = 11191 H .$$

$$K_{3AT.} = 1,5 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,98 .$$

Визначаємо необхідне зусилля затиску:

$$Q = P_3 \frac{tg(\alpha + \varphi'_{1np}) + tg\varphi'_2}{1 - tg(\alpha + \varphi'_{1np}) \cdot tg \cdot \varphi'_3} ,$$

$$\text{де: } \varphi'_{1np} = \arctg \cdot f \cdot \frac{d}{D} = \arctg 0,15 \frac{16}{36} = 0,07 .$$

$$Q = 11191 \frac{tg(25 + 0,07) + 0,2}{1 - tg(25 + 0,07) + 0,15} = 1848,3 H .$$

Визначаємо необхідну силу затиску пневмоциліндра:

$$P_3 = P_Z \cdot K_{3AT.} = 481,2 \cdot 1,98 = 953 H$$

Необхідне зусилля затиску на штоку пневмоциліндра $Q = P_3$;

Визначаємо розрахунковий діаметр пневмоциліндра:

$$D_{ц} = \sqrt{953,1 / 0,785 \cdot 0,43 \cdot 0,9} = 56 \text{ мм}$$

Приймаємо стандартний діаметр пневмоциліндра $D_{ц} = 60 \text{ мм}$.

Визначаємо дійсну силу затиску пневмоциліндра

$$Q = 0,785 D_{ц}^2 \cdot p \cdot \eta = 0,785 \cdot 60^2 \cdot 0,43 \cdot 0,9 = 1093,7 \text{ Н}$$

3.7.3 Приспосіблення для підрізки торця і зняття фаски

Дане приспособлення призначене для токарної обробки деталі на токарно-револьверному верстаті 1П365.

Основою приспособлення є планшайба, що кріпиться до шпинделя верстату шістьма гвинтами 19 М10×16 ГОСТ 11738-72 прикріплено центровик і цангу встановлено втулку 2, що розтискає пелюстки цанги при затиску. Для розтиску цанги 10 передбачає кільце 5, що штовхає втулку 2 вперед.

Для надання деталі визначеного розміщення в просторі і балансування пристрою передбачено кронштейн 1 і противаги 8 на болті 14 М10×80 ГОСТ 779870. На кронштейн кріпиться дві пластини 22 по ГОСТ 4743 - 68, що базують деталь по торцю. А противагами 8 приспособлення відбалансовується.

Щоб закріпити деталь, встановлюємо її торцем 112 мм на пластини 22, а отворами Ø72 і Ø80 на цангу 10 та кільце 5. Торцем, що протилежний оброблювані поверхні, деталь впирається в торець центровика 11. Для затиску тягу 9, що з'єднана зі штоком пневмоциліндра, переміщується вліво. Тяга переміщує втулку 2, що конічною поверхнею розтискає пелюстки цанги 10, яка затискає деталь. Для розтиску тягу переміщують вправо, кільце 4 штовхає втулку 2, яка входить з цанги 10. Пелюстки цанги сходяться і деталь розтискається.

Для захисту робітника від стружки у пристосовуванні передбачено кожух 6, який закриває зону обробки.

Визначаємо необхідну силу затиску пневмоциліндра:

$$P_3 = P_z \cdot K_{3AT} = 2459 \cdot 1,8 = 4426,2H.$$

$$K_{3AT} = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,8.$$

Визначаємо необхідне зусилля на штоку пневмоциліндра:

$$Q = (P_3 + P_{\text{ц}})[tg(\alpha + \varphi) + tg\varphi_1],$$

де: $P_{\text{ц}}$ - сила, що стискає пелюстки цанги до їх дотикання з поверхнею заготовки;

α - кут цанги.

$$Q = (4426,2 + 50)[tg(25 + 1,5)] = 23381H$$

Визначаємо діаметр пневмоциліндра першої позиції

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{Q / 0,785 \cdot p \cdot \eta} = \sqrt{23381 / 0,785 \cdot 0,43 \cdot 0,9} = 72,7\text{мм}$$

Приймаємо стандартний діаметр пневмоциліндра $D_{\text{ц}} = 75\text{мм}$.

Визначаємо дійсну силу затиску пневмоциліндра:

$$Q = 0,785 D_{\text{ц}}^2 \cdot p \cdot \eta = 0,785 \cdot 75^2 \cdot 0,43 \cdot 0,9 = 23844,4H$$

3.7.4 Пристосовування токарне

Пристосовування призначене для токарної обробки деталі на токарно-револьверному верстаті моделі 1П365.

