

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра агроінженерії та автомобільного транспорту

Пояснювальна записка
до дипломної роботи на здобуття ступеня вищої освіти
« магістр »
бакалавр, магістр

на тему: «Дослідження технологічних процесів вібраційної обробки на ремонтних підприємствах»

Виконав: здобувач вищої освіти за освітньо-
професійною програмою

Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
назва ОПП

спеціальності 208 Агроінженерія
код та найменування спеціальності

ступеня вищої освіти «магістр» групи ____
Олексієнко І. Ю.

Прізвище та ініціали здобувача вищої освіти

Керівник: Канівець О. В.
Прізвище та ініціали керівника

Рецензент: Дудник В. В.
Прізвище та ініціали рецензента

Полтава – 2022 року

ВСТУП

У нових умовах господарювання необхідно збільшувати темпи технічного переозброєння різних галузей народного господарства. У зв'язку з цим важливе значення має підвищення якості та надійності машин, що випускаються, рівня їхнього технічного обслуговування та ремонту, включно з організацією та проектуванням ремонтно-обслуговуючого виробництва. Однак зі зростанням балансової вартості техніки суттєво збільшуються і затрати на її ремонт. Тому виникає завдання зниження цих затрат за рахунок:

1. Підвищення якості та надійності виготовлення і капітального ремонту машин;
2. Запобігання зносам і відмовам машин на основі використання методів діагностування і технічного обслуговування безпосередньо на місцях експлуатації машин;
3. Збільшення продуктивності праці та ресурсозбереження під час технічного обслуговування і ремонту машин на всіх рівнях ремонтно-обслуговуючого виробництва.

Найбільш важливий фактор зниження затрат – висока якість капітального ремонту машин.

У господарствах після капітального ремонту експлуатують понад 50% тракторів і 75% двигунів, що зумовлює (за низького моторесурсу) потребу в ремонтно-обслуговуючому виробництві. У випадку підвищення якості ремонту потреба в ньому зменшуватиметься і витрати у сфері використання та поточного ремонту машин скорочуватимуться.

Підвищення якості ремонтних робіт можна досягти, з одного боку, завдяки модернізації застарілого ремонтно-технологічного обладнання та вдосконалення технологій ремонту на великих підприємствах, а з іншого – завдяки збільшенню рівня концентрації ремонту багатомарочних агрегатів і машин, які мають близькі за характером дефекти та конструктивно-технологічні властивості (використання принципів вузлової й технологічної спеціалізації), і поглиблення професійної спеціалізації.

Підвищення вимог до якості виробів призвело до різкого зростання обсягу очисних, мийних, шліфувально-полірувальних і зміцнювальних операцій, який становить 10...20% [2] загальної трудомісткості ремонту деталей. Рішення задачі з ефективною механізацією та автоматизацією цих операцій сприяє розробка і впровадження нових високопродуктивних методів, зокрема вібраційного. Це вимагає подальшого всебічного дослідження процесу вібраційної обробки для вирішення цілої низки проблем конструювання обладнання та оснастки, створення або підбору ефективних і малодефіцитних робочих середовищ, розробки і дослідження нових різновидів вібраційного методу [9].

Мета роботи: дослідження технологічних можливостей і пошук нових сфер використання вібрації в умовах ремонтного виробництва.

Об'єктом дослідження є процес вібраційної обробки поверхонь деталей в умовах ремонтного виробництва.

Предметом дослідження є технологічні параметри вібраційної обробки поверхонь деталей в умовах ремонтного виробництва.

Для досягнення мети роботи необхідно вирішити наступні задачі:

- дослідити технологічні можливості вібраційної обробки в умовах ремонтних виробництв;
- теоретично дослідити основні параметри вібраційної обробки: продуктивність обробки та якість обробленої поверхні;
- експериментально дослідити процеси вібраційної очистки різних видів забруднень: смолистих відкладень, окалини, нагару, накипу, іржі, старої фарби;

Практична значимість:

1. Виявлено особливості взаємодії поверхні деталі з частинками робочого середовища під час вібраційної обробки.
2. Розроблено рекомендацій з використання вібраційної обробки в умовах ремонтного виробництва.

Методи дослідження. Завдання вирішувалися за допомогою теоретичних та експериментальних методів. Методичною та теоретичною основою роботи стали наукові праці з техніки, технології вібраційної обробки, технології машинобудування та фізики твердого тіла. Вимірювання параметрів вібраційної обробки, проведення вібраційної очистки, вибору конструктивних елементів технологічної рідини проводилися відповідно до наведених у роботі методик. Для обробки та аналізу експериментальних даних застосовували комп'ютерні програми.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПРОБЛЕМИ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Зміст і технологічні можливості вібраційної обробки

Вібраційна обробка (ViO), залежно від використаного робочого середовища, є механічним або механо-хімічним процесом знімання найдрібніших частинок металу і його оксидів з оброблюваної поверхні, а також згладжування мікронерівностей шляхом їхнього пластичного деформування частинками робочого середовища, що здійснюють у процесі роботи коливальний рух.

Процес супроводжується послідовним нанесенням на поверхню оброблюваних деталей великої кількості мікроударів частинками робочого середовища під час їхнього взаємного зіткнення і ковзання. Удари зумовлені дією спрямованих вібрацій, які передаються в робочій камері, в якій розміщені оброблювані деталі та робоче середовище (рисунок 1.1). Оброблювані деталі завантажуються в робочу камеру, заповнену робочим середовищем з необхідними характеристиками. Робоча камера, що встановлена на пружинних опорах, може коливатися в різних напрямках. Коливання робочій камері передаються від інерційного вібратора з частотою до 50 Гц і амплітудою від 0,5 до 5,0 мм. У процесі обробки, деталі і частинки робочого середовища переміщуються один відносно одного, тобто, здійснюють два види рухів: коливання і повільне обертання всієї маси. Від стінок робочої камери коливання передаються прилеглими шарами. У процесі обробки, деталі займають різні положення в робочому середовищі, що забезпечує досить рівномірну обробку всіх поверхонь. Велика кількість мікроударів, які діють на оброблювану деталь одночасно в різних напрямках, сприяє певною мірою утриманню її у підвішеному стані, виключаючи, таким чином, грубі забоїни і пошкодження. Унаслідок циркуляції, обробка відбувається у всіх

зонах робочої камери, найефективніше – біля дна камери, де тиск робочого середовища найвищий.

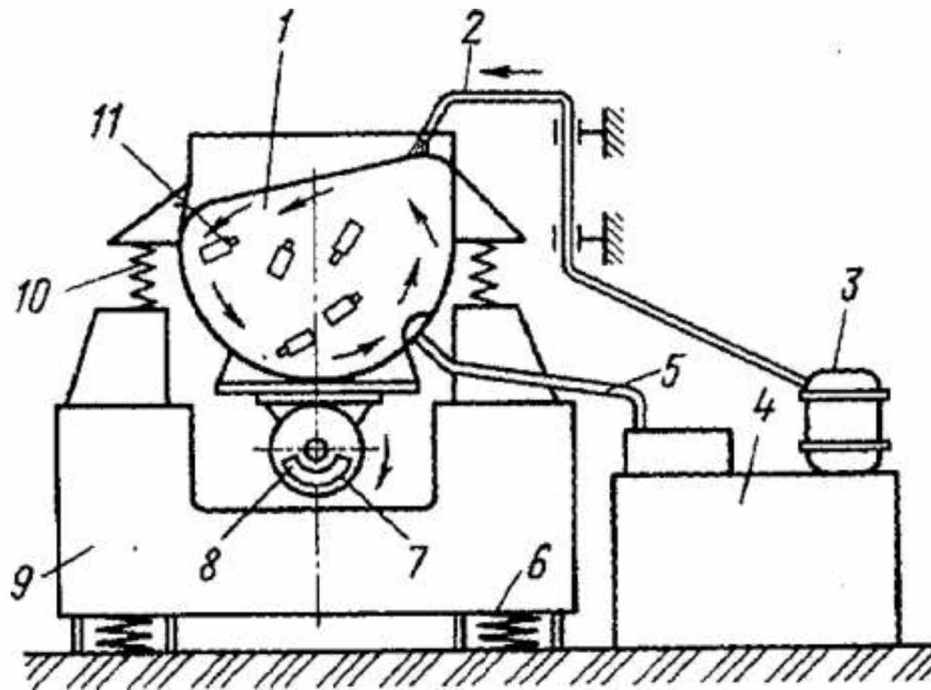


Рисунок 1.1 – Установка для вібраційної обробки: 1 – робоча камера; 2 – трубопровід для ТР; 3 – насос; 4 – бак-відстійник; 5 – трубопровід для зливу; 6 – амортизатор; 7 – вібратор; 8 – дебаланс; 9 – основа; 10 – пружина; 11 – загівка

Більшість операцій вібраційної обробки проводиться з безперервною або періодичною подачею технологічної рідини (ТР). ТР забезпечує видалення продуктів зносу (частинок металу й абразиву) з поверхні та частинок робочого середовища, змочує деталі, допомагає їх розділенню та рівномірному розподілу в робочій камері. Інтенсивність обробки можна регулювати зміною рівня рідини в камері. До складу рідин можуть вводитися хімічні речовини з різними властивостями, що також дає змогу регулювати інтенсивність процесу і якість обробки. Рідини сприяють охолодженню оброблюваних деталей.

Інтенсивність вібраційної обробки залежить від режиму і тривалості обробки; характеристики і розмірів частинок робочого середовища; об'єму робочої камери і ступеня її заповнення; механічних властивостей матеріалу

деталей, що обробляються, та ін. Найбільш вагомими факторами є сили ударів (мікроударів) і зернистість робочого середовища. Основними параметрами процесу є: характер і режими коливань робочої камери і частинок робочого середовища, а також їх швидкості та прискорення, сили мікроударів, контактні тиски і температури, що виникають у зоні дії мікроударів. Середня температура в робочій камері. У процесі обробки робоча камера здійснює гармонійні або близькі до них коливання, а її точки рухаються траєкторіями у вигляді кола або еліпса. Частинки робочого середовища протягом кожного періоду коливань на деякій його ділянці рухаються разом із робочою камерою, і в цей період траєкторії та швидкості збігаються або близькі, потім відбувається відрив частинок середовища від стінок робочої камери внаслідок неоднакових величин і напрямку швидкостей і прискорень. Після відриву частинки здійснюють вільний рух. На цій ділянці періоду коливань траєкторія руху частинок є складною.

Процес вібраційної обробки супроводжується комплексним впливом на оброблювані деталі ряду чинників: безлічі мікроударів частинок робочого середовища, що забезпечують пластичну деформацію і знімання металу або його оксидів з оброблюваної поверхні, змінних прискорень, які забезпечують високу рухомість та ударний характер впливу частинок робочого середовища і оброблюваних деталей, хімічно та поверхнево активних речовин, які входять до складу ТР.

Поєднання таких елементів процесу, як послідовне нанесення безлічі мікроударів, інтенсивне перемішування робочого середовища й оброблюваних деталей при різній їхній взаємній орієнтації, залежно від характеристики та складу робочого середовища і режимів обробки створює умови для виконання очисних, додаткових, шліфувально-полірувальних і зміцнювальних операцій (очищення литих заготовок із металів і пластмас, очищення деталей від окалини та корозії, видалення задирок, заокруглення гострих країв, шліфування та полірування поверхонь, поверхонь і полірування поверхонь, а також для обробки деталей).

Обробці підлягають деталі із різних матеріалів, як простої, так і складної конфігурації, розмір яких становить від кількох міліметрів до кількох метрів, деталі малої жорсткості, деталі, що мають внутрішні порожнини та ін.

Конструкторське виконання приладів для вібраційної обробки дає змогу використовувати різні поєднання твердих, рідких і змішаних робочих середовищ. Це створює умови для перебігу як процесів механічної обробки у вигляді мікротравлення та пластичного деформування, так і фізико-хімічних процесів та їхнього поєднання шляхом введення розчинів електролітів. Вібраційна обробка відбувається в умовах відносно високої активності оброблюваної поверхні внаслідок її очищення від оксидів і забруднень та застосування відповідних ТР.

Усе сказане вище дає підстави для виявлення можливості поєднання процесів вібраційної обробки і створення на поверхні оброблюваних деталей різного роду покриття шляхом впровадження в робоче середовище відповідних речовин (наприклад, дисульфід молібдену, мідь, алюміній і т. ін.).

Деякі конструктивні зміни верстатів для вібраційної обробки дають змогу обробляти довгомірні деталі, а також обробляти деталі великих розмірів і маси.

Розроблено верстати безперервної дії, що дають змогу обробляти потік деталей з їх поштучним завантаженням у робочу камеру і безперервною видачею після обробки. Розроблено та впроваджено у виробництво нові різновиди процесу, як-от шпиндельне віброобробка (обробка шестерень, тіл обертання тощо). Віброабразивна електрохімічна обробка (обробка деталей з важкооброблюваних матеріалів, магнітно-віброабразивна обробка та ін.).

