

УДК 631.358.

DOI: 10.20998/2411-0558.2024.01.03

**Ш. У. ЮЛДАШЕВ**, д-р техн. наук, академік, Національний дослідницький університет "Ташкентський інститут інженерів іригації та механізація сільського господарства", м. Ташкент, Узбекистан,

**З. Ш. ШАРИПОВ**, канд. техн. наук, доц., Національний дослідницький університет "Ташкентський інститут інженерів іригації та механізація сільського господарства", м. Ташкент, Узбекистан

### **СПОСОБИ ВІДНОВЛЕННЯ РЕСУРСІВ ЦЕНТРОБІЖНОГО ВОДЯНОГО НАСОСУ**

У статті наведено результати досліджень відцентрових насосів типу «Д», умови роботи водяних насосів, процеси зношування та зношування деталей, фактори, що впливають на появу дефектів у деталях, модернізації технології відновлення ресурсу деталей водяних насосів. Запропоновано комбінований спосіб відновлення ресурсу корпусу насоса з урахуванням результатів досліджень зношування робочої поверхні та умови роботи при гідроабразивній, кавітаційній, водневій та іншими видами зношування. Дані рекомендовано на вибір режимів обробки з урахуванням впливу технологічних та експлуатаційних факторів на адгезійну міцність з'єднання матеріалу.

**Ключові слова:** відновлення ресурсів; відцентровий водяний насос; процеси зношування деталей; комбінований спосіб відновлення ресурсу.

У Республіці Узбекистан основну частину врожаю з оброблюваних земель одержують із зрошуваних земель. Водяні насоси в основному використовуються для подачі води на території, що зрошуються. У процесі експлуатації ці насоси виходять з ладу в результаті зношування його основних робочих частин: корпусу насоса, робочого колеса, валу насоса та підшипників. Підтримка в постійної готовності до роботи, технічне обслуговування, підвищення зносостійкості робочих органів, ремонт, модернізація технології відновлення ресурсу зношених деталей вважаються актуальними питаннями.

У нашій Республіці щорічно ремонтується в середньому 4700 насосних агрегатів, зокрема близько 2000 експлуатованих у господарствах, а підприємствами Мінводгоспу випускається понад 1150 нових насосних агрегатів. В даний час відцентрові насоси ремонтуються в ремонтних підприємствах управліннь насосних станцій та на АТ "SUVMASH" [1].

Зниження продуктивності насосів в основному обумовлено абразивним та кавітаційним зносом деталей. В результаті збільшується початкова тріщина в сполучних деталях, порушується щільність ущільнюючих пристроїв, поступово збільшуються витoki зовнішньої та внутрішньої робочих рідин, що призводить до зниження продуктивності систем. Одним з основних дефектів корпусу відцентрового насоса є гідроабразивний та кавітаційний (внаслідок розриву бульбашок повітря) вигин лопаток робочого колеса навколо осі обертання. Це призводить до зниження продуктивності, погіршення технічних показників, збільшення вартості запасних частин та інших витрат (рис. 1)..

