

ÎMBUNATĂȚIREA FIABILITĂȚII PROCESELOR TEHNOLOGICE DE INJECTARE A MASELOR PLASTICE UTILIZÂND PROIECTAREA EXPERIMENTELOR

Ioan Eugen RADU, Marius BABAN, Calin Florin BABAN, Dan CHIRA

Universitatea din Oradea, e-mail mbaban@uoradea.ro

Cuvinte cheie: fiabilitate, proiectarea experimentelor, coeficientul de zgomot

Abstract. The variability of the reliability characteristic of the process of plastic materials injection is due to the noise factors. In this paper, the techniques of design of experiment necessary to design of parameters are developed so that the process works proper under these noise factors.

1. INTRODUCERE

Calitatea produselor obtinute prin procese tehnologice de injectare a maselor plastice este influentata de o serie de factori, care conduc la o variabilitate în jurul unei valori dorite. Parametrii referitori la un sistem asupra carora se intervine usor reprezinta factori controlabili. Factorii care cauzeaza variabilitatea performantelor poarta denumirea de factori de zgomot. Factorii de zgomot se împart în trei categorii:

- externi, generati de mediul în care își desfășoara activitatea sistemul si/sau utilizatorul.
- Dintre factorii de zgomot externi se amintesc: temperatura, umiditatea, eroarea umana, etc.
- interni, care produc uzura si deteriorarea performantelor sistemelor odata cu trecerea timpului. Astfel de factori sunt: tensiunile termice, frecarea, etc.
- între produse, care apar ca urmare a imperfectiunilor aparute în sisteme tehnice, cauzând defectele timpurii.

Zgomotele externe sunt prezente pe întreaga durata de viata a unui sistem tehnic, variind ca intensitate. Eliminarea acestor factori ar fi foarte scumpa si ar conduce la cresterea complexitatii sistemelor. Deoarece unii dintre factorii de zgomot nu pot fi controlati, iar controlul altor factori de zgomot este dificil de realizat, este preferabil sa se foloseasca sisteme care sa functioneze corespunzator si în prezenta factorilor de zgomot.

2. INSTRUMENTE DE BAZA UTILIZATE ÎN PROIECTAREA EXPERIMENTELOR

Un plan de experiente reprezinta o serie de încercari organizate pentru a determina cu un numar minim de încercari si cu o precizie maxima influentele diferitelor parametrii, în scopul de a optimiza performantele unui sistem.

Principalele instrumente folosite în proiectarea experimentelor sunt:

a). Functia de pierdere

A fost definita de catre Taguchi ca fiind pierderea financiara a consecintelor pentru producator si pentru clientii sai a nivelului calitatii unui produs [1]. Aceste pierderi se gasesc în serviciile si în costurile garantiei pe care o societate trebuie sa le plateasca pentru a repara produsele care se defecteaza.

Functia de pierdere este calculata împartind costul fiecărei defectari la patrutul deviatiei fata de media la care apare defectarea [1]:

$$L(y) = k(y - y_N)^2 \quad (1)$$

unde:

- $L(y)$ - pierderea prin defectare, exprimata în unitati monetare

- K – constanta
- y – valoarea obtinuta
- y_N - valoarea dorita pentru y

b). Coeficientul semnalului de zgomot

Coeficientul semnalului de zgomot este un indicator al variabilitatii, utilizarea lui conduce la obtinerea unor produse suficient de robuste pentru a putea functiona corespunzator în conditiile variatiilor la care sunt supuse. Coeficientul semnalului de zgomot ia în considerare atât media, cât si abaterea standard a masuratorilor efectuate.

Expresiile coeficientului de zgomot sunt prezentate în tabelul 1 [1], unde:

\bar{y} -este media aritmetica a valorilor masurate;

s - abaterea standard a valorilor masurate;

y_i - valorile masurate;

n - numarul de masurari efectuate.

Tabelul 1 Coeficientul de zgomot

Criteriu	Expresie
Nominal	$10 \log_{10} \frac{\bar{y}^{-2}}{s^2}$
Minimizare	$-10 \log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right)$
Maximizare	$-10 \log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right)$

Metoda Taguchi urmareste stabilirea acelei combinatii a parametrilor proiectati asupra careia efectul factorilor de zgomot este minim.

3. STUDIU DE CAZ

Pentru o piesa obtinuta prin injectare de masa plastica s-a urmarit optimizareaze procesul de injectare de masa plastica astfel încât durabilitatea matritei sa fie de 40000 de actionari.

În vederea optimizarii s-au identificat urmatorii factori controlabili care influenteaza durabilitatea matritei:

- (A) - temperatura cilindrului de injectare [$^{\circ}$];
- (B) - diametrul melcului [mm];
- (C) - timpul de racire [s];
- (D) - viteza periferica a melcului [m/s];
- (E) - timpul de mentinere [s];
- (F) - temperatura matritei [s];
- (G) - presiunea de injectare [bari];

De asemenea, au fost identificati urmatorii factori de zgomot (necontrolabili):

- (H) - masina de injectare;
- (I) - temperatura mediului de lucru [$^{\circ}$ C];
- (J) - muncitorii.

