

CERCETĂRI EXPERIMENTALE ASUPRA MATRIȚELOR DE INJECTAT GĂLEATĂ DE 10 l DIN PUNCT DE VEDERE AL CADENȚEI

Simion HARAGĂȘ, Dumitru POP
Universitatea Tehnică Cluj-Napoca

Cuvinte cheie: matriță de injectat, ciclu de injecție, cadență.

Abstract. In this paper experimental results regarding the ejection cadence of the injecting mold of the 10 l bucket are presented.

1. INTRODUCERE

Procesul de injectare are un caracter ciclic, fiecare ciclu fiind format din mai multe operații. Timpul total al unui ciclu de injecție se poate scrie:

$$t_c = t_u + t_r + t_d \quad (1)$$

unde t_u este timpul de umplere;
 t_r – timpul de răcire;
 t_d – timpul de demulare.

$$t_u \ll t_r + t_d \quad (2)$$

Timpul de demulare se poate scrie:

$$t_d = t_{dm} + t_a + t_{im} \quad (3)$$

unde t_{dm} este timpul de deschidere a matriței;
 t_a – timpul de aruncare;
 t_{im} – timpul de închidere a matriței.

Înlocuind (3) în (1) se obține:

$$t_c = t_u + t_r + t_{dm} + t_a + t_{im} \quad (4)$$

Cadența (frecvența ciclului) se definește ca fiind:

$$f = \frac{1}{t_c} \text{ [s}^{-1}\text{]} \quad (5)$$

iar productivitatea:

$$P = f \cdot 3600 \text{ [piese/oră]} \quad (6)$$

Se definesc două matrițe pentru același produs:

- Matrița de injectat găleată de 10 l de **tip A**, cu sistem de aruncare mecanic;
- Matrița de injectat găleată de 10 l de **tip B**, cu sistem de aruncare pneumatic.

2. MATRIȚA CU ARUNCARE MECANICĂ

Cercetările s-au efectuat la Atelierul Mase Plastice de la S.C. Napochim S.A. Cluj-Napoca, în cadrul procesului de producție a produsului „Găleată de 10 l”, matrița utilizată fiind cea de tip A cu aruncare mecanică.

Mașina de injectat pe care s-a montat matrița este Negri Bossi NB250 având următoarele caracteristici:

- Forța de închidere: 2500 kN;
- Capacitatea de injecție: 600 – 1090 g;
- Distanța dintre coloane: 570x570 mm.

Materialul plastic injectat este polipropilena J900 având următoarele proprietăți:

- Densitatea: 0,9 – 0,91 g/cm³;

- Temperatura de topire: 175°C;
- Coeficientul de contracție: 1,2 – 2,5 %;
- Căldura specifică: 7177,56 J/kg·°C;
- Conductivitatea termică: 0,22 W/m·K.

Parametri procesului de injectare:

- Temperatura de injectare: $T_i=220^\circ\text{C}$;
- Temperatura lichidului de răcire (apă): $T_r=8^\circ\text{C}$;
- Presiunea de injecție: $P_i=110$ bar;
- Cursa de deschidere a matriței: 650 mm;
- Cursa aruncătorului hidraulic: 120 mm.

S-au măsurat următoarele mărimi (afișate de către calculatorul mașinii de injectat):

- Timpul total al unui ciclu de injectare: $t_{cA}=27,3$ s;
- Timpul de răcire: $t_{rA}=18$ s;
- Timpul de aruncare: $t_{aA}=5$ s.

Cadența în cazul matriței de tip A va fi:

$$f_A = \frac{1}{t_{cA}} = 0,036630 \text{ s}^{-1}$$

iar productivitatea:

$$P_A = f_A \cdot 3600 = 131,87 \text{ piese/oră}$$

3. MATRIȚA CU ARUNCARE PNEUMATICĂ

3.1 Câmpurile de temperatură pentru miez

S-a realizat analiza cu element finit a câmpurilor de temperatură pentru miezurile celor două matrițe (de tip A și de tip B). Pentru aceasta s-au modelat în Solid Works cele două miezuri și s-a utilizat programul Cosmos Works pentru analiza cu element finit a câmpurilor de temperatură. Temperatura materialului plastic injectat este de 220°C iar temperatura lichidului de răcire este de 8°C.

