

РЕНОВАЦІЯ ШИЙОК ПІДШИПНИКІВ КОВЗАННЯ ВАЛІВ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ ДЛЯ ЗРОШЕННЯ**Тарельник В'ячеслав Борисович**доктор технічних наук, професор
Сумський національний аграрний університет, Суми, Україна
ORCID: 0000-0003-2005-5861
tarelnik@i.ua**Думанчук Михайло Юрійович**кандидат технічних наук, доцент
Сумський національний аграрний університет, Суми, Україна
ORCID: 0000-0003-3559-4729
m_duman@i.ua**Тарельник Наталія В'ячеславівна**кандидат економічних наук, доцент
Сумський національний аграрний університет, Суми, Україна
ORCID: 0000-0002-6304-6925
natasha-tarelnik@ukr.net**Волошко Тарас Павлович**старший викладач
Сумський національний аграрний університет, Суми, Україна
ORCID: 0000-0003-2605-8836
taravol79@gmail.com**Пирогов Віктор Олександрович**аспірант
Сумський національний аграрний університет, Суми, Україна
ORCID: 0000-0002-6335-1276
viktor80ua@gmail.com

В статті розглядаються проблеми підвищення якості машин, задіяних в технологічному циклі зрошення. Аналіз обладнання, задіяного в різних способах введення води в ґрунт, показав, що найбільш важливими і відповідальними для забезпечення якісного зрошування є насосні агрегати. Серед великої кількості насосів, що використовують переважно при зрошуванні, слід відмітити відцентрові насоси, що створюють високий тиск за рахунок відцентрової сили і володіють високими експлуатаційними властивостями. Незважаючи на високі експлуатаційні властивості і довговічність відцентрових насосів слід відмітити, що вони, як правило працюють в важких умовах оточуючих середовищ (вологість, пар, наявність у повітрі слідів кислоти або луги і таке інше), що значно збільшує зношування їх поверхонь. Незворотнім процесом такої експлуатації є основною причиною зносу деталей, зміни їх геометричних розмірів та стану. Після проходження періоду припрацювання поверхонь деталей, тривалого часу встановленого зношування, настає період катастрофічного зношування – різке погіршення експлуатаційних якостей окремо. Обосновано, що підвищення надійності, збільшення термінів служби робочих органів відцентрових насосів, що працюють в агресивному середовищі, науково обґрунтований вибір комплектів обладнання і технологій дозволить прискорити їх реновацію – економічний процес оновлення елементів основних виробничих фондів, засобів виробництва, що відбуваються внаслідок фізичного спрацювання та техніко-економічного старіння за рахунок коштів амортизаційного фонду їх деталей, механізмів та агрегату загалом.

Аналіз методів зміцнення підшипникових шийок валів роторів відцентрових компресорів дозволив виявити резерви до покращення їх параметрів якості за рахунок удосконалення методу нітроцементації, який виконують методом електроерозійного легування (ЕІЛ). Використання нового способу нітроцементації, який в порівнянні з традиційним відзначається низкою переваг: підвищення мікротвердості поверхні з 10500 до 10600 МПа і плавним зниженням її у перехідній зоні; досягнення 100% суцільності обробленої поверхні; збільшенням глибини зони підвищеної мікротвердості з 120 до 150 мкм, а також зменшення шорсткості поверхні (Ra) з 0,7 до 0,6 мкм. Отримані переваги нового способу нітроцементації над традиційним, дозволяють значно покращити якість технології виготовлення і реновації підшипникових шийок відцентрових насосів, задіяних в технологічному циклі зрошення.

Ключові слова: зрошення, відцентрові насоси, шийки валів, реновація, параметри якості, нітроцементація, електроіскрове легування.

DOI <https://doi.org/10.32845/msnau.2022.1.7>

Вступ

Згідно (Dmytriiev, 1999) стверджується, що у світі 40 % продовольства виробляється на зрошуваних землях, що становлять 17 % усіх сільськогосподарських земель (подальше їх збільшення обмежує нестачу ресурсів та води).

Для поліпшення водозабезпечення в Україні створено понад 1160 водосховищ загальним об'ємом близько 55 куб. км, мережа магістральних каналів (понад 1000 км) і водоводів (понад 2000 км). Щорічно для потреби водопостачання населення і галузей економіки забирається близько 11 куб. км води, у тому числі близько 2 куб. км – для сільського господарства (Kuznesova, 2012).

