

Изследване трайността на възстановителни покрития под слой от флюс с многофакторно планиране

Митко Николов, Огнян Сливаров, Любомир Станев

Study of the endurance of restoration cover under flux with multiple-factor experiment:
Optimization of the wear stability of under-flux welded large-sized details in abrasive medium was carried out by multiple-factor experiment. The highest abrasive wear stability of the under-flux welded covers was obtained by welding using electrode wire DUR 600 and flux mix containing flux OK 1096 with addition of 22% flux FBTT, working in dry abrasive medium.

Key words: Optimization, Welding, Abrasive medium.

ВЪВЕДЕНИЕ

Възникването, развитието и интензивността на протичане на износването в абразивна среда на възстановените с под флюсово наваряване детайли се определят от свойствата на наварените покрития и външните въздействия и условия. Свойствата на навареното покритие се определят от неговото качество и надеждността, получени в процеса на възстановяване на голямогабаритните детайли.

Към характеристиките на външните въздействия и условия се отнасят: специфичното налягане върху единица физическа повърхност на допиране; характера на прилаганото натоварване; характеристиките на абразивната среда; влажност на средата; скоростта на плъзгане на триещите се повърхности и характера на нейното изменение във времето и др. [7]

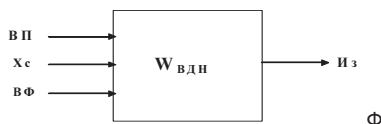
Всички фактори на въздействие са взаимно свързани и поради това изучаването на тяхното влияние върху износването на възстановените голямогабаритни детайли представлява значителна трудност. За преодоляването на тази трудност помагат методите на многофакторното изследване, приложени при процеса на абразивно износване на възстановените под слой от флюс голямогабаритни детайли.

ЦЕЛТА на настоящата работа е да се установи влиянието на указаните параметри посредством методите на многофакторния експеримент върху изнosoустойчивостта в абразивна среда на наварени под слой от флюс.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Провеждането на многофакторния експеримент е свързано най-вече с математическото планиране на опитите. За разработването на такъв план е необходимо първо да се избере локалната област на факторното пространство и матрицата на планиране на експеримента. Избирането на локалната област за провеждане на експеримента се заключава в определянето на основното ниво и интервалите на вариране за изучаваните фактори. Построяването на плана на експеримента се свежда до избора на експерименталните точки, симетрично разположени спрямо основното ниво, и те да отговарят на основните изисквания за оптималност.

В качеството на основни фактори на въздействие в локалната област на многофакторния експеримент [3,5,6] са приети външните условия и качеството на навареното покритие които оказват съществено



иг.1 Кибернетичен модел на многофакторния експеримент:

ВП е влажност на почвата; Хс - въглеродно съдържание в електродния тел; ВФ – вид на флюса за втория слой; Из – изнosoустойчивост на наварените под слой от флюс покрития в абразивна среда..

влияние върху износоустойчивостта на наварените под слой от флюс покрития в абразивна среда (фиг. 1):

- влажност на почвата, като процент от пределната почвена влажност (ВП);
- въглеродно съдържание в електродния тел (Хс);
- вид на флюса за втория слой при наваряване с междинен слой (ВФ).

За основен критерий за оценка трайността на навареното под слой от флюс покритие беше приета износоустойчивостта в абразивна среда (Из) на възстановените голямогабаритни детайли. Като абразивната среда при оптимизацията на трайността на възстановените под флюс детайли е използвана формовъчна пръст тип К16, като най-близка по характеристики с почвата.

Определянето на основното ниво и интервалите на вариране изисква внимателно анализиране на априорната информация за изменението на параметрите на оптимизация, за кривите на повърхността на отклика и за границите на изменение на факторите.

След анализа на литературните данни [3,4,5] и проведените от нас предварителни и еднофакторни експерименти е избрана локална област на факторното пространство, която да отговаря на всички изисквания за екстремален експеримент. В табл. 1 са приведени основните характеристики на избраната от нас локална област за провеждане на многофакторния експеримент.

