

НУБІП України

НУБІП України

НУ

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

01.11 - МР.2218 "С" 2021.21.12.032 ПЗ

НУ

РОМАНЮК АНДРІЙ ВІКТОРОВИЧ

2022 р.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

УДК 631.173.2:62-233.1

ПОГОДЖЕНО

Декан механіко-технологічного факультету

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

технічного сервісу та інженерного
(назва кафедри)

менеджменту ім. М.П.Момотенка

Братішко В.В.

(підпис)

(ПІБ)

Роговський І.Л.

(підпис)

(ПІБ)

«___» _____ 2022 р.

«___» _____ 2022 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему Удосконалення технічного контролю запасних частин

сільськогосподарської техніки типу вал

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

(код і назва)

Освітня програма «Агроінженерія»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

доктор технічних наук, ст.наук.с.

(науковий ступінь та вчене звання)

Братішко Вячеслав Вячеславович

(підпис)

(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к.т.н., доц. каф.

(науковий ступінь та вчене звання)

Литенко Валерій Васильович

(підпис)

(ПІБ)

Виконав

Романюк Андрій Вікторович

(підпис)

(ПІБ)

КИЇВ – 2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технічного сервісу та
інженерного менеджменту ім. М.П.Момотенка

д.т.н., проф. Роговський І.Л.
(підпис) (ПІП)

2022 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Романюку Андрію Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

(код і назва)

Освітня програма «Агроінженерія»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи Удосконалення технічного контролю запасних частин сільськогосподарської техніки типу вал

затверджена наказом ректора НУБіП України від «21» грудня 2021 р. № 2218 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру _____

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи Науково – технічна література: результати науково-дослідних робіт по літературних джерелах по відновлюванню деталей типу вал електроконтактним способом сільськогосподарської техніки

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз технологій відновлення деталей електроконтактним способом
2. Теоретичний опис процесу нанесення металопокриття способом ЕКПД
3. Технологія відновлення зношених валів
4. Техніко-економічна ефективність

5. Охорона праці

Перелік графічного матеріалу Електронна презентація на 15 слайдах

Дата видачі завдання «11» листопада 2021 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____

(підпис)

Іщенко В.В.

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

Романюк А.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

НУБІП України

Романюк А.В. Удосконалення технічного контролю запасних частин сільськогосподарської техніки типу вал / Магістерська кваліфікаційна робота.

Київ: НУБІП України, 2022. 81 с., 17 слайдів презентації. Список використаних джерел налічує 49 назв.

НУБІП України

Мета роботи полягає в удосконаленні технічного контролю запасних частин сільськогосподарської техніки шляхом підвищення продуктивності та якості відновлення валів електроконтактного приварювання дротами (ЕКПД).

НУБІП України

Виконано удосконалення процесу ЕКПД одночасно двоприсадних дротів одним роликотом-електродом, що полягає в додатковому епіловому впливі на них і дозволяє усунути недоліки процесу (міжвиткові та внутрішньовиткові

неприварювання в стиках зварних швів), а також підвищити продуктивність,

ефективність і якість відновлення валів техніки, що використовується в АПК.

НУБІП України

Задачі дослідження:

➤ Виконати аналіз технологій технічного контролю запасних частин сільськогосподарської техніки типу вал.

➤ Виконати обґрунтування аналітичних положень удосконалення технологій технічного контролю запасних частин сільськогосподарської техніки типу вал.

НУБІП України

➤ Виконати експериментальні дослідження технологій технічного контролю запасних частин сільськогосподарської техніки типу вал.

НУБІП України

➤ Провести техніко-економічний аналіз удосконалення технології технічного контролю запасних частин сільськогосподарської техніки типу вал.

Теоретично і експериментально обґрунтована методика і за нею визначені та представлені у формі таблиць раціональні режими відновлення валів з конструкційних і легованих сталей різного діаметру і з різними зносами.

НУБІП України

Розроблено загальні рекомендації з проектування ефективних технологічних процесів відновлення.

Предмет дослідження: встановлення закономірностей зміни параметрів технічного стану запасних частин сільськогосподарської техніки типу вал в процесі їх технічного контролю.

Об'єктом дослідження є вали сільськогосподарської техніки.

Наукова новизна. Удосконалення технічного контролю запасних частин сільськогосподарської техніки типу вал відбувається через встановлення числових значень напруженого стану елементарної призми, виділеної в об'ємі одиничної ділянки металопокриття. Для формування на відновлюваній поверхні суцільного металопокриття без непроварів, швидкість приварювання v і крок приварювання S з'єднаного зварного шва по гвинтовій лінії необхідно вибрати за умови перекриття зон утворення зварного з'єднання по їх довжині та ширині. Безрозмірні коефіцієнти перекриття можна обчислити за формулами (2.20) (2.21). Найбільш структурно однорідне металопокриття виходить при збігу коефіцієнтів перекриття.

Методика досліджень – метод аналізу, статистичний метод, експериментальний метод, метод експертних оцінок та ін.

Ключові слова: технологічний процес, електроконтактне зварювання, дріт, ролик-електрод, вал, зварні шви.

ЗМІСТ

НУБІП України

Стор.

ВСТУП..... 7

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНИМ СПОСОБОМ..... 10

СПОСОБОМ.....

1.1. Вибір способу відновлення..... 10

1.2. Огляд застосовуваних способів відновлення деталей..... 14

1.3. Шляхи вдосконалення технології процесу ЕКПД..... 21

РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНИЙ ОПИС ПРОЦЕСУ НАНЕСЕННЯ МЕТАЛОПОКРИТТЯ СПОСОБОМ ЕКПД 23

2.1. Фізична природа утворення зварного з'єднання при ЕКПД..... 23

2.2. Аналітичне визначення параметрів процесу ЕКПД..... 29

2.2.1. Складання розрахункової схеми..... 29

2.2.2. Визначення геометричних розмірів контактів і одиничних ділянок металопокриття..... 33

2.2.3. Напружений стан здвоєної одиничної ділянки на параметри зварного з'єднання..... 37

2.2.4. Вплив додаткового розтягування присадних дротів на параметри зварного з'єднання..... 40

РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЯ ВІДНОВЛЕННЯ ЗНОШЕНИХ ВАЛІВ..... 44

3.1. Загальні рекомендації з проектування технологічних процесів відновлення валів сільськогосподарської техніки ЕКПД.....	44
3.2. Визначення раціональних режимів ЕКПД двома присадними дротами.....	49
РОЗДІЛ 4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.....	56
4.1. Економічна ефективність відновлення деталей типу вал ЕКПД двох розтягнутих присадних дротів.....	56
4.2. Висновки до розділу.....	66
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	68
5.1. Аналіз потенційних небезпек.....	68
5.2. Заходи щодо забезпечення техніки безпеки.....	69
ВИСНОВКИ.....	74
...	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	76

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

НУБІП України

Сільське господарство є стратегічно важливою сферою економіки, що забезпечує продовольчу безпеку країни. Підвищення ефективності аграрного виробництва неможливо без перебудови технічного сервісу галузі на новій технологічній основі.

НУБІП України

В Україні є великі товарні господарства зернового, овочевого і кормового напрямків. У 2021 році загальна посівна площа країни склала 3,6 млн.га.

НУБІП України

Структура посівних площ наступна: зернові і зернобобові культури займають 1,75 млн.га, цукрові буряки 52 тис.га, соняшник 2,06 млн.га, картопля 90 тис.га, овочі 16 тис.га, кукурудза 908 тис.га. Природні і географічні умови орієнтують країну на прискорений розвиток сільського господарства і всього АПК. Тому дана галузь економіки повинна розвиватися, нарівні з іншими галузями, на основі механізації та технічного переозброєння. Сформовані економічні реалії такі, що агропромисловий комплекс постійно недофінансується. У господарствах недостатньо коштів на придбання нової сільськогосподарської техніки. Тому машинно-тракторний парк України поступово старіє і вибуває, про що свідчать наступні статистичні дані. За останні 15 років кількість тракторів в господарствах скоротилася на 72,7% (на 26522 од.), зернозбиральних комбайнів 74,9% (на 8003 од.), кормозбиральних комбайнів на 77,4% (на 2391 од.) і картоплезбиральних комбайнів на 77,9% (на 124 од.). Значно скоротився парк бурякозбиральної техніки - на 88,2% (на 1070 од.).

НУБІП України

Найбільшу частину сільськогосподарського парку становить фізично застаріла техніка. Щорічно списується близько 3-12% такої техніки. Так за 2020р списано по зносу тракторів 526 од. і комбайнів, зернозбиральних 100, кормозбиральних 51, картоплезбиральних 3, бурякозбиральних 19. Коефіцієнт ліквідації склав 5,3; 3,7; 7; 8,1; 11,8% відповідно. При продовженні існуючої негативної тенденції, Україна може втратити сільськогосподарський парк в найближчі 8-10 років. Сільське господарство без даної техніки не може існувати. Тому потрібна модернізація машинно-тракторного парку АПК країни.

НУБІП України

Тому дана галузь економіки повинна розвиватися, нарівні з іншими галузями, на основі механізації та технічного переозброєння. Сформовані економічні реалії такі, що агропромисловий комплекс постійно недофінансується. У господарствах недостатньо коштів на придбання нової сільськогосподарської техніки. Тому машинно-тракторний парк України поступово старіє і вибуває, про що свідчать наступні статистичні дані. За останні 15 років кількість тракторів в господарствах скоротилася на 72,7% (на 26522 од.), зернозбиральних комбайнів 74,9% (на 8003 од.), кормозбиральних комбайнів на 77,4% (на 2391 од.) і картоплезбиральних комбайнів на 77,9% (на 124 од.). Значно скоротився парк бурякозбиральної техніки - на 88,2% (на 1070 од.).

НУБІП України

Найбільшу частину сільськогосподарського парку становить фізично застаріла техніка. Щорічно списується близько 3-12% такої техніки. Так за 2020р списано по зносу тракторів 526 од. і комбайнів, зернозбиральних 100, кормозбиральних 51, картоплезбиральних 3, бурякозбиральних 19. Коефіцієнт ліквідації склав 5,3; 3,7; 7; 8,1; 11,8% відповідно. При продовженні існуючої негативної тенденції, Україна може втратити сільськогосподарський парк в найближчі 8-10 років. Сільське господарство без даної техніки не може існувати. Тому потрібна модернізація машинно-тракторного парку АПК країни.

НУБІП України

Тому дана галузь економіки повинна розвиватися, нарівні з іншими галузями, на основі механізації та технічного переозброєння. Сформовані економічні реалії такі, що агропромисловий комплекс постійно недофінансується. У господарствах недостатньо коштів на придбання нової сільськогосподарської техніки. Тому машинно-тракторний парк України поступово старіє і вибуває, про що свідчать наступні статистичні дані. За останні 15 років кількість тракторів в господарствах скоротилася на 72,7% (на 26522 од.), зернозбиральних комбайнів 74,9% (на 8003 од.), кормозбиральних комбайнів на 77,4% (на 2391 од.) і картоплезбиральних комбайнів на 77,9% (на 124 од.). Значно скоротився парк бурякозбиральної техніки - на 88,2% (на 1070 од.).

НУБІП України

Найбільшу частину сільськогосподарського парку становить фізично застаріла техніка. Щорічно списується близько 3-12% такої техніки. Так за 2020р списано по зносу тракторів 526 од. і комбайнів, зернозбиральних 100, кормозбиральних 51, картоплезбиральних 3, бурякозбиральних 19. Коефіцієнт ліквідації склав 5,3; 3,7; 7; 8,1; 11,8% відповідно. При продовженні існуючої негативної тенденції, Україна може втратити сільськогосподарський парк в найближчі 8-10 років. Сільське господарство без даної техніки не може існувати. Тому потрібна модернізація машинно-тракторного парку АПК країни.

НУБІП України

Тому дана галузь економіки повинна розвиватися, нарівні з іншими галузями, на основі механізації та технічного переозброєння. Сформовані економічні реалії такі, що агропромисловий комплекс постійно недофінансується. У господарствах недостатньо коштів на придбання нової сільськогосподарської техніки. Тому машинно-тракторний парк України поступово старіє і вибуває, про що свідчать наступні статистичні дані. За останні 15 років кількість тракторів в господарствах скоротилася на 72,7% (на 26522 од.), зернозбиральних комбайнів 74,9% (на 8003 од.), кормозбиральних комбайнів на 77,4% (на 2391 од.) і картоплезбиральних комбайнів на 77,9% (на 124 од.). Значно скоротився парк бурякозбиральної техніки - на 88,2% (на 1070 од.).

НУБІП України

Найбільшу частину сільськогосподарського парку становить фізично застаріла техніка. Щорічно списується близько 3-12% такої техніки. Так за 2020р списано по зносу тракторів 526 од. і комбайнів, зернозбиральних 100, кормозбиральних 51, картоплезбиральних 3, бурякозбиральних 19. Коефіцієнт ліквідації склав 5,3; 3,7; 7; 8,1; 11,8% відповідно. При продовженні існуючої негативної тенденції, Україна може втратити сільськогосподарський парк в найближчі 8-10 років. Сільське господарство без даної техніки не може існувати. Тому потрібна модернізація машинно-тракторного парку АПК країни.

НУБІП України

Тому дана галузь економіки повинна розвиватися, нарівні з іншими галузями, на основі механізації та технічного переозброєння. Сформовані економічні реалії такі, що агропромисловий комплекс постійно недофінансується. У господарствах недостатньо коштів на придбання нової сільськогосподарської техніки. Тому машинно-тракторний парк України поступово старіє і вибуває, про що свідчать наступні статистичні дані. За останні 15 років кількість тракторів в господарствах скоротилася на 72,7% (на 26522 од.), зернозбиральних комбайнів 74,9% (на 8003 од.), кормозбиральних комбайнів на 77,4% (на 2391 од.) і картоплезбиральних комбайнів на 77,9% (на 124 од.). Значно скоротився парк бурякозбиральної техніки - на 88,2% (на 1070 од.).

Таке становище склалося в АПК через невідповідність рівнів цін між продукцією сільського господарства і промисловості. Ціни на промислову продукцію в роки реформ росли в 4-5 разів швидше, ніж на сільськогосподарську продукцію. Ресурси, отримані АПК за свою продукцію не дозволяють оплачувати виробничі витрати, тому накопичилися борги перед державним бюджетом, банками та різними приватними фінансовими структурами. При цьому сільськогосподарські виробники не можуть в достатньому обсязі купувати нову техніку, що веде до старіння парку. При ліквідації старої техніки без належного її поновлення скорочується парк техніки, що веде до зростання навантаження на решту. За останні 10 років середній вік машин збільшився на 3 роки і склав 20 років. Ступінь зносу старої техніки перевищує 80%. Експлуатаційні та ремонтні витрати на обслуговування старої техніки істотно вище нормативних, інколи перевищують їх в 3-4 рази і більше.

При експлуатації гранично зношеної техніки збільшується витрата на ПММ, також зростають витрати на техобслуговування і ремонт. Таким чином, використання старої техніки підвищує витрати на експлуатацію та обслуговування в 3-4 рази. Причому до 70% витрат на ремонт – це придбання нових запасних частин.

Через малий середній термін експлуатації вітчизняної техніки (не перевищує 9 років), зростає частка європейської аналогічної техніки, термін служби яких становить до 20-30 років. Однак ремонт і обслуговування закордонної техніки коштує дорожче. За даними експертів, проблема ремонту і обслуговування імпоротної техніки буде загострюватися в міру збільшення терміну експлуатації машин.

У цих умовах організацію відновлення деталей і вузлів імпортих і вітчизняних машин слід розглядати як альтернативу придбання дорогих оригінальних запасних частин.

У зв'язку з ситуацією, що склалась, необхідно розробляти ефективні способи відновлення зношених деталей, які дозволять покращити якість відновлених деталей. Приблизно 45% деталей машин, що надходять на ремонт,

можна використовувати без відновлення, 50% деталей можливо використовувати повторно після відновлення, і списується лише 5... 9% деталей. Причому собівартість відновлення зношених деталей у більшості випадків не перевищує 40% ціни таких нових. Таким чином, організація відновлення зношених деталей дозволяє економити матеріальні ресурси.

Відомо безліч способів відновлення деталей. Це різні електродугові види наплавки (вібродугова, автоматична, в середовищі захисних газів, водяної пари), дифузійне зварювання, індукційна наплавка, газополуменеве напилювання порошків, металізація, Електроімпульсне нарощування, гальванічні способи, ручна наплавка та інші способи.

Більшість перерахованих технологій засновані на використанні гальванічних процесів або розплавлення енергією електричної дуги. В роботі встановлено, що величина зносу близько 90% валів сільськогосподарської техніки не перевищує 0,5 мм на сторону. Істотним недоліком різних способів відновлення деталей електродуговим наплавленням є неможливість отримання якісного покриття малої товщини.

Для відновлення деталей з малим зносом обґрунтовано раціональними вважаються електроконтактні способи відновлення. Їх перевагами є відсутність перегріву основного металу, а відтак і вигорання легуючих елементів, мала глибина термічного впливу, можливість регулювання товщини металопокриття, що дозволяє скоротити припуск і трудомісткість подальшої механічної обробки, сприятливі умови роботи оператора в зв'язку з відсутністю світлового випромінювання, шуму, шкідливих запахів і безпечні умови оскільки використовується низька напруга струму.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНИМ СПОСОБОМ

1.1. Вибір способу відновлення

Для якісного та ефективного відновлення зношених деталей необхідно вибрати найбільш підходящий спосіб. Для цього слід враховувати геометричні параметри деталей, умови їх експлуатації, ступінь зносу, а також техніко-економічні показники самого способу відновлення [2; 15; 16; 20].

Є літературні дані по характеристиках деталей тракторів, автомобілів, сільськогосподарських машин переважно вітчизняного виробництва, які підлягають відновленню.

У дослідженнях [1; 15; 16] аналізуються конструктивні, технологічні та експлуатаційні характеристики деталей вітчизняної сільськогосподарської техніки. Відомості по характеристиках деталей машин імпортного виробництва дуже обмежені.

У дослідженнях [15;29], присвячених аналізу матеріалів деталей вітчизняної та імпортної автотракторної техніки, встановлено, що близько 80% всіх деталей сталеві, близько 19% – чавунні, лише 1,5 – 2% з кольорових металів і сплавів.

У таблиці 1.1 наведені матеріали застосовуються для виготовлення деталей сільськогосподарських машин і автотракторної техніки.

З наведених даних можна зробити висновок, що матеріали різних деталей імпортної та вітчизняної автотракторної техніки істотно не відрізняються, переважають середньовуглецеві і леговані сталі.

Досить велика кількість валів (до 40-47,5%) виготовляються з легованих сталей, особливо це відноситься до валів імпортної техніки.

Таблиця 1.1.

Матеріали, які застосовуються для виготовлення деталей автотракторної і сільськогосподарської техніки

Матеріал деталі	Відсоткове застосування матеріалу	
	Вітчизняна техніка	Закордонна техніка
Маловуглецеві сталі	4,1	2,6
Середньовуглецеві сталі	40,9	35
Леговані сталі	34,9	42,7
Чавуни	18,5	16,5
Кольорові метали	1,6	3,2

У виробництві деталей типу «вал» сільськогосподарської техніки застосовують сталі різного хімічного складу, в залежності від характеру навантаження в процесі експлуатації і ступеня їх відповідальності. Розподіл видів сталей для виготовлення деталей типу «вал» вітчизняної і зарубіжної техніки наведено на рис. 1.1.

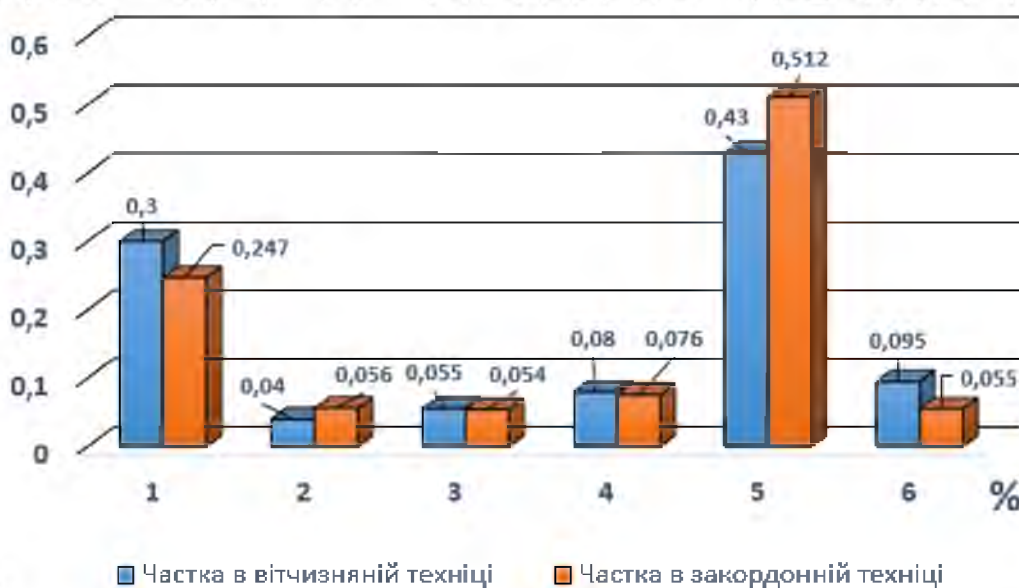


Рис. 1.1. Марки сталей, що застосовуються для виготовлення деталей типу «Вал».

1 – високолеговані; 2 – конструкційні; 3 – леговані; 4 – диварні; 5 – маловуглецеві; 6 – конструкційні

Аналіз перерахованих, а також інших літературних джерел дозволяє остаточно зробити висновок, що в більшості випадків вали сільськогосподарського застосування (як вітчизняного, так і імпортного виробництва) виготовляють з конструкційних сталей.

Геометричні розміри валів вітчизняних тракторів, їх види та ступінь зносів наводяться в роботах О.Л. Воловика. Довжини таких деталей рідко перевищують 600 мм, діаметри коливаються в межах 20–70 мм. Знос різних конструктивно-подібних груп деталей машин коливається в межах 0,01–10 мм. Найбільше число деталей (близько 83%) має знос до 0,3 мм на сторону. З них знос до 0,1 мм мають 52% деталей, від 0,1 до 0,2 – 12%, від 0,2 до 0,3 – 10%, далі до 0,4 мм – 1%, до 0,5 – 5% і до 0,6 – 3%. Знос поверхонь деталей різних груп орієнтовно складає: циліндричні поверхні 52% (з яких 40% знос зовнішньої циліндричної поверхні, 60% – внутрішньої); конічної і сферичної 3%; шліцьові – 3%; різьблення 10%; плоскі поверхні 1% [15].

У працях [1; 28; 30] наводяться відомості про зносах шийок валів, що підлягають відновленню. Для місць посадки підшипників кочення знос складає від 0,10 до 0,17 мм на сторону. За даними [46] в більшості (близько 80%) випадків знос зовнішніх циліндричних поверхонь не перевищує значення 0,25 мм на сторону. Такі ж цифри по зносам циліндричних деталей сільськогосподарської та автомобільної техніки наводяться в роботі [45]. 85% таких деталей підлягають вибракуванню при зносі в межах 0,1 ... 0,3 мм.

У більшості випадків вали виходять з ладу і вибраковуюються внаслідок зносу їх робочих поверхонь. Ряд деталей виходить з ладу через поломки при ударах і динамічних навантаженнях.

Деталі, які відносять до знакозмінних напружень, виходять з ладу внаслідок втомного руйнування. Крім того, зустрічаються випадки контактної викришування нанесеного металопокриття [1; 7; 9; 10; 16; 23].

Абразивне зношування є основною причиною виходу з ладу бронзових або латунних втулок підшипників ковзання. Інтенсивний абразивний знос відчувають корінні та шатунні шийки колінчастих валів двигунів внутрішнього

згоряння. В результаті зносу поверхонь таких деталей змінюються їх геометричні форми і розміри, зазори в сполученнях перевищують допустимі значення.

Явище втоми металу, при роботі з знакозмінними навантаженнями, може привести до зміни властивостей металів, також до утворення тріщин, їх розвитку та руйнуванню матеріалу деталей (по ГОСТ 23207-78).

Недостатня міцність приварки металопокриття може стати причиною виходу з ладу відновлених деталей. Тому основна вимога для електродних способів відновлення – забезпечення високої міцності зварного з'єднання [6; 19; 30].

Процес ЕКПД здійснюється без утворення зварювальної ванни або оплавлення поверхонь у контакті, тобто в твердій фазі [22;37]. При неправильно підібраних режимах зварене з'єднання виходить недостатньо міцним, а в стиках суміжних зварних валиків можуть бути непроварювання. Неякісну приварку і непроварювання між суміжними зварними швами, які перекриваються, виявити візуально не вдасться.

Брак, отриманий через неякісне приварювання, найчастіше виявляється при подальшій механічній обробці деталі – шліфуванні, коли виявляється міжвиткове непроварювання або відбувається відшарування металопокриття. У гіршому випадку неявний брак може виявитися при експлуатації такої деталі, наприклад, у вигляді сколів, відшарування навареного шару. Для підвищення надійності і довговічності відновлених деталей необхідно підвищувати всі перераховані експлуатаційні характеристики. Експлуатаційні показники якості відновлюваних деталей можна підвищити шляхом вдосконалення відомих технологічних процесів відновлення, а також розробки нових технологічних процесів.

1.2. Огляд існуючих способів відновлення деталей

До числа відомих поширених технологічних процесів відновлення деталей циліндричної форми можна віднести наступні: індукційні [15],

вібродугове наплавлення [16; 28; 43], газотермічні, детонаційне та плазмове

наплення [16; 28], наплавку під шаром флюсу [15; 16; 43], відновлення методом

дифузійної зварки [15], з застосуванням полімерних матеріалів [38; 40],

наплавку широкої електродної стрічки [39], електроіскрове нарощування [14]

відновлення методом перерозподілу металу електромеханічним способом [28] та

ін. Поряд з незаперечними перевагами, перераховані способи мають і значні

недоліки, що обмежують їх застосування в ремонтному виробництві. Більшість

перерахованих способів відновлення не дозволяє сформувати металопокриття

малої (менш 1 мм) товщини. Вище було показано, що знос 80% циліндричних

поверхонь не перевищують 0,25 ... 0,3 мм. Собівартість відновлення цими

способами висока, а необхідна якість відновлення деталей не забезпечується.

Електро-дугові і гальванічні засоби відновлення в більшості випадків є

неефективними з економічної точки зору. Найбільш досконалими в плані

ефективності і економічності для відновлення деталей циліндричної форми

автомобілів, тракторів, сільськогосподарських машин обґрунтовано вважаються

електроконтактні способи, що передбачають приварку присадних матеріалів в

рзних формах. Електро-контактні способи базуються на розігріві основного і

присадного металів тепловою енергією, що виділяється в контакті при

проходженні імпульсів електричного струму в поєднанні з силовим впливом

роликового інструменту.

У порівнянні зі способами, заснованими на розігріві і розплавленні

присадного і основного металів енергією електричної дуги електроконтактні

способи мають цілий ряд переваг і достоїнств. До достоїнств електроконтактних

способів відновлення відносять: можливість приварювання різноманітних видів

присадних матеріалів (сталевих стрічок, дротів і сіток, металевих порошків,

рзноманітних їх поєднань); загартування нанесеного металопокриття на

поверхні деталі безпосередньо при приварці; малі припуски на подальшу механічну обробку нанесеного металу (менші в 3-4 рази в порівнянні з дуговими способами); малий нагрів самої деталі і відсутність вигорання легуючих елементів; більш сприятливі умови праці. Тому дані технологічні процеси викликають інтерес у ремонтників. Про застосування вище перерахованих присадних матеріалів при електро-контактних способах відновлення наводяться відомості в роботах [6; 11; 12; 19].

Розглянемо докладніше переваги і недоліки електроконтактних способів відновлення зношених деталей циліндричної форми при застосуванні

перерахованих вище присадних матеріалів. Розглянутий спосіб електроконтактного приварювання сталевих дротів (ЕКПД) розроблений Ю.В. Клименко в 1960-і роки. Дослідження процесу також велися в ННЦ ІМЕСГ

ГОСНИТИ, Калузькому філії МВТУ ім. Н.Е. Баумана, Краматорському

індустріальному інституті, Московському державному вечірньому металургійному інституті і в деяких інших організаціях. Істотний внесок у вивчення процесу ЕКПД внесли дослідники Б.М. Аскіназі, В.В. Буличов, В.А. Дубровський, В.А. Ємельянов, А.А. Зайнуллин, І.І. Загіра, В.С. Ібрагімов, А.К.

Исламгулов, Е.С. Каракозов, В.Т. Катренко, Р.А. Латипов, Б.А. Молчанов, М.З.

Нафік, А.В. Поляченко, А.І. Пономарьов, П.І. Бурак, В.А. Пресняков, М.М.

Прохоров, Л.Б. Рогінський та інші. Процес здійснення ЕКПД за основною однороліковою схемою наступний (рисунок 1.4, а) До відновлюваної деталі 1

присадний дріт 2 із зусиллям притискається ролик-електродом 3. Присадний

метал дроту розігрівається імпульсом струму, осаджується і приварюється до

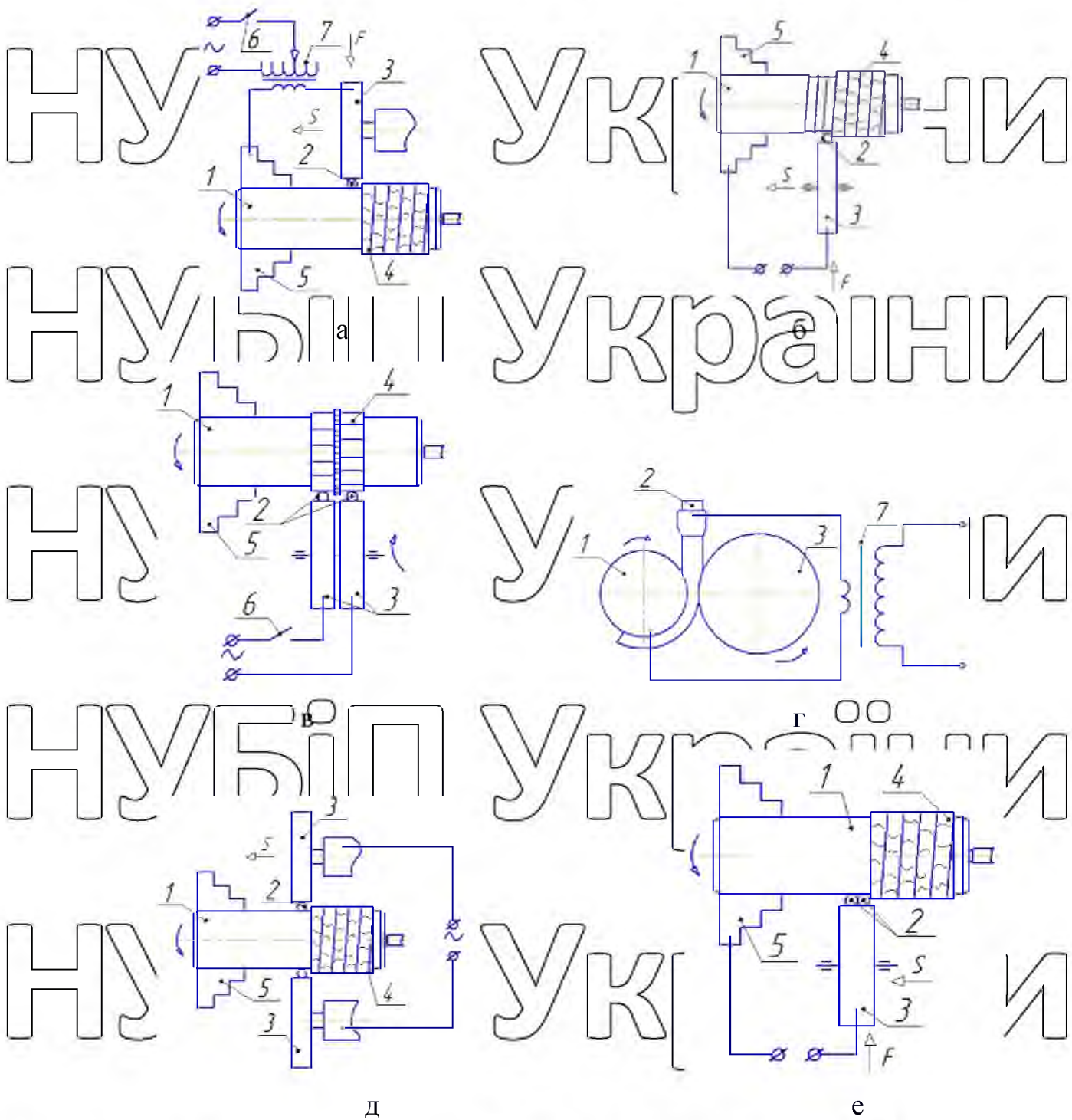
деталі. Вал обертається в патроні 5 наплавочної установки, а супорт наплавочної

установки здійснює позовжне переміщення разом з ролик-електродом уздовж осі вала з кроком S , причому зварений шов накладається на поверхню

відновлюваної деталі по гвинтовій лінії з деяким перекриттям сусідніх витків. У

первинний ланцюг зварювального трансформатора 7 включений переривник струму 6, що дозволяє регулювати силу струму, тривалість його імпульсів і пауз.

На рисунку 1.4, а показана основна технологічна схема процесу. Її перевагою є те, що вона найбільш проста і найбільш зручна в обслуговуванні. Продуктивність такої схеми недостатня, тому що при цьому процес приварюється лише один присадний дріт.



д

е

Рис. 1.4. Технологічні схеми процесу ЕКРД.
 а – основна однородикова; б – в попередньо висаджена ганавка; в – вузькі наски; г – нейтральний ролик-електрод; д – двородикова з двома дротами; е –

двома дротами і одним роликівим електродом; 1 – деталь; 2 – присадний дріт; 3 – ролик-електрод; 4 – металопокриття; 5 – патрон; 6 – переривач струму; 7 – зварювальний трансформатор

Крім основної однодротової схеми в літературі описується велика кількість інших варіантів (технологічних схем) здійснення процесу ЕКПД. Деякі з технологічних схем показані на рисунках (1.4., б-е).

Показана на (рис. 1.4., б) схема була запропонована Б.М. Аскіназі. На початку на поверхні деталі електромеханічним осаджуванням виконується гвинтова канавка, потім присадний дріт в сформовану канавку приварюється роликівим електродом [2]. Застосування даної схеми, дозволяє формувати структурно однорідне металопокриття. Однак, такий технологічний процес відновлення на виробництві не застосовується через високу трудомісткість і низьку продуктивність.

На (рис. 1.4., в) показана схема для формування вузьких пасків металопокриття. При такій схемі приварюють одночасно два присадочні дроти двома роликівими електродами, розташованими паралельно один до одного. Для виключення короткого замикання, між роликівими електродами передбачений технологічний просвіт. Невелика величина просвіту забезпечує формування суцільного металопокриття.

Відповідно до технологічної схеми ЕКПД на (рис. 1.4., г) застосовується нейтральний роликівий електрод. Такий варіант ЕКПД передбачає проходження імпульсів зварювального струму в зону приварки через відновлюваний вал і присадні дроти, минаючи при цьому роликівий електрод. Це дозволяє виготовляти інструмент зносостійких твердих матеріалів, що не володіють високими тепло- і електропровідністю. Істотний недолік такої схеми полягає в тому, що через ковзаючі контакти і присадні дроти малого діаметра неможливо підвести в зону приварки досить великий зварювальний струм і забезпечити тим високу міцність з'єднання металопокриття з деталлю.

Найбільш велику перспективу виробничого застосування мають варіанти здійснення відновлення за схемами на (рис. 1.4., д, е), в яких передбачається одночасна приварка відразу двох присадних дротів.

Перевагою двозахідної схеми приварювання, показаної на (рис. 1.4.), д є висока продуктивність відновлення, майже в 2 рази вище, ніж у однозахідної схеми приварювання.

Однак є і недолік даної схеми. Присадні дроти необхідно подавати з протилежних сторін, і повертаються до вихідного положення відносно один одного оператор визначає візуально. Неточне взаєморозташування присадних дротів призводить до неправильного накладання зварних швів на поверхню деталі. Витки з великим їх перекриттям по ширині чергуються з проміжками, що формується металопокриття виходить структурно неоднорідним.

У ННЦ ІМЕСГ запропоновано приварювати на циліндричну поверхню деталі одночасно два присадочні дроти відповідно до варіанта на (рис. 1.4., е). Є можливість при застосуванні даної технологічної схеми здійснювати струмовідвід як через ковзаючі контакти на патроні наплавочної установки, так і через розташований протилежно другий ролик-електрод зварювальних кліщів.

З урахуванням допоміжного часу, продуктивність аналізованого варіанта ЕКПД на 70...80% вище, ніж за основною технологічною схемою. Крім того, енергоємність процесу знижується на 10...15% в порівнянні з однозахідним технологічним варіантом. При цьому формується більш структурно однорідне металопокриття. Внаслідок великої площі контакту, зносостійкість інструменту підвищується на 15...20% у порівнянні з приварюванням одного дроту.

Були виявлені і недоліки даної технології відновлення, що полягають у тому, що при приварюванні обидва присадочні дроти нагріваються і осаджуються одночасно, тому не відбувається достатній відносний рух в зоні зіткнення двох дротів. Відносний рух металів в стику є обов'язковою умовою формування металевих зв'язків поверхонь, що з'єднуються в твердій фазі. Таким чином, в стику двох присадних дротів зведеного зварного валика можливий внутрішньовитковий несприварювання.

У зв'язку зі сказаним, використання процесу відновлення за даною схемою вимагає додаткових досліджень. Застосування цього технологічного процесу буде можливим при усуненні властивого йому недоліку – можливого непроварювання в стиках зварних валиків.

Спеціальне обладнання для ЕКПД в даний час не випускається, однак процес можна здійснювати на установках електроконтактного наплавлення конструкції ГОСНИТИ, провівши невелику їх модернізацію. Наплавочна установка також може бути виготовлена на базі колишнього у вживанні токарно-гвинторізного верстата і машини контактного або шовного зварювання безпосередньо на ремонтному підприємстві. Найбільш відповідальною частиною установки ЕКПД є її інструмент – ролик-електрод.

Найбільш повний опис процесу формування з'єднання в твердій фазі міститься в дослідженнях [5; 8; 37 та ін.], в яких визначені не тільки геометричні параметри контактів присадки з деталлю і інструментом, але і визначені напруги в присадному металі, встановлена умова утворення металевих зв'язків з'єднаних металів, обчислені багато технологічних параметрів режиму ЕКПД, розроблений спосіб визначення зносу ролика-електрода, обчислена температура нагріву дроту та ін. У дослідженнях [42; 44] наводяться рекомендації щодо вибору присадних дротів. Хімічний склад присадних дротів повинен або збігатися, або не відрізнятися суттєво від складу металу деталі, а діаметр вибирається в залежності від необхідної товщини металопокриття δ , значення якої може бути обчислено за формулою (2.7.).

Найбільш часто застосовують присадний дріт діаметром $\phi 1,8$, що забезпечує формування металопокриття товщиною 0,40 ... 0,55 мм. Після механічної обробки (зазвичай шліфуванням) товщина нарощеного шару становить 0,25 ... 0,3 мм на сторону. Цього цілком достатньо для відновлення до 85% автотракторних валів. При відновленні деталей з великим зносом необхідно вибирати дріт більшого діаметру, або ж застосовувати багатошарове приварювання [4, 27].

Визначенню міцності приварки покриття до основи присвячено досить велику кількість робіт. Цей показник має при ЕКПД першорядне значення, так як утворення зварного з'єднання відбувається без формування в стику загальної зварювальної ванни. Міцність приварки забезпечується раціональним вибором режимів зварювального процесу, що підбираються таким чином, щоб забезпечити найбільшу пластичну деформацію присадного металу [5; 41 та ін.]. Максимально досяжна міцність зварного з'єднання дорівнює міцності на розрив основного металу вала, вона формується при значеннях відносно осевої деформації дроту, $\varepsilon_y = 0,44 \dots 0,46$ [6; 24 та ін.]. Величина ε_n , що визначається за залежністю (2.4), є максимально досяжною і обмежується перегрівом.

Раціональні режими в різних випадках ЕКПД визначалися саме виходячи із забезпечення високої міцності зварного з'єднання в твердій фазі.

Багатьма дослідниками процесу визначалися фізико-технічні властивості металопокриттів і експлуатаційні характеристики відновлених ЕКПД деталей.

Виявлено, що в найбільшій мірі на структуру і твердість металопокриття впливає хімічний склад присадного металу, менш значно на ці характеристики впливають режими ЕКПД. Деякий вплив також надають схема охолодження деталі і інструменту при приварці дроту, а також витрата охолоджуючої рідини

[13]. Структура покриття через приварювання дроту по гвинтовій лінії з частковим накладенням зварних швів один на одного виходить різко неоднорідною. У зонах перекриття метал раніше нанесеного зварного шва частково відпускається. У покритті чергуються зони гарту і часткового відпускання. Неоднорідність структури металопокриття вважається основною причиною зниження втомної міцності реставрованих ЕКПД валів.

Втомна міцність відновлених ЕКПД валів з конструкційних сталей вуглецевими присадні дріт, нижче втомної міцності еталонних зразків з нормалізованої сталі 45 на 10...36%. При більшості інших способів відновлення, втомна міцність деталей знижується на багато більше. Однією з причин досить високої втомної міцності відновлених ЕКПД валів є те, що в металопокритті

формується хоч і невеликі за величиною, але сприятливі за напрямком стискаючі залишкові напруги. Пропонується включення в технологічний процес додаткових зміцнюючих операцій, наприклад, поверхнево-пластичну деформацію, загартування ТВЧ та ін.

1.3. Шляхи удосконалення технологічного процесу ЕКПД

Незважаючи на перераховані в попередньому параграфі безперечні переваги, слід вказати на те, що даний вискоефективний процес ЕКПД не отримав досить широкого застосування для відновлення валів автотракторної техніки і сільськогосподарських машин. На наш погляд, а також на думку інших дослідників, причини недостатньої затребуваності технології наступні.

Перш за все, це загальний стан справ в аграрному виробництві і відсутність випуску наплавочного обладнання. Є і недоліки самого процесу ЕКПД.

В результаті виконаного огляду можна вказати основні з них.

1) Неоднорідність структури металопокриття як наслідок накладання зварних швів з їх перекриттям по ширині. Зазначений недолік - плямиста твердість є більшою чи меншою мірою у всіх видів відновлення по гвинтовій лінії.

2) Підвищений знос робочої поверхні інструменту. У місці контакту дроту з м'яким електродним металом. Перетин кільцевої зносної канавки поступово зростає, погіршуються умови деформації дроту, знижується міцність його приварювання і якість відновлення. У ННЦ ІМЕСГ розроблений спосіб визначення зносу ролика-електрода [47]. Стійкість інструментів, робочі поверхні яких захищені дротами або сітками з жароміцних матеріалів, мідною фольгою, багаторазово перевищує стійкість традиційно застосовуваних роликів-електродів.

3) Можливий непроварювання в стиках суміжних одиночних зварних валиків або непроварювання в стику двох присадних дротів при дводротовому варіанті приварювання.

Нами висунута наукова гіпотеза про те, що, пригальмовуючи присадочні драти, тобто надаючи на присадний метал додатковий електричний вплив, можна збільшити деформацію присадки в осьовому напрямку і домогтися тим самим підвищення продуктивності процесу приварки, а також усунути останній з перерахованих вище недоліків дводротової технології ЕКПД.

Дане дослідження процесу ЕКПД, спрямоване на усунення зазначених його недоліків, які гальмують виробниче застосування.

РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНИЙ ОПИС ПРОЦЕСУ НАНЕСЕННЯ

МЕТАЛОПОКРИТТЯ СПОСОБОМ ЕКПД

2.1. Фізична природа утворення зварного з'єднання при ЕКПД

Металопокриття при ЕКГД формується шляхом нанесення на відновлювану поверхню одиничних ділянок, які перекривають одна одну по довжині і по ширині. На рис. 2.1. показана схема формування однієї такої ділянки. Кожен термомеханічний цикл нанесення одиничних ділянок полягає в притисненні присадного дроту до поверхні деталі, нагріванні присадки і приповерхневого шару основного металу короткими, тривалістю 0,02...0,08 с, імпульсами струму величиною близько 6...12 кА і осаді дроту зусиллям F ролика-електрода.

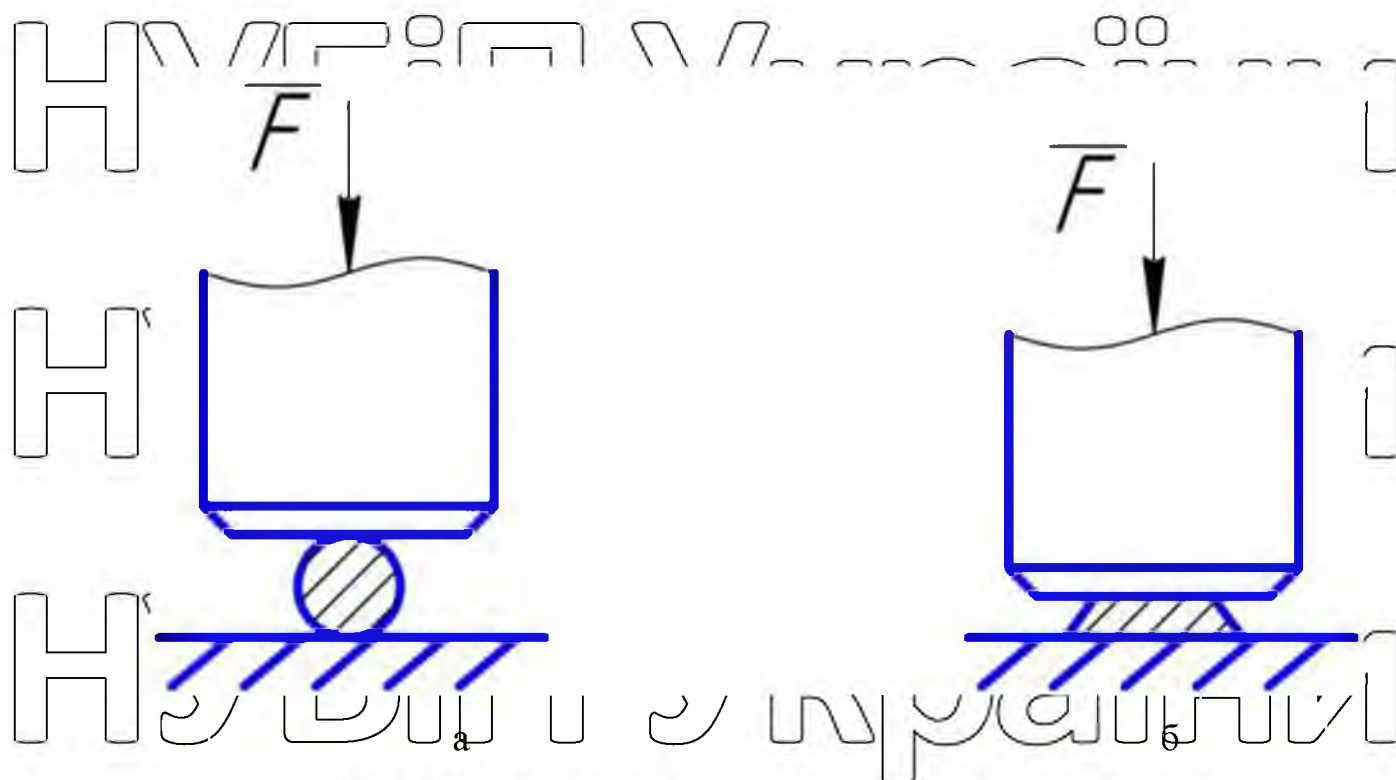


Рис. 2.1. Формування одиничної ділянки металопокриття.

а – початковий стан системи до включення струму; б – кінцевий стан після нагрівання і осадження дроту.

Кожна наступна одинична ділянка перекриває попередню, раніше приварену. Присадний дріт приварюється на циліндричну поверхню вала по гвинтовій лінії, причому суміжні зварні валики наносяться з деяким перекриттям по їх ширині. Таким чином, на зношеній шийці вала формується суцільне металопокриття.

В даний час більшість дослідників сходяться на думці, що при раціональних режимах ЕКПД температура в стикі не досягає температури плавлення сталі, рідка фаза не утворюється, а зварне з'єднання формується у твердій фазі. Вважається, що процес ЕКПД – різновид зварювання тиском, тобто зварювання ведеться із застосуванням середньоінтенсивного силового впливу.

Лише В.А. Дубровський рекомендує вести процес ЕКПД на режимах, при яких відбувається часткове підплавлення з'єднуваних матеріалів [18; 21; 22]. Але і в цьому випадку рідка фаза витискується зі стиків, тому безпосередньо з'єднання формується без рідкої фази. Тієї ж думки про фізичну природу з'єднання металів у твердій фазі при ЕКПД дотримуються і в ННЦ ІМЕСГ. На підтвердження сказаного на рис. 2.2. наводиться фотографія структури зони зварного з'єднання, утвореного при приварюванні на осінову зі сталі 45 ГОСТ 1050-88 дроту ПК-2 ГОСТ 9389-75.



Рис. 2.2 Мікроструктура зони з'єднання покриття з дроту ПК-2 зі сталлю 45 (хТ20)

Хімічний оклад дроту вибрали сталь 65Г. Був обраний такий режим приварювання: діаметр дроту 1,8 мм; зварювальний струм $I = 2,7$ кА; зусилля стиснення ролик-електроду $F = 1,5$ кН та імпульси струму $t_i = 0,04$ с. Видно, що контакт основного та навареного металів має чітко орієнтовану межу, відсутні плямки оплавленого металу, які неминуче спостерігаються в зоні зварного з'єднання при точковому або шовному зварюванні.

При з'єднанні металів у твердій фазі вказують наступні основні етапи утворення металевих зв'язків між поверхнями, що сполучаються:

- 1) Утворення в контактні з'єднаних металів фізичного контакту.
- 2) Утворення на поверхнях контактів активних центрів.
- 3) Об'ємна взаємодія в стику з'єднаних металів.

Ці ж три стадії відбуваються і при ЕКПД сталевих дротів. Однак процес в цьому випадку має особливості і специфіку. Ці особливості кінетики формування зварного з'єднання при ЕКПД розглянуті в роботах [17; 32; 36].

Перший етап процесу починається до включення електричного струму.

Під дією зусилля інструменту мнуть мікронерівності контактуючих поверхонь, атоми з'єднаних металів зближуються. У цих найбільш деформованих ділянках контакту і виникає перша взаємодія, обумовлена силами Ван-дер-Ваальса.

Площі ділянки фізичного контакту різко збільшуються, при проходженні струму і нагріванні з'єднуються. Вже через $1/5 \dots 1/4$ часу її проходження імпульсу струму присадний метал нагрівається до пластичних станів і осаджується з великою швидкістю. Пластична деформація сприяє виходу дислокацій на контактні поверхні металів, що сполучаються.

Далі відбувається об'ємна взаємодія з'єднання частин і утворення спільного електронного поля з встановленням металевих зв'язків. На третій стадії процесу утворення з'єднання в міру осадження збільшуються як площі контактів, так і тепловідвід через них, в осередку деформації встановлюється теплова рівновага. Висока швидкість охолодження і пластична деформація металу присадки сприяють формуванню міцної і твердої структури металопокриття.

З точки зору формування міцного і пластичного з'єднання краще, якщо в стику з'єднання утворюються загальні зерна. В результаті кожного термомеханічного циклу на поверхню деталі наварюється одинична ділянка металопокриття. Геометрія такої ділянки достатньо складна і буде розглянута нижче. У деяких випадках спрощено одиничну ділянку представляють у формі прямокутного паралелепіпеда. Висота такої геометричної

фігури, показаної на рис. 2.3., дорівнює середній товщині металопокриття δ , довжина дорівнює добутку окружної швидкості обертання деталі v на тривалість проходження одного циклу струму t_{ED} . Шириною b такої одиничної ділянки буде крок приварки S .

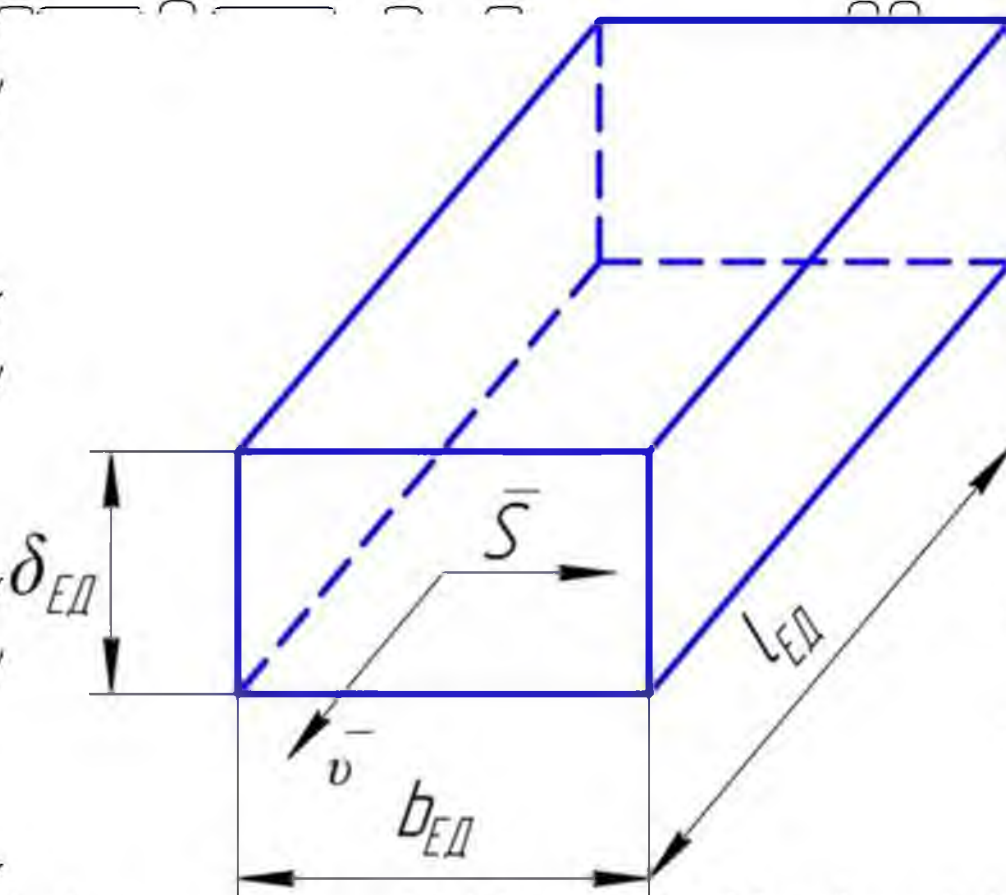


Рис. 2.3. Одинична ділянка металопокриття, представлена в формі прямокутного паралелепіпеда

При формуванні зварного з'єднання в твердій фазі, міцність з'єднання приварюваних поверхонь залежить від інтенсивності деформаційних процесів в їх стикі. Зростання міцності формованого металопокриття описується в домім виразом:

$$d\bar{\sigma} / dt = S \cdot \varepsilon(t) / L \cdot b \quad (2.1)$$

де $\bar{\sigma}$ – безрозмірна (відносна) міцність зварного з'єднання, що дорівнює відношенню міцності σ приварки покриття на конкретному технологічному режимі до максимально досяжної міцності металу вала σ_{max} , яка характеризується межею міцності на розрив;

S – площа одного активного центру, м²;

$\dot{\epsilon}(t)$ – швидкість деформації, с⁻¹;

$L=1/\sqrt{\rho}$ – відстань між дислокаціями, м;

ρ – середня щільність дислокацій, м⁻²;

b – модуль вектора Бюргерса, м.

Швидкість зростання міцності металопокриття характеризується рівнянням (2.1.), яке застосовується також при дослідженнях інших технологічних процесів зварювання в твердій фазі. Тільки дане рівняння

математично не інтегрується з цілого ряду причин. Перш за все, в літературі відсутні значення параметрів S , L , b з різних видів матеріалів. Невідомі початкові умови для інтегрування. Тому необхідні для подальших досліджень процесу ЕКПД співвідношення між величиною пластичної деформації ϵ і міцністю зчеплення $\bar{\sigma}$ при зварюванні в твердій фазі практично завжди визначають експериментально.

У роботах Ю.В. Клименко, Е.С. Каракозова, Р.А. Латипова [33; 34; 37] наведені експериментальні дані по визначенню міцності зварного з'єднання, отриманого при ЕКПД. Досліджувалася міцність приварки покриття в залежності від радіальної деформації дроту.

Параметром для контролю міцності формованого металопокриття, використовувати осьову пластичну деформацію дроту ϵ_z , замість радіальної, було запропоновано в ННЦ ІМЕСГ, яка визначається як:

$$\epsilon_z = \frac{L_B - L_{ПР}}{L_{ПР}} \quad (2.2.)$$

де $L_{\text{пр}}$ – довжина нанесеного на вал зварного валика;

$L_{\text{др}}$ – довжина дроту, витраченого на наварку цього валика.

Відносна осьова деформація присадного дроту ε_z може бути визначена після приварки присадного дроту на конкретному досліджуваному режимі.

Такий методичний підхід до вибору параметра деформації в даний час є загальноприйнятим.

Експериментально встановлені, зображені на рисунку 2.4 залежності між міцністю зчеплення σ і осьовою деформацією дроту ε_z .

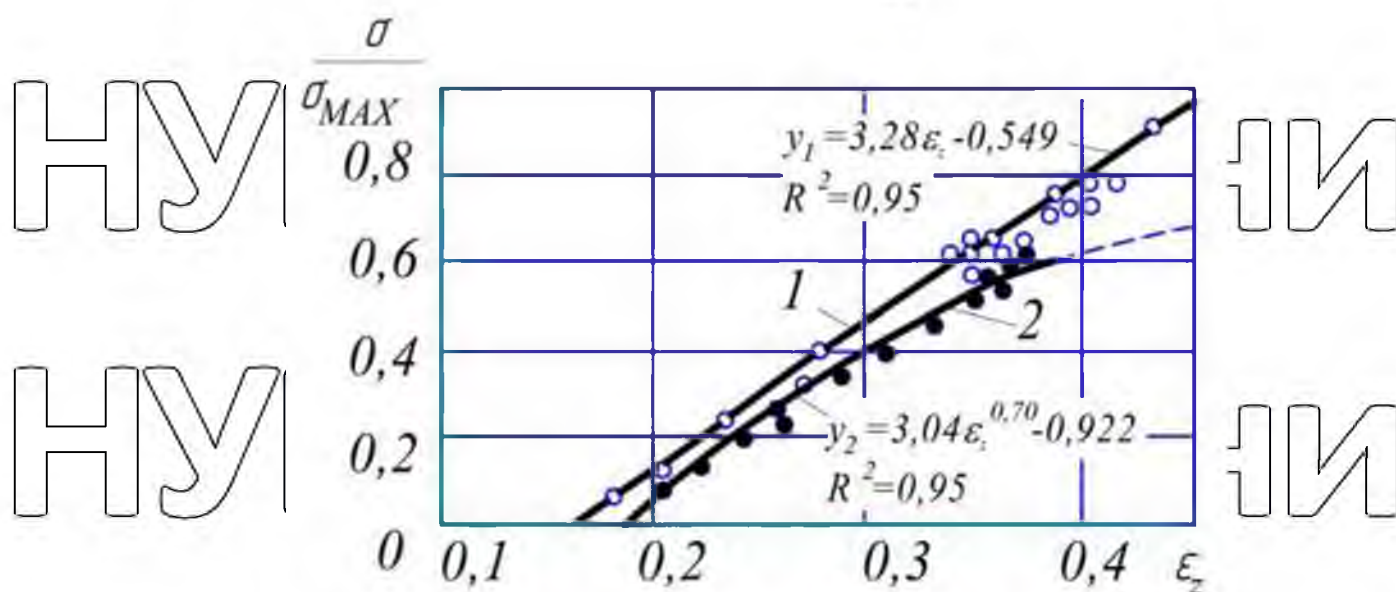


Рис. 2.4. Залежності міцності зчеплення металопокриття з основою від осьової деформації присадного дроту.

1 – вуглецеві сталі; 2 – сталь 30 ХГСА

Математично рівняння зв'язків мають вигляд:

для вуглецевих сталей

$$\sigma = 3,28\varepsilon_z - 0,549 \quad (2.3)$$

для сталі 30 ХГСА

$$\sigma = 3,04\varepsilon_z^{0,70} - 0,922 \quad (2.4)$$

Вважається, що максимально досяжна осьова деформація присадного дроту становить 44...46%, при більшому нагріванні присадний метал починає перегріватися і плавитися.

При значенні $\varepsilon_z = 44,0...46,0$ зварне з'єднання є рівномірним основному металу деталі [6; 7; 42]. На основі встановлених взаємозв'язків розроблений оперативний неруйнівний метод визначення міцності зчеплення при ЕКПД.

2.2. Аналітичне визначення параметрів процесу ЕКПД

2.2.1. Складання розрахункової схеми

Схема приварювання. У ННЦ ІМЕСГ запропоновано відновлювати деталі одночасним приварюванням на циліндричну поверхню по гвинтовій лінії одночасно двох присадних дротів, які торкаються один одного твірними, одним ролик-електродом відповідно до технологічної схеми на рис. 2.17.

Два присадних дроти 1, що торкаються один одного твірними, затягуються між деталлю 2, закріпленою в кулачках 3 патрону наплавлювальної установки, і інструментом – ролик-електродом 4. По гвинтовій лінії приварюються присадні дроти 1, формується суцільне металопокриття 5.

Запропонований технологічний процес практично в 2 рази продуктивніше за однозахідне однодротове приварювання за схемою на рис. 2.5.

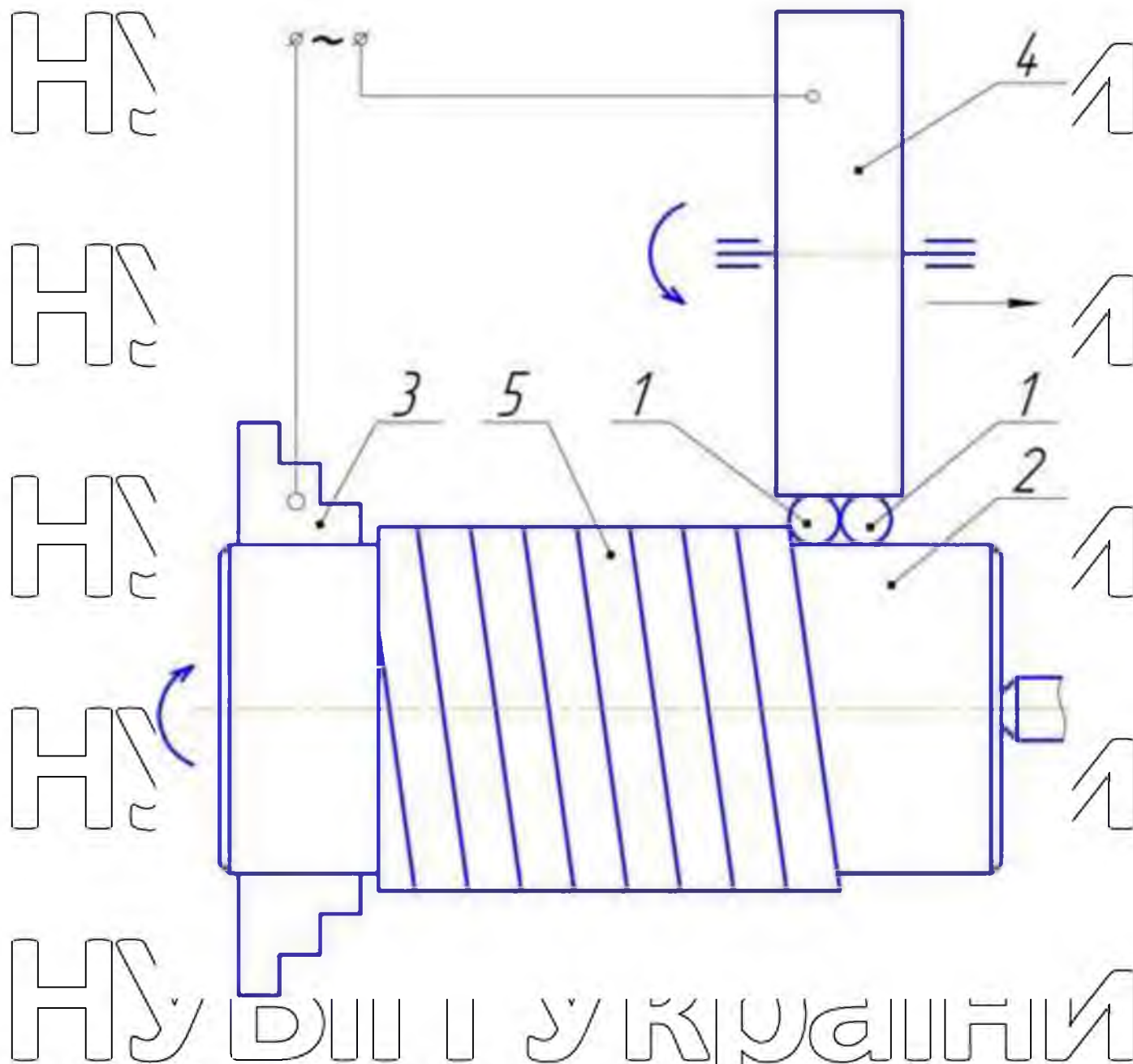


Рис. 2.5. Відновлення валів контактним приварюванням одночасно двох сталевих дротів одним ролик-електродом.

1 – присадні дроти; 2 – деталь; 3 – кулачки патрона наплавлювальної установки; 4 – ролик-електрод; 5 – металопокриття

На рисунку 2.6 показано форму контактів, що утворюються після осадження дротів між присадним металом та поверхнями деталі та інструменту.

За фотографіями на рисунках 2.6 а, б видно, що верхній і нижній контакти окреслюються двома фігурами у формі напіввиплисків, які перекривають одна одну по ширині

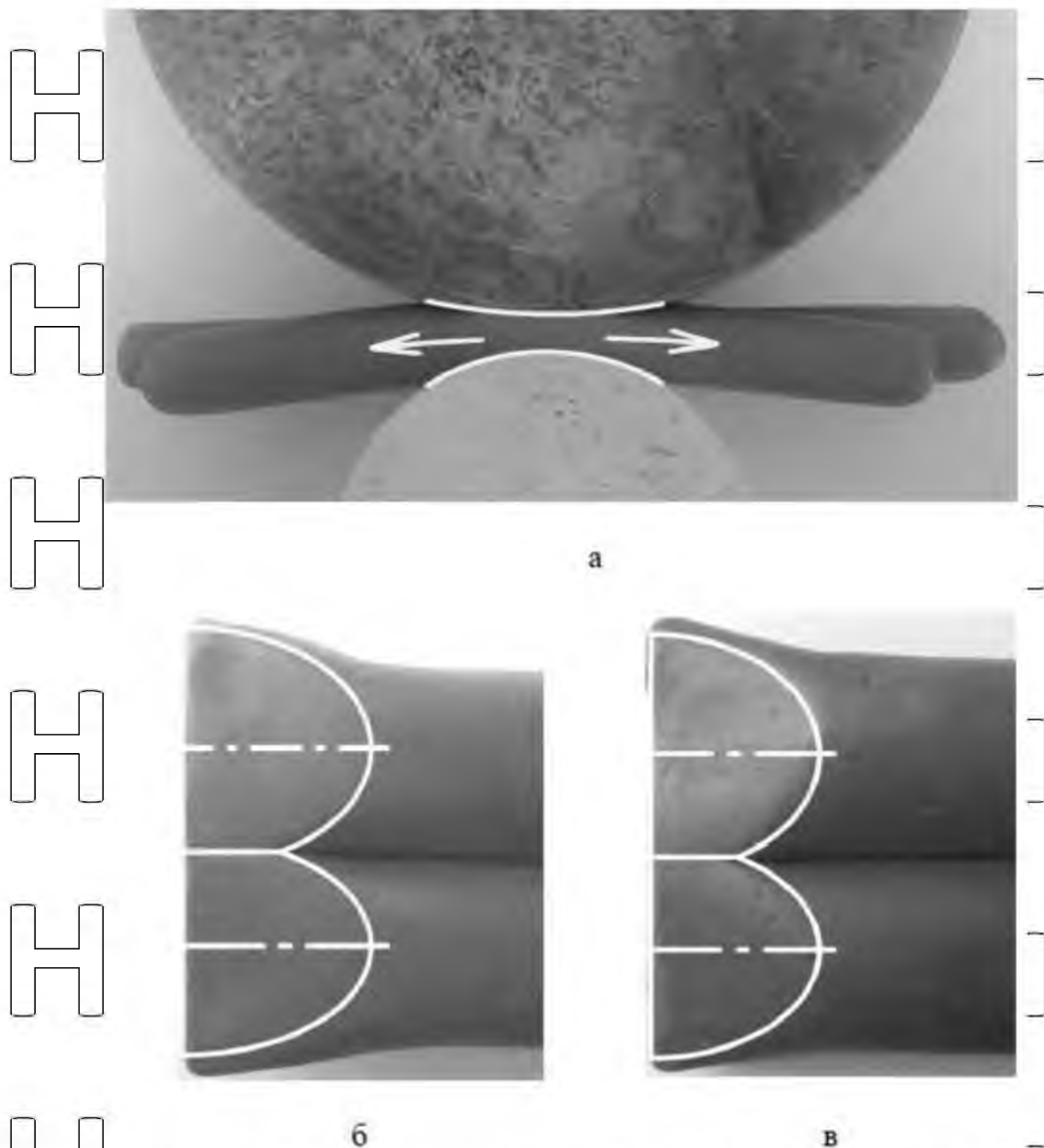


Рис. 2.6. Контактні ділянки присадного металу з інструментом і деталлю

а – осадження пластичної моделі в радіальному напрямку; б – контакт з інструментом; в – контакт з валом

Складання розрахункової схеми. Розгортка симетричної відносно осі z здвоєної контактної ділянки показана на рисунку 2.7. Великі півосі еліптичних фігур позначені як L , малі як b , ширина здвоєного зварного шва позначена як B , перекриття суміжних частин здвоєного зварного шва Π . Дві контурні еліптичні лінії перетинаються в точці Π з ординатою z_{Π} .

АксонOMETричне креслення утвореної здвоєної одиничної ділянки металопокриття зображене на рис. 2.8. У одиничній ділянки метало-покриття

виділена задана центральними кутами α_1 і α_2 елементарна призма розмірами E · f · dz .

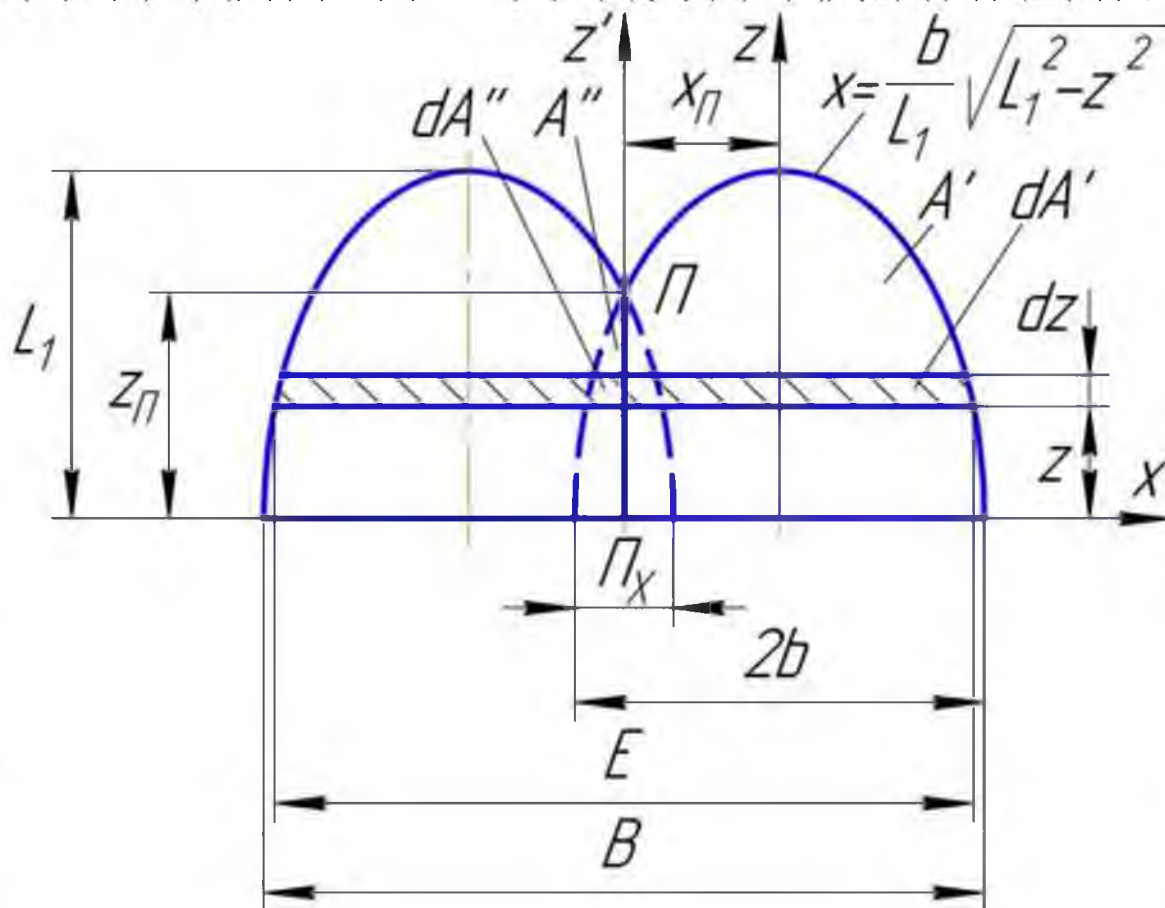


Рис. 2.7. Розгортка контакту присадних дровів з поверхнею деталі

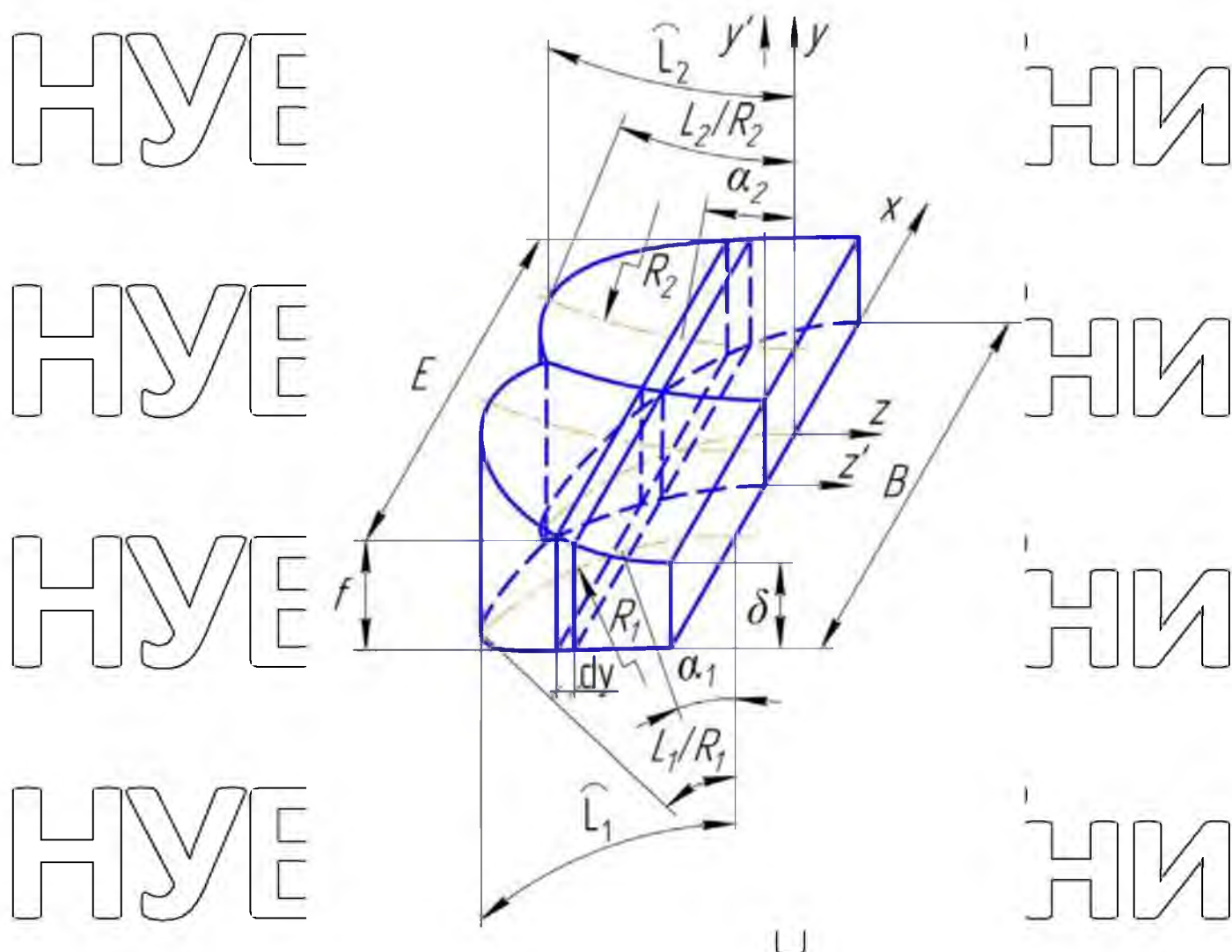


Рис. 2.8. Єдина ділянка металопокриття при формуванні зведеного зварного шва

2.2.2. Визначення геометричних розмірів контактів і одиничних ділянок металопокриття

Дослідженню геометрії зведеного зварного шва, контактів і одиничної ділянки металопокриття присвячені роботи [25].

Геометрія зварного шва характеризується його довжиною L_B , висотою δ , шириною B .

Довжина шва (валика) може бути зміряна після приварки дротів на деталь, а відносно осьову деформацію присадних дротів характеризують параметром ε_{L_2} , що визначаються за залежністю (2.2)

Висота зварного шва (товщина металопокриття) обчислюється за формулою:

$$\delta = \frac{\pi \cdot d^2}{4S(1 + \varepsilon_z)} \quad (2.5)$$

Ширина зварного шва або вимірюється після приварки присадки на досліджуваному режимі ЕКПД, або обчислюється за отриманими емпіричними співвідношеннями.

Були проведені експерименти. На вали різного діаметру D_1 , застосовуючи інструмент діаметром $D_2 = 300$ мм, приварювали один дріт або одночасно два дроти різних діаметрів d 1,6, 1,8 і 2,2 мм. Режим ЕКПД кожен раз вибирався оптимальним, відповідним показнику осьової деформації $\varepsilon_z = 44,0 \dots 46,0$. Після приварювання одного дроту вимірювали ширину шва $2b$, після приварки двох дротів ширину B .

Обчислювали коефіцієнт перекриття спарених присадних дротів за їх шириною

$$K_x = \frac{2\pi_x}{2b} = \frac{4b + B}{2b} = 2 + \frac{B}{2b} \quad (2.6)$$

Результати дослідів показані у вигляді графіків на рис. 2.9.

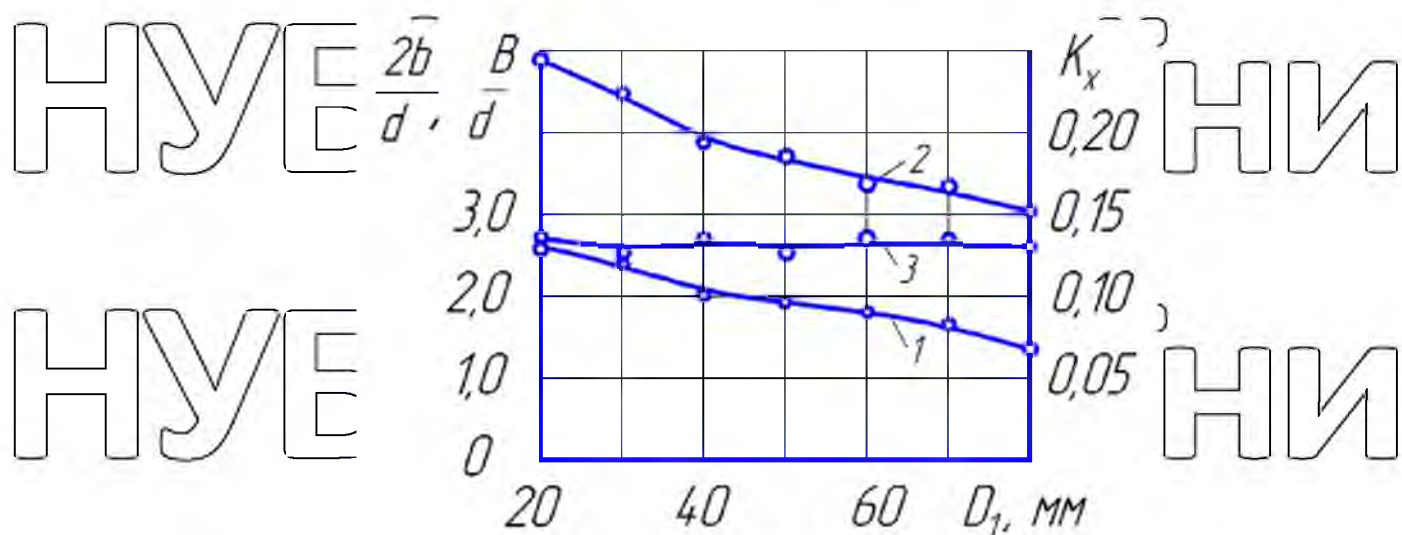


Рис. 2.9. Експериментальні значення показників поперечної деформації присадних дротів при ЕКПД валів різних діаметрів (при $\varepsilon_z = 45,0 \dots 47,0$; $D_2 = 300$ мм)

1 – відносна ширина одиночного зварного валика $2b/d$; 2 – відносна ширина зведеного валика B/d ; 3 – коефіцієнт перекриття зведеного валика K_x

Аналізуючи отримані результати, можна зробити наступні висновки: при приварці дроту на вал більшого діаметру, відбувається зменшення відносних значень ширини одиночного $2b/d$ і зведеного B/d зварних валиків. Значення цих параметрів виражаються залежностями:

$$\frac{2b}{d} = -0.723 \ln(D_1) + 4,79; \frac{B}{d} = -1.341 \ln(D_1) + 8,92 \quad (2.7.)$$

Також встановлено (графік 3 на рис. 2.21.), що безрозмірний коефіцієнт перекриття K_x незначно змінюється в межах 0,12 ... 0,14, тому в подальших розрахунках ми прийняли його постійним.

