

A XIII-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională, "Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii româneşti", SEBEŞ, 2013

# INFLUENȚA TIPULUI ȘI PARAMETRILOR FUNCȚIONALI AI APARATULUI VIBRATOR ASUPRA EVOLUȚIEI EROZIUNII CAVITAȚIEI

Ilare BORDEAȘU, Constantin BORDEAȘU Rodica BĂDĂRĂU, Mădălin ŢÎRĂI

# INFLUENCE DU TYPE ET DES PARAMÈTRES FONCTIONNELS DE L'APPAREIL VIBRATOIRE SUR L'ÉVOLUTION DE L'ÉROSION DE LA CAVITATION

L'ouvrage analyse les différences créées par cavitation produite dans deux appareils vibratoire avec différents paramètres de fonctionnement. Les deux appareils, notés par T1 et T2, sont dans le Laboratoire de Cavitation dans l'U.P. Timisoara. Les recherches effectuées montrent que la profondeur et la zone de la surface érodée sont dépendantes de la forme et la taille du nuage de la cavitation, attaché à l'échantillon. Les conclusions montrent que la profondeur d'érosion est principalement déterminée par l'amplitude des vibrations et l'expansion de la surface érodée de la fréquence de vibrations.

Cuvinte cheie: eroziunea de cavitație, diametru mediu a suprafeței erodate, amplitudinea și frecvența de vibrație, dispozitivul de încercare, microstructura din oțel inoxidabil

Mots-clés: l'érosion de la cavitation, diamètre moyen de la surface érodée, l'amplitude et la fréquence des vibrations, l'appareil du test, l'acier inoxydable, microstructure

### 1. Introducere

Deoarece tehnologia producerii de noi materiale este în plină dezvoltare, iar standurile folosite pentru studiul eroziunii cavitației, în

special aparatele vibratorii destinate acestui scop, funcționează pe principii și cu parametrii diferiți [1], se impune evidențierea diferențelor ce apar în suprafața erodată pe durata atacului cavitației.

În acest sens, în cadrul acestei lucrări se prezintă și se analizează diferențele și asemănările distrugerii produsă prin cavitație vibratoare în cele două aparate, magnetostrictiv cu tub de nichel (T1) și cu cristale piezoceramice (T2), aflate în dotarea Laboratorului de Cavitație de la U.P. Timișoara [1], [2].

Analiza este realizată pe baza evoluției ariei erodate, ca extindere în plan și adâncime și a mecanismului distrugerii.

Pentru aceasta se folosesc fotografii ale suprafeței erodate (la 3 timpi caracteristici de atac) și ale microstructurii distruse (în cele 165 minute de atac), realizate cu aparate fotografice și microscoape performante (din cadrul laboratorului de cavitație și al Centrului de Cercetări și Expertizări Materiale Speciale de la Universitatea Politehnica București).

#### 2. Materialele cercetate

Pentru obiectivul propus, s-au cercetat două oţeluri inoxidabile, turnate, cu microstructuri și rezistențe cavitaționale diferite: unul cu excelentă rezistență (microstructură formată din 68 % austenită și 32 % martensită) și altul cu bună rezistență (microstructură formată din 93 % austenită și 7 % ferită).

Din fiecare tip de oțel s-a studiat câte o probă, pe fiecare din aparatele vibratoare.

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

- oţelul cu structură de austenită și 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;

- oţelul cu structură de austenită și martensită: 10,105 % Ni, 18,275 % Cr, 0,036 % Cr, 0,591 % Mn, 0,055 % Co, 0,679 % Si, 0,049 % Mo, 0,01 % Ti, 0,02 % Nb, 0,024 % V, 0,174 % W, 0,025 % 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 aparatele vibratorii magnetostrictiv cu tub de nichel T1 (amplitudinea vibrațiilor 94  $\mu$ m, frecvența vibrațiilor 7000 ± 3 % Hz, diametrul probei 14 mm, puterea generatorului electronic de ultrasunete 500 W) și cu cristale piezoceramice T2 (amplitudinea vibrațiilor 50  $\mu$ m, frecvența vibrațiilor 20000 ± 3 % Hz, diametrul probei 15,8 mm, puterea generatorului electronic de ultrasunete 500 W), aflate 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  $22 \pm 1$  <sup>0</sup>C [3].

