A XI-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEȘ, 2011

STUDIUL REZISTENȚEI LA CAVITAȚIE A OȚELULUI INOXIDABIL MARTENSITIC CU 12 % CROM DESTINAT FABRICĂRII PALETELOR DE MAŞINI HIDRAULICE

Dumitru ALEXESCU, Ilare BORDEAŞU,
Octavian OANCĂ, Ionel BACIU

STUDY OF RESISTANCE TO CAVITATION TO MARTENSITIC STAINLESS STEEL WITH 12 % CHROM USED IN MANUFACTURING HYDRAULIC MACHINERY BLADES

Paper analyses the cavitations erosion for stainless steel with 12 % chromium and 6 % nickel content. The experimental researches were undertaken in the Cavitations Laboratory of the Timişoara Polytechnic University using a vibratory facility respecting the conditions of the ASTM G32-2006 Standard.

The steel behaviour was evaluated both on the ground of microstructure erosion (through optic and electronic microscopy) and by comparisons with other reference steel, with 18 % chrome and 10 % nickel, which was use in Romania and other countries for manufacturing turbine blades.

Keywords: cavitation erosion, microstructure, maximum depth of erosion, stainless steel, chemicals

Cuvinte cheie: eroziunea cavitației, microstructură, adâncimea maximă a eroziunii, oțel inoxidabil, elemente chimice

1. Introducere

Distrugerea materialelor prin eroziune cavitațională continuă să rămână o permanentă preocupare a oamenilor de ştiința şi mai ales a

producătorilor de echipamente hidromecanice, nave maritime şi fluviale, datorită modificărilor aduse geometriei organelor aflate în contact cu fluidul cavitant, cu implicație asupra performanțelor şi duratei de exploatare a echipamentului.

Găsirea unor soluții tehnologice, de creştere a duratei de viață a componentelor maşinilor ce funcționează în regim de cavitație, în special a turbinelor hidraulice, a obligat cercetătorii să-şi orienteze studiile spre analizarea materialelor atât din punct de vedere al rezistenței la distrugere cavitațională cât şi din punct de vedere al fenomenelor ce se produc în structura materialului prin atacul cavitațional.

Pe această direcție se înscriu şi rezultatele prezentate în cadrul acestei lucrări, unde se analizează microstructura erodată a oțelului inoxidabil martensitic cu ≅12 % crom, ≅ 6 % nichel şi 0,036 % carbon, notat cu 12/6.

2. Materialul cercetat. Metodica şi aparatura utilizate

Oțelul studiat a fost elaborat în într-un cuptor multicameral cu fascicul de electroni EMO 80, echipat cu un tun de electroni cu o putere de 80 kW (producator Uzinele Electrotehnice pentru construcții de locomotive “HANS BEIMLER”, Hennigsdorf, Germania) şi turnat în vid.

Compoziția chimică, a fost determinată la un spectrometru de emisie optică prin scânteie tip Foundry Master, producător WAS (Germania), este: 0,036 % C; 0,461 % Si; 0,028 % Mn; 0,007 % P; 12,059 % Cr; 0,039 % Mo; 5,597 % Ni; 0,009 % Nb; 0,064 % Al; 0,07 % Cu; 0,002 % Co; 0,001 % As; 0,07 % Ti; =,009 % V, 0,0153 % W; rest fier.

Pe baza coeficienților echivalenți în crom (Cr)e şi nichel (Ni)e, calculați cu relația 1, folosind diagrama Schäffler [1], au fost determinate constituțiile microstructurale şi proporțiile aproximative, tabelul 2.

Tabelul 2

Oțelul	(Cr)e	(Ni)e	≅ Martensită %
12/6	13,166	6,692	100

Analiza microstructurală, efectuată la microscopul metalografic Reichert şi prezentată în figura 1, este în concordanță cu datele

stabilite pe baza diagramei Schäffler (martensită aciculară grosolană, cu evidențierea plachetelor de martensită) [1].

Testele de eroziune cavitațională au fost realizate pe aparatul vibrator T2, figura 2, în conformitate cu prevederile Normelor ASTM [2].