Nivelele acestor factori sunt centralizate tabelul 2, respectiv tabelul 3.

Tabelul 2 Nivelele factorilor controlabili

Nivel	FACTORI CONTROLABILI						
	A	B	C	D	E	F	G
1	220	40	15	0.14	18	60	800
2	240	60	20	0.19	24	70	1100

Tabelul 3 Nivelele factorilor necontrolabili

Nivel	FACTORI NECONTROLABILI		
	H	I	J
1	Masina 1	20	Muncitorul 1
2	Masina 2	30	Muncitorul 2

S-a decis adoptarea a doua nivele atât pentru factori controlabili, cât și pentru factorii de zgomot.

În vederea optimizării procesului de injectare de masa plastică, pentru factorii controlabili au fost considerate neimportante interacțiunile dintre aceștia. S-a adoptat pentru planul de experimente matricea L_8 pentru factorii controlabili, iar pentru factorii necontrolabili s-a ales matricea L_4 . Cele două matrici au fost combinate conform tabelului 4, care reprezintă configurația completă a planului de experimente.

Tabelul 4 Planul de experiente

Factori controlabili								4	3	2	1	Nr. rând	Factori de zgomot
								2	2	1	1	H	
								2	1	2	1	I	
								1	2	2	1	J	
Nr. înc.	A	B	C	D	E	F	G	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Media m	Coeficientul de zgomot η
1	1	1	1	1	1	1	1	37855	39888	40113	38551	41256.5	9.218
2	1	1	1	2	2	2	2	40148	41116	42558	43698	41880	9.242
3	1	2	2	1	1	2	2	43259	42587	43698	41005	42637.25	9.259
4	1	2	2	2	2	1	1	41789	42587	40008	39857	41963	9.243
5	2	1	2	1	2	1	2	38756	39412	39666	42583	39146.5	9.185
6	2	1	2	2	1	2	1	44785	42159	41114	47836	43520.75	9.276
7	2	2	1	1	2	2	1	39992	40157	43659	41582	41247.5	9.231
8	2	2	1	2	1	1	2	45222	41587	43217	40258	45897	9.273

a) Calculul și analiza coeficientului de zgomot

Deoarece s-a urmărit obținerea unei durabilități cât mai mare, ca și criteriu de optimizare s-a ales criteriul de maximizare. Coeficientul semnalului de zgomot se calculează cu relația:

$$\eta = -10 \log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right) \quad (2)$$

S-au obținut următoarele rezultate:

$$\eta_1 = -10 \log_{10} \frac{1}{4} \left(\frac{1}{35892^2} + \frac{1}{46589^2} + \frac{1}{38956^2} + \frac{1}{43589^2} \right) = 9.218 \quad [db]$$

$$\eta_2 = -10 \log_{10} \frac{1}{4} \left(\frac{1}{40148^2} + \frac{1}{41116^2} + \frac{1}{42558^2} + \frac{1}{43698^2} \right) = 9.242 \quad [db]$$

$$\eta_3 = -10 \log_{10} \frac{1}{4} \left(\frac{1}{43259^2} + \frac{1}{42589^2} + \frac{1}{43698} + \frac{1}{41005} \right) = 9.259 \quad [db]$$

$$\eta_4 = -10 \log_{10} \frac{1}{4} \left(\frac{1}{43588^2} + \frac{1}{44551^2} + \frac{1}{39856^2} + \frac{1}{39857^2} \right) = 9.243 \quad [db]$$

$$\eta_5 = -10 \log_{10} \frac{1}{4} \left(\frac{1}{38756^2} + \frac{1}{39412^2} + \frac{1}{38856^2} + \frac{1}{39562^2} \right) = 9.185 \quad [db]$$

$$\eta_6 = -10 \log_{10} \frac{1}{4} \left(\frac{1}{44785^2} + \frac{1}{42159^2} + \frac{1}{44558^2} + \frac{1}{42581^2} \right) = 9.276 \quad [db]$$

$$\eta_7 = -10 \log_{10} \frac{1}{4} \left(\frac{1}{35992^2} + \frac{1}{40157^2} + \frac{1}{43659^2} + \frac{1}{41582^2} \right) = 9.231 \quad [db]$$

$$\eta_8 = -10 \log_{10} \frac{1}{4} \left(\frac{1}{45222^2} + \frac{1}{41587^2} + \frac{1}{43217^2} + \frac{1}{45897^2} \right) = 9.273 \quad [db]$$

Pentru a evalua efectul mediu al fiecarui factor asupra coeficientului de zgomot, se calculeaza media aritmetica a tuturor experimentelor corespunzatoare aceluasi nivel.

