

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра механіки та інженерії агроecosистем

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Матус Олександр Володимирович

УДК 631.331

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ВАЛА ВОДЯНОГО
НАСОСА**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ О.В. Матус

Керівник роботи
Забродський П.М.
к.т.н., доцент

Житомир – 2021

АНОТАЦІЯ

Матус Олександр Володимирович. Підвищення ресурсу вала водяного насоса. – *Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2021.

В магістерській роботі встановлено, що застосування ультразвукової обробки може бути ефективним у таких випадках: для деталей термічно та хіміко-термічно оброблених сталей, де застосування інших методів не дозволяє отримати значний зміцнюючий ефект; для деталей та інструментів із твердих сплавів; для деталей малої та нерівномірної жорсткості.

Ультразвукове вигладжування забезпечує більш високий рівень зміцнення поверхневого шару, причому на більшу глибину, ніж при вигладжуванні без ультразвукового зміцнення у подібних технологічних умовах.

Додаткова енергія ультразвукового зміцнення інтенсифікує процес пластичної деформації, що обумовлює деформаційне зміцнення високоміцних матеріалів.

Найбільшу ефективність введення в зону обробки додаткової енергії ультразвуку набуває при обробці матеріалів з високим значенням вихідної мікротвердості поверхні.

Ремонтопридатність конструкцій машин, як і інші їх властивості, є функцією факторів конструктивного, виробничо-технологічного та експлуатаційного характеру.

Найбільш раціональним способом відновлення вала відцентрового насоса є електродугове наплавлення під шаром флюсу. Цей спосіб дозволяє відновлювати вал із меншими витратами, ніж інші.

Ключові слова: вал, водяний насос, ультразвукова обробка, зміцнення, наплавлення, ресурс.

ANNOTATION

Matus Alexander Vladimirovich. Increasing the Water Pump Shaft Resource.
– *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2021.

In the master's thesis it is established that the use of ultrasonic treatment can be effective in the following cases: for parts of heat and chemically heat-treated steels, where the use of other methods does not allow to obtain a significant strengthening effect; for parts and tools made of hard alloys; for parts of low and uneven stiffness.

Ultrasonic smoothing provides a higher level of hardening of the surface layer, and to a greater depth than when smoothing without ultrasonic hardening in similar technological conditions.

The additional energy of ultrasonic hardening intensifies the process of plastic deformation, which causes the deformation hardening of high-strength materials.

The greatest efficiency of introduction into the zone of processing of additional energy of ultrasound acquires at processing of materials with high value of initial microhardness of a surface.

The maintainability of machine structures, as well as their other properties, is a function of structural, production, technological and operational factors.

The most rational way to restore the shaft of the centrifugal pump is electric arc surfacing under the flux layer. This method allows you to restore the shaft at a lower cost than others.

Key words: shaft, water pump, ultrasonic treatment, hardening, surfacing, resource.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗНОСУ ТА СПОСОБИ ВІДНОВЛЕННЯ ВАЛУ ВОДЯНОГО НАСОСА.....	7
РОЗДІЛ 2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....	29
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВІДНОВЛЕННЯ ВАЛА ВОДЯНОГО НАСОСУ.....	37
ВИСНОВКИ.....	44
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	45

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Одним з найважливіших показників, що визначають попит на об'єкт є ресурсу. Забезпечення необхідної якості можливе при задоволенні експлуатаційних вимог до деталей машин.

Працездатність деталей забезпечуються за рахунок виконання наступних основних вимог: міцності, жорсткості та стійкості до різних впливів (зносу, вібрації, температури та ін.).

Вал відцентрового насоса на рівні з іншими деталями схильні до зносу. Для нього характерна функція, що супроводжується динамічним навантаженням, що призведе до зростання ударних навантажень на вал. Ці причини сприяють передчасному зношуванню деталей.

Отже, відновлення валу насоса, тим самим продовжуючи ресурс відцентрового насоса загалом, є актуальним та своєчасним завданням.

Мета та завдання дослідження Мета роботи полягала у аналізі показників ремонтпридатності та підвищення ресурсу валу водяного насоса за рахунок удосконаленої технології зміцнення зношених поверхонь.

Завдання досліджень:

- технологічні основи підвищення ресурсу валу водяного насоса;
- експериментальна частина (продуктивність обробки деталі; аналіз показників ремонтпридатності валу водяного насоса; оцінка ефективності технології ультразвукової обробки валу водяного насоса);
- розробка технологічного процесу відновлення валу водяного насоса.

Об'єкт дослідження – вал водяного насосу.

Предмет дослідження – закономірність впливу параметрів відновлення та зміцнення валу водяного насоса на показники його надійності.

Методи дослідження. Для вивчення об'єкта дослідження були використані раніше розроблені теоретичні та загальнологічні (аналіз та синтез, узагальнення, моделювання) передумови та експериментальні дослідження.

Експериментальні дослідження проводилися в лабораторіях кафедри механіки та інженерії агроєкосистем Поліського національного університету, а виробничі в умовах сільськогосподарських підприємств Житомирської області. Аналіз літературних джерел здійснювався аналітико-монографічним методом. Обробку експериментальних даних виконували за допомогою методів математичної статистики з використанням прикладних програм.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. **Матус О.В.** Закономірності зносу та способи відновлення валу водяного насоса. Збірник тез *VI-ї* всеукраїнської науково-практичної конференції «*Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь*» 39-10 квітня 2020 року. Житомир : ЖАТК. С. 208-210.

2. **Матус О.В.** Основні несправності валу відцентрового насоса. Збірник тез *VII-ї* всеукраїнської науково-практичної конференції «*Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь*» 31 березня 2021 року. Житомир : ЖАТК. С. 207-208.

3. Куликівський В., Скринська М., **Матус О.**, Росковинський Д. Методи створення зміцнювальних зносостійких покриттів. Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки». Кропивницький: ЦНТУ. 2021. С. 58-60.

Практичне значення одержаних результатів. Практичний інтерес для сільськогосподарських підприємств представляє розроблений спосіб відновлення робочих поверхонь валу водяного насоса.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 15 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 46 сторінок комп'ютерного тексту, містить 14 рисунків та 2 таблиці.

РОЗДІЛ 1

ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗНОСУ ТА СПОСОБИ ВІДНОВЛЕННЯ ВАЛУ ВОДЯНОГО НАСОСА

Загальноприйнята та застосована схема технологічного процесу відновлення валу відцентрового насоса (ВН) наведено на рис. 1.1.



Рис. 1.1. Схема технологічного процесу відновлення валу відцентрового насоса.

Відновлення поверхонь із кавернами глибиною до 2 мм обмежується зачисткою пошкодженого місця наждачним каменем за допомогою пневматичної або електричної машини.

Глибокі пошкодження відновлюють методом електронаплавлення. Відновлення валів цим методом пов'язане з великими труднощами через високу трудомісткість робіт, великі обсяги наплавлення та витрати електродів, неможливості механізації трудомістких операцій, поганих умов роботи в обмеженому просторі.

З метою зниження трудомісткості та термінів ремонтно-відновлювальних робіт останнім часом набув поширення метод відновлення валів відцентрових

насосів за допомогою наформування полімерних композиційних матеріалів (ПКМ) на основі епоксидних смол.

За наявності великих наскрізних отворів у деталях, що ремонтуються, їх необхідно заварити. Поверхні повинні бути очищені від усіляких забруднень - іржі, окалини, залишків раніше нанесених покриттів, консерваційного мастила, жирів та ін.

Для очищення поверхні застосовують ручні металеві щітки, піско- та дробоструминні апарати, кутову пневматичну щітку типу УПЩР-1.

Після очищення на поверхні металу не повинно бути окалини та слідів корозії. Очищені поверхні повинні бути шорсткими та мати рівний сірий колір металу.

Допускається наявність іржі в раковинах сумарною площею не більше 10% поверхні, що зачищається. Зняття окалини і іржі, не даючи висохнути миючому розчину, змиваючи струменем чистої води. Сушіння очищеної поверхні здійснюють за допомогою обдування підігрітим повітрям і обробки електричними або газовими термоінфрачервоними випромінювачами. В ОА «Сувмаш» зношену поверхню валу відновлюють дуговим наплавленням під шаром флюсу (Рис. 1.2).



Рис. 1.2. Встановлення автоматичного зварювання під шаром флюсу: 1 – станина; 2 – електрощит; 3 – механізм подачі дроту; 4 – установка наплавлення; 5 – бункер для флюсу; 6 – вал; 7 – супорт верстата

Застосування флюсу забезпечує надійний захист розплавленого металу від окиснення азотування. Це дозволяє отримати метал шва із високими механічними властивостями. При зварюванні під шаром флюсу розбризкування металу, що має місце при зварюванні відкритою дугою, не відбувається. Витрата електроенергії при зварюванні під флюсом нижче, ніж при ручному дуговому зварюванні. Останнє пов'язано з меншими втратами тепла у навколишнє середовище.

При напівавтоматичному зварюванні подача дроту проводиться механізмом, а переміщення тримача вручну. Флюс при напівавтоматичному зварюванні подається в зону горіння дуги або з бункера, закріпленого на утримувачі, або за шлангом від спеціального флюсового живильника.

Крім того, прибирання частини флюсу, що не сплавилася, при автоматичному зварюванні проводиться спеціальним флюсовим відсмоктуючим механізмом.

Процес зварювання під шаром флюсу може вестись на змінному струмі, а також на постійному струмі при прямій та зворотній полярності.

Оскільки при зварюванні під шаром флюсу розбризкування електродного металу не відбувається, її можна вести при великих щільності струму, ніж ручне зварювання.

У зв'язку з цим при зварюванні під шаром флюсу значно підвищується швидкість зварювання і відповідно продуктивність праці. Слід також відзначити, що при зварюванні під шаром флюсу якість зварних з'єднань виходить високою.

Обов'язковою умовою для отримання високої якості зварних з'єднань є налаштування обладнання, правильна підготовка кромки під зварювання, а також правильне складання зварних конструкцій.

Спочатку на поверхні деталі на глибину 0,4 – 0,8 мм розплавляється верхній шар. У цей розплавлений метал додається присадний пруток, що розплавляється.

Відомі способи відновлення валу методом наплавлення порошкоподібними металами (рис. 1.3).

