

## 133 ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 621.791.753.042

DOI: 10.31498/2225-6733.51.2025.344644

### ОПТИМАЛЬНІ МЕТОДИ ВІДНОВЛЕННЯ І ЗМІЦНЕННЯ КЕРНІВ КЛЕЩЕВИХ ЗАХВАТІВ КОЛОДЯЗНИХ КРАНІВ

|               |                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Лаврик В.П.   | канд. техн. наук, доцент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Дніпро, ORCID: <a href="https://orcid.org/0009-0003-8162-7082">https://orcid.org/0009-0003-8162-7082</a> , e-mail: <a href="mailto:lavrik_v_p@pstu.edu">lavrik_v_p@pstu.edu</a> ;     |
| Суглобов В.В. | д-р техн. наук, професор, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Дніпро, ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0003-1743-0894">https://orcid.org/0000-0003-1743-0894</a> , e-mail: <a href="mailto:suglobov_v_v@pstu.edu">suglobov_v_v@pstu.edu</a> ; |
| Шишкін В.В.   | канд. техн. наук, доцент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Дніпро, ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0001-5943-2180">https://orcid.org/0000-0001-5943-2180</a> , e-mail: <a href="mailto:shishkin_v_v@pstu.edu">shishkin_v_v@pstu.edu</a>   |

Серед багатьох типів підйомно-транспортних машин, що застосовуються в прокатному виробництві, значне місце займають спеціальні колодязні крани. Для забезпечення високої продуктивності прокатного цеху, високої якості прокату та безпечної роботи персоналу необхідно приділити особливу увагу надійності роботи таких кранів. Підвищення вимог до якості прокату з одночасним збільшенням маси сталевих зливків розкрило в роботі допоміжного підйомно-транспортного устаткування ряд істотних недоліків. Один з них – транспортування і посадка зливків у колодязі, видача їх у прокатку після нагрівання, за допомогою кліщових захватів з робочими органами у вигляді кернів. Стійкість кернів і надійність затискання зливків порівняно невелика і їх змінюють досить часто (6-7 штук у зміну). Середньомісячна витрата кернів в процесі експлуатації колодязних кранів становить близько 1200 одиниць. Використання пошкоджених кернів і несвоєчасна їх заміна призводить до ненадійного захоплення зливків, що може привести до травм працівників підприємства, руйнування колодязної печі та іншого металургійного обладнання. Для вибору оптимальних шляхів продовження терміну служби керна було проведено аналіз досліджень температурних умов служби кернів кліщових кранів. Встановлено, що в процесі роботи кернів відзначається циклічна зміна температур: від 1200°C на поверхні керна до 100°C при його охолодженні у баках з водою. У період між захопленнями зливків коливання температури досягають 300-400°C. В результаті циклічної зміни температури виникають значні термічні напруги. Якщо врахувати, що керни піддаються додатковому спектру навантажень, таких як ударні, стискаючі і зминаючі, то це призводить до утворення тріщин розпалу. При подальшій експлуатації кернів у такому режимі сітка розпалу сприяє інтенсивному зносу, зминанню, відколам. Розробка оптимальних способів відновлення та зміцнення кернів колодязних кранів включає кілька ключових етапів: 1. Діагностика та оцінка стану кернів. Аналіз умов експлуатації та режимів роботи для встановлення причин зношення та утворення дефектів; 2. Вибір методу відновлення. Наплавлення з подальшою механічною обробкою – використовується для ліквідації глибоких пошкоджень і досягнення необхідних розмірів і властивостей; 3. Контроль якості відновлених кернів. Використання неруйнівних методів контролю для оцінки стану зварних швів та наплавлених поверхонь; 4. Тестування та дослідна експлуатація. Випробування на стендах і у виробничих умовах для підтвердження надійності та безпеки. 5. Аналіз результатів дослідної експлуатації для оптимізації процесів відновлення.

**Ключові слова:** колодязний кран, керни кліщовин, зносостійка наплавка, напіваавтоматичне наплавлення, електрошлакове наплавлення, сітка розпалу, армований кран, порошковий дрот.

#### Постановка проблеми

Вантажозахоплюючі кліщі є найбільш відповідальним і навантаженим вузлом кліщового металургійного крану. Цей пристрій виконує функцію захоплення та утримання зливка під час посадки у нагрівальні колодязі, підйому та його транспортування. Продуктивність технологічного процесу прокатки значною мірою залежить від безперебійної і надійної роботи кліщового захоплювача. Маса зливка складає 20 т, а температура після нагрівання – 1260-1280°C. Основними робочими елементами кліщового захоплювача є керни. Вони отримують значні і повторювальні термо-механічні навантаження.

У процесі роботи крана керни досить часто змінюють (6-7 штук на зміну) через появу дефектів. Дефекти призводять до погіршення умов тиску і утримання зливка кліщами. Для відновлення роботи крану, стабільної його експлуатації без частих зупинок можна запропонувати використання або нової конструкції керна, або відновлення і зміцнення робочої поверхні кернів за допомогою зносостійкого наплавлення.