Mediul lichid utilizat a fost apă dublu distilată, a cărei temperatură s-a menținut constantă, pe toată durata testelor, la 21 $\pm$ 1 ^{0}C. Durata totală a testelor de cavitație este de 165 minute şi, conform procedurilor din laboratorul nostru de cavitație [1], [2], a fost împărțită în 12 perioade (câte una de 5 şi 10 minute şi 10 de câte 15 minute).

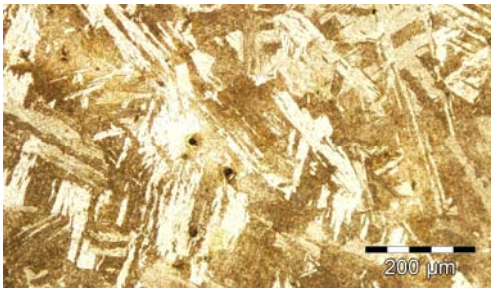


Fig. 1 Aspectul metalografic în secțiune transversală, în centrul probei, atacat cu HNO3+apa (x100)

La începutul şi sfârşitul fiecărei perioade de testare probele au fost spălate succesiv în apă potabilă de la rețea, în apă dublu distilată, alcool şi acetonă şi apoi cântărite.

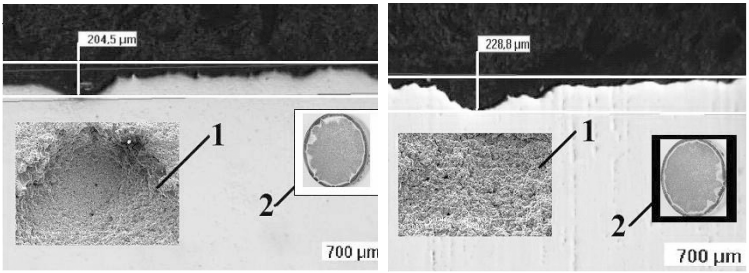
Analiza morfologiei structurii materialelor de bază şi a suprafețelor degradate prin cavitație s-a efectuat la stereomicroscopul optic OLYMPUS SZX 7, echipat cu program de prelucrare a imaginii, quickMicrophoto 2.2, microscopul metalografic Reichert REICHERT UnivaR cu masa automată, cu camera video cu adaptor, cu placa de achiziție imagini (interfața) şi microscopul electronic cu baleiaj tip XL-30-ESEM TMP.

3. Analiza rezultatelor

În figurile 3 şi 4 sunt evidențiate gradele de pătrundere şi extindere a avariilor create de eroziunea cavitației (diametrul mediu al secțiunii afectate este $\cong$14172 μm, reprezentând circa 83 % din suprafața expusă atacului), comparate cu ale oțelului austenito-feritic 18/10 (cu 17,91 % Cr şi 9,97 % Ni). De asemenea, sunt evidențiate evoluțiile avariilor generate de eroziunea cavitațională, figurile 3, 4 şi 5.

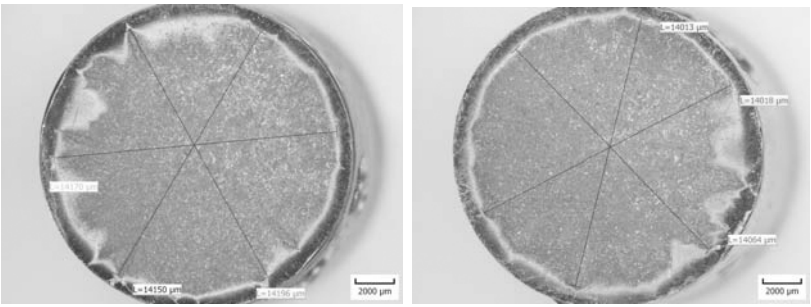
Se observă că structura erodată prezintă suprafețe cu clivaj şi caverne extrem de fine 1-5 μm cu evidențierea propagării frontului de rupere prin fisuri fine intergranulare, cu aspect mixt .