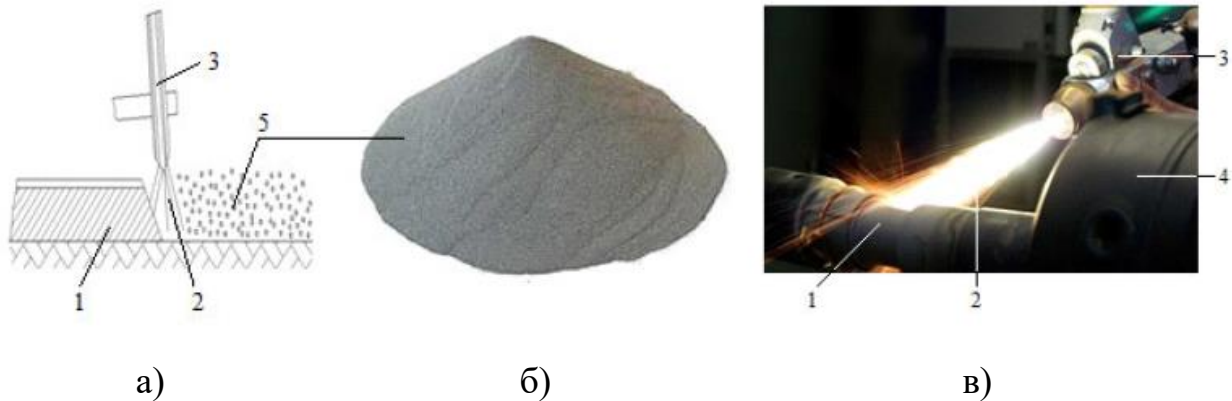


Рис. 1.3. Наплавлення порошкоподібними металами: а – схема наплавлення; б – порошок; в – загальний вигляд наплавлення; 1 – деталь; 2 – плазмова дуга; 3 – плазмотрон; 4 – верстат; 5 – порошок.

Наплавку здійснюють постійним струмом, так як при змінному струмі виходить сильне розбризування наплавлюваного сплаву і швидке обгорання вугільного електрода. Наплавлений шар при цьому має товщину 2-4 мм. За час наплавлення відбувається сильне вигорання легуючих елементів, вміст яких у напавленні може зменшитися до половини концентрації їх у порошкоподібному сплаві.

До теперішнього часу застосовується для відновлення валу так зване електродугове наплавлення з присадкою або у вуглекислому газі (рис. 1.4).

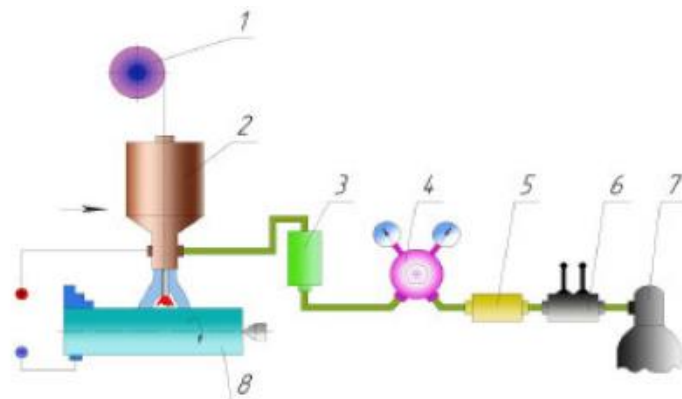


Рис. 1.4. Схема установки для дугового наплавлення в середовищі CO_2 : 1 – касета з дротом; 2 – наплавна головка; 3 – витратомір; 4 – редуктор; 5 – осушувач; 6 – підігрівач; 7 – балон із вуглекислим газом; 8 – деталь.

Електродугове наплавлення електродами у вуглекислому газі подібне до звичайного електродугового зварювання. У цьому випадку електродний дрiт може бути таким же, що й у електродiв, тобто типу ОММ-5, МЕЗ-04, ЦМ-7 тощо, або мiстити легуючі елементи, наприклад, нiкель, хром, марганець, молiбден, титан.

В останні роки широке застосування набуває ультразвукова обробка. Ультразвук застосовують для зварювання, миття деталей та вузлiв рiзної техніки, зварювання рiзних матерiалiв. При ультразвуковому зварюванні обидві деталі утримуються на мiсці і для створення тертя використовуються високочастотні звукові хвилі (Рис. 1.5).

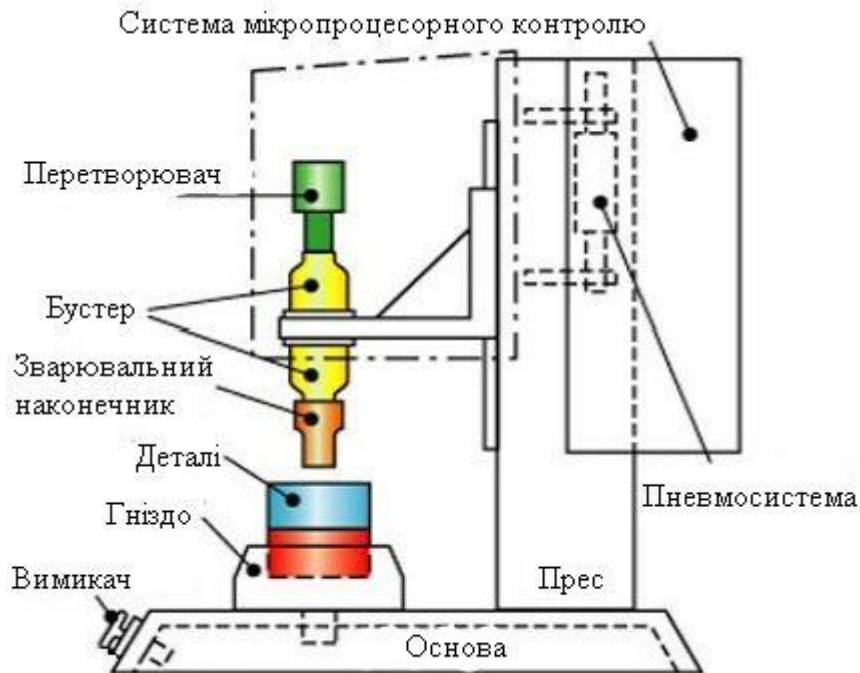


Рис. 1.5. Схема установки для ультразвукового зварювання

Існують рiзні методи змiцнення вiдновленої поверхні валу, що вiдрiзняються один вiд одного, як за прийомами виконання, продуктивності, так і за вартiстю та зручністю застосування.

Ультразвукове змiцнення вiдноситься до iмпульсних способiв деформування зовнішньої поверхні деталей, що вiдновлюються.

При ультразвуковому зміцненні робоча частина інструменту 6, виконана з твердосплавних матеріалів ВК8, Т15К6 або загартованих сталей ШХ15 з $Ra=0,02-0,08$ мкм і радіусом закруглення 8 мм, притискається до оброблюваної деталі 7 за допомогою вантажу 5 із зусиллям 300-400 Н і набуває ультразвукові коливання, створювані ультразвуковим генератором 2, магнітострикційним перетворювачем 3 і конічним концентратором 8 (Рис. 1.6).

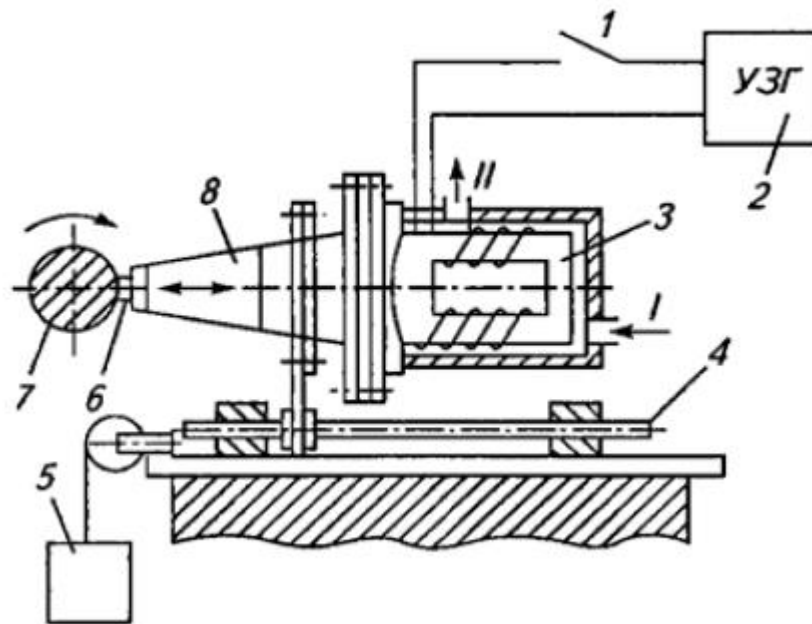


Рис. 1.6. Схема ультразвукового зміцнення зовнішніх циліндричних поверхонь: 1 – рубильник; 2 – ультразвуковий генератор; 3 – магнітострикційний перетворювач; 4 – напрямні; 5 – вантаж; 6 – робоча частина ультразвукового інструменту; 7 – оброблювана деталь; 8 – конічний концентратор; I, II – подача та відведення охолоджуючої води.

Повільний процес визнання переваг ультразвукового зварювання у промисловості був викликаний відсутністю потужного ультразвукового обладнання, яке могло б гарантувати стабільну якість зварювання навіть для більших деталей. В результаті дослідження у 80-х та 90-х роках були в основному зосереджені на розвитку ультразвукового обладнання. Ультразвукове зварювання ідеально підходить для створення електричних з'єднань, зварювання

алюмінію та міді, для герметизації кінців мідних трубок, для зварювання пластмас, для вбудовування металевих деталей у пластмасові.

З інших можливостей ультразвуку слід зазначити його здатність обробки твердих тендітних матеріалів під заданий розмір. Зокрема, дуже ефективна ультразвукова обробка при виготовленні деталей та отворів складної форми в таких виробках, як скло, кераміка, алмаз, германій, кремній та ін., обробка яких утруднена іншими методами. Застосування ультразвуку при відновленні зношених деталей зменшує пористість металу, що наплавляється, і збільшує його міцність. Крім того, знижується жолоблення наплавлених подовжених деталей, наприклад, валів відцентрових насосів.

Ультразвукове зміцнення деталей машин. Сутність ультразвукового зміцнення (УЗЗ) поверхонь деталей машин полягає в тому, що під сумарним впливом статичної та динамічної сил, що передаються поверхні за допомогою інструмента, значно змінюються її властивості. А саме: пластично деформується поверхневий шар деталі, знижується шорсткість поверхні, майже вдвічі збільшується мікротвердість, а глибина зміцненого шару досягає 0,5 мм.

Статичною силою тут є зусилля притискання інструменту до поверхні виробу, а динамічна сила створюється коливальною системою, що включає ультразвуковий генератор, хвилевід та зміцнювальний інструмент.

До параметрів режиму УЗЗ відносяться статична сила, амплітуда коливань інструменту, радіус його округлення, частота коливань, ефективна маса інструменту, подовжня подача, кількість робочих ходів, швидкість обробки деталі.

