

## НОВИЙ СПОСІБ ВІДНОВЛЕННЯ І ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ З ЛИСТОВОЇ СТАЛІ, ЩО ПІДДАЮТЬСЯ В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АБРАЗИВНОМУ ЗНОСУ

**Тарельник Вячеслав Борисович**

доктор технічних наук, професор  
Сумський національний аграрний університет  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2005-5861>  
e-mail: [tarelnik@i.ua](mailto:tarelnik@i.ua)

**Саржанов Богдан Олександрович**

Сумський національний аграрний університет  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9796-9499>  
e-mail: [sarzhanov\\_b@i.ua](mailto:sarzhanov_b@i.ua)

**Гапон Олександр Олександрович**

Сумський національний аграрний університет  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2222-9378>  
e-mail: [gapon\\_a@i.ua](mailto:gapon_a@i.ua)

*В статті описане технічне рішення, яке відноситься до галузі машинобудування і ремонту машин, зокрема до відновлення і одночасного зміцнення деталей, виготовлених з листової сталі, які піддаються, в залежності від умов зовнішнього впливу, різним видам абразивного зносу. Спосіб включає видалення зношеної частини деталі і заміну її окремим сегментом, також виготовленим з листового матеріалу, і сполучення його з відновлюваною деталлю нероз'ємним з'єднанням, в якому, відповідно до одного з варіантів технічного рішення, забезпечують наявність сегмента з попередньо виконаним пазом, який приєднують до відновлюваної деталі, забезпеченої попередньо виконаним шипом, при цьому зміцнення відновлюваної деталі здійснюють методом електроерозійного легування (ЕЕЛ) до досягнення заданої твердості сегмента, а перед створенням нероз'ємного з'єднання відновлюваної деталі і сегмента поверхні паза сегмента покривають металополімерним матеріалом (МПМ). Згідно з другим варіантом технічного рішення, забезпечують наявність сегмента з попередньо виконаним шипом, який приєднують до відновлюваної деталі, забезпеченої попередньо виконаним пазом. Технічним результатом рішення, що заявляється, є відсутність жолоблення, а також підвищення твердості і зносостійкості відновлених і зміцнених деталей в умовах інтенсивного абразивного зношування; можливість використання в якості відновлювального матеріалу зносостійких металів з будь-яким ступенем зварюваності; невелика витрата електроенергії і екологічна безпека.*

**Ключові слова:** відновлення, ремонт, дискова борона, зношування, електроерозійне легування, поверхнево-пластичне деформування.

DOI: <https://doi.org/10.32845/msnau.2019.1-2.4>

### Вступ

На сьогоднішній день однією з найважливіших проблем людства, пов'язаних з тертям, є проблема зношування машин і механізмів. Підвищення надійності та довговічності устаткування залишається актуальним завданням і вимагає комплексного підходу.

Надійність і довговічність машин багато в чому обумовлені явищами тертя і зношування, що відбуваються в їхніх вузлах. Зношування призводить до порушення герметичності вузлів, втрачається точність взаємного розміщення деталей і переміщень. Виникають заклинювання, удари, вібрації, які призводять до поломок. Тертя призводить до втрат енергії, перегріву механізмів, зниження передатних зусиль, підвищених витрат пального та інших матеріалів. Явища тертя і зношування взаємно обумовлені: тертя призводить до зношування, а зношування поверхонь деталей у ході роботи призводить до зміни тертя.

Найважливішими завданнями ремонтно-обслуговуючого виробництва є підтримка працездатності, відновлення ресурсу машин і устаткування, забезпечення їхньої високої надійності та можливості ефективного використання. Для вирішення цих завдань передбачається поліпшення якості ре-

монту за рахунок впровадження сучасних методів його організації і оптимальних технологічних процесів зміцнення та відновлення деталей. Ресурс відновлених деталей, як правило, значно вище завдяки використанню ефективних способів відновлення і поліпшених властивостей зміцнених поверхонь.

Сучасні ремонтні технології мають у своєму розпорядженні достатню кількість способів захисту від абразивного зношування: наплавлення зносостійким матеріалом, газоплазмове напилювання твердосплавними порошками, приварювання окремих сегментів з наплавленням композиційним матеріалом типу стеллит, напайка твердосплавних пластин безпосередньо на поверхню, що зношується і ін. Їх застосовують як при виготовленні, так і при ремонті деталей машин. Одним з основних недоліків застосовуваних технологій є їхній негативний вплив на навколишнє середовище.

При цьому видалення зношеної частини деталі, заміна її окремими сегментами й зміцнення поверхонь, що піддаються в процесі роботи абразивному зношуванню, нерідко здійснюється методами, що роблять шкідливий вплив на навколишнє середовище.

Серед розглянутих методів зміцнення й відновлення деталей великої уваги заслуговують електроерозійне легування (ЕЕЛ), нанесення металополімерних матеріалів

(МГМ), поверхнєве пластичне деформування (ППД), які екологічно безпечні й останнім часом всі частіше використовуються в ремонтному виробництві.