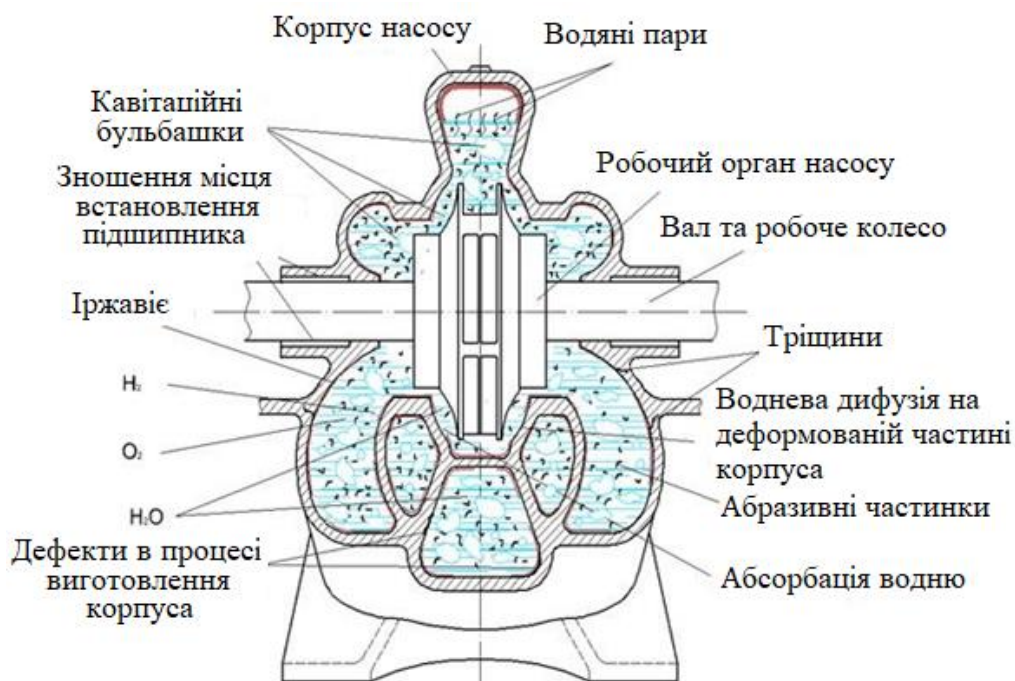


Рис. 1. Фактори, що впливають до процесу виникнення дефектів деталей водяного насоса

Інтенсивний знос деталей водяних насосів, зміна розмірів деталей, збільшення тріщин в основному пов'язані з впливом твердих абразивних частинок в воді, що перекачується. Їх вплив на деталі, особливо на поверхню тіла, посилюється в процесі "кавітації" та впливу абразивних частинок на поверхню деталі.

В результаті відомо, що концентрація твердих частинок разом з водою впливає на її деталі при сильному тиску при перекачуванні води. У зрошувальний період концентрація піску (абразивних частинок) у водоймах та річках нашої республіки може коливатися до  $0,4...1,6 \text{ кг/м}^3$ , а кількість мулу – до  $0,7...2,1 \text{ кг/м}^3$ . [1].

Деформація поверхні деталі під впливом абразивних частинок залежить від кількості граней частинки, і чим більше, тим сильніше удар частинки. Наявність води позитивно впливає на процес згинання всередині корпусу насоса, забезпечує розм'якшення поверхні корпусу при хімічному та фізичному впливі рідини, знижує коефіцієнт удару частинок поверхню деталі корпусу. Експерименти показують, що опір вигину корпусу насоса залежить від його твердості та площинності поверхні.

З досвіду вчених-механіків М.М. Хрушова та інших вчених відомо, що вплив величини стирання деталей на твердість абразивних частинок (НВа) та твердість абразивного матеріалу (НВм) можна виразити так [5]:

1. При  $\text{НВа}/\text{НВм} \leq 0,7...1,1$  стирання у присутності абразивних частинок немає, т. е. виникає стан нескінченної непружності.

2. При  $0,7...1,1 \leq \text{НВа}/\text{НВм} \leq 1,3...1,7$  виникає вигин. Слід зазначити, що більше значення  $\text{НВа}/\text{НВм}$ , то більше вписувалося величина прогину.

3. При  $\text{НВа}/\text{НВм} \geq 1,3...1,7$  відносний прогин матиме свою межу і буде постійним незалежно від величини  $\text{НВа}/\text{НВм}$ .

Стійкість до стирання матеріалу деталі та матеріалу абразивних частинок прямо пропорційна їх твердості. Але що більше навантаження, то більше прогин.

Крім перерахованих вище факторів, на швидкість вигину також впливають форма абразивних частинок, динамічна стійкість і фізико-механічні властивості матеріалу.

При огляді корпусу насоса в процесі ремонту було виявлено, що на його поверхнях, що труться, є невеликі ямки. Це здійснюється за рахунок зниження тиску швидко поточної води до певного критичного значення (гідродинамічна кавітація), внаслідок чого створюється порожнина, заповнена дрібними абразивними частинками та водою (кавітаційні бульбашки). Наповнені парами кисню та водню у воді ці бульбашки необмежено розмножуються і стають великими «кавітаційними» бульбашками. Пухирці утворюються внаслідок розчинення газів у воді,

зменшуються при досягненні тиску значення вище критичного (бульбашки лопаються) і зникають (рис. 1, 2).