З матеріалів аналізу випливає, що дослідження температурних умов роботи кернів та вибір способу їх відновлення та зміцнення має велике значення у питанні надійної роботи кранового металургійного обладнання. Тому дослідження, спрямовані на вибір оптимального способу відновлення та зміцнення робочої

частини кернів колодязних кранів, є важливим та актуальним завданням.

#### Аналіз останніх досліджень та публікацій

Аналізу умов роботи металургійних кранів і вантажозахоплювальних пристроїв присвячено багато класичних робіт, в яких детально розглянуто питання вибору конструкцій вантажозахоплювальних пристроїв, їх проектування та силового аналізу, а також надано рекомендації щодо експертної оцінки технічного стану вантажозахоплювальних пристроїв. Цикл наукових публікацій [1-4] присвячено огляду та вибору конструкцій затискних та захоплювальних пристроїв. У роботах [5-6] проведено огляд існуючих конструкцій кернів колодязних кранів, проаналізовані їх переваги та недоліки. На підставі виконаного силового розрахунку кліщового захоплювача колодязного крана авторами запропоновані нові, більш ефективні конструкції кернів і рекомендації щодо їх застосування.

#### Мета статті

Виконати огляд та провести аналіз температурних умов експлуатації кернів кліщових кранів, а також встановити причини виникнення значних термічних і фазових напружень. Ідентифікувати чинники, що спричиняють появу тріщин розпаду на поверхні керна. На підставі проведеного огляду і аналізу запропонувати способи відновлення та зміцнення робочої поверхні керна з високими фізико-механічними властивостями.

#### Виклад основного матеріалу

Керни є основними робочими елементами кліщового крана, який служить для посадки зливків у нагрівальні колодязі та видачі гарячих зливків для прокатки на блюмінгу та слябінгу. Маса зливка останніми роками досягає 20 т і більше, температура після нагрівання складає 1260-1280°C. У процесі експлуатації керни багаторазово нагріваються до вказаних температур при транспортуванні зливків і охолоджуються під впливом навколишнього повітря, а також при замочуванні в баках з водою. Крім цього, відзначається інтенсивне зношування їх робочої поверхні. Наслідком є швидкий вихід кернів із ладу (рис. 1).

Більшість кернів вибраковують в результаті зминання, затушення і зносу робочої частини, а також появи розвиненої сітки розпаду на робочій поверхні. Іноді відзначається пластична деформація кінця керна, який виступає з кліщовини. Тривалість роботи кернів вимірюється годинами і їх змінюють досить часто (6-7 штук у зміну). Середньомісячна витрата кернів в процесі експлуатації колодязних кранів обтісного цеху становить близько 1200 шт.



Рис. 1 – Контейнер із відпрацьованими кернами

Інститутом електрозварювання ім. Є. О. Патона Національної академії наук України проведені дослідження динаміки температурних змін поверхні та перерізу кернів, виготовлених різними методами. Було встановлено, що в результаті циклічної зміни температури виникають значні термічні напруження. Підсумовуючи з фазовими і з діючими напруженнями від навантажень, вони перевищують межу міцності окремих мікрооб'ємів, в результаті чого утворюються тріщини розпаду. Розвинена сітка розпаду сприяє інтенсивному зносу і, як наслідок, зминання, притуплення та вибракування кернів.

Враховуючи, що відновлена деталь повинна бути достатньо довговічною і надійною в експлуатації, мати якісні показники, як у новій деталі, запропоновано застосування сучасних методів ремонту, що дозволяє не тільки відновити деталі, але і поліпшити їх експлуатаційні характеристики.

Дослідження показали, що покращити працездатність і збільшити термін служби кернів доцільно наступними методами.

1) Шляхом ремонту та відновлення за допомогою наплавлення на їх робочу поверхню шару з високими фізико-механічними властивостями.

2) Створенням нової конструкції керна з покращеними властивостями.

Наплавлення зносостійкими сплавами є одним із найбільш універсальних, економічно доцільних і широко застосовуваних у народному господарстві способів відновлення та виготовлення деталей машин і механізмів. Цей процес забезпечує надання робочим поверхням спеціальних властивостей, що сприяють підвищенню їх зносостійкості та збільшенню строку служби.

Наплавлення являє собою процес нанесення розплавленого присадкового металу на спеціально підготовлену поверхню деталі, яка виготовляється або ремонтується. У результаті взаємодії наплавленого шару з основним металом утворюється сплав із високими механічними та експлуатаційними характеристиками.

У промисловості, будівництві, транспорті та сільському господарстві використовуються практично всі відомі способи й різновиди наплавлення. Постійно удосконалюються та впроваджуються у виробництво прогресивні технології, такі як дугове наплавлення порошковими дротами й стрічками, електрошлакове, індукційне, вібродугове, плазмове тощо.

На виконання зносостійкої та відновлювальної наплавки витрачається понад 5% усіх електродів, близько 11% зварювального дроту суцільного перерізу та майже половина всього порошкового дроту.

