

COMPOSITE MATERIALS FOR PLATING THE AXIAL BEARINGS OF HYDROGENERATORS

Lelian CIOROIANU¹, Lucia LĂCĂTUȘU²

ABSTRACT: This paper presents an alternative solution, practical and efficient, for the replacement of YSn83 alloy used in plating the bearing segments from power station hydrogenerators. For bearing safety in running and increasing exploitation period some measure have to be taken, as well as some limitations in running condition. Among these, we would like to point out the limitation in the number of starting and rising the rotor on jacks at closing – shutting. By replacing YSn83 alloy with a polytetrafluoroethylene based composition the selflubricant properties and the low values of friction coefficient are being exploited. Polytetrafluoroethylene also has unwanted properties in the bearing construction, such as low thermal conductivity, big thermal dilation and low welded connection. These drawbacks were eliminated by using a composite material with elastic metallic insertion, that has a high thermal conductivity, counteract the difference in thermal dilatation between the component materials and it admits to solder on the steel support of bearing by using a performant metal-metal adhesive.

Keywords: bearing, antifriction, composite, polytetrafluoroethylene, metallic insertion, metal-metal adhesive

I. Introducere

Funcționarea eficientă și sigură a unei hidrocentrale depinde mult de funcționarea corespunzătoare a echipamentelor componente. O atenție deosebită se acordă lagărelor de alunecare a căror funcționare defectuoasă atrage după sine oprirea hidroagregatului.

În hidrogeneratoarele verticale de mare putere lagărele axiale preiau o sarcină enormă, definită de greutatea pieselor turnate și presiunea apei asupra rotorului turbinei.

Lagărele axiale sunt destinate preluării sarcinilor axiale care acționează pe arbori și osii și prevenirii deplasărilor axiale ale arborilor și osiilor. Lagărele axiale lucrează împreună cu pivoții arborilor. Datorită faptului că în aceste tipuri de lagăre este mai greu să se asigure o frecare fluidă, domeniul utilizării acestora s-a restrâns la domeniul sarcinilor foarte mari unde nu pot fi înlocuite cu reazeme de rostogolire.

¹ Cercetător Științific I, Institutul de Cercetări și Modernizări Energetice-ICEMENERG, România

² Cercetător Științific I, Institutul de Cercetări și Modernizări Energetice-ICEMENERG, România

Lagărele axiale de alunecare au, de obicei, o suprafață de reazem de formă inelară.

Cea mai importantă condiție pentru buna funcționare a lagărelor axiale este perpendicularitatea suprafeței piesei de reazem și a pivotului pe axa de rotație. Dacă ea nu poate fi asigurată tehnologic atunci este necesar să se folosească construcțiile cu autoreglaj.

În lagărele axiale ale hidroagregatelor frecarea are loc între suprafața lagărului și a pivotului arborelui prin intermediul unui film de ulei. Crearea filmului de ulei se realizează prin executarea pe inele a unor șanțuri laterale și a unor teșituri pe direcție periferică sub un unghi optim pentru regimul dat.

Cuzineții constituie elementul principal al lagărului. Ei se execută de regulă dintr-un material rezistent și ieftin, placat sau căptușit pe suprafața de contact cu fusul, cu materiale antifricțiune, denumite astfel deoarece satisfac în condiții bune cerințele procesului complex de frecare, uzură și ungere care are loc în timpul funcționării cuplei.

De reținut că buna funcționare a cuplei cinematice, randamentul și durata sa de viață sunt dependente de caracteristicile fizico-mecanice (uneori și de cele chimice) ale materialului suprafețelor de contact, de raporturile de afinitate sau antagonice între proprietățile materialelor care constituie cupla fus-cuzinet, de corectitudinea execuției formelor geometrice ale fusului și cuzinetului, precum și de lubrificația asigurată [1].