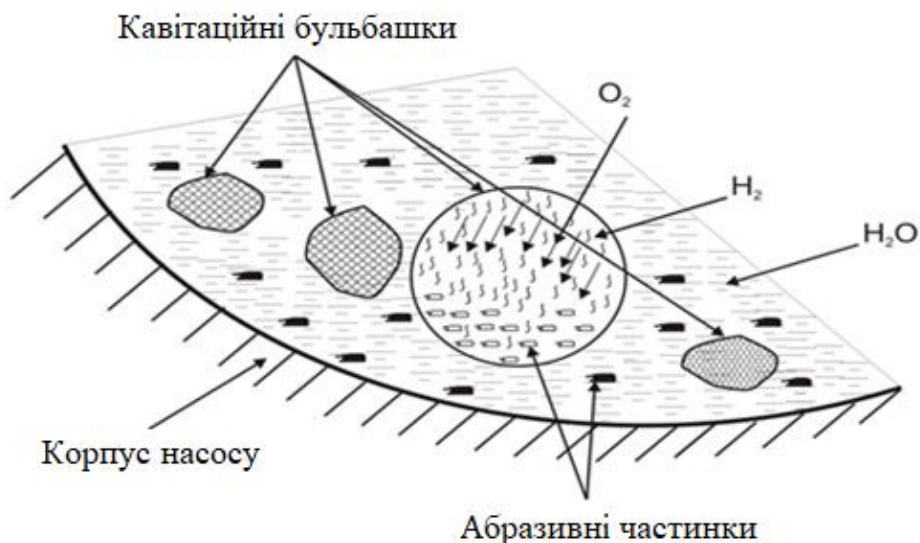


Рис. 2. Схема зносу в процесі гідроабразивної та кавітаційної обробки корпусу насоса

Гідралічний удар виникає в результаті послідовних вибухів зони, покритої бульбашками на поверхні води. В результаті поєднання цих ударів один за одним і ударів суцільних абразивних частинок корпус насоса виникає тертя і з насоса видається звук, що гуде. Процес кавітації шкідливо впливає на поверхні деталей насоса: корпусу, кришки корпусу, валу, робочого колеса, знижується коефіцієнт корисної роботи, викликається поява різних дефектів деталей. Для усунення процесу "кавітації" необхідно зменшити рух води та збільшити гідростатичний тиск.

Аналіз досліджень, проведених вченими НДУ ТПМСГ на підприємствах "Управління насосних станцій, енергетики та зв'язку" Міністерства водного господарства Республіки Узбекистан: АТ "SUVMASH", Джизакська область та Чирчико-Охангаронське меліоративне Системи ремонтних майстерень показує, що низьке частини, порушеннями заданого порядку технологічного процесу, недотриманням заданих вимог при очищенні та промиванні агрегатів, агрегатів і деталей, недотриманням використання контрольно-вимірювальних приладів,

необхідних виявлення дефектів деталей, широка сфера застосування запасних частин (нешироке впровадження методів відновлення ресурсу деталей), ресурс деталей, Застосування застарілих (30 – 40 років) технологій при відновленні, фізичне та моральне старіння існуючого технологічного обладнання (низький рівень точності обробки), низький рівень задіяності робочої сили у виробничому процесі (кваліфікація працівників), трудова дисципліна, ставлення до праці та ін. [1 – 3].

Пори (1 – 2 мм) на поверхні робочого колеса корпусу насоса видаляють пемзою, а ямки закладають електрозварюванням і затирають пемзою. Глибокі канавки свердлять до неушкодженого металу, краї отвору вирівнюють спеціальним обладнанням та зварюють.

Після зварювання стиків та швів робоче колесо піддають термічній обробці, нагрівають до 6000 – 6500 С, витримують при заданій температурі 2 – 6 годин та поступово охолоджують до 1500 С°. Недоліком цього способу є тривалий вплив тепла на деталі при зварюванні та термообробці, що викликає різке зниження їх фізико-механічних властивостей.

У зарубіжних країнах використання полімерних матеріалів при відновленні корпусів насосів та робочих коліс розглядається як перспективна технологія.