Потреба України в наплавочних матеріалах – електродах, порошкових дротах і стрічках – повністю забезпечується завдяки їх виробництву на значній кількості малих підприємств і в спеціалізованих цехах промислових підприємств. Найбільшим із них є цех із виробництва порошкового дроту потужністю 6000 тон на рік, що функціонує на Нижньодніпровському заводі металовиробів у місті Дніпро.

Збільшення обсягів застосування технологій наплавлення у виробництві сприяє суттєвій економії металу як за рахунок відновлення зношених деталей, так і завдяки підвищенню їх зносостійкості та подовженню строку служби машин і конструкцій.

*Відновлення шляхом наплавлення робочої частини.*

Найбільш поширеними способами відновлення розмірів зношених деталей і нанесення поверхневих шарів з заданими експлуатаційними характеристиками є наплавлення. Серед відомих його способів на практиці широко застосовується ручне дугове наплавлення штучними електродами, механізоване під шаром флюсу, напівавтоматичне, в середовищі захисних газів плавкими і неплавкими електродами, плазмове, вібродугове і газополум'яне наплавлення [6, 7, 8].

Ручне дугове наплавлення є найбільш поширеним методом, що відзначається простотою технологічного процесу та обладнання, яке використовується. Його перевагою є універсальність – можливість застосування для ремонту деталей різних конструкцій, розмірів і конфігурацій. До основних недоліків цього методу належать нестабільність якості наплавленого шару, невисока продуктивність та складні умови праці оператора.

Механізоване наплавлення під шаром флюсу (рис. 2) відрізняється вищою стабільністю процесу. У зону горіння дуги за допомогою спеціального обладнання безперервно подається електродний дріт або стрічка. Зона дугового розряду та ванна розплавленого металу захищаються шаром гранульованого флюсу спеціального складу, який запобігає окисненню і сприяє формуванню якісного наплавленого шару. Переміщення дуги вздовж поверхні виробу здійснюється автоматично, що забезпечує стабільність розмірів наплавлених валиків, однорідність хімічного складу і властивостей наплавленого металу.

Однак цей спосіб більше застосовується для нанесення порівняно великого об'єму наплавленого металу і відновлення громіздких виробів.

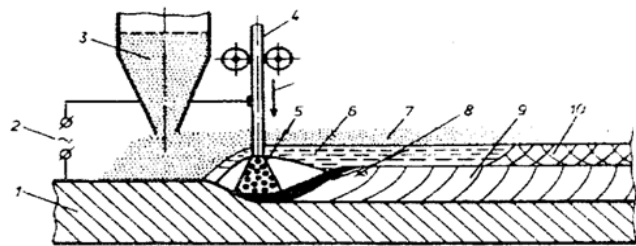


Рис. 2 – Схема наплавлення під шаром флюсу: 1 – виріб; 2 – джерело живлення; 3 – флюсоживильник; 4 – механізм подачі дроту; 5 – зварювальна дуга; 6 – розплавлений шлак; 7 – шар флюсу; 8 – зварювальна ванна; 9 – наплавлений валик; 10 – шлакова кірка

Найпоширенішим методом є напівавтоматичне наплавлення плавким електродом в середовищі захисних газів (рис. 3). У цьому випадку зона горіння дуги і розплавлений метал захищаються від повітря струменем інертного або вуглекислого газу. Цей метод наплавлення застосовують в тих випадках, коли ускладнене або неможливе наплавлення під флюсом (при наплавленні внутрішніх поверхонь глибоких отворів, дрібних деталей або деталей складної конфігурації, крайок виробу, коли утримання флюсу на поверхні виробу становить значні труднощі). З урахуванням конфігурації зношеної поверхні керна цей варіант відновлення є оптимальним.

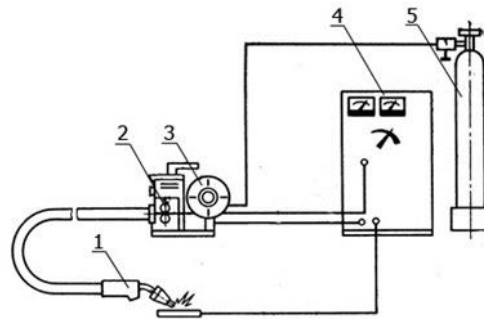


Рис. 3 – Напівавтоматичне наплавлення в середовищі захисних газів: 1 – пальник; 2 – механізм подачі; 3 – касета; 4 – джерело живлення; 5 – балон із захисним газом

Спосіб напівавтоматичного наплавлення кернів (рис. 4) може бути реалізований з використанням самозахисного порошкового дроту ВЕЛТЕК-Н480С Ø2,4 мм з системою легування C-Si-Mn-Cr-W-Mo-Ti-V (табл. 1).

Таблиця 1  
Режими наплавлення порошкового дроту ВЕЛТЕК-Н480С

| Діаметр, мм | Ісв, А  | Уд, В |
|-------------|---------|-------|
| 1,6         | 200-300 | 24-28 |
| 2,4         | 200-350 | 24-30 |

Це дозволить досягти твердості робочої поверхні керна до 47-53 HRC. Зазначений порошковий дріт застосовується для наплавлення деталей, які працюють в умовах тертя металу по металу у поєднанні з термічною втомою і високим питомим тиском. Застосування дроту дозволить:

- досягти хімічного складу наплавленого металу типу Нп-30Х4В2М3ФСТ;
- забезпечити твердість наплавленого металу 47-53 HRC;
- підвищити теплостійкість поверхні і опір зносу при терті металу по металу.

