

ВПЛИВ РЕЖИМІВ НАПЛАВЛЮВАННЯ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ЗНОШУВАННЯ ВИСОКОВУГЛЕЦЕВОГО ПОКРИТТЯ В УМОВАХ СУХОГО ТЕРТЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Подано результати дослідження впливу режимів наплавлення на інтенсивність зношування високовуглецевих покриттів в умовах сухого тертя, нанесених методом електродугового наплавлення з використанням вуглецевих волокнистих матеріалів. Показана математична модель, яка описує вплив визначених параметрів (v_n , U , I) на та інтенсивність зношування I_z .

Ключові слова: зносостійкість, тертя, покриття, регресійний аналіз.

Abstract

The results of research of influence of surfacing modes on intensity of wear of high - carbon coverings in the conditions of dry friction put by a method of an electric arc surfacing with use of carbon fibrous materials are presented. A mathematical model is shown, which describes the influence of certain parameters (v_n , U , I) on and the intensity of wear and tear.

Keywords: wear resistance, friction, coating, regression analysis.

Вступ

Час існування зварювальної ванни в рідкому стані, швидкість охолодження та час кристалізації наплавленого металу залежать від параметрів режимів процесу наплавлення. При цьому будуть змінюватись структури отриманих покриттів та інтенсивність зношування.

Серед основних факторів, що впливають на ці параметри, можна відзначити швидкість наплавлення v_n , швидкість подачі електродного дроту v_d , напруга на дузі U , струм наплавлення I [1-3].

В зв'язку з цим постає актуальна задача, яка полягає у визначенні оптимальних значень параметрів процесу наплавлення, що забезпечують необхідну мінімальну інтенсивність зношування I_z в умовах сухого тертя.

Результати дослідження

Швидкість подачі дроту конструктивно пов'язана із швидкістю наплавлення. Приймемо як варіативні такі параметри: швидкість наплавлення v_n , напруга на дузі U , струм наплавлення I .

Для розв'язання поставленої задачі розробимо математичну модель, яка описує вплив визначених параметрів (v_n , U , I) на інтенсивність зношування I_z . Доцільним є використання методу планування та постановки повного факторного експерименту з проведенням регресійного аналізу.

Методика проведення регресійного аналізу детально описана в ряді робіт [4-6]. Тому далі описано лише результати його використання.

Експерименти проведені на установці УД-209М, наплавлення проводили електродним дротом Нп-30ХГСА з застосуванням вуглецевої тканини на плоскі зразки із сталі 45. У якості захисної атмосфери використано вуглекислий газ. Наплавлення проводилось на зворотній полярності.

Попередньо отримана лінійна модель показала її неадекватність. Тому доцільно використати апроксимацію функції відгуків y_{HRC} та y_{I_z} поліномом другого порядку виду [5]

$$y = b_0 + \sum_{1 \leq i \leq k} b_i x_i + \sum_{1 \leq i \leq l \leq k} b_{il} x_i x_l + \sum_{1 \leq i \leq k} b_{ii} x_i^2, \quad (1)$$

Інтервали варіювання та рівні факторів приведені в таблиці 1.

Таблиця 1-Інтервали варіювання та рівні факторів впливу на показники інтенсивності зношування високовуглецевого наплавленого шару

Фактори	Інтервали варіювання	Рівні факторів		
		основн. 0	верхн. +1	нижн. -1
x_1 – напруга на дузі, В	4	28	32	24
x_2 – швидкість наплавлення, м/год	7,5	18,5	26	11
x_3 – сила струму, А	20	100	120	80

З кожного наплавленого зразка було виготовлено по чотири зразки, на яких була виміряна інтенсивність зношування.

Була складена матриця рототабельного планування експерименту другого порядку для трьох факторів (таблиця 2).

На кожному макрошліфі значення інтенсивності зношування I_3 визначали з вимірювань втрат маси. В стовпчику y_{I_3} таблиці 2, відповідно, приведено середні значення інтенсивності зношування I_3 .

Таблиця 2-Матриця центрального композиційного плану другого порядку для трьох факторів

Склад плану	№ дос.	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	x_1^2	x_2^2	x_3^2	y_{I_3} мг/км
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14
План типу 2^3	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0,06
	2	+	-	+	+	-	-	+	+	+	+	0,05
	3	+	+	-	+	-	+	-	+	+	+	0,09
	4	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	0,08
	5	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+	0,07
	6	+	-	+	-	-	+	-	+	+	+	0,08
	7	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	0,1
	8	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	0,12
«Зоряні» точки	9	+	$+\alpha$	0	0	0	0	0	α^2	0	0	0,09
	10	+	$-\alpha$	0	0	0	0	0	α^2	0	0	0,08
	11	+	0	$+\alpha$	0	0	0	0	0	α^2	0	0,05
	12	+	0	$-\alpha$	0	0	0	0	0	α^2	0	0,12
	13	+	0	0	$+\alpha$	0	0	0	0	0	α^2	0,08
	14	+	0	0	$-\alpha$	0	0	0	0	0	α^2	0,1
Нульова точка	15	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,09
	16	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,08
	17	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1
	18	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,09
	19	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,08
	20	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,07

За формулами (77-80) [5] знайдено коефіцієнти рівняння регресії для функції $y_{I_3} = f(U, v_n, I)$. Дисперсії коефіцієнтів рівняння регресії визначено за формулами (81-84) [5]. Результати розрахунків зведено до таблиці 3.