Таблица 1. Характеристика на локалната област на факторното пространство

№	Характеристики Наименование	Фактори			
		кодovo означение	ВП %	Хс %	ВФ
1	Основно ниво	0	50	0,3	OK1096
2	Интервал на вариране	l	40	0,2	-
3	Горно ниво	+	90	0,5	FBTT
4	Долно ниво	-	10	0,1	CS350
5	Кодовo означение	\circ X_j	X_1	X_2	X_3

Изхождайки от модалните и средните значения на статистическото разпределение на детайлите е избран детайлът - "модел" за лабораторните изследвания отговарящ на детайлите от земеделската и транспортната техника.

Образците за изпитване са получени чрез изрязване от наварен под слой от флюс детайл-модел и имат характеристики:

материал на подложката - Ст 45, твърдост - 200-220 НВ, дебелина на подложката - $b = 5$ mm, дължина на подложката - $L = 50$ mm, ширина на подложката $B = 30/35$ mm, маса на подложката - $G = 70-80$ g, покритието е получено чрез наваряване с междинен слой поради по-доброто му формиране и по-малката прибавка за механична обработка.

Изработването на образците от детайла - "модел" се извършва в следната технологична последователност: напластяване на възстановително покритие под слой от флюс при съответните режими; отрязване на подложката с размери 51/31/(36)/5,5 mm; закрепване в стиска и фрезозане на дължината на подложката до $50^{+0,2}$ mm; закрепване в стиска и фрезозане на ширината на подложката до $30^{+0,2}$ mm; закрепване в стиска и фрезозане дебелината на подложката до $5^{+0,1}$ mm; изработване и заваряване на монтажен палец с размери 15/7/7 mm.

Продължителността на опитите е 480 min, по схемата долен абразив. При така нареченият "долен абразив", изпитваните работни повърхности са обърнати с наварената част надолу и в процеса на абразивното износване участва силата от съпротивлението на абразива, получена от уплътняването му. При схемата на изпитване с долен абразив се осъществява натиск между образците и абразивната среда, което се съпровожда с интензивно триене, по-голямо износване и по-голямо общо загряване на средата.

Параметрите на натоварването (големина, скорост и характер), а също характеристиките на образците и абразивната среда в процеса на експеримента се поддържаха постоянни. Наваряването на образците е извършено двуслойно с междинен и износостойчив слой.

В качеството на математически модел за описване обекта на изследване е приет квадратичен модел (полином от втора степен) във вида на уравнението на регресия:

$$Y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_{11} \cdot x_1^2 + b_{22} \cdot x_2^2 + b_{33} \cdot x_3^2 \quad (4.1)$$

където у е функция на отклик (параметър на оптимизация);

x_1, x_2, x_3 - кодово обозначение на факторите на експеримента;

$b_0, b_1, b_2, b_3, b_{11}, b_{22}, b_{33}$ - коефициенти на факторите на взаимодействия.

Известно е, че броят на опитите в пълния факторен експеримент значително превъзхожда броя на отделните коефициенти на регресия. При това, колкото е по-голям броят на факторите, толкова повече броят на опитите превишава броя на коефициентите на модела [1, 2]. Като се изхожда от броя на факторите ($n=3$) е избран симетричен композиционен план от вида V_3 . Построената матрица за планиране на експеримента и опитните данни са представени в табл.2.

Оценката на големината на износване в абразивна среда на наварени под слой от флуос възстановителни покрития е получена от трикратно повтoreние на всеки опит. Средните стойности са показани в колона 7 на табл.2.

Получените данни са обработени с помощта на програмата „STATISTICS 10“, като стойностите за коефициентите на регресия, коефициента на определеност и критерия на Фишер са представени в табл.3 [2].

