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

CERCETAREA EROZIUNII PRIN CAVITAȚIE ÎN LABORATORUL DE MAŞINI HIDRAULICE DIN TIMIŞOARA

Ilare BORDEAŞU, Octavian OANCĂ

LA RECHERCHE SUR L'ÉROSION DE CAVITATION DANS LE LABORATOIRE DE MACHINES HYDRAULIQUES DE TIMISOARA

Le but de l'ouvrage est la promouvoir des capacités de recherche de la résistance et le comportement pour les différents types de matériaux, utilisés principalement dans la fabrication d'équipements hydrauliques, à l'érosion de cavitation. En ce sens, sont présentées les appareils utilisées pour l'étude, les photomicrographies significatives pour les dommages produites par cavitation, des paramètres et les courbes spécifiques qui sont utilisées pour analyser le matériel testé, du point de vue de son comportement pendant de la cavitation.

Keywords: cavitation erosion, vibration machine, material testing, erosion parameter, characteristic curves
Cuvinte cheie: eroziunea prin cavitație, aparat vibrator, material testat, parametru eroziune, curbe caracteristice

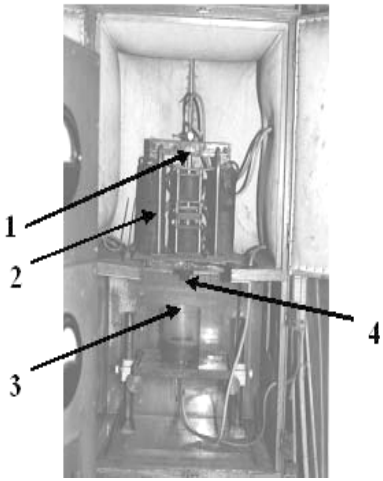
1. Introducere

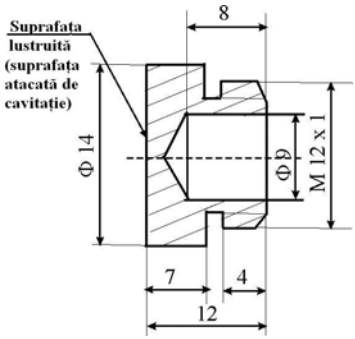
Distrugerile cavitaționale produse, cu mare intensitate, la turbine (hidraulice), pompe şi elicele navelor maritime şi fluviale au impus realizarea unor studii de laborator, pentru stabilirea cauzelor acestor distrugeri şi găsirea de căi pentru atenuare şi creştere a duratei de exploatare. În acest scop, în Laboratorul de Maşini Hidraulice s-a

dezvoltat partea de cercetare a cavitației şi efectelor sale. Drept urmare, pentru studiul eroziunii cavitației, s-au conceput aparate care permit producerea de distrugeri prin cavitație vibratorie, similare, ca proces mecanic, celor realizate în echipamentele industriale. Metodele de investigare şi analiză sunt în concordanță cu normele descrise de standardul de referință ASTM G32-2008.

2. Istoria cercetărilor de eroziune cavitațională la Politehnica din Timişoara

Impulsul inițial, pentru studiul eroziunii cavitaționale la Laboratorul de Maşini Hidraulice Timişoara, fost dat de Prof.Dr.Ing. Aurel Bărglăzan, care în anul 1956 a demarat studiul, proiectarea şi realizarea unei stațiunii mangnetostrictive (T1), cu tub de nichel, figura 1, la realizarea căreia, o contribuție decisivă a avut Ing. Iosif Potencz [1, 2, 3].





Forma probei pentru cavitația vibratorie

Fig. 1 Aparatul vibrator magnetostrictiv cu tub de nichel
1. Tubul de nichel; 2. Bobinele de curent continuu şi alternativ; 3. Vasul cu apă în care se produce cavitația vibratorie; 4. Proba supusă cavitației

Prin această colaborare a fost realizată prima stațiune vibratorie, din România, pentru studierea comportării diferitelor materiale la eroziune cavitațională. Caracteristicile stațiunii sunt:

- Amplitudinea dublă a vibrațiilor: 94 μm

- Frecvența vibrațiilor: 7000 ±3 % Hz
- Diametrul probei: 14 mm
- Greutatea probei: ≈ 7 g
- Temperatura de încercare 20 ^{0}C ± 1 ^{0}C
- Mediul de lucru: apă, soluții apoase, acizi.