Таким чином, постійного зрошення потребують майже 19 млн га орних земель, а водорегулювання – 4,8 млн га. До всього цього, ми маємо застарілу систему поливу, отриману у спадок від радянського минулого. За оцінками експертів, потреба в інвестиціях на розвиток гідротехнічних меліоративних систем складає близько \$1,5–2 млрд» (Bilonozhko, 1990).

Аналіз обладнання, задіяного в різних способах введення води в ґрунт, показав, що найбільш важливими і відповідальними для забезпечення якісного зрошування є насосні агрегати. Серед великої кількості насосів, що використовують переважно при зрошуванні слід відмітити відцентрові насоси, що створюють високий тиск за рахунок відцентрової сили і володіють високими експлуатаційними властивостями і довговічністю (КМУ, 2019).

Незважаючи на високі експлуатаційні властивості і довговічність відцентрових насосів слід відмітити, що вони, як правило працюють в важких умовах оточуючих середовищ (вологість, пар, наявність у повітрі слідів кислоти або луги і таке інше), що значно збільшує зношування їх поверхонь. Незворотнім процесом такої експлуатації є основною причиною зносу деталей, зміни їх геометричних розмірів та стану. Після проходження періоду припрацювання поверхонь деталей, тривалого часу встановленого зношування, настає період катастрофічного зношування – різке погіршення експлуатаційних якостей окремих деталей, механізмів та агрегату загалом.

Слід відмітити, що знос деталей насосного обладнання не зупиняється під час коли насос не працює. Також крім фізичного зносу відцентрових насосів існує, так званий, моральний (економічний) знос.



Рис. 1. Корозійно-абразивне зношування підшипникових шийок валу ротора насоса ЦНС-180

Таким чином, роботи направлені на покращення технології реновації є актуальними і своєчасними.

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень та публікацій

До деталей та їх елементів, від ступеню зносу поверхонь яких залежить подальша експлуатація насосу, слід віднести підшипникові та посадкові шийки валу, посадкові місця кулькових та роликів підшипників, робочих коліс, захисних втулок.

Економічна доцільність ремонту обумовлена тим, що близько 45% деталей машин, що надходять в ремонт, зношуються в допустимих межах і можуть бути використані повторно (Frumin, 2018). Згідно (Chabannyi, 2007) працездатність і ресурс відновлених деталей складає в середньому 60...80% від показників у нових деталей. Однак в даний час відомі технологічні методи (електромеханічні, електрофізичні та ін.), за допомогою яких можна повністю відновити первинний ресурс деталей або навіть збільшити його.

Підвищення надійності, збільшення термінів служби робочих органів відцентрових насосів, що працюють в агресивному середовищі, науково обґрунтований вибір комплектів обладнання і технологій дозволить прискорити їх реновацію – економічний процес оновлення елементів основних виробничих фондів, засобів виробництва (машин, обладнання), що вибувають внаслідок фізичного (матеріального) спрацювання та техніко-економічного старіння за рахунок коштів амортизаційного фонду.

Для поверхневого зміцнення шийок підшипників ковзання (ПК) використовують різні способи термообробки: цементацією, газове азотування, карбонітрацію та інші. В результаті застосування цих методів підвищується твердість їх поверхневого шару, яка зменшується по мірі поглиблення. Під час роботи відцентрового насосу шийка валу ротора, яка працює в парі з бабітовим підшипником зношується і потребує відновлення, яке як правило, відбувається шляхом її перешліфовки до стану «як чисто». Після перешліфовки видаляється найтвердіша частина поверхневого шару. Таким чином, діаметр шийки може зменшитися на величину до 0,3 мм, що призведе до значного зниження твердості поверхні і необхідності її відновлення.

Розробка та впровадження ефективних технологій поверхневого зміцнення обумовлена, з одного боку, необхідністю економії дорогих легуючих елементів, а з іншого – посиленням умов експлуатації деталей. Одним із способів вирішення цього завдання є застосування технологій, що використовують для обробки матеріалу концентровані потоки енергії (КПЕ). У нерівноважних умовах нагріву та охолодження при обробці КПЕ відбувається формування принципово іншої, ніж при традиційних методах термічного та механічного впливу, структури поверхневого шару (Tareluk, 2022).