Основою пристосовування є корпус 1 до якого прикріплено стійку 2. На стійці трьома гвинтами 26 М6×20 ГОСТ 1491-72 фіксується центровик 15. Також на стійці кріпиться на штифті 41 упор 14, що відводиться від деталі пружиною 32. Для притискання і призначення величини розміщення упора служить гвинт 30, який кріпиться в кронштейні 9. Затиск деталі здійснюється пневмоциліндром, шток якого з'єднано з тягою 13. Тяга переміщує центровик

16, який рухається по втулці 4 і приводить в дію важіль 3. Важіль передає зусилля кулачку 10, що рухається по пазах корпусу 8 вверх-вниз і затискає деталь. Для забезпечення рівномірного затиску передбачено гойдалку 6, що безпосередньо контактує з деталлю.

Корпус 1 пристосіблення кріпиться до шпинделя верстату шістьма гвинтами М16×35 ГОСТ11738-72. Для балансування пристосіблення служать противаги 11, 12.

Для закріплення деталей встановлюють на центровик 15, впираючи в упор 14. Пневмоциліндром тяга 13 переміщується вліво і тягне центровик 16. Центровик повертає важіль 3, що опускає кулачок 10 і затискає деталь. Для розтиску тяга 13 переміщується вправо. Для захисту робітника від стружки передбачено кожух 7.

Необхідна сила затиску:

$$P_3 = P_z \cdot K_{зат.} = 2977 \cdot 2,7 = 8038 \text{ Н} .$$

$$K_{зат.} = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 2,7 .$$

Визначаємо необхідне зусилля на штоку пневмоциліндра:

$$Q = P_3 \frac{D_{об}}{f_{т.п.} \cdot D_{п.к.}} = 8038 \cdot \frac{100}{0,8 \cdot 52} = 19322 \text{ Н} .$$

Визначаємо розрахунковий діаметр пневмоциліндра:

$$D_{ц} = \sqrt{Q / 0,785 \cdot p \cdot \eta} = \sqrt{19322 / 0,785 \cdot 0,43 \cdot 0,9} = 252,2 \text{ мм} .$$

Приймаємо стандартний діаметр пневмоциліндра $D_{ц} = 300 \text{ мм}$. Робимо висновок, щодо доцільного використання гідроциліндра:

$$D_{ц} = \sqrt{19322 / 0,785 \cdot 6 \cdot 0,9} = 67,5 \text{ мм} .$$

Приймаємо діаметр гідро циліндра $D_{ц} = 70 \text{ мм}$.

Визначаємо дійсну силу затиску пневмоциліндра:

$$Q = 0,785 D_{ц}^2 \cdot p \cdot \eta = 0,785 \cdot 70^2 \cdot 6 \cdot 0,9 = 20771,1 \text{ Н} .$$

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Розрахунок систем стружко- і пиловидалення із зони різання верстата

В процесі механічної обробки деталей виділяється значна кількість стружки, яка призводить до нагрівання зони обробки, утруднює процес різання. Збільшення об'єму стружки може привести до поломки інструменту, потрапляння її в зону знаходження обслуговуючого персоналу, і як наслідок, може спричинити нещасні випадки на виробництві.

Для відводу стружки із зони обробки використовуються багато методів: змивання за допомогою ЗОР, механічне видалення стружки спеціальними пристроями та інші. Одним із таких методів є видалення стружки витягуванням за допомогою насосів та системи повітропроводів.

Так необхідна продуктивність витягування знаходиться за формулою [19]

$$L = F \cdot V \cdot 3600, \quad (4.1)$$

де F – площа січення повітропроводу, м^2 ;

V – швидкість витягування повітря, м/с .

Площа січення повітропроводу

$$F = \frac{500}{15 \cdot 3600} = 0,009 \text{ м}^2.$$

Приймаємо стандартний діаметр повітропроводу $d = 35 \text{ мм}$.

При абразивній обробці деталі виділяється велика кількість абразивно-металевого пилу, який потрібно видаляти з робочої зони. Для цього необхідно встановлювати місцеву витяжну вентиляцію.

Кількість повітря, яку необхідно видалити від шліфувального круга визначається за формулою [19]

$$Q = kD_{kp}, \quad (4.2)$$

де D_{kp} – діаметр шліфкруга, прийmemo $D_{kp} = 305$ мм;

k – розмірний коефіцієнт, що залежить від діаметру шліфкруга, $k = 1,8$ м³/с.

$$Q = 1,8 \cdot 0,305 = 0,549 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Швидкість повітряного потоку у відповідному патрубку приймаємо по направленню пилового потоку безпосередньо в отвір $V_{eid} = 8,75$ м/с.

Площа поперечного січення повітровідводу рівна [19]

$$F = \frac{Q}{V_{eid}}. \quad (4.3)$$

$$F = \frac{0,549}{8,75} = 0,063 \text{ м}^2.$$

Діаметр патрубка рівний

$$D_{II} = \sqrt{\frac{4F}{\pi}}. \quad (4.4)$$

$$D_{II} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,063}{3,14}} = 0,28 \text{ м}.$$

Приймаємо стандартний діаметр патрубка [12] $D = 285$ мм.