Полимерные материалы характеризуются высокими технологическими свойствами, коррозионной стойкостью, уровнем адгезии, легкостью обработки. Поэтому эти материалы широко используются в машиностроении и ремонтных производствах [1 – 3, 6].

Внаслідок аналізу сучасних методів відновлення деталей типу вал рекомендується відновлювати дефекти валу методами напилення металу.

Методи напилення металу широко застосовуються при відновленні деталей валового типу у розвинених зарубіжних країнах.

Найбільш частим дефектом валу при його експлуатації є вигин опорних поверхонь і вигин шпонкового паза, у багатьох випадках його величина перевищує значення зазначених розмірів. Тому ці вали вимагають реставрації, і ми рекомендуємо доводити його діаметр до номінального розміру тільки за допомогою плазмового напилення металу на його поверхню. (рис. 3).



охолоджувальної води – більше 5 л/хв, швидкість розпилення – 0,15...0,18 м/хв, відстань від плазмотрону до деталі 10...18 мм.

Між водоохолодним конусом з міді, що служить катодом і анодом, виникає дуга, яка нагріває робочий газ, що надходить у конусну трубу пальника і протікає у вигляді плазмового потоку. Як робочий газ використовують аргон або азот, у деяких випадках до них додають водень. Порошковий плаваючий матеріал подається потоком, що несе інертний газ, нагрівається плазмою та швидко переноситься на поверхню основного матеріалу для формування покриття. Температура плазми в плазмотроні на виході з конічної труби коливається від кількох тисяч до кількох десятків тисяч градусів Кельвіна.

ККД плазмотрону 50 - 70%. Високий рівень плазми створює умови для розпилення важкоплавкого матеріалу.

Можливість управління швидкістю і температурою плазмового потоку за рахунок вибору форми і діаметра конусної трубки і режиму наплення дозволяє розширити номенклатуру матеріалу, що напнюється (металеві, керамічні та органічні матеріали).

При плазмовому напненні матеріал, що напнюється, нагрівається до рідкого стану і переноситься на оброблювану поверхню за допомогою потоку високотемпературної плазми. Напнюваний матеріал випускається у вигляді порошку, дроту, прутка. Порошкоподібний вид зустрічається частіше.

Унікальність методу плазмового наплення полягає у високій температурі плазмового потоку (50 тисяч градусів Цельсія) та високій швидкості руху частинок у потоці (до 500 м/с). Температура нагрівання поверхні, що фарбується, не вище 200 градусів. Продуктивність плазмового наплення для плазмотрона потужністю 30...40 кВт становить 3-20 кг/год, устаткування потужністю 150...200 кВт 50-80 кг/год (рис. 5).