До сучасних методів поверхневої обробки металевих поверхонь КПЕ належить електроіскрове легування (ЕІЛ), що дозволяє отримувати поверхневі структури з унікальними фізико-механічними та трибологічними властивостями на нанорівні (Mashkov, 2015).

Порівняно з традиційними технологіями поверхневого зміцнення метод ЕІЛ має переваги: локальність, високий ступінь адгезії, виникнення невеликого теплового фону і, як наслідок, відсутність викривлень та деформацій, простий та гнучкий технологічний процес, екологічна безпека та ін. (Tarelnyk, 2021).

При зближенні електродів поверхні піддаються локальному впливу високих тисків ударної хвилі та температури (Korotaev, 2009), (Verkhoturov, 1995).

Широкі можливості зміни властивостей металевих поверхонь у потрібному напрямку відкриваються при використанні графіту як анод у процесі електроіскрового легування (ЕІЛ). Відповідно до (Mikhailyuk, 2010) вибір графіту як електродного матеріалу обґрунтований низкою його переваг. Відомо, що графіт у вільному стані є прекрасним твердозмашувальним матеріалом, а у зв'язаному, у вигляді карбідів, – твердою зносостійкою фазою, досить стійкою до багатьох агресивних середовищ (Mikhailyuk, 2010), (Mikhailyuk, 2010), (Kayali, 2021). У ряді випадків потрібне одночасне поєднання цих властивостей.

Метод ЕІЛ графітовим електродом заснований на процесі дифузії (насичення поверхневого шару деталі вуглецем) і не супроводжується збільшенням розмірів деталі, що дає підставу порівнювати його з різновидом ХТО – цементацією (C_{EIL}) (Tkachenko, 2020), (Radek, 2017), (Martsynkovskiy, 2008), (Martsynkovskiy, 2013), (Tarelnyk, 2020).

При C_{EIL} зміцнення поверхні деталі відбувається за рахунок дифузійно-загартованих процесів, що полягають у локальному насиченні її вуглецем, при досить високій температурі (до 10000 °С), з наступним швидким охолодженням до кімнатної температури.

Процес C_{EIL} сталевих поверхонь має низку переваг у порівнянні з традиційним, здійснюваним методом ХТО. Основними перевагами Процес C_{EIL} сталевих поверхонь має низку переваг у порівнянні з традиційним, здійснюваним методом ХТО. Основними перевагами C_{EIL} є: досягнення 100% суцільності зміцнення поверхні; підвищення твердості поверхневого шару деталі за рахунок дифузійно-загартованих процесів; можливість локальної обробки (легування можна здійснювати в строго зазначених місцях, не захищаючи при цьому решту поверхні деталі) та ін.

В (Martsynkovskiy, 2013) нами був запропонований спосіб, який полягає в тому, що C_{EIL} проводять поетапно, знижуючи на кожному етапі енергію розряду. При цьому використовують $W_p=0,1...6,8$ Дж і продуктивність $0,4...2,0$ см²/хв.

Однак недоліком такого способу є зниження твердості поверхневого шару в результаті відпустки при повторній (поетапній) обробці поверхні графітовим електродом, але з меншою енергією розряду. Крім того, поряд зі зниженням мікротвердості поверхні знижується глибина шару підвищеної твердості.

Для усунення зазначених недоліків запропонований спосіб зміцнення поверхонь термооброблених сталевих деталей (Tarelnyk, 2017), який включає операцію ЕІЛ і операцію іонного азотування (ІА), причому операцію ІА

здійснюють або до, або після операції ЕІЛ протягом часу, достатнього для насичення поверхневого шару деталі азотом на глибину зони термічного впливу. Операцію ЕІЛ виконують графітовим електродом з енергією розряду 0,1-6,8 Дж і продуктивністю 0,2...4,0 см²/хв.

Внаслідок використання цього способу зменшення твердості усувається. В даному випадку твердість у зоні термічного впливу не знижуватиметься, оскільки властивості азотованої поверхні практично не змінюються при повторних нагріваннях аж до 500-600 °С, у той час як при нагріванні цементованої та загартованої поверхні до 225-275 °С її твердість знижується.