4.2 Техніка безпеки при експлуатації установок високих, надвисоких і ультрависоких частот

Спектр сонячного випромінювання досягає і більш короткохвильової області, яка включає в себе інфрачервоне, видиме, ультрафіолетове рентгенівське та гамма-випромінювання. Інтенсивність випромінювання змінюється періодично, а також швидко та різко збільшується при хромосферних спалахах. Антропогенні (штучні) випромінювання охоплюють усі вище вказані діапазони.

Під впливом електромагнітних випромінювань в працюючих спостерігаються загальна слабкість, підвищена втома, пітливість, сонливість, а також розлад сну, головний біль, біль в ділянці серця. З'являється

роздратування, втрата уваги, зростає тривалість мовнорухової та зоровомоторної реакцій. Виникає ряд симптомів, які є свідченням порушення роботи окремих органів – шлунку, печінки, підшлункової та інших залоз.

Джерелами електротехнічних випромінювань на виробництві є електрогенератори, антенні пристрої в радіотехнічних установках, електромагніти в установках для термічної обробки матеріалів, конденсатори, високочастотні трансформатори. При їх роботі в навколишнє середовище поширюються електромагнітні поля, інтенсивність яких залежить від потужності обладнання.

Встановлені правилами гранично допустимі рівні електромагнітних полів поширюються на діапазон частот 30 кГц÷300 ГГц. Гранично допустимі рівні електромагнітних полів наведені в таблиці 4.1 [20].

Таблиця 4.1 – Гранично допустимі рівні електромагнітних полів

№ діапазону	Метричний розподіл діапазонів	Частоти	Довжина хвиль	Гранично допустимий рівень
5	Кілометрові хвилі (низькі частоти, НЧ)	30-300 кГц	10-1 км	25 В/м
6	Гекаметрові хвилі (середні частоти, СЧ)	0,3-3 МГц	1-0,1 км	15 В/м
7	Декаметрові хвилі (високі частоти, ВЧ)	3-30 МГц	100-10 м	$3\lg\lambda$ В/м*
8	Метрові хвилі (дуже високі частоти ДВЧ)	3-300 МГц	10-1 м	3 В/м

Електромагнітне поле високих і надвисоких частот може самостійно поширюватись в просторі без провідника електроструму зі швидкістю, близькою до швидкості світла. Воно змінюється з цією ж частотою, що і струм, який його створює.

Коли дози електромагнітних випромінювань перевищують допустимі значення виникають професійні захворювання. Контроль інтенсивності

опромінення повинен проводитись не рідше одного разу на рік, а також при введені в дію нових чи реконструйованих старих генераторних установок і при зміні умов праці.

Для зменшення впливу електромагнітних полів на персонал та населення, яке знаходиться в зоні джерел випромінювання, потрібно вжити ряд заходів, до числа яких входять організаційні, інженерно-технічні та лікарсько-профілактичні.

Виключно важливе значення мають інженерно-технічні методи та способи захисту. Колективний захист спирається на розрахунок поширення електромагнітного поля в конкретних умовах рельєфу місцевості, використання природних екранів, наприклад лісосмуг, гір, рельєфу місцевості. Локальний захист є більш ефективний і тому досить часто використовується. Для екранування шляхом віддзеркалення використовують металеві листи та сітки з доброю провідністю. Захист приміщень від зовнішніх випромінювань можна здійснити завдяки обклеюванню стін металізованими шпалерами, захисту вікон сітками, металізованими шторами. Опромінення у такому приміщенні зводиться до мінімуму, але відбите від екранів випромінювання розповсюджується у просторі та може впливати на інші об'єкти.

До інженерно-технічних засобів зниження впливу випромінювання можна віднести:

- конструктивну можливість працювати на заниженій потужності у процесі регулювання та профілактики обладнання;
- робота на еквівалент налагоджування обладнання;
- дистанційне керування обладнанням.

Для обслуговуючого персоналу, що знаходиться на невеликій відстані необхідно забезпечити надійний захист шляхом екранування випромінюючої апаратури.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено перспективний спосіб підвищення якості поверхневого шару робочих органів гвинтових дозаторів методом поверхнево-пластичного деформування для забезпечення рівномірності розподілу мікротвердості і глибини зміцненого шару.

2. Узагальнено технологічні характеристики способів підвищення якості поверхневого шару складнопрофільних заготовок.

3. Виявлено, що застосування програмного керування дозволяє підвищити середню глибину зміцненого шару на 58%, середнє значення мікротвердості поверхні на 10% при ідентичних режимах обробки із ручним обкатуванням.

