

Контролиране елементите на технологичните параметри за определяне процентното съдържание на кадмий в желязно-никелово-кадмиевото покритие

Даниел Бекана, Евгени Драголов, Александър Монов,
Илиян Любомиров, Стоян Георгиев

The paper uses the cybernetic model which is closely related to the methodology for determining the percentage of cadmium in iron-nickel-cadmium coatings. The final outcome of this experimental study is to obtain a mathematical model of objects.

Key Words: Coating, Electrolyte, Cadmium

ВЪВЕДЕНИЕ

Експлоатационната трайност, надеждност и конкурентноспособност на промишлените изделия зависят от използваните материали и от приложените разнообразни (механични, физични, химични и др.) въздействия върху тях. Само след правилно подбрана и проведена обработка пожелезения слой притежава комплекс от най-добри характеристики – твърдост, износоустойчивост, якост на умора, топлоустойчивост, голямо съпротивление срещу крехко разрушаване и т.н. В общия случай оптималните стойности на целевите параметри се получават при различни комбинации на управляващите параметри, така че на практика е невъзможно едновременното оптимизиране (максимизиране) на всички целеви (output) параметри, още повече, че някои от тях са в обратно пропорционална зависимост помежду си [1].

ИЗЛОЖЕНИЕ

За изчисляване коефициентите в регресионния модел се използва методът на най-малките квадрати. Той осигурява такива оценки, че сумата от квадратите на разликите между измерената и предсказаната стойност е минимална –

$$+ S = \sum_{n=1}^m (y_n - \hat{y}_n)^2 \Rightarrow \min \quad (1)$$

За да се минимизира, тя се диференцира по всеки един от коефициентите и се приравнява на нула. В матрична форма МНК изглежда така.

Ако X е матрицата на стойностите на факторите, Y е вектор-стълб от експерименталните стойности на параметъра за оптимизация, B е вектор – стълб на коефициентите на регресията, то

$$XB = Y \quad (2)$$

След умножаването на X^T с двете страни на равенството имаме

$$(X^T X)B = X^T Y \quad (3)$$

Умножаваме по $(X^T X)^{-1}$ и получаваме крайния вид на коефициентите B .

$$B = (X^T X)^{-1} X^T Y \quad (4)$$

След оценяване коефициентите на модела той все още не може да се използва. Необходимо е да се провери дали предсказаните по модела стойности съответстват задоволително на измерените /И.Вучков, С. Стоянов, 1980/.

Проверката се извършва в зависимост от това, дали броят на коефициентите k е равен или по-малък от броя на опитите n . Нека се разгледа случаят, когато $n > k$. Изчисляваме остатъчната сума:

$$Q_{ocm} = \sum_{n=1}^m (y_n - \hat{y}_n)^2 \quad (5)$$

Разликата между предсказаните и измерените стойности може да се дължи на неадекватност на модела или на влиянието на случайна грешка. За да бъде моделът годен, трябва влиянието на неадекватността да бъде пренебрежимо малко в

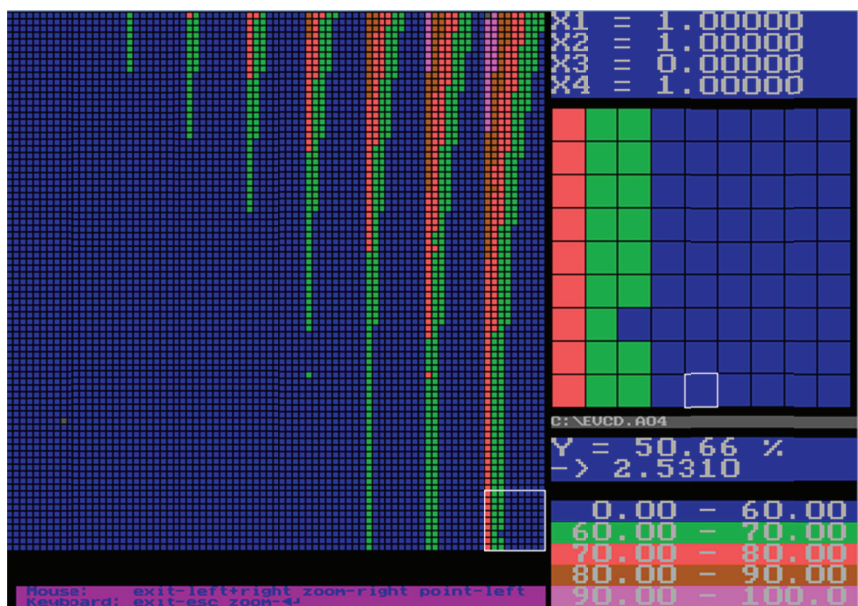
сравнение с влиянието на случайната грешка. Изчисляваме оценката на дисперсията свързана с остатъчната сума от квадратите:

$$S_{ост}^2 = Q_{ост} / \nu_{ост}, \quad \nu_{ост} = n - k \quad (6)$$

Г	С	313			323			333			343			353			
		1,5	3,5	5,5	1,5	3,5	5,5	1,5	3,5	5,5	1,5	3,5	5,5	1,5	3,5	5,5	
10	3	2,58	1,85	1,36	3,01	2,26	1,75	3,43	2,67	2,14	3,86	3,08	2,53	4,30	3,49	2,92	
		9	2,50	1,76	1,26	2,93	2,17	1,65	3,35	2,58	2,04	3,78	2,99	2,43	4,20	3,39	2,82
		15	2,50	1,75	1,23	2,92	2,15	1,62	3,35	2,56	2,01	3,78	2,97	2,40	4,20	3,38	2,79
15	3	2,25	1,55	1,08	2,60	1,94	1,45	3,07	2,33	1,82	3,47	2,71	2,19	3,88	3,10	2,56	
		9	2,17	1,46	0,97	2,58	1,84	1,34	2,99	2,23	1,71	3,39	2,62	2,08	3,80	3,01	2,46
		15	2,17	1,44	0,94	2,58	1,85	1,32	2,98	2,22	1,69	3,39	2,61	2,06	3,80	3,00	2,43
20	3	2,04	1,36	0,91	2,43	1,73	1,26	2,82	2,09	1,61	3,20	2,46	1,96	3,59	2,83	2,31	
		9	1,96	1,26	0,8	2,35	1,63	1,15	2,73	2,00	1,50	3,12	2,37	1,85	3,51	2,74	2,21
		15	1,96	1,25	0,78	2,34	1,62	1,13	2,73	1,99	1,48	3,12	2,36	1,83	3,51	2,73	2,18
25	3	1,94	1,28	0,85	2,31	1,63	1,18	2,68	1,98	1,51	3,04	2,33	1,85	3,41	2,68	2,18	
		9	1,86	1,18	0,75	2,23	1,53	1,08	2,60	1,88	1,41	2,96	2,23	1,74	3,33	2,58	2,07
		15	1,86	1,17	0,72	2,22	1,52	1,05	2,59	1,87	1,38	2,96	2,22	1,71	3,33	2,57	2,05
30	3	1,96	1,32	0,91	2,31	1,64	1,22	2,65	1,97	1,53	3,00	2,30	1,84	3,35	2,63	2,16	
		9	1,87	1,22	0,80	2,22	1,55	1,11	2,57	1,88	1,43	2,92	2,21	1,74	3,27	2,54	2,05
		15	1,87	1,21	0,78	2,22	1,54	1,09	2,57	1,87	1,40	2,92	2,20	1,71	3,26	2,53	2,02

ЛЕГЕНДА:
 - 0÷60%
 - 60÷70%
 - 70÷80%
 - 80÷90%
 - 90÷100%

Фиг.1 Цифрово сканиране с четирите стойности на управляващите параметри на зададените нива при изследване процентното съдържание на кадмий в покритието



Фиг.2 Цветово сканиране с четирите стойности на управляващите параметри на зададените нива при изследване на съдържанието на кадмий

Цветовото сканиране на изследваната величина едновременно по четирите параметъра е получено с подхода описан в [1]. При използването на този подход са изчислени стойностите, представени на фигура 1 и 2.