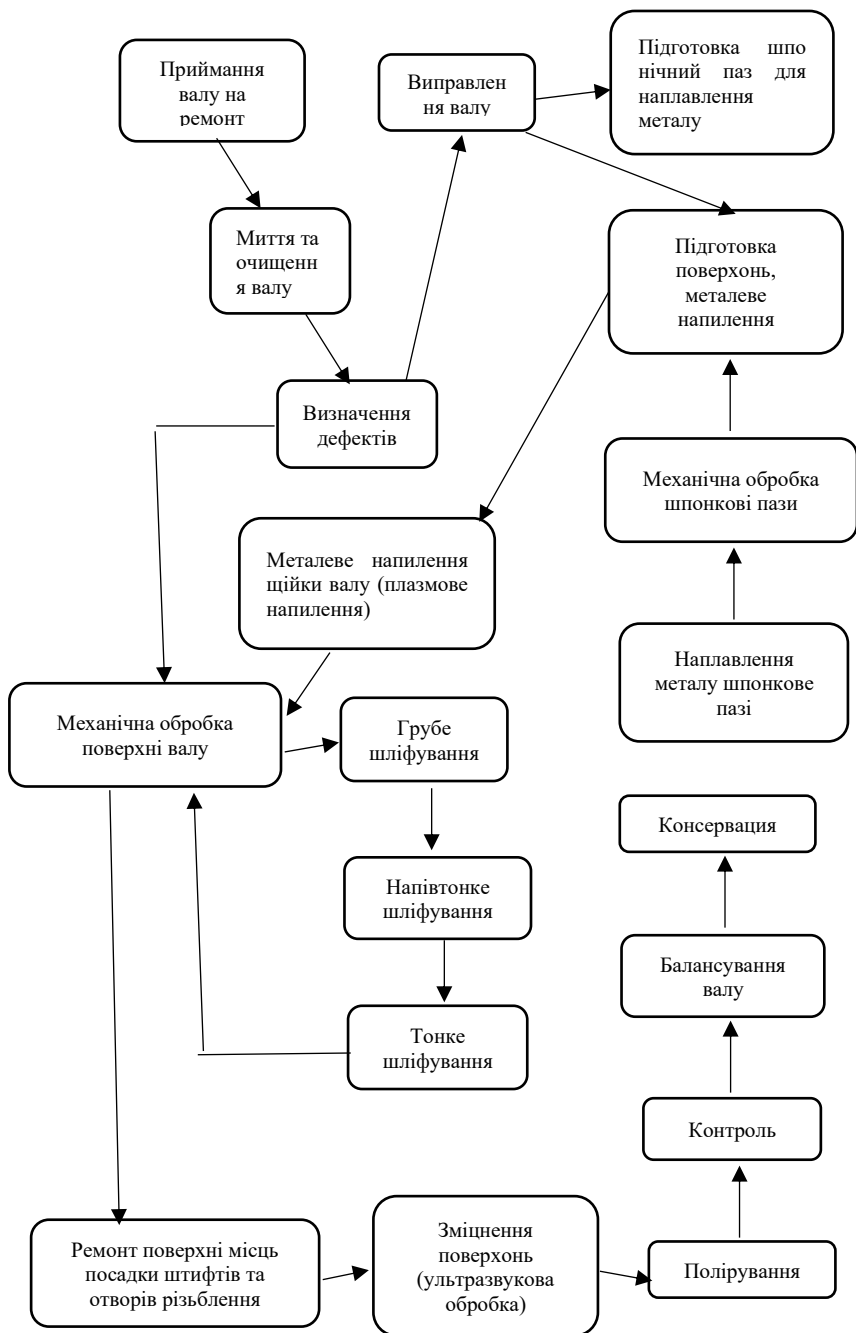


Рис. 4. Технологічний процес маршруту відновлення валів



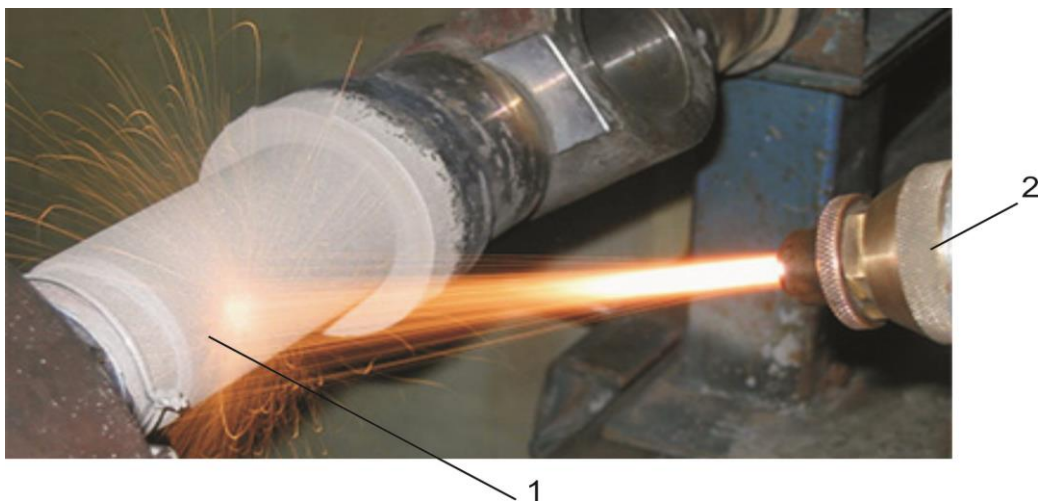


Рис. 5. Відновлення деталей плазмовим напиленням:  
1 – покриття; 2 – плазмотрон

Міцність зчеплення покриття з деталізованою поверхнею становить 10 – 55 МПа, а окремих випадках може досягати 120 МПа. Пористість покриття становить близько 10...15%. Товщина покриття зазвичай не перевищує 1,0 мм, так як збільшення товщини напиленого шару створює напругу, що викликає його відрив від поверхні деталі.

