A XIII-a Conferinţă Naţională multidisciplinară – cu participare internaţională,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii româneşti",
SEBEŞ, 2013

COMPORTAREA ȘI REZISTENȚA LA CAVITAȚIE A DOUĂ OȚELURI INOXIDABILE CU STRUCTURI BIFAZICE DE AUSTENITĂ ȘI MARTENSITĂ

Ilare BORDEAȘU, Rodica BĂDĂRĂU
Constantin BORDEAȘU, Dorin BORDEAȘU

THE INFLUENCE OF THE TYPE AND FONCTIONAL PARAMETERS OF THE VIBRATOR APPARAT UPON THE EVOLUTION CAVITATION EROSION

This paper analyses the behaviour and resistance to cavitation for two stainless steels with biphasic structures of austenite and martensite, in different proportions.

The two steels have the similar content of nickel, but different chromium and carbon. Degradation of the investigated surface is accomplished by vibratory cavitation, produced in the piezoceramic crystal device T2, located in Cavitation Laboratory, University Polytechnic Timisoara.

The research results are presented in the form of penetration speeds erosion, the experimental points and the approximation analytical curves, as well as the photos for the profile breakings, in a given section The conclusions show that the steel, with higher carbon content and lower of the chrome, has a superior strength and the behaviour of the lower carbon content and higher chromium, although, the latter has a higher proportion of the martensite, constituent considered with the highest resistance to cavitation.

Cuvinte cheie: eroziunea de cavitaţie, oţel inoxidabil, microstructură, compoziţie chimică

Keywords: erosion of the cavitation, stainless steel, microstructure, chemical composition

1. Introducere

Deoarece tehnologia producerii de noi materiale este în plină dezvoltare, iar standurile folosite pentru studiul eroziunii cavitaţiei, în special aparatele vibratorii destinate acestui scop, funcţionează pe principii şi cu parametrii diferiţi [1], se impune evidenţierea diferenţelor ce apar în suprafaţa erodată pe durata atacului cavitaţiei. În acest sens, în cadrul acestei lucrări se prezintă şi se analizează diferenţele şi asemănările distrugerii produsă prin cavitaţie vibratoare în cele două aparate, magnetostrictiv cu tub de nichel (T1) şi cu cristale piezoceramice (T2), aflate în dotarea Laboratorului de Cavitație de la U.P. Timișoara [1], [2]. Analiza este realizată pe baza evoluţiei ariei erodate, ca extindere în plan și adâncime şi a mecanismului distrugerii. Pentru aceasta se folosesc fotografii ale suprafeţei erodate (la 3 timpi caracteristici de atac) şi ale microstructurii distruse (în cele 165 minute de atac), realizate cu aparate fotografice şi microscoape performante (din cadrul laboratorului de cavitație și al Centrului de Cercetări şi Expertizări Materiale Speciale de la Universitatea Politehnica Bucureşti).

2. Materialele cercetate

Oțelurile cercetate fac parte din categoria oțelurilor inoxidabile, destinate turnării paletelor și rotoarelor de pompe și turbine hidraulice ce funcționează în condiții de cavitație intensă. Semifabricatele lor au fost obţinute prin turnare după reţete stabilite de specialiştii de la Centrul de Expertizări Materiale Speciale, al Universităţii Politehnica din Bucureşti şi de la SC. Prod SRL din Bucureşti, în urma discuțiilor privind scopul și perspectiva utilizării acestora.

Pentru obiectivul propus, s-au cercetat două oţeluri inoxidabile, turnate, cu compoziții chimice și microstructuri diferite: unul cu microstructura formată din 68 % austenită și 32 % martensită și altul cu microstructura formată din 45 % austenită și 55 % martensită).

Principalele elemente chimice componente din structura oțelurilor, pe lângă fier și elementele însoțitoare obișnuite, sunt:

- oțelul cu structură de 68 % austenită și 32 % martensită: 10,06 % Ni, 6,48 % Cr, 0,119 % C, 3,06 % Mn, 0,026 % Co, 1,45 % Si, 0,095 % Mo, 0,83 % Ti, 0,079 % Ta, 0,004 % Nb, 0,345 % V, 0,007 % W, 1,12 % Al;
- oțelul cu structură de 45 % austenită și 55 % martensită: 10,105 % Ni, 12,705 % Cr, 0,036 % Cr, 0,489 % Mn, 0,049 % Co,

0,201 % Si, 0,039 % Mo, 0,002 % Ti, 0,013 % Nb, 0,009 % V, 0,083 % W, 0,061 % Al.