Оценката на остатъчната дисперсия се сравнява с дисперсията на случайната грешка. Тя се определя на базата на няколко допълнителни опита при един и същ технологичен режим [2]

Таблица 1

Нива и интервали на кодираните фактори при определяне на процентното съдържание на кадмий в желязно-никелово-кадмиевото покритие

Фактори	Код	Интервал на вариране	Нива на кодираните фактори				
			-1,414	-1	0	+1	1,414
Концентрация Cd сол в електролита Z_1 (g/l) C	$X_1 = \frac{Z_1 - 20}{10}$	10	5,86	10	20	30	34,14
Катодно-аноден показател Z_2 -β	$X_2 = \frac{Z_2 - 9}{6}$	6	0,54	3	9	15	17,48
Средна катодна плътност на тока Z_3 , Дк ^{ср} (kA/m ²)	$X_3 = \frac{Z_3 - 3,5}{2}$	2	0,672	1,5	3,5	5,5	6,328
Температура на електролита Z_4 T (K)	$X_4 = \frac{Z_4 - 333}{20}$	20	305	313	333	353	361

$$Y_{Cd} = 2,005 + 0,739 \cdot X_1 - 0,348 \cdot X_2 - 0,615 \cdot X_3 + 0,054 \cdot X_4 - 0,079 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,036 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,043 \cdot X_2 \cdot X_3 - 0,012 \cdot X_3 \cdot X_4 + 0,228 \cdot (X_2)^2 + 0,118 \cdot (X_3)^2 + 0,04 \cdot (X_4)^2$$

Кибернетичният модел е тясно свързан с методиката за определяне процентното съдържание на кадмий в желязно-никелово-кадмиевото покритие.

Формирането на желязно-никелово-кадмиевото покритие от смесен електролит със състав HCl, FeCl₂·4H₂O, NiCl₂·6H₂O и CdCl₂·4H₂O под действието на асиметричен променлив ток с честота 50Hz протича при редуване на процесите:

- отлагане на електролитната сплав през катодния полупериод;
- разтваряне на част от образувалата се електролитна сплав през анодния полупериод.

При изследването са използвани цилиндрични образци от Стомана 40X с диаметър 10 mm и обща площ на покритието 0,01m². Съдържанието на Fe, Ni и Cd в композиционното покритие се определя по метода на рентгеноспектралния анализ с помощта на рентгенова микросонда тип EDS-system на фирмата Tracor-USA, снабдена със силициев детектор и берилиево прозорче. Получените резултати се обработват и изобразяват в графичен вид с помощта на компютърна система. Времето за експониране е 60s, ускоряващото напрежение е 40 kV, а ъгълът на наклона на изследване -30°. Информацията се получава от площ с размери 2,5x10 mm, като се отчитат пиковите на интервалните интензитети по линията $K\alpha_{Fe}$, $K\alpha_{Ni}$, $K\alpha_{Cd}$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Дефинираният подход успешно е приложен в областта на електролитното напластяване за определяне на технологичните режими, осигуряващи покрития с минимално процентно съдържание на кадмий в покритието - 0,72 % и максимално - 4,30 %.

2. Отношението $90 \div 100\%$ имаме преобладаващо при $C=10\text{g/l}$ и $T=353\text{K}$, $80 \div 90\%$ -при $C=15\text{g/l}$ и $T=353\text{K}$, а $60 \div 70\%$ -при $C=20 \div 30\text{g/l}$ и $T=343\text{K}$.