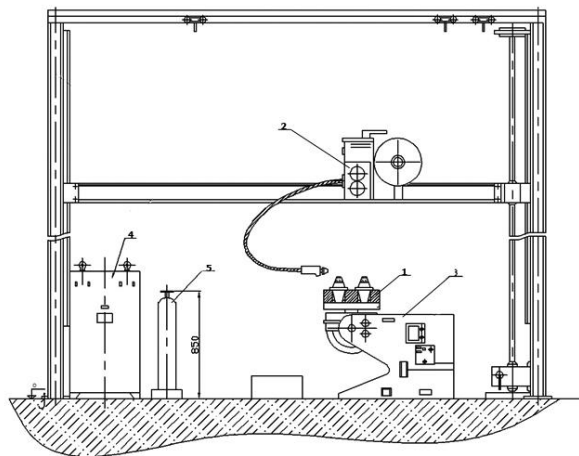


Рис. 4 – Устаткування напівавтоматичного наплавлення із застосуванням самозахисного порошкового дроту:  
1 – керн; 2 – апарат для напівавтоматичного наплавлення;  
3 – маніпулятор; 4 – апарат управління; 5 – газовий балон

Відновлений дослідний зразок керну представлено на рисунку 5.

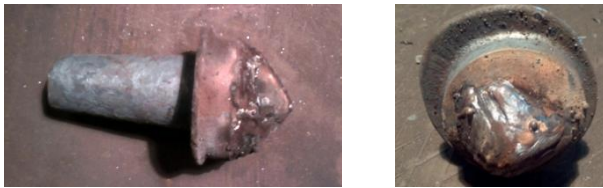


Рис. 5 – Зовнішній вигляд керна після наплавлення

У тих випадках, коли в процесі експлуатації відбувся більш значний знос поверхні керна (відколи), можливе застосування стико-шлакового наплавлення (рис. 6). Процес починається наведенням шлакової ванни на дні форми, яка охолоджується водою. Електродом служить хвостовик з привареною пластиною або прутиком з легованого металу, які і розплавляються в першу чергу. У момент занурення хвостовика у шлак швидкість подачі спочатку зменшують (для прогріву торця деталі), а потім збільшують до занурення деталі в металеву ванну. Відбувається зварювання хвостовика і керна.

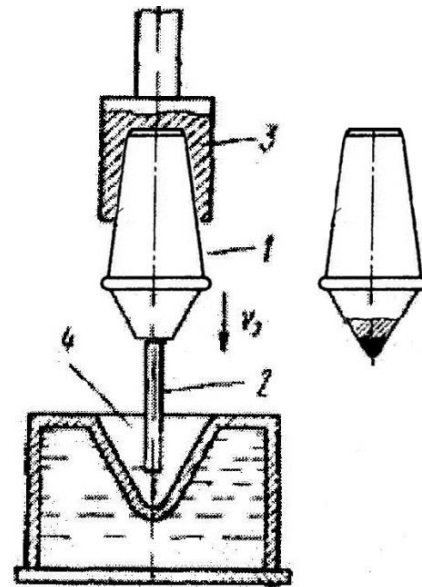


Рис. 6 – Стико-шлакове наплавлення:  
1 – керн; 2 – легований електрод; 3 – утримувач; 4 – мідний кокіль [8]

Коли треба наплавити порівняно великі маси металу застосовують електрошлакове наплавлення (рис. 7).

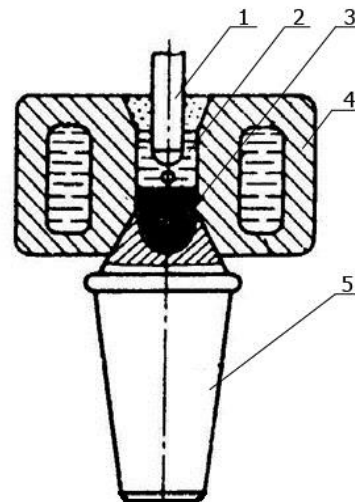


Рис. 7 – Електрошлакове наплавлення:  
1 – електрод; 2 – шлакова ванна; 3 – наплавлений метал;  
4 – кокіль; 5 – керн [6, 7]

При електрошлаковому напавленні присадочний метал розплавляється у ванні флюсу (шлаку), який попередньо розплавляється під дією електричного струму. Присадочний метал 1 (пруток зі сталі 3Х2В8 або іншої марки) розплавляється в шлаковій ванні 2 і наплавляється (осаджується) на зношений кінець керна 5. На початку наплавлення кінець керна нагрівається до зварювальної температури розплавленим



шлаком (температура ванни близько 2000°C). Формування шлакової ванни і розплавленого металу 3 відбувається у коклі 4, що має водяне охолодження.

