

Многофакторно изследване формирането на възстановителни покрития в газови смеси

Митко Николов

Multiple-factor Study on Formation of Restoration Layers in Gas Mixtures: Optimization of the welding layers formation in gas mixtures has been done by multiple-factor experiment. The optimal arc welding conditions have been established and they are: carbon content in the electrode wire is up to 0.1 %, vibrations amplitude of the electrode wire is 1.5 mm, welding rate is 1.9 m/min and velocity of electrode wire's feed is 2.3 m/min.

Key words: Optimization, Welding, Gas mixtures.

ВЪВЕДЕНИЕ

Формирането на наварените покрития има важно значение за качеството на възстановяваните детайли, разходите на труд при последваща механична обработка и производителността на технологическия процес. Съществено влияние върху формирането на тези покрития оказва режима на наваряване и по-специално неговите кинематични и технологически параметри (въглеродно съдържание на електродния тел, амплитуда на вибрации, скорост на наваряване и скорост на подаване на електродния тел).

Целта на настоящата работа е да се установи влиянието на указаните параметри посредством методите на многофакторния експеримент върху получаването на вибродъгово наварени покрития с минимална грапавост, дебелина и прибавка за последваща механична обработка.

ИЗЛОЖЕНИЕ

В качеството на основни фактори на въздействие в локалната област на многофакторния експеримент [1...4] са приети основните параметри от режима на вибродъгово наваряване в газова смеси, които оказват съществено влияние върху формирането на възстановителни наварени покрития (фиг.1):

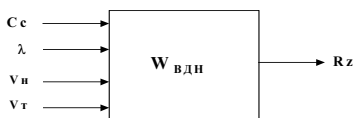
- въглеродното съдържание на електродния тел (Cс);
- амплитуда на вибрации (λ);
- скорост на наваряване (V_H);
- скорост на подаване на електродния тел (V_T).

За основен критерий за оценка формирането на навареното покритие беше приета височината на неравностите на профила на покритието (Rz).

Изследваните наварени покрития са получени в газова смеси от аргон и въглероден двуокис при състав 60 % Ar и 40 % CO₂. Съставът на газовата смеси е определен чрез проведени от нас предварителни изследвания [5].

Наваряването е извършено на уредба с безинерционен осов вибродъгов апарат АВН-60 с дюза за защитни газове върху цилиндрични образци от Ст-45 с диаметър 50 mm и дължина 250 mm, съответстващи на средно статистичните размери и маса на детайлите, подлежащи на възстановяване [6].

Върху всеки образец се наваряваха по пет шийки с ширина 40 mm с електродни телове Св-08Г2С, Нп-18ХГСА и Нп-30ХГСА с диаметър 1,6 mm при следния режим: Работно електрично напрежение 18 - 20 V, големина на електрическия ток 150 - 180



фиг.1 Кибернетичен модел на многофакторния експеримент:

C_с е въглеродно съдържание; λ- амплитуда на вибрации; V_н-скорост на наваряване; V_т-скорост на подаване на електродния тел; Rz-грапавост на навареното покритие.

A, стъпка на наваряване 3 mm/tr, излаз на електродния тел 15 mm, разход на газ 15 l/min и честота на вибрациите 46,7 Hz.

Височината на неравностите на профила на наварените шийки се измерваше с помощта на специално индикаторно приспособление и се оценяваше с 3 x 10 успоредни измервания на профила на всяка наварена шийка. Средната стойност на всяка наварена шийка се изчисляваше по формулата :

$$R_z = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n h_{i\max} - \sum_{i=1}^n h_{i\min} \right), \mu\text{m}$$

Провеждането на многофакторния експеримент изисква математическото планиране на опитите, избор на локалната област на факторното пространство и матрицата на планиране на експеримента.

Провеждането на многофакторния експеримент изисква математическото планиране на опитите, избор на 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 за вариране на изучаваните фактори. При избора на основното ниво и интервалите на вариране се изхожда от изискването всички възможни опити на матрицата за планиране да се намират в реалната област на факторното пространство.

След анализа на литературните данни [1...4] и проведените от нас предварителни изследвания е избрана локална област на факторното пространство (табл.1), която да отговаря на всички изисквания за екстремален експеримент.

Таблица 1.

