АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ НА ИЗНОСВАНЕТО В ХИДРОАБРАЗИВНА СРЕДА НА СЛОЕВЕ, ПОЛУЧЕНИ ЧРЕЗ ГАЗОТЕРМИЧНО ПРАХОВО НАВАРЯВАНЕ

Калин Люцканов, ВВМУ "Н. Й. Вапцаров", Варна

ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF HYDROABRASIVE WEAR OF SURFACING LAYERS FORMED BY USING THE METHOD OF GAS-THERMAL WELDING WITH METAL POWDERS ALLOYS

Kalin Lyutskanov, Nikola Vaptsarov Naval Academy, Varna

Abstract: *This article presents the analysis of hydroabrasive wear of surfacing layers formed by gas-thermal welding with metal powders alloys.*

Key words: *analysis, gas-thermal welding, metal powders alloys, wear, wear resistance.*

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Износоустойчивите стомани са специален клас, характерен с висока износоустойчивост на триене. Тяхното приложение е свързано с повишени изисквания към създаването и използването изделие основно с такива характеристики. Известно е, че използването на манган, хром, молибден и волфрам са определящи за твърдостта на режещия ръб при изготвяне на инструменти. Цялостното изготвяне на изделието от износоустойчив материал е свързано често с излишно оскъпяване. В последните години приложение намериха специални прахови субстанции, на основата на които са създадени продукти с износоустойчиви характеристики. Използването на такива технологии могат да доведат до по-евтини изделия, поради наваряването само на тази част, която е в контакт при триенето. Положително качество е и получаване на детайл където основната "носеца" част е и с допълнителни други изисквания.

Настоящия доклад представя изследвания на износване във водна среда на образци, наварени чрез газотермично прахово наваряване, в основата на които се използват три типа прах: Eutalloy 10999; Eutalloy 10611 и

Eutalloy 10092. Тези прахове по предварителни данни притежават добри качества срещу износване при триене.

Изследването се базира на обработване на експериментален материал.

2. ИЗЛОЖЕНИЕ

Набирането на данни за целите на експерименталното изследване е съгласно Теорията на експеримента. Предварително са регламентирани два фактора: време на работа (X_1 , min) и честота на въртене за осигуряване на въртливо движение при триене, при контакт с абразивен инструмент (X_2 , min⁻¹). Избран е оптимален композиционен план В2, даващ възможност за определяне на математичен модел от типа пълен квадрат

$$y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + b_{11} \cdot x_1^2 + b_{22} \cdot x_2^2 \quad (1)$$

Провеждането на експериментите се извършва с използване на лабораторен стенд проектиран и изработен във ВВМУ "Н. Й. Вапцаров" за реализиране на процеса (фиг. 1). За симулиране на износване под вода с хидравличен стълб до 25 m в специализираната хидравлична установка е подведено налягане 2,5 бара.

Фиг. 1. Снимка на стенд за изследване на износоустойчивостта

Фиг.1. Снимка на стенд за

В табл. 1 са дадени стойностите на двата фактора в естествен и кодиран вид, връзката между тях и диапазоните на изменението им.

Таблица 1

Фактори	Време на работа, min			Честота, min ⁻¹		
Кодирани [x _i]	+1	0	-1	+1	0	-1
Естествени [X _i]	15	10	5	240	180	120

Проведени са по една серия от 9 опита за трите типа прах. За определяне на оценка на стандартното отклонение на опитите са проведени допълнително по три опита в базовия режим. Получени са оценки $S_{\varepsilon} = 0,05$, при степени на свобода $\nu_{\varepsilon} = 2$. Износването на образе-

ца е определено след претегляне преди и след експеримента като процент от масата му.

В таблица 2 са дадени плана на експериментите и стойностите на износването за трите вида прах.

Таблица 2

No	x ₁	x ₂	Eutalloy 10999 (y ₉₉₉) [%]	Eutalloy 10611 (y ₆₁₁) [%]	Eutalloy 10092 (y ₉₂) [%]
1	-1	-1	0,16	0,3	0,19
2	+1	-	0,95	0,75	0,93
3	-1	+1	1,22	0,84	1,1
4	+1	+1	2,22	1,43	1,92
5	-1	0	0,23	0,44	0,34
6	+1	0	1,05	0,95	0,95
7	0	-1	0,50	0,45	0,50
8	0	+1	1,55	1,05	1,3
9	0	0	0,66	0,65	0,55

Разширената матрица на плана, за конкретния случай на разглеждане има вида:

$$\mathbf{F} = \begin{bmatrix} +1 & -1 & -1 & +1 & +1 & +1 \\ +1 & +1 & -1 & -1 & +1 & +1 \\ +1 & -1 & +1 & -1 & +1 & +1 \\ +1 & +1 & +1 & +1 & +1 & +1 \\ +1 & -1 & 0 & 0 & +1 & 0 \\ +1 & +1 & 0 & 0 & +1 & 0 \\ +1 & 0 & -1 & 0 & 0 & +1 \\ +1 & 0 & +1 & 0 & 0 & +1 \\ +1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Информационната матрица е

$$G = \begin{bmatrix} 9 & 0 & 0 & 0 & 6 & 6 \\ 0 & 6 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 6 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4 & 0 & 0 \\ 6 & 0 & 0 & 0 & 6 & 4 \\ 6 & 0 & 0 & 0 & 4 & 6 \end{bmatrix} \quad (3)$$

От табл. 2 се формират вектори на целевите функции, записани в транспониран вид и използвани за пре-