Аналізуючи сказане вище, можна припустити, що значні технологічні можливості процесу вібраційної обробки і широке розповсюдження в різних галузях промисловості роблять актуальною задачу автоматизації проєктування технологічних процесів віброабразивної обробки.

Нещодавно вібраційну обробку розглядали як метод фінішних операцій, які використовують в умовах виготовлення нових деталей і виробів з метою

скорочення їхньої трудомісткості та підвищення експлуатаційних властивостей. Однак проведені дослідження показали, що такі обмеження не обґрунтовані, і вібраційна обробка деталей може отримати використання в ремонтному виробництві.

Вібраційна обробка дає змогу виконувати широке коло операцій:

- очисні – видалення з поверхні деталей слідів корозії та іржі, забруднень у вигляді нагару, накипу, мастила з одночасним миттям, окалини після термообробки, формувальних матеріалів, щільно налиплого ґрунту (деталі бурових інструментів);

- додаткові – видалення задирок, заокруглення та полірування гострих кромek після механічної обробки, видалення облою на виливках із кольорових металів і сплавів, деталях із пластмаси та гуми (з охолодженням до низьких температур);

- шліфувальні й полірувальні – зменшення шорсткості поверхні, підготовка поверхонь під покриття (гальванічні, лакофарбові тощо), полірування шліфованих деталей, до високих класів шорсткості поверхні, створення на поверхні певного мікрорельєфу, що сприяє затриманню мастила в мікрозаглибленнях;

- зміцнювальні – завдяки збільшенню мікротвердості, утворенню в поверхневих шарах сприятливих стискаючих залишкових напруг; поєднані процеси – нанесення покриттів на поверхні деталей, що труться, твердих мастил, типу дисульфиду молібдену, з одночасним зміцненням поверхневого шару, фосфатування і міднення.

Вібраційна обробка забезпечує зменшення шорсткості поверхні на 1-4 класи; підвищує мікротвердість поверхневого шару на 30-60%, глибина наклепу досягає 0,1+0,8 мм, величина стискальних залишкових напруг досягає 400-800 МПа, причому їх максимум, що особливо важливо, розміщений на поверхні деталі, зменшує або повністю усуває шкідливий вплив концентратів напруг.

Як показали дослідження на спеціальних зразках і деталях в умовах експлуатації, унаслідок оздоблювально-зміцнювальної обробки довговічність деталей і вузлів підвищується з поліпшенням їхніх найважливіших експлуатаційних властивостей: зносостійкість сталевих, бронзових і титанових деталей підвищується в 1,5-3 рази, межа витривалості – в 1,5-4 рази; стійкість до корозії – на 8-16%, зносостійкість деталей, покритих плівкою дисульфиду молібдену, збільшується в десятки разів та ін.

У роботах [9,10,11,15,16] наведено досвід використання ВіО на очисних, допоміжних, оздоблювально-зміцнювальних та ін. операціях. Обробили велику кількість деталей: пружини, клапани, поршневі пальці та деякі інші деталі дизельних двигунів, лопатки компресорів і турбін двигунів, деталі гідравлічних систем і паливної апаратури. Впровадження процесу на підприємствах різних галузей промисловості та проявлена висока зацікавленість демонструють високу ефективність і доцільність його використання.

1.2 Аналіз видів і стану ремонтних робіт

Для підтримки або відновлення вихідних характеристик виробу, забезпечення його життєдіяльності на різних стадіях експлуатації використовують ремонт. Номенклатура відремонтованих виробів досить широка і різноманітна – вироби промислового призначення, транспортні засоби (автотранспорт, авіація, судна, рухомий склад залізниць тощо); вироби побутового призначення, медична техніка та інструменти, і багато іншого. Зазначаючи різноманіття виробів, що піддаються ремонту, варто відзначити і спільні для них елементи організаційного та технічного характеру. Так, наприклад, існує послідовність етапів ремонту (атестація виробу, розбирання, відновлення та ремонт для підтримання робочого стану окремих елементів і виробу цілому; складання, контроль, випробування, здача замовнику). Відповідно в технології ремонту також можна відзначити загальні для різних

виробів етапи. До їх числа відносяться очисні та мийні операції, що забезпечують видалення як експлуатаційних, так і технологічних забруднень різного характеру (масляні та емульсійні забруднення, окалина і нагароподібні нашарування, накип та ін.).

Відповідно до призначення, характеру та обсягу виконання робіт, ремонт підрозділяють на поточний і капітальний.

Поточний ремонт виконується для забезпечення працездатного стану рухомого складу з відновленням або заміною окремих його агрегатів, вузлів і деталей (окрім базових), що досягли граничного стану. Поточний ремонт повинен забезпечити безвідмовну роботу відремонтованих агрегатів, вузлів і деталей на пробігу не меншому, ніж до чергового другого технічного обслуговування (ТО-2). Потреба в ПР виявляється в процесі експлуатації конкретного автомобіля або під час ТО і в процесі експлуатації конкретного автомобіля або під час ТО і планового діагностування.

Капітальний ремонт (КР) призначений для відновлення справності та близького до повного (не менше 80%) ресурсу рухомого складу, агрегатів і вузлів. У більшості ремонтних підприємств КР, як правило, виконують знеособленим методом, що передбачає повне розбирання об'єкта ремонту, дефектацію, відновлення або заміну складових частин, збирання, обкатку і випробування. Капітальний ремонт виконується, як правило, на спеціалізованих ремонтних підприємствах.

Організаційною основою індустріального КР можуть служити знеособлений і незнеособлений методи ремонту.

Знеособлений метод ремонту характеризується тим, що деталі та складальні одиниці зберігають під час ремонту приналежність до певного об'єкта. Цей метод широко використовується на спеціалізованих підприємствах під час КР.

Незнеособлений метод ремонту характеризується тим, що деталі і складальні одиниці не зберігають під час ремонту приналежність до певного об'єкта ремонту. Цей метод практично виключає всі недоліки знеособленого

ремонту. Однак побоювання щодо ускладнення організації виробництва при цьому методі на спеціалізованих підприємствах з великим річним обсягом випуску обмежують сферу його використання. Застосовується він, головним чином, у майстернях АТП при індивідуальному ремонті окремих екземплярів автомобільної техніки.

Агрегатний метод ремонту характеризується тим, що несправні агрегати замінюються новими або відремонтованими. Можливість повного використання ресурсу кожного агрегату є головною перевагою агрегатного методу порівняно з ремонтом повнокомплектного автомобіля. Крім повного використання ресурсу агрегатів, до переваг агрегатного методу варто віднести зниження простоїв у ремонті, підвищення технічної готовності парка автомобілів, збільшення обсягу виконаної роботи з такою самою кількістю автомобілів, поглиблення спеціалізації ремонтних підприємств. Автомобілі при цьому не знеособлюються.

Використання агрегатного методу ремонту дає змогу різко скоротити кількість КР повнокомплектних автомобілів, а в перспективі і відмовитися від нього. Необхідна умова впровадження агрегатного методу ремонту – це створення оборотного та обмінного фондів агрегатів. Практика показує, що основне джерело комплектування таких фондів – капітально-відремонтовані або придатні до експлуатації без ремонту агрегати списаних автомобілів.

Обмінний пункт агрегатів – це підприємство, що здійснює зв'язок між автотранспортним підприємством (АТП) і АТП під час ремонту автомобілів. Пункт укладає договори, з одного боку, з АРП на отримання від них ремонтного фонду (агрегатів) в обмін на відремонтовану продукцію та, з іншого боку, з АРП на поставку їм ремонтного фонду та отримання від них відремонтованої продукції.

Вузловий метод ремонту характеризується тим, що працездатність агрегату відновлюється шляхом заміни вузла, до складу якого входить деталь, що відмовила.

1.3 Вібраційне очищення та миття

Вібраційний процес очищення ґрунтується на принципі передачі коливальних рухів деталям у контейнері з наповнювачем (робочим середовищем).

Добре відомий метод віброабразивного очищення відносять до найпродуктивніших видів оздоблювально-очисної обробки поряд із такими, як віброхімічний, віброелектрохімічний, віброобкатний, віброкордний і вібротермомеханічний.

Високопродуктивні методи очищення характеризуються такими ознаками [5]:

1. Схема завантаження деталей - навалом або їх кріпленням на рухомих елементах конструкцій із примусовим або вільним обертанням;
2. Траєкторія переміщення завантаження – кругова по тороїду, з обертанням по гвинтовій лінії в горизонтальній площині або підйомом її всередині тороїда на один виток (рисунок 1.2);
3. Режим обробки – дорезонансні, резонансні та зарезонансні;
4. Цикли роботи – періодичної та безперервної дії.

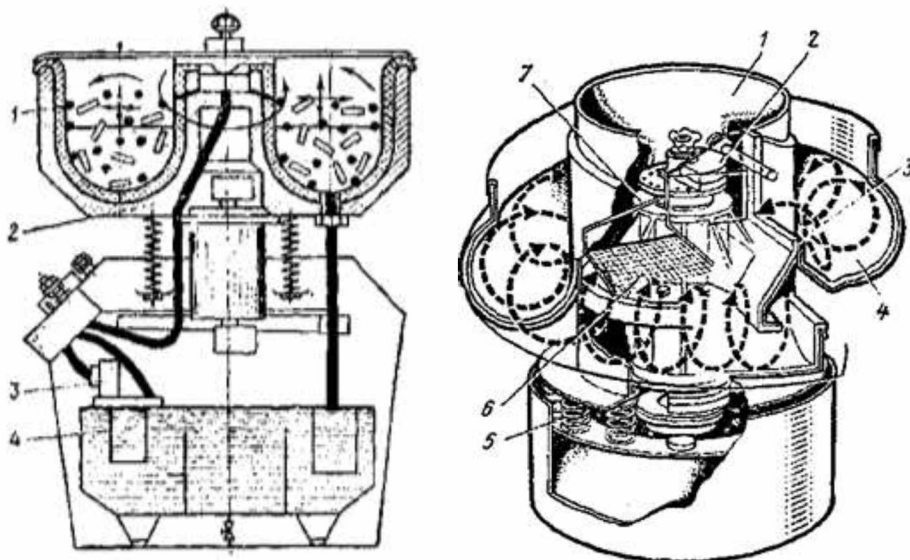


Рисунок 1.2 – Схема установки спіратрон зі спіральною робочою камерою: 1 – циліндр; 2 – вібратор; 3 – поріг; 4 – контейнер; 5 – пружини; 6 – сітка сепаратора; 7 – електродвигун

Віброабразивне очищення за фізичним змістом близьке до очищення деталей у галтувальних барабанах, але заміна обертального руху коливальним призвела до появи умов для інтенсивнішого очищення, зокрема, і внутрішніх поверхонь деталей.

Конструктивно вібраційні верстати розрізняються:

- за типом вібраторів – на механічні дебалансні, ексцентрикові електромагнітні, пневматичні, гідравлічні та комбіновані;
- за розташуванням вібраторів – на установки з виносними і вбудованими горизонтальними, вертикальними і поворотними вібраторами;
- за кількістю валів і типом дебалансних механізмів – на одно-, дво-, чотири- та інші установки;
- за типом підвіски контейнера – на спіральних і плоских ресорних пружинах, на гумових амортизаторах, гумокордні та пневматичні;
- за формою робочої камери – установки з плоскими столами, з U-подібними камерами, тороїдальні, з циліндричними або спіральними формами робочої камери.
- за типом подачі рідин, середовища в робочу камеру – періодичної і безперервної дії;
- за ступенем автоматизації процесу обробки – неавтоматизовані, з повною або частковою автоматизацією (рисунок 1.3) у безперервному циклі обробки.

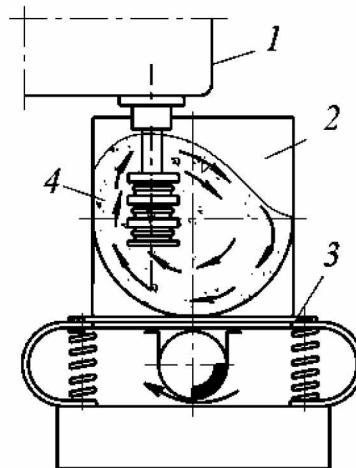


Рисунок 1.3 – Схема процесу шпиндельної віброабразивної обробки

Процес вібраційного очищення є результатом впливу на тверде забруднення, що видаляється, механічної енергії взаємодії завантаження і фізико-хімічних властивостей мийного розчину або електроліту.