Характеристика на локалната област на факторното пространство

№	Характеристики Наименование	Фактори				
		кодово означение	Cc	λ	V _H	V _T
			% C	mm	m/min	m/min
1	Основно ниво	0	0,20	1,0	1,9	2,3
2	Интервал на вариране	l	0,10	0,5	0,6	0,5
3	Горно ниво	+	0,30	1,5	2,5	2,8
4	Долно ниво	-	0,10	0,5	1,3	1,8
5	Кодово означение	° X _i	X _c	X _λ	X _{V_H}	X _{V_T}

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

$$y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_4 \cdot x_4 + b_{23} \cdot x_2 \cdot x_3 + b_{24} \cdot x_2 \cdot x_4 + b_{22} \cdot x_2^2 + b_{33} \cdot x_3^2$$

където **y** е функцията на отклик (параметър на оптимизация);

x₁, x₂, x₃, x₄ - кодово обозначение на факторите на експеримента;

$b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_{23}, b_{24}, b_{22}, b_{33}$ - коефициенти на факторите и взаимодействията.

Таблица 2.

Разширена матрица, план на експеримента и опитни стойности

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	X0	X1	X2	X3	X4	X2X3	X2X4	X22	X33	Y
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	90
2	1	-1	-1	1	1	1	-1	1	1	120
3	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	1	54
4	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	74
5	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	110
6	1	1	-1	1	-1	-1	1	1	1	147
7	1	1	1	-1	-1	1	-1	1	1	67
8	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	123
9	1	0	1	0	0	0	0	1	0	45
10	1	0	-1	0	0	0	0	1	0	83
11	1	0	0	1	0	0	0	0	1	137
12	1	0	0	-1	0	0	0	0	1	60
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75

За отчитане взаимодействието на факторите беше проведен дробен факторен експеримент с полуреплика 2^{4-1} разширена със звездните точки на отделните фактори. Матрицата за планиране на експеримента и средните стойности от опитите са представени в табл.2.

Получените опитни данни са обработени с помощта на програмата „STATISTICS”, като стойности на коефициентите на регресия **B**, коефициента на определеност R^2 и критерия на Фишер $F(8;4)$ са представени в табл.3.

В резултат на проведените експерименти и извършената обработка на опитните данни е получено следното интерполационно уравнение на регресия за процеса на вибродъгово наваряване в газова смес от аргон и въглеродния двуокис. То, съдържа само значимите коефициенти на регресия и има вида:

$$Y = 70 - 18,10 \cdot x_2 + 22,60 \cdot x_3 - 13,63 \cdot x_4 + 31 \cdot x_3^2$$

Критичната стойност на критерия на Фишер е $F_{кр} = 8,9003$. Тъй като изчислената стойност на критерия на Фишер е по-малка от критичната, то хипотезата за адекватност на получения регресионен модел се приема, при равнище на значимост

Таблица 3. $\alpha = 0,05$.

Стойности на коефициентите на регресия **B**,
коефициента на определеност R^2
и критерия на Фишер $F(8;4)$

Уравнението на регресия показва, че големината на неравностите на профила на навареното покритие в газова смес от 60% Ar и 40% CO₂ намалява при увеличаване амплитудата на вибрациите и скоростта на подаване на електродния тел, а нараства при увеличаване скоростта на наваряване.

Regression Summary for Dependent Variable: Y (Dop 1.st)						
R= ,97304180 R ² = ,94681035 Adjusted R ² = ,84043104						
F(8,4)=8,9003 p<,02540 Std.Error of estimate: 13,203						
N=13	Beta	Std.Err. of Beta	B	Std.Err. of B	t(4)	p-level
Intercept			70,0000	3,606753	7,28654	0,001885
X1	-0,089548	0,115314	-3,6250	4,668043	-0,77656	0,480782
X2	-0,499899	0,115314	18,1000	4,175225	-4,33510	0,012300
X3	0,624183	0,115314	22,6000	4,175225	5,41288	0,005644
X4	-0,336578	0,115314	13,6250	4,668043	-2,91878	0,043296
X2X3	0,046318	0,115314	1,8750	4,668043	0,40167	0,708464
X2X4	0,132778	0,115314	5,3750	4,668043	1,15145	0,313691
X22	-0,046437	0,116353	-3,5000	3,769726	-0,39910	0,710209
X33	0,411296	0,116353	31,0000	3,769726	3,53489	0,024124