Pentru alegerea judicioasă a materialelor care vor constitui cupla, se ține seama îndeosebi de următoarele considerente :

a) între materialul de la suprafața fusului, care în general este din oțel sau fontă, și materialul suprafeței de sprijin (alezajul cuzinetului) trebuie să existe cât mai puțină afinitate, spre a se evita factorii care favorizează gripajul ;

b) rezistența mecanică a materialului fusului să fie de 2...4 ori mai mare decât a materialului suprafeței de sprijin, pentru a proteja fusul împotriva uzării;

c) materialul antifricțiune trebuie să aibă rezistență suficientă pentru suportarea sarcinii, iar rezistența la uzare, coroziune și oboseală să fie cât mai mare;

d) materialul celor două suprafețe ale cuplei să favorizeze adsorbția lubrifiantului, formarea și refacerea rapidă a peliculei de lubrifiant, iar coeficientul de frecare să fie cât mai mic [2].

În prezent, atât firme de renume mondial ca ALSTOM și Electric Power Engineering ABB Group, cât și cele autohtone precum Întreprinderea de Construcții de Mașini Reșița și SC Energoreparații București utilizează pentru suprafețele de frecare ale lagărelor aliajul Y Sn 83 (babit), care se fixează prin turnare centrifugală pe un schelet de bază din oțel.

Babitul utilizat pentru confecționarea suprafeței antifricțiune a segmentilor de lagăr trebuie să prezinte o serie de proprietăți, dintre care amintim:

- Coeficient de frecare mic, în cuplul de frecare cu materialul arborelui;
- Conductivitate termică, care să asigure o cedare intensă a căldurii de pe suprafața de frecare și coeficient de dilatare mic pentru evitarea variațiilor mari ale jocurilor lagărelor;
- Proprietăți de rodare, care să asigure micșorarea presiunii pe muchii și locale datorate erorilor de execuție și deformație elastică;
- Umezire bună cu ulei și capacitatea de a forma pelicule de ulei rezistente și care se refac ușor și repede;
- Rezistență bună la uzură;
- Rezistență mare la deformare pentru a suporta presiunea arborelui;
- Rezistență la coroziune;
- Capacitate bună de turnare și de prelucrare prin așchiere.

Deși babilul asigură în mare măsură aceste cerințe, pentru siguranța în funcționare a lagărelor și mărirea duratei de exploatare a acestora s-a impus luarea unor măsuri și limitări în regimurile de funcționare. Dintre acestea amintim limitarea numărului de porniri și ridicarea rotorului pe cricuri la oprire-pornire. Alte probleme apărute la funcționarea lagărelor se referă la o posibilă apariție a gripajelor, iar defectarea suprafeței de lucru a unuia dintre segmenti se poate extinde și la ceilalți.

II. Experimentări

În vederea modernizării, a creșterii fiabilității și a siguranței în exploatare a hidroagregatelor lucrarea propune înlocuirea babilului cu o compoziție metalo-plastică. Multiplele cerințe ce se impun lagărelor de alunecare fac ca înlocuirea lor cu materiale plastice să devină o problemă de mare complexitate.

Stratul de antifricțiune realizat în cadrul lucrării este din politetrafluoretilenă (PTFE) pură sau cu diverși aditivi. Lucrarea exploatează caracteristicile autolubrifiante și valorile scăzute ale coeficientului de frecare ale politetrafluoretilenei. Aceasta este caracterizată ca fiind materialul cu cele mai scăzute valori ale coeficientului de frecare statică și dinamică. Cu toate că depind de gradul de prelucrare a suprafețelor în contact cu politetrafluoretilena, de temperatură, de solicitare sau de viteză de alunecare, de mediul în care lucrează și timp, valorile coeficientului pentru politetrafluoretilena pură nu depășesc 0,04. De asemenea, coeficientul de frecare scade o dată cu creșterea sarcinii, atestând superioritatea PTFE asupra altor materiale la sarcini mari, ca în lagărele hidroagregatelor [3].

Dar acest material are proprietăți nedorite la construcția lagărelor, cum sunt: conductivitate termică scăzută, dilatație termică mare și sudabilitate slabă.

Soluția propusă în lucrare elimină aceste neajunsuri prin utilizarea unei matrice metalice elastice din sârmă moale, împletită pe profilul piesei și presată.

Ea are conductivitate termică ridicată, contracarează diferența de dilatație termică dintre materialele constituente și permite lipirea pe suportul de oțel al lagărului prin utilizarea unui adeziv metal-metal performant.