Constituția microstructurală a fost stabilită pe baza diagramei Schäffler [1]

3. Aparatura și metoda de investigare utilizate

Testele de cavitație, au fost realizate în aparatul vibrator cu cristale piezoceramice T2 (amplitudinea vibrațiilor 50 μm, frecvența vibrațiilor 20000 ± 3 % Hz, diametrul probei 15,8 mm, puterea generatorului electronic de ultrasunete 500 W), aflat în dotarea laboratorului de cavitație, al Universității Politehnica din Timișoara [1], [2].

Testele au fost realizate conform procedurilor descrise în ASTM G32-2010, folosind apă distilată la 22 ± 1 ^{0}C [3]. Durata totală a atacului a fost de 165 minute divizată în 12 perioade (câte una de 5 și 10 minute și 10 de a câte 15 minute fiecare).

La finalul fiecărei perioade intermediare, probele erau cântărite, în vederea determinării masei erodate și a vitezei de eroziune corespunzătoare perioadei respective. Tot la final de perioade de atac al cavitație, suprafeţe erodate au fost fotografiate și examinate cu ochiul liber și microscopul optic.

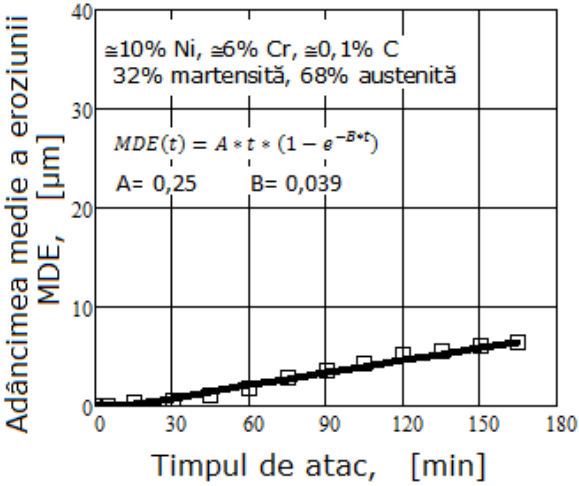
La finalul atacului cavitației (165 minute) probele au fost secționate pentru analiza modului de pătrundere a eroziunii în structura oțelului, la microscopul electronic cu baleiaj Philips XL30 ESEM [1], [2].

4. Rezultate experimentale. Discuții

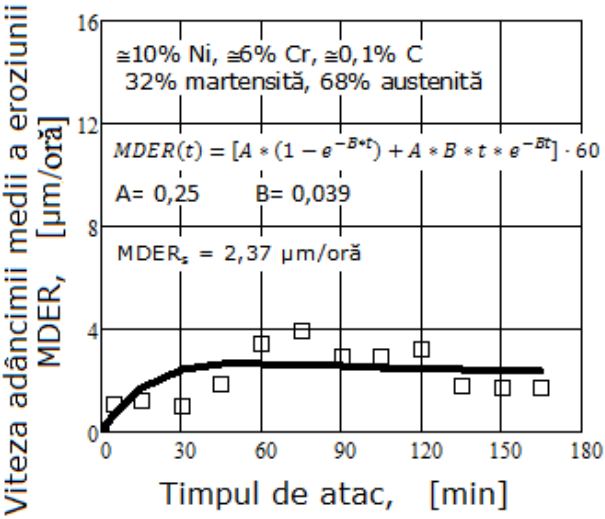
În figurile 1 și 2 sunt prezentate punctele experimentale și curbele specifice de eroziune, exprimate prin variațiile cu durata atacului cavitației a adâncimii medii de pătrundere a eroziunii MDE(t), respectiv vitezei medii de pătrundere a eroziunii în adâncime MDER (t).