При ультразвуковому зміцненні робоча частина інструменту виконується зазвичай із твердосплавних матеріалів ВК8, Т15К6 або загартованих сталей ШХ15 з закругленням радіусом 8 мм. Робоча частина інструменту притискається до оброблюваної деталі за допомогою вантажу з зусиллям 300 ... 400 Н і набуває ультразвукових коливань, створюваних ультразвуковим генератором, магнітострикційним перетворювачем та конічним концентратором. Частота

коливань інструменту 18...24 кГц, амплітуда коливань 10...20 мкм, швидкість обробки поверхні деталі 0,9...1,0 м/с. Поздовжнє подання інструменту $S = 0,125$ мм/об. З метою зменшення зносу інструменту та підвищення продуктивності процесу при зміцненні використовують мастильно-охолоджувальну рідину – індустріальне масло.

Застосування ультразвукового зміцнення особливо ефективне для інструментів, зубів коліс, деталей, виготовлених з чавуну, кольорових металів та сплавів, у тому числі твердосплавних, а також для деталей складної форми, так як при ультразвуковому зміцненні не потрібне використання слідкувальної системи або копіра.

Ультразвукова імпульсна зміцнювально-чистова обробка. Вперше інформація про ультразвуковий спосіб обробки з'явилася на роботах професора І.І. Муханова 1964 року. Нині устаткування ультразвукового методу обробки виробляють кілька організацій. Значних досягнень у цьому напрямі досяг «Північно-західний центр ультразвукових технологій» під керівництвом доктора технічних наук, професора Ю.В. Холопова. Інша назва цього способу металообробки – безабразивна ультразвукова фінішна обробка (БУФО).

Ультразвукова обробка застосовується після токарної чистової обробки. Ультразвуковий інструмент, затиснутий у різцетримачі універсального токарного верстата, під дією статичної сили, створюваної притиском, і динамічної сили, створюваної ультразвуковою коливальною системою, пластично деформує і зміцнює поверхневий шар деталі, збільшує мікротвердість, знімає залишкові мікронапруження, згладжує нерівності поверхні та створює в результаті покращений поверхневий шар з регулярним характером мікрорельєфу (рис. 1.7).



Рис. 1.7. Ультразвукова імпульсна зміцнювально-чистова обробка деталей: а – зміцнення циліндричної деталі на токарному верстаті; б – інструмент обробки зовнішніх поверхонь; в – для обробки внутрішніх поверхонь

В результаті застосування даного способу мікротвердість поверхні зростає на 30...300%, а шорсткість знижується вдвічі. Таку якість поверхні можна отримувати не тільки на термічно оброблених та сирих сталях, а й на чавунах, кольорових металах та сплавах. Товщина наклепу після ультразвукової обробки може бути до 0,1 мм. Оптимально поєднуючи статичну та динамічну складову сили ультразвукової обробки, можна перевищити границю текучості оброблюваного металу і тим самим проводити корекцію геометрії оброблюваної деталі, тобто здійснювати виправлення.

Відсутність впроваджених у поверхню деталей зерен абразиву збільшує до двох разів термін служби сполучених деталей (пар ковзання, ущільнювальних сальників, сальникової набивки та ін.). До того ж регулярний мікрорельєф підвищує властивість утримання обробленої поверхнею мастил, що покращує корозійну стійкість обробленої поверхні.

Перераховані властивості доводять, що деталі машин і механізмів, піддані ультразвуковій імпульсній зміцнюючочистової обробки, мають більшу

зносостійкість, циклічну, контактну, втомну міцність, ніж після шліфування, обкатування кулею та інших фінішних способів обробки поверхні деталей.

Ультразвукове деформаційне зміцнення деталей здійснюють за рахунок енергії удару об оброблювану поверхню сталевих кульок, що розганяються стінками хвилеводу, що коливаються з ультразвуковою частотою. Внаслідок високої частоти ударів та відносно великої енергії відбувається інтенсивна пластична деформація металу, внаслідок чого змінюються вихідний стан мікрогеометрії та фізичні властивості поверхневого шару. Поверхневий шар зміцнюється, у ньому наводяться залишкові напруження стиснення.

Використовують також ультразвукове зміцнення (УЗЗ), коли робочим тілам, що завантажуються, поміщеним в замкнутий об'єм разом з оброблюваною деталлю, повідомляють ультразвукові коливання, під дією яких відбувається зміцнення оброблюваної поверхні. Процес нагадує віброударну обробку (рис. 1.8).

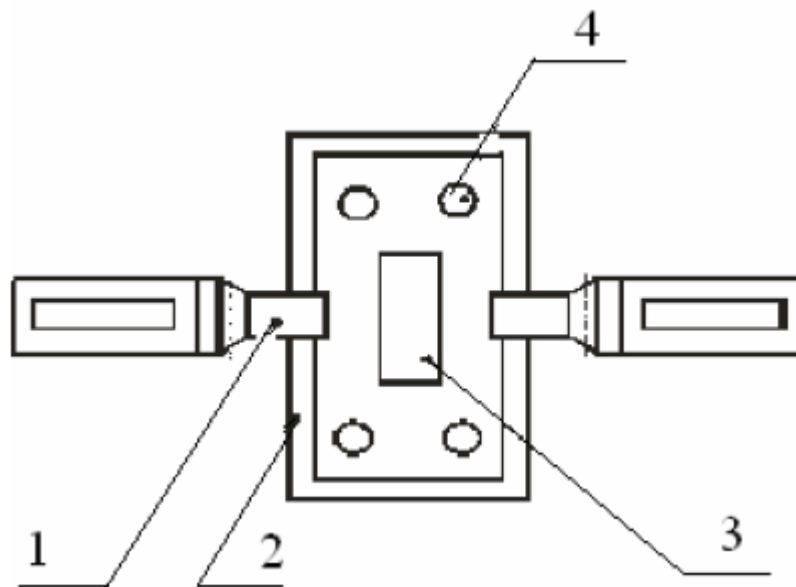


Рис. 1.8. Схема ультразвукового зміцнення кульками: 1 – хвилевід; 2 – камера; 3 – оброблювана деталь; 4 – сталеві кульки.

Віброударна обробка – це обробка робочими тілами деталей у замкнутому об'ємі за його вібрації. При цьому виді обробки частота вібрації робочого середовища набагато нижча за частоту ультразвукових коливань. Для

вібраційної ударної обробки використовують робочі тіла з різних матеріалів та рідкі робочі середовища. Крім сталевих та полімерних кульок, сталевого та чавунного дробу застосовують металеву січку з дроту, гранули з алюмінієвих та кольорових сплавів.

При віброударній обробці в робочій камері, що змонтована на пружних підвісках і має можливість коливатися в різних напрямках, повідомляються низькочастотні коливання – здебільшого за допомогою дисбалансного вібратора. Віброударна обробка проводиться в результаті безлічі мікроударів та відносного ковзання з певним тиском робочих тіл по поверхні оброблюваної деталі. Робочі тіла рухаються зі змінним прискоренням, що забезпечує їхню велику рухливість. Внаслідок високої відносної рухливості робочі тіла добре вписуються у фасонну поверхню деталей, за рахунок чого цим способом можна зміцнювати як зовнішні, так і внутрішні поверхні складних деталей різних розмірів. З огляду на обмеження енергетичних можливостей тривалість зміцнення значна (від 10 ... 20 хвилин до кількох годин), а ймовірність перенаклепу виключається, так як віброударна обробка порівняно з іншими способами ППД має обмежені енергетичні можливості.

Застосування ультразвукового зміцнення може бути ефективним у таких випадках:

- для деталей термічно та хіміко-термічно оброблених сталей, де застосування інших методів обробки не дозволяє отримати значний зміцнюючий ефект;
- деталей та інструментів з твердих сплавів;
- деталей малої та нерівномірної жорсткості.

Проведені порівняльні дослідження властивостей поверхневого шару наплавлених колінчастих валів після шліфування без ультразвуку та після вигладжування із застосуванням УЗЗ показали, що найбільший ефект отримано на деталях після УЗЗ. При цьому твердість поверхні деталі збільшилася на 30 %,

товщина зміцнення становила 0,6 ... 0,8 мм, мікротвердість збільшилася на 50 %, шорсткість зменшилася з 1,63 до 0,2 мкм.

Важливою перевагою УЗЗ є також утворення в поверхневому шарі наплавлених деталей залишкових напружень стиснення. Лабораторні випробування на зносостійкість наплавлених та зміцнених ультразвуковим інструментом шийок колінчастих валів показали їх менший знос у порівнянні з неукріпленими приблизно у 7 разів. Зносостійкість зміцнених шийок порівняно із зразками, не наплавленими (контрольними), виготовленими із сталі 45 та загартованими СВЧ, підвищилася приблизно в 4,7 раз.

Безабразивна ультразвукова фінішна обробка (БУФО).

Проблема створення ефективних методів зміцнення поверхонь деталей є однією з найважливіших у машинобудуванні. Більшість деталей працює в умовах інтенсивного зношування, при високих контактних навантаженнях та несприятливих умовах впливу навколишнього середовища. Одним з найбільш ефективних способів зміцнення деталей є поверхнєве пластичне деформування (ППД), сутність якого полягає в тому, що деформуючий елемент (індентор) притискається до оброблюваного виробу. Внаслідок пластичної деформації поверхневого шару збільшується твердість, утворюються стискаючі напруження, знижується шорсткість, що сприятливо впливає на ресурс деталей.

ППД ультразвуковим інструментом, яке в технічній літературі має кілька назв: безабразивна ультразвукова фінішна обробка (БУФО), ультразвукова фінішна обробка (УФО), ультразвукова імпульсна зміцнювально-чистова обробка, внаслідок своїх особливостей (високої частоти, сили ударів) поверхневого шару. Крім того, відмінною особливістю БУФО від інших відомих методів пластичного деформування є значна швидкість деформації. При такому динамічному впливі на метал змінюються його механічні властивості: збільшується втомна міцність, границя текучості та міцності, опір зносу на стирання, коефіцієнт відображення світла; зменшуються відносні подовження та звуження, електропровідність, магнітна проникність, теплопровідність,

коефіцієнт загасання поверхневих звукових хвиль; збільшується корозійна стійкість.

Комплекс для ППД складається з ультразвукового генератора, ультразвукового інструменту, сполучного кабелю та експлуатаційної документації. Інструмент є ультразвуковою коливальною системою, що складається з ультразвукового магнітострикційного перетворювача і хвилеводу-концентратора, до торця якого приєднується індентор. У процесі зміцнюючої обробки інструмент притискається до поверхні, що обробляється (рис. 1.9).