Як плазмоутворюючі гази приймають азот, гелій, аргон, водень, їх суміші, метан, пропан, бутанові суміші з повітрям.

Перед напиленням деталі знежирюють та очищають. Якщо деталі, що ремонтуються, мають маслянисті тріщини або канали, їх слід прогріти в печах протягом 2 – 3 годин при температурі 200-340 градусів для випаровування масла.

При плазмовому напиленні шорсткість поверхні має бути 10...60 Rz, поверхня має бути неглянцевою. Перед напилюванням деталей нагрівають до 150-180 градусів за допомогою плазмотрону.

Вал є базовою деталлю ротора, при роботі насоса діє знаковміне навантаження. Максимальний діаметр зазвичай вибирають у місці встановлення робочого колеса, а потім ступінчасто зменшують його для встановлення втулки та другого ротора.

Однією з важливих причин поломки насоса є вихід з ладу, це відбувається тому що вали працюють досить довго, щоб зазнати втомного руйнування. Більшість валів руйнуються на ранній стадії терміну служби

через статичні перевантаження, знос, недостатнє мастило. Для підвищення міцності та зносостійкості валу насоса необхідно застосовувати методи обробки, що покращують фізико-хімічні властивості, структуру та мікрогеометрію поверхні. Одним із найбільш ефективних методів є ультразвукова обробка металів (УОМ).

Застосування технології УОМ дозволяє: у багатьох випадках виключити операцію шліфування, повністю ручні довідкові операції абразивними шкірками та пастами, у деяких випадках – термообробку, внутрішньоцехове транспортування деталей, а також економити виробничі площі, покращити екологію та підвищити культуру виробництва.

Ультразвукові коливання (УЗ) – це пружні хвилі, які здатні поширюватись у матеріальних середовищах (твердих тілах, рідинах, газах).

При УОМ використовуються коливання електромагнітного поля з ПЗ частотою в межах 18 – 44 (16-30) кГц. Амплітуда коливань сердечника становить 5 – 10 мкм. Для збільшення амплітуди коливань до осердя кріплять довгий тонкий стрижень-концентратор (резонансний хвилевід змінного поперечного перерізу), що дозволяє отримати амплітуду коливань його торця до 50 – 80 мкм. До концентратора кріплять робочий інструмент-пуансон [4].

Ультразвукова обробка дозволяє підвищити продуктивність, якість поверхневого шару, знизити сили різання та крутний момент.

Схема прошивання отворів розмірною обробкою заготовок із твердих крихких матеріалів абразивними еернами, що рухаються за рахунок дії ультразвукового інструменту. Під пуансоном-інструментом встановлюють заготівлю та в зону обробки під тиском подають абразивну суспензію, що складається з води та абразивного матеріалу: карбиду бору, карбиду кремнію або електрокорунду.

Інструмент підтискають до заготівлі з силою 1-60 Н. Обробка полягає в тому, що інструмент, що коливається з УЗ частотою, ударяє по зернах абразиву, що лежить на оброблюваній поверхні, зі статичною силою  $R_{ст} = 30-200$  Н, абразивні зерна сколюють частинки матеріалу заготовки. Велика кількість абразивних зерен, що одночасно ударяються, а також висока частота повторення ударів (до 30 тис. разів в с.) обумовлює інтенсивне знімання матеріалу. Кавітаційні явища в рідині сприяють інтенсивному перемішуванню абразивних зерен під інструментом, заміні

зношених зерен новими, а також руйнуванню поверхневого шару матеріалу, що обробляється [4, 5].

Прокачування суспензії насосом унеможливорює осідання абразивного порошку на дні ванни і забезпечує подачу в зону обробки абразивного матеріалу

Між пуансоном і деталлю забезпечують постійний зазор 50-80 мкм, повідомляючи інструменту та деталі різні види подач (поздовжню, поперечну) і змінюючи профіль перерізу інструменту, можна прошивати глухі та наскрізні отвори, обробляти площини, заглиблення, пази при прямому та зворотному копіюванні, заготовки великих розмірів, обробляти криволінійні та кільцеві пази по копіру, проводити шліфування та полірування [5].

