

УДК 378.14; 631.9
© 2011

Лапенко Т.Г., Прасолов Є.Я., кандидати технічних наук
Полтавська державна аграрна академія

ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Рецензент – доктор технічних наук С.Ф. Пічугін

Висвітлюється проблема відновлення деталей сільськогосподарських машин за вдосконаленою електроерозійною технологією. Проведено аналіз останніх досліджень і виконані патентні дослідження способів, пристроїв та композицій електродів для електроерозійної обробки. Дослідження проводились на зразках сталі 65Г із регулюванням сили струму та напруги і показники контролювалися повіреними приладами. Розроблені установка та спосіб електроерозійного зміцнення поверхні деталі, які захищені патентом. Результати досліджень підтверджені випробуваннями на виробництві.

Ключові слова: відновлення, зміцнення, електроерозійна технологія.

Постановка проблеми. У сільськогосподарському виробництві України використовується як закордонна, так і вітчизняна ґрунтообробна техніка. Довговічності робочих органів зарубіжні фірми-виробники досягають шляхом застосування спеціальних матеріалів (легованих сталей), конструкцією робочих органів (збільшенням габаритних розмірів), використанням взаємозамінності зношуваних деталей та зміцненням (термічною обробкою й нанесенням зносостійких матеріалів). Це призводить до здорожчання деталей, а також збільшення собівартості виробленої сільськогосподарської продукції. Нині виникла необхідність у забезпеченні ґрунтообробної техніки відносно недорогими запасними частинами з підвищеною зносостійкістю. Цього можна досягти шляхом створення покращених технологій відновлення, зміцнення та збільшення ресурсу деталей сільськогосподарської техніки [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання проблеми. Використання ґрунтообробних органів у сільськогосподарському виробництві викликає підвищені вимоги до показників надійності, зносостійкості та економічності ремонту й відновлення робочих органів.

За традиційною технологією у виготовленні робочих органів ґрунтообробної техніки використовуються середньо- та високовуглецеві сталі,

що забезпечують експлуатаційні значення фізико-механічних властивостей після жорсткого гартування. Аналізом способів відновлення деталей сільськогосподарських машин встановлено доцільність застосування електроерозійної технології, якою забезпечується поверхня з необхідними показниками шорсткості та глибини зміцненого шару й створення ефекту зносостійкості та самозаточування робочих органів ґрунтообробних машин. У працях науковців, виконаних під керівництвом професора А.В. Білосуса, простежується зростання шорсткості поверхні та глибини зміцненого шару зі збільшенням енергії імпульсу [1].

Так, у публікаціях М.О. Василенка описана технологія відновлення робочих органів ґрунтообробної техніки шляхом використання методу «донорських вставок», при якому зношена частина відрізалась, а на її місце приварювалася спеціальна вставка. Після цього деталь загострювали електроерозійним способом і зміцнювали наплавкою електродами Т-590 або порошковим дротом ПП-НП80Х20. Так забезпечується необхідна якість відновленої поверхні, проте вимагає застосування складних операцій при значній витраті основного матеріалу і високовартісних електродів [2].

У технологіях відновлення деталей в якості захисного середовища використовуються рідини та інертні гази. Порівнянням встановлена ефективність застосування інертних газів в якості захисного середовища, що пояснюється зменшенням енергії розрядів, що передують різкому зростанню розтягуючих напружень та виникненню тріщин [3].

Для підтвердження новизни технічного рішення запропонованої покращеної технології електроерозійного відновлення були виконані патентні дослідження, згідно з ДСТУ3575-97. Предметом пошуку були способи, пристрої та композиції електродів для електрофізичної обробки [5]. Аналізом патентної та науково-технічної інформації підтверджено новизну запропонованого технічного рішення, що надало можливість створити заявочні матеріали та

отримати патент «Спосіб електроерозійного зміцнення поверхні деталей» [6]. Згідно зі способом використовується імпульсне джерело струму, що видає більшу частоту слідування імпульсів і надає можливість регулювання тривалості імпульсу. Застосуванням дискових електродів та аргону в якості захисного середовища підвищується продуктивність і виключається похибка обробки від нерівномірного зносу електрода.

Мета досліджень. Метою є покращання електроерозійної технології відновлення деталей робочих органів сільськогосподарських машин, обґрунтування та відпрацювання режимів електроерозійної обробки в середовищі захисних газів, отримання оптимальних параметрів відновленої поверхні. Порівняння показників економічності електроерозійної обробки в середовищах захисних газів та рідині лягло в основному наших досліджень відновлення деталей сільськогосподарських машин.