За определяне силата на влияние на входните параметри върху грапавостта на навареното покритие се извърши 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 параметри са съответно:

$$X_1 = 0,938791;$$

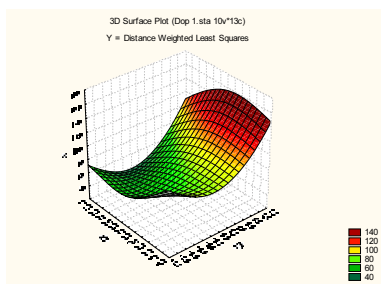
$$X_2 = 0,696911;$$

$$X_3 = 0,557205;$$

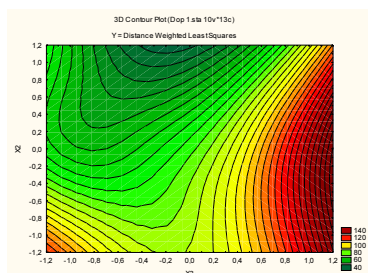
$$X_4 = 0,833525.$$

От приведените данни за коефициента на определеност се вижда, че най-голямо влияние върху формирането на навареното покритие в газова смеси има скоростта на наваряване, следващите по значимост фактори са амплитудата на вибрациите и скоростта на подаване на електродния тел, а с най-слабо влияние е въглеродното съдържание в електродния тел.

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



Фиг. 2. Повърхнина на отклика $Y=f(x_1, x_4)$



Фиг. 3. Линии на еднакъв отклик $Y=f(x_1, x_4)$

За определяне параметрите на оптималния режим на сработване с цинков олеат е използвана програмата „MATCAD” с подпрограмата „MINIMIZATION”. След въвеждане на всички коефициенти на регресия, програмата изчислява координатите (комбинация на входните параметри) и стойността на минимума на функцията.

Трябва да се отбележи, че режима на наваряване в газова смес от 60% Ag и 40% CO_2 при който въглеродното съдържание в електродния е до 0,1%, амплитудата на вибрациите на електродния тел е 1,5 mm и скоростта на наваряване е 1,9 m/min, а скоростта на подаване на електродния тел е 2,3 m/min се намира в квазистационарната област на факторното пространство и е търсения оптимален режим на наваряване.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведеното многофакторно изследване за оптимизиране процеса на сработване с модификатори на триенето позволява да се направят следните изводи:

1. Получено е интерполационно уравнение на регресия за височината на неравностите на профила на вибродъгово наварено покритие в газова смес от 60% Ag и 40% CO_2 .

2. Интерполационното уравнение показва, че неравностите на профила на навареното покритие намаляват при увеличаване амплитудата на вибрациите и скоростта на подаване на електродния тел, а нарастват при увеличаване скоростта

на наваряване.

3. Минимална грапавост на навареното покритие се получава при въглеродно съдържание в електродния е до 0,1%, амплитуда на вибрациите на електродния тел 1,5 mm и скоростта на наваряване е 1,9 m/min, а скоростта на подаване на електродния тел е 2,3 m/min.

ЛИТЕРАТУРА

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

[2] Аснис. А. Е. Сварка в смеси активных газов. К.: Наукова думка, 1982.

[3] Дубовецкий С. В. , Касаткин О. Г. Оптимизация режима сварки в CO₂. Автоматическая сварка, № 1, 1980.

[4] Тончев Г. П. Изследване влиянието на пространственото разположение на електродния тел върху формирането на възстановителни покрития в среда от аргон. Н.тр. на ВТУ-Русе, т.23, серия 3, Русе: 1981.

[5] Тончев Г. П. и Николов М. И. Влияние състава на газовете смеси върху технологическите параметри при вибродъгово наваряване на детайли от автотракторната и земеделска техника. Сп.Селскостопанска техника, № 6-7, 1994.

[6] Тончев Г. П. и Станев Л. Г. Статистическо изследване на структурните характеристики на работните повърхности на ротационните детайли на тракторите ЮМЗ-6Л и МТЗ-80. Н.тр. на ВТУ-Русе, т.22, серия 1, Русе: 1980.

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.

Докладът е рецензиран.