Незважаючи на низку позитивних результатів, представлених вище, існуючий метод не позбавлений недоліків. Це насамперед: велика тривалість процесу ІА (до 24 годин), великі витрати електроенергії і необхідних реагентів, необхідність виготовлення зразка свідка для контролю результатів зміцнення, а також необхідність захисту окремих ділянок поверхні виробу, наприклад, різьблення, від зміцнення.

Для усунення зазначених вище недоліків був розроблений спосіб зміцнення поверхонь термооброблених сталевих деталей, який включає C_{EIL} та відрізняється тим, що в зону легування подається азот (Martsynkovskiy, 2020). В даному випадку одночасно протікають два процеси C_{EIL} та азотування, що, по суті, є процесом нітроцементзації методом (HC_{EIL}).

Спосіб нітроцементзації здійснюється за рахунок використання пристрою, що закріплюється на вібраторі установки ЕІЛ (рис. 2).

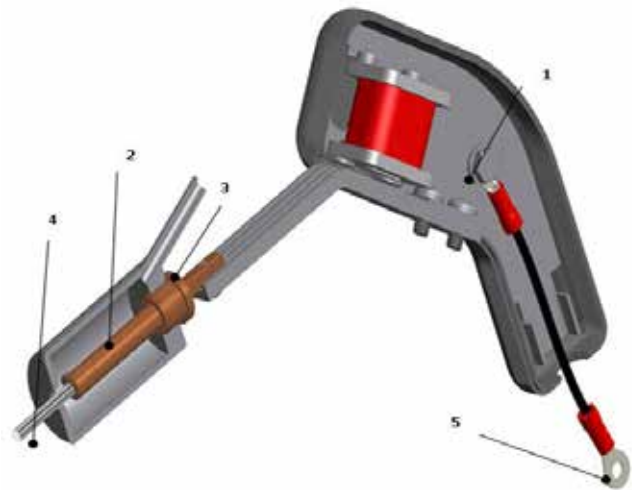


Рис. 2. Пристрій для подачі газу до зони легування:

- 1 – вібратор, 2 – оправлення для підведення газу,
- 3 – штуцер підведення газу, 4 – електрод,
- 5 – приєднання вібратора до генератора ЕІЛ

Враховуючи, що запропонований нами новий спосіб цементзації методом ЕІЛ (Tarelnyk, 2020) має низку переваг перед традиційним (зниження шорсткості поверхні, збільшення глибини дифузійної зони вуглецю, підвищення мікротвердості «білого» шару, його товщини і суцільності) то бажано використовувати його і в способі нітроцементзації – HC_{EIL} .

Таким чином, **метою роботи** є підвищення довговічності шийок валів під ПК за рахунок покращення параметрів якості їх поверхневих шарів, сформованих способом нітроцементації, який виконується методом ЕІЛ.

Методика проведених досліджень

Процес $\text{Ц}_{\text{ЕІЛ}}$ і $\text{НЦ}_{\text{ЕІЛ}}$ проводився з допомогою установки моделі «Елітрон – 22А» (рис. 1). Зразки закріплювалися у патроні, а вібратор у різцетримачі токарного верстата. Після чого проводилася поетапна обробка шляхом легування графітовим електродом марки ЕГ– 4 (ОСТ 229-83) з енергією розряду 0,55 Дж (1-й етап) і 0,13 Дж (2-й етап) з продуктивністю, відповідно 1,0–1,3 та 0,5–0,1 $\text{см}^2/\text{хв}$. Обробку зразків новим способом $\text{НЦ}_{\text{ЕІЛ (н.с.)}}$ проводили поетапно:

1-й етап – графітовим електродом-інструментом при $W_p = 0,55$ Дж;

2-й етап – ретельно витирали в оброблену на 1-му етапі поверхню суспензію з вазеліну і порошку графіту;

3-й етап – графітовим електродом-інструментом при $W_p = 0,55$ Дж.

Процес ЕІЛ механізували. При цьому деталь, що оброблювали, закріплювали в патроні токарно-гвинторізного верстату, а вібратор з електродом-інструментом в супорті верстату.

Для досліджень використовували спеціальні круглі зразки, виготовлені зі сталей: 40Х у вигляді котушки, що складається з двох дисків, діаметром 50 мм і шириною 10 мм, сполучених між собою проставкою діаметром 15 мм, що має дві технологічні ділянки такого самого діаметра (рис. 3, а). Зразки термооброблювали на твердість 3900-4000 МПа та зміцнювали різними способами:

$\text{Ц}_{\text{ЕІЛ}}$, $\text{НЦ}_{\text{ЕІЛ}}$ і новим способом нітроцементації методом ЕІЛ ($\text{НЦ}_{\text{ЕІЛ (н.с.)}}$)

Поверхні дисків перед обробкою шліфували до $Ra = 0,5$ мкм.