Таким чином, незважаючи на наявність ряду відомих екологічно безпечних способів зміцнення й відновлення, що зношуються ділянок поверхонь деталей, проблема не втратила своєї актуальності.

#### **Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Абразивному зношуванню в різних його проявах, залежно від того захоплюються абразивні частинки потоком рідини або газу, відбувається зношування закріпленим або вільним абразивом, піддається більшість деталей машин.

*Абразивний знос незакріпленим абразивом.* Технічне забезпечення сільського господарства є важливим чинником забезпечення стабільних процесів виробництва продовольства. У багатьох господарствах при підготовці ґрунту використовують його механічну обробку.

Сферичні диски в якості робочих органів знарядь, призначених для обробки ґрунту, широко використовуються на таких ґрунтообробних машинах, як плуги, луцильники, сівалки, борони, картоплесаджалки та ін. Виготовляють диски найчастіше з листів сталей 65Г и 70Г. Твердість їх робочої зони після термічної обробки становить HRC 35-45 з кутом заточення 37° при товщині леза 0, 3-0,5 мм. Робочі органи ґрунтообробних машин працюють в ґрунтовому середовищі, яке є сильним незакріпленим абразивом. Під дією цього середовища лезо диска швидко змінює свою форму, що призводить до його затуплення і втрати працездатності [1, 2].

Прикладом сферичного диска в якості робочого органу знарядь, призначених для обробки ґрунту, є відвал корпусу плуга. Відома конструкція відвалу корпусу плуга, яка передбачає його відновлення за рахунок приварювання дуговим зварюванням сегмента, що компенсує знос, у заздалегідь видалену зношену область відвалу. Сегмент попередньо піддається термічній обробці до твердості 50 ... 60 HRC по всій його глибині. Для забезпечення необхідних механічних властивостей відновлюваного відвалу проводиться наплавочне армування області зварних швів [3]. Однак виготовлення сегмента, використовуваного для компенсації зносу відвалу, пов'язане з рядом труднощів. Головна з них полягає в тому, що для отримання заданої твердості сегмента його піддають термічній обробці. В результаті, витримати необхідний радіус кривизни сегмента, який має досить велику площу, стає занадто трудомістким через його викривлення при термічній обробці, яка до всього іншого негативно впливає на навколишнє середовище.

Найбільш близьким до пропонованого способу з технічної сутності і результату, який досягається, є спосіб відновлення і зміцнення відвалу корпусу плуга, що включає видалення зношеної частини відвалу, забезпечення наявності компенсуючого знос профільного сегмента, його приварювання з робочого боку поверхні відвалу, причому, розміри сегмента вибирають, виходячи з умов розташування зварювального шва поза зоною інтенсивного зношування відвалу, і наплавку в області відновлення армувальних валиків із зносостійкого електродного матеріалу. При цьому армувальні валики розташовані перпендикулярно переміщенню ґрунту на відстані 20 мм один від одного, з виходом їх в зону очікуваного лучевидного зносу відвалу [4].

Недоліком даного способу є сильний тепловий вплив

на довкілля при напавленні армувальних зносостійких валиків, тому що наплавка відбувається з глибоким проплавленням основного металу. Це призводить до викривлення відвалів, що підлягають відновлюванню та зміцнюванню. Крім того, спосіб не забезпечує високих показників зносостійкості і ресурсу відновлених і зміцнених відвалів корпусів плугів при їх експлуатації на ґрунтах, що володіють високою зношувальною здатністю, насамперед піщаних і супіщаних. При цьому застосування дугового зварювання при проведенні відновлювальних робіт передбачає:

- неможливість використання в якості матеріалу при відновленні: металів з задовільною зварюваністю, коли зварюваний метал для запобігання тріщин попередньо нагрівається, а після зварювання піддається термообробці; металів з обмеженою здатністю до зварювання, коли сталь схильна до утворення тріщин і її попередньо піддають термообробці, а також термічно обробляють після зварювання; металів з низькою здатністю до зварювання, коли метал має схильність до утворення тріщин, і зварювання виконується з попередньою термообробкою, і при цьому підігрів проводиться і після зварювання;

- застосування спеціальних зварювальних перетворювачів і зварювальних трансформаторів;

- велика витрата електроенергії;

- залежність якості з'єднань від кваліфікації зварника;

- складність технології та необхідність контролю на всіх її етапах;

- шкідливі умови процесу зварювання для оточуючих.

*Гідраабразивне зношування.* Промислові підприємства, які використовують в своєму виробничому процесі центрифуги, насосне та компресорне обладнання, стикаються з необхідністю захисту при експлуатації або відновлення при ремонті гвинтових поверхонь шнеків центрифуг, які виготовлені з листового прокату і піддаються гідраабразивному зносу. Не затриманий пісколовками пісок, що міститься в осаді, є основною причиною зносу шнеків центрифуг. Шнеки, виготовлені зі сталі X18H10T, істотно зношуються через 1,5 - 3 тисячі годин роботи. Оскільки вартість шнека досить висока (30% вартості центрифуги), практикується періодична заміна шнеків, які реставруються в заводських умовах [5].