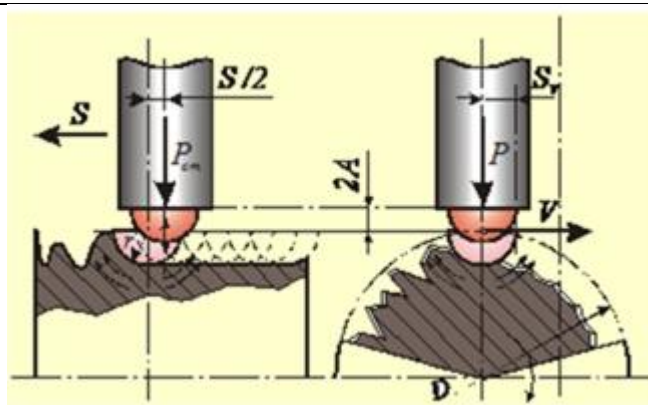


Рис. 1.9. Схема поверхневого пластичного деформування при ультразвуковій зміцнювальній обробці

В цілому процес ультразвукової обробки характеризується такими факторами:

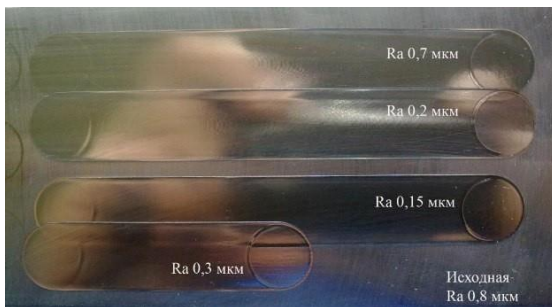
- формою та радіусом r робочої частини інструменту, мм;
- амплітудою коливань індентора, $2A$;
- величиною сили притиску інструменту до деталі $P_{ст}$, кгс;
- величиною динамічного впливу P , Н;
- подачею S , мм/оберт;
- числом проходу інструменту;
- окружної або лінійної швидкості заготовки V , м/хв;
- застосовуваної мастильно-охолоджуючої рідини (МОР).

Зразки деталей з різних матеріалів,
оброблені БУФО



Обработка листа $\delta=1,0$ мм Марка AISI 321
(08X18H10T)

Виконано на токарному верстаті.



Обработка листа $\delta=10,0$ мм Марка AISI 321
(08X18H10T)

Виконано на фрезерному верстаті

зразки деталей із різних матеріалів
оброблені БУФО



Обработка стали, бронзы, титанового
сплаву

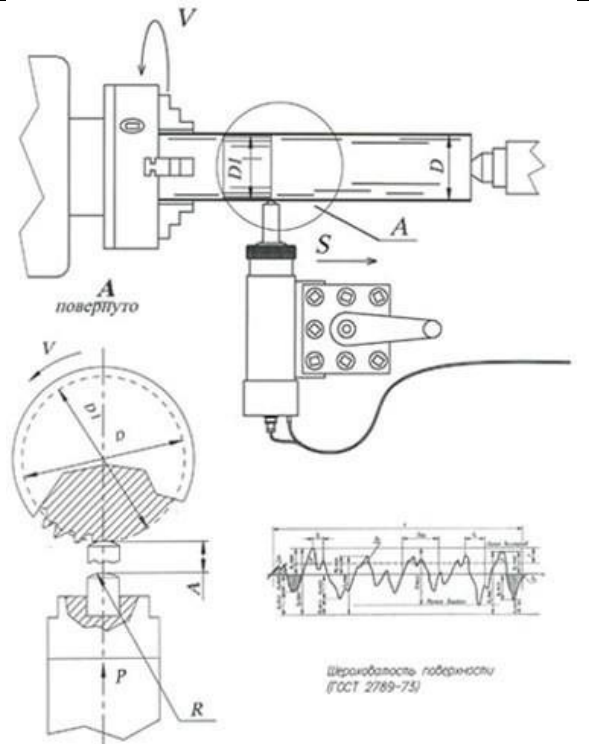


Рис. 1.10. Схема БУФО на
прикладі використання як
обладнання токарного верстата

Зразки деталей з різних матеріалів,
оброблені БУФО



Обработка различных
алюминиевых
сплавов

Експериментальні дослідження показали, що в процесі обробки між деформуючим елементом та оброблюваною поверхнею виникає періодичний контакт із частотою ультразвукових коливань. У момент контакту миттєві напруження істотно вищі за середні, що викликає значну пластичну деформацію. Також, як і для інших методів поверхневого деформування (вигладжування, обкатування, дорнування та ін) в результаті обробки зменшується шорсткість поверхні.

Відцентрові насоси складаються з наступних основних вузлів та деталей: корпус, ротор з робочим колесом, підшипники, кінцеві ущільнення валу, ущільнення робочих коліс, сполучні муфти (рис. 1.11) та (табл. 1.1).

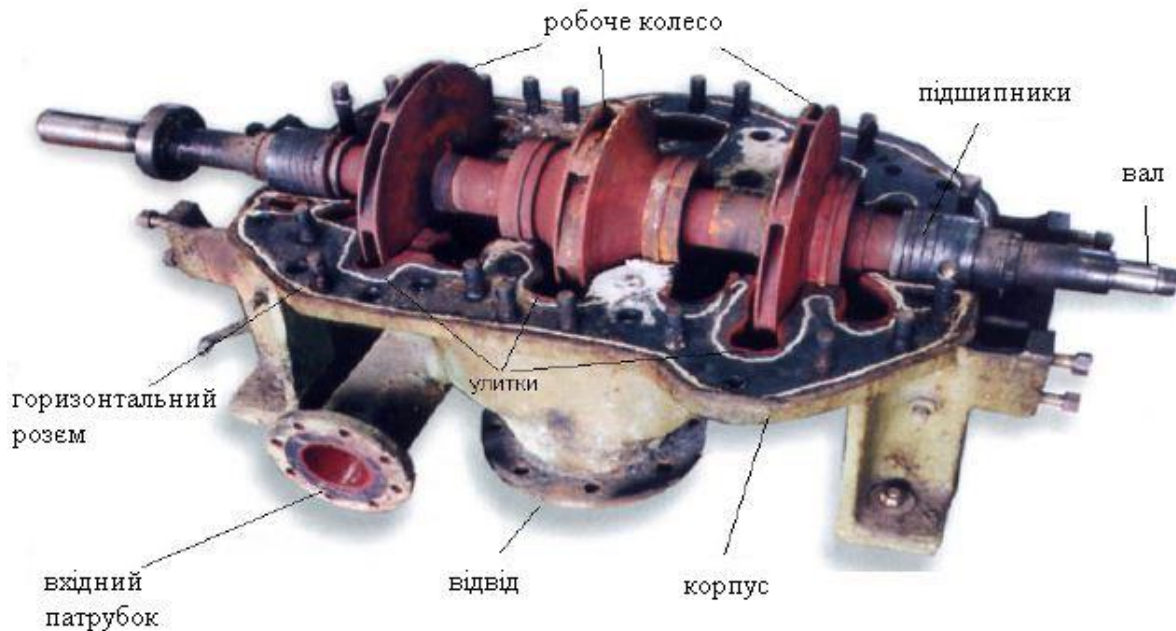
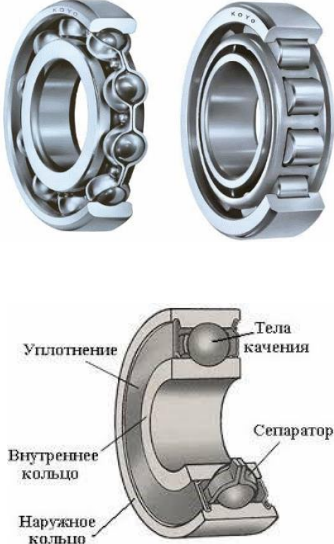







Рис. 1.11. Відцентровий однопрогоновий горизонтальний багатоступінчастий насос зі спіральним корпусом

Таблиця 1.1 – Деталі водяного насоса

№	Найменування деталей	Матеріали та твердість металу	Вага деталі кг	Дефекти
1	<p>Корпус відцентрового насоса</p> 	<p>Конструкційна вуглецева сталь 25Л, 30Л; HB 160</p>	60 кг	<p>-кавітаційний та корозійний знос окремих місць внутрішньої поверхні; -знос посадкових місць; -вибоїни та риси на площині роз'єму; -Місцеві тріщини.</p>
2	<p>Робоче колесо</p> 	<p>Конструкційна вуглецева сталь 25Л; HB 160 Корозійностійка та зносостійка сталь 12X18Н10ТЛ; HB 10⁻¹ = 179 Мпа Нержавіючі сталі: 2X13; 1X18Н9Т; HV 315-340</p>	36 кг	<p>-викривлення осі; -зноси шийок різьблення та шпонкових канавок; -поява тріщин; -корозійне, ерозійне або кавітаційне зношування; -тріщини у робочому колесі; -викришування, поломка лопаті робочого колеса.</p>
3	<p>Вал</p> 	<p>Сталь 35, 40Х, 30ХМА; Нержавіюча сталь 10X10Н9Т; HB 10⁻¹ = 179 МПа</p>	24	<p>-викривлення осі; -знос шийок різьблення та шпонкових канавок; -поява тріщин; -Дефекти поверхонь (кільцеві вироблення, наволакування і вириви металу), що сполучаються з напрямним підшипником ковзання; -дефекти зміни форми та взаємного розташування поверхонь (відхилення від круглої, циліндричної форм та порушення співвісності, прогин); -Дефекти поверхонь, що сполучаються з контактними ущільненнями валу (сальниковим, манжетним); -дефекти у поєднаннях фланців валів (знос торців і центруючих поверхонь)</p>

4	<p>Ущільнювальні кільця пар тертя</p> 	<p>Термооброблені сталі: 20X13, X17H2чи 35XНВФЛ; 95X12; HRC 55 Хромистий чавун: ЖЧХ-0,9; ЖЧХ- 1.5 і ЖЧХ-2,5; HB220- 260 Тверді сплави на основі вольфраму ВК2, ВК3,ВК3М, ВК4В, ВК6М, ВК6, ВК6В, ВК8, ВК8В,ВК10, ВК15, ВК20,ВК25, ВК30 (HRA 91,5 ... 81,5) і мінералокераміка ЦМ- 332 (корундовий мікроліт); HRA 91-93</p>	0,8	-знос кільця; -задири на робочій поверхні кільця.
5	<p>Торцеві ущільнення</p> 	<p>Листова маслостійка гума; пластмаса; карбід кремнію</p>		-знос кільця
6	<p>Захисні гільзи валу (підшипник ковзання)</p> 	<p>Сталь вуглецева: Ст3Гпс , Ст3кп, Стбсп, Стбпс,Ст5Гпс, Ст5сп, Ст5пс,Ст4сп, Ст4пс, Ст4кп, Ст3Гсп, Ст3сп, Ст3пс,Ст2сп, Ст2пс, Ст2кп, Ст1сп, Ст1пс, Ст1кп.;HRC 60-66 Легована: Сталь40ХН; HB 10⁻¹ = 207 Мпа;(замінник 45ХН, 50ХН, 38ХГН, 40Х, 35ХГФ, 40ХНР, 40ХНМ, 30ХГВТ); HB 10⁻¹ = 179 Мпа Сталь 09Г2с; HB 112-127</p>	0,7	-зношування гільзи; -задири на робочій поверхні гільзи.