Розберемо геометрію одичної ділянки металопокриття і контактів. Додатково визначасмо: довжини контактних дуг $L_{1,2}$, площі контактів A_1 і A_2 . Користуємося складеними схемами на рисунках 2.7, 2.8.

Визначимо координати точки Π перетину еліптичних ліній контуру контакту:

$$x_{\Pi} = \Pi_c - b; z_{\Pi} = \frac{L_1}{b} \sqrt{b^2 - x_{\Pi}^2} \quad (2.8.)$$

У разі рівноваги присадного металу, що знаходиться між деталлю і інструментом, проекції контактів на горизонтальну площину xz між собою рівні.

При великих значеннях пластичної деформації присадного металу поперечні розміри контактів B з їх двох сторін практично рівні між собою. При $B_1 = B_2 = B$ є рівними між собою і проекції контактних дуг на вісь z :

$$\Pi_x L_1 = \Pi_x L_2, R_1 \cdot \sin(L_1 / R_1) = R_2 \cdot \sin(L_2 / R_2) \quad (2.9.)$$

Площі контактів присадного металу з деталлю і роликком-електродом визначаємо наступним чином.

Для визначення площі A від площі A' під еліптичною кривою віднімаємо площу A'' криволінійного трикутника

$$A = A' - A'' \quad (2.10.)$$

Площі A' і A'' визначимо інтеграцією. Користуємося розрахунковою схемою на рис. 2.7.
Повна площа цієї фігури дорівнює

$$A' = \int_0^{L_1} dx = \int_0^{L_1/R_1} \left(\frac{b \cdot R_1}{L_1} \sqrt{L_1^2 - (R_1 \cdot \alpha_1)^2} \right) \cdot d\alpha_1 \quad (2.11.)$$

Ширина виділеної (видокремленої) елементарної ділянки криволінійного трикутника дорівнює $x - (b - \Pi_x)$, площа виділеного (виокремленого) елемента

$$dA'' = (x - b + \Pi_x) \cdot dz$$

Повна площа відсіченої частини контактної ділянки (зліва від осі симетрії y на рис. 2.7.) дорівнює

$$A'' = R_1 \cdot \int_0^{z_n/R_1} \left(\frac{b}{L_1} \sqrt{L_1^2 - (R_1 \cdot \alpha)^2} - b + \Pi_x \right) \cdot d\alpha_1 \quad (2.12.)$$

Таким чином, повна площа контакту присадного металу з валом дорівнює

$$2A_1 = 4 \frac{b \cdot R_1^2}{L_1} \int_0^{L_1/R_1} \sqrt{(L_1/R_1)^2 - \alpha_1^2} \cdot d\alpha_1 - 2 \cdot R_1 \cdot \int_0^{z_n/R_1} \left(\frac{b \cdot R_1}{L_1} \sqrt{(L_1/R_1)^2 - \alpha_1^2} - b + \Pi_x \right) \cdot d\alpha_1 \quad (2.13.)$$

Аналогічно визначаємо площу контакту з роликком-електродом

$$2A_1 = 4 \frac{b \cdot R_2^2}{L_1} \int_0^{L_2/R_2} \sqrt{(L_2/R_2)^2 - \alpha_2^2} \cdot d\alpha_2 - 2 \cdot R_2 \cdot \int_0^{z_n/R_2} \left(\frac{b \cdot R_2}{L_2} \sqrt{(L_2/R_2)^2 - \alpha_2^2} - b + \Pi_x \right) \cdot d\alpha_2 \quad (2.14.)$$

НУБІП УКРАЇНИ

2.2.3 Напружений стан звадної-одиничної ділянки металопокриття

Розглянемо напружений стан одиничної ділянки металопокриття зображеної на рис. 2.8. Для цього в об'ємі одиничної ділянки металопокриття виділимо (виокремимо) елементарну призму, зображену на рис. 2.10.

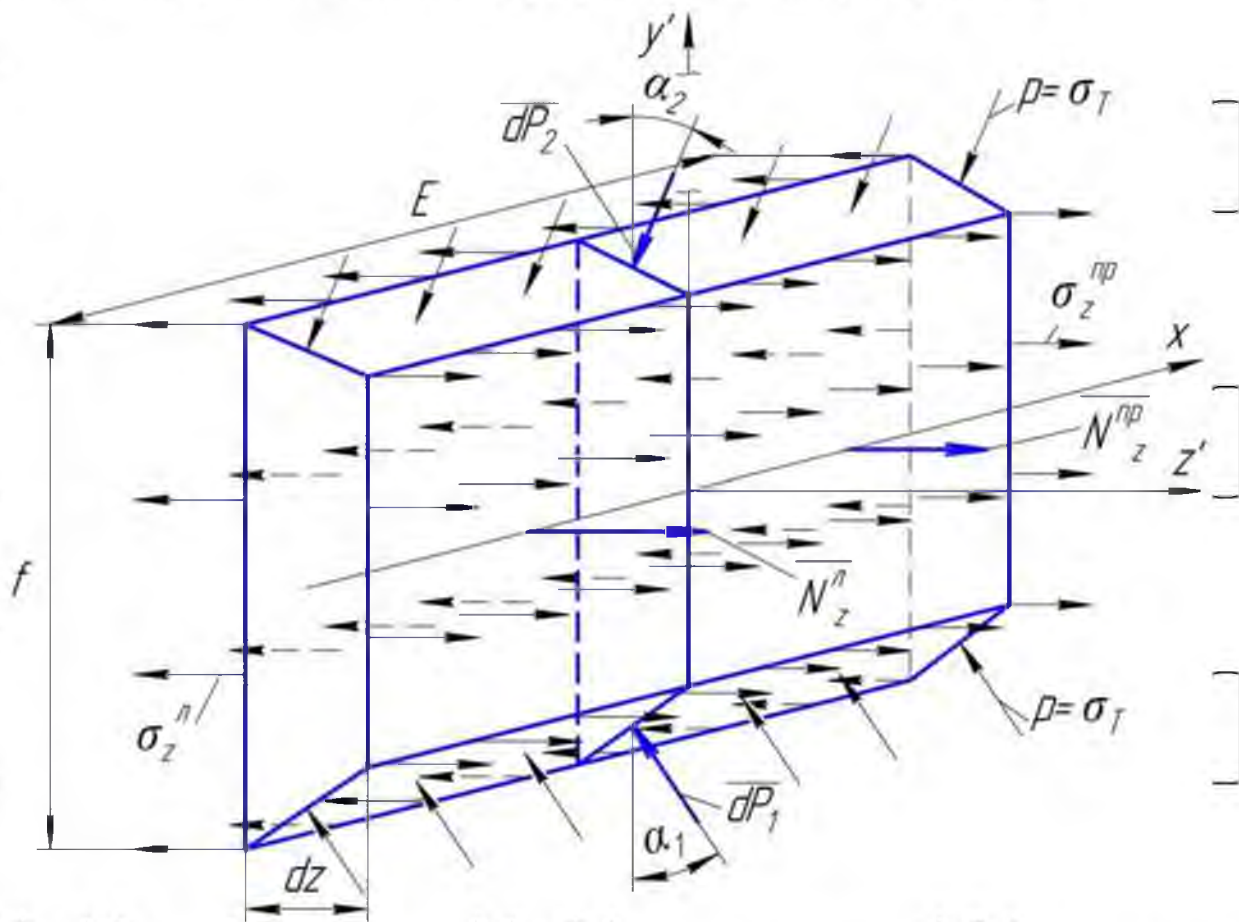


Рис. 2.10. Напружений стан елементарної призми, виділеної в об'ємі одиничної ділянки металопокриття.

Площа перетину присадного металу одиничної ділянки (площа правої і лівої граней елементарної призми на рисунку 2.10), виконаного в межах $0 \leq \alpha_1 \leq z/l/R_1$, дорівнює:

$$A(\alpha) = E \cdot f = \left[\frac{b}{L_1} \cdot \sqrt{L_1^2 - R_1^2 \cdot \alpha_1^2} + b(1 - K_x) \right] \cdot \left(R_1 - R_2 + \delta - R_1 \cdot \cos \alpha_1 - \sqrt{R_2^2 - R_1^2 \cdot \sin^2 \alpha_1} \right) \quad (2.15)$$

По верхній і нижній гранях елементарної призми з боку деталі та інструменту діє тиск, що дорівнює межі текучості розгрітого металу дровів $p = \sigma_T$. Внаслідок дії зусиль dP_1 і dP_2 відповідно з боку деталі та з боку інструменту елементарна призма піддається стисненню по осі y і розтягненню по осі z .

Значення розтягуючих сил від деталі та від ролика-електрода рівні:

$$N_{1z}(\alpha_1) = 2\sigma_T \cdot b \cdot R_1 \cdot \left[\frac{2}{L_1} \cdot \int_{\alpha_1}^{L_1/R_1} \sqrt{L_1^2 - R_1^2 \cdot \alpha_1^2} \cdot \sin \alpha_1 \cdot d\alpha_1 - \right. \quad (2.16.)$$

$$\left. - \frac{1}{L_1} \cdot \int_{\alpha_1}^{z_n/R_1} \sqrt{L_1^2 - R_1^2 \cdot \alpha_1^2} \cdot \sin \alpha_1 \cdot d\alpha_1 + (1 - K_x) \cdot \left(\cos\left(\frac{z_n}{R_1}\right) - \cos \alpha_1 \right) \right],$$

$$N_{2z}(\alpha_2) = 2\sigma_T \cdot b \cdot R_2 \cdot \left[\frac{1}{L_2} \cdot \int_{\alpha_2}^{L_2/R_2} \sqrt{L_2^2 - R_2^2 \cdot \alpha_2^2} \cdot \sin \alpha_2 \cdot d\alpha_2 - \right. \quad (2.17.)$$

$$\left. + (1 - K_x) \cdot \left(\cos\left(\frac{z_n}{R_2}\right) - \cos \alpha_2 \right) \right].$$

У тому випадку, якщо на кожний з дровів діє доданкова сила F_P , результуюча сила, що розтягує, дорівнює в перерізі, заданому кутами α_1 і α_2 , дорівнює

$$N_z = N_{1z}(\alpha_1) + N_{2z}(\alpha_2) + F_P \quad (2.18.)$$

Вважаємо, що розтягучі напруги розподілені по перетину одиничної ділянки рівномірно і визначаємо їх величину за формулою

$$\sigma_z(\alpha_1) = \frac{N_z}{A(\alpha_1)} \quad (2.19.)$$

Розмір z_{zv} зони утворення зварного з'єднання при дводротовому приварюванні визначається аналогічно однодротовому процесу. На (рис. 2.11. а) показаний графік розподілу розтягуючих напруг σ_z по довжині контактної дуги. Зварне з'єднання утворюється на нижній найбільш деформованій частині контакту (рис. 2.11. б.), на якій обчислені за залежністю (2.19.) діючі напруги перевищують межу текучості розігрітого до пластичного стану металу присадки.

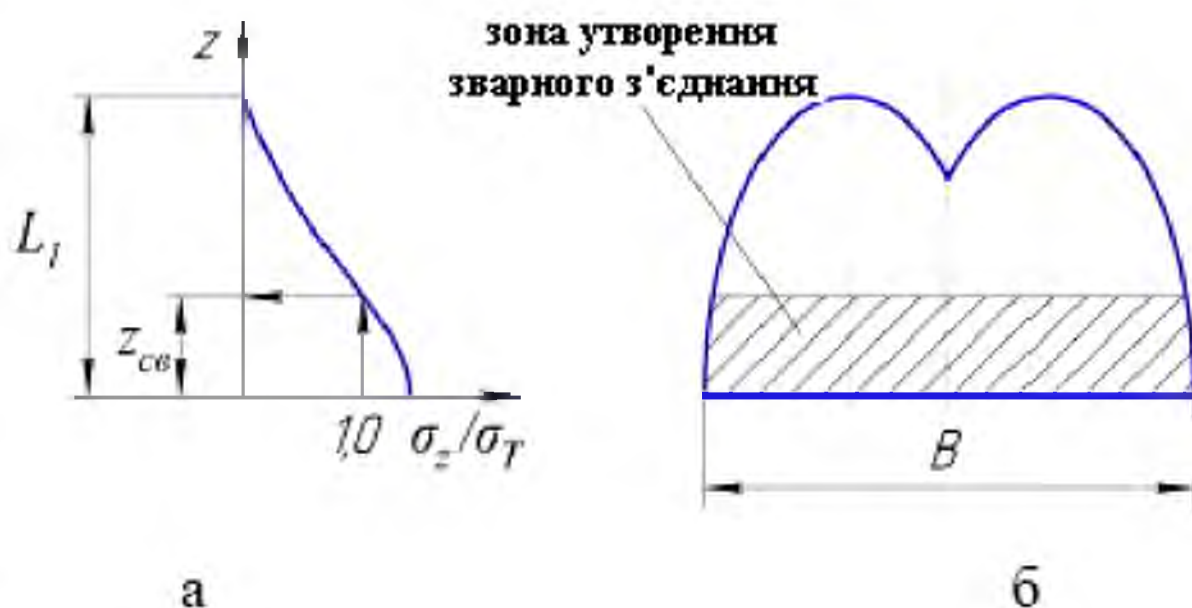


Рис. 2.11. Визначення розміру зони формування зварного з'єднання в межах контактної дуги

а – графік розподілу розтягуючих напруг σ_z по дузі контакту; б – зона утворення зварного з'єднання

Для формування на відновлюваній поверхні суцільного металопокриття без непроварів, швидкість приварювання u і крок приварювання S здноного зварного шва по твіндрівній лінії необхідно вибирати за умови перекриття зон утворення зварного з'єднання по їх довжині та ширині, як показано на рис. 2.12.

НУБІП України

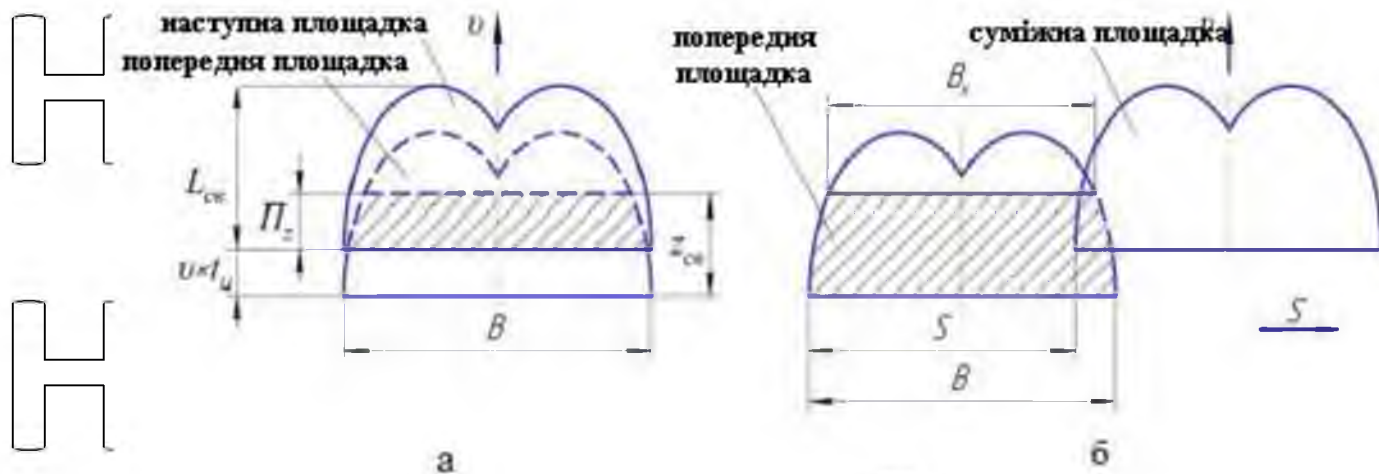


Рис. 2.12. Перекриття зон утворення зварного з'єднання:

а – перекриття зон по довжині зварного валика; б – перекриття зон по ширині

Безрозмірні коефіцієнти перекриття можна обчислити за формулами.

$$K_z = \frac{\Pi_z}{z_{св}} = \frac{z_{св} - v \cdot t_{ц}}{2b} = 1 - \frac{v_0 \cdot t_{ц}}{z_{св}}, \quad (2.20.)$$

$$K_x = \frac{B - S}{B} = 1 - \frac{S}{B}, \quad (2.21.)$$

Найбільш структурно однорідне металопокриття виходить при збігу коефіцієнтів перекриття K_x і K_z . Оптимальне значення коефіцієнта K_x визначається експериментально.

2.2.4. Вплив додаткового розтягування присадних дротів на параметри зварного з'єднання

Додатково розтягуючи присадні дроти силою F_F , можна змінити напружений стан присадного металу, який знаходиться в пластичному стані,

збільшити до 40% подовження присадки в порівнянні з приварюванням

нерозтягнутого дроту, збільшити розмір зони формування зварного з'єднання,

підвищити відповідно до розміру зони $z_{св}$ продуктивність процесу відновлення

Практично завжди при приварюванні розтягнутого дроту відсутні міжвитков

непровари. Є всі підстави очікувати такого ж сприятливого технічного ефекту і в разі дводрогового технологічного процесу.

Можливі такі три варіанти здійснення технологічного процесу: 1) без додаткового осьового розтягування присадних дротів, 2) з розтягуванням обох дротів, 3) з додатковим розтягуванням тільки одного з двох дротів.

Розберемо ці перераховані варіанти.

1) Максимально досяжна без перегріву присадного металу, осьова деформація присадного дроту $\varepsilon_z = 44,0...46,0$ дозволяє формувати зварне з'єднання міцністю, що дорівнює міцності основного металу деталі. Такого

результату цілком можна домогтися правильним вибором параметрів режиму ЕКПД. У більшості випадків при раціональних режимах ЕКПД непроварів в стиках здвоєних зварних валиків не буває. Виняток можуть становити лише

леговані сталі що важко зварюються. Однак при дводроговому приварюванні

обидва дроти деформуються спільно і однаково. У деяких випадках недостатньо відносний рух в місці їх торкання може привести до непровару в цій зоні зварного шва. Непровар в місці стику двох суміжних дротів, що спостерігається на фотографії 2.13 а, може виникнути і в тому випадку, якщо обидва дроти розтягувати з однаковими зусиллями.



а

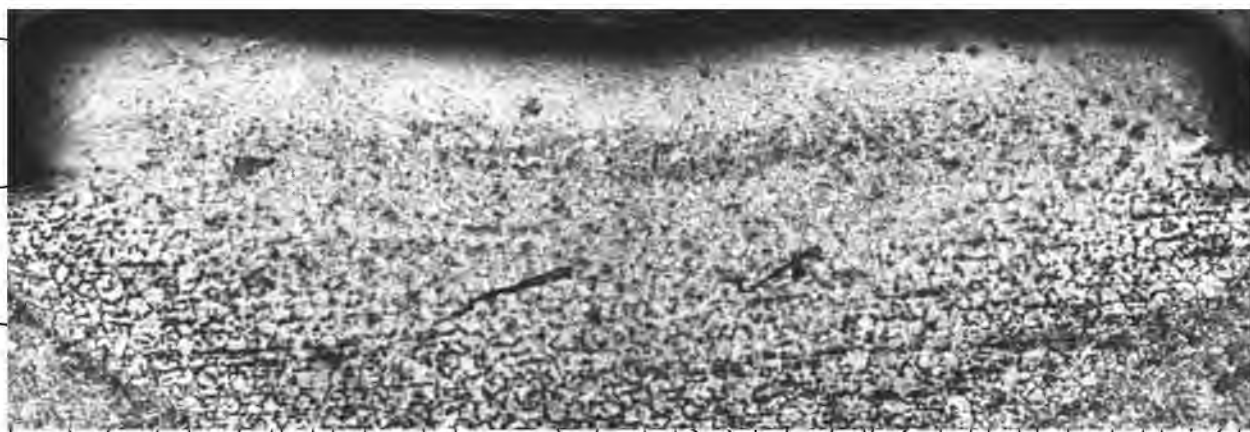


Рис. 2.13. Структура зведеного зварного валика

а – приварювання двох дротів, розтягнутих з однаковими зусиллями; б – приварювання дротів, розтягнутих з різними зусиллями

2) Якщо парні дроти при приварюванні додатково розтягувати з однаковими силами, то це призведе, як і при приварюванні одного розтягнутого дроту, до збільшення їх осьових подовжень на 38 ... 40% у порівнянні з приварюванням без додаткового розтягування. Підвищена деформація дозволяє усунути можливість виникнення непроварів в стикі суміжних зварних валиків навіть при застосуванні легованих матеріалів. Однак непровар в стикі двох частин зведеного зварного шва таким технологічним прийомом усунути не вдасться.