На ефективність процесу очищення впливають амплітуда і частота коливань, ступінь заповнення робочої камери, співвідношення деталей, що очищаються, і абразиву, вид і фізико-хімічні властивості використаних розчинів, матеріал, грануляція, твердість і зернистість абразивного наповнювача [9].

Незважаючи на те, що ВіО має ряд переваг серед інших методів обробки, вона не повною мірою вивчена. Тому, пошук шляхів розширення використання вібраційної обробки, безсумнівно, є актуальною проблемою подальшого розвитку технологій в цілому.

Висновки

1 Операції вібраційної обробки: очисні та додаткові, оздоблювально-зміцнювальні та суміщені з покриттям є високоефективними, що використовуються при виробництві, ремонті, підготовці деталей до збирання.

2. Використання вібраційної обробки дає змогу відмовитися від ручної малопродуктивної праці, підвищує рівень виробництва і якість оброблюваних деталей.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Дослідне обладнання та пристосування

Експериментальні дослідження проводилися на вібраційній установці УВГ-4×10. Схема установки показана на рисунку 2.1.

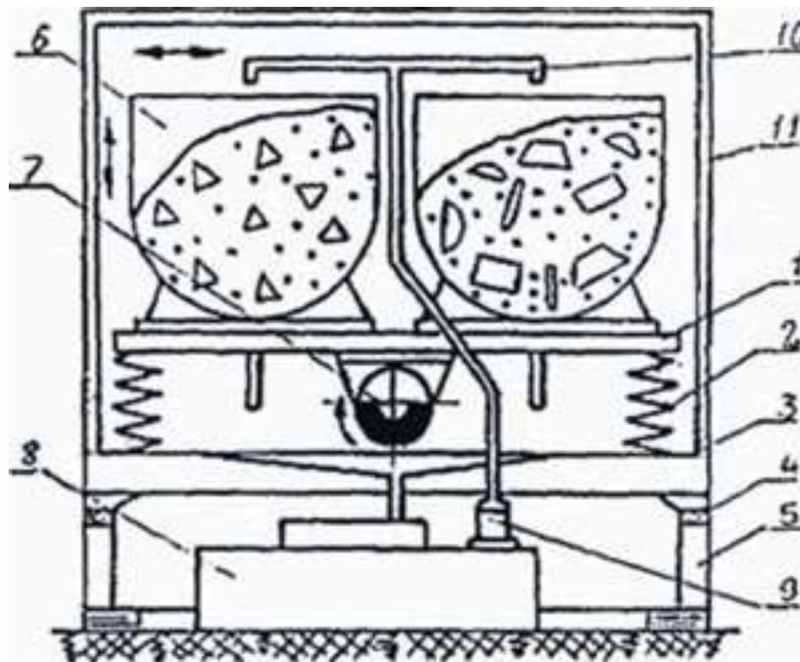


Рисунок 2.1 – Схема конструкції вібраційної установки УВГ-4×10

Вібраційна установка складається із платформи 1, що опирається через спіральні пружини 2 на нерухому раму 3. Рама 3, всередині залита бетоном для збільшення маси, через гумові амортизатори 4 встановлюється на каркас 5, що опирається через вібратори на підлогу. На платформі 1 розташовується до чотирьох робочих камер 6 об'ємом 10 дм³ або двох камер об'ємом 25 дм³, що робить установку придатною для проведення різних експериментів, а також для промислового використання. Робочі камери U-подібної форми. Знизу до платформи 1 кріпиться вібратор 7, основною частиною якого є статично неврівноважений ротор, з'єднаний через гнучку гумову муфту з приводом

установки. Швидкість обертання ротора вібратора змінюється ступінчасто змішаними шківками, його модуль збуджувальної сили за незмінної швидкості обертання – статичним моментом маси дисбалансів відносно осі обертання. Система подачі технологічної рідини в робочі камери складається з двох баків - відстійників 8, розміщених усередині каркаса 5, насоса 9 і трубопроводів 10. Для зменшення шуму установка закрита звукопоглинальним кожухом 11. Технічні характеристики установки наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічна характеристика вібраційної установки УВГ-4×10

№ п/п	Найменування	Позначення
1	Робочі камери, кількість / об'єм, дм ³	4 / 10 або 2 / 25
2	Система збуджувальної сили	інерційна
3	Кількість дебалансів, шт	2
4	Частота коливань, Гц	15,24, 33
5	Амплітуда коливань (вертикальна), мм	0-5
6	Збуджувальна сила, Н	0-3800
7	Потужність електродвигуна, приводу, кВт	1,0
8	Потужність насоса емульсійного типу ПА-22, кВт	0,12
9	Габаритні розміри, мм	1304×952×1370
10	Маса, кг	820

Для дослідження кінетики і динаміки процесу вібраційної обробки, деяких його закономірностей, використовували наступні прилади та машини: віброграф ВР-1 (рисунок 2.2); тахометр ТЧ10-Р (рисунок 2.3); профілометр моделі 296 (рисунок 2.4); ваги лабораторні ТВЕ-0,3-0,005-а (рисунок 2.5); прилад для вимірювання відбивної здатності поверхні блискомір фотоелектричний ФБ-2 (рисунок 2.6).

Залежно від умов очистки та технологічних можливостей контроль якості очищення поверхні здійснювався трьома способами.

1. За допомогою краплі води на поверхні деталей.

2. За допомогою вата терти на поверхні деталей.
3. За допомогою лазерної світити на поверхні деталей.



Рисунок 2.2 – Віброграф ВР-1



Рисунок 2.3 – Тахометр ТЧ10-Р



Рисунок 2.4 – Профілометр моделі 296



Рисунок 2.5 – Ваги лабораторні ТВЕ-0,3-0,005-а



Рисунок 2.6 – Блискомір ФБ-2

Для проведення досліджень використовувалися наступні абразивні середовища:

- байкаліт подрібнений зернистість 4-6 мм;
- фарфорові шари діаметром 12 мм;
- абразивні гранули на полімерній зв'язці у формі конуса 15×15 і 20×20 зернистість M40, K4 15×15;
- абразивні гранули ПТ 15×15;
- абразивні гранули ПТ 25×25.

Дослідження процесу проводилися із використанням технологічних рідин, наступного складу:

- %-ний водний розчин кальцинованої соди;
- %-ний розчин H_2SO_4 у воді;
- %-ний розчин HCl у воді;
- розчин ліконду;
- суміш для травлення;
- сірчана кислота 400 г/л;
- соляна кислота 250 г/л;
- катапін 3 г/л.

2.2 Методика проведення експериментів

Очисні роботи зустрічаються в технології ремонту та виготовлення великої кількості деталей і напівфабрикатів виробів різного призначення. Очищення деталей у багатьох випадках передує виконанню подальших технологічних операцій і відіграє важливу роль у загальному, процесі ремонту і виготовлення нових деталей. Їх функціональне призначення полягає в підготовці деталей до дефектації, а поверхні для відновлення.

Деталі розібраних агрегатів піддають знежиренню і миттю, а також очищенню від смолистих відкладень, нагару, накипу, іржі та залишків лакофарбового покриття.

На останній стадії деякі групи деталей необхідно мити і очищати багаторазово. Така послідовність виконання мийно-очисних робіт, як було зазначено, дає змогу покращити якість миття та очищення деталей, підвищити культуру виробництва і продуктивність роботи розбиральників.

Розглянемо умови і можливості реалізації очищення і миття деталей від забруднень у процесі вібраційної обробки. Процес вібраційного очищення деталей і заготовок від окалини, нагару, накипу, залишків фарби і ґрунту за принципом дії в основному належить до механічних методів очищення. Але залежно від характеру робочого середовища в цьому випадку можуть виникати й хімічні реакції, що прискорюють процес руйнування та видалення експлуатаційних і технологічних забруднень.

Проведено експериментальну вібраційну обробку типових представників деталей. Як робочі середовища застосовувалися кілька різновидів абразивних матеріалів, а також металевий наповнювач декількох видів. До складу МР вводилися деякі види хімічно активних речовин. Детальніші відомості про характеристику робочих середовищ наведено нижче.

Контрольованими параметрами були: а) ступінь очищення поверхні зразків; б) зміна маси оброблюваних зразків; в) час обробки, протягом якого досягалася повна очищеність поверхні зразків від забруднень.

Якість обробки оцінювали порівнянням із відповідним еталоном. Зміну маси зразків контролювали зважуванням на вагах. Вибір умов проведення експериментів здійснювався з урахуванням встановлених раніше основних залежностей процесу, тому в цьому разі не визначався вплив режимів коливань і низки інших параметрів процесу на його інтенсифікацію, тому що вплив їх під час виконання різних операцій однаковий. Усі експерименти з очистки проводилися за кімнатної температури.

Як робоче середовище використовували абразивні гранули;

1. КЧ40 на полімерній зв'язці, у формі конуса 15×15;
2. Фарфорові шари Ø12мм;

3. Подрібнений абразив зернистості 63, на керамічній зв'язці, грануляції 15-25мм;

4. Байкаліт, грануляції 4-6мм;

5. Абразивні гранули ПТ-15×15.

Режим обробки; $A = 2,5$ мм, $f = 25$ Гц, $t = 90$ хв, обсяг завантаження робочої камери – 75%. Як ТР прийнято 5%-й водний розчин кальцинованої соди.

Оздоблювально-зачисна обробка охоплює операції знімання задир і заокруглення кромки після механічної обробки лезовим абразивно-алмазним і штамповим інструментом. Видалення задир, заокруглення і полірування кромки досить подібні за змістом і часто зустрічаються в операціях ремонтних виробництв.

У процесі ремонту виробу під час обробки деталей машин на металорізальних верстатах на виході інструменту з контакту із оброблюваною поверхнею утворюються задирки або гострі кромки. Необхідність видалення задирок, заокруглення і полірування кромки викликана вимогами умов експлуатації або необхідністю створення необхідного товарного вигляду деталей.

Виконання операцій стикається з певними труднощами внаслідок різноманіття та складності форм поверхонь, на яких утворюються задирки або гострі кромки, а також складності рівномірного видалення малих шарів металу на локалізованих ділянках поверхні без утворення нових задирок та гострих кромки або спотворення форми остаточно оброблених робочих поверхонь.

Під час видалення задир і заокруглення кромки як зразки були прийняті сепаратори підшипників кочення, поршневі кільця, вилки карданних шарнірів, а також спеціальні зразки.

Як робочі середовища використовували: № 1 - плавлений подрібнений абразив ЕН, грануляція 5 - 20 мм; 3%-вий розчин кальцинованої соди; № 2 - абразивні гранули КЧ6ВТК, грануляція 15-30 мм, 3%-вий розчин кальцинованої соди; № 3 - уралітові циліндри діаметром 20-25 мм, завдовжки

35-40 мм, 3%-вий розчин кальцинованої соди; № 4 - абразивна крихта Е20СТ1Б, грануляція 5-20 мм, 3%-вий розчин кальцинованої соди. Режими обробки: $A = 2$ мм; $f_k = 33$ Гц, об'єм робочої камери $V_{pk} = 70$ дм³.

Вібраційне шліфування та оздоблення поверхні можуть використовуватися для покращення шорсткості або створення оптимальної її форми та розмірів (у низці випадків обидва завдання вирішуються одночасно) шляхом послідовної багатоступеневої обробки на шліфувальних верстатах; надання деталям відповідної шорсткості з метою подальшого нанесення покриття; надання деталям необхідного блиску або відтінку (декоративне оздоблення) з метою досягнення необхідного товарного вигляду.

У зв'язку з цим рекомендується використання вібраційної обробки для таких груп операцій:

- зменшення шорсткості поверхні деталей (які пройшли обробку на металообробних верстатах) з метою виключення одно- або багатоступеневої обробки (шліфування, оздоблення тощо);
- зменшення шорсткості поверхні деталей, механічно оброблених, а також необроблених з метою заміни слюсарно-обпилювальних та зачисних робіт, які виконують головним чином вручну;
- декоративна обробка деталей з подальшим покриттям або без покриття шляхом багатоступеневої вібраційної обробки заготовок.

Як робочі середовища, були прийняті: № 1 - абразивна крихта КЧ6ВТК, грануляція 15-30 мм, безперервне промивання 2%-вим розчином кальцинованої соди; № 2 - абразивна крихта на вулканітовій зв'язці Е25СТ1В, грануляція 15-30 мм, безперервне промивання 2%-вим розчином кальцинованої соди; № 3 - сталеві поліровані кульки діаметром 4-8 мм (по 50%); безперервне промивання мильно-содовим розчином; № 4 - абразивна крихта Е40СТ1К; грануляція 15-30 мм; безперервне промивання 2%-вим розчином кальцинованої соди. З огляду на високі вимоги до точності виготовлення деталей підшипників кочення, виникла необхідність перевірки зміни розмірів деталей у процесі вібраційної обробки.