Pentru stratul de antifricțiune s-au utilizat următoarele recepturi : PTFE pură, PTFE+ grafit, PTFE+ bisulfură de molibden și PTFE+ sticlă + bisulfură de molibden.

Cu ansamblul compozit PTFE, pură sau aditivată-sârmă se plachează lagărul din oțel utilizând un adeziv adecvat. Soluțiile adezive metal-metal realizate în acest scop au la bază ca elastomer cauciucul butadien-acrilonitrilic în amestec cu oxizi metalici (ZnO , PbO_2) în soluție de activatori ai acceleratorilor de vulcanizare, un produs aromat reactiv de tip fenolic (rezorcină, m-aminofenol, produse de condensare ale rezorcinei având grupe metiol, rășină fenolică solubilă în apă), un donor de grupe metilen (hexametilentetraamină, paraformaldehidă, dioxină), o șarjă activă având grupe hidroxilic superficiale numeroase de tip silice hidratată sau silicați activi, șarje ranforsate de negru de fum de furnal, agenți de vulcanizare și acceleratori de vulcanizare guanidinici și tiazolici [4].

Lipirea cu adezivii metal-metal se realizează la cald în matriță sub presiune.

În final, suprafața de antifricțiune se prelucrează la strung, calitatea suprafeței obținute depinzând în principal de geometria sculelor așchietoare și de regimul de așchiere.

Folosind soluția descrisă s-au realizat lagăre disc la scară de laborator. Acestea sunt prezentate în figura 1.



Fig.1. Lagăre la scară redusă placate cu diverse materiale compozite

Principalele caracteristici fizico-mecanice ale recepturilor realizate sunt prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1

Denumirea proprietății	U/M	Teflon pur	Teflon +grafit	Teflon +grafit +MoS ₂	Teflon +sticlă +MoS ₂
Densitate	g/cm ³	2,19	2,09	2,24	3,97
Duritate	⁰ ShD	55-62	60-65	65-70	70-80
Rezistență la compresiune la 1% deformație	MPa	3,3	8,9	7,3	6,5
Rezistență la temperatură	⁰ C	max. 250	max. 250	max. 250	max. 250
Coeficient de frecare		0,06	0,13	0,1	0,19
Rezistență la îmbătrânire		nelimitată			
Inflamabilitate		neinflamabil			

Din cele patru recepturi realizate, pentru obținerea suprafeței de antifricțiune a fost aleasă ca soluție optimă cea din politetrafluoretilenă pură, aceasta având coeficientul de frecare cel mai mic.

Coeficientul de frecare a fost determinat pe un tribometru tip TIMKEN cu ax vertical. Încercările s-au făcut în două regimuri de ungere, bogată și săracă, cu ulei TB32 la temperatura ambiantă, la viteze și la încărcări diferite. Figura 2 prezintă valorile coeficientului de frecare obținute pentru politetrafluoretilenă la două viteze de lucru și regimuri de ungere diferite.

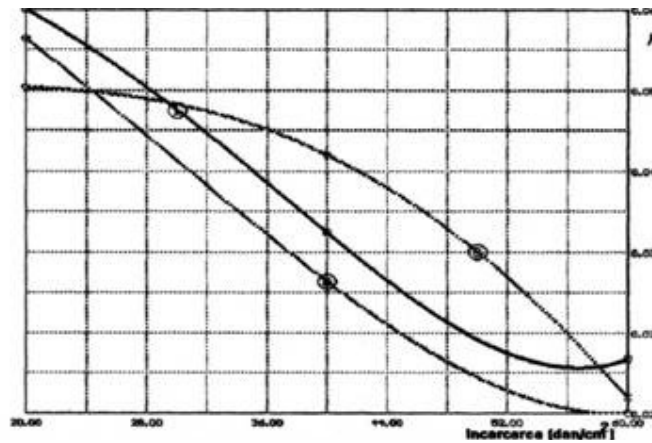


Fig. 2. Coeficientul de frecare al politetrafluoretilenei
 1 - ungere bogată, 8 m/s; 2 - ungere săracă, 8 m/s ; 3 - ungere săracă, 10m/s

Regulile clasice ale frecării uscate stabilesc că forța de frecare este independentă de suprafața de contact, făcând astfel forța de frecare dependentă de încărcare și nu de presiune. În cazul PTFE, coeficientul de frecare depinde de presiunea între suprafețele în contact având valori mari la presiuni mici și scăzând odată cu creșterea presiunii (fig.3).