Традиційно, при ремонті шнеків, зношені ділянки лопастей замінюють окремими сегментами, які приварюють до вцілілих поверхонь. Наприклад, при ремонті центрифуги, марки ОГШ-631К-02, що вийшла з ладу на очисних спорудах, які входять до складу ДКП "Місьководканал" м. Суми, на окремі сегменти наносили покриття, які потім приварювали відповідно шаблону до поверхонь шнека. Сегменти, як і шнек, виготовляли з нержавіючої корозійностійкої сталі 12X18H10T [6].

Недоліком такого способу ремонту є значна трудомісткість і висока вартість нанесення покриттів, а також негативний вплив на навколишнє середовище способу прикріплення сегментів до зношеної поверхні шнека методом зварювання.

*Газоабразивне зношування.* Не менш важливою проблемою є захист деталей машин і агрегатів від газоабразивного зносу. Так, після деякого часу роботи в умовах запиленого потоку будь-який початковий профіль вхідної кромки лопатки робочого колеса відцентрового компресора перетво-

рюється в загострений. Лопатки дуттьових машин виготовляють зазвичай з листового прокату [7].

Таким чином, кожен спосіб має, свої недоліки і переваги. Одним з основних недоліків таких ремонтних технологій, як наплавка, напайка, газоплазмове напилення, зварювання та ін., є їх негативний вплив на навколишнє середовище.

Технічною задачею пропонованого технічного рішення є: підвищення довговічності відновлених і зміцнених деталей з листової сталі при їх експлуатації в середовищах, що володіють високою зношувальною здатністю; відсутність жолоблення, а також підвищення твердості і зносостійкості відновлених і зміцнених деталей в умовах інтенсивного абразивного зношування; поява можливості використання зносостійких металів з будь-яким ступенем зварюваності в якості

матеріалу при здійсненні процесу відновлення; невелика витрата електроенергії; екологічна безпека.

**Метою** роботи є підвищення безпечної діяльності підприємства й зниження негативного впливу на навколишнє середовище ремонтних технологій, використовуваних при відновленні й зміцненні деталей машин, що виготовляються зі сталевих аркушів, за рахунок використання екологічно чистих і безпечних методів ремонту й зміцнення.

#### **Методика досліджень**

Для дослідження структури й виміру мікротвердості поверхнього шару використовували шліфи зразків листової сталі 65Г і корозійностійкої нержавіючої сталі 12Х18Н10Т розміром 10х10х6 після цементації методом ЕЕЛ (ЦЕЕЛ). Легування відбувалося на різних режимах на установці з ручним вібратором «Элитрон-52А» (рис. 1, а) у діапазоні енергій розряду ( $W_p$ ) від 3,9 до 6,8 Дж.



а



б

Рисунок 1 – Установка ЕЕЛ «Элитрон-52А» (а) і измерение шероховатости на приборе профилографе – профилометре мод. 201 завода «Калибр» (б).

На зразки сталі 12Х18Н10Т методом ЕЕЛ наносили покриття електродами з твердого сплаву Т15К6 послідовно спочатку при енергії розряду  $W_p = 0,55$  Дж, а потім при  $W_p = 0,90$  Дж, а на покриття з твердого сплаву Т15К6 наносили МПМ, попередньо армований порошком в вигляді твердо-сплавної суміші ВК6, доданої до двокомпонентної епоксидної системи, наповненої феросіліконом марки Loctite 3478 при концентрації армувальної речовини ~ 60%. Зміцнення поверхонь зразків зі сталі 65Г проводили поетапним нанесенням покриття методом цементації ЕЕЛ, знижуючи на кожному етапі енергію розряду в діапазоні від  $W_p = 6,8$  Дж до  $W_p = 3,9$  Дж.

Після виготовлення шліфи досліджували на оптичному мікроскопі «Неофот-2», де проводилася оцінка якості шару, його суцільності, товщини й будови зон підшару - дифузійної зони й зони термічного впливу. Одночасно проводився дюриметричний аналіз на розподіл мікротвердості в поверхневому шарі й по глибині шліфа від поверхні. Вимір мікротвердості проводили на мікротвердомірі ПМТ-3 вдавлюванням алмазної піраміди під навантаженням 0,05 Н.

Шорсткість вимірювали на приладі профилографі-профилометрі мод. 201 заводу «Калибр» (рис. 1, б) шляхом зняття й обробки профилограм.

Перед створенням нероз'ємної сполуки контактуючі поверхні диска й сегмента, заповнювали МПМ.