Вібраційна зміцнювальна обробка. Під час досліджень експериментально було перевірено можливість збільшення мікротвердості та залишкових напружень у поверхневому шарі деталей під час вібраційної обробки. У якості зразків використовували клапани і поршні двигуна внутрішнього згоряння, елементи зварних вузлів, а також спеціальні зразки у вигляді суцільних циліндричних стержнів і плоских пластин для визначення залишкових напружень першого роду. Робочими середовищами виступали головним чином металеві тіла (шари, ролики), а також деякі абразивні середовища. Контрольованими параметрами були мікротвердість і залишкові напруги в поверхневому шарі.

Вібраційне зміцнення галтелей клапанів двигуна полягало в одночасній обробці після шліфування п'яти зразків, виготовлених зі сталі 40ХН (клапани двигунів). У ролі робочого середовища використали загартовані шліфовані ролики із сталі ШХ15 (HRC 62 - 64), розміри 20×20 мм, вага ролика 50 г; слабке промивання 2%-вим розчином кальцинованої соди. Режим і тривалість обробки: $A = 2,5$ мм, $f = 33$ Гц, $t = 120$ хв.

2.3 Методи обробки дослідних даних

Кількісна оцінка результатів експериментів визначалася як середньоарифметична різниця відповідних значень вимірювань зразків однієї партії до і після обробки. Результати досліджень представлені у вигляді таблиць і графіків.

Оцінювання дійсного значення величин досліджуваних параметрів якості поверхневого шару і даних експериментальних значень з кінематики і динаміки процесу здійснювалося на основі рівноточності вимірювань. Передбачалося, що випадкові помилки вимірювання підпорядковані нормальному закону розподілу ймовірностей. Дійсним значенням величини досліджуваного параметра було середнє арифметичне результатів вимірів. За

необхідності опису форми зв'язку з емпіричною формулою визначення її параметрів здійснювали способом найменших квадратів.

Висновки

1. Дано аналіз стану очисних і оздоблювально-зачисних операцій у технології ремонту широкої номенклатури виробів різного призначення.
2. Теоретично обґрунтовано можливість і сферу використання вібраційної обробки в технології ремонтних виробництв.
3. На основі теоретичних досліджень представлено класифікацію факторів, що впливають на ефективність віброабразивного очищення деталей від нагароподібних та інших видів забруднень.

Розділ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Експериментальні дослідження ВіО в очисних та мийних операціях

Вплив режиму і тривалості обробки порівняно постійний для більшості процесів, основна увага в цьому випадку була зосереджена на вивченні впливу характеристики робочого середовища на процес очищення зразків від нагару. У якості робочого середовища застосовувалися абразивні гранули:

1. КЧ40 на полімерній зв'язці, у формі конуса 15×15 ;
2. Фарфорові шари $\varnothing 12\text{мм}$;
3. Подрібнений абразив (шліфувальні круги) зернистості 63, на керамічній зв'язці, грануляції 15-25мм;
4. Байкаліт, грануляції 4-6мм;
5. Абразивні гранули ПТ-15 $\times$ 15.

Режим обробки: $A = 2,5 \text{ мм}$, $f = 25 \text{ Гц}$, $t = 90 \text{ хв}$, обсяг завантаження робочої камери – 75%. У якості ТР прийнято 5%-й водний розчин кальцінованої соди.

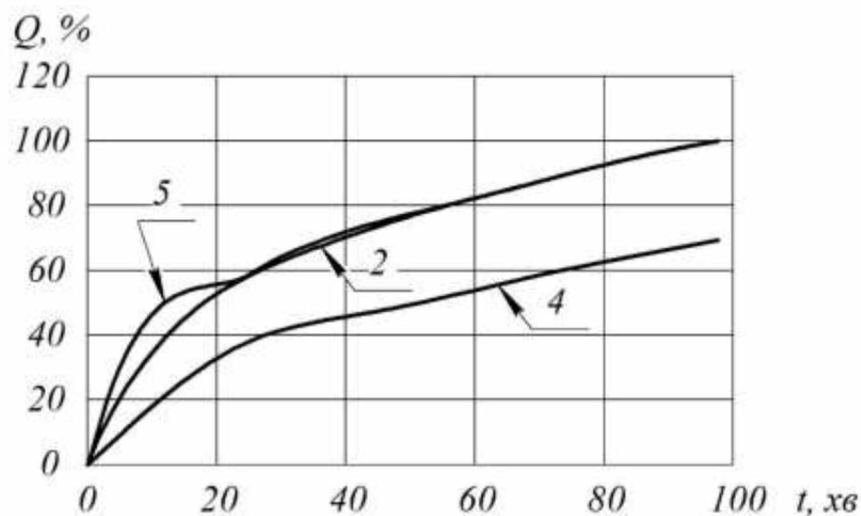


Рисунок 3.1 – Вплив характеристики робочого середовища на процес очищення зразків від нагару

Результати впливу характеристики робочого середовища на процес очищення зразків від нагару наведено в таблиці 3.1 і на рисунку 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати очищення зразків від нагару

Час обробки, хв	Конуса 15×15 КЧМ40		Фарфорові шари Ø12мм		Байкаліт грануляції 4-6мм	
	Ступінь очищення, Q, %	Зменшення маси зразка, г	Ступінь очищення, Q, %	Зменшення маси зразка, г	Ступінь очищення, Q, %	Зменшення маси зразка, г
10	53	2,3	40	1,08	20	1,2
20	64	0,5	60	0,5	37	1
30	75	0,5	73	0,35	45	0,5
40	82	0,3	80	0,2	51	0,35
50	87	0,2	86	0,15	56	0,3
60	92	0,2	91	0,12	61	0,28
70	95	0,16	94	0,1	65	0,25
80	98	0,13	97	0,08	69	0,22
90	100	0,08	100	0,07	72	0,2

Очищення трійника від корозії проводили в середовищі абразивних гранул на полімерній зв'язці у формі конуса 15×15 мм КЧМ40, під час безперервного промивання 5%-вим розчином кальцинованої соди.

Час обробки, t – 10, 20, 30, 40, 50, 60 хв.

Ступінь очищення від корозії, Q – 30, 50, 65, 80, 90, 100 %.

Результати досліджень наведено на рисунку 3.2

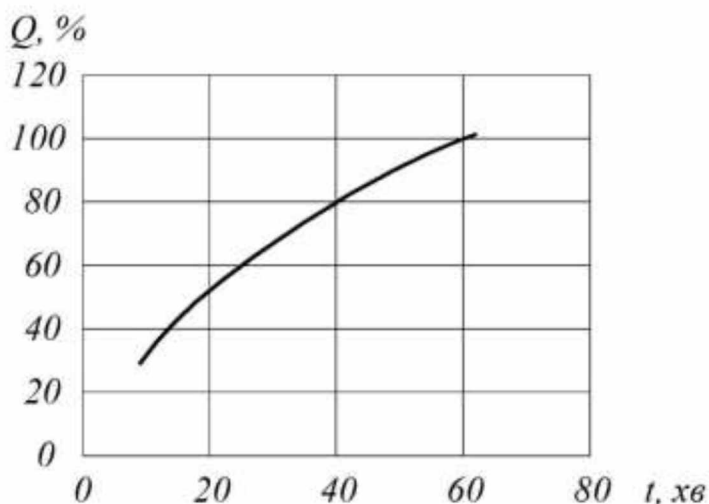


Рисунок 3.2 – Вплив часу обробки на очищення поверхні від корозії

З урахуванням значного впливу хімічних речовин на процес очищення поверхні від окалини, проведено експериментальну обробку зразків кілець підшипників кочення в наступних розчинах:

№ 1 - Склад для травлення: сірчана кислота 400 г/л; соляна кислота 250 г/л; катапін 3 г/л.

№ 2 - 5%-вий розчин кальцинованої соди.

№ 3 - Проточна вода.

У всіх випадках використовували робоче середовище абразивні гранули ПТ 15×15. Температура розчину – кімнатна.

У якості зразків були взяті кільця підшипників кочення зі сталі ШХ-15 із щільним шаром окалини; вага зразків 70 г.

Результати експерименту наведено в таблиці 3.2 і на рисунку 3.3.

Таблиця 3.2 – Результати очищення зразків від окалини

Номер розчину	Час до повного очищення від окалини t , хв	Середнє зняття металу за 15 хв	Вид поверхні після обробки
1	15	0,21	Поверхня гладка сталевого кольору
2	35	0,12	Поверхня гладка сталевого кольору
3	50	0,1	Поверхня шорстка матового кольору

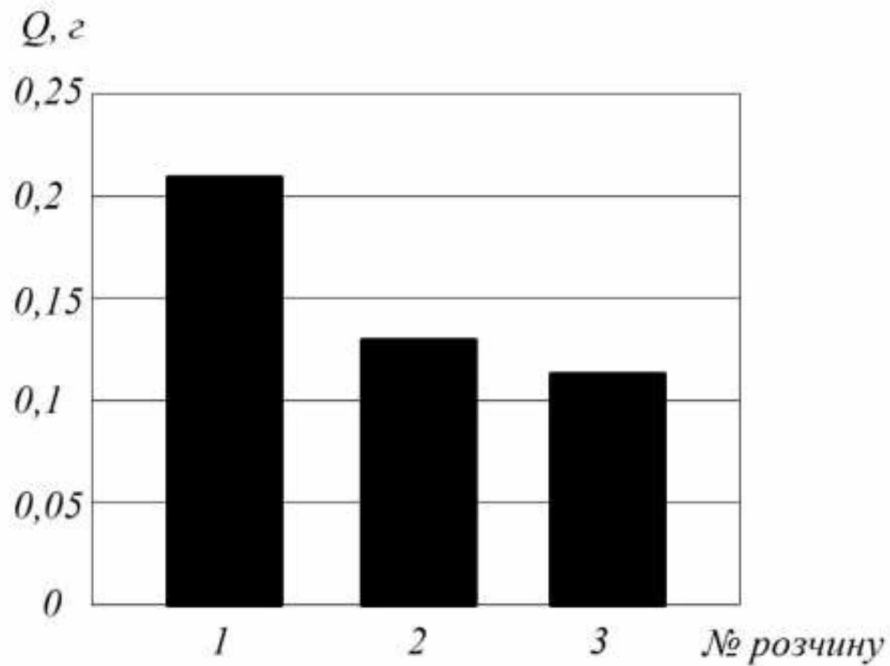


Рисунок 3.3 – Вплив хімічних речовин на процес очищення від окалини

З врахуванням відчутного впливу характеристики робочого середовища на процес очищення зразків від окалини проведено експерименти в наступних робочих середовищах:

№ 1 - абразивні гранули ПТ 15х15

№ 2 - абразивні гранули на полімерній зв'язці, КЧМ40(П) конус 15х15;

№ 3 - фарфорові шари Ф 13 мм;

№ 4 - подрібнені зразки " байкаліт" зернистість 4-6;

У всіх випадках використовували хімічне травлення в розчині такого складу:

- Сірчана кислота 400 г/л;
- Соляна кислота 250 г/л;
- Катапін 3 г/л.

Температура розчину – кімнатна.

Як зразки взято кільця підшипників зі сталі ШХ-15 зі щільним шаром окалини, вага зразка 70 г.

Результати експерименту наведено в таблиці 3.3 і на рисунку 3.4.

Таблиця 3.3 – Результати очищення зразків від окалини

Номер розчину	Час до повного очищення від окалини t , хв	Середнє зняття металу за 15 хв	Вид поверхні після обробки
1	15	0,21	Поверхня гладка сталевого кольору
2	20	0,185	Поверхня гладка сталевого кольору
3	20	0,18	Поверхня гладка сталевого кольору
4	25	0,168	Поверхня гладка сталевого кольору

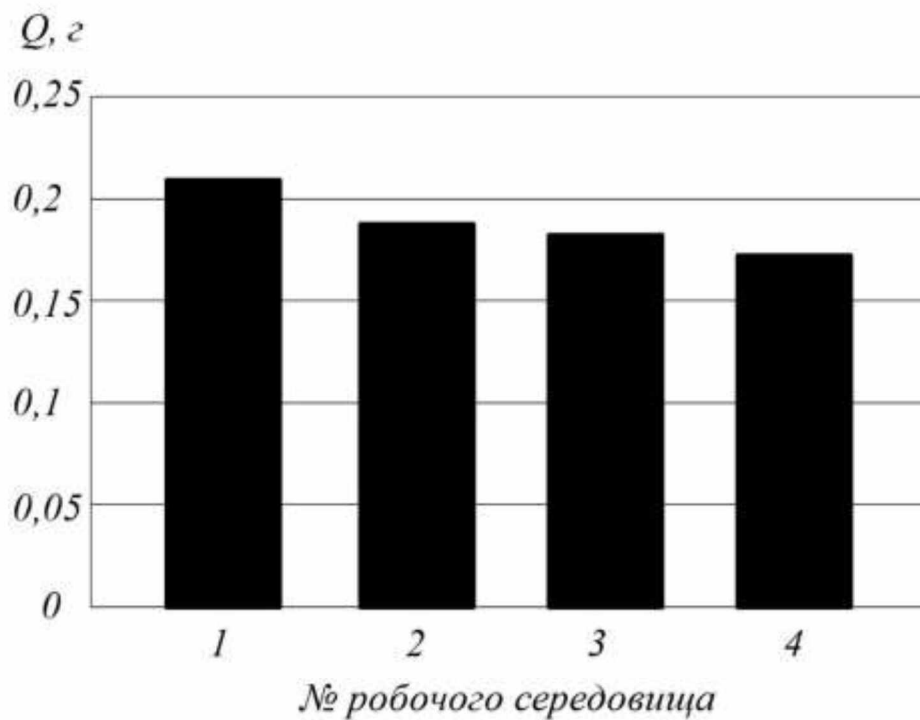


Рисунок 3.4 – Вплив характеристики робочого середовища на процес очищення від окалини

Аналіз результатів показує, що найефективніше процес очищення від окалини проходить у середовищі абразивних гранул ПТ 15×15, що виготовляються з електрокорунду білого на керамічній зв'язці. Зазначені гранули характеризуються гарною самозаточуваністю, що й забезпечує інтенсивне видалення окалини.