Результати досліджень. Дослідження проводилися на зразках із сталі 65Г при регулюванні сили струму в межах від 350 А до 450 А через кожні 50А, напруга змінювалася для кожного ряду струму (350, 400, 450 А) в межах від 45 В до 55 В через кожні 5 В. Контроль напруги здійснювався лабораторним вольтметром, ввімкненим безпосередньо на зразок та струмоміром, а сила струму контролювалася амперметром. Вимірювальні прилади пройшли метрологічну повірку.

Були проведені два досліді. Перший – електроерозійна обробка в рідині (дистильованій воді) та наступна наплавка електродом Т-590 («Спосіб 1»). Другий – електроерозійна обробка в середовищі захисних газів (аргоні) («Спосіб 2»). Далі зразки розрізалися перпендикулярно ширині обробленої поверхні, шліфувалися й протравлювалися «травником Ржешотарського», для визначення товщини зміцненого шару та її розподілу по ширині зразка. Визначення товщини шару проводилися за допомогою мікроскопа відлікового типу МПБ-2 через кожні 5 мм, починаючи з загостреного боку деталі. Таким же чином, через кожні 5 мм, за допомогою індикатора годинникового типу ІЧ-5 шляхом вимірювання висоти виступів та впадин визначалася шорсткість обробленої поверхні. Були визначені раціональні режими, що забезпечували мінімальні значення шорсткості та товщину зміцненого шару в межах від 1,5 мм до 2,5 мм.

Для дослідження розподілу шорсткості зміцненого шару було використано 18 зразків, виготовлених із сталі 65 Г із застосуванням «Способу 1» і

«Способу 2», після їх електроерозійної обробки на різних режимах: струмі від 350 А до 450 А, напрузі – від 45 В до 55 В. Вимірювання величин впадин і виступів проводилося за допомогою індикатора годинникового типу з межею вимірювання 5 мм та ціною поділки 0,001 мм. У ніжку індикатора замість заводського вгвинчувався накінецьник, виготовлений у вигляді голки, діаметром циліндричної частини 1,5 мм. Індикатор нерухомо кріпився на штативі, а зразок переміщувався по горизонтальній поверхні під ніжкою індикатора. З наступною фіксацією вимірів індикатора по довжині зразка.

Шорсткість визначалася як середні значення відстані між п'ятьма вищими точками виступів і п'ятьма нижчими точками впадин, що знаходяться в межах базової довжини зразка. Зразок по ширині зміцненої частини розділений лініями через кожні 5 мм, на яких проводили заміри.

Зразок із поверхнею обробленою електроерозійним методом розміщувався на горизонтальній поверхні, на нього нерухомо встановлювався штатив із закріпленим у ньому індикатором годинникового типу; на досліджувану поверхню наносилися лінії, по яких проводилися досліді. Із ряду результатів вимірювань, що заносилися в таблиці 1 й 2, вибиралися п'ять найменших і п'ять найбільших значень індикатора, визначалася шорсткість (R_z). Розподіл шорсткості по ширині обробленої поверхні на різних режимах наведено в таблиці 1.

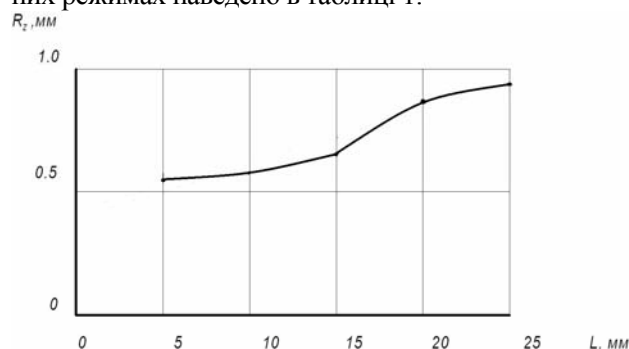


Рис. 1. Розподіл шорсткості по ширині поверхні, обробленої електроерозійним методом ($I = 350 \text{ А}$, $U = 50 \text{ В}$)

За даними таблиці 1 побудований графік розподілу шорсткості по ширині, для зразка №2 і №11 із режимами $I = 350 \text{ А}$, $U = 50 \text{ В}$, обраних за оптимальним значенням параметрів шорсткості.

Розподіл шорсткості по ширині поверхні для встановлених режимів обробки описується емпіричною залежністю: $R_z = 0,397 + 0,185 L$, (1.1) де: R_z – шорсткість поверхні, мм;

L – віддаль від торця деталі до точки виміру твердості, мм.