#### **Результати досліджень**

Поставлена технічна задача вирішена [10, 11] завдяки

створенню способу екологічно безпечного відновлення і одночасного зміцнення деталей, виготовлених з листової сталі і таких, що піддаються абразивного зносу в процесі експлуатації, який, включає видалення зношеної частини деталі і заміну її окремим сегментом, також виготовленим з листового матеріалу, і сполучення його з відновлюваною деталлю нероз'ємним з'єднанням, але в якому, відповідно до одного з варіантів технічного рішення, забезпечують наявність сегмента з попередньо виконаним пазом, який приєднують до відновлюваної деталі, забезпеченої попередньо виконаним шипом, при цьому зміцнення відновлюваної деталі здійснюють методом ЕЕЛ до досягнення заданої твердості сегмента, а перед створенням нероз'ємного з'єднання відновлюваної деталі і сегмента поверхні паза сегмента покривають МПМ. При цьому шип відновлюваної деталі вставляють у паз сегмента по пресовій посадці, а встановлений сегмент додатково фіксують заклепками, гвинтами або іншими кріпильними елементами. Причому, до відновлюваної деталі приєднують сегменти, виконані як з однакових з відновлюваною деталлю, так і відмінних від неї матеріалів. Наприклад, для відвалу корпусу плуга, виготовленого зі сталі 65Г, сегменти можуть бути виконані з будь-якої зносостійкої до абразивного зносу сталі: 70Г, 45, Л53 і ін.

Застосування пропонованого способу пояснюється на прикладах відновлення дискових робочих органів і шнеків центрифуг.

#### **Спосіб, відновлення дискових робочих органів**

### Варіант 1 (сегмент із пазом)

Спосіб, відновлення зношеної поверхні дискових робочих органів (рис. 2), виготовлених з листової сталі 65Г, товщиною 6 мм, здійснюється в такий спосіб. Зношену поверхню

диска (рис. 2, вид В) проточують як чисто й на пелюстках, залежно від форми паза в сегменті (рис. 3, а), виготовляють виточення (рис. 3, б).

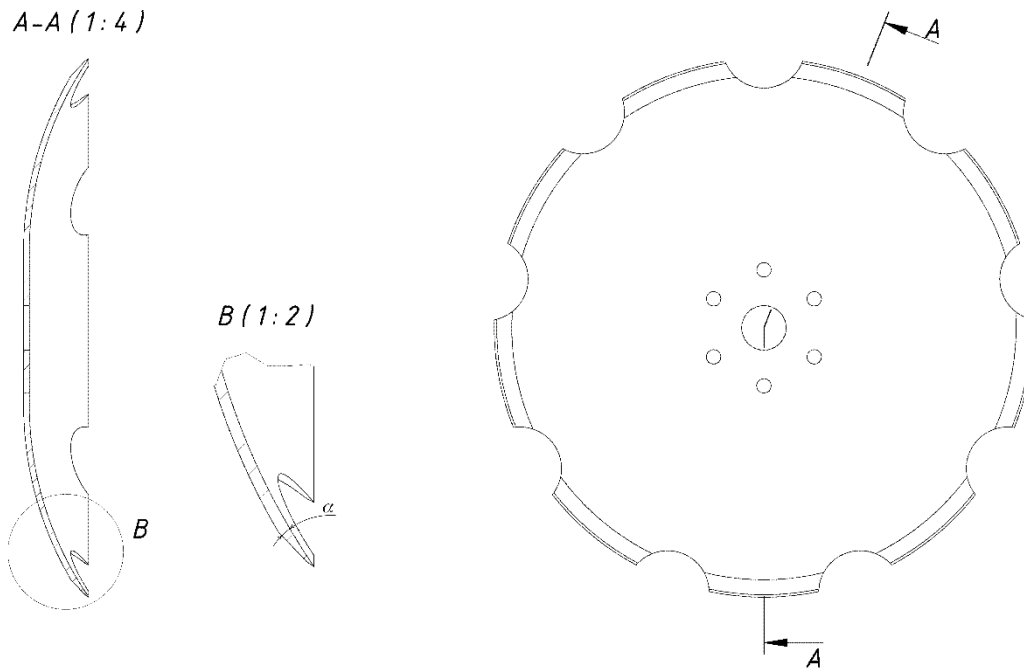


Рисунок 2 - Дисковий робочий орган, що піддається в процесі експлуатації абразивному зношуванню.

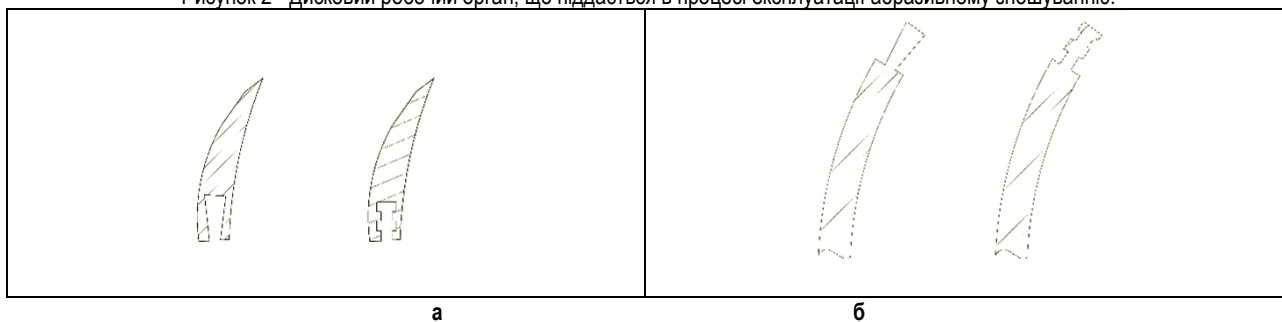


Рисунок 3 – Форми: а - паза в сегменті, б - виточення на диску.