Досліджено вплив характеристики робочого середовища на процес очищення зразків від олійної фарби. У якості робочого середовища використовувалися абразивні гранули:

1. Бій абразивних кругів;
2. Абразивні гранули ПТ 15×15;
3. КЧ40 на полімерній зв'язці, у формі конуса 15×15;
4. Металеві кульки.

Режим обробки: $A = 2,5$ мм, $f = 25$ Гц, $t = 60$ хв.

Як ТЗ застосовувався лужний розчин такого складу: їдкий натр (20 г/л) + рідке скло (30 г/л) + вода.

Результати досліджень представлено на рисунку 3.5 і в таблиці 3.4.

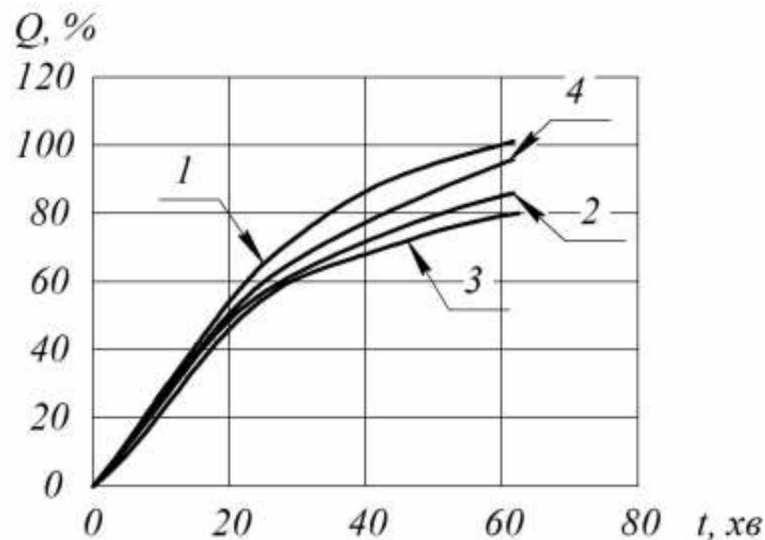


Рисунок 3.5 – Вплив характеристики робочого середовища на процес очищення внутрішньої поверхні від фарби олійної

Таблиця 3.4 – Результати очищення поверхні від олійної фарби

Час очистки t , хв	Бій абр. кр	ПТ 15×15	КЧ40	Мет. кульки
	Відсоток очищення Q , %	Відсоток очищення Q , %	Відсоток очищення Q , %	Відсоток очищення Q , %
0	0	0	0	0
20	56	49	47	52
40	87	72	69	78
60	100	85	80	95

З урахуванням значного впливу хімічних речовин на процес очищення поверхні від олійної фарби були проведені експерименти в таких розчинах:

1. Їдкий натр (20 г/л) + рідке скло (30 г/л)
2. Змивка старої фарби (ТУ 6-00-00210051-025-96)
3. Синтетичні мийні засоби "прогрес" (ТУ 38-10719-77)
4. 10%-ий розчин кальцинованої соди.

У всіх випадках використовували робоче середовище – металеві кулі Ø5мм.

Результати досліджень представлено на рисунок 3.6 і в таблиці 3.5.

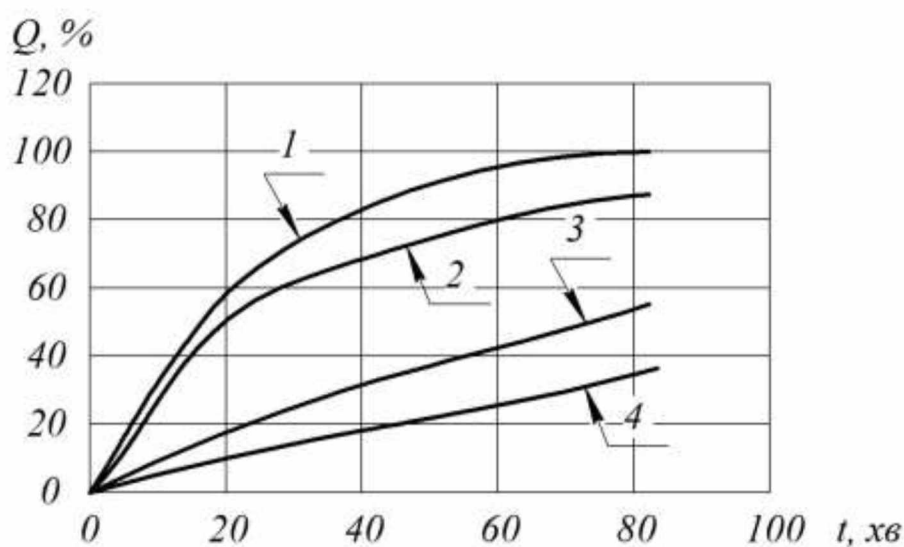


Рисунок 3.6 – Вплив виду технологічної рідини на процес очищення внутрішньої поверхні від фарби олійної

Таблиця 3.5 – Результати очищення внутрішньої поверхні від олійної фарби

Час очистки t , хв	Лужні	Змивка	Прогрес	Сода
	Відсоток очищення Q , %	Відсоток очищення Q , %	Відсоток очищення Q , %	Відсоток очищення Q , %
20	52	48	16	9
40	78	70	30	17
60	95	82	40	22
80	100	90	50	30

Досліджено вплив характеристики робочого середовища на процес очищення зразків від ґрунту. У якості робочого середовища використовувалися абразивні гранули:

1. Бій абразивних кругів;
2. Металеві кульки Ø 5 мм;
3. Фарфорові шарики Ø12мм;
4. КЧ40 на полімерній зв'язці, у формі конуса 15×15.

Режим обробки: $A = 2,5$ мм, $f = 25$ Гц.

У якості ТР використовували 10%-ий розчин кальцинованої соди. Результати досліджень представлені на рисунку 3.7 і в таблиці 3.6. Аналіз результатів показує, що найефективніше процес очищення від ґрунту протікає в середовищі бій абразивних кругів. Зазначені гранули характеризуються гарною самозаточуваністю, що й забезпечує інтенсивне видалення ґрунту.

З урахуванням істотного впливу хімічних речовин на процес очищення всередині поверхні банки від ґрунту були проведені експерименти в наступних розчинах:

1. Вода + 5% змивки старої фарби (ТУ 6-00-00210051-025-96);
2. Вода + 2% їдкого натру;
3. 10%-ий розчин кальцинованої соди;
4. Проточна вода.

Таблиця 3.6 – Результати очищення зразків від ґрунту

Номер робочого середовища	Час повного очищення від ґрунту t , хв	Середній відсоток очищення за 30 хв Q , %	Вид поверхні після обробки
1	120	25	Поверхня гладка сталевого кольору
2	145	21	Поверхня гладка сталевого кольору
3	300	10	Поверхня гладка сталевого кольору
4	330	9	Поверхня гладка сталевого кольору

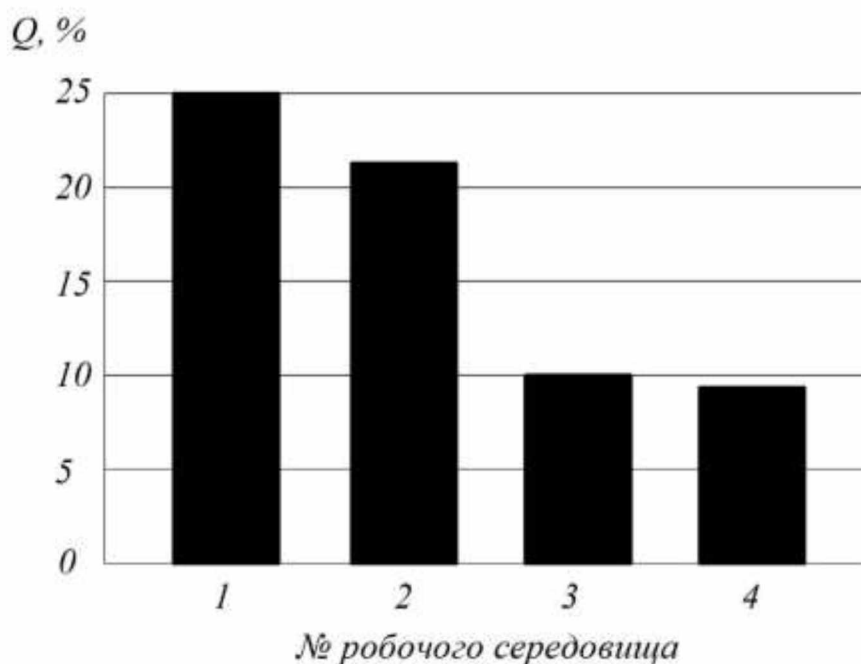


Рисунок 3.7 – Вплив характеристики робочого середовища на процес очищення образів від ґрунту

У всіх випадках застосовувалися робоче середовище біл абразивних кіл. Результати досліджень представлені на рисунку 3.8 і в таблиці 3.7.

Аналіз результатів показує, що найефективніше процес очищення від ґрунту протікає в середовищі рідин лужних (їдкий натр (20 г/л) + рідке (30 г/л)). Зазначені лужні характеризуються гарним руйнуванням контакту між забрудненням і поверхнею деталей, що й забезпечує інтенсивне видалення ґрунту.

Таблиця 3.7 – Результати очищення зразків від ґрунту

Номер робочого середовища	Час повного очищення від ґрунту t , хв	Середній відсоток очищення за 30 хв Q , %	Вид поверхні після обробки
1	30	100	Поверхня гладка сталевго кольору
2	40	75	Поверхня гладка сталевго кольору
3	120	25	Поверхня гладка сталевго кольору
4	120	25	Поверхня гладка сталевго кольору

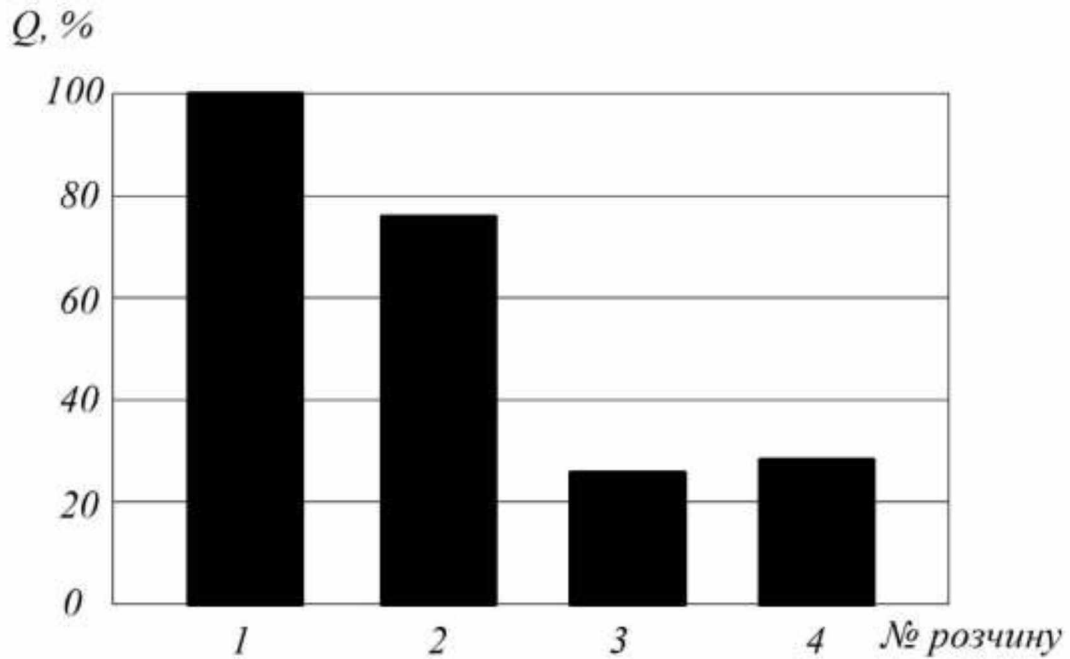


Рисунок 3.8 – Вплив виду технологічної рідини на процес очищення зразків від ґрунту

Позитивні результати отримано і під час обробки інших деталей. Зокрема, досліджено очищення від окалини запчастин легкового автомобіля після термічної обробки. У якості робочого середовища прийнято байкаліт, подрібнений, грануляція 25-40 мм, ТР – 3%-вий водний розчин кальцинованої соди; режим обробки: $A = 2,5$ мм, $f = 30$ Гц, $t = 25$ хв (до повного очищення поверхні). Обробку здійснювали великими партіями (250-300 штук). У якості обладнання використано вібраційний верстат з об'ємом робочої камери 200 дм³.