7	<p>Підшипник кочення</p> 	Сталь ШХ 15	3 кг	<ul style="list-style-type: none"> -знос поверхні обойм та кульок; -тріщини, викришування, слідів іржі; -фреттінг-корозія; -хімічна корозія; -втомний знос і втомні раковини.
8	<p>Шпилька різьбова</p> 	Ст.20, Ст. 3кп, Ст. 45, Ст.45Г, Ст. 30ХГСА; НВ 124-238; НВ 304-361	0,015	<ul style="list-style-type: none"> -корозійне зношування; -знос шийок різьби
9	<p>Гайка</p> 	Ст.10, Ст.10кп, Ст.20, Ст. 20кп, Ст. 45, Ст. 35Х, Ст. 38ХА; НВ 181-238; НВ 276-342; НВ 238-304	0,01	<ul style="list-style-type: none"> -корозійне зношування; -знос різьби
10	<p>Гвинт</p> 	Ст.20, Ст. 3кп, Ст. 45, Ст.45Г, Ст. 30ХГСА; НВ 276-342; НВ 304-361	0,012	<ul style="list-style-type: none"> -корозійне зношування; -знос шийок різьби
11	<p>Болт</p> 	Ст.20, Ст. 3кп, Ст. 45, Ст.45Г, Ст. 30ХГСА; НВ 124-238; НВ 304-361	0,02	<ul style="list-style-type: none"> -корозійне зношування; -знос шийок різьби
11	<p>Прокладка</p> 	Термооброблені сталі: 20Х13, Х17Н2чи 35ХНВФЛ; 95Х12; HRC 55	0,03	<ul style="list-style-type: none"> -корозійне зношування

Вал насоса служить для передачі робочому колесу обертання від двигуна насоса. Колеса закріплюють на валу за допомогою шпонок та/або настановних гайок. Вал насоса зазвичай виготовляється з кованої мартенівської сталі, а у відповідальних випадках із легованої з додаванням хрому, нікелю, ванадію. Для

захисту валу від зносу або безпосереднього впливу рідини він іноді облицьовується втулками, а в сильно корозійному середовищі виконується зі спеціальних сортів нержавіючої сталі.

Зважаючи на високі числа оборотів відцентрових насосів, їх вали розраховуються на критичне число оборотів. Вали бувають жорсткі, якщо їх робочі числа оборотів лежать нижче за критичні, і гнучкі, якщо вони вищі за критичні.

Для виготовлення валів насосів, що перекачують холодну воду можна використовувати сталь 40, 45 або 40Х.

Для валів гарячоводних насосів матеріал повинен зберігати свої механічні властивості при температурі рідини, що перекачується, і мати коефіцієнт лінійного розширення, мало відмінний від коефіцієнта лінійного розширення матеріалу інших деталей ротора.

Вали насосів, що перекачують агресивні рідини, можна виготовляти із звичайних матеріалів. Однак у цьому випадку необхідно передбачити надійний захист валу з корозійностійкого матеріалу.

Вал водяного насоса повинен мати достатню міцність і жорсткість, за яких гарантується відсутність неприпустимих деформацій, що порушують стійку роботу ротора. Під дією власної ваги та ваги насаджених деталей вал має певний статичний прогин. При обертанні валу навіть при ретельному балансуванні завжди має місце залишковий небаланс, що викликає додаткове навантаження на вал від дії відцентрової сили. Крім того, при роботі на ротор діють гідромеханічні сили в радіальному та осьовому напрямках. Під дією цих сил вісь валу отримує додатковий динамічний прогин, який залежить від частоти обертання валу насоса.

При певній частоті обертання динамічний прогин може досягти такого значення, що вал водяного насоса стане динамічно нестійким і вібруватиме. І тут зазвичай частота збурюючої сили збігається з частотою своїх коливань ротора, і

настає явище резонансу. Частота обертання валу насоса, що відповідає виникненню резонансу, називається критичною частотою обертання ($n_{кр}$).

Основні несправності валу відцентрового насоса можуть бути різними, але найпоширенішим явищем, що викликає погану роботу агрегату, є погане обслуговування його підшипникових вузлів (рис. 1.12).

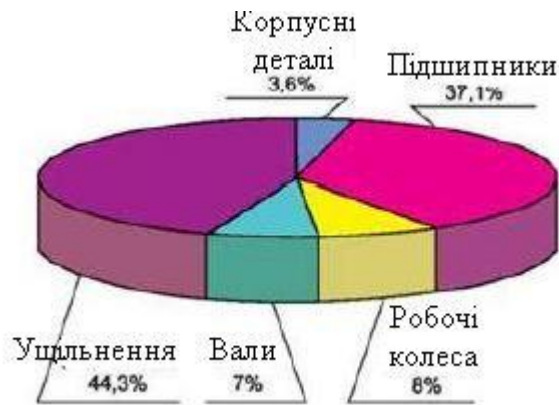


Рис. 1.12. Діаграма розподілу пошкоджень за елементами насосів

Тривалість роботи підшипникових вузлів залежатиме від плавності роботи механізму. Якщо робота валу буде нерівномірною, з частими биттями, це викличе великі навантаження на підшипникові вузли. Тому термін їхньої служби буде дуже коротким.

Якщо відбудеться сильне нагрівання підшипникових вузлів насоса, то втулка сальника вийде з ладу, оскільки матеріали, з яких виготовлена вона і вал насоса, мають різні коефіцієнти температурного розширення.

Погане центрування валу насоса призведе до несправності не тільки сальників, а й підшипників. Несправність підшипників може призвести до повного виходу з ладу всього насоса. Тому потрібно регулярно стежити за їх мащенням. У разі виявлення будь-якого виду поломки не рекомендується експлуатувати несправний насос. Оскільки будь-яка маленька поломка спричиняє велику несправність, а це може призвести до серйозних наслідків.

Робоча поверхня валу відцентрового насоса одночасно піддається руйнівному впливу кавітації та гідроабразивному зношуванню, що викликаються несучим потоком води та твердими частинками наведено на рисунку 1.13.



Рис. 1.13. Зношування валу відцентрового насоса: 1 – корпус; 2 – кавітаційний знос; 3 – гідроабразивний знос; 4 – корпус підшипника

Абразивне зношування – неминуча проблема експлуатації відцентрового насоса (рис. 1.14).

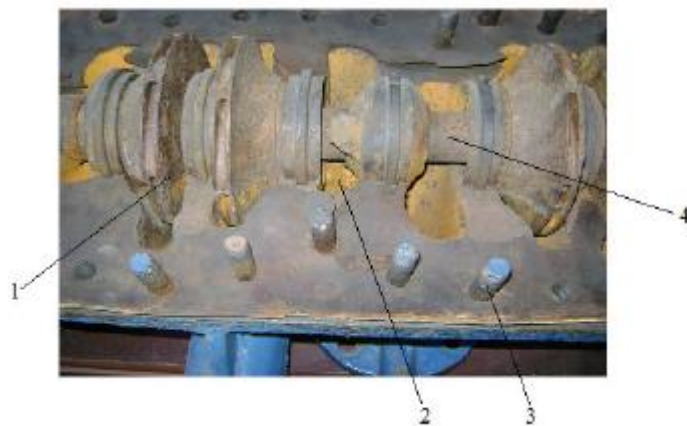


Рис. 1.14. Абразивний знос відцентрового насоса: 1 – знос робочого колеса; 2 – знос внутрішньої поверхні корпусу; 3 – знос шпильок; 4 – корозія поверхні валу.

Якщо в потоці є рідина (гідроабразивний знос), то ситуація ще більше посилюється (крім абразиву, вплив надає кавітація) - техніка дуже скоро вимагатиме заміни.

На валу найінтенсивнішому зносу схильні посадкові місця з-під робочого колеса, а також нерухомих з'єднань. Вільні поверхні валу переважно піддаються корозійному зносу, а деяких випадках мають характер кавітації. Вал насоса перевіряється на наявність таких дефектів: корозійне зношування окремих місць

внутрішньої поверхні; знос посадкових місць; вибоїни та риски на площині роз'єму, вигин.

Корозійний та гідроабразивний знос усувається за допомогою наплавлення металу електрозварюванням. Після виправлення дефектів валу всі посадкові місця в ньому перевіряють на розточувальному або токарному верстаті і, якщо потрібно, розточують до вказаних у кресленні розмірів. Корозійне зношування посадочних місць валу відновлюють аналогічно.

Обов'язково перевіряють співвісність гнізд під опори валу.

Висновки по розділу

1. Існуюча технологія відновлення валу наплавленням під шаром флюсу є і на сьогоднішній день пріоритетною.

2. Огляд та аналіз існуючих технологій показав, що доступним способом відновлення валу може бути порошкове наплавлення або один з перспективних – ультразвуковий спосіб.

3. Застосування УЗ обробки може бути ефективним у таких випадках:
для деталей термічно та хіміко-термічно оброблених сталей, де застосування інших методів не дозволяє отримати значний зміцнюючий ефект;
для деталей та інструментів із твердих сплавів;
для деталей малої та нерівномірної жорсткості, так само УЗ обробка характеризується невеликою статичною силою та часом деформування.

РОЗДІЛ 2

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

Продуктивність УЗ розмірної обробки залежить в першу чергу від амплітуди коливань інструменту, фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу, складу та властивостей абразивної суспензії та способу її підведення, сили подачі, площі поперечного перерізу інструменту, глибини обробки. Вона характеризується швидкістю знімання матеріалу заготовки та при постійному поперечному перерізі інструменту однозначно визначається швидкістю подачі.