Для дослідження параметрів якості покриттів, металографічних і дюрOMETричних досліджень із круглих зразків вирізали окремі сегменти (рис. 3, б) і виготовляли шліфи (рис. 3, в).

Під час виготовлення поверхня шліфа була орієнтована перпендикулярно до поверхні легування. Перед виготовленням шліфа для виключення крайового ефекту під час легування торець зразка фрезерували на глибину не менше ніж 2 мм. Виготовлений шліф піддавали хімічному травленню для виявлення структури в реактиві.

Одночасно проводили дюрOMETричний аналіз на розподіл мікротвердості в поверхневому шарі і за глибиною шліфа від поверхні. Вимірювали мікротвердість на мікротвердомері ПМТ-3 втискуванням алмазної піраміди під навантаженням 0,05 Н згідно з ГОСТ 9450-76.

На всіх етапах обробки визначалась шорсткість поверхні на приладі профілограф – профілометр мод. 201 заводу «Калібр» (рис. 4, а). При цьому результати через спеціальний пристрій видавалися на монітор комп'ютера у вигляді графіків (рис. 4, б).

Результати та обговорення досліджень

В табл. 1 представлено розподіл мікротвердості в поверхневому шарі зразків сталі 40Х, термооброблених на твердість 3900–4000 МПа та зміцнених різними способами, а також наведені результати впливу цих способів зміцнення на шорсткість утвореного зміцненого поверхнього шару.



Рис. 3. Зразки для дослідження параметрів якості покриттів:
а – круглі зразки, б – вирізані сегменти, в – шліфи

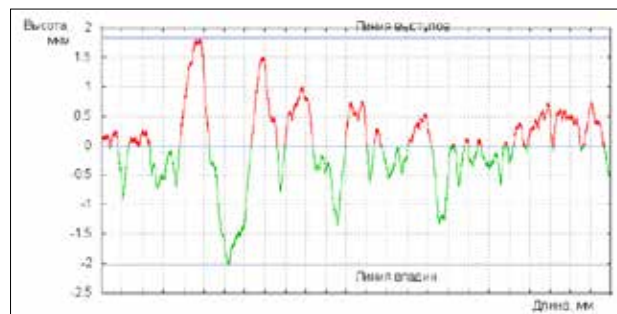


Рис. 4. Визначення шорсткості на приладі профілограф-профілометр мод. 201 заводу «Калібр»:
а – фото приладу; б – профілограма шорсткості вихідного зразка

Таблиця 1

Результати зміцнення поверхневого шару зразків із сталі 40X різними способами

Спосіб зміцнення	Мікротвердість, МПа (крок виміру ~ 30 мкм)						Ra, мкм
	1	2	3	4	5	6	
*Ц _{ЕІЛ}	7010	3800	4300	4100	3900	3900	0,8
*НЦ _{ЕІЛ}	10500	6200	5300	4300	4000	3950	0,7
НЦ _{ЕІЛ(н.с.)}	10600	6300	5500	4500	4200	4000	0,6

* – данні взяті з [21].

На рис. 5 показані мікроструктури поверхневого шару сталі 40X і розподіл мікротвердості по глибині шару при Ц_{ЕІЛ}; НЦ_{ЕІЛ} та НЦ_{ЕІЛ(н.с.)}

Використання нового способу НЦ_{ЕІЛ}, відзначається крім усунуння, характерного для термооброблених деталей «провалу твердості» (залежність 1 на рис. 4, в), відзначається підвищенням мікротвердості з 10500 до 10600 МПа, плавним зниженням її у перехідній зоні, збільшенням глибини зони підвищеної мікротвердо-

сті з 120 до 150 мкм, а також зменшенням шорсткості поверхні Ra, з 0,7 до 0,6 мкм.

Висновки:

1. Аналіз методів зміцнення підшипникових шийок валів роторів відцентрових компресорів дозволив виявити резерви до покращення їх параметрів якості за рахунок удосконалення методу нітроцементації, який виконують методом ЕІЛ.