Проводилося також очищення клапанів двигунів різних типів від нагару, окалини в гранульованому абразивному середовищі зернистістю 6-8. До складу рідини вводили хімічно активні речовини МС-6, МС-7, МС-8; температура підігріву рідини досягала 60-80°C. У якості обладнання застосовувалися вібраційні верстати з об'ємною робочою камерою 100 дм³.

На основі аналізу отриманих результатів зміст процесу очищення виглядає наступним чином: видалення окалини з оброблюваної поверхні є

наслідком комплексного впливу численних мікроударів частинок робочого середовища, які здійснюють дряпаючу (скалювальну) та стираючу дію, і хімічних речовин, які вводять до складу ТР, що сприяють хімічному руйнуванню плівки окалини.

Основою вібраційного очищення є процес механохімічного руйнування і розчинення шару окалини та видалення їх з поверхні оброблюваної деталі.

Відзначають велике значення дряпальної дії частинок робочого середовища і, отже, необхідність наявності в останніх досить гострих і твердих дряпальних елементів, наприклад, абразивних зерен. Як показують наведені вище результати експериментів, відсутність гострих і досить твердих дряпаючих елементів на поверхні частинок робочого середовища уповільнює процес видалення окалини.

Видалення окалини відбувається також унаслідок стираючої дії частинок робочого середовища. При цьому на відміну від дряпальної дії (коли відбувається видалення (сколювання) порівняно великих частинок окалини), видаляються найдрібніші частинки окалини, порівняно з процесом полірування.

За наявності в складі хімічних речовин відповідних характеристик процес видалення окалини помітно прискорюється. Хімічні речовини чинять розпушувальну і розклинювальну дію на оброблювану поверхню, послаблюючи в даному випадку зв'язок окалини з основним металом і полегшуючи руйнування її завдяки механічному впливу часток (в даному випадку абразивних) робочого середовища.

У свою чергу, інтенсивний механічний вплив сприяє більш повному прояву активних властивостей хімічно і поверхнево-активних середовищ.

Певну роль у руйнуванні (відшаровуванні) окалини виконують ударно-хвильові процеси. Передбачається, що на межі розділу двох шарів (окалина і основний метал) відбувається відбивання ударних хвиль, що спричиняє розклинювальну дію, яка призводить до відриву окалини від основного металу.

Вібрація робочої камери, частинок робочого середовища та інтенсивне перемішування останнього створюють високий рівень активізації мийного розчину, прискорюють процес видалення забруднень, сприятливо впливають як на якість очищення, так і на однорідність розчину в усіх зонах робочої камери. На швидкість протікання процесу вібраційного очищення впливають режими обробки, вага частинок робочого середовища, склад і температура розчину, характер забруднень, вага оброблюваних деталей.

3.2 Експериментальні дослідження ВіО в оздоблювально-зачисних операціях

Під час видалення задирок і заокруглення кромek у якості зразків були прийняті сепаратори підшипників кочення, поршневі кільця, вилки карданних шарнірів, а також спеціальні зразки.

Експерименти показали, що на характер перебігу процесу видалення задирок впливають їхні розміри, головним чином, товщина задирки біля її основи. За нормальних умов протікання процесу різання товщина задирок, що утворюються, зазвичай не перевищує 0,2-0,3 мм. Робочим середовищем під час обробки були абразивні гранули E2512CT1K, розміром 5-20 мм, режими $A = 3$ мм, $f = 25$ Гц.

У таблиці 3.8 наведено результати обробки зразків з різними розмірами задирок. У межах сталих частот коливань амплітуда має найбільш вагомий вплив на інтенсивність процесу видалення задирок. Поряд із позитивним впливом збільшення амплітуди коливань, що виявляється в прискоренні процесу, збільшення її понад деяке значення може призвести до погіршення шорсткості поверхні, виникнення вибоїн на кромках та інших елементах поверхні деталей.

Нижче наведені результати обробки зразків зі сталі 45 (HB 145) при різних значеннях A до повного видалення задирок за умови $f = 25$ Гц в

абразивному середовищі ЕБ40СТ1В грануляції 20-30 мм; розміри задирок $s = 0,1$ мм, $h = 0,3 - 0,4$ мм, вага зразків 120 г.

Таблиця 3.8 – Результати обробки зразків з різними розмірами задирок

Товщина задирки, мм	Час видалення задирок, хв	Примітка
0,10 - 0,15	10	Процес протікає задовільно
0,20 - 0,30	15	Те саме
0,35 - 0,40	30	-
0,50 - 0,60	60	Задирки повністю не видаляються; на кромці залишається потовщення
0,70 - 0,75	60	Задирки не зняті, а вигнуті та заполіровані

Експерименти із заокруглення та полірування кромки у процесі вібраційного оброблення проводили на клапанних пластинах компресора. Клапанні пластини надходять на операцію заокруглення і полірування кромки після термічної обробки (загартування і відпуску HRC 60-62) і шліфування. Одночасно обробляли 15-20 зразків. Контрольованим параметром був радіус заокруглення кромки, що утворюються перетином циліндричних (зовнішньої і внутрішньої) і торцевих поверхонь. Вимірювання радіуса заокруглення проводилося за допомогою приладу МІС-1.

Результати експерименту наведено в таблиці 3.9. У якості робочих середовищ використовували: №1 – плавлений подрібнений абразив ЕН, грануляція 5-20 мм; 3%-вий розчин кальцинованої соди; №2 – абразивні гранули КЧ6ВТК, грануляція 15-30 мм, 3%-вий розчин кальцинованої соди; №3 – уралітові циліндри діаметром 20-25 мм, завдовжки 35-40 мм, 3%-вий розчин кальцинованої соди; №4 – абразивна крихта Е20СТ1Б, грануляція 5-20 мм, 3%-вий розчин кальцинованої соди. Режим обробки: $A = 2$ мм; $f_k = 33$ Гц, об'єм робочої камери $V_{pk} = 70$ дм³.

Значно ефективніше проходить процес заокруглення кромки поршневого кільця, що виготовлені з чавуну, це пояснюється меншою твердістю та пластичністю вказаного матеріалу та кращою оброблюваністю.

Таблиця 3.9 – Результати заокруглення та полірування кромки з ВіО

Робоче середовище	Час обробки, хв	Радіус кромки, мм	Робоче середовище	Час обробки, хв	Радіус кромки, мм
№ 1	30	0,023	№3	30	0,032
	60	0,050		60	0,055
	90	0,070		90	0,080
	120	0,080		120	0,090
	150	0,085		150	0,098
№2	30	0,048	№4	30	0,060
	60	0,090		60	0,110
	90	0,120		90	0,130
	120	0,140		120	0,143
	150	0,150		150	0,155

З огляду на те, що на процес мікровидалення суттєво впливають хімічно та поверхнево-активні речовини, були проведені експерименти з вібраабразивного видалення задирок на зразках зі сталі 45 (HB 145) із застосуванням розчинів: 1 – 2%-вий розчин кальцинованої соди у воді; 2 – 0,2%-ві розчин стеаринової кислоти і 10% етилового спирту у воді; 3 – 0,1%-вий розчин амоніаку натрію у воді; 4 – водний розчин FeCl (34 г/л) + HCl (1 г/л) + 1% столярного клею; 5 – 1%-вий розчин мідного купоросу (CuSO₄) у воді; 6 – 5%-вий розчин H₂SO₄ у воді та 1% столярного клею; температура розчинів 20°C.

Результати експерименту наведено в таблиці 3.10.

Результати експериментальних досліджень підтверджують можливість використання вібраційної обробки для здійснення технологічних операцій видалення облою і задирок, заокруглення та полірування кромки. Фізична сутність розглянутих процесів може бути представлена таким чином. Основою процесу знімання задирок, заокруглення та полірування кромки є

мікрорізання, що супроводжується зніманням найдрібніших частинок металу, його оксидів і тонким пластичним деформуванням поверхневого шару оброблюваної деталі. Знімання задирок і заокруглення кромek супроводжуються переважно мікрорізуванням із зніманням найдрібніших частинок металу; полірування кромek може здійснюватися як мікрорізуванням, так і зніманням оксидів металу і тонким пластичним деформуванням.

Таблиця 3.10 – Результати віброабразивного видалення задирок

Параметри	Розчини					
	1	2	3	4	5	6
Час знімання задирок, хв	70	70	70	50	45	30
Знімання металу в м за 60 хв	0,03	0,05	0,05	0,09	0,14	0,31

У зв'язку з цим для процесів знімання задирок і заокруглення кромek обов'язковим є використання робочих середовищ, що характеризуються необхідними різальними і дряпальними властивостями. Таку властивість мають абразивні гранули та інші види абразивних матеріалів (виняток становить обробка із використанням поверхнево-активних хімічних речовин).

Це забезпечує безперервний «перебіг» частинок робочого середовища, проникнення їх в отвори, пази, контакт їх з усіма елементами оброблюваної поверхні і найрізноманітнішу орієнтацію деталей щодо руху потоку частинок робочого середовища.

Більш висока інтенсивність обробки кромek і задирок пояснюється також зменшенням площі контакту частинок робочого середовища з оброблюваною поверхнею і збільшенням внаслідок цього тиску і глибини впровадження абразивних зерен у матеріал оброблюваної деталі.

На протікання процесу знімання задирок, округлення і полірування кромek впливають режими обробки – амплітуда і частота коливань, механічні властивості оброблюваного матеріалу, характеристика і розміри робочого

середовища, склад застосованого розчину. Вплив цих параметрів має аналогічний характер з основними залежностями процесу, що характеризують знімання металу.

3.3 Експериментальні дослідження ВіО в шліфуванні та оздобленні поверхні

Результати обробки, що відображають вплив характеристики робочого середовища і тривалості обробки на процес віброабразивного шліфування кілець підшипників кочення, наведено в таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 – Результати віброабразивного шліфування кілець підшипників кочення

Робоче середовище	Вихідна шорсткість, мкм	Шорсткість після обробки, мкм			
		30 хв	60 хв	120 хв	180 хв
№1	1,5	0,61	0,37	0,21	0,18
№2	0,8	0,51	0,41	0,25	0,23
№3	0,8	0,39	0,33	0,21	0,20
№4	1,6	0,63	0,46	0,36	0,27

У якості робочих середовищ, були прийняті: № 1 – абразивна крихта КЧ6ВТК, грануляція 15-30 мм, безперервне промивання 2%-вим розчином кальцинованої соди; № 2 – абразивна крихта на вулканітовій зв'язці Е25СТ1В, грануляція 15-30 мм, безперервне промивання 2%-вим розчином кальцинованої соди; № 3 – сталеві поліровані кульки діаметром 4-8 мм (по 50%); безперервне промивання мильно-содовим розчином; № 4 – абразивна крихта Е40СТ1К; грануляція 15-30 мм; безперервне промивання 2%-вим розчином кальцинованої соди. З огляду на високі вимоги до точності виготовлення деталей підшипників кочення, становить інтерес перевірки зміни розмірів деталей (наприклад, кілець) у процесі вібраційної обробки.

Результати експериментів, що були виконані у середовищі абразивної крихти КЧ6ВТК, грануляції 15-50 мм за безперервного промивання розчином кальцинованої соди, наведені в таблиці 3.12. Тривалість обробки становила 60 хв, частота й амплітуда коливань відповідно $f=2500$ Гц; $A=1,5$ мм.

Як зразки було прийняті два найменування деталей: башмаки і лопатки газової турбіни.