1. Розподіл шорсткості по ширині обробленого шару на різних режимах електроерозійної обробки

Номер зразка	Струм, А	Напруга, В	Шорсткість поверхні, Rz				
			1	2	3	4	5
Електроерозійна обробка в рідинному середовищі (спосіб 1)							
1	350	45	0,50	0,55	0,55	0,77	0,83
2	350	50	0,37	0,43	0,53	0,56	0,97
3	350	55	0,50	0,53	0,85	0,87	0,98
4	400	35	0,35	0,52	0,64	0,65	0,92
5	400	40	0,59	0,76	0,68	0,87	0,85
6	400	45	0,50	0,63	0,82	0,92	1,07
7	400	50	0,65	0,62	0,77	0,90	0,95
8	400	55	0,57	0,77	0,80	0,87	0,97
9	450	35	0,43	0,60	0,65	0,83	0,85
Електроерозійна обробка в захисному газі (спосіб 2)							
10	350	45	0,510	0,525	0,625	0,745	0,80
11	350	50	0,335	0,415	0,485	0,525	0,86
12	350	55	0,475	0,575	0,685	0,805	0,89
13	400	35	0,350	0,525	0,590	0,707	0,87
14	400	40	0,557	0,675	0,775	0,855	0,90
15	400	45	0,565	0,655	0,677	0,885	1,02
16	400	50	0,655	0,675	0,776	0,915	0,97
17	400	55	0,545	0,765	0,835	0,845	1,03
18	450	35	0,405	0,570	0,657	0,815	0,92

Зі зростанням струму та напруги шорсткість поверхні збільшується, що негативно впливає на різальні властивості робочих органів.

На основі результатів досліджень встановлено, що заміна рідинного середовища при електроерозійній обробці на інертний газ суттєво не впливає на параметри шорсткості зразків. Отже, методи за отриманими параметрами шорсткості є взаємозамінними. Тоді слід провести дослідження шляхом результатів порівняння за товщиною зміцненого шару по ширині електроерозійної обробки. Встановлено, що товщина зміцненого шару прямо пропорційно залежить від сили струму й змінюється в межах від 0,2 мм до 5,5 мм. Розподіл товщини по ширині обробленого шару також має нерівномірний характер – товщина зміцненого шару збільшується по ширині обробки від торця деталі в напрямку обертання електрода-інструмента – прямолінійно. Розподіл товщини зміцненого шару по ширині обробленої поверхні на різних режимах наведено в таблиці 2.

За результатами аналізу показників таблиці 2 для подальшого дослідження обраний зразок №11. Графічна залежність товщини зміцненого шару відображена на рис. 2.

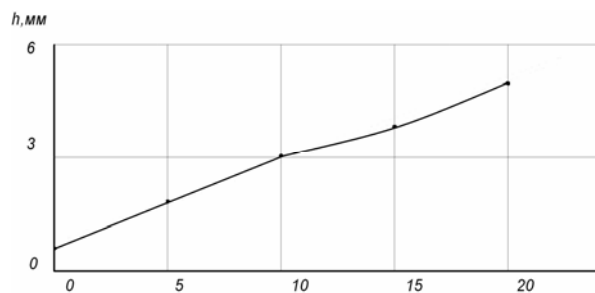


Рис. 2. Зміна товщини зміцненого шару по ширині електроерозійної обробки (при $I = 400 \text{ A}$, $U = 45 \text{ В}$)

Математично дана залежність описується емпіричною формулою:

$$h = 0,796 + 0,154 L, \quad (1.2)$$

де: h – товщина зміцненого шару, мм;

L – див. пояснювання до формули (1.1).

Із аналізу графічної залежності (рис. 2) випливає, що товщина зміцненого шару на ріжучій кромці становить 0,8 мм, що відповідає вимогам нормативних документів до зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин. При зношенні робочого органу по ширині на 5–10 мм товщина зміцненого шару на ріжучій кромці становитиме 2,0–2,5 мм, що забезпечить зносостійкість та самозагострення деталі в процесі експлуатації.

