

MOBILITATEA CUPLAJEROR DINȚATE ALE POMPELOR CU CAVITĂȚI PROGRESIVE (PCP)

Gheorghe MILOIU

MOBILITY OF PROGRESSIVE CAVITY PUMPS (PCP) GEAR COUPLINGS

Abstract: The writing represents a study on the angular mobility of the toothed surfaces used for the progressive cavity pumps (PCP), in the transmission from the drive shaft to the pump rotor: the teeth bulging and the play between the flanks, the contact conditions of the teeth based on the blocking contour of an inner gear with zero tooth number difference.

Cuvinte cheie: cuplaje dintate, pompe cu cavitati progresive (PCP)
gear couplings, progressive cavity pumps (PCP)

1. Introducere

Pompele PCP – fig.1 [5, 6, 8] – sunt formate dintr-un rotor de oțel și un stator elastic (cauciuc), în „angrenare” interioara.

Rotorul este așezat excentric în stator și este antrenat de un motor, direct (motor alimentat prin convertizor de frecvență) sau printr-o transmisie mecanica (cu curele, reductor) și printr-o transmisie intermediară, cu două cuplaje cu mobilitate unghiulară și un arbore de torsiune. Transmisia intermediara are trei particularități funcționale:

- a. Mobilitate unghiulară de ordinul a câteva grade;

- b. Capacitatea de a prelua forța axială neechilibrată pe rotor;
- c. Etanșeitate necesară, deoarece cuplajele funcționează în mediul vehiculat.

În ultimele două decenii , pompele PCP au căpătat extindere în extracția țițeiului, în parcurile de colectare – separare țiței și gaze, în prelucrarea apelor murdare etc [1, 8, 9]

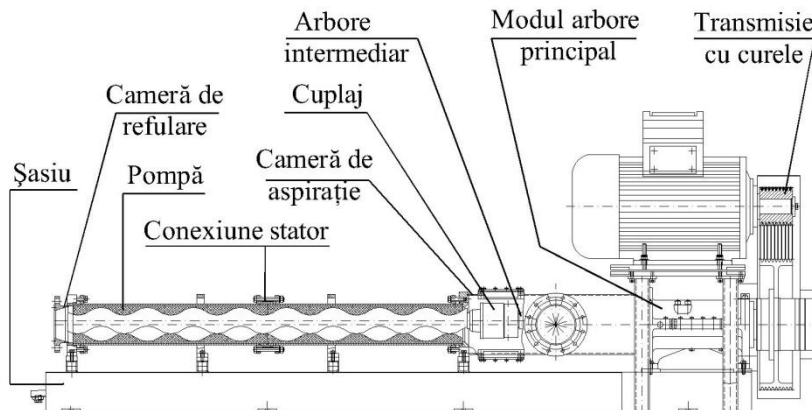


Fig.1 Schema simplificată a unei pompe PCP



Fig.2 Componentele principale ale cuplajelor dințate ale pompelor PCP

Pompele din parcurile de colectare – separare și din stațiile de injecție a apei sărate au ajuns la presiuni de 20 – 100(120) bar, debite de 10 – 60 (100) mc/h. La acești parametri antrenarea este la 30 – 75 (130) kW, iar forța neechilibrată pe rotor este de 30 – 100 (120) kN.

2.Cuplajele pompelor PCP

În timp, soluțiile de cuplaje cu mobilitate unghiulară ale pompelor PCP s-au așezat [3, 6, 9]:

- Cuplaje cu un bolt radial – pentru presiuni mici;
- Cuplaje cardanice – pentru presiuni medii;
- Cuplaje dințate – pentru presiuni mari.

Pompele Confind folosesc primul și al treilea tip de cuplaje [5, 6, 9].

3.Cuplajele dințate ale pompelor Confind

În fig.2 sunt prezentate componentele principale ale cuplajelor dințate de la pompele Confind: bucușă dințată exterior, cu dantură bombată; manșonul dințat interior; lagărul axial sferic format dintr-o bucușă lagăr fixată pe bucușă dințată și un disc sferic fixat în manșonul dințat, plus capacul de etanșare cu element elastic, ce închide cuplajul între manșon și arborele intermediar pe care este dispusă bucușă dințată. Ungerea este cu ulei VG 460 sintetic sau cu unsoare grafitată.