Таблица 2
Условия и резултати от опитите при определяне на процентното съдържание на кадмий в желязно-никелово- кадмиевото покритие

№ на опит	X ₁		X ₂		X ₃		X ₄		У _{ср}	У _т
	код	C [g/l]	код	В	код	Дк ^{ср} kA/m ²	код	T [K]	ср. р-тат	теор. р-тат
1	+1	50	+1	15	+1	5,5	+1	353	2,19	2,15
2	-1	20	+1	15	+1	5,5	+1	353	1,14	0,93
3	+1	50	+1	15	-1	1,5	+1	353	3,39	3,43
4	-1	20	+1	15	-1	1,5	+1	353	1,89	2,02
5	+1	50	+1	15	+1	5,5	-1	313	2,09	2,07
6	-1	20	+1	15	+1	5,5	-1	313	1,09	0,84
7	+1	50	+1	15	-1	1,5	-1	313	3,24	3,26
8	-1	20	+1	15	-1	1,5	-1	313	1,74	1,87
9	+1	50	-1	3	+1	5,5	+1	353	3,09	2,94
10	-1	20	-1	3	+1	5,5	+1	353	1,39	1,36
11	+1	50	-1	3	-1	1,5	+1	353	4,19	4,43
12	-1	20	-1	3	-1	1,5	+1	353	2,69	2,67
13	+1	50	-1	3	+1	5,5	-1	313	2,99	2,85
14	-1	20	-1	3	+1	5,5	-1	313	1,35	1,27
15	+1	50	-1	3	-1	1,5	-1	313	4,09	4,26
16	-1	20	-1	3	-1	1,5	-1	313	2,45	2,49
17	+1,41	34,14	0	9	0	3,5	0	333	3,20	3,07
18	-1,41	5,86	0	9	0	3,5	0	333	0,76	0,96
19	0	35	+1,41	17,48	0	3,5	0	333	1,85	1,97
20	0	35	-1,41	0,54	0	3,5	0	333	3,05	2,99
21	0	35	0	9	+1,41	6,328	0	333	0,76	1,38
22	0	35	0	9	-1,41	0,672	0	333	3,70	3,14
23	0	35	0	9	0	3,5	+1,41	361	2,20	2,21
24	0	35	0	9	0	3,5	-1,41	305	1,95	2,01
25	0	35	0	9	0	3,5	0	333	2,15	2,00

ЛИТЕРАТУРА

[1] Tontchev N., Materials Science, Effective solutions and Technological variants LAMBERT Academic Publishing, 2014.

[1] Монов А., М. Иванов Н., Тончев Н. Приложения на числени методи за анализ на селектирани параметри на качеството в областта на възстановяването на метални изделия, XXII Международна конференция Транспорт.

[2] Кангалов, П.Г. Изследване възстановяването на плъзгащи лагери от автотракторната и земеделска техника. Русе, 2001

[3] Станев, Л.Г., Сравнително изследване на триботехническите характеристики на антифрикционните материали в процеса на сработване и износване. НТК с международно участие, АМТЕХ, Пловдив, Сб.доклади „Трибология“, 1999

[4] Шокин Ю. Интервальный анализ. "Наука", Новосибирск, 1981

[5] Алефельд Г., Херцбергер Ю. Введение в интервальные вычисления. Москва, 1987

За контакти:

доц. д-р Даниел Бекана, РУ „Ангел Кънчев” - гр.Русе, GSM:0895586622;
e-mail: dbekana@uni-ruse.bg

д-р инж. Евгени Драголов Драголов, главен учител, Професионална гимназия по електроника „Ал.Ст.Попов”-гр. Велико Търново; GSM: 0889820043; e-mail: edragolov@yahoo.com
инж. Александър Любомиров Монов, ПГТЕ "Хенри Форд" – гр.София; GSM:
0898547014; e-mail: a_monov@abv.bg

инж. Илиян Александров Любомиров; ВТУ "Тодор Каблешков"; GSM: 0898547023; e-mail: ilian_aleksandrov94@abv.bg

гл.ас. д-р Стоян Георгиев Георгиев, колеж Сливен към Технически Университет- София, GSM:0895586622; e-mail:stoyan_gg@abv.bg