Din analiza graficelor, prezentate în figura 1a și b se observă că:

- dispersia punctelor experimentale față de curba de aproximație a adâncimii medii de pătrundere a eroziunii, MDE, este ușor neuniformă, cu mici abateri, în prima parte a atacului, până la minutul 60; după minutul 90 dispersia este mult mai uniformă, abaterile reducându-se substanțial, ducând la o dispunere aproximativ liniară;

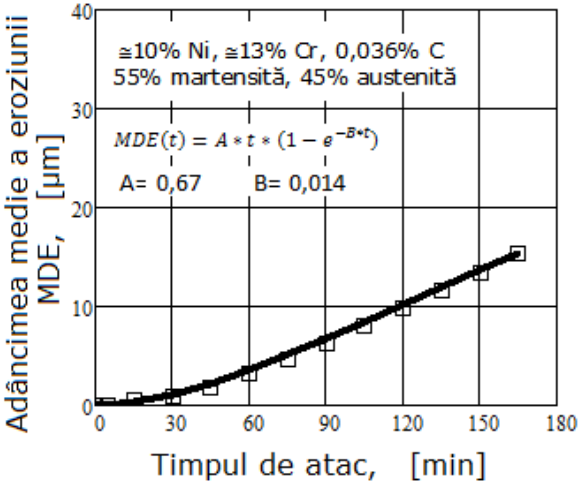


a)

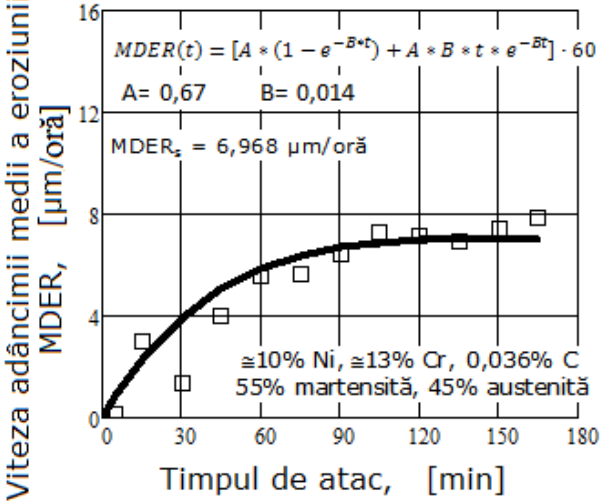


b)

Fig.1 Variația adâncimii medii de pătrundere a eroziunii cu durata atacului cavitației
a) variația adâncimii medii de pătrundere a eroziunii;
b) variația vitezei de pătrundere în adâncime a eroziunii



a)



b)

Fig. 2 Caracteristicele de cavitație pentru oțelul cu 45 % austenită și 55 % martensită
a) variația adâncimii medii de pătrundere a eroziunii;
b) variația vitezei de pătrundere în adâncime a eroziunii

- dispersia punctelor experimentale, față de curba de aproximație a vitezei adâncimii medii de eroziune, MDER, este mult mai bine pusă în evidență. Neuniformitatea din prima parte (până la minutul 60) este firească ca urmare a distrugerii vârfului rugozităților și eliminării prafului abraziv din suprafața atacată. După minutul 60, curba de aproximație tinde spre stabilizarea vitezei de eroziune, la o valoare aproape de valoarea maximă 2,37 μm/oră.

Considerăm că viteza redusă din primele 60 minute se datorează inițierii fisurilor, la granița dintre austenită și martensită, cu evoluție spre grăunții de austenită și în jurul acelor de martensită, constituentul cu rezistența cea mai mare la cavitație.

Prin urmare, în acest interval sunt distruse vârfurile rugozităților (nesemnificative ca pierderi masice) și mai puțin expulzări de grăunți sau părți din ei, ai austenitei și martensitei. Acumularea fisurilor se face simțită în perioada imediat următoare când pierderile cresc, urmând ca procesul să se reia după minutul 120.

Din figura 2a și b rezultă că oţelul cu 55 % martensită și 45 % austenită, după minutul 45, prezintă o eroziune cavitaţională uniformă. Se observă perioade dominate de deformaţii plastice (minutul 30, minutul 45), dar care nu au o influenţă semnificativă asupra evoluţiei eroziunii cavitaţionale.

Viteza se stabilizează la valoarea maximă $MDER_s$ = 6,968 μm/oră.

Apreciem că dispersia uniformă și aproximativ constantă, după minutul 60, este cauzată și de prezența, în proporție importantă (55 %), a martensitei, componenta structurală cu cea mai mare rezistență la cavitație. Totuși, proprietățile mecanice, reduse valoric (tabelul 3.4), față de cele analizate anterior, precum și cantitatea mai mică de carbon (care scade duritate [1]) a dus la o valoare mai scăzută a rezistenței la cavitație.