Відповідна деталь (сегмент), виготовляється в наступній послідовності:

1) на токарському верстаті з листа товщиною 12 мм і твердістю HRC 25 виготовляють диск із пазом необхідної форми (див. рис. 2, а) і заточеннями на зовнішньому діаметрі по куті  $\alpha$ , як у готового виробу (див. рис. 2).

2) диск із пазом розріжуть на фрезерному верстаті на окремі деталі (сегменти), згідно рис. 4.

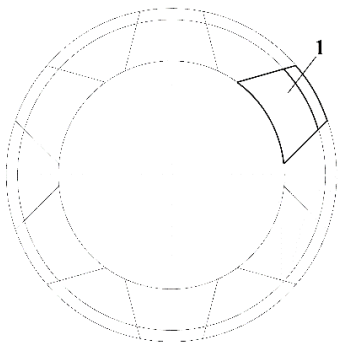


Рисунок 4 – Схема виготовлення сегментів: 1 – сегмент.

Монтаж сегментів на диску роблять у наступній послідовності:

- стінки паза розгинають до проходження в нього виточень на диску й заповнюють МПМ;
- вставляють виточення на диску в паз сегмента й стискають стінки паза в замок
- фіксують з'єднання за допомогою додаткових кріпильних елементів (рис. 5);

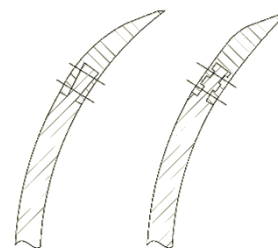


Рисунок 5 - Схема фіксації наконечника на виточенні диска.

- проводять ЦЕЕЛ бічних стінок паза, що мають вихідну твердість HRC 25 при енергії розряду  $W_p = 6,8$  Дж із продуктивністю  $T = 2,5$  см<sup>2</sup>/хв, підвищуючи при цьому твердість до HRC 55;

- проводять ЦЕЛ поверхні сегмента, що перебуває нижче бічних стінок паза й вище заточеної поверхні, що мають вихідну твердість HRC 25 при енергії розряду  $W_p = 6,8$  Дж із продуктивністю  $T = 0,7$  см<sup>2</sup>/хв, підвищуючи при цьому твердість до HRC 65.

#### Варіант 2 (сегмент із шипом)

Зношену поверхню диска проточують як чисто й на пелюстках, залежно від розмірів сегмента, зображеного на рис. 6, виготовляють наскрізні пази (рис. 7).

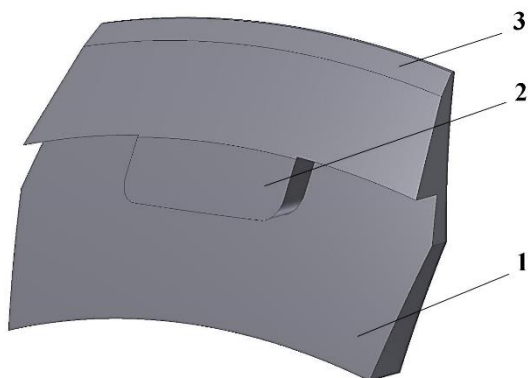


Рисунок 6 - 1-сегмент, 2-шип, 3-заточення.

Сегмент, виготовляється в наступній послідовності:

1) на токарському верстаті, з листа товщиною 12 мм, термообробленого на твердість HRC 40 - 45 виготовляють диск із заточеннями по зовнішньому діаметрі й куту  $\alpha$ , як у готового виробу (рис. 2).

2) диск розрізають на фрезерному верстаті на окремі деталі (рис. 3) з яких, наступним фрезеруванням виготовляють сегменти із шипами, згідно рис. 5.

3) виконують термообробку сегмента на твердість HRC 40-45.

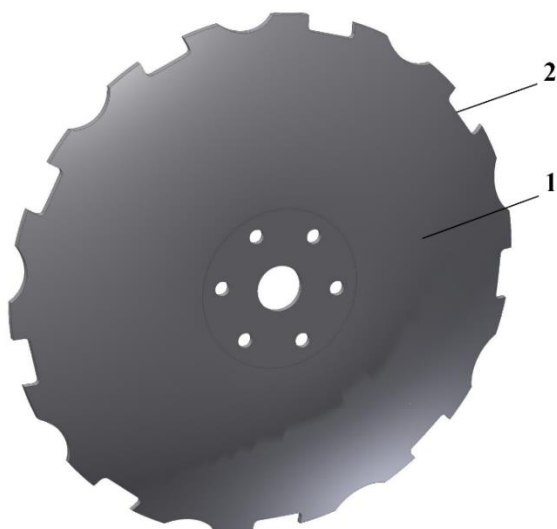


Рисунок 7 - Диск (1) з пазами (2) під вставки сегментів.