2. Використання нового способу нітроцементації, який в порівнянні з традиційним відзначається низкою переваг: підвищення мікротвердості поверхні з 10500 до 10600 МПа і плавним зниженням її у перехідній зоні; досягнення 100% суцільності обробленої поверхні; збільшенням глибини зони підвищеної мікротвердості з 120 до 150 мкм, а також зменшенням шорсткості поверхні (Ra) з 0,7 до 0,6 мкм.

3. Отримані переваги нового способу нітроцементації над традиційним, дозволяють значно покращити якість технології виготовлення і реновації підшипникових шийок відцентрових насосів, задіяних в технологічному циклі зрощення.

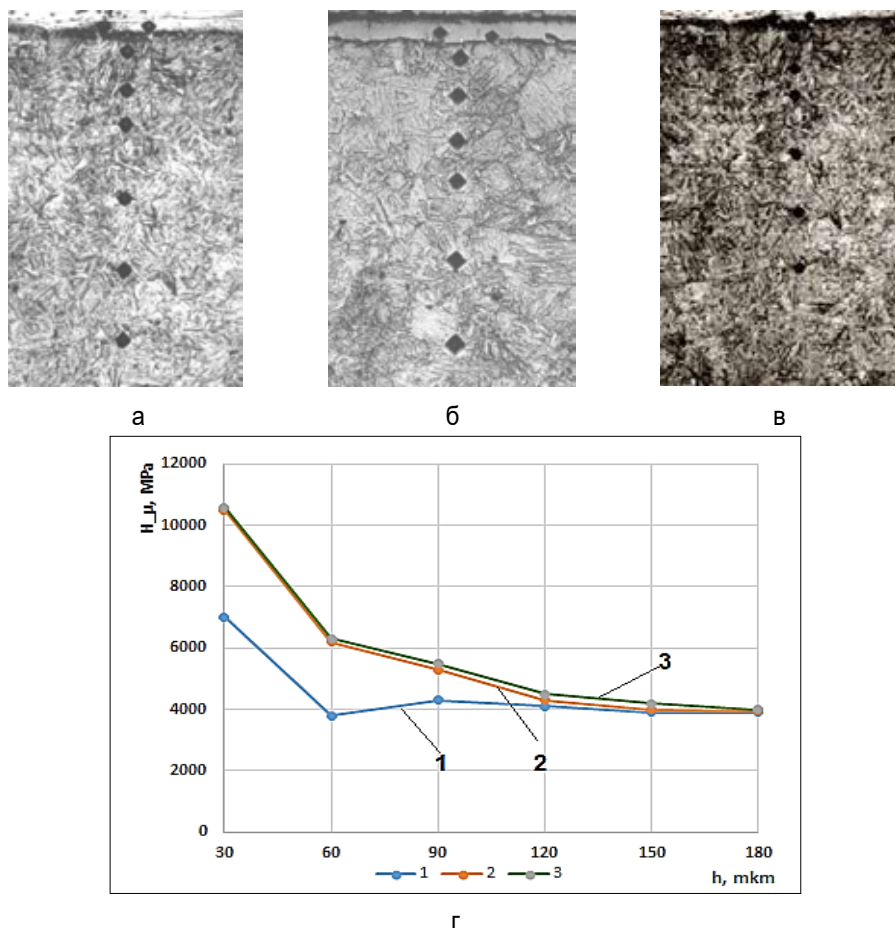


Рис. 5. Мікроструктура (а, б, в) і розподіл мікротвердості по глибині шару (в) зразків сталі 40X після:

а – Ц_{ЕІЛ} (1); б – НЦ_{ЕІЛ} (2); в – НЦ_{ЕІЛ(новий спосіб)}

Бібліографічні посилання:

1. Bilozhko M.A., Shevchenko V.P., Alimov D.M. та ін. (1990) Roslynnnytstvo. Intensyvna tekhnolohiia vyroshchuvania polovykh i kormovykh kultur [Plant growing. Intensive technology for growing field and fodder crops] / za red. M.A. Bilozhka. K. : Vyshcha shkola. 292 s. (in Ukrainian)