Sub conducerea Acad. I. Anton stațiunea a fost intens utilizată pentru studiul materialelor utilizate atât la construcția maşinilor hidraulice cât şi în alte domenii în care există cavitație admisă industrial şi în care, în acelaşi timp, apar indezirabile uzuri cavitaționale [1, 2]. Un număr mare de cercetări au fost făcute pentru SHN Porțile de Fier I şi II, atât pentru stabilirea calităților de rezistență la cavitație a materialului, din care sunt realizate paletele rotorului [2], cât şi privind calitățile diferitelor materiale utilizate pentru repararea, prin sudare, a zonelor erodate [1]. Un alt domeniu intens studiat a fost cel al elicelor navale [2] pentru care au fost date informații consistente privind materialele cel mai potrivite precum şi acoperirile care ar putea eventual determina o sporire a duratei de exploatare [1, 2].

Ca urmare a necesităților de cercetare, stațiunea magnetostrictivă cu tub de nichel a fost upgradată în repetate rânduri. De asemenea a apărut necesitatea realizării unei noi stațiuni care să se apropie de parametrii prevăzuți în standardele ASTM G32 (revizuit în anul 1988).

Astfel, în cadrul lucrării de doctorat [2], Ilare Bordeaşu, sub conducerea Acad. Ioan Anton, a realizat, în anul 1996, stațiunea de cercetare cu cristale piezoceramice, figura 2, cu parametrii:

- Amplitudinea dublă a vibrațiilor: 32 μm
- Frecvența vibrațiilor: 20000 ± 3 % Hz
- Diametrul probei: 14 mm
- Greutatea probei: ≈ 7 g
- Temperatura de încercare 20 ^{0}C ± 1 ^{0}C
- Mediul de lucru apă şi soluții apoase.

Cu această stațiune a fost studiată atât rezistența la eroziune cavitațională a unor materiale deja cunoscute, pentru a putea studia diferențele între rezultatele obținute pe cele două aparate (magnetostrictiv cu tub de nichel T1 şi cel cu cristale piezoceramice), cât şi unele materiale utilizate recent pentru fabricarea maşinilor hidraulice. Cu rezultatele obținute pe cele două stațiuni - Tabelul 1 -, s-a construit relația (1) ce permite transpunerea rezultatelor de eroziune cavitațională de la un aparat la altul, folosind ca aparat standard aparatul Laboratorului din Michigan [1, 2], considerat etalon pentru astfel de aparate:

Fig. 2 Aparatul vibrator cu cristale piezoceramice

$$\left(\frac{1}{MDPR}\right)_{i\to M} = 445 \cdot \frac{\left(A^{4,45} \cdot f^{1,01} \cdot d^{0,15}\right)_i}{\left(A^{4,45} \cdot f^{1,01} \cdot d^{0,15}\right)_M} \cdot (1 - e^{-2,163 \cdot \Psi_n^*}) \qquad (1)$$

unde:

$$\Psi_n^* = \left(\frac{R_m}{R_{me}}\right)^r \cdot \left(\frac{R_{p0,2e}}{R_{p0,2}}\right)^s \cdot \left(\frac{HB}{HB_e}\right)^p, \; r = 1,1;\; s = 0,55;\; p = 1,1 \qquad (2)$$

Având în vedere fiabilitatea scăzută a unor componente electronice, dar şi obținerea unor informații detaliate asupra standardului ASTM, recent (2008), printr-un proiect de cercetare finanțat de Ministerul Educației şi Cercetării [5], a fost realizată stațiunea T2 care respectă toate dezideratele cerute de standardul amintit, figura 3.

Acest aparat poate funcționa cu medii lichide de tipul apă şi soluții apoase.