Продуктивність Q_s можна розрахувати за емпіричною формулою:

$$Q_s = \psi \cdot (A \cdot 2 \cdot P_{ст}) \cdot a \cdot f \cdot v, \text{ мм}^3/\text{хв} \quad (2.1)$$

де Q_s -коефіцієнт, що залежить від властивостей оброблюваного матеріалу та абразивної суспензії;

A – амплітуда коливань інструменту, мкм;

$P_{ст}$ – сила подачі, Н;

f - частота коливань, Гц;

a і v – показники ступеня, що залежать від умов обробки ($a=0,5-1$; $v=0,5-1$).

Чим вище твердість абразиву та розмір зерен, тим більше знімання матеріалу та продуктивність (враховує коефіцієнт Q_s). Оптимальна сила подачі підбирається зазвичай експериментально і становить при розмірній обробці $P_{ст}=30-200$ Н. Тиск притиску інструменту $P_{пр}=P_{ст}/S$ становить в середньому $0,1-1$ МПа. Тут S – площа торця інструменту.

Продуктивність обробки залежить від глибини і площі отвору, що відображається в значеннях показників ступеня a і v .

Проблема створення конструкцій машин, які мають оптимальний рівень ремонтпридатності, тобто оптимальною пристосованістю до робіт з утримання

та відновлення працездатності та ресурсу, охоплює комплекс питань, які вирішуються при проектуванні, виготовленні та експлуатації машин.

Пристосованість конструкцій машин до проведення робіт з метою підтримки та відновлення працездатного стану та ресурсу прийнято називати ремонтопридатністю.

Показники безвідмовності та ремонтопридатності машин є складовими частинами та таких комплексних показників їх надійності як ймовірність виконання очікуваного завдання, $P_{oz}(t, \tau)$ коефіцієнта готовності K_r та деяких інших. У загальному випадку ремонтопридатність є однією з властивостей конструкцій машин, що характеризують їх якість.

Одна з основних вимог до машин – це пристосованість їх конструкції до робіт, які здійснюються з метою підтримки та відновлення працездатного стану у процесі експлуатації.

Ремонтотпридатність - властивість машин (виробів) полягає в пристосованості їх конструкції до технічного обслуговування та ремонту, що здійснюється з метою підтримки та відновлення працездатного стану та ресурсу.

Ремонтотпридатність тісно пов'язана з іншими властивостями машин і насамперед із такими властивостями, як безвідмовність та довговічність.

Класифікація показників ремонтотпридатності. Показники ремонтотпридатності, що встановлюються для конкретних видів машин та умов їх експлуатації, повинні задовольняти низці вимог, у тому числі:

а) забезпечувати можливість їх кількісного завдання та визначення статистичними методами на етапах створення, випробувань та експлуатації машин;

б) дозволяти оцінити найбільш суттєві фактори, що характеризують пристосованість виробів до ремонту та технічного обслуговування, та бути чутливими до їх зміни;

в) забезпечувати можливість проведення порівняльної оцінки однотипних машин, що працюють у різних організаційно-технічних умовах експлуатації;

г) дозволити проводити порівняльну оцінку машин різного типу, призначених для виконання однакових функцій та працюючих в однакових організаційно-технічних умовах;

д) забезпечувати можливість використання при визначенні комплексних показників, що характеризують якість та надійність технічних пристроїв та систем.

Залежно від характеру розв'язуваних завдань і показників ремонтпридатності вимог, що їх пред'являються, вони можуть бути класифіковані за такими ознаками:

1. Залежно від їх важливості: основні (нормовані) та додаткові (ненормовані);

2. Залежно від виду, оцінюваної якості: власне, ремонтпридатності; технологічності при обслуговуванні; технологічності під час ремонту.

Ремонтпридатність конструкцій машин, як і інші їх властивості, є функцією факторів конструктивного, виробничо-технологічного та експлуатаційного характеру.

1. Конструктивні фактори – при розгляді впливу факторів конструктивного характеру на ремонтпридатність машин необхідно враховувати, що конструктивні рішення, що приймаються на етапі створення машини, визначають як властивості її конструкції, але їх прояви при виготовленні та експлуатації.

2. Виробничо-технологічні фактори – надають переважний вплив на тривалість та трудомісткість здійснення профілактичних та відновлювальних робіт при експлуатації машин на термін їх служби.

3. Експлуатаційні фактори – визначають умови, в яких виявляються конструкції машин, закладені під час її проектування та забезпечені при виготовленні. Для конкретної конструкції та умов її використання експлуатаційні фактори визначають кількісні значення показників ремонтпридатності. Відмінність умов експлуатації, технічне обслуговування і

ремонту машин, тобто відмінність у складі та характер діючих експлуатаційних факторів є причиною відмінності значень показників ремонтпридатності для однієї і тієї ж машини.

В ОА «SUV MASH» перед здійсненням відновлення деталей відцентрового насоса попередньо визначають їхню ремонтпридатність.

Оцінка ремонтпридатності валу відцентрового насоса, відновленого за розробленою технологією.

Критерій ремонтпридатності розраховується за такою формулою:

$$K_p = \frac{S_n \sqrt{n}}{S_b}, \quad (2.1)$$

де K_p – критерій ремонтпридатності деталі;

S_n – вартість нової деталі, грн;

S_b – собівартість відновленої деталі, грн;

n – число ремонтних циклів при відновленні.

Приймається в результаті аналізу функціонального призначення деталі та запасом міцності (орієнтовно $n = 2 \div 6$);

Оцінка ремонтпридатності деталі провадиться за критерієм K_p :

- 1) $K_p < 1,5$ - деталь неремонтпридатна;
- 2) $2,0 > K_p > 1,5$ - дуже низька ремонтпридатність;
- 3) $3,0 > K_p > 2,0$ - низька ремонтпридатність;
- 4) $5,0 > K_p > 3,0$ - задовільна ремонтпридатність;
- 5) $8,0 > K_p > 5,0$ - хороша ремонтпридатність;
- 6) $K_p > 8,0$ – висока ремонтпридатність.

Енергія ультразвуку дозволяє інтенсифікувати процес обробки і досягти значного поліпшення показників якості поверхонь, що обробляються в порівнянні з традиційною обробкою вигладжування. При розробці комбінованої технології обробки деталей машин вигладжуванням, особливо для автоматизованого виробництва на верстатах з ЧПУ, важливо оцінити ефективність введення в зону обробки додаткової енергії ультразвуку в порівнянні з показниками якості оброблюваних поверхонь, що досягаються.

Кількісну оцінку ефективності введення додаткової енергії ультразвуку зручно проводити за допомогою безрозмірних показників, наприклад, коефіцієнтів відносної мікротвердості та шорсткості, що відповідно характеризують приріст мікротвердості та зниження шорсткості щодо їх вихідних значень:

$$K_{Hu} = H_u / H_{u(\text{вих})}; K_{Rv} = R_{v(\text{вих})} / R_v, \quad (2.2)$$

де $H_{u(\text{вих})}$, $R_{v(\text{вих})}$, H_u , R_v – відповідно вихідні та отримані після обробки значення мікротвердості та шорсткості поверхні.

Для розрахунку коефіцієнтів $K_{R\alpha}$ скористалися результатами, отриманими різними авторам при дослідженні процесів обробки як звичайного, так і ультразвукового вигладжування.

На рисунку 2.1 представлені залежності коефіцієнта K_{Hu} від зусилля вигладжування.

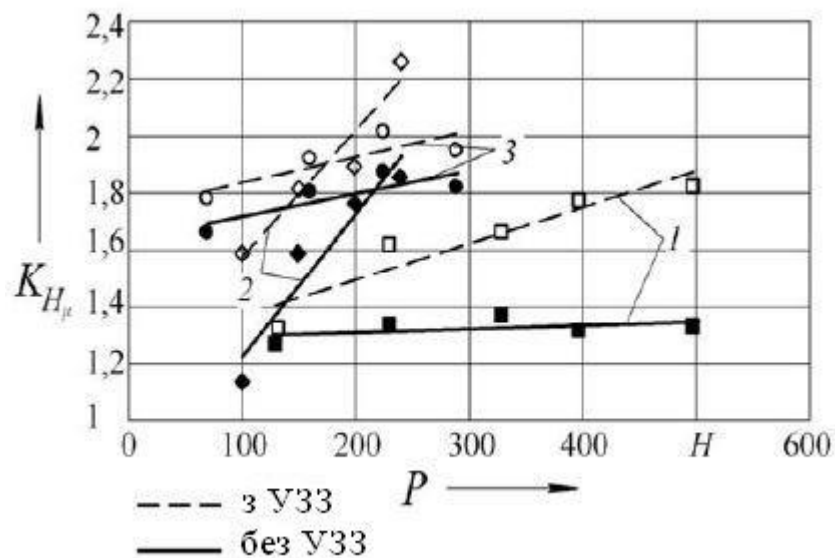


Рис. 2.1. Залежність відносної мікротвердості від статичного зусилля при вигладжуванні сталі: ХВГ (1); 08Х12Н10Т (2); 45 (3)

З рисунка випливає, що зі збільшенням зусилля, як і слід було очікувати, спостерігається збільшення коефіцієнтів для всіх оброблених матеріалів, тобто спостерігається приріст мікротвердості щодо одного значення. Певний інтерес є кут нахилу прямих ліній, що характеризує приріст відносної мікротвердості

зміною зусилля обробки. Тангенс кута нахилу аналітично можна виразити з урахуванням (3) наступною залежністю:

$$\tan \alpha = \left(\frac{\Delta H_u}{H_{u(\text{вих})}} \right) \frac{1}{\Delta P}, \quad (2.3)$$

Отриманий вираз зручно уявити у відсотковому співвідношенні, помноживши праву частину на 100 %, тоді розмірність виразу буде % Н, тобто характеризує відсотковий приріст відносної мікротвердості для одиницю прикладеного статичного зусилля.

На рис. 2.2. наведено результати розрахунку за формулою (4) залежно від вихідного значення мікротвердості оброблюваних поверхонь.

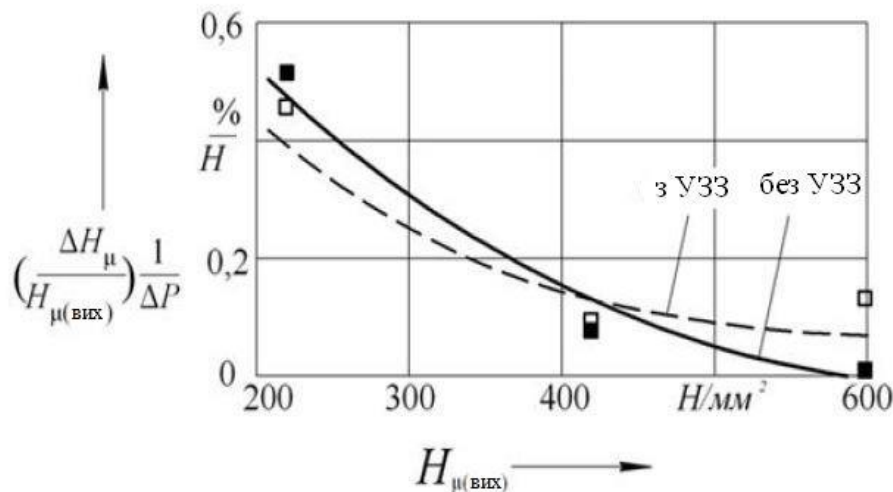


Рис. 2.2. Залежність приросту відносної мікротвердості у розрахунку на одиницю прикладеного статичного зусилля від вихідного значення мікротвердості.