2. Dmitriiev A.F., Khlapuk M.M., Shuminskiy V.D. ta in. (1999) Hidrotekhnichni sporudy. Pidruchnyk dlia vuziv [Waterworks. Textbook for universities] / za redaktsiieu A.F. Dmytrieva. Vyd-vo Rivnenskoho derzhavnogo tekhnichnogo universytetu. 328 s. (in Ukrainian)
3. Frumin G.T. Tehnogennye sistemy i jekologicheskij risk. [Technogenic systems and ecological risk]. Sankt-Peterburg : SpecLit, 2018. 136 s. (in Russian)
4. Korotaev, D.N. (2009) Tekhnologicheskie vozmozhnosti formirovaniya iznosostoikikh nanostructurel elektroiskrovym legirovaniem [Technological Possibilities of Wear-Resistant Nanostructure Formation by Electric-Spark Alloying], Omsk : SibADI. (in Russian)
5. Kuznecova E.I., Zakabunina E.N., Snipich Ju.F. (2012) Oroshaemoe zemledelie: ucheb. posobie [Irrigated agriculture: textbook. allowance]. M. : FGBOU VPO RGAZU, 117 s (in Russian)
6. Martsynkovskiy V.S., Tarelnyk V.B., Belous A.V. (2008) Patent Ukrainy na vynakhid № 82948, 23S 8/00. Sposib tsementatsii stalevykh detalei elektroeroziinym lehuванняm [Method of cementing steel parts by EDM] / Opubl. 25.03.2008, biul. № 10. (in Ukrainian)
7. Martsynkovskiy V.S., Tarelnyk V.B., Bratushchak M.P. (2013) Patent Ukrainy na vynakhid № 101715, 23N 9/00. Sposib tsementatsii stalevykh detalei elektroeroziinym lehuванняm [Method of cementation of steel parts by electroerosion alloying] / Opubl. 25.01.2013, biul. № 8. (in Ukrainian)
8. Martsynkovskyy V., Tarelnyk V., Konoplianchenko Ye., Gaponova O., Dumanchuk M. (2020) Technology support for protecting contacting surfaces of half-coupling – Shaft press joints against fretting wear. *Advances in Design, Simulation and Manufacturing II. DSMIE 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer. P. 216–225.
9. Mashkov, Y.K., Korotaev, D.N., Baibaratskaya, M.Y. et al (2015). Nanostructured coatings synthesized by electro-spark machining. *Tech. Phys.* 60, 1489–1493. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1063784215100217>
10. Mikhailyuk A.I., Gitlevich A.E. (2010) Application of graphite in electrospark technologies. *Surf. Engin. Appl. Electrochem.* 46, 424–430. DOI: <https://doi.org/10.3103/S1068375510050054>
11. Radek N., Pietraszek J., Szczotok A. (2017) Technology and application of electro-spark deposited coatings METAL 2017-26th International Conference on Metallurgy and Materials, Conference Proceedings, 2017-January, pp. 1432–1437.
12. Remont avtomobiliv: navchalnyi posibnyk [Car repair: textbook] / Vporiadkovano V.Ia. Chabannyi (2007). Kirovohrad: Kirovohradska raionna drukarnia. 720 s. (in Ukrainian)
13. Rozporiadzhennia KMU vid 14 serpnia 2019 r. № 688-r «Pro skhvalennia Stratehii zroshennia ta drenazhu v Ukraini na period do 2030 roku» [On approval of the Irrigation and Drainage Strategy in Ukraine for the period up to 2030] – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/688-2019-%D1%80#Text>. (in Ukrainian)
14. Tarelnyk V. B., Gaponova O. P., Konoplianchenko Ye. V. (2022) Electric-Spark Alloying of Metal Surfaces with Graphite, *Prog. Phys. Met.*, 23, No. 1: 27–58/ DOI: <https://doi.org/10.15407/ufm.23.01.027>
15. Tarelnyk V. B., Martsynkovskiy V.S., Haponova O. P., Myslyvchenko O.M., Pyrohov V.O., Hapon O. O., Lazarenko A. D. (2020) Sposib tsementatsii stalevykh detalei elektroiskrovym lehuванняm [Method of cementing steel parts by electrospark alloying]: pat. 142822 Ukrainy na korysnu model: MPK (2020.01) C23C 8/00, C23C 28/00; zaiavl. 11.02.2020 ; opubl. 25.06.2020, Biul. № 12. (in Ukrainian)
16. Tarelnyk V. B., Martsynkovskiy V.S., Kosenko P.V., Voloshko T.P., Antoshevskiy Bohdan (2017) Sposib zmitsnennia poverkhon termoobroblyenykh stalevykh detalei [Method of strengthening surfaces of heat-treated steel parts]: pat. 118011 Ukrainy na korysnu model: MPK (2017.01) C23C 2 8/00, C23C 8/00, B23H 5/00; zaiavl. 28.09.2015; opubl. 25.07.2017, Biul. № 14. (in Ukrainian)
17. Tarelnyk V.B., Gaponova O.P., Loboda V.B., Konoplyanchenko E.V., Martsinkovskii V.S., Semirnenko Yu.I., Tarelnyk N.V., Mikulina M.A., Sarzhanov B.A. (2021) Improving Ecological Safety when Forming Wear-Resistant Coatings on the Surfaces of Rotation Body Parts of 12Kh18N10T Steel Using a Combined Technology Based on Electrospark Alloying. *Surf. Engin. Appl. Electrochem.* 57, 173–184. DOI: <https://doi.org/10.3103/S1068375521020113>
18. Tkachenko Y.G., Tolochyn O.I., Britun V.F., Yurchenko D.Z. (2020) Effect of Shock Sintering Temperature and Carbon Content of the WC-Co Hardmetal Anode on the Mass Transfer in Electrospark Deposition. *Powder Metallurgy and Metal Ceramics*, 58 (11-12), pp. 692–702. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11106-020-00126-9>
19. Verkhoturov, A.D. (1995) Formirovanie poverkhnostnogo sloya metallov pri elektroiskrovom legirovanii [Formation of the Metal Surface Layer by Electrospark Alloying], Vladivostok: Dal'nauka. (in Russian)
20. Yusuf Kayali, Şükrü Talaş (2021) Investigation on Wear Behavior of Steels Coated with WC by ESD Technique Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces, 57 (1), pp. 106-112. DOI: <https://doi.org/10.1134/S2070205120060131>