Аналіз видів зносу і способів відновлення та зміцнення кернів показав, що найбільш прийнятними з наведених способів наплавлення є:

- напівавтоматичне наплавлення із застосуванням самозахисного порошкового дроту;
- електрошлакове наплавлення.

*Конструкція керна з твердосплавними вставками.*

Для підвищення зносостійкості робочої поверхні керна крім зміцнюючого наплавлення перспективним є застосування методу армування робочої поверхні керна твердосплавними вставками (рис. 8) [9, 10].

Для підвищення твердості в робочу частину керна виготовленого зі Ст.45 встановлюється високоміцна вставка зі Ст.3Х2В8. Зносостійка вставка обжимається у гарячому стані.

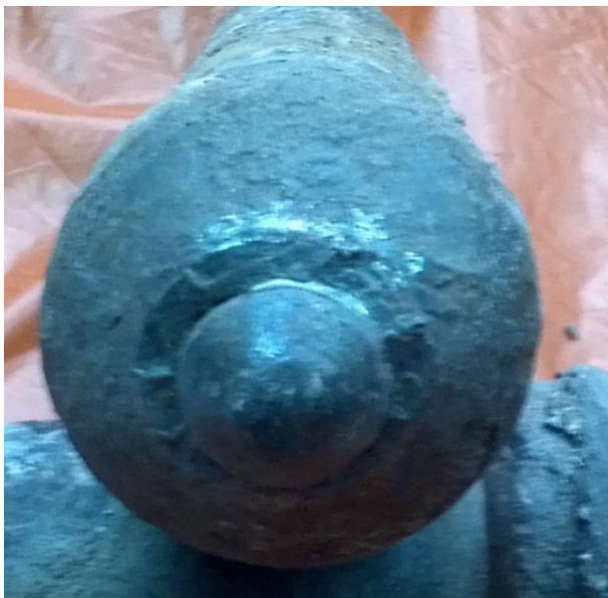


Рис. 8 – Зовнішній вигляд армованого керна

Розробка оптимальних методів відновлення та зміцнення кернів колодязних кранів може включати кілька ключових етапів.

#### 1. Діагностика та оцінка стану кернів:

- виконання візуального огляду та застосування неруйнівних методів контролю для визначення ступеня зношення та характеру пошкоджень;
- аналіз умов експлуатації та режимів роботи для встановлення причин зношення та утворення дефектів.

#### 2. Вибір методу відновлення [11, 12, 13]:

- механічна обробка – застосовується при незначних дефектах для відновлення геометрії;
- наплавлення з подальшою механічною обробкою – використовується для ліквідації глибоких пошкоджень і досягнення необхідних розмірів і властивостей. Спосіб напівавтоматичного наплавлення кернів

може бути реалізований з використанням самозахисного порошкового дроту ВЕЛТЕК-Н480С Ø2,4 мм з системою легування C-Si-Mn-Cr-W-Mo-Ti-V;

- термічна обробка – забезпечує підвищення твердості та зносостійкості [14, 15];

- покриття зі спеціальними властивостями для підвищення зносостійкості та корозійної стійкості кернів (металокерамічні сплави, сплави на основі нікелю та кобальту, карбіду вольфраму, антифрикційні матеріали) [16].

#### 3. Контроль якості відновлених кернів:

- проведення вимірювань і випробувань для перевірки відповідності технічним вимогам;

- використання неруйнівних методів контролю для оцінки стану зварних швів та наплавлених поверхонь.

#### 4. Тестування та дослідна експлуатація:

- випробування на стендах і у виробничих умовах для підтвердження надійності та безпеки;

- аналіз результатів дослідної експлуатації для оптимізації процесів відновлення.

Така систематизація та оптимізація процесу відновлення кернів дозволить збільшити термін служби обладнання, скоротити витрати на придбання нових компонентів та підвищити загальну ефективність виробничого процесу.

### Висновки

1. Проаналізовано температурні умови експлуатації кернів кліщових кранів, визначено основні фактори та причини появи тріщин розпаду на робочій поверхні, а також виникнення інтенсивного зносу, змінання й відколів.

2. Проаналізовані методи покращення працездатності та збільшення терміну служби кернів шляхом створення їх нової конструкції, а також відновлення й зміцнення за допомогою зносостійкого наплавлення.

3. Запропоновано зносостійке напівавтоматичне наплавлення кернів із використанням самозахисного порошкового дроту ВЕЛТЕК-Н480С.

4. Розроблено етапи відновлення та зміцнення кернів колодязних кранів.