Як з'ясувалося, значення кута нахилу залежить від вихідного значення мікротвердості, для більш пластичних матеріалів (наприклад, для сталі 8 Х12Н10Т) він більший, для матеріалів з високим значенням вихідної мікротвердості спостерігається його зменшення. З рисунка 2.2. випливає, що з досліджених матеріалів велику ефективність введення у зону обробки додаткової енергії ультразвуку набуває під час обробки матеріалів із високим значенням вихідної мікротвердості поверхні, тобто, для сталі ХВГ.

Зумовлено це особливістю впливу ультразвуку на пластичні властивості матеріалу, зокрема його дислокаційну структуру. Кореляційний зв'язок мікротвердості поверхні із щільністю ліній ковзання наведено на рисунку 2.3.

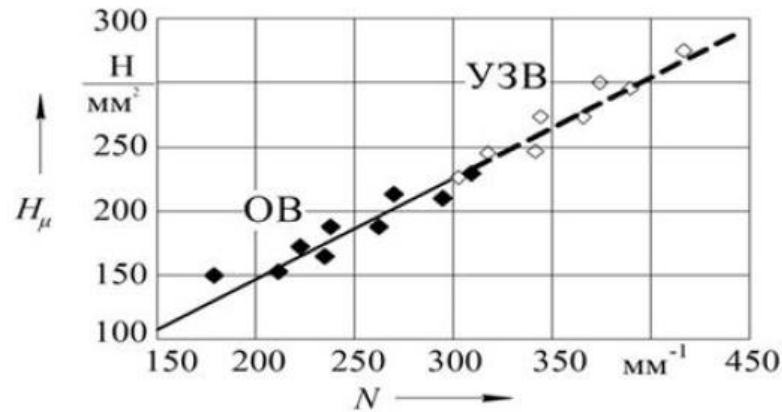


Рис. 2.3. Залежність мікротвердості від щільності ліній ковзання.

Отримані значення мікротвердості та щільності ліній ковзання як при звичайному вигладжуванні, так і при ультразвуковому розташованні на одній прямій. Однак при ультразвуковій обробці мікротвердість і щільність ліній ковзання мають вищі значення, що говорить про інтенсифікацію пластичної деформації матеріалу, що обробляється.

На рис. 2.4 наведені розраховані значення коефіцієнта відносної шорсткості оброблених поверхонь.

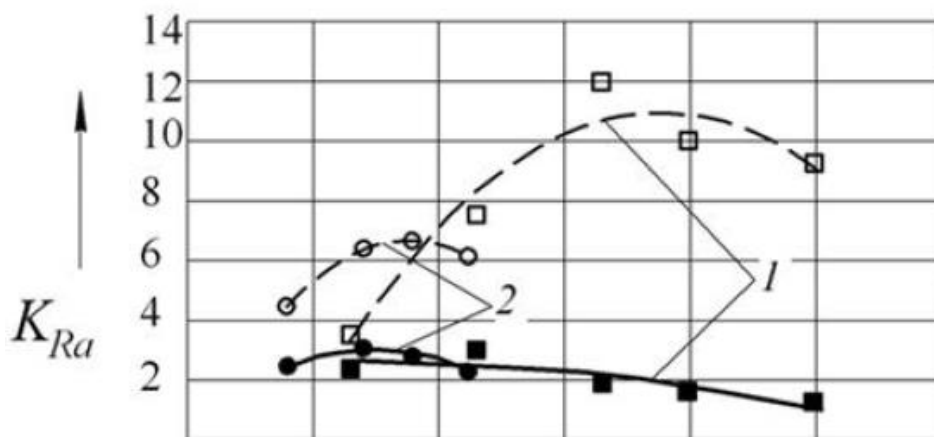


Рис. 2.4. Значення відносної шорсткості від прикладеного статичного зусилля при вигладжуванні сталей ХВГ (1) та 45 (2).

Тут спостерігається ефективність введення енергії ультразвуку з точки зору забезпечення шорсткості поверхні. Для ультразвукової обробки спостерігається збільшуючий тренд зміни коефіцієнта зі збільшенням зусилля, на відміну від традиційної обробки, де зі збільшенням зусилля виникає ймовірність перенаклепу поверхні та погіршення її шорсткості. Збільшується тренд у зміні коефіцієнта K_{Ra} при ультразвуковій обробці, а, отже, і зменшення шорсткості поверхні зі збільшенням зусилля також можна пов'язати з підвищенням пластичних властивостей оброблюваного матеріалу, в результаті чого відбувається більш ефективне згладжування вихідних мікронерівностей.

Висновки по розділу.

1. Енергія ультразвуку дозволяє інтенсифікувати процес обробки і досягти значного поліпшення показників якості поверхонь, що обробляються, порівняно з традиційною обробкою вигладжування.

2. Для ультразвукової обробки спостерігається збільшуючий тренд зміни коефіцієнта зі збільшенням зусилля, на відміну від традиційної обробки, де зі збільшенням зусилля виникає ймовірність перенаклепу поверхні та погіршення її шорсткості.

3. Продуктивність УЗ розмірної обробки залежить насамперед від амплітуди коливань інструменту, фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу, складу та властивостей абразивної суспензії та способу її підведення, сили подачі, площі поперечного перерізу інструменту, глибини обробки. Вона характеризується швидкістю знімання матеріалу заготовки та при постійному поперечному перерізі інструменту однозначно визначається швидкістю подачі.

4. Ремонтпридатність конструкцій машин, як і інші їх властивості, є функцією факторів конструктивного, виробничо-технологічного та експлуатаційного характеру.

РОЗДІЛ 3

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВІДНОВЛЕННЯ ВАЛА ВОДЯНОГО НАСОСУ

Проведення ремонту машин або їх складальних одиниць передбачає періодичну заміну окремих деталей за рахунок нових запасних частин або відновлення деталей, що були в експлуатації.

Практика показує, що при виготовленні нових деталей до машин, витрати на матеріал становлять у середньому 70-75 % їх повної собівартості. При відновленні деталей більшістю відомих способів витрати на ремонтні матеріали не перевищують 6-8% собівартості відновлення. Загальні витрати на відновлення деталей нерідко становлять трохи більше 30-50 % ціни нової деталі при ресурсі відновленої деталі, близькому до ресурсу нової деталі.

Дослідження вибрактованих машин показують, що кількість деталей, придатних для експлуатації без їх ремонту, становить у машинах близько 45%, що підлягають відновленню - до 50% і лише 5-9% зношених деталей не підлягають відновленню.

Таким чином, відновлення зношених деталей може забезпечити значний економічний ефект у процесі використання машин.

Зношені поверхні деталей можуть бути відновлені, зазвичай, декількома способами. Для забезпечення найкращих економічних показників у кожному конкретному випадку залежно від конструктивних особливостей деталі, масштабів виробництва необхідно вибрати з-поміж можливих найбільш раціональний спосіб, який забезпечував би найкращі техніко-економічні показники. Проектування технологічного процесу відновлення деталі пов'язане з вирішенням таких завдань: визначення коефіцієнтів повторюваності дефектів деталі; вибір оптимального способу відновлення кожної зношеної поверхні деталі; вибір оптимального поєднання способів відновлення деталі і цілому, тобто по всьому поєднанню дефектів; розробка технологічних маршрутів

відновлення деталі стосовно спеціалізованого виробництва; визначення економічної доцільності відновлення деталі з тим чи іншим поєднанням дефектів, виходячи із запланованого рівня рентабельності виробництва та

На карті технологічного процесу дефектації валу відцентрового насоса необхідно проставити найменування та зміст операції з виявлення кожного дефекту, наведені на КД (Табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Технологічний процес

Розмітка	Можливі дефекти	Методи визначення дефектів	Висновок та методи усунення дефектів	Технічні вимоги, що пред'являються після ремонту	Контрольно-вимірювальні прилади
	Тріщини	Візуальний контроль, ультразвукова діагностика	негодні	Запобігання появи тріщин	Лупа ЛП-1-7 ^x Ультразвуковий дефектоскоп
	Зміна осі вала: - до 1 мм; - більше 1 мм		Відновлення термічним способом, Відновлення термомеханічним способом, заміна		Індикатор ИЧ 10 кл.0 Головка 2ИГ
Г Д Ж Ж1	Знос	Візуальний контроль, мікрометраж	Мийка, покриття металом,	на основі технічних умов	Лупа ЛП-1-7 ^x Твердомір ТВП Мікрометр:

К М Н Р С Х ХІ Ч Ц			заміна, фрезерування		МР 50, МР 75, МР 100, МК 100-1, МК 125-1, МК 275-1, МРИ 125-0,002 Індикатор ІЧ 10 кл.0 Штангенциркуль ШЦ-П-160-0,05 Зразки класів чистоти
--	--	--	-------------------------	--	---

Продовження таблиці 3.1.

ИПТ	Знос. сильні удари торця	Вizuальний контроль, мікрометраж	Мийка, покриття металом, заміна, фрезерування	на основі технічних умов	Лупа ЛП-1-7 ^x Штангенциркуль ШЦ-П- 160-0,05 ШЦ-Ш-630- 0,1 ШЦ-Ш-1000- 0,1 Індикатор ИЧ 10 кл.0 Зразки класів чистоти
Е Е Л Л	знос	Вizuальний контроль, мікрометраж	Чистка, калібрування різьби, заміна	на основі технічних умов	Лупа ЛП-1-7 ^x Кільця Калібри
УФГ Л С Ю	знос	Вizuальний контроль, мікрометраж	Фрезерування, заміна		Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 Калібри(для шпонки) Індикатор ИЧ 10 кл.0 Зразки класів чистоти

Контрольовані параметри, найменування пристроїв, вимірювальних інструментів або способу встановлення дефекту, розряд роботи, тарифної сітки та виду норми (можна не вказувати). У графі "Особливі вказівки" дають попередній висновок про доцільність відновлення або вибракування деталі.

