

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗНОШЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ЭЛЕКТРОИСКРОВОМ ЛЕГИРОВАНИЕМ

PROCESS OF OPTIMIZATION REGENERATION THE WORN OUT DETAILS AGRICULTURAL
TECHNICIANS ELEQTROSPARKING ELLOY

Дтн., полный профессор, академик академии с.х наук Грузии Кацитадзе Дж.В¹, академический доктор технических наук
Хизанишвили А.А², докторант Сарджвеладзе Н.Н.³

Грузинский государственный аграрный университет, агроинженерный факультет, Грузия, Тбилиси, Давид Агмашенебели
13-ый км.^{1,2,3}

KEYWORDS: ELECTROSPARKING, ELLOY, WORN OUT, A DETAIL, CRITERIA OF SIMILARITY, REGRESSIVE

В последнее время в Грузии интенсивно поступает сельскохозяйственная техника, производимая в странах Евросоюза и других развитых странах мира (США, Япония и др). Эта техника в отличие от аналогичной, изготовленной в бывшем Советском Союзе имеет много достоинств таких, как высокая производительность, комфорт, совершенствование конструкции, высокое качество и надежность [1].

Особые почвенные и климатические условия Грузии оказывают значительные влияние на работу зарубежной сельскохозяйственной техники, их рабочие детали интенсивно изнашиваются и выходят из строя.

Предлагаемая работа является продолжением исследований и ставит цель оптимизировать процесс ЭИЛ. Для этого полученное нами критериальное уравнение с учетом существующих факторов, влияющих на ЭИЛ имеет вид:

$$\frac{H_{\mu}}{\rho V^2} = \varphi \left(\frac{KI}{\rho V D^2}, \frac{\gamma}{KV^2}, \frac{TV}{D} \right) \dots (1)$$

H_{μ} - микротвердость покрытий, полученных ЭИЛ, Па;

ρ – плотность материала анода, КГ/М³

V - Скорость ЭИЛ, м/сек

K – коэффициент сплавления, кг/Асек.

I - Сила тока короткого замыкания, А

D - размер восстанавливаемой детали, м.

γ - напряжение на конденсаторе, В

T - время восстановления, сек.;

Для оптимизации процесса ЭИЛ используем теорию планирования многофакторных экспериментов (ТПМФЭ) [4,5,6]

В качестве критерия оптимизации принимаем безразмерный комплекс микротвердость $y = \frac{H_{\mu}}{\rho V^2}$, а в качестве факторов, влияющих на определяемый критерии - $x_1 = \frac{KI}{\rho V D^2}$; $x_2 = \frac{\gamma}{KV^2}$.

По вышеуказанным трем факторам был построен полнофакторный эксперимент типа 2³. Для исследования был подобран математическая модель по Боксу-Уильсону [4]

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 \dots (2)$$

В качестве нулевого уровня были приняты:

$$x_{10} = 175 \cdot 10^4; \quad x_{20} = 220 \cdot 10^{15};$$

$$x_{30} = 85 \cdot 10^{-7};$$

Интервалы варьирования составляют:

$$a_1 = 125 \cdot 10^4; \quad a_2 = 100 \cdot 10^{15};$$

$$a_3 = 23 \cdot 10^{-7};$$

Были проведены эксперименты для оптимизации процесса ЭИЛ на изготовленной нами установке. В качестве анодов были подобраны образцы из твердого сплава Т15К6, а в качестве катода изношенные лапы культиваторов. Для измерения микротвердости использовали прибор ПМТ-3 с нагрузкой на инденторе $P=100Н$.

В таблице 1 даны результаты экспериментов

Таб.1 Результаты экспериментов,

№	x_0	$x_1 \cdot 10^4$	$x_2 \cdot 10^{15}$	$x_3 \cdot 10^{-7}$	$y \cdot 10^{13}$
1	+1	300	120	62	2,66
2	+1	50	120	62	1,77
3	+1	300	320	64	2,79
4	+1	50	320	62	2,37
5	+1	300	120	108	2,63
6	+1	50	120	108	2,54
7	+1	300	320	108	2,7
8	+1	50	320	108	2,69

По результатам экспериментов определяем коэффициенты регрессионного уравнения по формулам

$$b_0 = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}; b_j = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \cdot x_{ij}}{n} \quad (j = 1, 2, 3)$$

$$b_0=2,52; \quad b_1=0,18; \quad b_2=1,12; \quad b_3=0,12;$$

Регрессионное уравнение имеет вид:

$$y=2.52+0.18x_1+0.12x_2+0.12x_3\dots(3)$$

Полученное критериальное уравнение было проверено на адекватность критерием Фишера, на однородность дисперсий и значимость коэффициентов критерием Кохрена [5,6]. Результаты оказались удовлетворительными.

Регрессионное уравнение в натуральных величинах имеет вид:

$$\frac{H_\mu}{\rho V^2} = 1.57 \cdot 10^{13} + \frac{1,4 \cdot 10^6 KI}{\rho V D^2} + \frac{1200 \gamma}{KV^2} + \frac{12 \cdot 10^{18} TV}{D}; \dots(4)$$

Полученное регрессионное уравнение является адекватным и допустимой точностью описывает функцию отклика на локальном участке. Для достижения оптимума пользуемся методом крутого восхождения [4].

Градиент функции равен:

$$\Delta \varphi = \frac{\partial \varphi}{\partial x_1} \vec{i} + \frac{\partial \varphi}{\partial x_2} \vec{j} + \frac{\partial \varphi}{\partial x_3} \vec{k} \dots(5)$$

где $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ представляют собой единичные векторы по координатным осям.