Інструмент який коливається з УЗ частотою, з'єднаний з УЗ перетворювачем, розташовується на деякій відстані від шліфувального кола. У простір між колом та інструментом подається очищувальна рідина, в якому при впливі на неї УЗ коливань виникають ефекти, що сприяють інтенсивному очищенню поверхні шліфувального кола від засолювання.

Ультразвукове зміцнення поверхні зазвичай проводять при чистовій обробці поверхні валу (рис. 6).

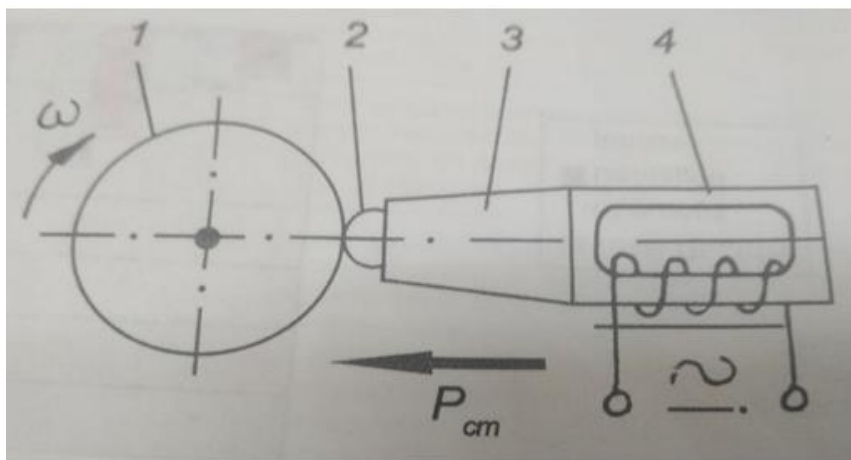


Рис. 6. Схема ультразвукового зміцнення поверхні валу:

1 – заготовка; 2 – інструмент; 3 – концентратор; 4 – перетворювач

Ультразвуковий інструмент виконаний у вигляді кульки, яка пов'язана з концентратором коливань, що надходять від перетворювача. Кулька може бути жорстко закріплена (припаяна), але може і не мати жорсткого контакту з концентратором, інструмент притискається з невеликим зусиллям до валу, що обертається. Порівняльні показники шорсткості при обкатуванні кулькою та УОМ наведені в табл. 1.

Аналіз результатів багаторічних впроваджень технології та обладнання для ультразвукової зміцнювально-фінішної обробки металів показує, що широке використання цієї технології у машинобудуванні дозволить забезпечити прорив у інтенсифікації виробничих процесів, у підвищенні якості та надійності виробів, машин та приладів. При цьому шорсткість становить 0,16 – 0,32 мкм, величина стискаючих залишкових напруг 100 кгс/мм<sup>2</sup>, а відносна зносостійкість при терті ковзання становить 200%.

Таблиця 1

Порівняльні показники шорсткості при обкатуванні  
кулькою та УОМ

Показники	Спосіб зміцнення	
	Обкатування кулькою	УОМ
Шорсткість Ra, мкм	0,32-0,63	0,16-0,32
Ступінь зміцнення (наклепа), %	20-50	120
Величина стискаючих залишкових напруг, кгс/мм <sup>2</sup>	35	100
Відносна зносостійкість при терті ковзання, %	100	200

Практичне застосування високоінтенсивних ультразвукових коливань на сьогоднішній день передбачає основні процеси, що реалізуються та інтенсифікуються за допомогою високоенергетичних ультразвукових коливань, прийнято розділяти на три основні підгрупи, залежно від виду середовища, в якому вони реалізуються. Рекомендовано застосовувати ультразвукові коливання високої інтенсивності, оскільки

вони значно знижують опір пластичної деформації поверхневого шару деталей, який набуває наклеп на 120%.

### **ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ**

1. Аналіз умов роботи відцентрового насоса показує, що гідроабразивне зношування різко впливає на зміну його параметрів і викликає збільшення гідродинамічного опору, тим самим знижуючи його продуктивність.