Таблица 2
План на експеримента и опитните стойности на параметъра на оптимизация

	1 X1	2 X2	3 X3	4 x11	5 x22	6 x33	7 Y
1	-1	-1	-1	1	1	1	11.7
2	1	-1	-1	1	1	1	14.7
3	-1	1	-1	1	1	1	5.8
4	1	1	-1	1	1	1	7.5
5	-1	-1	1	1	1	1	9.7
6	1	-1	1	1	1	1	11
7	-1	1	1	1	1	1	4.2
8	1	1	1	1	1	1	5.4
9	1	0	0	1	0	0	8.1
10	-1	0	0	1	0	0	7.1
11	0	1	0	0	1	0	3.7
12	0	-1	0	0	1	0	6.4
13	0	0	1	0	0	1	7
14	0	0	-1	0	0	1	10.6

Таблица 3
Стойности на коефициентите на регресия b, коефициента на определеност R^2 и критерия на Фишер F (6;7)

Regression Summary for Dependent Variable Y (Spreadsheet1.sta)						
R= .97230760 R ² = .94538207 Adjusted R ² = .89856670						
F(6,7)=20.194 p<.00043 Std. Error of estimate: .99283						
N=14	b*	Std. Err. of b*	b	Std. Err. of b	t(7)	p-value
Intercept			6.350	0.633	10.035	0.000
X1	0.231	0.088	0.820	0.314	2.612	0.035
X2	-0.757	0.088	-2.690	0.314	-8.568	0.000
X3	-0.366	0.088	-1.300	0.314	-4.141	0.004
x11	0.188	0.095	1.250	0.633	1.975	0.089
x22	-0.196	0.095	-1.300	0.633	-2.054	0.079
x33	0.368	0.095	2.450	0.633	3.872	0.006

Интерполационното уравнение на модела, съдържащо само значимите коефициенти на регресия и има вида:

$$Y = 6,35 + 0,82 \cdot x_1 - 2,69 \cdot x_2 - 1,30 \cdot x_3 - 1,30 \cdot x_2^2 + 2,45 \cdot x_3^2 \quad (4.2)$$

От стойностите на коефициента на определеност $R^2=0,9711$ следва, че 97 % от изменението на Y се описва от избрания модел от втора степен. Критерия на Фишер е $F(6;7) = 20,1945$ и съответната му вероятност $p < 0,00043 < 0,05$ показва, че хипотезата за адекватност на получения регресионен модел се приема, при равнище на значимост $\alpha = 0,05$. При това равнище на α значими са всички коефициенти без b_{11} .

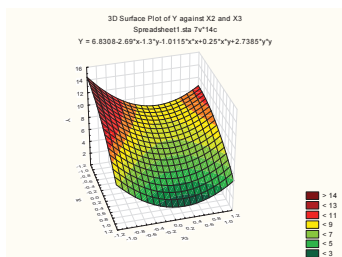
Уравнението на регресия показва, че износването в абразивна среда на възстановените под слой от флюс голямогабаритни детайли намалява с повишаване на въглерода в наваръчния тел и качеството на флюса, и нараства при увеличаване влажността на почвата.

За определяне силата на влияние на входните фактори върху износването се извършва последователно изключване на факторите един по един. При това изключване се следи промяната на коефициента на определеност R^2 , като за най-силния фактор ще съответства най-малка стойност на коефициента на определеност и обратното. Стойностите на коефициента на определеност R^2 за различните входни фактори са съответно:

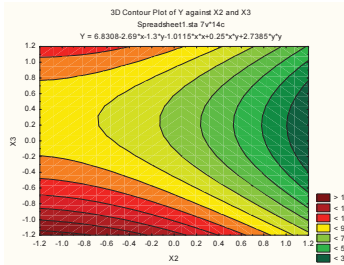
$$X_1 = 0,8921; X_2 = 0,3725; X_3 = 0,8116.$$

От приведените данни за коефициента на определеност се вижда, че най-голямо влияние върху износването има съдържанието на въглерод в електродния тел, следващия по значимост фактор е вида на флюса използван за наваряване на износоустойчивия слой, а с най-слабо влияние е влажността на почвата, което се потвърди от проведените лабораторни изследвания.

Използвайки получените резултати за факторите с най-силно влияние X_2 и X_3 са построени повърхнината на отклика $Y = f(x_2, x_3)$ (фиг.2) и линиите на еднакъв отклик (фиг.3).