### Перелік використаних джерел

- [1] Гребеник В. М., Иванченко Ф. К., Ширяев В. И. Расчет металлургических машин и механизмов. К.: Вища шк., Головне вид-во, 1988. 448 с.
- [2] Лаврик В. П., Суглобов В. В., Жижкін С. В. Аналіз причин виходу з ладу кернів колодязного крану. *Університетська наука-2020*: Міжн. науково-техн. конф., м. Маріуполь, 19-20 травня 2020 р. : в 4 т. Маріуполь, 2020. Т. 2. С. 100-102.
- [3] Лаврик В. П., Суглобов В. В., Жижкін С. В. Розробка оптимальних методів відновлення і зміцнення кернів колодязного крану. *Університетська наука-2020* : Міжн. науково-техн. конф.,

- м. Маріуполь, 19-20 травня 2020 р. : в 4 т. Маріуполь, 2020. Т. 2. С. 102-103.
- [4] Суглобов В. В., Лаврик В. П., Шишкін В. В. Силовий розрахунок кліщового захоплювача і нова конструкція кернів колодязного крану. *Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки*. 2023. Вип. 47. С. 151-163. DOI: <https://doi.org/10.31498/2225-6733.47.2023.300052>.
- [5] Керн вантажозахоплювального кліщового пристрою: пат. на кор. мод. 79961 Україна: МПК В66С1/00 В66С1/22. № u201212357; заявл. 29.10.2012; опубл. 13.05.2013, Бюл. № 9. 3 с.
- [6] Рябцев И. А. Наплавка деталей машин и механизмов. К. : Екотехнологія, 2004. 159 с.
- [7] Структура и износостойкость наплавленного металла 20Х5М2ФС, легированного серой и фосфором / И. А. Рябцев и др. *Автоматическая сварка*. 2009. № 10. С. 24-28.
- [8] Щетинін С. В., Щетиніна В. І., Десятський С. П. Підвищення тріщиностійкості бандажованих опорних валків при високошвидкісному наплавленні на низькій погонній енергії. *Автоматичне зварювання*. 2020. № 5. С. 25-30. DOI: <https://doi.org/10.37434/as2020.05.04>.
- [9] Ткаченко А. М., Круглікова В. В., Юхно В. А. Методичний підхід щодо визначення техніко-економічної ефективності зносостійкого наплавлення. *Держава та регіони. Серія : Економіка та підприємництво*. 2020. № 3(2). С. 129-135. DOI: <https://doi.org/10.32840/1814-1161/2020-3-46>.
- [10] Втомна довговічність зразків після зносостійкого виготовного та ремонтного наплавлення / І. О. Рябцев та ін. *Автоматичне зварювання*. 2020. № 9. С. 28-35. DOI: <https://doi.org/10.37434/as2020.09.03>.
- [11] Структура та властивості конструкційних економ-нолегованих сплавів на основі титану, одержаних способом ЕПП / С. В. Ахонін та ін. *Сучасна електрометалургія*. 2020. Вип. 4. С. 7-15. DOI: <https://doi.org/10.37434/sem2020.04.02>.
- [12] Features of microstructure of butt joints of hypereutectoid Areal-136HE-X rail steel in flash-butt welding / V. I. Shvets et al. *The Paton Welding Journal*. 2022. Vol. 3. Pp. 34-40. DOI: <https://doi.org/10.37434/tpwj2022.03.04>.
- [13] Вплив швидкості охолодження безперервнолітої заготовки, що твердне, на параметри дендритної структури вуглецевої сталі з 0,54 % С / О. І. Бабаченко та ін. *Металофізика та новітні технології*. 2021. Том 43, вип. 11. С. 1537-1551. DOI: <https://doi.org/10.15407/mfint.43.11.1537>.
- [14] Tillmann W., Eilers A., Henning T. Vacuum brazing and heat treatment of NiTi shape memory alloys. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2021. Vol. 1147. Article 012025. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1147/1/012025>.
- [15] Вплив термічної обробки на структуру та властивості зварних з'єднань високоміцних титанових сплавів на основі  $\beta$ -фази / С. В. Ахонін та ін. *Сучасна електрометалургія*. 2021. Вип. 4. С. 51-58. DOI: <https://doi.org/10.37434/sem2021.04.08>.
- [16] Nesterenkov V. M., Skryabinsky V. V., Rusyn M. O. Effect of thermal cycles in electron beam welding of aluminum 1570 alloy on mechanical properties of welded joints. *The Paton Welding Journal*. 2021. Vol. 5. Pp. 40-45. DOI: <https://doi.org/10.37434/as2021.05.06>.

## OPTIMAL METHODS FOR RESTORATION AND STRENGTHENING OF PLIERS' CORE GRIPS OF WELL CRANE

|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Lavryk V.P.</b>   | PhD (Engineering), associate professor, SHEI «Priazovskyi state technical university», Dnipro, ORCID: <a href="https://orcid.org/0009-0003-8162-7082">https://orcid.org/0009-0003-8162-7082</a> , e-mail: <a href="mailto:lavrik_v_p@pstu.edu">lavrik_v_p@pstu.edu</a> ;   |
| <b>Suglobov V.V.</b> | D.Sc. (Engineering), professor, SHEI «Priazovskyi state technical university», Dnipro, ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0003-1743-0894">https://orcid.org/0000-0003-1743-0894</a> , e-mail: <a href="mailto:suglobov_v_v@pstu.edu">suglobov_v_v@pstu.edu</a> ;       |
| <b>Shishkin V.V.</b> | PhD (Engineering), associate professor, SHEI «Priazovskyi state technical university», Dnipro, ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0001-5943-2180">https://orcid.org/0000-0001-5943-2180</a> , e-mail: <a href="mailto:shishkin_v_v@pstu.edu">shishkin_v_v@pstu.edu</a> |