Як видно з графіка на рис. 2.4., мінімальне (порогове) значення відносного подовження дроту, при якому починає формуватися з'єднання в твердій фазі становить 0,15 ... 0,17. Надійне з'єднання в стикі двох парних дротів буде утворюватися в тому випадку, якщо різниця їх подовжень буде не нижче вказаного значення. Домогтися цього можна в тому випадку, коли обидва дроти будуть розтягуватися з різними зусиллями. Одночасно необхідно стежити за тим, щоб уникнути утворення тріщин у зварному шві, більш розтягнутий з присадних дротів не навантажувати більше зазначеного в табл. 2.1. значення. Розтягувати дрот діаметром 1,8 мм зусиллям F_p більше 60 ... 70 Н не рекомендується.

3) Натяг лише одного з двох присадних дротів дозволяє в переважній більшості випадків усунути недолік розглянутого технологічного процесу

непровар в стику двох частин зварного шва. Однак при цьому варіанті приварювання швидкість обертання валу вибирається за умовами формування з'єднання нерозтягнутого дроту. Тому продуктивність процесу відновлення в даному випадку не збільшується, вона така ж, як і в разі приварювання за основною технологічною схемою.

При правильному виборі технологічних режимів ЕКСПД третього варіанту є можливість формування суцільного металопокриття без непроварів по всій відновлюваній шийці валу.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ ВІДНОВЛЕННЯ ЗНОШЕНИХ ВАЛІВ

3.1. Загальні рекомендації з проектування технологічних процесів відновлення валів сільськогосподарської техніки ЕКПД

На підставі проведених теоретичних та експериментальних досліджень складені рекомендації з проектування технологічних процесів відновлення валів використовуваної в АПК техніки електроконтактним приварюванням двох розтягнутих присадних дротів. Галузь застосування. Розглянутий спосіб рекомендується застосовувати для відновлення великої номенклатури працюючих на знос деталей з конструкційних і легованих сталей. Фотографії деталей, що реставруються, показані на рис. 3.1



Рис. 3.1. Номенклатура відновлюваних деталей сільськогосподарської техніки

Технологічний процес може застосовуватися при реставрації валів, що експлуатуються при знакозмінних навантаженнях. Винятком є важко навантажені колінчасті вали, спроектовані без великого запасу за втомною міцністю. В цьому випадку спосіб ЕКПД, який знижує на 15 ... 20% втомну міцність відновлених валів, можна застосовувати лише в поєднанні з додатковими зміцнюючими операціями, такими, як поверхневопластичне деформування, гартування ТВЧ, електромеханічне зміцнення і т. д. [26].

Спосіб найбільш ефективний для відновлення поверхонь діаметрами до 80 – 100 мм і зносу до 0,5 мм на сторону. При великих зносах можна здійснювати багат шарове приварювання [27].

Устаткування. Процес ЕКПД зовнішніх циліндричних поверхонь можна здійснювати на установках електроконтактного напівлевення 011-1-02, 011-1-02Н, 011-1-05, 011-1-07 та ін. конструкції ГОСНИТИ. У дослідно-виробничій ділянці ННЦ ІМЕСГ приварка дротів здійснюється на установці 011-1-02. У табл. 3.1 наведені її технічні характеристики.

Таблиця 3.1.

Технічні характеристики установки 011-1-02

№ п.п.	Параметр	Значення	Одиниця вимірювання
1	Потужність зварювального трансформатора	72	кВт
2	Межі регулювання режимів приварювання:		
	тривалість імпульсів струму	0,02... 6,0	с
	тривалість пауз	0,02... 20,0	с
	зварювальний струм	2,0... 20,0	кА
3	Діаметр деталі, що відновлюється:		
	мінімальний	20	мм
	максимальний	200	мм

Для безступінчатого регулювання частоти обертання шпинделя електродвигун серійної установки рекомендується замінити на двигун постійного струму. Крім того, для підведення і пригальмовування присадних дротів необхідно виготовити нескладне пристосування, показане на рис. 3.2., 3.3.

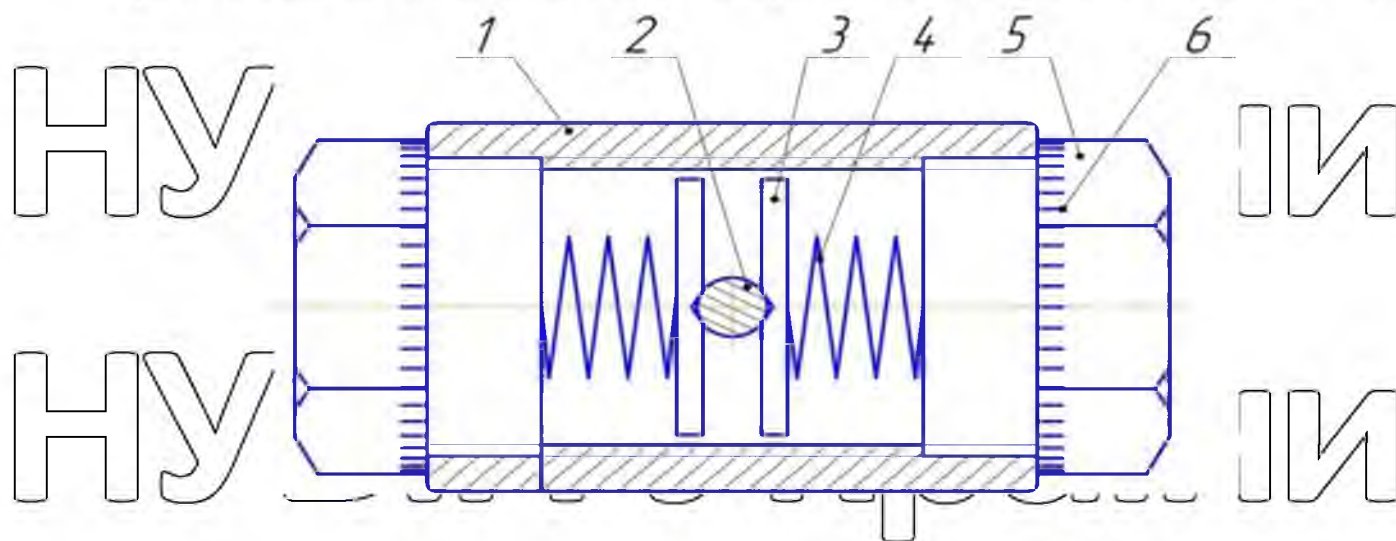


Рис. 3.2. Пристрій для розтягування дротів:

1 – корпус; 2 – присадний дріт; 3 – пластини; 4 – притискові дужини; 5 – болти; 6 – тарувальні поділки



Рис. 3.3. Процес ЕКШ двох розтягнутих проволон

Установка ЕКПШ може бути виготовлена у виробничих умовах з вживаних токарних верстатів або з машини для шовного зварювання.

У ННЦ ІМЕСГ спроектована і виготовлена блочно-модульна установка електроконтактного наплавлення нового покоління, на якій можна приварювати всі види присадних матеріалів – стрічки, дроту, порошки і т.д.

Вибір присадних дротів. Найбільш міцне і якісне металопокриття утворюється в тому випадку, якщо хімічні склади основного металу деталі і присадки збігаються або близькі. У першому розділі було показано, що більшість валів використовуваної в АПК техніки виготовляються з конструкційних сталей.

Для їх відновлення застосовуються присадні дроту Нп-50, Нп-65, Нп-80 ГОСТ 10543-98 з вуглецевих сталей. Однак найбільш доступною і недорогою є ІК-2 ГОСТ 9389-75, призначена для виготовлення різноманітних пружин. Дріт ІК-2 виготовляється з гартованих на високу твердість сталей 65 або 65Г, рекомендується нами для відновлення широкої номенклатури деталей.

Для відновлення валів, виготовлених з легированих сталей, підбираються присадні дроти подібні за хімічним складом: 40Х, 50ХФА, 30ХГСА і ін.

Діаметр дроту підбирається в залежності від зносу відновлюваної поверхні. Найбільш часто застосовуються дроти діаметром 1,8 мм, з яких наварюєш шар товщиною 0,45 – 0,70 мм. Мінімальна величина припуску при подальшій механічній обробці поверхні становить 0,15 – 0,2 мм на сторону. Товщина залишків після шліфування шару дорівнює 0,25 – 0,45 мм на сторону.

Як показано в розділі 1, знос більшості валів сільськогосподарського призначення не вище 0,25 – 0,30 мм на сторону. Тому, застосовуючи дріт діаметром 1,8 мм, можна відновлювати до 80 – 90% зношених деталей.

При великих зносах деталей, що перевищують ці значення, необхідно вибирати присадні дроти з великим поперечним перерізом. Для вибору присадного дроту можна керуватися даними таблиці 5.1.

У дослідженнях [4; 27] показано, що при необхідності відновлення деталей із зносом понад 1,0 – 1,2 мм на сторону можна здійснювати двох або

багатошарове приварювання дротів. У цьому випадку міцність приварювання другого і подальшого шарів не нижче міцності приварювання першого шару.

Загальні рекомендації з проектування технологічних процесів відновлення. Рекомендації складені на основі виконаних нами теоретичних і експериментальних досліджень з приварювання одночасно двох розтягнутих дротів одним роликком-електродом.

Підготовка деталі до реставрації. Із застосуванням металевих щіток і водних розчинів синтетичних миючих матеріалів деталь, що підлягає відновленню, попередньо очищається від слідів іржі та забруднень. Вигнуті і деформовані ваги правляться на пресі. Відновлюються центрові отвори. Візуально оцінюється стан деталі, заміряється її знос.

При однобінному або нерівномірному зносі поверхні, що підлягають відновленню необхідно попередньо шліфувати. Рекомендована шорсткість поверхні під приварювання становить $Ra = 0,8 - 1,25$ мкм.

Підготовка присадних дротів полягає в їх очищенні та знежиренні змоченою в гасі ганчіркою.

Приварювання присадних дротів на зношені поверхні. Безпосередньо операція приварювання дротів утруднень не викликає. Швидкість і крок приварювання дротів по гвинтовій лінії встановлюються важливими перемикачами, необхідне зусилля притиснення ролика-електроду зварювальних кліщів забезпечується їх пневмоциліндром і контролюється манометром. Напруга в зварювальній мережі, сила зварювального струму, тривалість імпульсів і пауз регулюються тиристорним переривачем установки. Присадні дроти розтягуються за допомогою гальмівного пристрою.

Контроль якості приварки. Контроль полягає в періодичних вимірюваннях твердості покриття і перевірці міцності її приварювання шляхом заміру відносної осьової деформації присадки. Зварне з'єднання в твердій фазі утворюється при значеннях показника деформації дроту в межах $0,15 - 0,17 \leq \varepsilon_z \leq 0,44 - 0,46$. Якісна і міцна приварка дроту формується при значеннях осьової деформації не нижче $0,35 - 0,4$.

Подальша механічна обробка відновлених поверхонь. Однією з переваг ЕКПД є малі припуски під подальшу механічну обробку, що не перевищують 0,25–0,3 мм на сторону. Металопокриття добре шліфується. Можлива обробка менш твердих покриттів з легованих сталей течінням на токарному верстаті різцями з ельбору або гексаніту-Р на режимах, наведених в роботі [3].

3.2. Визначення раціональних режимів ЕКПД двома присадними дротами

До числа технологічних параметрів процесу ЕКПД відносяться: зусилля розтягування присадних дротів F_p , діюче значення зварювального струму I , зусилля на ролик-електроді F , колова швидкість обертання деталі (швидкість приварювання) v_0 , тривалості імпульсів струму t_i і пауз між ними t_n , крок приварювання по гвинтовій лінії S , режим охолодження деталі при приварюванні. Проведені теоретичні та експериментальні дослідження дозволили розробити методологію і обчислити параметри режиму ЕКПД двох розтягнутих присадних дротів.

Технологічні параметри режиму ЕКПД визначали керуючись критерієм «Міцність зварного з'єднання».

Зусилля розтягування присадних дротів. Рекомендоване значення зусилля розтягування, що припадає на кожен з присадних дротів діаметром 1,8 мм, становить 40 Н, при цьому розтягуючі напружки рівні $\sigma_p \sim 16$ МПа.

При великих значеннях F_p в звареному шві з'являються поперечні мікротріщини. При використанні дротів інших діаметрів розтягуючі їх зусилля рівні

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{4F}{\pi \cdot d^2}, \quad (3.1)$$

де d - діаметр дроту, мм.

При відновленні валів з конструкційних сталей дротами ПК-2 ГОСТ 9383-75, Нп-50, Нп-65, Нп-80 ГОСТ 10543-63 розтягуються обидва присадочних дроти,

а при застосуванні дротів з легованих сталей лише один з них віддалений від напрямку подачі.

Параметри здвоєного зварного шва.

Крок приварювання по гвинтовій лінії. Геометричними параметрами вважаються середня товщина металопокриття δ і ширина здвоєного зварного валика B . Товщина формованого металопокриття залежить від діаметру дроту і ступеня його деформації і визначається залежністю (2.5.). Попередньо обчислені значення δ наведені в табл. 3.2. Там також наведені значення ширини здвоєного зварного валика B , визначені за емпіричною формулою (2.7.), а також рекомендований крок приварки зварних швів по гвинтовій лінії.

Найбільша міцність приварювання нерастягнутого дроту відповідає показнику осьової деформації $\varepsilon_z = 0,44 \dots 0,46$. Відносна осьова деформація розтягнутої рекомендованим вище зусиллям становить $\varepsilon_z = 0,62 \dots 0,64$. Для формування беззорового металопокриття крок приварювання S визначався за умови забезпечення значення коефіцієнта перекриття суміжних зварних валиків $K_{II} = 1,05 \dots 1,1$.

Таблиця 3.2.

Значення середньої товщини металопокриття, мм/ширини здвоєного зварного валика, мм/кроку приварювання по гвинтовій лінії, мм/об для різних діаметрів наварюють поверхні і присадних дротів

Діаметр присадного дроту d , мм	Діаметр наплавлюваної шийки, мм					
	20	30	40	50	60	80
1,6	0,34/7,85 /7,1	0,40/6,98 /6,3	0,44/6,36 /5,7	0,46/5,89 /5,3	0,50/5,49 /4,9	0,56/4,88 /4,4
1,8	0,40/8,83 /7,9	0,44/7,85 /7,1	0,48/7,16 /6,4	0,50/6,92 /6,2	0,56/6,18 /5,6	0,64/5,49 /4,9
2,2	0,48/10,8 /9,7	0,54/9,60 /8,6	0,60/8,75 /7,9	0,64/8,09 /7,3	0,68/7,53 /6,8	0,78/6,71 /6,0

Визначення величини зварювального струму. Діюче значення зварювального струму у вторинному ланцюзі трансформатора визначається виходячи з критерію «максимальна міцність зварного з'єднання». Найбільша міцність приварки нерозтягнутого дроту відповідає показнику осьової деформації $\varepsilon_z = 0,44 - 0,46$. Повна відносна осьова деформація присадки, розтягнутої рекомендованим вище зусиллям, становить $\varepsilon_z = 0,62 - 0,64$.

Діюче значення зварювального струму, що протікає через контакт «присадний метал – деталь», так само

$$I = i \cdot 2A_1 \quad (3.2)$$

де i – оптимальна щільність ліній струму, А/мм²;

$2A_1$ – площа показаного на рисунках 2.7, 2.8 здвоєного контакту, мм².

Дослідженнями, проведеними в ННЦ ІМЕСГ, встановлено, що цей відносний показник – щільність ліній струму не залежить від застосовуваної технологічної схеми ЕКПД і має для вуглецевих сталей значення $i = 320 - 300$ А/мм², а для легованих матеріалів $340 - 360$ А/мм².

Площа контакту присадного металу з відновлюваною поверхнею вала може бути визначена за аналітичними залежностями. Послідовність обчислень при визначенні площі контакту $2A_1$ наступна:

Із системи рівнянь обчислюються довжини контактних дуг L_1 і L_2 , потім обчислюється шукана площа контакту.

Зварювальний струм заміряється електронним амперметром (наприклад, АСУ-1м). При відсутності амперметра максимально допустиме значення зварювального струму контролюється зварювальником візуально за відсутності плавлення або підвищеного іскріння в контакті.

Рациональні значення зварювального струму, певні розрахунково-експериментальним шляхом, наведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3.

Значення зварювального струму (чисельник), кА і зусилля на ролик-електроді (знаменник), кН

Діаметр присадного дроту d , мм	Діаметр наплавлюваної шийки валу $2R_1$, мм					
	20	30	40	50	60	80
Дроти ПК-2 ГОСТ 9383-75						

1,6	7,8/1,53	8,1/1,61	8,6/1,67	9,9/1,69	10,3/1,7	10,6/1,73
1,8	10,9/1,58	11,5/1,6	11,9/1,7	12,0/1,8	12,4/1,8	12,9/1,8
2,2	15,5/2,26	15,9/2,37	16,5/2,45	16,5/2,46	16,7/2,48	16,7/2,52
Дроти Нп-30ХГСА ГОСТ 10543-98						

1,6	9,0/1,78	9,3/1,81	9,9/1,88	11,4/2,03	11,8/2,0	12,2/2,18
1,8	12,5/2,02	13,2/2,07	13,6/2,11	13,9/2,15	14,3/2,19	14,9/2,23
2,2	17,8/2,53	18,4/2,58	19,0/2,62	19,1/2,69	19,1/2,74	19,2/2,82

Визначення зусилля на ролик-електроді. Зусилля F на ролик-електроді має створювати по контакту одиничної ділянки металопокриття тиск, що дорівнює межі текучості присадного металу, розігрітого імпульсом струму. При оптимальних режимах температура нагріву дроту становить 1150 – 1170 °С. У пункті 2.1 знайдено значення $p = \sigma_T = 58 - 60$ МПа для дроту ПК-2. За даними [24] для дроту НП-30ХГСА межа текучості дорівнює 68 – 70 МПа.

Розраховуємо зусилля F за формулою:

$$\frac{A_H}{A_{HP}} = \frac{\varepsilon - \varepsilon'}{(1 + \varepsilon)(1 + \varepsilon')} \quad (3.3.)$$

Обчислені за цією залежністю значення технологічного параметра внесені в таблицю 3.3.

Тривалості імпульсів струму і пауз. Високу міцність приварювання покриття можна отримати при різній тривалості імпульсів струму і пауз між ними. У джерелах [26] при ЕКПД рекомендують значення t_I рівні 0,04 або 0,06 с. Вплив цього технологічного параметру режиму на міцність приварювання менш значний, ніж для зварювального струму і зусилля на інструменті. Знайдене в нашій роботі оптимальне значення $t_I = 0,06$ с.

Тривалість пауз між імпульсами струму істотного значення на міцність приварки металопокриття не робить. Відомо, що при малих тривалостях пауз $t_{II} < 0,06$ с в металопокритті можуть з'являтися дрібні тріщини. Виходячи зі сказаного в наших дослідженнях встановлювалася тривалість пауз 0,08 с.

Тривалості імпульсів і пауз регулюються перемикачем положень тиристорного переривника струму, що працює на промисловій частоті.

Колова швидкість обертання деталі (швидкість приварювання). У розділі I сформульовано умову формування суцільного металопокриття без несприварювань.

Крок приварювання по довжині зварного валика повинен бути менше довжини зони одиничної ділянки, в якій формується зварне з'єднання, тобто

Зазначені лінійні розміри пов'язані коефіцієнтом перекриття z_k .
Найбільш міцне і якісне зварне з'єднання утворюється при мінімальних значеннях коефіцієнта $z_k = 0,03 \dots 0,1$.

Довжини зон утворення зварного з'єднання визначаються за залежностями (2.14. - 2.18.), виведеними в розділі 2.

Формулу (2.19.) переписуємо у вигляді

$$\Delta W^{(x)} = W_{\sigma}^{(x)} - W_{kb}; \Delta W^{(y)} = W_{\sigma}^{(y)} - W_{rm} \quad (3.4.)$$

Результати обчислень за залежністю (3.4.) наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Колова швидкість обертання деталі, мм/с

Діаметр присадного дроту d , мм	Діаметр наплавлюваної шийки валу $2R_1$, мм					
	20	30	40	50	60	80
1,6	16,0	17,6	20,4	24,8	26,1	26,7
1,8	15,5	17,3	26,6	32,2	24,6	34,7
2,2	13,3	16,8	19,1	22,2	23,8	24,3

Охолодження деталі та інструменту при ЕКПД. У наплавлювальних установках конструкції ГОСНТИ передбачена система охолодження відновлюваної деталі та ролику-електроду водою. Витрата охолоджуючої рідини на цих установках регулюється, також є можливість змінювати схему підведення води на деталь і інструмент.