Rezultatele obținute sunt prezentate în figurile 1 și 2.

Scopul acestei analize este de a pune în evidență câmpurile de temperatură ale celor două miezuri plecând de la faptul că au sisteme de răcire diferite. Din figurile 1 și 2 se observă că răcirea miezului este mai bună în cazul matriței de tip B.

3.2 Viteza de răcire a miezului

Puterea calorică cedată de piesa injectată matriței în cursul unui ciclu de injectare:

$$P_Q = \frac{3600}{t_c} \cdot m \cdot (i_2 - i_1) \text{ [KJ/h]} \quad (7)$$

unde t_c este durata ciclului de injectare, [s];

m – masa produsului, [kg];

i_2 și i_1 – entalpia corespunzătoare temperaturilor materialului plastic la intrarea în matriță, respectiv la demulare, [KJ/kg].

Neglijând pierderile prin convecție și radiație, căldura este complet evacuată prin circuitul de răcire.

$$P_Q = k \cdot S \cdot \Delta T \text{ [KJ/h]} \quad (8)$$

unde k este coeficientul global de schimb de căldură, [KJ/m²·h·°C];

S – suprafața canalelor de răcire, [m²];

ΔT – diferența de temperatură între cuib și circuitul de răcire, [°C].

Model name: 01 Miež A mesh
 Study name: Temp 1
 Plot type: Thermal-Plot4
 Time step: 1

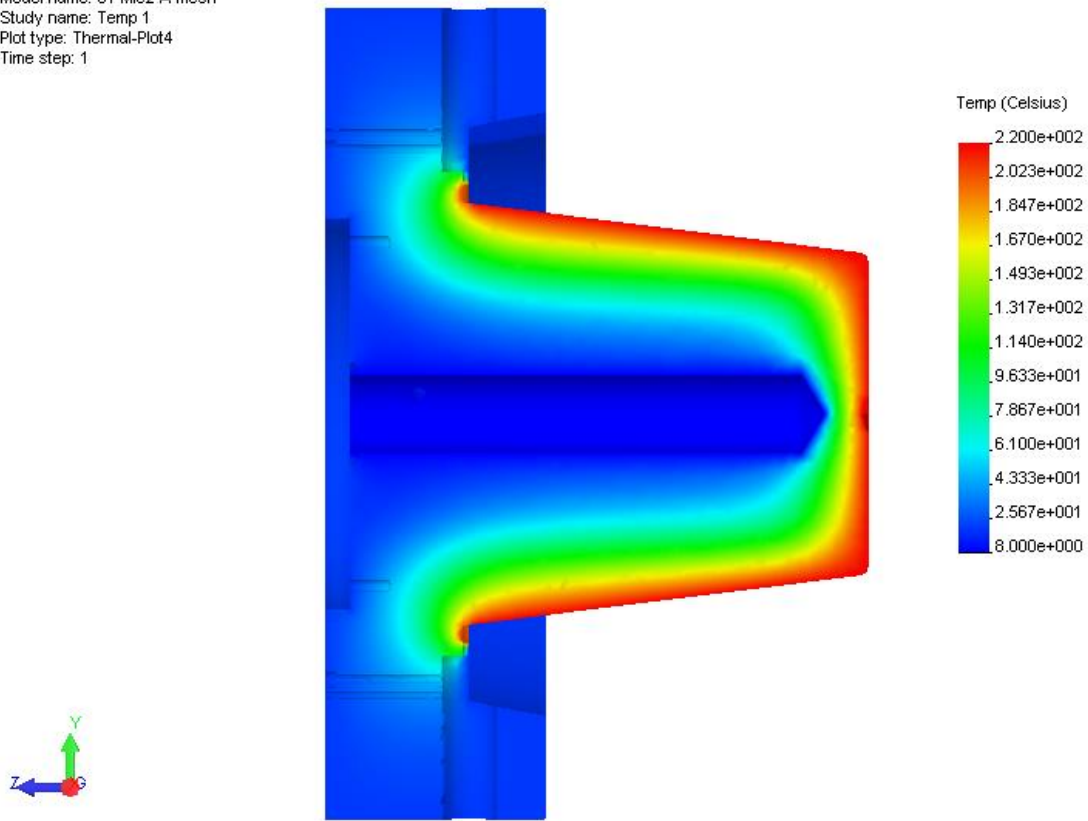


Fig. 1 Câmpurile de temperatură pentru miezul matriței de tip A

Model name: 02 Miež B mesh
 Study name: Temp 2
 Plot type: Thermal-Plot1
 Time step: 1

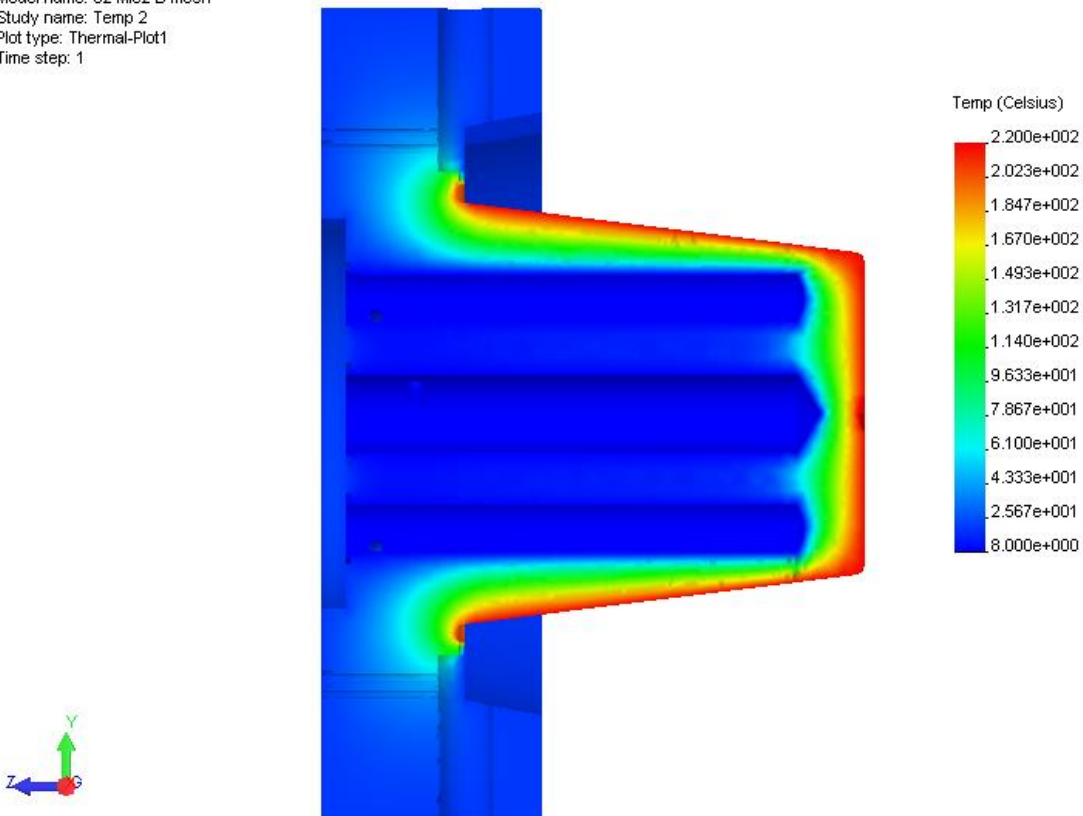


Fig. 2 Câmpurile de temperatură pentru miezul matriței de tip B

Coeficientul global de schimb de căldură se calculează cu relația:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha} + \frac{\delta}{\lambda} \quad (9)$$

unde δ este distanța dintre canalul de răcire și cuib, [m];

α - coeficient de transmisie termică a fluidului de răcire, [KJ/m²·h·°C];

λ - coeficient de conductivitate termică a materialului din care este executată matrița, [KJ/m·h·°C].

Coeficientul de transmisie termică a fluidului de răcire, α , se calculează cu formula:

$$\alpha = 19,37 + 0,27 \cdot T_1 \cdot D^{0,9} \quad (10)$$

unde T_1 este temperatura de intrare în circuitul de răcire, [°C];

D – debitul circuitului de răcire, [kg/m²·h], se calculează cu relația:

$$D = v \cdot \rho \cdot 10^{-4} \quad (11)$$

unde v este viteza de circulație a fluidului, [m/h], ($v = 3600 \cdot 0,6$ m/h, pentru apă);

ρ - densitatea lichidului de răcire, [kg/m³].

Din relațiile (7) și (8) rezultă:

$$t_c = \frac{3600 \cdot m \cdot (i_2 - i_1)}{k \cdot \Delta T} \cdot \frac{1}{S} \text{ [s]} \quad (12)$$

În cazul celor două matrițe, considerând că toate mărimile rămân constante (vor fi aceiași parametri ai procesului de injectare), se poate determina cum se modifică timpul de răcire în funcție de modificarea suprafețelor canalelor de răcire.

Astfel, dacă notăm:

$$C = \frac{3600 \cdot m \cdot (i_2 - i_1)}{k \cdot \Delta T} = \text{const.} \quad (13)$$

vom avea:

$$t_c = C \cdot \frac{1}{S} \quad (14)$$

Pentru matrița de tip A:

$$t_{cA} = C \cdot \frac{1}{S_A} \quad (15)$$

Pentru matrița de tip B:

$$t_{cB} = C \cdot \frac{1}{S_B} \quad (16)$$

Din (15) și (16) rezultă:

$$t_{cB} = \frac{S_A}{S_B} \cdot t_{cA} \quad (17)$$

unde $t_{cA} = 27,3$ s – timpul total al unui ciclu de injecție pentru matrița de tip A (măsurat în cadrul procesului de fabricație);

S_A – suprafața canalelor de răcire pentru matrița de tip A;

S_B – suprafața canalelor de răcire pentru matrița de tip B.

Pentru canalele de răcire cu șicană suprafața de răcire se calculează cu relația [2]:

$$S = (\pi \cdot d_a - 2 \cdot s) \cdot L \quad (18)$$

unde d_a este diametrul canalului;

s – lățimea șicanei;

L – lungimea (înălțimea) canalului.

Pentru canale găurite, suprafața de răcire a canalului se calculează cu relația:

$$S' = \pi \cdot d \cdot l \quad (19)$$

unde d este diametrul canalului;
 l – lungimea canalului.

Suprafețele canalelor de răcire pentru cele două matrițe vor fi:

$$S_A = S_{PFA} + S_{PMA} \quad (20)$$

$$S_B = S_{PFB} + S_{PMB} \quad (21)$$

unde S_{PFA} este suprafața canalelor de răcire pentru partea fixă a matriței de tip A;
 S_{PMA} - suprafața canalelor de răcire pentru partea mobilă a matriței de tip A;
 S_{PFB} - suprafața canalelor de răcire pentru partea fixă a matriței de tip B;
 S_{PMB} - suprafața canalelor de răcire pentru partea mobilă a matriței de tip B.

Suprafața canalelor de răcire pentru partea fixă rămâne aceeași la ambele matrițe.

$$S_{PFA} = S_{PFB} = S_{PF} = S_{cuib} + S_{capac\ cuib} \quad (22)$$

În cuib sunt opt canale cu șicană având diametrul de 22 mm, lungimea canalelor de 260 mm și lățimea șicanei de 2 mm precum și patru canale având diametrul de 22 mm și lungimea de 217 mm.

În capacul cuibului sunt canale găurite având diametrul de 10 mm și lungimea totală de 320 mm.

$$S_{capac\ cuib} = \pi \cdot 10 \cdot 320 = 10053 \text{ mm}^2$$

$$S_{cuib} = 8 \cdot (\pi \cdot 22 - 2 \cdot 2) \cdot 260 + 4 \cdot \pi \cdot 22 \cdot 217 = 195431 \text{ mm}^2$$

$$S_{PF} = 205484 \text{ mm}^2$$

În partea mobilă a matrițelor sunt câte trei circuite de răcire formate din canale cu șicană.

La miezul matriței de tip A este prevăzut un canal central cu șicană având diametrul de 50 mm, lungimea de 230 mm, lățimea șicanei de 3 mm și trei canale cu șicană având diametrul de 40 mm, lungimea de 230 mm și lățimea șicanei de 3 mm.

$$S_{PMA} = (\pi \cdot 50 - 2 \cdot 3) \cdot 230 + 3 \cdot (\pi \cdot 40 - 2 \cdot 3) \cdot 230 = 117316 \text{ mm}^2$$

La miezul matriței de tip B, față de miezul matriței de tip A, se adaugă un canal de răcire cu șicană având diametrul de 40 mm, lungimea de 230 mm și lățimea șicanei de 3 mm.

$$S_{PMB} = (\pi \cdot 50 - 2 \cdot 3) \cdot 230 + 4 \cdot (\pi \cdot 40 - 2 \cdot 3) \cdot 230 = 144839 \text{ mm}^2$$

Înlocuind valorile de mai sus în relațiile (20) și (21) se obține:

$$S_A = 322800 \text{ mm}^2$$

$$S_B = 350323 \text{ mm}^2$$

Înlocuind aceste valori în relația (17) se obține:

$$t_{cB} = 25,15 \text{ s}$$

Rezultă deci o reducere a timpului total al ciclului de injecție cu 2,15 s prin modificarea sistemului de răcire a miezului.

Timpul de răcire se reduce astfel în cazul matriței de tip B.

3.3 Stabilirea cadenței (timpului total al unui ciclu de injecție)

În subcapitolul anterior s-a demonstrat faptul că prin modificarea sistemului de răcire a miezului, se reduce timpul de răcire în cazul matriței de tip B.

$$t_{rB} = 15,85 \text{ s}$$

În cazul matriței de tip A timpul de aruncare este:

$$t_{aA} = 5 \text{ s}$$

La matrița de tip B viteza de acționare a aruncătorului pneumatic este mai mare, ceea ce înseamnă o reducere a timpului de aruncare. Se determină valoarea acestuia ca fiind:

$$t_{aB} = 3 \text{ s}$$

Se obține astfel, o reducere a timpului total al unui ciclu de injecție, atât datorită modificării sistemului de răcire (o reducere cu 2,15 s), cât și datorită utilizării aruncătorului pneumatic care are viteza de acționare mai mare decât viteza de acționare a aruncătorului hidraulic al mașinii de injectat (o reducere cu 2 s).

Timpul total al unui ciclu de injecție în cazul matriței de tip B va fi:

$$t_{cB} = 23,15 \text{ s}$$

Cadența în cazul matriței de tip B va fi:

$$f_B = \frac{1}{t_{cB}} = 0,043196 \text{ s}^{-1}$$

iar productivitatea:

$$P_B = f_B \cdot 3600 = 155,51 \text{ piese/oră}$$

În cazul matriței de tip A:

$$P_A = 131,87 \text{ piese/oră}$$

Prin urmare rezultă o creștere a cadenței (ca urmare a reducerii timpului total al unui ciclu de injecție) cu 17,92%, practic o creștere a numărului de piese injectate în unitatea de timp și deci a productivității cu 17,92%.

4. CONCLUZII

Pe baza cercetărilor efectuate se pot formula următoarele concluzii:

1. Cercetările s-au realizat la S.C. Napochim S.A. Cluj-Napoca pentru matrița de injectat găleată de 10 l cu aruncare mecanică.
2. S-au determinat experimental (în cadrul procesului de producție) timpul total al unui ciclu de injecție și cadența (frecvența ciclului).
3. Cercetarea experimentală realizată demonstrează că prin înlocuirea sistemului de aruncare mecanic cu sistem de aruncare pneumatic se obține o reducere a timpului total al unui ciclu de injecție de la 27,3 s la 23,15 s, practic o creștere a productivității cu 17,92%.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Haragâș, S., - *Cercetări experimentale privind sistemele de aruncare pneumatice*, Referat de doctorat nr. 3, Universitatea Tehnică Cluj-Napoca, octombrie 2005.
- [2] Menges, G., Michaeli, W., Mohren, P., - *How to Make Injection Molds*, third edition, Hanser Publishers, Munich, Viena, New York, Barcelona, 2001.
- [3] Șereș, I., - *Injectarea materialelor termoplastice*, Ed. Imprimeriei de Vest, Oradea, 1996.
- [4] Tudose, L., Haragâș, S., Pop D., - *Optimal design of pneumatic ejectors destined to thin wall injected parts with linear profile*, Annals of the Oradea University, Fascicle of Management and Technological Engineering, volum IV, 2005.