Among the many types of lifting and conveying machines used in rolling production, special well cranes occupy a significant place. To ensure high productivity of the rolling mill, high quality of rolled products, and safe operation of personnel, special attention must be paid to the reliability of such cranes. Increasing requirements for the quality of rolled products with a simultaneous increase in the mass of steel ingots revealed a number of significant shortcomings in the operation of auxiliary lifting and transport equipment. One of them is the transportation and placement of ingots in the well, their delivery for rolling after heating, using pincer grippers with working bodies in the form of cores. The durability of the cores and the reliability of clamping the ingots are relatively low and they are changed quite often (6-7 pieces per shift). The average monthly consumption of cores during the operation of well cranes is about 1200 units. The use of damaged cores and their untimely replacement leads to unreliable ingot capture, which can lead to injuries to enterprise employees, destruction of the shaft furnace and other metallurgical equipment. To select the optimal ways to extend the

service life of the core, an analysis of the temperature conditions of the service of the cores of pincer cranes was conducted. It was established that during the operation of the cores, a cyclic change in temperature is observed: from 1200°C on the core surface to 100°C when it is cooled in water tanks. In the period between ingots being captured, temperature fluctuations reach 300-400°C. As a result of the cyclic temperature change, significant thermal stresses arise. If we consider that the cores are subjected to an additional range of loads, such as impact, compression and crushing, this leads to the formation of ignition cracks. With further operation of the cores in this mode, the ignition grid contributes to intensive wear, crushing, and chipping. Developing optimal methods for restoring and strengthening wellhead cores involves several key steps: 1. Diagnostics and assessment of core condition. Analysis of operating conditions and operating modes to determine the causes of wear and defect formation; 2. Choosing a restoration method. Surface treatment with subsequent machining is used to eliminate deep damage and achieve the required dimensions and properties; 3. Quality control of recovered cores. Use of non-destructive testing methods to assess the condition of welds and surfacing surfaces; 4. Testing and pilot operation. Bench and production tests to confirm reliability and safety. Analysis of pilot operation results to optimize recovery processes.

**Keywords:** well crane, cast iron cores, wear-resistant surfacing, semi-automatic surfacing, electroslag surfacing, ignition grid, reinforced core, flux-cored wire.

### References

- [1] V.M. Hrebenyk, F.K. Ivanchenko, and V.I. Shyriaiev, *Raschet metallurhicheskikh mashyn y mekhanizmov* [Calculation of metallurgical machines and mechanisms]. Kyiv: Vyshcha shkola, Holovne vyd-vo Publ., 1988. (Rus.)
- [2] V.P. Lavryk, V.V. Suhlobov, and S.V. Zhyzhkin, "Analiz prychnyn vykhodu z ladu kerniv kolodiaznoho kranu" ["Analysis of the causes of failure of well crane cores"], in *Proc. of the Int. sci.-tech. conf. «Universytetska nauka-2020»*, Mariupol, May 19-20, 2020, vol. 2, pp. 100-102. (Ukr.)
- [3] V.P. Lavryk, V.V. Suhlobov, and S.V. Zhyzhkin, "Rozrobka optymalnykh metodiv vidnovlennia i zmitsnennia kerniv kolodiaznoho kranu" ["Development of optimal methods for restoring and strengthening wellhead cores"], in *Proc. of the Int. sci.-tech. conf. «Universytetska nauka-2020»*, Mariupol, May 19-20, 2020, vol. 2, pp. 102-103. (Ukr.)
- [4] V.V. Suhlobov, V.P. Lavryk, and V.V. Shyshkin, "Sylovyi rozrakhunok klishchovoho zakhopliuvacha i nova konstruktsiia kerniv kolodiaznoho kranu" ["Force calculation and new design of the grip unit pliers metallurgical crane"], *Visnyk Pryazovskoho derzhavnoho tekhnichnoho universytet. Seriya: Tekhnichni nauky – Reporter of the Priazovskyi State Technical University. Section: Technical sciences*, vol. 47, pp. 151-163, 2023. doi: 10.31498/2225-6733.47.2023.300052. (Ukr.)
- [5] V.V. Suhlobov, V.A. Mikhieiev, V.P. Lavryk, and O.O. Vedmedenko, "Kern vantazhozakhopliuvального klishchovoho prystroiu" ["Core of the load-grabbing pincer device"], *UA Utility Model 79961*, May 13, 2013. (Ukr.)
- [6] I.A. Riabtsev, *Naplavka detalei mashyn y mekhanizmov* [Surfacing of Machine Parts and Mechanisms]. Kyiv: Ekotekhnolohiia Publ., 2004. (Rus.)
- [7] I.A. Riabtsev, Ya.P. Chernyak, I.I. Riabtsev, V.A. Zhdanov, and I.L. Bohaichuk, "Struktura y yznosostoičnost naplavlennogo metalla 20Kh5M2FS, lehyrovannogo seroi y fosforom" ["Structure and wear resistance of surfacing metal 20Kh5M2FS alloyed with sulfur and phosphorus"], *Avtomatycheskaia svarka – Automatic Welding*, vol. 10, pp. 24-28, 2009. (Rus.)
- [8] S.V. Shchetinin, V.I. Shchetinina, and S.P. Desiatskyi, "Pidvyshchennia trishchynostiikosti bandazhovanykh opornykh valkiv pry vysokoshvydkisnomu naplavlennii na nyzkii pohonnii enerhii" ["Increasing crack resistance of bandaged support rolls during high-speed surfacing at low line energy"], *Avtomatycheskaia svarka – Automatic Welding*, vol. 5, pp. 25-30, 2020. doi: 10.37434/as2020.05.04. (Ukr.)
- [9] A.M. Tkachenko, V.V. Kruhlikova, and V.A. Yukhno, "Metodychnyi pidkhid shchodo vyznachennia tekhniko-ekonomichnoi efektyvnosti znosostiikoho naplavlennia" ["The methodological approach to the determination of technical and economic efficiency of wear-resistant deposition"], *Derzhava ta rehiony. Seriya: Ekonomika ta pidpriemnytstvo – State and regions. Series: Economics and Business*, vol. 3, no. 2, pp. 129-135, 2020. doi: 10.32840/1814-1161/2020-3-46. (Ukr.)
- [10] I.O. Riabtsev, V.V. Knysh, A.A. Babinets, S.O. Solovei, and V.M. Diemienkov, "Vtomna dovho-vichnist zrazkiv pislia znosostiikoho vyhotivnoho ta remontnoho naplavlennia" ["Fatigue durability of specimens after wear-resistant manufacturing and repair surfacing"], *Avtomatycheskaia svarka – Automatic Welding*, vol. 9, pp. 28-35, 2020. doi: 10.37434/as2020.09.03. (Ukr.)
- [11] S.V. Akhonin et al., "Struktura ta vlastyvoli konstruktivnykh ekonomnolehovanykh splaviv na osnovi tytanu, oderzhanykh sposobom EPP" ["Structure and properties of constructional low-alloyed titanium-based alloys obtained by EPP method"], *Suchasna Elektrometallurgiya – Electrometallurgy Today*, vol. 4, pp. 7-15, 2020. doi: 10.37434/sem2020.04.02. (Ukr.)
- [12] V.I. Shvets, O.V. Didkovskiy, Ye.V. Antipin, I.V. Zyakhov, L.M. Kapitanchuk, and Wang Qichen, "Features of microstructure of butt joints of hypereutectoid Areal-136HE-X rail steel in flash-butt