Енергоємність процесу ЕКПД в порівнянні з іншими способами відновлення невелика, вал при реставрації нагрівається незначно. Основне

призначення підведення охолоджуючої рідини на деталь – не охолодження, а захист наплавленого шару від окислення. Небажано відрегулювати струмінь води таким чином, щоб рідина розтікалася по вже нанесеному шару покриття.

Небажано потрапляння води в зазор між інструментом і деталлю, це веде до появи гартівних тріщин. Рекомендована витрата охолоджуючої рідини становить

1,0 – 1,5 л/хв.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

НУБІП України

4.1. Економічна ефективність відновлення деталей типу вал ЕКПД

двох розтягнутих присадних дротів

Розрахунок економічної ефективності технології відновлення зношених деталей типу «вал» сільськогосподарської техніки проведений за комплексною оцінкою ефективності заходів технологію відновлення зношених деталей електроконтактним приварюванням двох присадних дротів порівнюємо з придбанням нових деталей.

Ефективність можна оцінити річним економічним ефектом за формулою:

$$E_r = \left(\frac{C_H}{N_{p.h.} \cdot T_{cл.h.}} - \frac{C_B + E \cdot K_B}{N_{p.h.} \cdot T_{cл.в.}} \right) \cdot N_{p.в.} \cdot T_{cл.в.} \quad (4.1.)$$

де C_H – вартість нової деталі, грн;

C_B – собівартість відновлення за запропонованою технологією, грн;

E – коефіцієнт капітальних вкладень для ремонтних підприємств,

$E = 0,15$; $N_{p.н.}$ – річна кількість придбаних нових деталей, шт;

$N_{p.в.}$ – річна програма відновлення деталей за запропонованою технологією, шт;

$T_{cл.н.}$ і $T_{cл.в.}$ – строки служби відповідно нової та відновленої деталі, год.;

K_B – капітальні вкладення на модернізацію обладнання для відновлення деталей, грн.

При розрахунках користувалися даними підприємства «Мотордеталь»,

Запорізька область, м. Мелітополь наведені в таблиці 4.1.

НУБІП України

Таблиця 4.1.

Основні техніко-економічні показники відновлення валу вторинного 50-1701252 КН трактора ЮМЗ-6АКЛ на ремонтній базі підприємства «Мотордеталь» Запорізька область, м. Мелітополь

Назва показника	Позначення	Значення показника
Вартість нового вторинного валу КН ЮМЗ-6АКЛ, грн.	C_H	3000
Середня годинна тарифна ставка робітника, грн.	$C_{г.сп}$	80,23
Витрата дроту, кг	Q_M	0,01
Вартість сталевго дроту, грн./кг	C_M	57,10
Вартість водних ресурсів, грн. / м ³	$C_{вод.}$	21,16
Встановлена потужність електродвигунів, кВт	N_E	16,00
Вартість електроенергії, грн./кВт · год	C_E	1,90
Площа будівлі, яку займає установкою, м ²	S	15,00
Висота будівлі, м	H	6,00
Вартість 1м ³ будівлі, грн.	$C_{МБ}$	20000
Відсоток амортизації частини будівлі, відсотків	a_1	1,50
Відсоток амортизації на установку, відсотків	a_2	8,00
Ефективний річний фонд роботи обладнання, год.	Φ	1920

Установка електроконтактного приварювання була на підприємстві, тому витрати на її модернізацію (приведення в робочий стан) вкрай не значні. Вважаємо, на основі експлуатаційних випробувань, що термін служби відновлення деталей дорівнює терміну служби нових деталей.

Річна економія складе:

$$E_p = (C_n - C_d) \cdot N_p \quad (4.2.)$$

Собівартість відновлення деталей за запропонованою технологією складається з вартості зношеної деталі, що підлягає відновленню, присадних матеріалів, утримання обладнання, заробітної плати, накладних ресурсів і витрат від браку. Тоді собівартість відновлення визначається за формулою, грн:

$$C_v = C_{знд} + C_M + C_{об} + C_{з.п.} + C_{ін} + C_B \quad (4.3.)$$

де $C_{знд}$ – вартість зношеної деталі, що підлягає відновленню;

C_M – вартість присадних матеріалів;

$C_{об}$ – витрати на утримання обладнання;

$C_{з.п.}$ – оплата праці працівникам;

$C_{ін}$ – інші та накладні витрати;

C_B – витрати на брак.

Закупівельна ціна зношених деталей визначалася за ціною металобрухту.

Закупівельна вартість на чорний метал типу вал встановлена фірмою ТОВ «Вторчермет» в розмірі 11 грн за кілограм.

Маса нового валу вторинного КП трактора ЮМЗ-6АКЛ становить 7 кг. За результатами досліджень визначено, що на відновлення одного валу вторинного

КП 50-1701252 потрібно 0,01 кг присадного дроту зі сталі 30ХГСА вартістю 57,1

грн./кг. Витрати на матеріали в грн. можна визначити за формулою:

$$C_M = \sum (Q_M \cdot U_M) \quad (4.4.)$$

де Q_M – витрата присадочного матеріалу, кг;
 C_M – ціна матеріалу, грн./кг.

Витрати на утримання установки ЕКПД визначалися при розрахунку на одну деталь, грн:

$$C_O = C_{P.O.} + C_E + C_{C.P.O.B.} + C_{B.O.D.} + C_B + C_{B.Y.} \quad (4.5.)$$

де $C_{P.O.}$ – витрати на ремонт установки ЕКПД, грн;

C_E – витрати на електроенергію, грн;
 $C_{C.P.O.B.}$ – витрати на стиснене повітря, грн;
 $C_{B.O.D.}$ – витрати на воду, грн;

C_B – витрати на амортизацію приміщення, в якому встановлена установка, грн;

$C_{B.Y.}$ – витрати на амортизацію установки ЕКПД, грн.

Витрати на ремонтно-відновлювальні роботи установки для ЕКПД розраховуються за формулою:

$$C_{P.O.} = \frac{K_{P.O.} + T_{ШТ.К} \cdot C_{УСТ}}{\Phi \cdot 60 \cdot 100} \quad (4.6.)$$

де $K_{P.O.}$ – коефіцієнт, який враховує витрати на ремонт як механічної, так і електричної частини установки протягом року; 10 ... 11

$T_{ШТ.К}$ – штучно-калькуляційний час, хв.;

$C_{УСТ}$ – вартість установки для ЕКПД;

Φ – ефективний річний фонд роботи, год.

Витрати електроенергії, які припадають на одиницю використовуваного обладнання, визначаються за формулою

$$C_E = (N_E \cdot T_{ШТ.К} \cdot K_T \cdot K_N \cdot I_{E_3}) / 60 \quad (4.7.)$$

де N_E – встановлена потужність всіх електродвигунів, кВт;

K_T – коефіцієнт використання часу;

K_N – коефіцієнт використання потужності;

C_E – вартість 1 кВт · год електроенергії для умов «Мотордеталь» становить 1,90 грн./кВт·год.

В процесі експлуатації установки для ЕКПД, необхідне стисле повітря подається від поршневого компресора Remeza, в зв'язку з цим розрахунок проводиться з обліку електричної енергії, яка витрачається компресорною установкою. Результати розрахунку витрат на електроенергію наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Результати розрахунку витрат на електроенергію

Найменування обладнання	Споживана потужність, кВт	Час роботи, год.	Коефіцієнт завантаження		Вартість електроенергії, грн.
			За часом	За потужністю	
Верстат круглошлі-фувальний ЗБ153	5,5	0,76	0,5	0,4	1,59
Машинна мийна ОМ-4610	7,0	0,13	0,6	0,7	0,73
Установка ЕКПД 01-11-02	12,2	0,39	0,4	0,5	1,81
Компресор Remeza СБ4/С 100 LB75	5,5	0,10	0,2	0,25	0,05
Верстат круглошлі-фувальний ЗБ153	5,5	0,76	0,5	0,4	1,59
Установка ОР-26320	3,0	0,17	0,4	0,5	0,19
Разом					5,96

Витрати на воду визначалися виходячи з оптимальних режимів ЕКПД і склали $q = 1,0 \dots 1,5$ л/хв.

$$C_{\text{вод}} = \frac{q \cdot T_{\text{шт.к.}} \cdot C_{\text{в}}}{1000} \quad (4.8.)$$

де q – витрати води, л/хв;

$C_{\text{в}}$ – вартість водних ресурсів, заданими підприємства «Мотордеталь» $C_{\text{в}} = 21,16$ грн/м³.

Визначення витрати для амортизації тієї частини будівлі, в якій розташовується установка ЕКПД, здійснюється за формулою:

$$C_3 = \frac{S \cdot H \cdot C_{\text{М.П.}} \cdot a_1 \cdot t}{\Phi \cdot 60 \cdot 100} \quad (4.9.)$$

де S – площа приміщення, в якій встановлено обладнання ЕКПД;

H – висота стін приміщення, м;

$C_{\text{М.П.}}$ – вартість 1 м³ приміщення, в якому розташовано установку ЕКПД,

грн.;

a_1 – амортизація частини приміщення, відведеної під установку для

ЕКПД, $a_1 = 1,5\%$;

Φ – ефективний річний фонд роботи обладнання год;

T_0 – час, що витрачається на операцію, хв.

Визначення витрати для амортизації обладнання ЕКПД за формулою:

$$C_{3.у} = \frac{a_2 \cdot T_{\text{шт.к.}} \cdot C_{\text{уст}}}{\Phi \cdot 60 \cdot 100} \quad (4.10.)$$

де a_2 – амортизація установки для ЕКПД, $a_2 = 8\%$.

Заробітна плата робітників $C_{\text{з.п.}}$, зайнятих на відновленні вала вторинного КП ЮМЗ-6АКП визначається за формулою:

$$C_{з.п.} = Z_0 + Z_d + Z_c \quad (4.11.)$$

де Z_0 – основна частина заробітної плати робітника, грн;

Z_d – стимулююча частина заробітної плати виробничим робітникам

(15% до основної частини заробітної плати);

Z_c – страхові внески (30% від суми основної та стимулюючої частин зарплати) [183]

Основна частина заробітної плати робочого визначалася за формулою:

$$Z_d = T_H \cdot C_{ч.ср.} \quad (4.12.)$$

де T_H – повна трудомісткість робіт по відновленню деталі, год.;

$C_{год}$ - тарифна ставка робітників середня по всіх операціях, грн./год.

Середня годинна тарифна ставка робітників (по всіх операціях) визначається за формулою, грн./год:

$$C_{ч.ср.} = \sum_{i=1}^m \frac{T_i \cdot C_{год.i}}{T_i} \quad (4.13.)$$

де m – кількість і-тих розрядів робітників;

T_i – трудомісткість робіт і-того розряду робітника, год;

$C_{год.i}$ – годинна тарифна ставка і-того робітника, грн./год.

Для підприємства годинна тарифна ставка робітника другого розряду становить 53,2 грн/год, четвертого – 79,8 грн/год, п'ятого – 90,4 грн/год.

Норми часу і розряди робіт за переліком операцій відновлення вала вторинного КПП трактора ЮМЗ-6АКЛ наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3.

Норми і розряди робіт по операціях			
№ п/п	Перелік операцій при відновленні вала вторинного КПП ЕКПП двох дровів	Норма часу, год.	Розряд робіт
1	Мийка	0,092	2
2	Шліфування	0,270	4
3	ЕКПД	0,167	4
4	Шліфування	0,270	5
5	Полірування	0,167	4

Визначимо середню годинну тарифну ставку за формулою (4.13.):

$$C_{г.ср.} = \frac{0,092 \cdot 53,2 + 0,27 \cdot 79,8 + 0,167 \cdot 79,8 + 0,27 \cdot 90,4 + 0,167 \cdot 79,8}{0,092 + 0,27 + 0,167 + 0,27 + 0,167} = 80,23 \text{ грн/год}$$

Визначимо основну частину заробітної плати робітника за формулою (4.12.):

$$z_o = (0,092 + 0,27 + 0,167 + 0,27 + 0,167) \cdot 80,23 = 77,50 \text{ грн}$$

Визначимо стимулюючу частину заробітної плати у вигляді 15% надбавки до основної частини заробітної плати:

$$z_d = 77,50 \cdot 0,15 = 11,63 \text{ грн}$$

Визначимо страхові внески робочого у вигляді 30% від суми основної та стимулюючої частин зарплати:

$$z_c = (80,23 + 11,63) \cdot 0,30 = 27,56 \text{ грн}$$

Тоді визначаємо заробітну плату робітникам за формулою (4.11.):

$$z_{з.п.} = 77,50 + 11,63 + 27,56 = 116,69 \text{ грн}$$

Інші і накладні витрати приймаються у відсотках до основної зароботної плати робітника, грн.

$$C_{\text{проч.}} = \frac{C_{\text{з.п.}} \cdot B}{100} \quad (4.14)$$

де B – відсоток накладних витрат, за даними підприємства $B = 150\%$.

Вартість витрат від браку, грн:

$$C_B = (C_M + C_O + C_{\text{з.п.}}) \cdot \frac{K_G + K_B}{100} \quad (4.15)$$

де K_G – відсоток повернення деталей по гарантії, $K_G = 2\%$;

K_B – відсоток вибраковувань деталей при відновленні, $K_B = 3\%$.

Результати розрахунків собівартості відновлення вала вторинного КПП трактора ЮМЗ-6АКЛІ за запропонованою технологією представлені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4.

Дані про собівартість відновлення вала вторинного

Присадний матеріал

Показники	Позначення	Дріт ПК-2 ГОСТ 9389-75 (Два дроти)
Вартість нової деталі, грн.	C_H	3000
Собівартість відновлення зношеної деталі, грн.	C_B	405
- витрати на присадний матеріал, грн.	C_M	0,571
- вартість зношеної деталі, грн.	$C_{зд}$	77
- витрати на заробітну плату, грн.	$C_{зп}$	116,69
- накладні витрати, грн.	$C_{інш}$	175
- витрати, пов'язані з експлуатацією та утриманням установки ЕКП	C_O	26,50

Продовження таблиці 4.4.

витрати від витрат на брак, грн.	C_B	7,24
допоміжна заробітна плата	C_D	11,63
Обсяг робіт по відновленню зношених деталей ЕКП, шт.	$V_{1,2}$	10

Тоді економія від відновлення 10 валів вторинних КП ЮМЗ-6АЖЛ електроконтактним приварюванням двох присадних дровів замість покупки нових при середньоринковій ціні 3000 грн за деталь за формулою (4.2.) складе:

$$E_p = (3000 - 405) \times 10 = 25950 \text{ грн.}$$

Економічний ефект від відновлення різних деталей інших найменувань розрахований аналогічно і приведений в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5.

Калькуляція на відновлення деталей ЕКПД

№ п/п	Назва деталі	Вартість зношеної деталі, грн.	Собівартість відновлення зношеної деталі, грн. (C_B)	Вартість нової деталі, грн. (C_H)	Програма відновлення деталей протягом року	Економічний річний ефект, грн. (E_p)
1	Вал вторинний КП (ПАЗ)	84,34	450	2400	12	23400
2	Вал розподільний (ПАЗ)	80,52	588	2220	6	9792
3	Вісь катка (ДТ-75)	47,52	209	910	20	14020
4	Валик вишки зчеплення (ДТ-75)	15,40	102	490	5	1940
5	Ось гойдання (МТЗ-80)	35,50	200	890	10	6900
6	Вісь сателітів (Т-40)	10,00	145	540	8	3160
7	Вісь, що підтримує ролики (ДТ-75)	38,50	151	563	10	4120
8	Вал первинний КП (ПАЗ-3303)	62,70	364	1500	6	6816

Продовження таблиці 4.5.

9	Вал вторинний КП (ЮМЗ-6АКЛ)	77,00	405	3000	10	25950
10	Вал первинний КП (ЮМЗ-6АКЛ)	42,68	286	1350	8	8512
11	Вал первинний КП (МТЗ-1221)	91,30	512	3000	4	9952
12	Розподільний вал (МТЗ-52)	50,84	543	2000	4	5828
13	Ось сателіти (ЗІЛ-4331)	19,45	105	453	5	1740
14	Піввісь заднього моста (ГАЗ-3307)	89,24	493	3550	5	15285
15	Вал розподільчий (МТЗ-80)	50,84	564	2100	7	10752
Разом						148167

Таким чином, на підставі розрахунків при відновленні зношених деталей тракторів і автомобілів 15-ти різних найменувань в кількості 120 шт., загальний річний економічний ефект склав 148167 грн.

Розроблена технологія впроваджена і використовується в «Мотордеталь»
Запорізька область, м.Мелітополь

4.2. Висновки до розділу

1. Складено рекомендації з проектування технологічних процесів відновлення валів обладнання АПК електроконтактним приварюванням одночасно двох розтягнутих дротів. Розроблено науково-обґрунтовану методику та за критерієм «максимальна міцність зварного з'єднання» визначено раціональні режими реставрації валів з конструкційних і легованих сталей з різними зносами.

2. Встановлено в результаті експлуатаційних випробувань, що надійність і довговічність відновлених за розробленою технологією деталей не нижче, ніж у нових.

3. Виконано техніко-економічні розрахунки, які показали, що витрати на відновлення зношених валів, які використовуються в техніці АПК, за

розробленою технологією складають в більшості випадків від 20 до 50% ціни нових деталей. Установка і технологічні процеси відновлення деталей НКПД одночасно двох розтягнутих присадних дротів впроваджені в «Мотордеталь» Запорізька область, м. Мелітополь з річним економічним ефектом 145 ... 150 тис.

грн.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

НУБІП України

5.1. Аналіз погенційних небезпек

Основні заходи з охорони праці:

а) незадовільна організація робочого місця може бути пов'язана з недостатнім врахуванням вимог ергономіки, зокрема з нерациональним розташуванням технологічного та науково-дослідного обладнання та

захарашеністю робочої зони, що може призвести до механічних або електричних

травм та зниження або втрати праездатності;

б) можливість механічного травмування, що може бути пов'язане з порушенням правил охорони праці внаслідок не проведення відповідних інструктажів у приміщенні дослідницької лабораторії та на робочій дільниці, не

використання або невідповідність індивідуальних засобів захисту, зокрема:

спеціального одягу, спеціального взуття, спеціальних рукавиць, що може призвести до травмування нижніх кінцівок при падінні заготовок або деталей, порізів гострими кромками;

в) можливість ураження електричним струмом. Головними причинами

ураження можуть бути невиконання правил електробезпеки, невикористання індивідуальних засобів захисту, відсутність захисного заземлення, частинно оголені проводи, відкриті скрутки, пробій ізоляції, що може призвести до

електричних травм чи летальних наслідків;

г) можливість отруєння інертними газами внаслідок неефективного відбору газів у місці їх утворення або вихід із ладу запобіжних клапанів у зварювальному агрегаті;

д) можливість отримання термічних опіків внаслідок випадкового

торкання нагрітих поверхонь обладнання, деталей або заготовок, порушення

правил з техніки безпеки або не використання індивідуальних засобів захисту;

НУБІП України

е) незадовільні параметри повітряного середовища, причинами яких є неефективна система опалення та повітрообміну, що призводить до зниження комфортності праці та виникнення загальних захворювань;

е) незадовільне освітлення робочої зони, що може бути пов'язано з виходом з ладу освітлювальних приладів або надмірної їх забрудненості. Це може призвести до погіршення зору, погіршення здатності розрізняти об'єкти, і як наслідок до травмування;

ж) можливість загорянь причинами яких є порушення правил пожежної безпеки, виток горючих робочих газів, коротке замикання, що може призвести до пожеж;

з) неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій різного характеру, причинами яких є невідповідність персоналу до дій в умовах СР, низька ефективність управління в цих умовах, що може призвести до тяжких травм або смерті;

5.2. Заходи щодо забезпечення техніки безпеки

а) Правильна організація робочого місця передбачає виконання ергономічних вимог, що визначаються існуючими стандартами ГОСТ 12.2.061-81 «ССБТ. Устаткування виробниче. Загальні вимоги безпеки до робочих місць»;

ГОСТ 12.2.032-84. "ССБТ. Робоче місце під час виконання робіт сидячи. Загальні ергономічні вимоги загальні ергономічні вимоги до робочого місця під час виконання робіт сидячи, а ГОСТ 12.2.033-78. "ССБТ. Робоче місце при виконанні робіт стоячи.

Загальні ергономічні вимоги при виконанні робіт стоячи. Головною ідеєю стандартів є положення про те, що «Конструктивні та ергономічні особливості робочого місця мають забезпечувати безперешкодне та зручне виконання всіх робочих операцій».

Конструкція робочого столу на ділянці повинна забезпечувати оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного обладнання з урахуванням його кількості та конструктивних особливостей, а також характеру виконуваної роботи. Допускається використання робочих столів різних конструкцій, що відповідають сучасним вимогам ергономіки.