Монтаж сегментів на диску роблять у наступній послідовності: вставляють шипи сегментів (рис. 5) у пази дисків (рис. 6), з'єднують поверхні сегмента з поверхнею

диска; просвердлюють наскрізні отвори через диск і сегмент; виймають сегмент із диска; термообробляють сегмент на твердість HRC 55 - 60; вставляють шипи на сегментах у пази дисків і фіксують з'єднання заклепками або гвинтами (рис. 8).

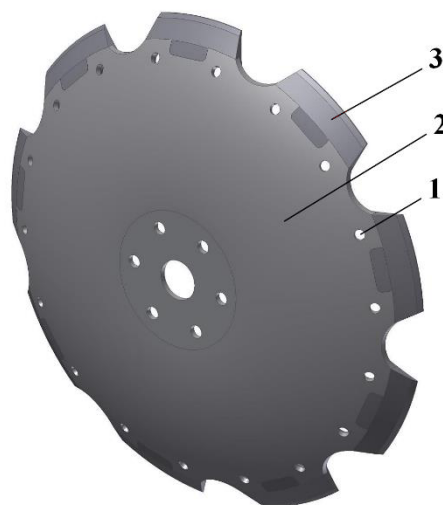


Рисунок 8 - Дисківі борони в зборі: 1 - наскрізний отвір через диск і сегмент, 2 - диск, 3 - сегмент.

Пропонований вище спосіб екологічно безпечно відновлення й одночасного зміцнення деталей з листової сталі, що піддаються абразивному зношуванню в процесі експлуатації можна використовувати й для інших деталей, наприклад шнеків центрифуг, що піддаються в процесі експлуатації гідроабразивному зношуванню, що виготовляються зі сталі 12X18H10T.

Відновлення зношеної поверхні витків шнека, виготовлених з листової сталі 12X18H10T, товщиною 6 мм, здійснюється в такий спосіб.

Зношену поверхню лопат проточують як чисто й залежно від розмірів паза в сегменті (рис. 9, а), виготовляють виточення (рис. 9, б).

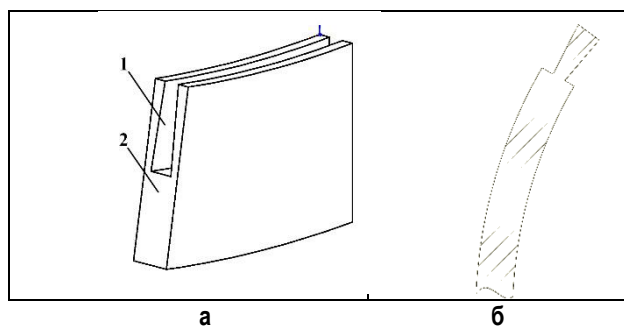


Рисунок 9 – Форми: а – паза 1 у сегменті 2, б - виточення на лопатці шнека.

Відповідна деталь (сегмент), виготовляється в наступній послідовності:

1) з листа товщиною 12 мм і твердістю HRC 20 виготовляють сегменти розміром 50 x 50 x 12 мм.

2) на фрезерному верстаті в сегменті виготовляють паз (рис. 9, а).

Монтаж сегментів на витках шнека роблять у наступній послідовності: стінки паза розгинають до проходження в нього виточень на витках шнека й заповнюють МПМ; вставляють виточення на лопатці в паз сегмента й стискають стінки

паза в замок; фіксують з'єднання за допомогою додаткових кріпильних елементів (заклепок, гвинтів і ін.); проводять зміцнення поверхонь сегмента шляхом нанесення методом ЕЕЛ покриття електродами із твердого сплаву Т15К6 послідовно при  $W_p = 0,55$  Дж, а потім при  $W_p = 0,90$  Дж.

Послідовне формування покриття із твердого сплаву Т15К6 забезпечує 100%-ну суцільність. Товщина прирощеного шару, обмірюваного мікрометром по окремих виступах,

досягає 0,12 мм. Шорсткість поверхні при цьому становить  $R_z = 37$  мкм. [8]. Згідно [9] на сформоване покриття наносять МПМ.

На рис. 10 зображені структури зразків сталі 12Х18Н10Т після послідовного ЕЕЛ при  $W_p = 0,55$  Дж і  $W_p = 0,90$  Дж твердим сплавом Т15К6 (рис. 10, а), а так само послідовного ЕЕЛ твердим сплавом Т15К6 по указаним режимах і нанесення МПМ (рис. 10, в).

