

PROIECTAREA OPTIMALĂ A ARUNCĂTOARELOR PNEUMATICE PENTRU PIESE INJECTATE CU PEREȚI SUBȚIRI CU PROFIL LINIAR

Lucian TUDOSE , Simion HARAGĂȘ , Dumitru POP

Universitatea Tehnică Cluj-Napoca

In this paper, a new design method of the pneumatic ejectors destined to thin wall injected parts with linear profile is presented. The method used was the optimal design with Genetic Algorithms. For a series of 12 usual parts, the goal was to design a pneumatic ejection system for the appropriate mold, such that the volume of the ejectors will be the smallest possible.

1. PROBLEMA DE PROIECTARE

Proiectarea sistemului de aruncare la o matriță de injectat mase plastice se realizează în funcție de forma piesei injectate și în corelație cu sistemele de injectare și de răcire ale matriței. Sistemul de aruncare trebuie astfel proiectat încât să asigure eliminarea piesei din matriță fără deformarea acesteia.

Se consideră o serie de 12 piese injectate cu pereți subțiri cu profil liniar (Tabelul 1), piese care sunt produse de S.C. Napochim S.A. Cluj Napoca. Piese s-au grupat în trei categorii: tipul A (găleți), tipul B (ghivece) și tipul C (lighele).

Tabelul 1 Piese injectate cu pereți subțiri, cu profil liniar

Nr. crt.	Cod	Denumire	D_p [mm]	d_p [mm]	l_p [mm]	α [°]	h [mm]	Material
1	A1	Găleată 4 l	197	152	197		1,1	polipropilenă
2	A2	Găleată 14 l	282	219	300	6	1,25	polipropilenă
3	A3	Găleată 10 l	287	205	265		2	polipropilenă
4	A4	Găleată 17,5 l	300	248	300	5	2,5	polipropilenă
5	A5	Găleată 20 l	330	280	264		2,5	polipropilenă
6	B1	Ghiveci $\phi 155$	138	120	85	6	1,2	polipropilenă
7	B2	Ghiveci $\phi 170$	159	135	140	5	1,2	polipropilenă
8	B3	Ghiveci $\phi 195$	174	130	126	10	1,3	polipropilenă
9	B4	Ghiveci $\phi 250$	224	187	214	5	1,8	polipropilenă
10	C1	Lighean $\phi 245$	312	278	137	7	1,5	polipropilenă
11	C2	Lighean $\phi 440$	400	316	156	15	2	polietilenă
12	C3	Lighean $\phi 525$	460	354	221		2	polipropilenă

La aceste piese se cunosc:

- D_p – diametrul mare al piesei (miezului);
- d_p – diametrul mic al piesei (miezului);
- h – grosimea peretelui piesei injectate;
- l_p – lungimea (înălțimea) piesei injectate;
- caracteristicile materialului piesei injectate (modulul de elasticitate, contracția specifică, presiunea admisibilă la strivire, coeficientul de frecare dintre piesa injectată și miez etc);

- parametrii de proces (temperatura de demulare, presiunea aerului comprimat etc). Se propune un tip de aruncător pneumatic cu dublă acțiune, prezentat în figura 1.

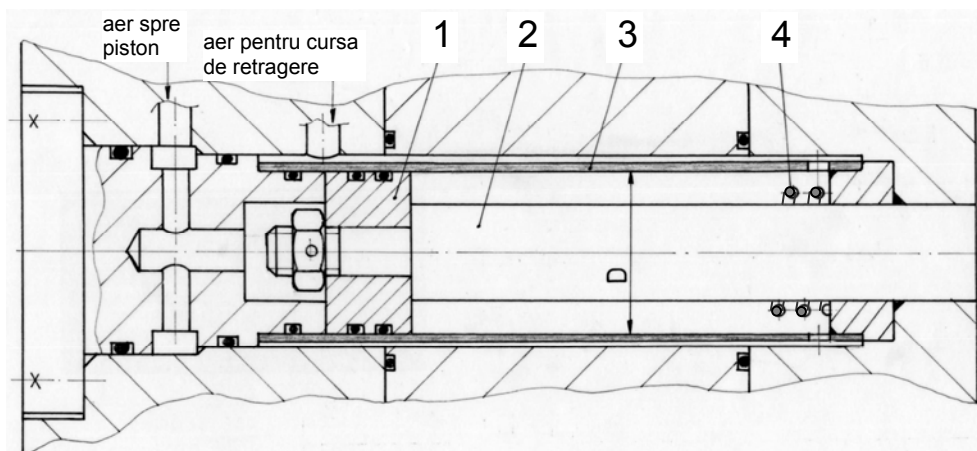


Fig.1 Aruncător pneumatic cu dublă acțiune

1- piston; 2- tijă; 3- cilindru; 4- arc amortizor.

Pentru fiecare din cele 12 piese se urmărește proiectarea unui aruncător pneumatic pentru matrița piesei, aruncătorul având volum minim. Se urmărește ca volumul ocupat de sistemul de aruncare în volumul matriței să fie cât mai mic, fără însă a afecta buna funcționare a matriței. O economie de spațiu în volumul matriței permite, de pildă, o mai bună dimensionare a sistemului de răcire.

La proiectarea aruncătorului se va ține cont de faptul că cele cinci tipuri de inele O sunt standardizate. Pentru cilindrul pistonului se folosește țevă de inox.

2. PROIECTAREA OPTIMALĂ

2.1 Stabilirea funcției obiectiv

S-a considerat ca obiectiv obținerea unui aruncător cu volum cât mai mic (figura 2).

În aceste condiții se consideră ca funcție obiectiv volumul aruncătorului (sau al aruncătoarelor).

$$V_a = \frac{\pi \cdot [d_f^2 \cdot l_f + d_{d1}^2 \cdot l_{d1} + d_{d2}^2 \cdot (l_i + l_{d2}) + d_c^2 \cdot l_b + d^2 \cdot l]}{4} \cdot n \quad (1)$$

unde d_f – diametrul flanșei;
 l_f – lungimea flanșei;
 d_{d1} – diametrul 1 al dopului;
 l_{d1} – lungimea porțiunii 1 a dopului;
 d_{d2} – diametrul 2 al dopului, egal cu diametrul interior al locașului în care se montează aruncătorul;
 l_i – lungimea cilindrului;
 l_{d2} – lungimea porțiunii 2 a dopului;
 d_c – diametrul cilindrului;
 l_b – lungimea bușei;
 d – diametrul tijei pistonului;
 l – lungimea porțiunii de diametru d ;
 n – numărul de aruncătoare necesare.

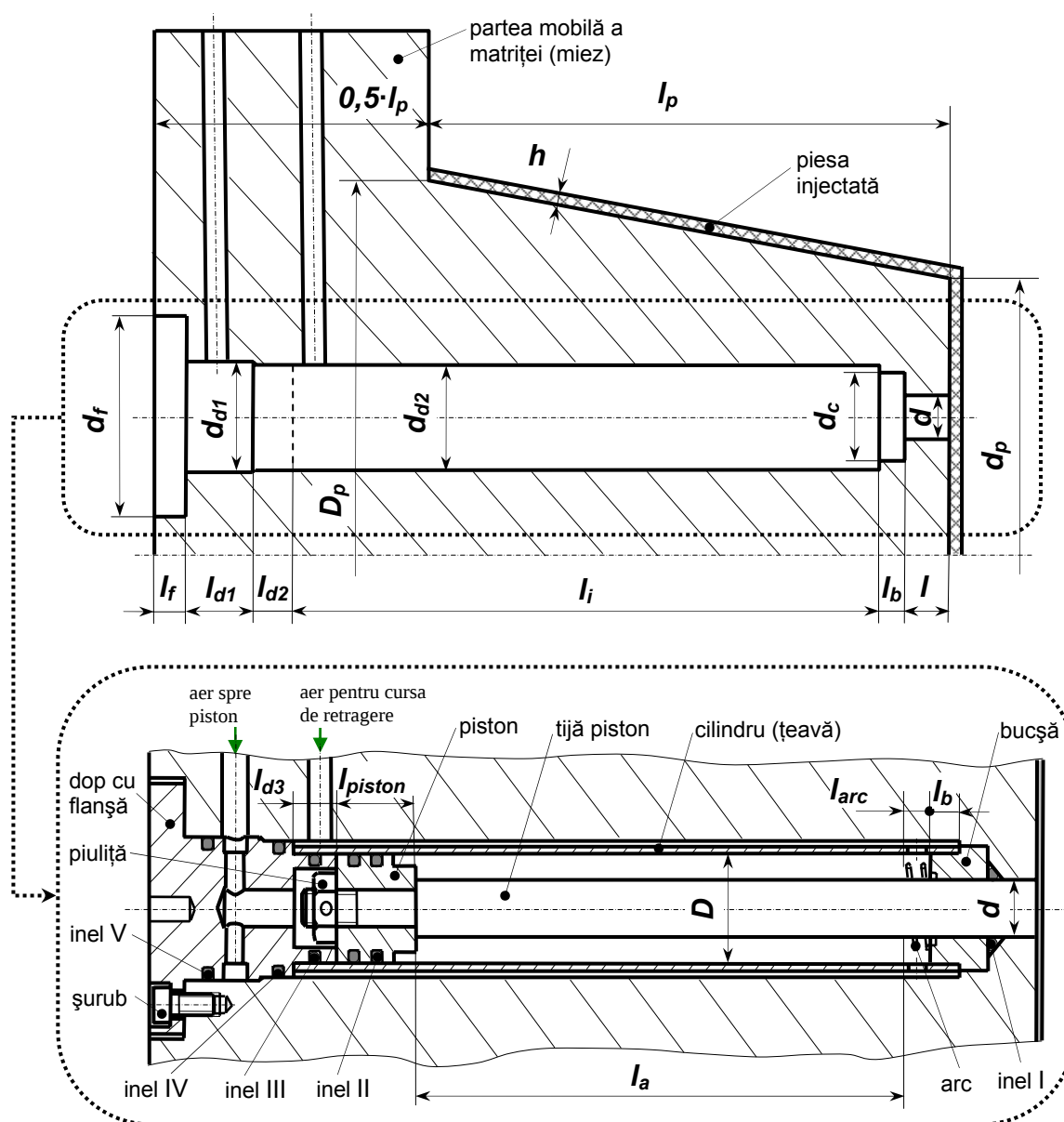


Fig.2 Aruncătorul pneumatic și poziționarea lui în matriță

2.2 Identificarea restricțiilor

S-au stabilit ca restricții ale programului de optimizare un număr de 12 restricții. Acestea sunt:

R1 Între d și D trebuie să existe un spațiu pentru ca aruncătorul să fie cu dublă acțiune. La sfârșitul cursei de aruncare aerul comprimat intră în spațiul dintre d și D determinând revenirea aruncătorului la poziția inițială:

$$g_1 = \begin{cases} \frac{4+d}{D} - 1 \leq 0 & \text{dacă } d \leq 7 \\ \frac{8+d}{D} - 1 \leq 0 & \text{dacă } 7 < d \leq 11 \\ \frac{12+d}{D} - 1 \leq 0 & \text{dacă } 11 < d \leq 20 \\ \frac{14+d}{D} - 1 \leq 0 & \text{dacă } d > 20 \end{cases} \quad (2)$$

R2 Între d_c și d_{d2} trebuie să existe un spațiu prin care circulă aerul pentru cursa de retragere a aruncătorului:

$$g_2 = \begin{cases} \frac{2+d_c}{d_{d2}} - 1 \leq 0 & \text{dacă } d \leq 10 \\ \frac{3+d_c}{d_{d2}} - 1 \leq 0 & \text{dacă } 10 < d \leq 16 \\ \frac{4+d_c}{d_{d2}} - 1 \leq 0 & \text{dacă } 16 < d \leq 20 \\ \frac{5+d_c}{d_{d2}} - 1 \leq 0 & \text{dacă } d > 20 \end{cases} \quad (3)$$

R3 Între d_{d1} și d_{d2} trebuie să existe o diferență care să permită montarea inelului IV fără deteriorarea acestuia:

$$g_3 = \begin{cases} \frac{2+d_{d2}}{d_{d1}} - 1 \leq 0 & \text{dacă } d \leq 15 \\ \frac{3+d_{d2}}{d_{d1}} - 1 \leq 0 & \text{dacă } 15 < d \leq 20 \\ \frac{4+d_{d2}}{d_{d1}} - 1 \leq 0 & \text{dacă } 20 < d \leq 30 \\ \frac{5+d_{d2}}{d_{d1}} - 1 \leq 0 & \text{dacă } d > 30 \end{cases} \quad (4)$$

R4 Diametrul interior al țevii D trebuie să fie mai mic decât diametrul exterior d_c :

$$g_4 = \frac{D}{d_c} - 1 \leq 0 \quad (5)$$

R5 Diferența dintre d_c și D nu poate fi mai mare decât dublul pereților țevii h_c :

$$g_5 = \frac{d_c}{2 \cdot h_c + D} - 1 \leq 0 \quad (6)$$

R6 Grosimea pereților țevii nu poate fi mai mică decât o valoare minimă stabilită:

$$g_6 = \begin{cases} \frac{2+D}{d_c} - 1 \leq 0 & \text{dacă } d_c \leq 25 \\ \frac{3+D}{d_c} - 1 \leq 0 & \text{dacă } d_c > 25 \end{cases} \quad (7)$$

R7 Grosimea peretelui flanșei în zona de montaj a inelului III trebuie să fie mai mare decât o valoare minimă stabilită (se va ține cont de adâncimea t_1 a locașului inelului O):

$$g_7 = \frac{4 + d_{gol} + 2 \cdot t_1}{D} - 1 \leq 0 \quad (8)$$

R8, R9 Raportul dintre d și d_p trebuie să fie cuprins între valori prestabilite:

$$g_8 = \frac{d}{d_p} - 0,2 \leq 0 \quad (9)$$

$$g_9 = \begin{cases} 0,07 - \frac{d}{d_p} \leq 0 & \text{pentru piese tip A sau B} \\ 0,06 - \frac{d}{d_p} \leq 0 & \text{pentru piese tip C} \end{cases} \quad (10)$$

R10 Aruncătorul nu trebuie să deterioreze peretele de fund al piesei injectate:

$$g_{10} = \frac{\sigma_s}{\sigma_{as}} - 1 \leq 0 \quad (11)$$

$$\sigma_s = \frac{4 \cdot F_a}{\pi \cdot d^2} \quad F_a = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot p_{aer}}{4} \quad (12)$$

unde σ_s este presiunea de strivire;

σ_{as} - presiunea admisibilă la strivire pentru materialul piesei injectate, la temperatura de demulare;

F_a - forța cu care acționează un aruncător;

d - diametrul tijei pistonului;

D - diametrul pistonului;

p_{aer} - presiunea rețelei de aer.

R11 Lungimea de aruncare trebuie să fie un număr pozitiv:

$$g_{11} = -l_a < 0 \quad (13)$$

$$l_a = l_i - l_{d3} - l_{piston} - l_{arc} - l_b \quad (14)$$

R12 Lungimea de aruncare trebuie să fie mai mare decât o fracțiune din lungimea piesei injectate:

$$g_{12} = \begin{cases} \frac{0,6 \cdot l_p}{l_a} - 1 \leq 0 & \text{pentru piese tip A sau B} \\ \frac{0,5 \cdot l_p}{l_a} - 1 \leq 0 & \text{pentru piese tip C} \end{cases} \quad (15)$$

2.3 Simularea genetică

Pentru simularea genetică s-a folosit programul de optimizare cu Algoritmi Genetici *Genetikos v. 1.1*.

În tabelul 2 sunt prezentate datele de intrare. Valorile numerice ale dimensiunilor din tabelul 2, pentru fiecare piesă în parte, se găsesc în tabelul 1. Alte date de intrare ale programului de proiectare optimală:

- Temperatura de demulare: $T = 60^\circ\text{C}$;
- Coeficientul de frecare dintre piesa injectată și miez: $\mu = 0,31$;
- Modulul de elasticitate al materialului piesei injectate la temperatura de demulare (60°C): $E_{(T)} = 1150 \text{ MPa}$;
- Con tracți a specifică a materialului la temperatura de demulare (60°C): $\epsilon_{(T)} = 0,01$;
- Presiunea admisibilă la strivire a materialului piesei injectate la temperatura de demulare (60°C): $\sigma_{as} = 10 \text{ MPa}$, pentru polipropilenă și $\sigma_{as} = 8 \text{ MPa}$, pentru polietilenă;
- Presiunea aerului comprimat $p_{aer} = 0,5 \text{ MPa}$.

În tabelul 3 sunt prezentate genele (și domeniul lor de valori) alese pentru rezolvarea problemei de proiectare optimală. În fiecare listă de inele O avem patru tipuri de inele având diametrele de 1,8; 2,65; 3,55 și 5,3 mm.

Tabelul 2 Datele de intrare ale programului de proiectare optimă a aruncătorului pneumatic

Semnificație	Notăție
Tipul piesei injectate	
Materialul piesei injectate	
Diametrul mare al piesei (miezului)	D_p
Diametrul mic al piesei (miezului)	d_p
Lungimea piesei	l_p
Grosimea peretelui piesei	h
Coeficientul de frecare dintre piesa injectată și miez	μ
Modulul de elasticitate al materialului piesei injectate la temperatura de demulare	$E_{(T)}$
Contractia specifică a materialului la temperatura de demulare	$\epsilon_{(T)}$
Presiunea admisibilă la strivire a materialului piesei injectate la temperatura de demulare	σ_{as}
Presiunea aerului comprimat	p_{aer}

Tabelul 3 Genele problemei de proiectare optimă a aruncătorului

Gena	Simbol	Nr. de valori în listă	Semnificația mărimilor determinate de poziția în listă
0	Țeava (cilindrul)	64	d_c - diametrul exterior al țevii h_c - grosimea pereților țevii
1	Inel I	64	d - diametrul tijei pistonului $d_{inel\ 1}$ - diametrul inelului I
2	Inel II	64	D - diametrul interior al cilindrului (etanșare mobilă) $d_{inel\ 2}$ - diametrul inelului II
3	Inel III	64	D - diametrul interior al cilindrului (etanșare fixă) $d_{inel\ 3}$ - diametrul inelului III
4	Inel IV	64	d_{d2} - diametrul 2 al dopului $d_{inel\ 4}$ - diametrul inelului IV
5	Inel V	64	d_{d1} - diametrul 1 al dopului $d_{inel\ 5}$ - diametrul inelului V

2.4 Rezultatele optimizării

Rezultatele optimizării cu Algoritmi Genetici, aruncătoarele pneumatice optime pentru fiecare piesă în parte sunt prezentate în Tabelul 4.

Tabelul 4 Aruncătoarele pneumatice optime

Aruncătorul pneumatic optimal pentru matrița piesei A1 „Găleată 4 I” [mm]											
Țeava inox		Inel I		Inel II		Inel III		Inel IV		Inel V	
d_c	h_c	d	$d_{inel\ 1}$	D	$d_{inel\ 2}$	D	$d_{inel\ 3}$	d_{d2}	$d_{inel\ 4}$	d_{d1}	$d_{inel\ 5}$
21,3	1,5	11	1,8	19	2,65	19	1,8	25	3,55	27	2,65
		Simbol		Simbol		Simbol		Simbol		Simbol	
		18001060		26501400		18001600		35501900		26502240	
Numărul aruncătoarelor						Volumul aruncătorului					
1						165600 mm ³					

Tabelul 4 (continuare)

Aruncătorul pneumatic optimal pentru matrița piesei A2 „Găleată 14 l” [mm]											
Țeava inox		Inel I		Inel II		Inel III		Inel IV		Inel V	
d _c	h _c	d	d _{inel 1}	D	d _{inel 2}	D	d _{inel 3}	d _{d2}	d _{inel 4}	d _{d1}	d _{inel 5}
32	1,5	16	2,65	29	3,55	29	2,65	35	2,65	38	2,65
		Simbol		Simbol		Simbol		Simbol		Simbol	
		26501600		35502240		26502500		26503000		26503350	
Numărul aruncătoarelor						Volumul aruncătorului					
1						452670 mm ³					
Aruncătorul pneumatic optimal pentru matrița piesei A3 „Găleată 10 l” [mm]											
Țeava inox		Inel I		Inel II		Inel III		Inel IV		Inel V	
d _c	h _c	d	d _{inel 1}	D	d _{inel 2}	D	d _{inel 3}	d _{d2}	d _{inel 4}	d _{d1}	d _{inel 5}
30	1,5	15	2,65	27	3,55	27	2,65	33	2,65	35	2,65
		Simbol		Simbol		Simbol		Simbol		Simbol	
		26501500		35502000		26502240		26502800		26503000	
Numărul aruncătoarelor						Volumul aruncătorului					
1						358150 mm ³					
Aruncătorul pneumatic optimal pentru matrița piesei A4 „Găleată 17,5 l” [mm]											
Țeava inox		Inel I		Inel II		Inel III		Inel IV		Inel V	
d _c	h _c	d	d _{inel 1}	D	d _{inel 2}	D	d _{inel 3}	d _{d2}	d _{inel 4}	d _{d1}	d _{inel 5}
35	2	19	3,55	31	3,55	31	2,65	39	2,65	42	2,65
		Simbol		Simbol		Simbol		Simbol		Simbol	
		35501900		35502360		26502650		26503450		26503750	
Numărul aruncătoarelor						Volumul aruncătorului					
1						552740 mm ³					
Aruncătorul pneumatic optimal pentru matrița piesei A5 „Găleată 20 l” [mm]											
Țeava inox		Inel I		Inel II		Inel III		Inel IV		Inel V	
d _c	h _c	d	d _{inel 1}	D	d _{inel 2}	D	d _{inel 3}	d _{d2}	d _{inel 4}	d _{d1}	d _{inel 5}
38	1,5	20	3,55	35	3,55	35	2,65	42	2,65	45	3,55
		Simbol		Simbol		Simbol		Simbol		Simbol	
		35502000		35502800		26503000		26503750		35503870	
Numărul aruncătoarelor						Volumul aruncătorului					
1						562150 mm ³					
Aruncătorul pneumatic optimal pentru matrița piesei B1 „Ghiveci ϕ 155” [mm]											
Țeava inox		Inel I		Inel II		Inel III		Inel IV		Inel V	
d _c	h _c	d	d _{inel 1}	D	d _{inel 2}	D	d _{inel 3}	d _{d2}	d _{inel 4}	d _{d1}	d _{inel 5}
21,3	1,5	10	1,8	19	2,65	19	1,8	24	2,65	26	2,65
		Simbol		Simbol		Simbol		Simbol		Simbol	
		18001000		26501400		18001600		26502000		26502120	
Numărul aruncătoarelor						Volumul aruncătorului					
1						87832 mm ³					
Aruncătorul pneumatic optimal pentru matrița piesei B2 „Ghiveci ϕ 170” [mm]											
Țeava inox		Inel I		Inel II		Inel III		Inel IV		Inel V	
d _c	h _c	d	d _{inel 1}	D	d _{inel 2}	D	d _{inel 3}	d _{d2}	d _{inel 4}	d _{d1}	d _{inel 5}
21,3	1,5	10	1,8	19	2,65	19	1,8	24	2,65	26	2,65
		Simbol		Simbol		Simbol		Simbol		Simbol	
		18001000		26501400		18001600		26502000		26502120	
Numărul aruncătoarelor						Volumul aruncătorului					
1						105930 mm ³					

Tabelul 4 (continuare)

Aruncătorul pneumatic optimal pentru matrița piesei B3 „Ghiveci ϕ 195” [mm]											
Țeava inox		Inel I		Inel II		Inel III		Inel IV		Inel V	
d _c	h _c	d	d _{inel 1}	D	d _{inel 2}	D	d _{inel 3}	d _{d2}	d _{inel 4}	d _{d1}	d _{inel 5}
21,3	1,5	10	1,8	19	2,65	19	1,8	24	2,65	26	2,65
		Simbol		Simbol		Simbol		Simbol		Simbol	
		18001000		26501400		18001600		26502000		26502120	
Numărul aruncătoarelor						Volumul aruncătorului					
1						96427 mm ³					
Aruncătorul pneumatic optimal pentru matrița piesei B4 „Ghiveci ϕ 250” [mm]											
Țeava inox		Inel I		Inel II		Inel III		Inel IV		Inel V	
d _c	h _c	d	d _{inel 1}	D	d _{inel 2}	D	d _{inel 3}	d _{d2}	d _{inel 4}	d _{d1}	d _{inel 5}
30	1,5	15	2,65	27	3,55	27	2,65	33	2,65	35	2,65
		Simbol		Simbol		Simbol		Simbol		Simbol	
		26501500		35502000		26502240		26502800		26503000	
Numărul aruncătoarelor						Volumul aruncătorului					
1						292720 mm ³					
Aruncătorul pneumatic optimal pentru matrița piesei C1 „Lighean ϕ 245” [mm]											
Țeava inox		Inel I		Inel II		Inel III		Inel IV		Inel V	
d _c	h _c	d	d _{inel 1}	D	d _{inel 2}	D	d _{inel 3}	d _{d2}	d _{inel 4}	d _{d1}	d _{inel 5}
32	1,5	17	3,55	29	3,55	29	2,65	36	2,65	39	2,65
		Simbol		Simbol		Simbol		Simbol		Simbol	
		35501700		35502240		26502500		26503150		26503450	
Numărul aruncătoarelor						Volumul aruncătoarelor					
2						453540 mm ³					
Aruncătorul pneumatic optimal pentru matrița piesei C2 „Lighean ϕ 440” [mm]											
Țeava inox		Inel I		Inel II		Inel III		Inel IV		Inel V	
d _c	h _c	d	d _{inel 1}	D	d _{inel 2}	D	d _{inel 3}	d _{d2}	d _{inel 4}	d _{d1}	d _{inel 5}
38	3	20	3,55	35	3,55	35	2,65	42	2,65	45	3,55
		Simbol		Simbol		Simbol		Simbol		Simbol	
		35502000		35502800		26503000		26503750		35503870	
Numărul aruncătoarelor						Volumul aruncătorului					
1						337740 mm ³					
Aruncătorul pneumatic optimal pentru matrița piesei C3 „Lighean ϕ 525” [mm]											
Țeava inox		Inel I		Inel II		Inel III		Inel IV		Inel V	
d _c	h _c	d	d _{inel 1}	D	d _{inel 2}	D	d _{inel 3}	d _{d2}	d _{inel 4}	d _{d1}	d _{inel 5}
42,4	2	25	3,55	39	3,55	39	2,65	48	3,55	54	3,55
		Simbol		Simbol		Simbol		Simbol		Simbol	
		35502500		35503150		26503450		35504120		35504750	
Numărul aruncătoarelor						Volumul aruncătoarelor					
2						1229700 mm ³					

BIBLIOGRAFIE

- [1] Haragâș, S., - Cercetări teoretice privind tipizarea și optimizarea sistemelor de aruncare pneumatice, Referat 2, Cluj-Napoca, 2005.
- [2] Tudose, L., Pop, D., - Proiectare optimală cu algoritmi genetici, Ed. Mediamira, 2002.