4. Досліджено, що за рахунок програмного управління вдається підвищити рівномірність розподілу глибини зміцненого шару вздовж заготовки, що має форму циклоїдних гвинтових поверхонь, більш ніж у 5 разів.

5. Проаналізовано наявні профілографи поверхонь гвинтових дозаторів з констатацією зміни шорсткості з $Ra\ 1,09$ мкм. до $Ra\ 0,6$ мкм. та підвищення середньої мікротвердості на 14...22% від вихідного значення.

6. Розроблено технологічний процес виготовлення корпусу РКС6-03.118 з представленням необхідного пакету розрахунків, нормування і проєктування.

7. Представлено удосконалені та розроблені конструкції технологічної оснастки, яка призначена для реалізації виробництва.

8. Розроблена необхідна документація для впровадження розробленого технологічного процесу виготовлення корпусу РКС6-03.118 у виробництво.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кіт С.І., Сенчишин Віт.С. Забезпечення якості поверхні гвинтових дозаторів : Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей XIII міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених та студентів. Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2024. С.182.
2. CATALOG EXCERPTS // «Vpreeflow by ViscoTec Pumpen- u. Dosiertechnik GmbH» [сайт]. [2020]. URL: <https://pdf.directindustry.com/pdf/preeflow-viscotec-pumpen-u-dosiertechnik-gmbh/preeflow-microdispensing/21091-847241.html> (дата звернення: 17.10.2024);
3. Company Details // «Netzsch Pumps & Systems» [сайт]. [2018]. URL: https://www.foodprocessing-technology.com/contractors_pumps/netzsch-pumps-and-systems (дата звернення: 19.10.2024);
4. Heishin Ltd. // «Heishin mohno pump» [сайт]. [2016]. URL: <https://www.mohno-pump.co.jp/en/about> (дата звернення: 19.10.2024);
5. About-us // «Nordson» [сайт]. [2015]. URL: <https://www.nordson.com/en/about-us> (дата звернення: 19.10.2024);
6. Enriquez-Mendez [and other]. Progressive cavities pump: a case of study // Gasmexico/2015. P. 1-17.
7. Vpreeflow by ViscoTec [сайт]. [2015] URL: <https://www.preeflow.com/en/downloads/> (дата звернення: 19.10.2024);
8. Афтаназів І.С. Підвищення надійності деталей машин поверхневим пластичним деформуванням: Навчальний посібник для студентів спеціальностей 7.090202 «Технологія машинобудування», 7.090203 «Металорізальні верстати та системи» / І.С. Афтаназів, А.П. Гавриш, П.О. Китичок і ін. – Житомир: ЖІТІ, 2001 – 516 с.
9. Plastic Deformation Behavior of Metal Materials: A Review of Constitutive Models. / Xiangdong J., Kunming H., Zhan L., Zhenyu F. Metals. 2022, 12(12), 2077. <https://doi.org/10.3390/met12122077>.

10. Методи поверхневого зміцнення у процесі виготовлення деталей машин : навч. посіб. / Фесенко А. Г. та ін. Дніпропетровськ : РВВ ДНУ, 2015. 104 с.

11. Зміцнення деталей за допомогою поверхнево-пластичної деформації. / Паніна В. В., Дідур В. В., Сірий І. С., Чорна Т. С. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного. 2020. Вип. 10. Т. 2. С. 148-155.

12. Пат. 107250 С2 Україна, МПК С23С 8/22, С23С 8/46, С23С 8/66, С23С 8/00. Спосіб зміцнення поверхні сталевих деталей / Бурда М. Й., Бурда Ю. М. ; заявник і патентовласник Івано-Франків. нац. техн. ун-т нафти і газу. - № а 2013 02675 ; заявлено 04.03.13 ; опубл. 10.09.13, Бюл. № 17. – 6 с.

13. Технологічні методи забезпечення параметрів якості поверхонь тіл обертання та їх профілометричний контроль / В.О. Дзюра, П.О. Марущак. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. – 170 с.

14. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.

15. Паливода Ю. Є., Дячун А. Є., Лещук Р. Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки : навчальний посібник. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.

16. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Проектування машинобудівних виробництв» зі спеціальності 131 Прикладна механіка для підготовки освітнього рівня «магістр» / Укладачі : Комар Р.В., Окіпний І.Б., Сенчишин В.С. Тернопіль : 2022. 42 с.

17. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань : навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ, 2001. 277 с.

18. Пістун І. П. Охорона праці в галузі машинобудування : навч. посіб. Суми : Университетская книга, 2011. 557 с.

19. Стищенко Т. Є., Пронюк Г. В., Сердюк Н. М. та ін. Безпека життєдіяльності : навч. посіб. Харків : ХНУРЕ, 2018. 336 с.