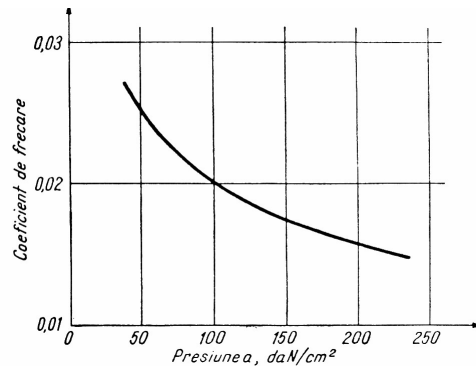


Fig. 3. Influența presiunii asupra coeficientului de frecare în cazul frecării PTFE pe oțel

Coeficientul de frecare scade rapid la viteze sub 3 m/min și crește odată cu creșterea vitezei. Între -45°C și $+100^{\circ}\text{C}$ coeficientul de frecare este practic constant, având valori mai mari la temperaturi sub -45°C și mai mici la temperaturi mai ridicate de 100°C .

Coeficientul de frecare scade la introducerea unui lubrifiant, rezultatele cele mai bune apărând la lubrifierea cu uleiuri.

Aditivii schimbă puțin valoarea coeficientului de frecare, făcându-l în general să crească. Tipul aditivului folosit și procentul adăugat este mai puțin important, deoarece el este complet înconjurat de polimer.

Forma particulelor de aditiv au o influență ceva mai mare asupra coeficientului de frecare. Particulele de formă sferică duc la coeficienți apropiați de ai PTFE pur (0,05-0,08), pe când particulele de formă neregulată urcă valoarea la 0,14-0,15. Forma neregulată a particulelor de aditiv face ca ele să se rupă și să acopere suprafața polimerului, așa încât frecarea are loc între aditiv și metal. De asemenea, natura abrazivă a aditivului face ca suprafața metalului să devină repede rugoasă. Acest efect este mai puțin probabil să apară în cazul aditivilor moi, de exemplu la bronz.

În mecanismul uzurii politetrafluoretilenei o importanță deosebită o are adeziunea și eliberarea de fragmente uzate datorită energiilor de suprafață sau oboselii. Atunci când se freacă politetrafluoretilenă pe un alt material are loc un transfer de masă. Procesul de uzură cuprinde această așternere și îndepărtare consecutivă de straturi. Uzura abrazivă este mică cu condiția ca suprafața metalului de sub stratul de politetrafluoretilenă să fie bine finisată, în așa fel ca distanța dintre asperități să fie mai mică decât lungimea moleculelor, iar înălțimea asperităților sub diametrul moleculelor.

Materialul compozit obținut a fost utilizat la realizarea a 10 segmenti de lagăr (fig. 4). Aceștia au fost montați la un lagăr de hidroagregat de tip KVB 8-20 la SH Curtea de Argeș, care funcționează la o sarcină specifică de 2,7-3,5 MPa, turație 250-300 rot/min și temperatură de $60-70^{\circ}\text{C}$.



Fig. 4. Segmenți de lagăr axial

Urmărirea în exploatare a relevat principalele performanțe obținute pentru noul sistem compozit:

- micșorarea forțelor de frecare și reducerea uzurii;
- capacitate de lucru și rezistență mărită la porniri-opriri repetate;
- înlăturarea gripajelor;
- eliminarea operațiilor manuale de ridicare-coborâre a rotorului pe lagăr pentru ungerea patinelor cu ulei înainte de pornire;
- reducerea supraîncălzirii în lagăr cu circa 10-20% ;
- reducerea nivelului de zgomot și a nivelului de vibrații;
- preluarea eventualelor șocuri;
- nu necesită sistem de injecție cu ulei în lagăr;
- are stabilitate termică și chimică ridicată;
- are constantă dielectrică scăzută;
- după finisarea inițială a suprafeței de politetrafluoretilenă, aceasta nu necesită nici o altă prelucrare în timpul montajului.