4.Mobilitatea cuplajelor dințate

La cuplajele dințate de utilizare curentă trebuie să fie jocuri mici între dinți. În schimb, la cuplajele pompelor PCP se cer jocuri mărite, deoarece aici se impun unghiuri de câteva grade între axele celor două piese dințate (fig.2), respectiv bombări puternice ale flancurilor dinților bucușei dințate. Bombarea flancurilor se face cu o freză disc profilată sau cu o freză melc, pe un arc de rază r_1 , cu centrul pe axa piesei sau cu $r_1 < 0,5 \times d$ (d este diametrul de divizare al pieselor dințate) – fig.3. La un joc J între flancurile dinților (în poziția cu bucușă și manșonul pe aceeași axă), pentru un unghi Θ între axe, contactul și jocul se modifică ca în fig.4.

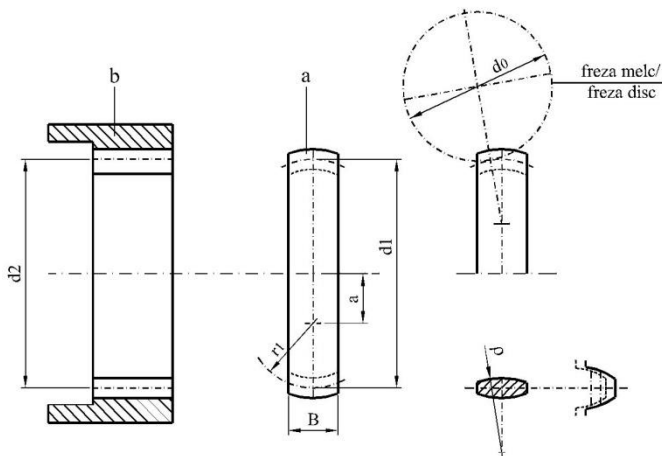


Fig3. Bombarea dinților la un cuplaj dințat

| |
|---|
| <p>ρ - raza de bombare a flancurilor dinților bușei dințate 1: $\rho = r_1 / \text{tg} \alpha$; $r_1 \leq 0,5 \times d_1$ α – unghiul profilului dinților</p> |
| <p>J - jocul dintre dinti la cuplajul cu axele aliniat</p> |
| <p>j_φ - jocul dintre dinți ce rămâne la nealinierea Θ [4]: $j_\varphi = J - \rho \times \varepsilon^2$; $j_{\min} = J - \rho \times \Theta^2$ φ_i - unghiul de poziție al dintelui bușei cu dantura bombată 1 : $\varphi_i = 0 \dots 360^\circ$</p> |
| <p>Δ_x - deplasarea laterală a contactului dinților : $\Delta_x = \pm \rho \times \Theta$</p> |
| <p>Θ – unghiul de compensare al cuplajului $\sin \Theta = e/L$; $e = 0,2 \times d_g$ d_g, e – diametrul și excentricitatea cercului generator pentru rotor-stator</p> |

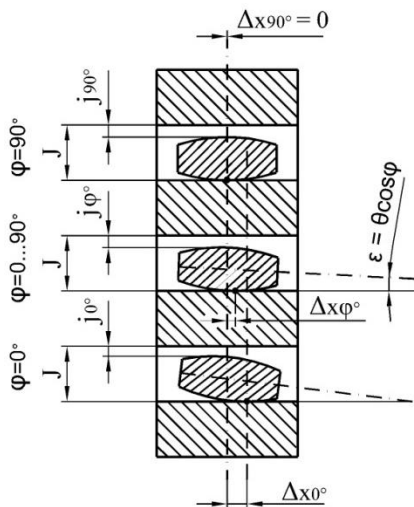


Fig.4 Modificarea

contactului
dintilor și a jocului dintre
dintii

Fig.5 Relațiile de calcul pentru geometria bombării dinților

Relatiile din fig.5 permit calculul razei de curbura a flancurilor dinților ρ și evaluarea jocului și a poziției contactului dinților pentru un unghi Θ de înclinare a axelor pieselor 1 și 2 – fig.3 și 4 : jocul curent (pentru un dinte în poziția unghiulară φ) j_φ și deplasarea punctului de contact în raport cu centrul cuplajului, Δx . Funcție de poziția φ_i a dintelui bombat considerat, unghiul de așezare este $0 \dots \Theta$ (respectiv $\Theta \times \cos \varphi$), iar deplasarea Δx este $0 \dots \rho \times \Theta$ (respectiv $\rho \times \Theta \times \cos \varphi$) – fig.4.