Поверхня робочого столу має мати коефіцієнт відбиття 0,5–0,7. Висота поверхні столу повинна регулюватися в межах 680–800 мм, за відсутності такої можливості висота робочої поверхні столу повинна становити 725 мм.

Робочий стіл повинен мати простір для ніг висотою не менше 600 мм, шириною не менше 500 мм, глибиною на рівні колін не менше 450 мм і на рівні витягнутих ніг – не менше 650 мм.

б) Для виключення механічного травмування передбачається ряд заходів: наявність знаків безпеки; проведення навчання та перевірки знань з охорони праці; забезпечення працівників спеціальним одягом та спеціальними засобами індивідуального захисту. Робітники зварювальних ділянок повинні забезпечуватись захисним спецодягом та індивідуальними захисними засобами згідно з ГОСТ 12.4.103-83 «Одяг спеціальний захисний, засоби індивідуального захисту ніг та рук. Класифікація», брезентові захисні костюми згідно з ГОСТ 12.4.221-2002 «ССБП Одяг спеціальний для захисту від підвищених температур теплового випромінювання, конвективної теплої. Загальні технічні вимоги», рукавиці брезентові згідно з ГОСТ 12.4.010-75 «ССБП Засоби індивідуального захисту. Перчатки спеціальні. Технічні умови», спеціальне взуття (черевики, напівчоботи) із захисними шкарпетками згідно ДСТУ 10998-74 «ССБП Взуття спеціальне шкіряне для захисту від механічних пошкоджень». Перед початком роботи необхідно: оглянути робоче місце, привести його в порядок, звільнити проходи і не захащувати їх, оглянути, привести в порядок і надіти засоби особистого захисту, переконатися в тому, що підлога суха.

в) Для попередження ураження електричним струмом необхідно здійснювати наступні заходи захисту:

Організаційні заходи: до виконання робіт допускаються особи віком не молодше 18 років, що пройшли навчання та перевірку знань з електробезпеки згідно з ДНАОП 1.1 10 – 1.01 – 2000 «Правила безпечної експлуатації електроустановок – споживачів» та отримали допуск з електробезпеки відповідної групи.

Для кожного електроспоживального обладнання повинні бути складені експлуатаційні схеми нормальної та аварійної роботи.

Технічні заходи: Усі не ізольовані струмопровідні елементи електрообладнання повинні бути надійно огорожені суцільними огороженнями, зняття чи відкриття можливе тільки за допомогою спеціальних пристроїв.

Розташування струмопровідних частин на недоступній висоті. Висота розташування визначається значенням напруги: при нарузі до 1000 В – не менше 3,5 м, при нарузі більше 1000 В – не менше ніж 6 м.

Електричне блокування здійснює розрив данного спеціальними контактами згідно з ГОСТ 12.4.155 – 85 «ССБТ Пристрої захисного відключення. Класифікація. Загальнотехнічні вимоги».

Захисне заземлення чи занулення. Принцип дії захисного заземлення або занулення полягає у зниженні до безпечних значень напруги дотику, яка обумовлена замиканням на корпус. Електрообладнання необхідно заземлювати або занулювати у відповідності з ПУЕ – 2009 «Правила улаштування електроустановок». Огороджувальні пристрої та інші металеві неструмоведучі частини повинні бути заземлені.

При роботах, що пов'язані з можливістю ураження електричним струмом необхідно використовувати індивідуальні засоби захисту: сухі брезентові рукавиці, роба, взуття.

Використовувати на робочих місцях при зварюванні в електропечі діелектричні коврижки згідно з ГОСТ 4997-75 «Килими діелектричні гумові.

Технічні умови», ізолюючі підставки та інші електрозахисні засоби, що забезпечують електробезпеку. Для попередження працівників про можливість

ураження електричним струмом на ділянках зварювання в електропечі повинні бути вивішені попереджувальні написи, плакати та знаки безпеки.

Загальні технічні умови» у відповідності з НПАОП 40.1-1.01.97 "Правила безпечної експлуатації електроустановок". Для виключення можливості ураження електричним струмом, передбачено проведення навчання з електробезпеки, атестації на відповідну групу електробезпеки та отриманням посвідчення встановленого зразка, відповідно до НПАОП 0.00.4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання та перевірки знань з питань охорони праці», проводити періодичний контроль ізоляції не рідше одного разу на рік виміром її активного опору при випробуванні підвищеною напругою протягом 1 хвилини.

Перед початком роботи перевірити наявність і справність: огороження і запобіжних пристроїв, струмопровідних частин електричної апаратури (пускатів, трансформаторів, кнопок та інших), заземлювальних пристроїв, захисних блокувань. При виявленні несправностей до роботи не приступати, про несправність повідомити свого безпосереднього керівника.

Електроустаткування, що використовується на дільниці згідно з ПУЕ відноситься до установок напругою до 1000 В. Умови, що створюють особливу небезпеку (особлива вогкість, хімічно активна або органічне середовище, струмопровідна пилка і ін) в даному приміщенні відсутні. Тому за ступенем небезпеки ураження електричним струмом (ПУЕ-85) приміщення робочої дільниці відноситься до класу приміщень без підвищеної опастности.

г) для попередження отруєння інертним газом при зварюванні, видалення його після закінчення технологічного процесу викидом інертного газу за межі робочого приміщення (в атмосферу або в спеціальну систему збору та регенерації інертного газу).

Після закінчення зварювання поглинаючих елементів, заповнених інертним газом, проводити продування повітрям робочої камери, а також приямків та обладнання, розташованого нижче рівня підлоги.

У конструкції зварювальної камери, з контрольованим середовищем необхідно передбачати запобіжний клапан для запобігання підвищенню тиску понад допустимі норми. Запобіжні клапани повинні забезпечувати безпечний рівень тиску в камері обладнання при максимальній швидкості скидання газу.

д) Для виключення термічних опіків передбачено використання індивідуальних захисних засобів, зокрема, рукавиці брезентові ГОСТ 12.4.010-75 ССБТ «Кошти індивідуального захисту. Рукавиці спеціальні. Технічні умови».

е) Роботи з знежирення деталей ацетоном і спиртом повинні проводитися при діючій загальнообмінній та місцевій витяжній вентиляції.

Системи місцевих відсмоктувачів повинні включатися до початку роботи вимикатися після їх закінчення. Робота вентиляційних установок повинна контролюватись за допомогою світлової та звукової сигналізації яка автоматично вмикається при зупинці вентиляції

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВИСНОВКИ

1. Виконано удосконалення технічного контролю ЕКПД одночасно двох присадних дротів одним ролик-електродом, що полягає в додатковому силовому впливі на них і дозволяє усунути недоліки процесу (міжвиткові та внутрішньовиткові непроварювання в стиках зварних швів), а також підвищити продуктивність, ефективність і якість відновлення валів техніки, що використовується в АПК.

2. За уточненою розрахунковою схемою проведено моделювання та теоретично-експериментальне дослідження процесу пластичної деформації присадочних дротів і утворення зварного з'єднання, встановлено вплив додаткового розтягування присадки на геометрію зварного шва, і одиничних ділянок металопокриття, а також на якість (міцність) з'єднання, яке формується в твердій фазі, швидкість і продуктивність відновлення.

3. Встановлено, що незалежно від застосовуваної технологічної схеми, оптимальні значення відносних параметрів режимів ЕКПД вуглецевих дротів постійні та рівні: щільність ліній струму в контакті 300-320 А/мм², тиск в контакті 58-60 МПа, коефіцієнт перекриття зон утворення зварного з'єднання по їх довжині 0,05-0,08. Відновлення деталей на знайдених режимах дозволяє домогтися міцності приварки, рівної міцності основного металу, сформувати суцільне металопокриття без непроварювань, зносостійкість якого і на 10...12% вище, ніж при привар двох нерастянутих дротів.

Встановлено, що внаслідок термомеханічного впливу на присадний метал в покритті формуються сприятливі залишкові напруги, значення яких дорівнюють: для вуглецевих дротів ПК-2 $\sigma_z = 21 \pm 28$ МПа, $\sigma_\theta = -9 \pm 27$ МПа; для легованих дротів НІ 30ХГСА $\sigma_z = 122 \pm 95$ МПа, $\sigma_\theta = -18 \pm 116$ МПа.

Визначено, що внаслідок менших напруг в контакті присадного та електродного металів стійкість інструменту при приварюванні одночасно двох розтягнутих присадних дротів на 12 ... 15% вище показника для ЕКПД нерозтягнутих дротів.

Визначено, що внаслідок менших напруг в контакті присадного та електродного металів стійкість інструменту при приварюванні одночасно двох розтягнутих присадних дротів на 12 ... 15% вище показника для ЕКПД нерозтягнутих дротів.

Визначено, що внаслідок менших напруг в контакті присадного та електродного металів стійкість інструменту при приварюванні одночасно двох розтягнутих присадних дротів на 12 ... 15% вище показника для ЕКПД нерозтягнутих дротів.

4. Теоретично і експериментально обґрунтована методика і за нею визначені та представлені у формі таблиць раціональні режими відновлення валів з конструкційних і легованих сталей різного діаметру і з різними зносами. Розроблено загальні рекомендації з проектування ефективних технологічних процесів відновлення.

5. Лабораторними і експлуатаційними випробуваннями встановлено, що працездатність відновлених деталей не нижче, ніж у нових. Розроблені технологічні процеси відновлення валів тракторів і автомобілів впроваджені в «Мотордеталь» Запорізької області, м.Мелітополь з річним економічним ефектом 145...150 тис. грн.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абдурахманов, Т.У. Исследование восстановления шеек валов неподвижных соединений тракторов и сельскохозяйственных машин контактным электроимпульсным покрытием лентой : дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 // Т.У. Абдурахманов. – Новосибирск – 1975 – 171 с.

2. Аскинази, Б.М. Упрочнение и восстановление деталей электромеханической обработкой. – Л.: Машиностроение. – 1977. – 183 с.

3. Богородский, Е. С. Режимы резания высокопрочных и закаленных сталей инструментом, оснащенным поликристаллическим нитридом бора / Е.С. Богородский, В.Е. Подураев, В.А. Шпиньков // Сб. «Вестник машиностроения». – 1972. – № 2. – С. 42-46.

4. Бругинский, Л. Б. Восстановление электроконтактной наваркой поверхностей тел вращения с большим износом / Л.В. Бругинский, В.Г. Волков и др. // Ремонт, восстановление, модернизация. № 10. – 2003 – С.20-21.

5. Булычев, В.В. К вопросу о формировании соединения при электроконтактной приварке / В.В. Булычев, Р.А. Латыпов // Международный техникоэкономический журнал. – 2010. – № 5. – С. 59-65.

6. Булычев, В.В. Оценка прочности соединения однородных металлов при электроконтактной приварке / В.В. Булычев, Р.А. Латыпов // Сварочное производство. – 2012. – № 6. – С. 17-21.

7. Булычев, В.В. Повышение прочности электроконтактной приварки проволоки за счет увеличения ее осевого деформирования / В.В. Булычев // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2011. – № 9. – С. 7-10.

8. Булычев, В.В. Разработка элементов теории и технологических путей обеспечения стабильности формирования зоны соединения при электроконтактной приварке проволоки: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.02.10 // Булычев Всеволод Валериевич. – Москва, 2012. – 32 с.

9. Бурак, П.И. Влияние промежуточного слоя на механические свойства покрытия из стали 50ХФА, полученного электроконтактной приваркой / П.И. Бурак // Тракторы и сельхозмашины. – 2010. – № 9. – С. 12-14.

10. Бурак, П.И. Восстановление деталей машин электроконтактной приваркой металлической ленты через промежуточный слой: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 2004. – 19 с.

11. Бурак, П.И. Восстановление деталей электроконтактной приваркой разнородных материалов / П.И. Бурак, А.В. Серов // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2012. – № 8. – С. 15-20.

12. Бурак, П.И. Оптимизация процесса электроконтактной приварки металлической ленты через аморфный припой / П.И. Бурак, А.В. Серов, Р.А. Лапышов // Сварочное производство. – 2011. – № 6. – С. 31-36.

13. Бурак, П.И. Оптимизация расхода охлаждающей жидкости для электроконтактной приварки / П.И. Бурак, С.П. Рудобашта // Сварочное производство. – 2011. – № 8. – С. 17-20.

14. Бурумкулов, Ф.Х. Электроискровые технологии восстановления и упрочнения деталей машин и инструментов / Ф.Х. Бурумкулов, П.П. Лезин, П.В. Сенин и др. // – Саранск: Красн. Октябрь, 2003 – 501 с.

15. Воловик, В.Л. Справочник по восстановлению деталей / В.Л. Воловик. – М.: Колос, 1981. – 351 с.

16. Бурак, П.И. Влияние промежуточного слоя на механические свойства покрытия из стали 50ХФА, полученного электроконтактной приваркой / П.И. Бурак // Тракторы и сельхозмашины. – 2010. – № 9. – С. 12-14.

17. Восстановление деталей сельскохозяйственной техники механизированной наплавкой с применением упрочняющей технологии / Под ред. В.М. Кряжкова. – М.: ГОСНИТИ. – 1972. – 230 с.

18. Дубровский, В.А. Исследование механизма образования соединения при электроконтактной наварке проволокой / В.А. Дубровский // Прогрессивные технологии, конструкции и системы в приборо- и машиностроении. Материалы

Всероссийской научно-технической конференции. – М. – 2003, том 1. – С. 49-50.

19. Дубровский, В.А. Предотвращение выплесков при электроконтактной наварке проволокой их стали 40X13 / В.А. Дубровский, В.В. Булычев, А.И. Пономарев // Сварочное производство. – 2003. – № 6. – С. 12-15.

20. Дубровский, В.А. Создание технологий и оборудования электроконтактной наварки проволокой оплавлением: дис. д-ра ... техн. наук / В.А. Дубровский // Калуга. – 2006. – 217 с.

21. Дубровский, В.А. Техничко-экономический анализ технологий и оборудования для электроконтактной наварки проволокой / В.А. Дубровский, В.В. Булычев, Ю.Н. Аксенов // Тяжелое машиностроение. – 2003. – № 12. – С. 14-16.

22. Дубровский, В.А. Технологические особенности процесса электроконтактной наварки оплавлением // Технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки: Материалы 7-й международной конференции-выставки – Санкт-Петербург, 2005. – С. 38-45.

23. Дубровский, В.А. Электроконтактная наплавка проволокой с подплавлением соединяемых металлов / В.А. Дубровский, В.В. Булычев // Сварочное производство. – 1998. – № 1. – С. 22-24.

24. Емельянов, В.А. Оценка циклической прочности валов после электроконтактной наплавки с последующим поверхностно-пластическим деформированием / В.А. Емельянов, В.Н. Лозинский, Л.П. Строк и др. // Сварочное производство. – 1987. – № 5. – С. 7-9.

25. Загиров, И.И. Совершенствование технологии восстановления автотракторных деталей типа «Вал» электроконтактной наплавкой проволокой: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / Загиров Ильнур Илдарович. – Уфа, 2009. – 160 с.

26. Зайнуллин, А.А. Определение площади контакта при восстановлении валов приваркой двух стальных проволок [Текст] / А.А. Зайнуллин // Материалы

всероссийской научно-практической конференции посвященной, 80-летию со дня рождения профессора А.П. Иофинова. - Уфа: Башкирский ГАУ. - 2012. - С. 116-120.

27. Зайнуллин, А.А. Повышение эффективности восстановления валов сельскохозяйственной техники электроконтактной приваркой стальных проволок путем совершенствования технологии и оборудования: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / Зайнуллин Артур Айдарович. - Уфа, 2013. - 169 с.

28. Зезюля, В.В. Технология восстановления циклически нагруженных валов многослойной электроконтактной наваркой проволокой: дис. ... канд. техн. наук. - М., 2009. - 155 с.

29. Ибрагимов, В.С. Современные способы восстановления деталей машин: учеб. пособие / В.С. Ибрагимов; Ульянов, С.-Х. ин-т, Башк. с.-х. ин-т. - 1988. - 96 с.

30. Иванов, В.П. Восстановление и упрочнение деталей: справочник / В.П. Иванов, В.С. Ивашко, В.М. Константинов и др.; под ред. Ф.И. Пантелеевко. - М.: Наука и технологии, 2013. - 368 с.

31. Исламгулов, А.К. Исследование восстановления изношенных деталей тракторов, автомобилей и сельхозмашин электроконтактной наплавкой: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / Исламгулов Абдулла Кабирович. - Уфа, 1972. - 170 с.

32. Исламгулов, А.К. Исследования по выбору оптимальных режимов процесса электроконтактной наплавки / Исламгулов А.К., Ибрагимов В.С., Клименко Ю.В. // Эксплуатация и ремонт машинно-тракторного парка. - Уфа. - 1972. - С. 75-83.

33. Каракозов, Э.С. Предварительное деформирование проволоки улучшает формирование соединения при электроконтактной наплавке (наварке) / Э.С. Каракозов, Б.А. Молчанов, Р.А. Латыпов Р.А. и др. // Сварочное производство. - 1981. - № 8. - С. 21-22.

34. Каракозов, Э.С. Состояние и перспективы восстановления деталей электроконтактной приваркой материалов / Э.С. Каракозов, Р.А. Латыпов, Б.А. Молчанов. – М.: Информагротех, 1991. – 85 с.

35. Клименко, Ю.В. Исследование процесса электроконтактной наплавки стальных валов проволокой НП-40 / Ю.В. Клименко, Э.С. Каракозов // Автоматическая сварка. – 1975. – № 11. – С. 22-24.

36. Клименко, Ю.В. Контактная наплавка поверхностей тел вращения // Сварочное производство. – 1966. – № 4. – С. 64-66.

37. Клименко, Ю.В. О природе соединения металлов при контактной наплавке / Ю.В. Клименко // Автоматическая сварка. – 1974. – № 10. – С. 25-27.

38. Клименко, Ю.В. Электроконтактная наплавка / Ю.В. Клименко. – М.: Металлургия, 1978. – 128 с.

39. Котин, А.В. К вопросу о применении клеев-компаундов для восстановления корпусных деталей машин / А.В. Котин, В.И. Сивцов, Н.Н. Барышников // Энергосберегающие технологии и системы в АПК: Межвузовский сборник научных трудов. – Саранск, ООО «РНИИЦ». 2004. – С. 140-144.

40. Кравцов, Т.Г. Электродуговая наплавка электродной лентой. – М.: Машиностроение, 1978. – 168 с.

41. Пат. 2284888 Российская Федерация, МПК В 23 К 31/12, В 23 К 11/06. Способ определения износа ролика-электрода при электроконтактной наплавке [Текст] / М.З. Нафиков, И.И. Загиров; заявитель и патентообладатель Башкирский государственный аграрный университет. – № 2005110504/02; заявл. 11.04.2005; опубл. 10.10.06, Бюл. № 28. – 5 с. 2

42. Зайнуллин, А.А. Повышение эффективности восстановления валов сельскохозяйственной техники электроконтактной приваркой стальных проволок путем совершенствования технологии и оборудования: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / Зайнуллин Артур Айдарович. – Уфа, 2013. – 169 с.

43. Кручинин, С.В. Применение металлополимерных материалов холодного отверждения в авторемонте / С.В. Кручинин, А.В. Липатов, М.М. Феткулин // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2003. – № 6. – С. 16-19.

44. Латыпов, Р.А. Выбор компактных и порошковых металлических материалов и управление качеством покрытий при упрочнении и восстановлении деталей электроконтактной приваркой: автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.02.01 / Латыпов Рашид Абдулхакович. – М., 2007. – 48 с.

45. Иванов, В.П. Восстановление и упрочнение деталей: справочник / В.П. Иванов, В.С. Ивашко, В.М. Константинов и др.; под ред. Ф.И. Пантелеенко. – М.: Наука и технологии, 2018. – 368 с.

46. Латыпов, Р.А. Выбор компактных и порошковых металлических материалов и управление качеством покрытий при упрочнении и восстановлении деталей электроконтактной приваркой: дис. д-ра техн. наук: 05.02.01 / Латыпов Рашид Абдулхакович. – М., 2007. – 323 с.

47. Лившиц, Л. Г. Восстановление автотракторных деталей / Л.Г. Лившиц, А.В. Поляченко. – М.: Колос, 2016. – 479 с.

48. Нафиков, М. З. Исследование и разработка технологии восстановления автотракторных деталей типа «вал» электроконтактной наплавкой проволокой: дис. канд. техн. наук: 05.20.03 / Нафиков Марат Закиевич – Ленинград-Пушкин, 2014. – 184 с.

49. Сафаров, М.М. Анализ характеристик восстанавливаемых деталей / М.М. Сафаров, Э.Л. Левин, Г.С. Трофимов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2016. – № 6. – С. 46-47.

50. Семенов, В.И. Качество восстановленных деталей: проблемы и решения / В.И. Семенов, В.П. Иванов // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2014. – № 9. – С.28-30.