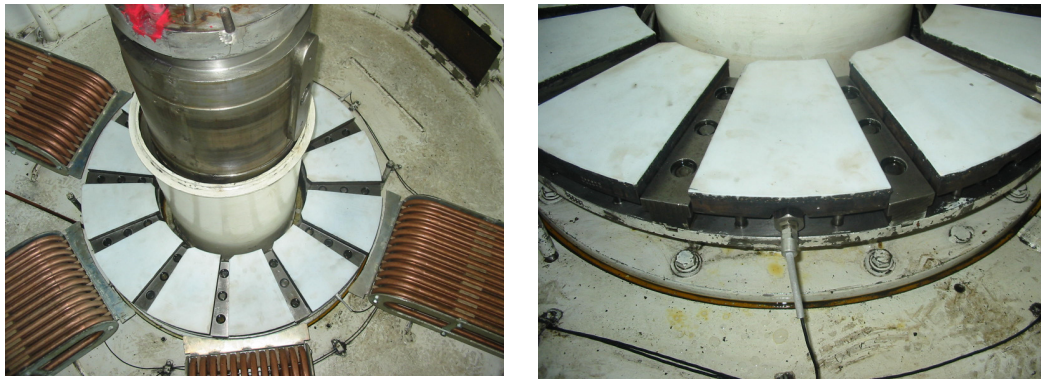


Fig. 5. Imagini din timpul montajului

În urma rezultatelor deosebite obținute prin înlocuirea babilului cu materialul compozit pe bază de PTFE au fost realizate noi seturi de segmenti de lagăr pentru hidroagregate de la SH Curtea de Argeș.

III. CONCLUZII

În cadrul ICEMENERG au fost realizate materiale compozite metalo-plastice pe bază de politetrafluoretilenă (PTFE) utilizate la placarea segmentilor de lagăr axiali ai hidroagregatelor în scopul înlocuirii suprafeței antifricțiune din babil (aliaj YSn83).

Pentru siguranța în funcționare a lagărelor și mărirea duratei de exploatare a acestora, utilizarea aliajului YSn83 a impus luarea unor măsuri și limitări în regimurile de funcționare. Dintre acestea se detașează limitarea numărului de porniri și ridicarea rotorului pe cricuri la porniri-opriri. Prin înlocuirea aliajului YSn83 cu o compoziție pe bază de PTFE sunt exploatare caracteristicile autolubrifiante și valorile scăzute ale coeficientului de frecare ale acesteia. Dar PTFE are și proprietăți nedorite la construcția lagărelor, cum sunt conductivitate termică scăzută, dilatație termică mare și sudabilitate slabă. Aceste neajunsuri au fost eliminate prin realizarea unor materiale compozite cu inserție metalică elastică care are conductivitate termică ridicată, contracarează diferența de dilatație termică dintre materialele constituente și permite lipirea pe suportul de oțel al lagărului prin utilizarea unui adeziv metal-metal performant.

Pe lângă avantajele tehnice enumerate mai sus, realizarea materialelor compozite metalo-plastice oferă și certe avantaje economice precum creșterea fiabilității și a siguranței în funcționare a hidroagregatelor, posibilitatea realizării modernizării hidrocentralelor prin eliminarea operațiilor manuale de ridicare-coborâre a rotorului pe lagăr la porniri-opriri, dar și scăderea prețului de cost la maxim 60% față de soluția cu babil.

BIBLIOGRAFIE

- [1] *Paizi, Gh., Stere, N., Lazăr, D.*, Organe de mașini și mecanisme, Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1980, pg. 262-317.
- [2] *D. N. Reșetov*, Organe de mașini, Ed. Tehnică, București, 1963, pg. 443-486.
- [3] *Lupușiu, I., Dușu, N.*, Politetrafluoretilena și folosirea ei în industrie, Ed. Tehnică, București, 1977, pg. 35-62.
- [4] *Volintiru V., Ivan G.*, Bazele tehnologice ale prelucrării elastomerilor, Ed. Tehnică, București, 1974, pg. 649-666.