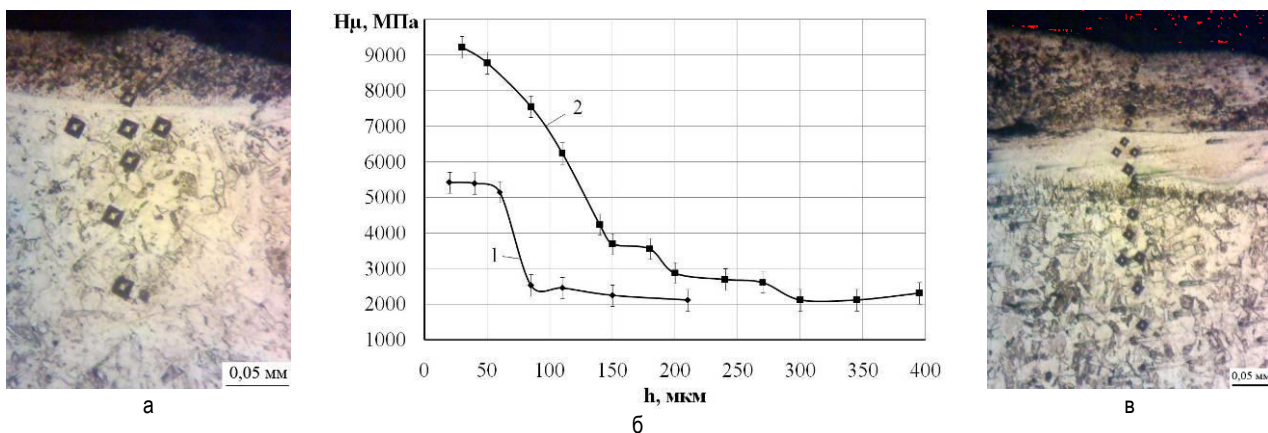


Рисунок 10 – Структури сталі 12Х18Н10Т після послідовного ЕЕЛ Т15К6 (а), послідовного ЕЕЛТ15К6 + МПМ (в) і розподіл мікротвердості покриттів у міру поглиблення від поверхні (б): 1 – послідовного ЕЕЛ Т15К6; 2 – послідовного ЕЕЛ Т15К6 + МПМ.

Мікроструктурний аналіз показав, що після ЕЕЛ сталі 12Х18Н10Т твердим сплавом структура поверхневого шару складається із трьох зон (рис. 10, а). На поверхні розташована зона товщиною до 50 мкм, що має більше темний колір, мікротвердість якої перебуває в межах 5000 - 5400 МПа (рис. 10, б, крива 1). У міру віддалення в глиб металу від поверхні, розташована перехідна зона, мікротвердість у якій плавно знижується й, на глибині ~ 70 мкм відповідає мікротвердості основи.

Як показали дослідження, покриття, отримані за технологією ЕЕЛ твердим сплавом і нанесення МПМ, складаються з 4-х зон. На поверхні утворюється зона більш темного кольору товщиною до 120 мкм, мікротвердість якої перебуває в межах 6200 - 9200 МПа. Під ним розташована зона світлого кольору, товщиною до 90 мкм, мікротвердість якої становить близько 3200 МПа. У міру віддалення від поверхні мікротвердість плавно знижується, і на глибині ~ 280 мкм відповідає мікротвердості основи.

На рис. 11 показаний шнек цинтрифуги з витками, відновленими за запропованою технологією.

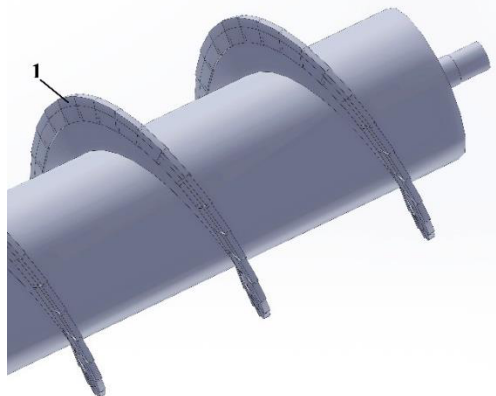


Рисунок 11 - Відновлений шнек із сегментами (1), прикріпленими за запропованою технологією.

#### Висновки:

1. Розроблений новий спосіб відновлення і одночасного зміцнення деталей, виготовлених з листової сталі, які піддаються, в залежності від умов зовнішнього впливу, різним видам абразивного зносу, який включає видалення зношеної частини деталі і заміну її окремим сегментом, також виготовленим з листового матеріалу, і сполучення його з відновлюваною деталлю нероз'ємним з'єднанням.

2. Відповідно до одного з варіантів запропонованого способу, забезпечують наявність сегмента з попередньо виконаним пазом, який приєднують до відновлюваної деталі, забезпеченої попередньо виконаним шипом, при цьому зміцнення відновлюваної деталі здійснюють методом ЕЕЛ до досягнення заданої твердості сегмента, а перед створенням нероз'ємного з'єднання відновлюваної деталі і сегмента поверхні паза сегмента покривають МПМ.

3. Згідно з другим варіантом запропонованого способу, забезпечують наявність сегмента з попередньо виконаним шипом, який приєднують до відновлюваної деталі, забезпеченої попередньо виконаним пазом.