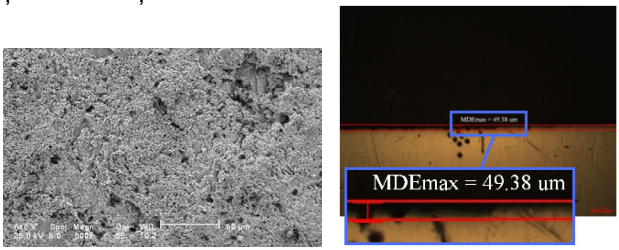


Fig. 3 Imaginea suprafeţei erodate cu adâncimea maximă măsurată a eroziunii după 165 minute de atac al cavitației) - microscopul electronic cu baleiaj (SEM), (x500)

În figurile 3 și 4 sunt prezentate fotografii cu profilogramele eroziunilor dintr-o secțiunea axială a probelor.

Suprafeţele examinate prezintă un aspect mixt cu cavităţi foarte fine şi goluri uniform distribuite pe suprafaţă. Cavităţile au o propagare intergranulară, cu incluziuni nemetalice şi zone de clivaj. Ruperea are un aspect fragil, cu evidenţierea zonelor de clivaj cu grăunţi secţionaţi transcristalin.

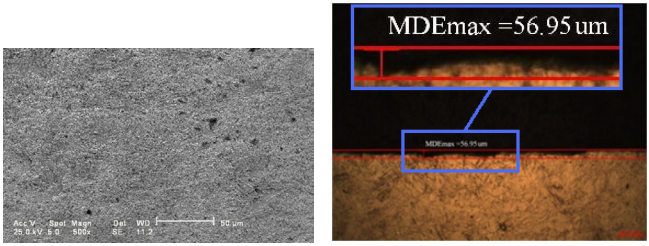


Fig. 4 Imaginea suprafeţei erodate cu adâncimea maximă măsurată a eroziunii după 165 minute de atac al cavitației - microscopul electronic cu baleiaj (SEM), (x500)

Eroziunea cavitaţională prezentă pe probele examinate evidențiază aspecte de rupere fragilă, cu cavităţi de dimensiuni alternative. Propagarea acesteia se face prin fisuri intergranulare şi plane de clivaj.

5. Concluzii

■ Microstructura are o influentă importantă asupra rezistenţei la eroziunea cavitaţională. Prezența martensitei, în structura oțelului, ajută în creșterea rezistenței la cavitație, dar ea depinde și de ponderea unor elemente chimice precum carbonul și cromul.

■ Conţinutul de carbon influenţează rezistenţa oţelurilor la eroziunea cavitaţională. Oțelul cu 0,036 % carbon prezintă o comportare și rezistență la cavitație inferioară celor cu circa 0,1 % carbon.

■ Cantitatea de crom are un efect important în stabilirea rapoartelor dintre constituenţii microstructurali şi, automat, asupra rezistenţei oţelului la eroziunea cavitaţională. Creșterea conținutului în crom slăbește rezistența la cavitație a oțelului inoxidabil, datorită extinderii domeniului de ferită.

BIBLIOGRAFIE

[1] Bordeaşu I., *Eroziunea cavitaţională a materialelor*, Editura Politehnica, Timişoara, 2006.
[2] Karabenciov, A., Dimian, M.E., Jurchela, A.D., Oanca, O., *Cavitation resistance of stainless steels with constant nickel and carbon content*, The 15th International Conference Modern Technologies, Quality and Innovation, ModTech 2011, Vadul lui Vodă, Chişinău, Republica Moldova, ISSN 2069-6736, vol. I, pag. 553-556.
[3] * * * *Standard method of vibratory cavitation erosion test*, ASTM, Standard G32-10, 2010.

Prof.Dr.Ing. Ilare BORDEAŞU
şef colectiv Maşini Hidraulice
Universitatea „Politehnica” din Timişoara, membru AGIR
e-mail: ilarica59@gmail.com
Asist.Dr.Ing. Rodica BĂDĂRĂU
Universitatea „Politehnica” din Timişoara, membru AGIR
e-mail:: badarau_r@yahoo.com
Student Constantin BORDEAŞU
Universitatea „Politehnica” din Timișoara, membru AGIR
e-mail: blondudzu_wild@yahoo.com
Student Dorin BORDEAŞU
Via University College Horsens, Danemarca
e-mail: dorin_craiova@yahoo.com