Таблиця 3.12 – Результати вібраційного шліфування башмака і лопатки газової турбіни

Групи зразків	Розміри до обробки, мм	Розміри після обробки, мм
1	73,861	73,855
	73,862	73,854
2	64,974	64,970
	64,978	64,968

Результати експериментальної перевірки вібраційної обробки показують, що вібраційне шліфування проходить за наявності робочого середовища, яке має певну абразивну здатність, а сам процес супроводжується зміною вихідної шорсткості поверхні внаслідок знімання дрібних частинок металу і його оксидів, а також пластичного деформування оброблюваної поверхні частинками робочого середовища. Залежно від властивостей оброблюваного матеріалу, характеристики робочого середовища і режимів вібрації співвідношення трьох перерахованих елементів процесу вібраційного шліфування може змінюватися в широких межах. Проте ця зміна головним чином стосується двох елементів процесу: мікрорізання, що супроводжується зніманням найдрібніших частинок металу (розміри їх коливаються в межах 5-30 мкм), і пластичного деформування. Зміна шорсткості поверхні внаслідок видалення оксидів металу більшою мірою притаманна процесу полірування.

Утворення мікрорельєфу поверхні в процесі вібраційного шліфування відбувається в результаті послідовного нанесення на оброблювану поверхню безлічі мікроударів частинок робочого середовища та утворення внаслідок

цього великої кількості слідів обробки у вигляді кратероподібних поглиблень і подряпин, різнорозташованих на оброблюваній поверхні. Найбільш ефективно піддаються обробці відкриті поверхні, де забезпечується більш вільний доступ частинок робочого середовища до оброблюваної поверхні.

Під час одноступеневої та багатоступеневої обробки з послідовним використанням усе більш дрібнозернистих абразивних середовищ зменшення висоти мікронерівностей найінтенсивніше відбувається в початковий період обробки, після чого зменшення шорсткості поверхні сповільнюється і надалі зовсім припиняється. Таким чином, для кожного робочого середовища існує раціональна тривалість обробки за інших рівних умов, у межах якої відбувається ефективно зменшення висоти мікронерівностей.

Можна вважати, що процес утворення мікрорельєфу поверхні під час вібраційного шліфування є процесом взаємного припрацювання поверхні оброблюваних деталей і частинок обробного середовища, що здійснюють взаємне переміщення під дією спрямованих вібрацій.

Для віброабразивного шліфування характерними є циклічні зміни інтенсивності процесу з періодом циклу, що дорівнює тривалості взаємного припрацювання оброблюваної поверхні й абразивного середовища в межах кожної партії оброблюваних деталей. У цей період на оброблюваній поверхні утворюється певний мікрорельєф, який під час подальшої обробки не зазнає помітних змін, хоча знімання металу продовжується.

Інтенсивність знімання металу до кінця циклу (періоду припрацювання) також стабілізується, але не припиняється. До цього періоду знижується і стабілізується ріжуча здатність і знос абразивного середовища. Ріжуча здатність абразивного середовища в початковий період обробки нової партії деталей, що мають вихідну шорсткість поверхні більшу, ніж в кінці обробки, дещо вища. Знос її в цей період також вищий внаслідок кращого самозаточування. Згодом, у міру протікання циклу обробки і зменшення висоти мікронерівностей, інтенсивність зміни шорсткості поверхні, знімання металу і зносу абразивного середовища знижується внаслідок таких причин:

зменшення висоти гребінців мікронерівностей і збільшення опору їхньому зрізанню частками робочого середовища; зниження ріжучої здатності абразивного середовища. До кінця циклу всі його елементи - висоти мікронерівностей, інтенсивність знімання металу і знос абразивного середовища – стабілізуються. Для зміни характеру протікання процесу й отримання інших результатів необхідні модифікації одного з таких умов обробки: вихідної шорсткості оброблюваної поверхні, режимів обробки, характеристики і розмірів робочого середовища.

Під час обробки повторюваних партій деталей одного найменування режими обробки і характер робочого середовища зазвичай зберігаються постійними протягом тривалого періоду, а періодично змінюваною (з кожною новою партією деталей) є початкова шорсткість поверхні, що забезпечує відновлення ріжучої здатності абразиву та інтенсивності процесу до певної величини, яка стала усталеною для даних умов. Під час обробки кожної нової партії деталей усі елементи циклу повторюються.

У випадку багатоступеневої обробки деталей, з метою значного зменшення висоти мікронерівностей, загальний цикл обробки може складатися з двох і більше циклів. У цьому разі в межах усього циклу параметром найчастіше є характеристика робочого середовища (змінюють також і режими обробки), а в межах обробки на кожному ступені циклу змінною є шорсткість поверхні.

Процеси полірування і глянцювання перебігають як із застосуванням абразивних порошків, суспензій і паст, так і без них. Характерним для цих процесів є використання як робочих середовищ м'яких полірувальних матеріалів: деревини, войлоку, фетру, шкіри, гуми, картону та ін., а також металевих матеріалів. Зміна шорсткості поверхні відбувається головним чином шляхом послідовного видалення оксидів металу в місцях контакту частинок робочого середовища з оброблюваною поверхнею.

Таким чином, основною вібраційної обробки в середовищі м'яких оздоблювальних тіл є механохімічний процес видалення з оброблюваної

поверхні найдрібніших частинок матеріалу деталі (переважно у вигляді оксидів). У зв'язку з цим важливу роль для інтенсифікації та регулювання процесу обробки набуває використання різного роду хімічно поверхнево-активних середовищ. Експериментальна перевірка показала, що використання поверхнево-активних середовищ на операціях полірування та оздоблення підвищує інтенсивність протікання процесу в 2-7 разів і більше.

Процес полірування та оздоблення деталей у середовищі металевих тіл (наприклад, у середовищі сталевих полірованих кульок різних розмірів) має свої особливості та суттєву відмінність. Основною цього процесу є пластичне деформування елементарних ділянок оброблюваної поверхні, що й визначає можливість зміни мікрорельєфу. Інтенсивність протікання процесу залежить від параметрів, що визначають величину сил мікроударів (амплітуди і частоти коливань, ваги частинок робочого середовища, а також площі контакту останніх з елементами оброблюваної поверхні). Збільшення сил мікроударів прискорює процес згладжування гребінців мікронерівностей. На кінцеві результати процесу оздоблення деталей у середовищі металевих тіл впливають також вихідна шорсткість оброблюваної поверхні, твердість оброблюваного матеріалу, твердість матеріалу частинок робочого середовища і шорсткість їхньої поверхні (останнє особливо важливе для досягнення високих класів чистоти). Деякий вплив мають поверхнево-активні речовини, що прискорюють процес пластичного деформування, а також мийні засоби, що видаляють різного роду забруднення з поверхні оброблюваних деталей і частинок робочого середовища.

Під час обробки необхідно дотримуватися чистоти на робочому місці, стежити, щоб не потрапили в робочу камеру (з деталями або робочим середовищем) різного роду забруднення, особливо тверді металеві, абразивні та інші частки, які сприяють появі на оброблюваній поверхні грубих, непереборних на зазначеній операції подряпин і задирів.

3.4 Експериментальні дослідження вібраційної зміцнювальної обробки

Вібраційне зміцнення галтелей клапанів двигуна полягало в одночасній обробці після шліфування п'яти зразків, виготовлених зі сталі 40ХН (клапани двигунів). Як робоче середовище використали загартовані шліфовані ролики зі сталі ШХ15 (HRC 62-64), розміри 20×20 мм, вага ролика 50 г; слабке промивання 2%-вим розчином кальцинованої соди). Режим і тривалість обробки: $A = 2,5$ мм, $f = 33$ Гц, $t = 120$ хв.

Мікротвердість визначали приладом ПМТ-3 на поверхні та на відстані від поверхні 5, 10, 20, 50 мкм, потім мікротвердість у поверхневому шарі порівнювали з мікротвердістю серцевини. Результати обробки наведено на рисунку 3.9.

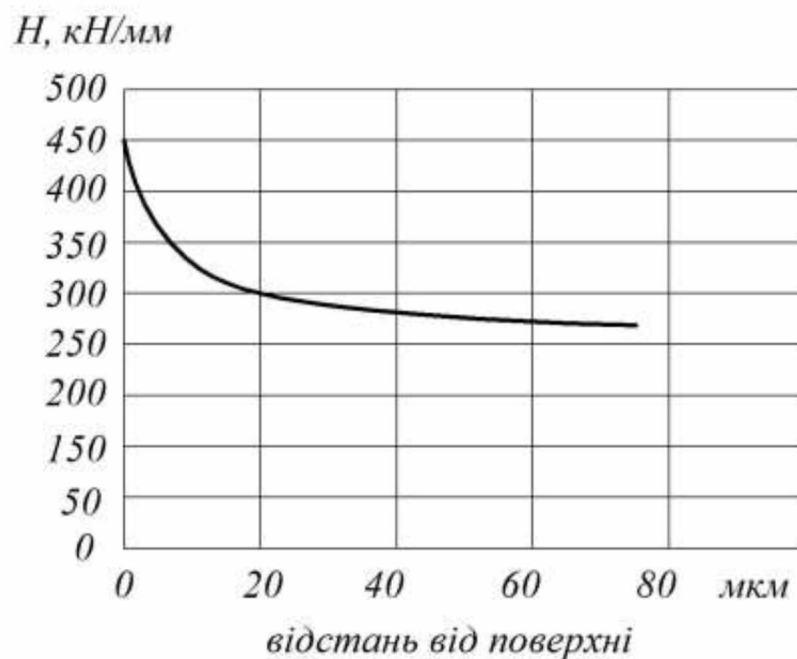


Рисунок 3.9 – Зміна мікротвердості за глибиною перерізу галтелі клапана двигуна

Під час вібраційного зміцнення канавки поршня двигуна обробці піддавались всі елементи поверхні, проте досліджувався тільки поверхневий шар канавок. Обробленню піддавались п'ять зразків, вирізаних із верхньої

частини поршня таким чином, щоб усі канавки залишалися на зразку. Для виготовлення зразків було обрано поршні після остаточної обробки, маса зразків становила 45 г. Зразки було виготовлено з алюмінієвого сплаву АЛ 10В. Обробку проводили в робочій камері об'ємом 10 дм³, у якості робочого середовища було прийнято сталеві поліровані кульки із загартованої сталі ШХ-15 твердістю HRC 62-67 і діаметром 2 мм. Режими і тривалість обробки: $A = 3$ мм, $f = 25$ Гц, $t = 120$ хв. Мікротвердість вимірювали на поверхні і на відстані від поверхні 10, 20, 50, 100 і 200 мкм приладом МПТ-3 при навантаженні 500 Н. Мікротвердість у поверхневому шарі порівнювали з мікротвердістю серцевини. Результати вимірювань мікротвердості представлені на рисунку 3.10. Їх аналіз підтверджує можливість використання вібраційної обробки на оздоблювально-зміцнювальних операціях для зміни поверхневої мікротвердості та залишкових напружень.

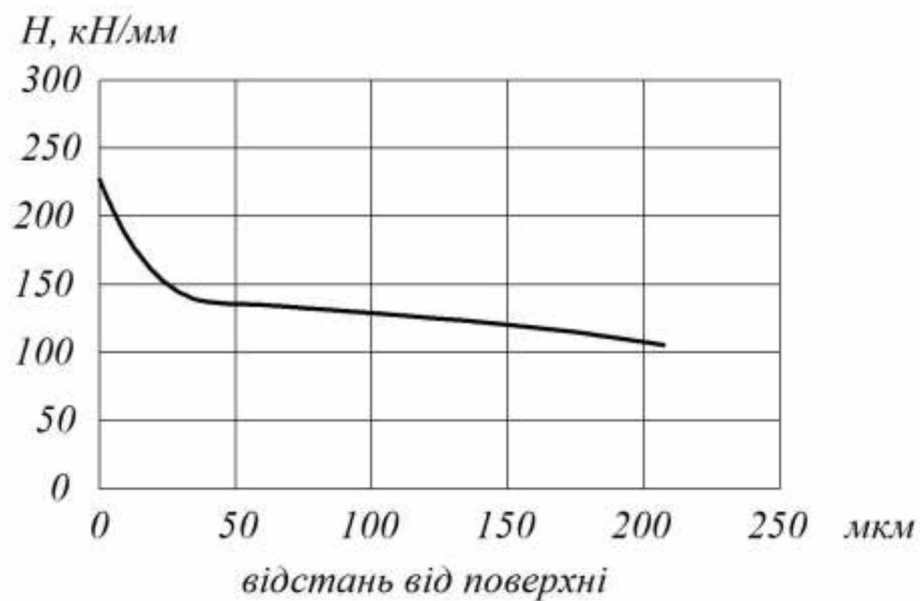


Рисунок 3.10 – Зміна мікротвердості за глибиною перерізу канавки поршня двигуна

Основою вібраційного зміцнення є динамічний характер протікання процесу, що супроводжується безліччю мікроударів частинок середовища поверхнею оброблюваних деталей, завдяки чому забезпечується пластична деформація поверхневого шару, наслідком якої є підвищення мікротвердості,

утворення стискальних залишкових напружень першого роду і зменшення шорсткості поверхні.