4. Технічним результатом запропонованого способу є відсутність жолоблення, а також підвищення твердості і зносостійкості відновлених і зміцнених деталей в умовах інтенсивного абразивного зношування; можливість використання в якості відновлювального матеріалу зносостійких металів з будь-яким ступенем зварюваності; невелика витрата електроенергії і екологічна безпека.

### Список використаної літератури:

1. А. В. Шовкоплас. Дисковые рабочие органы борон: технологии изготовления и восстановления // Лесотехнический журнал 1/2016. - Технологии. Машины и оборудование. С. 203-211.
2. Тарельник В. Б. Экологически безопасный способ восстановления и одновременного упрочнения стальных деталей, изготовленных из металлических листов / В. Б. Тарельник, Б. А. Саржанов // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Технології в машинобудуванні = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Ser. : Techniques in a machine industry : зб. наук. пр. – Харків : НТУ "ХПІ", 2019. – № 19 (1344). – С. 16-21.
3. Патент РФ на корисну модель 92823, В23К 9/04. Отвал корпуса плуга / С.Н. Прудников А.М. Михальченков / Опубл. 10.04.2010 Бюл. №10.
4. Патент РФ 2533957, В23Р 6/00, А01В 15/04. Способ восстановления и упрочнения отвала корпуса плуга / А.М. Михальченков / Опубл. 27.11.2014 Бюл. №33.
5. Эксплуатация систем водоснабжения, канализации и газоснабжения. Справочник. Авторы-составители: В.Д. Дмитриев, Д.А. Коровий, А. И. Кораблев, Г. П. Медведев, Б.Г. Мишуков, М.П. Наумов, Г.С. Чистова // Стройиздат, Ленинградское отделение, 1988, 384 с.
6. Саржанов О.А., Саржанов Б.О. Аналіз методів ремонту відповідальних деталей центрифуг для стічних вод. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів», випуск 10/3 (31), 2016.- С. 58-62
7. Лившиц С.П. Высоконапорные дутьевые машины центробежного типа. - Л.: Машиностроение, 1976.- 295 с.
8. Патент України на корисну модель № 115676, МПК В23Н 5/00. Спосіб відновлення зношених поверхонь металевих деталей / В.Б. Тарельник, В. С. Марцинковський, О. Г. Павлов / Опубл. 25.04.2017, Бюл. № 8. - 15 с.
9. Патент України на корисну модель № 131805, МПК В23Н 5/02. Спосіб відновлення зношених поверхонь деталей машин з нержавіючої сталі / В.Б. Тарельник, В. С. Марцинковський, О.П. Гапонова, Є.В. Коноплянченко, Б.О. Саржанов / Опубл. 25.01.2019, Бюл. № 2. - 21 с.
10. Патент України на корисну модель, (позитивне рішення 18.12.2019 №u201909105) МПК В23Н 5/02. Спосіб відновлення і одночасного зміцнення деталей з листової сталі, що піддаються абразивному зносу в процесі експлуатації / В.Б. Тарельник, В.С. Марцинковський, А.В. Белоус, О.А. Саржанов, О.О. Гапон, Б.О. Саржанов, А.О. Прокопенко.
11. Патент України на корисну модель, (позитивне рішення 18.12.2019 №u201909103) МПК В23Н 5/02. Спосіб відновлення і одночасного зміцнення деталей з листової сталі, що піддаються абразивному зносу в процесі експлуатації / В.Б. Тарельник, В.С. Марцинковський, А.В. Белоус, О.А. Саржанов, О.О. Гапон, Б.О. Саржанов, А.О. Прокопенко.

**Tarelnyk V.B., Sarzhanov B.O., Gapon O.O.**

#### **A new way of repairing and strengthening sheet steel parts that are have abrasive wear during operation**

*The article describes a technical solution that relates to the field of mechanical engineering and repair of machines, in particular to the restoration and simultaneous strengthening of steel sheet parts, which, depending on the conditions of external influence, various types of abrasive wear. The method involves removing the worn part of the workpiece and replacing it with a separate segment. The segment is also made of sheet material, and connect it to the recoverable part with an integral connection. According to one variant of the technical solution, the segment has a pre-made groove, which is attached to the recoverable part with a pre-made thorn. Strengthening of the recovered part is carried out by the method of electro-erosion alloying (EEA) to achieve the desired hardness of the segment. Before creating an integral connection of the recoverable part and the surface of the groove surface of the segment is covered with metal-polymer material (MPM). According to the second variant of the technical solution, the segment has a pre-made thorn, and the recoverable part is a groove. The technical result of the solution is the absence of grooves, as well as improving the hardness and wear resistance of the recovered and hardened parts in the conditions of intensive abrasive wear, the ability to use as a reducing material wear-resistant metals with any degree of weldability, low energy consumption and environmental safety.*

**Keywords:** restoration, repair, disc harrow, wear, electro-erosion alloying, surface-plastic deformation.

Дата надходження до редакції: 21.03.2019