În tabelele 1 și 2 se dau câteva rezultate numerice pentru un cuplaj cu compensare radială $\pm 20 \text{ mm}$, $\Theta = 2,2924^\circ$, cu joc de $0,4 \text{ mm}$.

Din tabelul 1 se observă influența puternică a bombării $r_1(\rho)$, iar din tabelul 2 numărul de dinți portanți ai cuplajelor. În aceste condiții, la cuplajele pompelor PCP se poate recomanda $\Theta \leq 2^\circ$.

În continuare se urmărește fig.6, în care se prezintă conturul de blocare pentru un angrenaj interior cu diferența zero a numerelor de dinți, într-un sistem de axe de coordonate $x_1 O x_2$ (x_1 și x_2 – deplasările specifice de profil). Bisectoarea primului cadran, $x_1 - x_2 = 0$, reprezintă toate angrenajele cu joc zero între flancuri, iar dreapta $x_1 - x_2 = -0,15$ reprezintă toate angrenajele cu joc $0,1 \times$ modulul (dacă punctele sunt în conturul de blocare).

În tabelul 3 se analizează câteva situații caracteristice, observând:

- în cazurile I și II ($x_1 = x_2$) nu se pot forma cuplaje pentru pompele din fig.1;
- în cazurile III și IV se pot forma cuplaje pentru pompele din fig.1; este de preferat cazul IV: dantură bombată și joc $0,1 \times$ modulul;
- în cazul V se formează angrenaje, dar erorile de execuție pot schimba lucrurile; de la angrenaj pe linia b se poate ajunge la blocaj pe aceeași linie, respectiv la interferență (blocare); situația trebuie evitată.

Exemplu de calcul

Tabelul 1

| $z_1 = z_2 = 36$; $m = 3,5$; $d_1 = 126$; $\alpha_0 = 20^\circ$ | | | | | | |
|--|-------|--------|----------------|----------------|------|-------|
| $e = 20$; $L = 500$; $W_5 = 48,26_{-0,45}^{-0,40}$ | | | | | | |
| Cazul | r_1 | ρ | Θ_{max} | Θ | J | j |
| I | 83 | 228 | $2,40^\circ$ | $2,2924^\circ$ | 0,40 | 0,035 |
| II | 63 | 173 | $2,75^\circ$ | $2,2924^\circ$ | 0,40 | 0,123 |
| III | 43 | 118,5 | $3,33^\circ$ | $2,2924^\circ$ | 0,40 | 0,210 |

Notă: - Manșonul dințat s-a considerat piesa unitară (abatere zero la poziția profilului de referință);

- Jocul dintre dinți se asigură din W_5 – lungimea peste dinți (cu abateri negative).

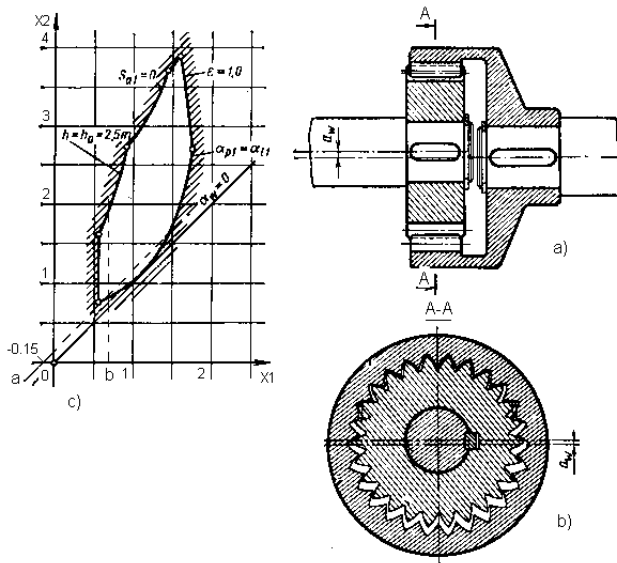


Fig.6. Angrenajul interior cu $z_1 = z_2$

a) b) – angrenaj cu distanța între axe a_w ;

c) – conturul de blocare al angrenajului $z_1 = z_2 = 30$; $z_0 = 15$;

$x_0 = 0,104$ (“O” – privitor la scula de danturat) [2]

Jocul dintre dinții cuplajului cu elementele din tabelul 1
(pentru $\Theta = 2,2924^\circ$)