Віб्रो зміцнення є універсальним методом зміцнювальної обробки. Найбільш наочні його переваги під час обробки деталей складної форми, а також у разі зміцнення великої партії деталей невеликих розмірів.

Висновки

1. На основі експериментальних досліджень встановлено закономірності процесу вібраційної обробки при видаленні експлуатаційних і технологічних забруднень.

2. На основі експериментальних досліджень представлено класифікацію факторів, що впливають на ефективність віброабразивного очищення деталей від нагароподібних та інших видів забруднень.

3. Встановлено, що ефективне використання ВіО в технології ремонтних підприємств охоплює такі операції, як очищення від нагару, окалини, накипу, масляних забруднень із включенням твердих часток, видалення ґрунтових нашарувань, залишків лакофарбових покриттів, видалення задирок, заокруглення кромek, шліфування та оздоблення.

РОЗДІЛ 4

РЕКОМЕНАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Екологічна експертиза

Збереження навколишнього середовища передбачено Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища» (протокол № 1268-XII від 26.06.1991 року, який був прийнятий Верховною Радою України, № 41, ст.547) [25].

Сьогодні у світі питання екології виходять на перший план під час обговорення стратегії розвитку промисловості та суспільства. Це зумовлено тим, що бурхливий науково-технічний прогрес, який приніс у минулому столітті людству чимало благ, призвів водночас до докорінних змін у природі, що почали позначатися на самому існуванні людини у зв'язку із серйозними проблемами забруднення атмосфери, води та ґрунту, появи кислотних дощів, радіаційного зараження територій, виснаження біоресурсів тощо. Унаслідок цього практично в усіх розвинених країнах спостерігається посилення природоохоронного законодавства, спрямоване на зменшення та запобігання шкоди, що завдається навколишньому середовищу.

Промислові підприємства відіграють велику роль у забрудненні довкілля. Ливарні цехи та заводи є найбільшими джерелами токсичних викидів, що негативно впливають на навколишнє середовище. Ці речовини утворюються під час взаємодії різних матеріалів із рідкими металами, деструкції сполучних, випаровуванні компонентів сплавів тощо. Забруднювальними речовинами в ливарному виробництві, які найчастіше трапляються, є пари металів, дрібнодисперсний пил, газові викиди, насичені оксидами сірки й азоту, фенол-формальдегідні сполуки.

Для охорони атмосферного повітря, зниження впливу на водні ресурси та забруднення земель першочерговими заходами мають бути:

- створення технологій та обладнання, що виключає інтенсивне пило- та газовиділення;
- використання сировини і матеріалів, що скорочують обсяги утворення відходів, сприяють вторинному використанню регенерованих матеріалів.

Прикладом таких технологій можуть бути різні способи підготовки шихтових матеріалів, що полягають в очищенні металоскрапу перед плавкою, пакетуванні та брикетуванні дрібних фракцій металобрухту і стружки, окускуванні коксового відсіву.

Важливим завданням охорони навколишнього середовища є також очищення та охолодження стічних промислових вод ливарних цехів. Попадання нагрітих вод у природні водойми спричиняє зниження рівня кисню у воді (тому скидання очищеної води повинно бути при температурі не більше 20 °C). Велику кількість вод із надлишковим теплом, що утворюються внаслідок охолодження кокілів, кристалізаторів, водоохолоджуваних виливниць та інших агрегатів, направляють у котли-утилізатори тепла, опалювальні системи. Якщо концентрація у воді шкідливих домішок, зокрема йонів кольорових металів (свинцю, міді, вісмуту тощо) перевищує гранично допустимі концентрації, то воду піддають спеціальному очищенню. Для видалення грубодисперсних домішок застосовують відстоювання і фільтрацію. Однак навіть глибоке очищення стічних вод не гарантує збереження якості природних водойм, тому підприємствам, у складі яких функціонують ливарні цехи, нині пропонується організація замкнутих циклів водопостачання.

У зниженні впливу ливарного виробництва на навколишнє середовище, забезпеченні виконання вимог законодавства в цій галузі, головним є створення і впровадження безвідходних або маловідходних технологічних процесів. У зв'язку з цим необхідно провести оцінку технологічних процесів, матеріалів і устаткування, що застосовуються для їхнього здійснення, з

погляду відповідності їхнім санітарно-гігієнічним та екологічним вимогам і заміни тих із них, що не задовольняють цих вимог, новими, такими, що унеможливають забруднення навколишнього природного середовища. Зокрема, це стосується питань регенерації формувальних і стрижневих сумішей з органічними смолами.

У ряді промислово-розвинених країн витрати, пов'язані з розв'язанням проблем екології та охорони природи, вже перевищили 2,0 - 2,5 % щодо валового національного продукту. Правила інженерного підходу до організації технологій виробництва часто стали позначати як правила «3Е» (Energy + Ecology + Economy) або українською «3Е» (Енергія + Екологія + Економія).

Під час проектування нових і реконструкції чинних виробництв у проєкти закладають процеси та обладнання, що мінімізують витрату сировини й енергії, дають змогу унеможличувати або максимально знижувати виділення пилу та газів, здійснювати ефективне очищення та знешкодження викидів.

4.2 Охорона праці

Загальні вимоги прав робітників на охорону життя та здоров'я під час виконання трудових обов'язків, на безпечні, якісні та здорові умови роботи передбачені законодавством України, у тому числі Законом України «Про охорону праці», що був прийнятий Верховною Радою наказом № 2695-XII від 14.10.92 р. [26]. Даний Закон, за сприянням відповідальних органів державної влади, регулює відносини між найманим працівником і роботодавцем у питаннях гігієни, безпеки праці та виробничого середовища; встановлює загальний порядок організації безпеки праці на підприємстві.

На ремонтних заводах вібраційні верстати і відповідні робочі місця або дільниці рекомендується розміщувати в закритих приміщеннях як серед інших

типів устаткування (механічні, механоскладальні цехи та дільниці), так і у вигляді окремих дільниць ВіО.

Великі групи вібраційного обладнання використовують у розбирально-мийному цеху або дільниці, на дільниці відновлення деталей, складання машин для миття, очищення, дороблення, шліфувально-оброблення і зміцнення деталей (очищення деталей і заготовок від окалини та корозії, видалення задирок, згруглення і полірування гострих кромek, очищення деталей від нагару, накипу).

Для ефективного використання на ремонтних заводах вібраційні верстати рекомендується сконцентрувати на спеціалізованих ділянках. Така концентрація дає змогу повніше завантажити вібраційні верстати, організувати їхнє обслуговування і ремонт, краще використовувати робочі середовища, використовувати універсальні розділові пристрої, залучати постійний обслуговувальний персонал, що володіє необхідною кваліфікацією.

На ремонтних підприємствах структура дільниць ВіО може бути різною. Так, наприклад, на авіаремонтних заводах дільниця вібраційної обробки розташована у двох приміщеннях. В одному з них знаходяться вібраційні верстати, (кількість їх залежить від типу виробництва). Тут здійснюються очисні та мийні, складальні та розбірні операції. В іншому приміщенні розташовані вібраційні верстати для виконання оздоблювально-зачисних операцій, шліфування та оздоблення поверхні.

Операції вібраційної обробки і вібраційні верстати можуть використовуватися як на загальних технологічних лініях, так і на спеціалізованих ділянках. При цьому успіх виконання різних операцій вібраційної обробки залежить від правильної організації та оснащення робочого місця і виробничої дільниці. На ділянці і робочому місці необхідно мати підведення води, стисненого повітря, злив, інструментальну шафу з необхідним набором слюсарно-монтажного інструменту для регулювання та налагодження установок, а також для усунення дрібних несправностей, для зберігання необхідної кількості робочих середовищ (твердих і рідких),

дрібномірну тару на 1, 3 і 5 літрів для вимірювання сипких і рідких матеріалів під час підготовки складів робочих середовищ, дрібний інвентар у вигляді совка, сита з різними отворами, пристрої для поділу деталей і робочих середовищ, а також для відокремлення зношених деталей і робочих середовищ, для видалення зношеного матеріалу, а також для зберігання сит. При організації діляниці один робітник може обслужити кілька верстатів.

4.3 Техніко-економічне обґрунтування досліджень

Економічні дослідження ТП ВіО заготовок показують, що найбільший ефект досягається під час обробки деталей невеликих розмірів масового виробництва. За даними робіт [9] відомо, що операції фінішної обробки забезпечують значний економічний ефект від їх впровадження у виробництво. Наприклад, операції ВіО, що пов'язані зі зменшенням шорсткості поверхні у 1,6 раза ефективніші, ніж операції з видалення задирок, операції зміцнення дають змогу в 1,3-1,35 разів підвищити ефективність ТП ВіО в порівнянні з дробоструменевою обробкою заготовок.

Оцінка практики досліджень ТП ВіО показує, що рівень економічного ефекту перебуває в залежності від раціонального вибору:

- Організації самого процесу;
- Засобів його технологічного оснащення;
- Режимів і тривалості використаних операцій;
- Технічних характеристик;
- Партий, типорозміру і конфігурації;
- Фізико-механічних параметрів матеріалу;

Відомо, що економічна ефективність від впровадження ТП ВіО з розрахунку на одну верстато-годину одного вібраційного станка характеризується такими показниками:

- Економічний ефект становить від 200 до 648 грн;
- Зростання продуктивності праці від 250 до 700% і більше;

- Додаткові капітальні витрати від 40 до 216 грн;
- Термін окупності додаткових витрат від 0,1 до 0,6 року.

Впровадження одного вібраційного верстата у виробництво залежно від реалізованого ТП ВіО може дати такі результати:

- Річний економічний ефект від 128 до 2080 тис. грн;
- Умовне скорочення кількості (економічні) робітників від 5 до 15 осіб.

Аналіз показує, що при впровадженні ТП ВіО не брали до уваги витрати часу на допоміжні операції та оцінку результатів обробки. Водночас ці витрати можуть становити в середньому від 50% до 200% від загальних витрат на виконання основних операцій ВіО.

Запропоновано наступні способи скорочення часу обслуговування та управління ТП ВіО:

- Регулювання амплітуди і частоти коливань у процесі обробки шляхом використання систем автоматичного регулювання, розробки і створення на їх основі верстатів з програмним управлінням;
- Скорочення тривалості ТП за рахунок розробки оптимальних циклів обробки та алгоритмів програм типових ТП для обробки деталей.

У результаті виконаних досліджень обґрунтовано та визначено оптимальну тривалість ВіО обробки деталей. Створено методологію організації багатоопераційного технологічного процесу ВіО деталей в абразивних середовищах і його системного середовища.

Техніко-економічні показники зводимо до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Техніко-економічні показники розробки

Показники	Значення
Економічний ефект, грн./год	648
Зростання продуктивності праці, %	700
Додаткові капітальні витрати, грн./год	216
Річний економічний ефект, тис. грн.	2080
Програма зміцнення із застосуванням пристрою, шт.	1000
Термін окупності, років	0,6

Висновки

1. Техніко-економічне обґрунтування результатів роботи ВіО свідчать про те, що термін окупності запропонованої технології склала 0,6 років при програмі обробки 1000 деталей.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Дано аналіз стану очисних і оздоблювально-зачисних операцій у технології ремонту широкої номенклатури виробів різного призначення.
2. Теоретично обґрунтовано й експериментально підтверджено можливість і сферу використання вібраційної обробки в технології ремонтних виробництв.
3. На основі експериментальних досліджень встановлено закономірності процесу вібраційної обробки при видаленні експлуатаційних і технологічних забруднень.
4. Досліджено оптимальні умови виконання очисних операцій при видаленні забруднень: режим коливань, робочі середовища, склади технологічних рідин.
5. Досліджено механізм процесу вібраційного очищення деталей від експлуатаційних забруднень, в основі якого розглядають спільний вплив на видалені забруднення механічної енергії у вигляді безлічі мікроударів частинок робочого середовища і фізико-хімічних властивостей технологічної рідини.
6. На основі теоретичних і експериментальних досліджень представлено класифікацію факторів, що впливають на ефективність віброабразивного очищення деталей від нагароподібних та інших видів забруднень.
7. Встановлено, що ефективне використання ВіО в технології ремонтних підприємств охоплює такі операції, як очищення від нагару, окалини, накипу, масляних забруднень із включенням твердих часток, видалення ґрунтових нашарувань, залишків лакофарбових покриттів, видалення задирок, заокруглення кромek, шліфування та оздоблення.