Tarelnyk V.B., Doctor of Technical Sciences, Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Dumanchuk M.Y., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Tarelnyk N.V., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Voloshko T.P., Senior Lecturer, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Pirogov V.O., Postgraduate, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Renovation of necks of sliding bearings of central pump shafts for irrigation

The article considers the problems of improving the quality of machines involved in the technological cycle of irrigation. Analysis of the equipment involved in various methods of introducing water into the soil showed that the most important and responsible for ensuring quality irrigation are pumping units. Among the large number of pumps used mainly for irrigation, it should be noted centrifugal pumps, which create high pressure due to centrifugal force and have high performance

properties. Despite the high performance and durability of centrifugal pumps, it should be noted that they usually work in harsh environments (humidity, steam, the presence of traces of acid or alkali in the air, etc.), which significantly increases the wear of their surfaces. The irreversible process of such operation is the main cause of wear of parts, changes in their geometric dimensions and condition. After the period of running in the surfaces of parts, a long time of installed wear, there is a period of catastrophic wear – a sharp deterioration in performance separately. It is substantiated that increase of reliability, increase of service life of working bodies of the centrifugal pumps working in the aggressive environment, scientifically proved choice of sets of the equipment and technologies will allow to accelerate their renovation – economic process of updating elements of fixed assets, means of production leaving due to physical operation -economic aging at the expense of the depreciation fund of their parts, mechanisms and units in general.

The analysis of methods of strengthening of bearing necks of shafts of rotors of centrifugal compressors allowed to reveal reserves for improvement of their quality parameters due to improvement of a method of nitrocementation which is carried out by an electroerosion alloying (EIL) method. The use of a new method of nitrocementation, which in comparison with the traditional has a number of advantages: increasing the microhardness of the surface from 10500 to 10600 MPa and gradually reducing it in the transition zone; achieving 100% of the integrity of the treated surface; increasing the depth of the zone of increased microhardness from 120 to 150 μm , as well as reducing the surface roughness (R_a) from 0.7 to 0.6 μm . The obtained advantages of the new method of nitrocementation over the traditional one allow to significantly improve the quality of the technology of manufacturing and renovation of bearing necks of centrifugal pumps involved in the technological cycle of irrigation.

Key words: irrigation, centrifugal pumps, shaft necks, renovation, quality parameters, nitrocementation, electrospark alloying.