- welding,” *The Paton Welding Journal*, vol. 3, pp. 34-40, 2022. doi: 10.37434/tpwj2022.03.04.
- [13] O.I. Babachenko, K.H. D’omina, H.A. Kononenko, Zh.A. Dement’yeva, R.V. Podol’s’kyy, and O.A. Safironova, “Vplyv shvydkosti okholodzhennia bezperervnolytoi zahotovky, shcho tverdne, na parametry dendrynoi struktury vuhletsevoi stali z 0,54 % C” [“Effect of cooling rate of continuously cast solidifying billet on dendritic structure parameters of carbon steel with 0.54% C”], *Metallofizika i Noveishie Tekhnologii – Metallophysics and Advanced Technologies*, vol. 43, no. 11, pp. 1537-1551, 2021. doi: 10.15407/mfint.43.11.1537. (Ukr.)
- [14] W. Tillmann, A. Eilers, and T. Henning, “Vacuum brazing and heat treatment of NiTi shape memory alloys,” *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 1147, article 012025, 2021. doi: 10.1088/1757-899X/1147/1/012025.
- [15] S.V. Akhnoin, V.Yu. Bilous, R.V. Selin, E.L. Vrzhyzhevskiy, I.K. Petrychenko, and S.L. Antonyuk, “Vplyv termichnoi obrobky na strukturu ta vlastyvoli zvarnykh ziednan vysokomitsnykh tytanovykh splaviv na osnovi  $\beta$ -fazy” [“Effect of heat treatment on the structure and properties of welded joints of high-strength  $\beta$ -phase titanium alloys”], *Suchasna Elektrometallurgiya – Electrometallurgy Today*, vol. 4, pp. 51-58, 2021. doi: 10.37434/sem2021.04.08. (Ukr.)
- [16] V.M. Nesterenkov, V.V. Skryabinsky, and M.O. Rusnyk, “Effect of thermal cycles in electron beam welding of aluminum 1570 alloy on mechanical properties of welded joints,” *The Paton Welding Journal*, vol. 5, pp. 40-45, 2021. doi: 10.37434/as2021.05.06.

Стаття надійшла 20.07.2025

Стаття прийнята 04.08.2025

Стаття опублікована 30.10.2025

**Цитуйте цю статтю як:** Лаврик В. П., Суглобов В. В., Шишкін В. В. Оптимальні методи відновлення і зміцнення кернів клещевих захватів колодязних кранів. *Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки*. 2025. Вип. 51. С. 57-64. DOI: <https://doi.org/10.31498/2225-6733.51.2025.344644>.