Для усунення кожного дефекту має бути обраний раціональний спосіб технологічно обґрунтований та екологічно доцільний. Раціональний спосіб відновлення деталі визначають, користуючись відповідними критеріями: технічний, технологічний та техніко-економічний.

Технічний критерій визначає принципову можливість застосування способу відновлення виходячи з конструктивно-технічних особливостей деталей або певних груп деталей.

До конструктивно-технічних особливостей відносяться: форма і розмір, марка матеріалу, вид поверхневої обробки, твердість, шорсткість поверхні, точність виготовлення та значення зносу.

Для відновлення валу вибираємо три методи наплавлення:

- наплавлення під шаром флюсу;
- порошкове наплавлення;
- плазмове наплавлення.

Технологічний критерій. Цей критерій оцінює кожне усунення дефекту деталі з погляду на відновлення властивостей поверхонь, тобто, забезпечення працездатності. Для кожного обраного способу дають комплексну якісну оцінку значення коефіцієнта довговічності, яке визначають за формулою:

$$K_{\Sigma} = K_i \cdot K_v \cdot K_c \cdot K_p, \quad (3.1)$$

де K_i , K_v , K_c - відповідає коефіцієнту зносостійкості, витривалості, спецпокриттів;

K_p - поправочний коефіцієнт, що враховує фактичну працездатність відновлення деталей за умов експлуатації ($K_p = 0,8 \dots 0,9$).

$$K_i = 0,91 \cdot 0,87 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,63$$

$$K_v = 1,0 \cdot 0,62 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 0,5$$

$$K_c = 0,9 \cdot 0,71 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 0,52$$

За фізичним змістом коефіцієнт довговічності пропорційний терміну служби деталей і, отже, по тому критерію буде спосіб, у якого $K_{\Sigma} \rightarrow \max$.

Техніко-економічні критерії. Цей критерій пов'язує собівартість відновлення деталей та її довговічності після усунення дефектів. Умова техніко-економічної ефективності способу відновлення деталі розроблена В. І. Казарцевим.

$$C_B \leq K_{\Sigma} \cdot C_{\Pi} \quad \text{чи} \quad \frac{C_B}{K_{\Sigma}} \leq C_{\Pi}$$

де C_B – вартість відновлення деталі;

C_{Π} – вартість нової деталі.

Якщо невідома ціна нової деталі, то критерій оцінюється за формулою професора В.М. Шадрічева:

$$K_T = \frac{C_B}{K_{\Sigma}}, \quad (3.2)$$

Розрахунок режимів обробки деталі.

Швидкість наплавлення:

$$V = \frac{\alpha_n \cdot \gamma}{H \cdot \delta \cdot j} = \frac{12 \cdot 150}{0,6 \cdot 3 \cdot 7,85} = 128,5 \text{ м/хв}$$

де α_n - коефіцієнт наплавлення ($\alpha_n = 11 \dots 14$);

u – сила струму, А;

δ – товщина наплавленого шару, мм;

j -площина електродного дроту ($j = 7,85$ г/см).

Крок наплавлення:

$$S = (2 \dots 2,5) \cdot d_{\text{др}} = 2 \cdot 1,5 = 3 \text{ мм}$$

де $d_{\text{др}}$ – діаметр електродного дроту, мм.

Визначимо подачу деталі:

$$h = \frac{1000 \cdot v \cdot m}{60 \cdot \Pi \cdot c} = \frac{1000 \cdot 128,5}{60 \cdot 5,14 \cdot 7,5} = 9,09 \text{ м.}$$

Визначимо товщину покриття:

$$L = \frac{D \cdot d}{2} + z$$

де D – номінальна товщина, мм;

d – зношений розмір деталі після підготовки до напилення мм;

z – припуск на механічну обробку після напилення, мм.

$$L = \frac{75 \cdot 74}{2} + 0,10 = 0,6 \text{ мм.}$$

Швидкість подачі дроту:

$$V_{\text{др}} = \frac{4h_n \cdot J}{\Pi \cdot d_{\text{др}}^2} = \frac{4,8 \cdot 150}{3,14 \cdot 2,25 \cdot 7,85} = 129 \text{ мм/хв}$$

Виліт електрода:

$$Q = (10 \dots 12) d_{\text{др}} = 10 \cdot 1,5 = 15 \text{ мм}$$

Зміщення електрода:

$$L = 10,05 \dots 0,07) d = 0,06 \cdot 75 = 4,5 \text{ м}$$

Усі витрати робочого часу поділяються на два види:

- нормовані (продуктивні);
- ненормовані (непродуктивні).

Нормовані витрати робочого часу складаються з наступних елементів часу:

$$T_n = T_0 + T_d + T_v \frac{T_{\text{пз}}}{\Pi}, \text{ хв}$$

де T_0 - основний час, хв;

T_B - допоміжний час, хв;

T_D - додатковий час, хв;

$T_{ПЗ}$ - підготовчо-заключний час, хв;

Π - кількість деталей, що ремонтується.

Наплавлення виконують за допомогою зварювального трансформатора.

Наплавку виконують електродним або порошковим дротом під шаром флюсу.

Норму часу наплавлення за флюсом розраховують за формулою:

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot \delta}, \text{ хв}$$

де L – довжина напавленої поверхні, мм;

i – число проходів;

$$i = \frac{0-d}{2 \cdot t},$$

n – кількість проходів деталі, хв;

t - величина поздовжньої подачі електрода ($t = 4$ мм/об)

Допоміжний час визначають за такою формулою:

$$T_B = T_{cy} \cdot T_{пр},$$

де T_{cy} – допоміжний час на встановлення та зняття деталі, хв ($T_{cy} = 2,4$ хв);

$T_{пр}$ – допоміжний час один проход ($T_{пр} = 0,6$ хв).

Звідси:

$$T_B = 2,4 \cdot 0,6 = 1,44 \text{ хв}$$

Число проходів деталі:

$$n = 3,18 \frac{v}{d} = 3,18 \frac{0,4}{0} = 1,696$$

де v – швидкість подачі деталі, м/хв ($v = v_H$, де v_H – швидкість наплавлення деталі, м/хв).

Оперативний час дорівнює:

$$T_{оп} = T_0 + T_B = 2,58 + 1,44 = 4,02$$

Додатковий час складає 15% від оперативного часу $T_g = 0,603$

Підготовчий – останній час – 16 хв.

Норма часу дорівнюватиме:

$$T_H = T_\theta + T_B + T_g + \frac{T_{nz}}{n} = 2,58 + 144 + 0,603 + \frac{16}{10} + 4,623 + 1,6 = 6,223 \text{ хв.}$$

Висновки по розділу.

1. Найбільш раціональним способом відновлення валу відцентрового насоса є електродугове наплавлення під шаром флюсу. Цей спосіб дозволяє відновлювати вал із меншими витратами, ніж інші.
2. Проведено розрахунки визначальні режими відновлення валу.

ВИСНОВКИ

Існуюча технологія відновлення валу наплавленням під шаром флюсу є і на сьогоднішній день пріоритетною.

Огляд та аналіз існуючих технологій показав, що доступним способом відновлення валу може бути порошкове наплавлення або ультразвуковий спосіб.

Застосування ультразвукової обробки може бути ефективним у таких випадках: для деталей термічно та хіміко-термічно оброблених сталей, де застосування інших методів не дозволяє отримати значний зміцнюючий ефект; для деталей та інструментів із твердих сплавів; для деталей малої та нерівномірної жорсткості.

Ультразвукове вигладжування забезпечує більш високий рівень зміцнення поверхневого шару, причому на більшу глибину, ніж при вигладжуванні без ультразвукового зміцнення у подібних технологічних умовах.

Додаткова енергія ультразвукового зміцнення інтенсифікує процес пластичної деформації, що обумовлює деформаційне зміцнення високоміцних матеріалів.

Найбільшу ефективність введення в зону обробки додаткової енергії ультразвуку набуває при обробці матеріалів з високим значенням вихідної мікротвердості поверхні.

Ремонтопридатність конструкцій машин, як і інші їх властивості, є функцією факторів конструктивного, виробничо-технологічного та експлуатаційного характеру.

Найбільш раціональним способом відновлення валу відцентрового насоса є електродугове наплавлення під шаром флюсу. Цей спосіб дозволяє відновлювати вал із меншими витратами, ніж інші.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гаркунов Д.Н. Триботехника (износ и безизносность). Москва : МСХА, 2001. 598 с.
2. Кириенко О.Ф. Структура и элементный состав поверхностей трения металлических конструкционных материалов в режимах безизносности. Тез. докл. конф. "*Структурная самоорганизация и оптимизация трибологических характеристик конструкционных материалов*". 1990. С. 18-19.
3. Бершадский Л.И. О самоорганизации и концепции износостойкости трибо систем. *Трение и износ*. 1992. №1. С. 89-94.
4. Машков Ю.К. Трение и модифицирование материалов трибосистем: учеб. пособие. Москва : Наука. 2000. 450 с.
5. Киндрачук М. В. Трибологические процессы в гетерогенных системах. *Проблеми тертя та зношування*. 2007. №3. С 124-129.
6. Попов С.М. Кореляційні залежності структури та властивостей сплавів при визначенні зносостійкості. *Металознавство та обробка металів*. 2003. №2. С. 46-54.
7. Тихонович В.И. Механика и физика контактного взаимодействия поверхностей трения. Образование вторичных структур. *Проблеми тертя та зношування*. 2007. №2. С. 100-109.
8. Медеяев И.А. Физические представления о процессах трения и изнашивания при граничной смазке. *Вестник машиностроения*. 2005. С. 18-26.
9. Мірненко В.І. Аналіз стану та перспективи розвитку основних технологічних процесів і методів відновлення та зміцнення конструкційних елементів літальних апаратів військового призначення. *Труди академії*. 2006. С. 31-37.
10. Ляшенко Б.А. Тенденция развития упрочняющей поверхностной обработкой и положение в Украине. *Сучасне машинобудування*. 1999. С. 68-73.

11. Лабунець В.Ф. Тенденції створення захисних структур триботехнічного призначення. *Проблеми тертя та зношування*. 2006. С. 49-57.
12. Лучка М.В. Износостойкие диффузионно-легированные композиционные покрытия. Киев : Техника. 1993. С. 68-74.
13. Кіндрачук М.В. Трибологія покриттів матрично-наповненого типу. *Проблеми тертя та зношування*. 2007. №4. С. 14-22.
14. Борисов Ю.С. Теоретические и технологические основы получения плазменных покрытий из композиционных порошковых материалов: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук.: 05.16.01/ КП. К., 1982. 36 с.
15. Юркевич С.П. Исследование лазерной наплавки на опорных поверхностях деталей из стали 30ХГСА. *Металлообработка*. 2004. №4. С. 79-85.