2. Розподіл товщини зміцненого шару по ширині на різних режимах електроерозійної обробки

Номер зразка	Струм, А	Напруга, В	Товщина зміцненого шару, мм				
			1	2	3	4	5
Електроерозійна обробка в рідинному середовищі (спосіб 1)							
1	350	45	0,170	0,22	0,42	1,35	2,35
2	350	50	0,242	0,27	0,47	1,67	2,70
3	350	55	0,325	0,38	0,52	2,00	2,80
4	400	35	0,415	0,51	0,58	2,11	3,30
5	400	40	0,470	0,51	0,62	2,35	3,60
6	400	45	0,550	0,61	0,67	2,75	4,00
7	400	50	0,570	0,65	0,75	3,00	4,50
8	400	55	0,610	0,70	0,82	3,65	5,10
9	450	35	0,650	0,74	0,98	3,75	5,30
Електроерозійна обробка в захисному газі (спосіб 2)							
10	350	45	0,75	1,05	1,80	2,75	3,60
11	350	50	0,78	1,50	2,35	3,15	3,90
12	350	55	0,81	1,67	2,01	3,35	4,15
13	400	35	0,85	2,25	2,55	3,57	4,35
14	400	40	0,89	2,18	3,15	3,75	4,50
15	400	45	1,18	2,57	3,60	4,01	4,75
16	400	50	1,18	2,45	3,35	4,53	5,10
17	400	55	1,35	2,75	3,77	4,87	5,25
18	450	35	1,57	2,95	4,15	5,15	5,45

За результатами досліджень встановлено, що необхідна товщина зміцненого шару при використанні рідинного середовища отримується при $U = 450$ В, $I = 35$ А, що не відповідає забезпеченню оптимальної шорсткості. При використанні електроерозійної обробки в середовищі інертного газу забезпечується необхідна товщина шару при $U = 350$ В, $I = 50$ А, при необхідній шорсткості $R_z = 0,3-1$ мм. Це дає змогу «Спосіб 1» замінити на «Спосіб 2» і відмовитися від застосування методу «донорських вставок» і наплавки легуючими електродами.

Висновки: 1. Шорсткість і товщина проведення робочого органу відновленої електроерозійним методом залежить від режимів обробки, разом із тим, при одних і тих же значеннях струму спостерігається нерівномірність шорсткості по товщині обробленого шару по ширині обробки, що впливає на товщину різальної кро-

мки робочого органу в процесі спрацювання.

2. Проведений порівняльний аналіз ефективності електроерозійної технології обробки деталей сільськогосподарської техніки у захисному середовищі інертного газу та рідини, який допоміг виявити задовільне значення шорсткості при оптимальних енергетичних режимах із застосуванням обох способів, однак товщина обробленого шару по ширині поверхні збільшується при використанні запропонованого технічного рішення, що засвідчується актом впровадження та патентом на винахід.

3. Результати досліджень підтвердили ефективність використання запропонованої електроерозійної технології, що забезпечує експлуатаційні показники надійності та зносостійкості при відмові від використання додаткових технологічних операцій та високовартісних матеріалів й обладнання.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Василенко М.О., Чернявський О.О. Відновлення лемешів плугів із застосуванням електроерозійного способу для їх загострення та зміцнення // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха. – 2001. – Вип. 85. – С. 262–264.
2. Василенко М.О. Підвищення довговічності

робочих органів ґрунтообробних сільськогосподарських агрегатів // Матеріали Міжнародного ауково-практичного форуму «Теорія і практика розвитку АПК». – Львів, 2006. С. 324–328.

3. Немілов Е.Ф. Справочник по електроерозійній обробке матеріалів. – Ленінград: Машиностроение. – 1989. – С. 156–158.

4. Ремонт машин / Під ред. О.І. Сідашенка та А.Я. Поліського – К.: Урожай, 1994. – С. 125–128; 323–327.
5. ДСТУ 3574-97 Патентні дослідження. Основні положення та порядок проведення. – Чинний від 01.01.98. – Держспоживстандарт України, 1997. – 14 с.

6. Патент № 54961 від 25.11.2010 року, бюл. № 22. Спосіб електроерозійного зміцнення поверхні деталі. Гапоненко О.А., Прасолов Є.Я., Лапенко Г.О., Галич О.А., Костоглод К.Д., Карабаш Л.В., Кусов А.Ю., Підгребельний В.І., Браженко С.А.

ВІТАЄМО



Постановою Бюро Відділення механіки Національної академії наук України від 17 березня 2011 року доктор технічних наук, професор,
член Національної ради

ОЛЕКСІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ ГОРИК

затверджений членом нового персонального складу Наукової ради з проблеми «Механіка деформівного твердого тіла».

Щиро вітаємо Вас із високою довірою провідних науковців країни!

Бажаємо нових творчих вершин і здобутків!

Ректор Полтавської державної аграрної академії,
доктор сільськогосподарських наук, професор,
Заслужений діяч науки і техніки України
В. М. Писаренко,

проректор із науково-педагогічної, наукової роботи, кандидат сільськогосподарських наук, професор кафедри землеробства та агрохімії, Заслужений працівник сільського господарства України ***М. М. Опара***