Tabelul 2

| Cazul | Jocul dintre dinții cuplajului | | | Numărul de dinți încărcăți | |
|-------|----------------------------------|---|-----------------------|----------------------------|------------------|
| | Dinții buçsei cu dantură bombată | | | $z_{portanți}$ | $z_{portanți}/z$ |
| | 36 ; 1 ; 2 18 ; 19 ; 20 | 35 ; 36 ; 1 ; 2 ; 3 17 ; 18 ; 19 ; 20 ; 21 | 34...1...4 16...22 | | |
| I | 0,0115 | 0,042 | 0,273 | 6 | 17% |
| II | 0,0088 | 0,032 | 0,207 | 6 | 17% |
| III | 0,0060 | 0,022 | 0,142 | 10 | 28% |

Notă: - Pentru $z_{portanți}$ s-au luat în calcul jocurile 0...0,022 mm.

Caracterizarea unui cuplaj dințat după fig.6

Tabelul 3

| Cazul | | Bombare | Joc J | Cuplaj/angrenaj | Caracterizare |
|-------|--|-----------------|-------|-----------------|---|
| I | $x_1 = x_2$ | Fără bombare | 0 | Cuplaj | -Nu admite înclinație axe -Contact pe suprafața pe toți dinții |
| II | $x_1 = x_2$ | Cu bombare | 0 | Cuplaj | -Nu admite înclinație axe -Contact localizat pe toți dinții |
| III | $x_1 = x_2 - 0,15$ | Fără bombare | 0,1 | Cuplaj | -Admite unghi între axe -Contact numai pe colțurile câtorva dinți |
| IV | $x_1 = x_2 - 0,15$ | Cu bombare | 0,1 | Cuplaj | -Admite unghi între axe -Contact localizat pe o parte din dinți -Este situația cea mai avantajoasă |
| V | $x_1 > 0,55$ x_1 - in conturul de blocare | Cu/fără bombare | >0,1 | Angrenaj | -Se comportă ca un angrenaj cu $i=1$. Așezarea 1 pe 2 este condusă de lagărul sferic și se poate produce contact în afara conturului de blocare – apare interferența (blocare). -Situația trebuie evitată. |

5.Concluzii

1.Figurile 3-5 prezintă relațiile de evaluare a condițiilor de contact din cuplajele dințate (cu mobilitate unghiulară) utilizate la pompele PCP;

2.Folosind fig.6, în care este prezentat domeniul de existență al unui angrenaj interior cu $z_1=z_2$, lucrarea analizează regimurile de lucru ale unui cuplaj dințat (cu dinți bombați), cu jocuri J, cu/fără abateri de execuție.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Baldenko, D.F., Baldenko, F.D., GNOEVII, A.N.: *Odnovintovîe gidravlicheskie masinî*. T.1 Odnovintovîe nasosî, IRT Gazprom, Moscova, 2005, 473 p.

- [2] Bolotovski, I.A. i.d.: *Tilindreskie evolventnie peredaci vnutrennego zateplenia*. Izd. Masinostroenie, Moscova, 1977, 192 p.
- [3] Bourke, D.: *Compensating eccentric motion in progresing cavity pumps*, 5p.
- [4] Henriot, G.: *Engrenages. Conception, Fabrication, Mise en œuvre*. 7^e édition, Dunod, Paris, 1999, 874 p ; 29. Accouplements alignement des axes, p. 791 – 802.
- [5] MiloIU, G. s.a. : *Pompa cu surub excentric* [CONFIND Campina]. Brevet de invenție ROMÂNIA, nr. 121048 B1, F04 C2 / 107, 15.12.2003, 09.2006.
- [6] MiloIU, G., Simion, I. : *Transmisiile intermediare ale pompelor cu cavități progresive (PCP)* . Universitatea Transilvania Brasov, PRASIC'06, 2006, vol. II, p.95 – 102.
- [7] Polder, Y. W. : *Overcut, a new theory for tip interference in internal gears*. In: *Journal Mechanical Engineering Science*, 1969, nr. 6, p. 583 – 591.
- [8] Simion, I. MiloIU, G.: *Pompe cu cavități progresive (PCP) CONFIND de presiuni medii si mari pentru parcurile de țigăi și gaze*. În: *Jurnalul de petrol și gaze*, 2008, nr. 3 (Martie), p. 24 – 27.
- [9] Documentație tehnică de la firmele:
- Confind Campina, str. Progresului nr. 2;
 - Netzsch Mohnopumpen, Waldkraibung, Germania.

Dr. ing. Gheorghe MILOIU
specialist S.C. Confind Câmpina, membru ROAMET
e-mail : gmiloIU@confind.ro