Фиг.2. Повърхнина на отклика $Y=f(x_2, x_3)$



Фиг.3. Линии на еднакъв отклик $Y=f(x_2, x_3)$

За оптимизиране на възстановяването на голямогабаритни детайли под слой от флюс работещи при абразивно износване е използван софтуерния продукт Mathcad 13 с приложението "Optima 4", позволяващ извеждане на оптималните стойности на факторите в кодиран вид. Входните данни, които бяха необходими за обработка на резултатите са коефициентите на регресионния модел, след което софтуерния продукт изчислява автоматично оптималните стойности на всеки един от факторите в кодиран вид. Въвеждането на коефициентите на модела може да се извърши на база пълния вид на модела (4.1) или опростения вид (4.2). В първия случай е необходимо

Таблица 4.

Оптимални стойности на управляемите фактори

Управляем фактор	ниво	стойност в натурален вид
X_1	-1	суха
X_2	1	DUR 600
X_3	0,221	OK 1096 + 22% FBTT

въвеждане стойностите на всички коефициенти на модела, а във втория – само стойностите на значимите коефициенти, а незначимите коефициенти се въвеждат с нула. След обработване на входните данни се получиха следните резултатите, представени в табл.4.

От табл.4 се вижда, че за да се получи максимална износоустойчивост от взаимодействието на управляемите фактори, два от тях е необходимо да имат стойности, съгласно предварително определените нива на вариране. За управляемия фактор X_3 е необходимо да се определи

стойността в натурален вид, тъй като според "Optima 4" стойността на фактора не съвпада с предварително определените нива на вариране и се намира в интервала от стойности между основно и горно ниво на вариране. Изхождайки от факта, че флюсовете са с предварително определен състав от фирмата производител, то за да се получи необходимия състав на флюса (оптимална стойност на X_3) трябва към флюс ОК 1096 да се добавят 22 % от флюс FBTT.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведеното многофакторно изследване за определяне трайността на наварените под слой от флюс голямогабаритни детайли позволява да се направят следните изводи:

1. Получено е интерполационно уравнение на регресия за големината на износване на наварените под слой от флюс покрития в абразивна среда.

2. Уравнението на регресия показва, че износването в абразивна среда на възстановените под слой от флюс голямогабаритни детайли намалява с повишаване на въглерода в наваръчния тел и качеството на флюса, и нараства при увеличаване влажността на почвата.

3. Най-висока абразивна износоустойчивост на наварените под слой от флюс покрития се получава при наваряване с електроден тел DUR 600 и флюсова смес съставена от флюс ОК 1096 с добавка на 22% флюс FBTT, при работа в суха абразивна среда.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Адлер Ю. П. и др. Планирование эксперимента при поиска оптимальных условий. М.: Наука, 1976.

[2] Митков. А. Теория на експеримента. Русе: 2011.

[3] Гринберг А. Н. и др. Износостойкие напловочные и композиционные материалы для упрочнения трихщихся поверхностей в условиях абразивного и гидроабразивного изношения. Сварочное производство, № 5, 1992.

[4] Кери Б. Г. Основные механизированные способы дуговой сварки, применяющиеся в С Ш А. Автоматическая сварка, № 3, 1980.

[5] Сливаров О., М. Николов, Л. Станев Изследване износването на наварени образци в свободна абразивна среда. Еко Варна „Транспорт, екология, устойчиво развитие“, Варна: 2010, стр. 671-677.

[6] Василев В. С., и др. Технология на възстановяване на детайлите. Русе: РУ "Ан. Кънчев", 1996.

[7] Тончев Г., Пл. Кангалов Методика за изследване на триботехническите характеристики на електрохимични антифрикционни сплави за възстановяване на автотракторни лагери. // сп. "Селскостопанска техника", 6-7, 1994, стр. 24...26.

За контакти:

Доц. д-р инж. Митко Николов, Катедра "Ремонт, надеждност и химични технологии", Русенски университет "Ангел Кънчев", Тел.: 082 888 223, E-mail: mnikolov@ru.acad.bg.

Гл. ас. инж. Огнян Владимиров Сливаров. ПУ "Паисий Хилендарски", Технически колеж – Смолян. Тел.: 0896143493. e-mail: oslivarov@dir.bg

Проф. д-р Любомир Станев, катедра "Машиностроене и транспорт", Технически колеж – Смолян към ПУ "Паисий Хилендарски", тел.: 0895965674.

Докладът е рецензиран