Pe timpul atacului cavitației, la anumite intervale de timp, prestabilite, suprafețe erodate au fost fotografiate și examinate cu ochiul liber și microscopului optic (figura 1b). Microscopul, de înalte performanțe, aflat în dotarea Laboratorului de Cavitație din U.P.T, poate mări imaginea de 4x, 10x, 20x, 40x respectiv 80x. Avantajul acestui microscop este conectarea la calculator, ceea ce a permis măsurarea dimensiunilor ariei erodate (tabelele 1 și 2) care au servit la analiza evoluție distrugerii suprafeței expuse atacului cavitației.

Investigarea structurii erodate s-a realizat cu microscopul electronic Philips XL 30 ESEM (figura 1) care a permis examinarea suprafețelor erodate cu o rază cu emisie de câmp de electroni într-o cameră de presiune foarte mare.



Fig. 1 Micrscoapele utilizate a) Microscopul electronic Philips XL30 ESEM b) Microscop optic model Optika

## 4. Rezultate experimentale. Discuții

În tabelele 1 și 2 sunt prezentate aspecte ale suprafeţelor erodate, la trei timpi caracteristici (15, 90 și 165 minute) și modul de determinare, prin trei măsurători, a diametrului mediu al ariei erodate. Din aceste tabele se poate remarca o primă diferenţa, cu privire la extinderea ariei erodate în suprafața atacată.

			Tabelul 1
Elemente de referință	Durata atacului	Aparat T1	Aparat T2
pentru oțelul analizat	cavitației [min]		
10 %Ni, 6 %Cr, 0,1 %C 32 % maretnsită, 68 % austenită	15		
		D <sub>m</sub> = 7537 [μm], P = 28,98 %	D <sub>m</sub> = 14105 [μm], P = 76,95 %
	90		
		D <sub>m</sub> = 8028 [μm], P = 32,88 %	D <sub>m</sub> = 14373 [μm], P = 82,75 %
	165		
		D <sub>m</sub> = 8449 [μm], P = 36,42 %	D <sub>m</sub> = 14396 [μm], P = 83,01 %

 $D_m$  – diametrul mediu al suprafeței afectate de cavitație, <µm> P – procentul suprafeței afectate prin cavitație, %

Urmărirea procesului de distrugere prin eroziune în suprafaţa probei, expusă atacului cavitaţiei, cu ajutorul microscopului optic (mărire 4x şi 8x), dar vizibil şi cu ochiul liber, arată unele diferenţe:

			Tabelul 2
Elemente de	Durata	Aparat T1	Aparat T2
referință	atacului		
pentru oțelul	cavitației		
analizat	[min]		
10 %Ni, 18 %Cr, 0,036 %C 93 %austenită, 7 % ferită	15		
		D <sub>m</sub> = 7837 [μm], P = 31,33 %	D <sub>m</sub> = 14012 [μm], P = 56,33 %
	90		
		D <sub>m</sub> = 8260 [μm], P = 34,81 %	D <sub>m</sub> = 14260 [μm], P = 90,26 %
	165		
		D <sub>m</sub> = 8577 [μm], P = 37,53 %	D <sub>m</sub> = 14551 [μm], P = 92,1 %

 $D_m$  – diametrul mediu al suprafetei afectate prin cavitatie, <. $\mu$ m > P – procentul suprafetei afectate prin cavitatie, %

- La probele cavitate cu aparatul magnetostrictiv cu tub de nichel T1 eroziunea după primele 15 minute de atac, se produce pe un inel central cu diametru foarte mic, sub 8 mm. Pe parcursul atacului, diametrul suprafeţei erodate se extinde în profunzime şi spre exterior, ajungând ca la finalul atacului (165 minute) valoarea medie să fie în jurul a 8,5 -8,6 mm;
- La probele cavitate cu aparatul cu cristale piezoceramice T2 eroziunea cavitaţională, încă din primele minute de atac, începe din apropierea diametrul exterior (14-14,6 mm) al

suprafeței probei supuse atacului și evoluează, până la final, foarte mult în adâncime și nesemnificativ spre exterior.