При полиноме первой степени частные производные составляющих градиента равны коэффициентам регрессии:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial x_1} = b_1 = 0,18; \quad \frac{\partial \varphi}{\partial x_2} = b_2 = 0,12;$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial x_3} = b_3 = 0,12;$$

Путем изменения неизвестных переменных пропорционально коэффициентам уравнения регрессии осуществляется движение по направлению градиента функции отклика. Определяем составляющие градиента крутого восхождения.

$$b_1 a_1 = 0,18 \cdot 125 \cdot 10^4 = 22,5 \cdot 10^4;$$

$$b_2 a_2 = 0,12 \cdot 220 \cdot 10^{15} = 26,4 \cdot 10^{15};$$

$$b_3 a_3 = 0,12 \cdot 23 \cdot 10^{-7} = 2,76 \cdot 10^{-7}$$

Умножение составляющих градиента на произвольно положительное число дает точки, которые тоже находятся на градиенте. Поэтому, умножаем составляющих на число 0,469.

$$a_1 = 22,5 \cdot 10^4 \cdot 0,469 = 10,5 \cdot 10^4$$

$$a_2 = 2,64 \cdot 10^{15} \cdot 0,469 = 1,24 \cdot 10^{15};$$

$$a_3 = 2,76 \cdot 10^{-7} \cdot 0,469 = 1,3 \cdot 10^{-7};$$

Если последовательно добавим основному уровню составляющие градиента, получим

серии крутого восхождения, которые представлены в таблице 2.

Тав.2 Данные для крутого восхождения,

факторы	$x_1 \cdot 10^4$	$x_2 \cdot 10^{13}$	$x_3 \cdot 10^{-7}$	$y \cdot 10^{13}$
Основной уровень	175	220	$85 \cdot 10^{-7}$	
Интервал варьирования	125	100	$23 \cdot 10^{-7}$	
Верхний уровень	300	120	$62 \cdot 10^{-7}$	
Нижний уровень	50	320	$108 \cdot 10^{-7}$	
Опыты	Кодированные и натуральные значения факторов			
0	0; 175	0; 220	0; 62	2,64
1	-1; 125	-1; 100	-1; 23	2,66
2	1; 300	-1; 100	-1; 23	1,77
3	-1; 125	1; 320	-1; 23	2,79
4	1; 300	1; 320	-1; 23	2,37
5	-1; 125	-1; 100	1; 85	2,63
6	1; 300	-1; 100	1; 85	2,54
7	-1; 125	1; 320	1; 85	2,7
8	1; 300	1; 320	1; 85	2,69
b_j	0,18	0,12	0,12	
$b_j \bar{b}_j$	22,5	2,64	2,76	
Новый интервал варьирования опыты	10,5	1,24	1,3	
9	310,5	321,24	86,3	
10	321,0	322,48	87,6	2,80
11	331,5	323,72	88,9	2,82
12	342,0	324,96	89,2	2,81

Когда математическая модель является адекватной начинают реализацию таких опытов условия которых выходят за пределом проведенных экспериментов минимум одним фактором. Поэтому, начинаем реализацию 10-ым опытом.

Уменьшение параметра оптимизации на 12-ом опыте указывает на то, что результаты 11-ого опыта является наиболее экстремальными. В заключении на основе оптимизации процесса ЭИЛ можно установить факторы для получения оптимальной микротвердости металлопокрытий:

$$x_1 = \frac{KI}{\rho VD^2} = 331.5 \cdot 10^4;$$

$$x_2 = \frac{\gamma}{kV^2} = 323.82 \cdot 10^{15} \quad x_3 = \frac{TV}{D} = 88.9 \cdot 10^{-7} \quad \text{Э}$$

тим факторам соответствуют следующие условия электроискрового легирования:

- Сила тока короткого замыкания $I=18A$

- Время ЭИЛ – $T=4$ мин.

- Напряжение на конденсаторе $\gamma =60$ в.

В этих условиях микротвердость покрытий, полученных ЭИЛ составляла $H_p=17800$ МПа. В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Установлена целесообразность применения технологии электроискрового легирования для восстановления изношенных деталей с/х техники.
2. Разработана методика и проведена оптимизация процесса ЭИЛ для получения максимальной микротвердости покрытий.
3. Доказано, что максимальная микротвердость покрытий получается при силе тока короткого замыкания $I=180A$ мин. и напряжении на конденсаторе $\gamma =60$ в.

Литература

1. Кацитадзе Дж.В., Сарджвеладзе Н.Н., Дзирквадзе Э., Хизанишвили А.А. – Технический сервис машин. Тбилиси, 2008г. – 287с.
2. Кацитадзе Дж.В., Сарджвеладзе Н.Н., Хизанишвили А.А., Капанадзе И.Г. – Исследование процесса восстановления деталей с/х техники электроискровым легированием с применением методов теории подобия и размерностей. Труды XVI международной конф. Trans&VOTAUTO'09, том2, Болгария, с.142...144
3. Лазаренко М.И. – Электроискровое легирование металлических поверхностей. М.Машиностроение, 1976, 180с.
4. Адлер Ю.П., Маркова К.Б., Грановский Ю.Б. – Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.Наука, 1971г. 280с.
5. Налимов В.В., Чернова Н.А. _ Статистические методы планирования экспериментов М.Наука, 1965г. 82с.
6. Georgiev I. St.D. Vasiliev – Einige untersuchungsergebnisse an Druch und Trenn-einrichtcengen mit Unterschiedlichen Trommeldurmchessern Deutsch Agrar-techni #3, 1972