Fig. 2 Aparatul vibrator standard T2 folosit pentru testarea rezistenței la eroziune prin cavitație a oțelurilor experimentale



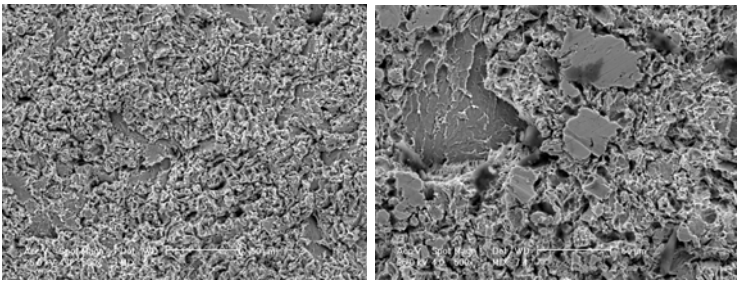
a) oțelul 12/6 **b) oțelul 18/10**

Fig. 3 Aspectul microstructural al adâncimii maxime de pătrundere a cavitației în probă, (x8)
1 - Aspectul stereomicrostructural al suprafeței atacate (măsurarea zonei afectate de cavitație, x8); 2 - Evoluția eroziunii în structura materialului (aspect microstructural, x100); 3 - Aspectul suprafeței atacate la finalul atacului cavitației (microscopul electronic cu baleiaj (SEM) – x500)



a) oțelul 12/6 **b) oțelul 18/10**

Fig. 4 Aspectul stereomicrostructural al suprafeței atacate, după măsurarea zonei afectate de cavitație, (x8)



a) oțelul 12/6 **b) oțelul 18/10**

Fig. 5 Analiza structurală a probei (microscopul electronic cu baleiaj (SEM), după solicitare la cavitație), (x500)

Din toate imaginile se remarcă un spor de rezistență, la eroziunea cavitației, pentru oțelul inoxidabil 12/6, principalul motiv constituindu-l structura pur martensitică, constituient recunoscut pentru performanțele sale anticavitaționale [1].

4. Concluzii

■ Rezistența la cavitație a oțelului 12/6 superioară celui cu structură pur austenito-feritică, îl recomandă în fabricarea componentelor maşinilor hidraulice solicitate la cavitație intens dezvoltată.

■ Apreciem că adâncimea maximă a eroziunii, măsurată la sfârşitul cercetărilor, fiind dependentă de dimensiunile grăunților expulzați, nu este potrivită pentru compararea cu alte materiale.

Aceasta apreciere este susținută de cercetările anterioare care arată clar comportamentul superior al structurii martensitice, comparativ cu cea austenitică, sau feritică.

Eventual, ea poate fi utilizata în aprecierea comportării la cavitație pe baza tehnologiei de elaborare.

■ Parametrul recomandat de noi este adâncimea medie de pătrundere, calculată pe baza volumului de material erodat.

BIBLIOGRAFIE

[1] Bordeaşu, I., *Eroziunea cavitațională a materialelor*, Editura Politehnica, Timişoara, 2006.
[2] * * * *Standard method of vibratory cavitation erosion test ASTM*, Standard 32 – 2008.
[3] * * * Proiect Cercetare Exploratorie PN II: ID-34/2007, "*Dezvoltarea de modele pentru evaluarea comportării materialelor la eroziunea prin cavitație*".

Notă: The present work has been supported from the National University Research Council Grant (PCE- PNII), ID 34/77/2007 (Models Development for the Evaluation of Materials Behavior to Cavitation)

Stud. Dumitru ALEXESCU
Universitatea „Politehnica" din Timişoara, membru AGIR
e-mail: dan_alexescu@yahoo.com
Prof.Dr.Ing. Ilare BORDEAŞU, şef catedră Maşini Hidraulice
Universitatea „Politehnica" din Timişoara, membru AGIR
e-mail: ilarica59@gmail.com
Drd. Ing. Octavian OANCĂ,
Universitatea „Politehnica" din Timişoara, membru AGIR
e-mail: mh@mec.upt.ro
Asist. Dr.Ing. Ionel Doru BACIU
Universitatea „Politehnica" din Timişoara, membru AGIR
e-mail: mh@mec.upt.ro