Tabelul 1

Nr. crt.	Material	R_m N/mm^2	$R_{p0,2}$ N/mm^2	HB daN/mm^2	$\frac{1}{MDPR}$ ore/mm	
					T1	T2
1	OLC15	420	230	146	48	93,3
2	OL37-3K	370	106	230	16,2	22,97
3	33MoCr11	800	217	780	58,8	118,52
4	41MoCr11	1075	217	880	40,7	-
5	40Cr10	808	238	790	31	61,69
6	Carbon I RNR	500	156	280	28,03	52,89
7	Fgn450-5	450	190	-	26,1	-
8	Inox III RNR	550	159	380	76	149,55
9	T07	830	204	600	83	178,52
10	T09	775	190	630	79,5	148,77
11	20Cr130	600	170	300	39,7	-
12	OH12NDL	650	225	400	28,2	-

T07⇔T07CuMoMnNiCr165-Nb
T09⇔ T09CuMoMnNiCr185-Ti

Fig. 3 Aparatul standard T2 (conform normelor ASTM G 32-2008)

În prezent, pe aparatul T2 se efectuează cercetări privind compararea caracteristicilor de eroziune cavitațională obținute anterior cu cele oferite de noua stațiune. Totodată se studiază şi materiale angrenate în circuitul internațional, pentru aducerea la un numitor comun a cercetărilor realizate pe majoritatea aparatelor vibratorii din laboratoarele de specialitate din circuitul mondial.

3. Metoda de cercetare. Rezultate experimentale

Metoda de testare este cea descrisă de standardul ASTM G32-2008, folosită de toate laboratoarele din lume, pentru cercetarea rezistenței materialelor la cavitație [4].

Evaluarea comportărilor, respectiv rezistențelor opuse la atacurile cavitației, este realizată pe baza curbelor specifice, figura 4, care exprimă tendințe şi oferă informații utile beneficiarului, dacă se fac comparații cu caracteristicile cavitaționale ale materialelor, deja folosite, în fabricarea echipamentelor hidraulice.

De asemenea, aprecierea comportării materialului este făcută şi pe baza suprafețelor erodate, figura 4, a şi a evoluției distrugerii în structura materialului, figura 5.

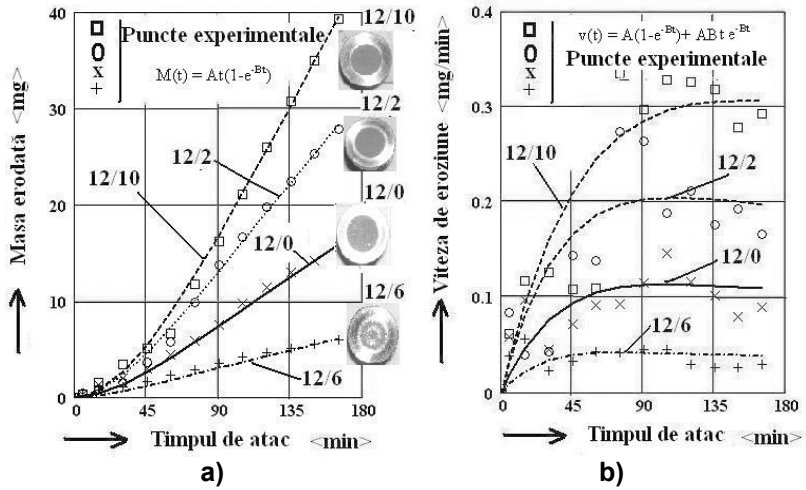
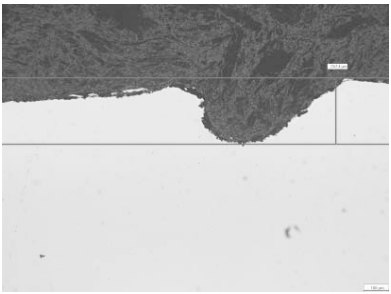
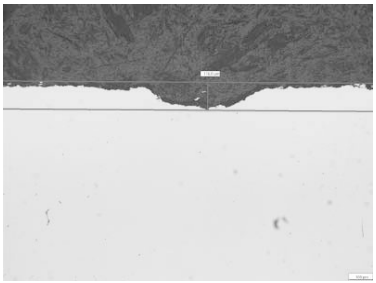


Fig. 4 Curbe specifice ale eroziunii prin cavitație
a) Variația pierderilor masice cumulate cu durata atacului cavitației
b) Variația vitezei de eroziune cu durata atacului cavitației



MDP_{max} = 267,40 μm
Oțel (75% martensită, 25 % ferită)

a)