Таблиця 3-Результати досліджень за планом експерименту

Коефіцієнт рівняння	y_{I_3}			
	Знач. коеф.	$s^2 \{b\} \cdot 10^{-3}$	$\Delta b \pm$	Значимість
1	6	7	8	9
b_0	0,523	1,35	0,094	+
b_1	0,203	0,59	0,063	+
b_2	0,062	0,59	0,063	-
b_3	0,172	0,59	0,063	+
b_{12}	0,041	1,01	0,082	-
b_{13}	0,131	1,01	0,082	+
b_{23}	0,0013	1,01	0,082	-
b_{11}	0,032	0,56	0,061	-
b_{22}	0,0024	0,56	0,061	-
b_{33}	-0,111	0,56	0,061	+

З врахуванням значимості коефіцієнтів рівняння регресії отримає вигляд:

$$y_{13} = 0,523 + 0,203 \cdot x_1 + 0,172 \cdot x_3 + 0,131 \cdot x_1 \cdot x_3 - 0,111 \cdot x_3^2 \quad (2)$$

Адекватність отриманих моделей перевірялась за критерієм Фішера [4]. При 5%-му рівні значимості табличне значення критерію становить $F_t = 4,7$. Розрахункове значення критерію склало $F_{13} = 0,8$. Так як розрахункові величини менше табличного значення, модель вважається адекватною.

За отриманою моделлю (рівняннями регресії), при фіксації одного із параметрів процесу наплавлення, отримуємо поверхні відгуків, що наглядно показують вплив інших значень параметрів на інтенсивність зношування в умовах сухого тертя.

Шляхом використання отриманої математичної моделі можна розв'язувати ряд задач, які виникають під час проектування технологічних процесів, що використовують наплавлення покриттів. Серед них найчастіше постають задачі отримання покриттів із заданою зносостійкістю.

Висновки

Визначення режимів нанесення зносостійких високовуглецевих покриттів в умовах сухого тертя методом наплавлення доцільно вести з використанням отриманого рівняння регресії. Це дозволяє отримувати необхідну зносостійкість у відповідності до вимог, які висуваються до поверхонь деталі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Савуляк В. І. Вплив мікроструктури високовуглецевих шарів, отриманих методом електродугового наплавлення з використанням вуглецевих волокнистих матеріалів, на параметри зносостійкості в умовах сухого тертя ковзання / В. І. Савуляк, В. Й Шенфельд, С. О. Панасюк // Наукові нотатки. / випуск 49, частина 1 – Луцьк, 2015 – С.139–143.
2. Savulyak V. I. Obtaining high-carbon coatings from martensite-austenitic structure for work under conditions of sliding friction without lubricants / V. I. Savulyak, V. Y. Shenfeld, S. O. Panasyuk // TEHNOMUS «New Technologies and Products in Machines Manufacturing Technologies» journal / Romania, 2015 – s462–468.
3. Савуляк В. І. Вплив швидкості наплавлення на зносостійкість високовуглецевих шарів, нанесених методом електродугового наплавлення з використанням вуглецевих волокнистих матеріалів / В. І. Савуляк, В. Й Шенфельд, О. Б. Янченко // «Наукові нотатки» міжвузівський збірник (за галузями знань «машинобудування та металообробка», «інженерна механіка», «металургія та матеріалознавство») / випуск 41 частина 1 – Луцьк, 2013 – С.224–229.
4. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М.: Наука, 1976. – 279 с.
5. Спиридонов А. А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов / А. А. Спиридонов. – М.: Машиностроение, 1981. – 184 с.
6. Devore Jay L. Probability and statistics for engineering and the sciences / Jay L. Devore. – Monterey: Brooks / Cole Publishing Company, 1987. – 672 p.

Шенфельд Валерій Йосипович – канд. техн. наук, доцент кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: leravntu@gmail.com

Власов Михайло Віталійович – студент групи 13В - 20б, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Shenfeld Valery Y. – candidate. Sc., assistant professor of Industrial Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnitsa, e-mail: leravntu@gmail.com

Vlasov Mykhailo V. – student of group 1ZV-20b, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia