ELEMENTE DE CALCUL PRIVIND ARHITECTURA UNUI ROTOR PROFILAT UTILIZAT ÎN CONSTRUCȚIA VENTILATOARELOR

Nicolae BĂRAN, Alin MOTORGA, Adrian COSTACHE

UNIVERSITATEA POLITEHNICA, Bucuresti

Rezumat. *Lucrarea prezintă o metodă de calcul pentru stabilirea coordonatelor punctelor ce descriu profilul exterior al unui rotor. Două astfel de rotoare montate într-o carcasă sunt principalele elemente folosite în construcţia unei maşini de lucru (pompă, ventilator, suflantă) sau a unei maşini de forţă (motor cu abur, motor hidrostatic, motor pneumatic). Fiecare rotor este prevăzut cu două pistoane rotative şi două cavităţi în care intră pistoanele rotorului adiacent; forma curbată a pistoanelor garantând o bună etanşare între rotor şi carcasă, ca şi între cele două rotoare. În lucrare, pentru aceeaşi dimensiune, este prezentat un exemplu de calcul al profilului exterior al unui rotor.*

Cuvinte cheie: *metoda de calcul; profilul exterior al rotorului; maşină de lucru;exemplu de calcul.*

Abstract*.The paper presents a computation method for establishing the coordinates of the points that describe the outline of a rotor profile. Two such profiled rotors mounted in a casting are the main elements used in the construction of a working machine. (pump, fan, blower) of a force machine (steam motor, hydrostatic motor, pneumatic motor). Each rotor is provided with two rotating pistons and two cavities in which the pistons of the adjacent rotor enter; the curved shape of the pistons guarantees a good sealing between the rotor the rotorand the casting, as well as between the two rotors. An example of computation of the outline of the profiled rotor is given for the same constructive dimensions.*

Keywords: *computation method, outline of a rotor profile, working machine, computation example.*

1. PREZENTAREA SOLUȚIEI CONSTRUCTIVE

În funcționarea ventilatoarelor cu palete apar probleme atunci când ele vehiculează gaze ce conțin particule solide sau lichide şi in plus se cere o presiune la refularea ventilatorului mai mare de 1500 mm H_2O.

Maşina de lucru prezentată în continuare numită ventilator cu rotoare profilate asigură vehicularea acestor gaze la presiuni de 2000-5000 mmH_2O

Soluția constructivă şi principiul de funcționare a ventilatorului cu rotoare profilate rezultă din figura 1. Două rotoare identice (A,B),tangente între ele, sunt montate în interiorul unor carcase semicilindrice (C,D) şi se rotesc cu aceeaşi viteză unghiulară. Rotația sincronă a rotoarelor este asigurată prin două roți dințate care se angrenează şi sunt montate în exteriorul maşinii pe arborii E şi F (fig. 1).

În timpul mişcării de rotație pistoanele 1, 2 intră în cavitățile 1'şi 2' ale rotorului adiacent; similar pistoanele 3' şi 4' intră în cavitățile 3 şi 4. Gazul aspirat (fig. 1.a) este transportat de pistoanele rotative către refulare, după o rotație cu 90º, rotoarele ajung în situația din fig.1.b.

Fluidul conținut în volumul V_u (fig. 1.b) adică între pistoanele 3'şi 4' şi între rotor şi carcasă , după o rotație cu 180^o va fi transportat către refulare. Pe durata unei rotații complete fiecare rotor va transporta către refulare două asemenea volume. Relațiile de calcul a debitului volumic şi a puterii de antrenare a ventilatorului sunt prezentate în lucrările [1], [2].

După cum se observă din figura 1, forma pistonului rotativ este curbilinie; pistonul poate avea o formă mai simplă, triunghiulară, construcția lui fiind prezentată în lucrarea [3].

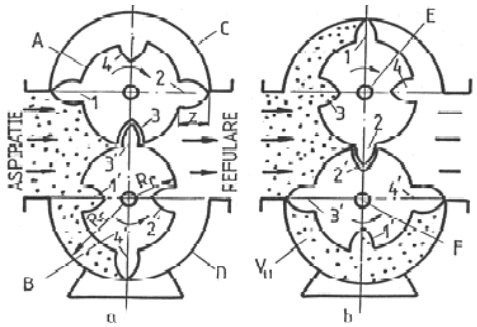


Fig. 1. Schița ventilatorului cu rotoare profilate
A, B – rotoare; *C,D* – carcase semicilindrice; *E, F* – arbori; *1, 2, 3', 4'* – pistoane rotative; *1', 2', 3, 4* – cavități în care pătrund pistoanele rotorului adiacent.

2. CALCULUL COORDONATELOR PUNCTELOR CARE PRECIZEAZĂ CONTURUL PROFILULUI ROTORULUI

2.1. Calculul coordonatelor punctelor amplasate pe conturul pistonului rotativ

Dacă se încadrează rotorul în sistemul de axe x o y, în cele patru cadrane forma conturului va fi aceeaşi; adică este suficient să stabilim un procedeu de calcul a conturului rotorului pentru un cadran, deoarece ulterior el este utilizat pentru celelalte trei cadrane. În figura 2 cadranul luat în calcul x_1,o$_1$,y_1 este puțin rotit față de cadranul I al sistemului de axe x o y.

Din figura 2 se observă că conturul profilului rotorului, pentru un cadran este alcătuit din trei porțiuni:

– curba AB, reprezintă conturul unei jumătăți de piston rotativ;

– curba BC, aparține rotorului și este un arc de cerc cu raza egală cu cea a rotorului (R_r);

– curba CD, reprezintă conturul unei jumătăți de cavitate.

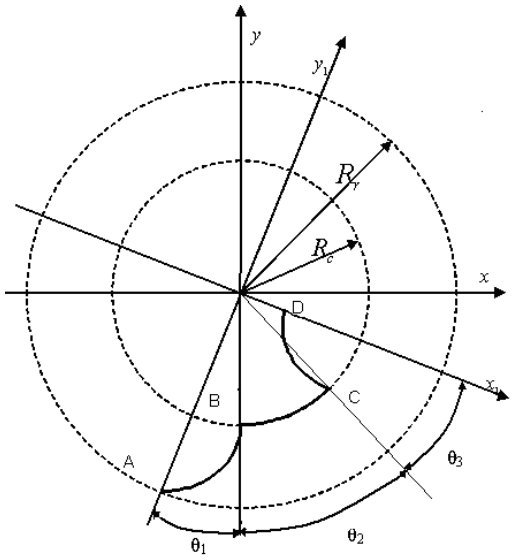


Fig. 2. Notații de calcul.

Se consideră soluția constructivă prezentată anterior pentru care raza rotorului este R_r = 50 mm, iar raza carcasei R_c = 80 mm. Dacă rotorul superior (O_2) este fix punctul E aflat pe rotorul inferior (O_1) care este mobil va ajunge în punctul A (fig. 3).Ce traiectorie va descrie punctul E pe suprafața inelară ($R_r \div R_c$) când cele două rotoare sunt mobile ?

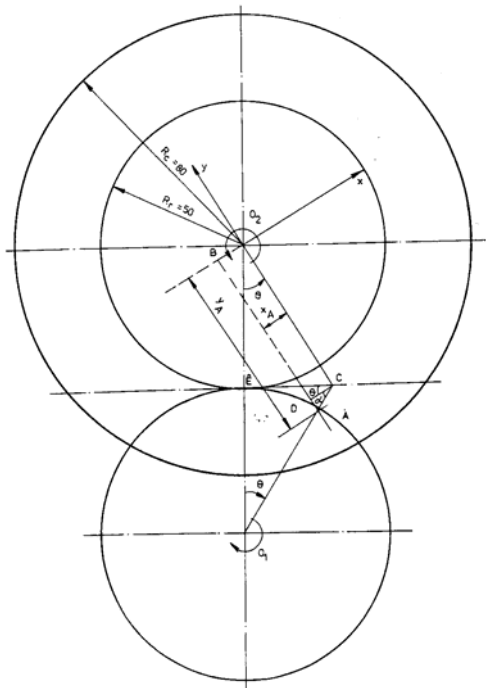


Fig.3. Notații de calcul.

Pentru a rezolva această problemă se alege un sistem de axe rotitor xo_2y față de care se determină coordonatele punctului A (x_A , y_A)

Coordonatele punctului A vor fi :

I) $$x_A = -O_2B = -CD = -AC\cos\alpha \qquad (1)$$

Din ΔO_1EC se obține:

$$\cos\theta = \frac{O_1E}{O_1C} = \frac{R_r}{R_r + AC} \qquad (2)$$

rezultă: $$AC = \frac{R_r(1-\cos\theta)}{\cos\theta} \qquad (3)$$

Deoarece în ΔO_1EC

$$\theta + 90^0 + \theta + \alpha = 180^0 \qquad (4)$$

rezultă: $$\alpha = 90^0 - 2\theta \qquad (5)$$

Introducând relațiile (3) și (5) în relația (1) se obține

$$x_A = -\frac{R_r(1-\cos\theta)}{\cos\theta}\cdot\cos(90^0 - 2\theta) \qquad (6)$$

sau $$x_A = -\frac{R_r(1-\cos\theta)}{\cos\theta}\cdot\sin 2\theta \qquad (7)$$

II) $$y_A = -AB = -(BD + DA) = -(O_2C + DA)$$

Din ΔO_2EC se obține:

$$\cos\theta = \frac{O_2E}{O_2C} = \frac{R_r}{O_2C}; O_2C = \frac{R_r}{\cos\theta}; \qquad (8)$$

$$y_A = -\left(\frac{R_r}{\cos\theta} + AC\sin\alpha\right) = \\ = -\left[\frac{R_r}{\cos\theta} + \frac{R_r(1-\cos\theta)}{\cos\theta}\cdot\sin(90^0 - 2\theta)\right] \qquad (9)$$

sau $$y_A = -\left[\frac{R_r}{\cos\theta} + \frac{R_r(1-\cos\theta)}{\cos\theta}\cdot\cos 2\theta\right]$$

Coordonatele punctului A vor fi :

$$\begin{cases} x_A = -\dfrac{R_r\left(1-\cos\theta\right)}{\cos\theta}\cdot\sin 2\theta \\ y_A = -\left[\dfrac{R_r}{\cos\theta} + \dfrac{R_r(1-\cos\theta)}{\cos\theta}\cdot\cos 2\theta\right] \end{cases} \qquad (10)$$

Dacă în sistemul (10) se elimină unghiul θ se obține ecuația curbei care ne precizează conturul pistonului rotativ; această ecuație este dificil de rezolvat.

Dacă în ecuațiile (10) se introduc R_r =50 mm, R_c = 80 mm si $\theta = 0^0, 1^0, 2^0, ...52^0$ se obțin datele din tabelul 1.

Deoarece precizia de poziționare a unei piese, pe un centru de prelucrare cu comandă numerică (C.N.C) este de 0,01 mm [4] pentru efectuarea calculelor s-au luat în considerare primele cinci zecimale

Pe baza datelor din tabel s-a trasat curba AB care ne precizează forma profilului pistonului rotativ (fig.4)

Tabelul 1

Valorile coordonatelor pentru punctele aflate pe o latură a pistonului

$\theta[^0]$	x_i [m]	y_i [m]	$\theta\,[^0]$	x_i [m]	y_i [m]
0	0	–0.05	27	–0.00494	–0.05971
1	–2.65809E–07	–0.05001	28	–0.00549	–0.06033
2	–2.12598E–06	–0.05006	29	–0.00607	–0.06096
3	–7.17246E–06	–0.05013	30	–0.00669	–0.06160
4	–1.69923E–05	–0.05024	31	–0.00735	–0.06224
5	–3.31654E–05	–0.05037	32	–0.00805	–0.06288
6	–5.72618E–05	–0.05054	33	–0.00878	–0.06353
7	–9.08396E–05	–0.05073	34	–0.00956	–0.06417
8	–0.00013	–0.05096	35	–0.01037	–0.06481
9	–0.00019	–0.05121	36	–0.01122	–0.06545
10	–0.00026	–0.05149	37	–0.01211	–0.06608
11	–0.00035	–0.05180	38	–0.01305	–0.06670
12	–0.00045	–0.05213	39	–0.01402	–0.06731
13	–0.00057	–0.05249	40	–0.01503	–0.06792
14	–0.00071	–0.05288	41	–0.01609	–0.06851
15	–0.00088	–0.05329	42	–0.01718	–0.06908
16	–0.00106	–0.05372	43	–0.01832	–0.06964
17	–0.00127	–0.05417	44	–0.01949	–0.07018
18	–0.00151	–0.05465	45	–0.02071	–0.07071
19	–0.00177	–0.05515	46	–0.02196	–0.07121
20	–0.00206	–0.05566	47	–0.02325	–0.07168
21	–0.00238	–0.05620	48	–0.02458	–0.07213
22	–0.00272	–0.05675	49	–0.02595	–0.07256
23	–0.00310	–0.05731	50	–0.02736	–0.07296
24	–0.00351	–0.05789	51	–0.02880	–0.07332
25	–0.00395	–0.05849	52	–0.03028	–0.07366
26		–0.00443		–0.05909	

Curba AB este simetrică faţă de axa pistonului rotativ şi prin simetrie devine curba AC (fig.3). În acest mod se stabileşte forma pistonului rotativ, (curba CAB) şi astfel se realizează o etanşare mai bună între aspiraţie şi refulare în sensul că avem două zone de contact:

– între vârful pistonului şi suprafaţa interioară a carcasei, respectiv a cavităţii rotorului adiacent(O_1);

– între muchia cavităţii (punctul B aflat pe rotorul O_1) şi suprafaţa laterală a pistonului rotativ (BAC) aflat pe rotorul (O_2);

Valoarea unghiului θ_1 dedusă în lucrarea [5] este de $22,7^0$; aceeaşi valoare are şi θ_3. Ca urmare (fig.2):

$$\theta_2 = 90^0 - (\theta_1 + \theta_3) = 90^0 - (22,7 + 22,7) = 44,6^0 \qquad (11)$$

2.2. Stabilirea conturului rotorului pe porţiunea de arc de cerc BC

Porţiunea BC (fig. 2) este construită dintr-un arc de cerc cu unghiul la centru egal cu $\theta_2 = 44,6^0$; valoarea unghiului θ_2 este cuprinsă între $\theta_1 = 22,7^0$ şi $22,7^0 + 44,6^0 = 67,3^0$.

Coordonatele punctelor situate pe arcul de cerc BC se obţin prin intersecţia razei rotorului R cu cercul de rază R_r.

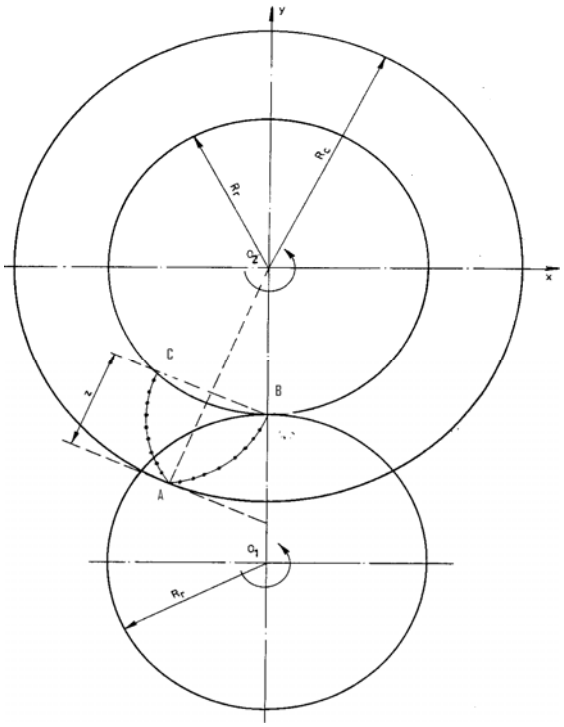


Fig. 4. Conturul profilului pistonului rotativ, trasat prin puncte (x_i , y_i).

Cu alte cuvinte se rezolvă sistemul:

$$\begin{cases} y = mx \\ x^2 + y^2 = R_r{}^2 \end{cases} \quad (12)$$

unde $m = \mathrm{tg}\theta_2$ iar $\theta_2 = 23^0, 24^0 ..... 66^0, 67^0, 67,3^0$.

O altă cale pentru a afla coordonatele este:

$$\begin{cases} x = R_r \cos\theta_2 \\ y = -R_r \sin\theta_2 \end{cases} \quad (13)$$

Utilizând sistemul (13) s-a construit un program de calcul şi s-au obținut datele din tabelul 2.

2.3. Stabilirea coordonatelor punctelor amplasate pe conturul cavității

Se pune problema de a afla coordonatele punctelor aflate pe curba CD (fig. 2).

Curba CD constituie conturul la o jumătate de cavitate care are un unghi la centru $\theta_3 = 22,7^0$.

Modul de calcul a acestor coodonate este prezentat în lucrarea [3]; dacă în sistemul :

$$\begin{cases} x = 2(R_c \cos\theta - R_r)\sqrt{1-\cos^2\theta} \\ y = 2\cos\theta \cdot (R_c \cos\theta - R_r) - R_c \end{cases} \quad (14)$$

se introduc : $R_r = 50$ mm $R_c = 80$ mm iar θ ia succesiv valorile:

$$\theta = 0^0, 1^0 .... 29^0, 29,7^0$$

Se obțin valorile din tabelul 3.

Cele trei tabele pot fi reunite într-unul singur tabel; datele din acest tabel urmează a fi utilizate la construirea programului pentru C.N.C.

Pe baza datelor din tabelele 1,2,3 s-a construit conturul rotorului într-un singur cadran (fig. 5).

Prin simetria cu axa o x_1 se obține jumătate de rotor iar cu acesta prin simetrie cu o y_1 se obține conturul întregului rotor profilat (fig. 6).

CONCLUZII

- Soluția constructivă prezentată asigură o etanşare mai bună între partea de înaltă presiune (refulare) şi partea de joasă presiune (aspirația) a ventilatorului;
- Această maşină de lucru (ventilator, suflantă) poate fi uşor construită deoarece tehnologia de execuție a rotoarelor şi carcasei are la bază un program cu comandă numerică, iar execuția lor se realizează prin C.N.C.

Tabelul 2

Valorile coordonatelor punctelor situate pe arcul de cerc BC

$\theta[^0]$	x_i [m]	y_i [m]	$\theta[^0]$	x_i [m]	y_i [m]
23	0	-0.05	46	0.01953	-0.04602
24	0.00087	-0.04999	47	0.02033	-0.04567
25	0.00174	-0.04996	48	0.02113	-0.04531
26	0.00261	-0.04993	49	0.02191	-0.04493
27	0.00348	-0.04987	50	0.02269	-0.04455
28	0.00435	-0.04980	51	0.02347	-0.04414
29	0.00522	-0.04972	52	0.02424	-0.04373
30	0.00609	-0.04962	53	0.025	-0.04330
31	0.00695	-0.04951	54	0.02575	-0.04285
32	0.00782	-0.04938	55	0.02649	-0.04240
33	0.00868	-0.04924	56	0.02723	-0.04193
34	0.00954	-0.04908	57	0.02795	-0.04145
35	0.01039	-0.04890	58	0.02867	-0.04095
36	0.01124	-0.04871	59	0.02938	-0.04045
37	0.01209	-0.04851	60	0.03009	-0.03993
38	0.01294	-0.04829	61	0.03078	-0.03940
39	0.01378	-0.04806	62	0.03146	-0.03885
40	0.01461	-0.04781	63	0.03213	-0.03830
41	0.01545	-0.04755	64	0.03280	-0.03773
42	0.01627	-0.04727	65	0.03345	-0.03715
43	0.01710	-0.04698	66	0.03409	-0.03656
44	0.01791	-0.04667	67	0.03473	-0.03596
45	0.01873	-0.04635	67,3	0.03492	-0.03578

Tabelul 3

Valorile coordonatelor punctelor conturului cavităţii

$\theta[^0]$	x_i [m]	y_i [m]	$\theta[^0]$	x_i [m]	y_i [m]
0	0.01845	-0.00772	16	0.02037	-0.0246
1	0.01808	-0.0087	17	0.02106	-0.02561
2	0.01777	-0.0097	18	0.02181	-0.0266
3	0.01752	-0.01072	19	0.02263	-0.02756
4	0.01734	-0.01176	20	0.02351	-0.0285
5	0.01722	-0.01282	21	0.02445	-0.02941
6	0.01717	-0.01388	22	0.02546	-0.03028
7	0.01719	-0.01496	23	0.02652	-0.03112
8	0.01727	-0.01604	24	0.02765	-0.03192
9	0.01742	-0.01713	25	0.02883	-0.03268
10	0.01764	-0.01822	26	0.03007	-0.03339
11	0.01793	-0.0193	27	0.03136	-0.03406
12	0.01828	-0.02038	28	0.03271	-0.03468
13	0.0187	-0.02145	29	0.03411	-0.03526
14	0.01919	-0.02252	29.7	0.03511	-0.03562
15	0.01975	-0.02356			

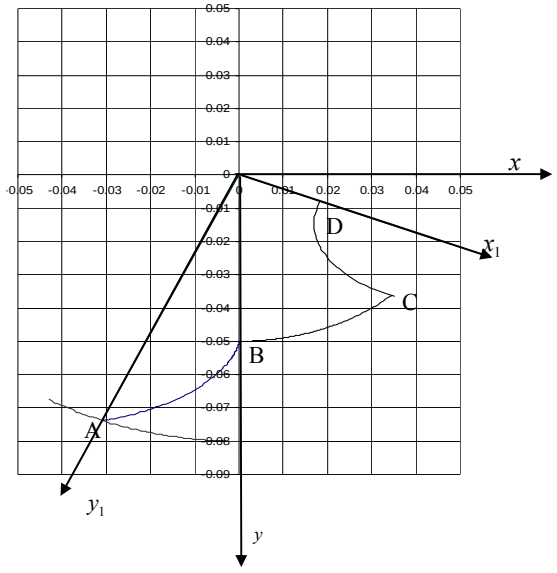


Fig. 5. Conturul profilului rotorului în cadranul x_1 o y_1.

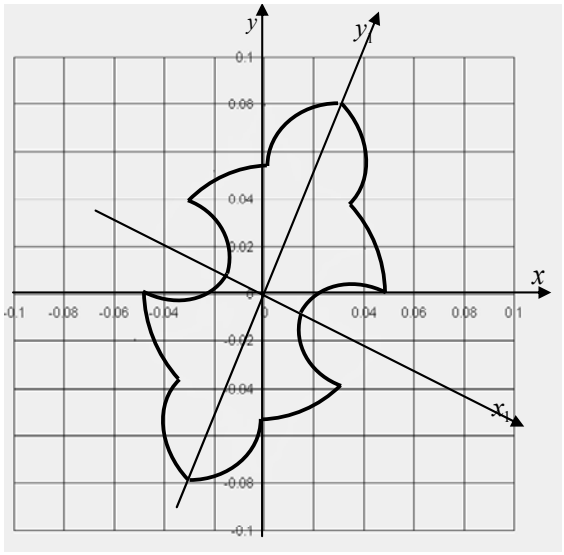


Fig. 6. Conturul profilului rotorului.

BIBLIOGRAFIE

1. N. Băran, *Maşini termice rotative – Maşini de lucru, Maşini de forţă*, Editura MATRIXROM, Bucureşti, 2001.
2. N. Băran, *Maşini termice rotative de lucru – Maşini cu rotoare profilate, Maşini cu palete*, Editura MATRIX-ROM, Bucureşti, 2003.
3. N. Băran, O. Donţu, D. Besnea, A. Costache, *Constructive elements and technological procedures used in the construction of a new type of rotating compressor*, Romanian Review Precision Mechanics, Optics & Mecatronics nr 25/2004, pag. 265-268.
4. V. Tcacenco, *Centre de prelucrare cu ax vertical "Alzmetall"* Rev. Technică şi Tehnologică nr. 4/2005, pag. 16 – 17.
5. A. Costache, N. Băran, *Metodă de calcul pentru determinarea conturului profilului unui nou tip de rotor profilat*, Romanian Review Precision Mechanics, Optics & Mecatronics (sub tipar)

.