Comparativ, datele din tabelele 1 și 2 arată că aria afectată de cavitația produsă în aparatul T2 este de circa 2,2 -2,5 ori mai mare decât cea afectată de cavitația produsă în aparatul T1.

Totodată, diferențele foarte mici din diametrul probei si cel mediu al suprafeței afectate de cavitația produsă în aparatul T2 (sub 1 (unu) milimetru/rază), duce la concluzia că în acest aparat norul cavitațional este unul de formă cilindrică, în timp ce la cavitația generată cu aparatul T2, norul cavitațional atașat probei are o formă conică (diferența dintre diametrul probei și cel mediu al ariei afectate ajunge și la 3 mm/rază) – vezi tabelele).

De asemenea, imaginile din tabelele 1 și 2 sugerează că distrugerea unui material, prin cavitația produsă în aparatele vibratorii, este dependentă de forma și dimensiunea norului de bule cavitaționale, atașat la suprafața probei, dependent și el de principalii parametrii ai aparatului (frecvență și amplitudine vibrații), care influențează atât evoluția ariei suprafeței erodate, cât și profunzimea [1], [2].

Din experiențele anterioare, și pe baza celor prezentate mai sus, apreciem că gradul de profunzime a eroziunii este influențat mai mult de amplitudinea vibrației, iar evoluția ariei erodate de frecvența vibrației.





b) Aparat T2

Fig. 2 Profilograma distrugerii (secțiune axială prin centrul suprafeței erodate prin cavitație) - 68 % austenită, 32 % martensită Imaginile, realizate cu microscopul electronic cu baleiaj (SEM), figurile 2 și 3, arată că indiferent de tipul aparatului (magnetostrictiv cu tub de nichel T1 sau cu cristale piezoceramice T2) și de parametrii săi, folosit pentru producerea eroziunii cavitaționale, distrugerea structurală este supusă aceluiași mecanism de deformare, propagare a fisurii și rupere.



a) Aparat T1

b) Aparat T2

Fig. 3 Profilograma distrugerii (secțiune axială prin centrul suprafeței erodate prin cavitație) -10 % Ni, 18 % Cr, 0,036 % C 93 % austenită, 7 % ferită

## 5. Concluzii

Dimensiunea și profunzimea ariei erodate depinde de parametrii funcționali ai aparatului vibrator, care influențează forma norului de bule cavitaționale. Amplitudinea vibrațiilor este principalul parametru funcțional al aparatului vibrator, care determină gradul de pătrundere a eroziunii în structura oțelului, iar frecvența vibrațiilor, influențează, cel mai mult, extinderea ariei eroziunii.

#### BIBLIOGRAFIE

[1] Bordeaşu I., *Eroziunea cavitațională a materialelor*, Editura Politehnica, Timişoara, 2006.

[2] Bordeașu, I., Oancă, O., *Cercetarea eroziunii prin cavitație în laboratorul de mașini hidraulice din Timișoara*, Știință și inginerie, Vol. 20, Editura AGIR, București, 2011, ISSN2067-7138, pag. 581-588

[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: <u>ilarica59@gmail.com</u> Student Constantin BORDEAŞU Universitatea "Politehnica" din Timisoara, membru AGIR e-mail: <u>blondudzu wild@yahoo.com</u> Asist.Dr.Ing. Rodica BĂDĂRĂU Universitatea "Politehnica" din Timişoara, membru AGIR e-mail: <u>badarau r@yahoo.com</u> Drd.Ing. Mădălin ȚÎRĂI Universitatea "Politehnica" din Timişoara, membru AGIR e-mail: <u>badarau r@yahoo.com</u>