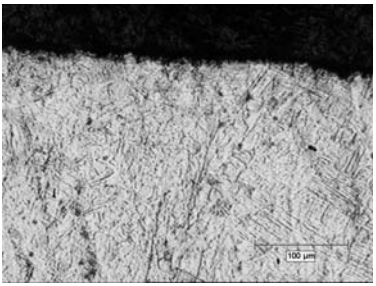


MDP_{max} = 116,8 μm
Oțel (90 % martensită, 10 % ferită)

b)

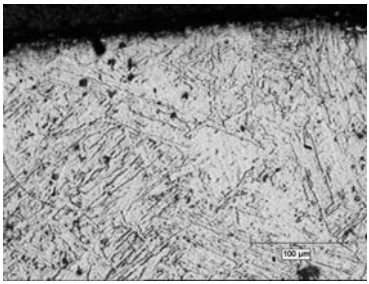
Fig. 5 Adâncimile maxime ale eroziunilor din probele experimentale - imagini la microscopul optic (mărire 100 x)

Pentru cercetările privind rezistența la cavitație a materialelor folosite pentru elicele navale a fost utilizată apa marină standard. Lucrări sporadice au fost realizate şi pentru studiul eroziunilor cavitaționale în medii chimic agresive [2, 5].



Oțel (75 % martensită, 25 % ferită) **(**rupere prin cavitație cu aspect intergranular, fragil; suprafața mixtă cu cavitații fine şi grobe, aspect fragil; cavitații cu propagare intergranulară, cu dimensiuni 2-8 μm**)**

a)



Oțel (90 % martensită, 10 % ferită) **(**rupere prin clivaj cu aspect fragil, cu propagare intergranulară, cu cavitații cu aspect punctiform; cavitații cu dispunere intergranulară de dimensiuni mari, de 10-15 μm, alternativ, cu cavitații fine**)**

b)

Fig. 6 Aspecte ale distrugerii microstructurale, cu evidențierea durificării în zona limitrofă eroziunii (atac metalografic apă regală glicerinată, 100 x)

4. Concluzii

■ Laboratorul de Maşini Hidraulice din Timişoara are baza materială şi resursa umană necesare cercetării cauzelor ce determină avarierea, în diverse grade, a materialelor folosite la fabricarea componentelor maşinilor hidraulice, de tip rotor/paletă, puternic solicitate cavitațional.

■ Experiența personalului Catedrei de Maşini Hidraulice, din Universitatea Politehnica din Timişoara, poate fi folosită de toți cei care exploatează echipamentele hidromecanice, în procesele de expertizare şi evaluare a rezistenței materialelor la eroziunea produsă prin cavitație.

■ Colectivul Catedrei de Maşini Hidraulice poate fi angrenat în crearea de noi materiale şi tehnologii, care să confere durată de viață sporită pentru paletele şi rotoarele pompelor şi turbinelor hidraulice ce intră în programe de retehnologizare sau reparare.

Notă: Lucrarea este finanțată din Grantul CNCSIS PN II: ID-34/2007: "Dezvoltarea de modele pentru evaluarea comportării materialelor la eroziunea prin cavitație".

BIBLIOGRAFIE

[1] Bordeaşu, I., *Eroziunea cavitațională a materialelor*, Editura Politehnica Timişoara, 2006.
[2] Bordeaşu, I., *Eroziunea cavitațională asupra materialelor utilizate în construcția maşinilor hidraulice şi elicelor navale*. *Efecte de scară*, Timişoara, 1997.
[3] Kuzman, A.F., Potentz, I., Truşculescu, M., Mitelea, I., *Rezistența la eroziune cavitațională a unor oțeluri indigene*, Influența tratamentului termic, Buletinul Ştiințific şi Tehnic a Institutului Politehnic, "Traian Vuia" Timişoara, Tom 22 (36), Fascicula 1, 1977, pag. 25-32.
[4] * * * *Standard method of vibratory cavitation erosion test ASTM*, Standard G 32 – 2008.
[5] * * * Proiect Cercetare Exploratorie PN II: ID-34/2007, "*Dezvoltarea de modele pentru evaluarea comportării materialelor la eroziunea prin cavitație*".

Prof.Dr.Ing. Ilare BORDEAŞU
şef catedră Maşini Hidraulice
e-mail: ilarica59@gmail.com
Drd. Ing. Octavian OANCĂ,
e-mail: octavian.oanca@isim.ro
Universitatea „Politehnica" din Timişoara, membri AGIR