Pentru factorul A, avem:

$$\bar{\eta}_{A_1} = \frac{9.218 + 9.242 + 9.259 + 9.243}{4} = 9.24042 \quad [db]$$

$$\bar{\eta}_{A_2} = \frac{9.185 + 9.276 + 9.231 + 9.273}{4} = 9.2417 \quad [db]$$

Procedând analog si pentru ceilalti 6 factori controlabili, s-a obtinut tabelul de raspuns pentru factorii necontrolabili (tabelul 5).

Tabelul 5 Tabel cu raspunsuri pentru η

Nivel	A	B	C	D	E	F	G
1	9.24042	9.23056	9.24169	9.22331	9.2567 2	9.2298 1	9.2419 9
2	9.2417	9.25156	9.24073	9.25881	9.2254	9.2523	9.2401 2
Diferenta	0.00128	0.02100	0.00066	0.03550	0.0313	0.0224	0.0018 6
Rang	6	4	7	1	2	3	5
Optim	A2	B1	C2	D1	E2	F1	G2

b) Calculul si analiza mediei

Media se calculeaza cu relatia:

$$m = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} = \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4}{4} \quad (3)$$

Utilizând relatia (3) s-au obtinut urmatoarele rezultate:

$$m_1 = \frac{35892 + 46589 + 38965 + 43589}{4} = 41256.5; \quad m_2 = \frac{40148 + 41116 + 42558 + 43698}{4} = 41880$$

$$m_3 = \frac{43259 + 42587 + 43698 + 41005}{4} = 42637.25; \quad m_4 = \frac{43588 + 44551 + 39856 + 39857}{4} = 41963$$

$$m_5 = \frac{38756 + 39412 + 38856 + 39562}{4} = 39146.5; \quad m_6 = \frac{44785 + 42159 + 44558 + 42581}{4} = 43520.75$$

$$m_7 = \frac{35992 + 40157 + 43659 + 41582}{4} = 41347.5; \quad m_8 = \frac{45222 + 41587 + 43217 + 45897}{4} = 45897$$

Efectul mediu al factorilor controlabili asupra mediei sunt:

- pentru factorul A:

$$m_{A1} = \frac{41256.5 + 41880 + 42637.25 + 41963}{4} = 41934.19$$

$$m_{A2} = \frac{39146.5 + 43520.75 + 41347.5 + 45897}{4} = 42477.94$$

Procedând analog și pentru ceilalți factori controlabili, s-a obținut tabelul de răspuns pentru analiza mediei (tabelul 6, a și b).

Tabelul 6.a Tabelul de răspuns pentru analiza mediei

Nivel	A	B	C	D
1	41934.19	41450.94	42595.25	41096.94
2	42477.94	42961.12	41816.88	43315.19
Diferența	543.75	1510.25	778.375	2218.25
Rang	5	3	4	2
Optim	A1	B1	C2	D1

Tabelul 6.b Tabelul de răspuns pentru analiza mediei

Nivel	E	F	G
1	43327.88	42065.75	42021.9375
2	41084.25	42346.375	42390.1875
Diferența	2243.625	280.625	368.25
Rang	1	7	6
Optim	E2	F1	G1

c) Alegerea nivelelor optime pentru factorii controlabili

Rezultatele obținute în urma analizei variabilității și mediei procesului de injectare de mase plastice sunt centralizate în tabelul 7.

Tabelul 7 Stabilirea nivelelor optime al factorilor controlabili

Factor	Rang		Nivel optim
	Medie	Coeficient de zgomot	
A	5	6	A1
B	3	4	B1
C	4	7	C2
D	2	1	D1
E	1	2	E2
F	7	3	F1
G	6	5	G2

Din tabelul 7 rezultă combinația optimă pentru cei șapte factori controlabili:

A1, B1, C2, D1, E2, F1 și G2

4. CONCLUZII

Metoda Taguchi asigură îmbunătățirea fiabilității proceselor tehnologice de injectare a maselor plastice și identifică acea combinație a factorilor controlabili, astfel încât, în prezența factorilor de zgomot calitatea pieselor să fie corespunzătoare.

Prin aceasta metoda sunt localizate cauzele noncalitatii pieselor obtinute prin procese tehnologice de injectare a maselor plastice si se urmareste ca actiunile de imbunatatire sa fie permanente si complete.

5. BIBLIOGRAFIE

1. Alexis, J., - Metoda Taguchi în practica industrială, Editura Tehnica, 1999
2. Baban C., s.a., - Quality improvement of cold plastic deformation process, Proceedings of the 5th International MteM Symposium, 2001, pp.27-30
3. Brewer, R., - Design of Experiments for Process Improvement and Quality Assurance, Inst. Of Industrial Engineers, 1996
4. Montgomery, D., - Design and Analysis of Experiments, John Wiley Sons, 2000
5. Ross, P., - Taguchi Techniques for Quality Engineering, Society of Manufacturing Engineers, 1990
6. Taguchi, G., s.a., - Taguchi Methods: Design of Experiments. Amer Supplier Inst, 1993