смятане на коефициентите **b** на трите модела по следните матрично векторни уравнения

$$\mathbf{b}_{999} = [\mathbf{F}^T \cdot \mathbf{F}]^{-1} \cdot \mathbf{F}^T \cdot \mathbf{y}_{999}, \quad (4)$$

$$\mathbf{b}_{999} = [0,6011 \ 0,4350 \ 0,5633 \ 0,0525 \ 0,0683 \ 0,4533]^T \quad (5)$$

$$\mathbf{b}_{611} = [\mathbf{F}^T \cdot \mathbf{F}]^{-1} \cdot \mathbf{F}^T \cdot \mathbf{y}_{611}, \quad (6)$$

$$\mathbf{b}_{611} = [0,6351 \ 0,2584 \ 0,3034 \ 0,035 \ 0,0686 \ 0,1236]^T \quad (7)$$

$$\mathbf{b}_{92} = [\mathbf{F}^T \cdot \mathbf{F}]^{-1} \cdot \mathbf{F}^T \cdot \mathbf{y}_{92} \quad (8)$$

$$\mathbf{b}_{92} = [0,5329 \ 0,3617 \ 0,4501 \ 0,0200 \ 0,1219 \ 0,3769]^T \quad (9)$$

Проверена е значимостта само на коефициентите b_1 , b_2 и b_{12} , които се определят независимо, съгласно структурата на матрица **G**. Проверка на първия коефициент и на последните два в (5, 7, 9) е некоректна, поради тяхната свързаност.

Отчетена е таблична стойност за критерия на Стюдент $t_{\text{tab}}(0.05, 2) = 4,302$. След прилагане на критерия, незначим за трите модела се оказва b_{12} , характеризиращ влияние на взаимодействието.

За проверка на адекватност на трите модела са определени предсказани стойности на целевите функции по (1), с отчитане на значимите коефициенти в (5), (7) и (9), съответно: $y_{\text{mod}999}$; $y_{\text{mod}611}$; $y_{\text{mod}92}$ и остатъците $\mathbf{e} = \mathbf{y} - \mathbf{y}_{\text{mod}}$.

Определени са следните остатъчни дисперсии:

$$S^2_{999} = 0,0063, S^2_{611} = 1,52e-004 \text{ и } S^2_{92} = 0,0049 \quad (10)$$

със степени на свобода $\nu_{\text{ост}} = 9 - 5 = 4$.

Изчислените стойности на критерия на Фишер за трите модела са $F_{999} = 2,51$; $F_{611} = 1,55$ и $F_{92} = 1,9455$.

Таблична стойност $F(0.05; 4; 2) = 19,25$.

Извод: Моделите, дефинирани в областите в които са създадени, с така определените коефициенти и структури адекватно представят износването на стомани с абразивен материал, предварително наварени с прахове Eutalloy 10999, Eutalloy 10611 и Eutalloy 10099.

Окончателно те имат следния вид:

$$y_{999} = 0,6011 + 0,4350 \cdot x_1 + 0,5633 \cdot x_2 + 0,0683 \cdot x_1^2 + 0,4533 \cdot x_2^2 \quad (11)$$

$$y_{611} = 0,6351 + 0,2584 \cdot x_1 + 0,3034 \cdot x_2 + 0,0686 \cdot x_1^2 + 0,1236 \cdot x_2^2 \quad (12)$$

$$y_{92} = 0,5329 + 0,3617 \cdot x_1 + 0,4501 \cdot x_2 + 0,1219 \cdot x_1^2 + 0,3769 \cdot x_2^2 \quad (13)$$

На фиг. 2 (а, б, в) са дадени зависимости на износването като функция на времето на работа с абразивния материал x_1 и честотата на въртене x_2 при нава-

ряване с трите типа прах. Вижда се, че при (а) и (в) има минимум, разположен при стойност на фактора $x_1 = -1$ и x_2 в интервала $-1, +1$.

Фиг. 2

Използвайки свойството на моделите за предсказване са решени три оптимизационни задачи, т.е. определени са стойностите на факторите, в допустимото пространство на тяхното дефиниране, обезпечаващи минимално износване. Получени са следните стойности на износването и реалните стойности на факторите, които го определят: $y_{opt_{999}}(5 \text{ min}, 142,72 \text{ min}^{-1}) = 0,031\%$; $y_{opt_{611}}(5 \text{ min}, 120 \text{ min}^{-1}) = 0,27\%$; $y_{opt_{999}}(5 \text{ min}, 144 \text{ min}^{-1}) = 0,159\%$.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1) Получени са три адекватни математични модели на зависимостите на износването на наварени образци с прахове Eutalloy 10999, Eutalloy 10611 и Eutalloy 10092. И при трите модела коефициентите b_{12} , които характеризират влиянието на взаимодействието на двата фактора върху износването е незначително.

2) Определени са оптималните технологични режими на износване и при трите вида материал за наваряване.

3) От изследваните три типа прахове, използвани за наваряване най-добри качества по отношение на износоустойчивост показва Eutalloy 10999, където е достигната минимална стойност 0,031%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хасау, А., Моригаки, О. Наплавка и напыление, Москва, Машиностроение, 1985.
2. Moore, D. F., Principles and application of Tribology, Pergamon Press, Oxford, 1975.
3. High production hard surfacing with versatile metal powders //Metallurgical international, Inc., Tinton Falls, H. J.
4. Генев, Д. Моделиране и оптимизация на производствени процеси, ТУ Варна, 2000.