2. За результатами аналізу при тиску стисненого повітря  $P=68,67$  104 Н/м<sup>2</sup> (7 атм), продуктивності обладнання 1,8 кг/с, 77,5% частинок мають середній розмір 50-75 мкм, а відстань від сопла деталі середня. Встановлення його на 75-100 мм дає високі якісні показники.

3. Рекомендовано застосовувати ультразвукові коливання високої інтенсивності, оскільки вони значно знижують опір пластичної деформації поверхневого шару деталей, який набуває наклеп на 120%.

4. Результати аналізу сучасних методів відновлення деталей валу рекомендується відновлювати дефекти валу методами плазмового напилення та обґрунтовано оптимальні режими обробки.

### **Список літератури:**

1. Звіт з науково-дослідної роботи КХА-3-015-2015 "Модернізація технологія відновлення ресурсів деталей відцентрового насосу, що застосовуються в сільському господарстві". Науковий керівник д.т.н., проф. Ш.У. Юлдашев. – Т. ТИИМСХ. – 2017. – 142 с.
2. Юлдашев Ш.У., Шарипов З.Ш., Норов Б.Х.. "Технологія відновлення ресурсів та умови роботи деталей водяного насоса". Журнал "Irrigatsiya va Melioratsiya". – Ташкент, 2017. – № 2 (8). – 38 с.
3. Абдумуминова Д.Т., Юлдашев Ш.У., Йулдашева З. "Технологічні прийоми підвищення ресурсу циліндричних деталей". Журнал "Irrigatsiya va Melioratsiya". – Ташкент, 2019. – № 1 (15). – С. 61-65.
4. Канц Н.В., Вадивасов Д.Г. та ін. Металізація напиленням. - М.: Машинобудування, 1991. – 199 с.
5. Хрушов М.М. та ін. "Ремонт великих осьових та відцентрових насосів". - М.: – 1996. – 240 с.
6. Гончаров А.Б. Методологія технічного обслуговування та ремонту технологічного обладнання композиційними матеріалами: дис. доктора техн. наук. – М., 2012. – 459 с.

*Статтю представив д-р техн. наук, проф. НТУ "ХПІ" С. Ю. Леонов.*

*Надійшла (Received) 27.05.2024*

**УДК 631.358**

**Способи відновлення ресурсів центробіжного водяного насосу / Ш. У. Юлдашев, З. Ш. Шарипов** // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2024. – № 1 – 2 (11 – 12). – С. 27 – 40.

У статті наведено результати досліджень відцентрових насосів типу «Д», умови роботи водяних насосів, процеси зношування та зношування деталей, фактори, що впливають на появу дефектів у деталях, модернізації технології відновлення ресурсу деталей водяних насосів. Запропоновано комбінований спосіб відновлення ресурсу корпусу насоса з урахуванням результатів досліджень зношування робочої поверхні та умови роботи при гідроабразивній, кавітаційній, водневій та іншими видами зношування. Дані рекомендовано на вибір режимів обробки з урахуванням впливу технологічних та експлуатаційних факторів на адгезійну міцність з'єднання матеріалу.

**Ключові слова:** відновлення ресурсів; відцентровий водяний насос; процеси зношування деталей; комбінований спосіб відновлення ресурсу.

**UDC 631.358**

**Methods of recovery of centrifugal water pump resources / Sh. U. Yuldashev, Z. Sh. Sharypov** // Herald of the National Technical University "KhPI". Series of "Informatics and Modeling". – Kharkov: NTU "KhPI". – 2024. – № 1 – 2 (11 – 12). – P. 27 – 40.

In the article presents the results of researches of the device of centrifugal pumps of type «D», operating conditions of pumps, processes of deterioration of details, factors influencing occurrence of defects in details, moderning of technology of restoration of a resource of details of water pumps. A combined method for restoring the resource of the casing is proposed, taking into account the results of researches of wear of the working surface and working conditions hydro abrasive, cavitations, hydrogen and other types of wear. Recommendations are given to the choice of processing and taking into account the influence of technological and operational factors on the adhesive strength of the joint of the massing. Figs.: 17. Tabl. 3. Refs.: 10 titles.

**Keywords:** recovery of resources; centrifugal water pump; processes of wear of parts; combined method of restoring the resource.