

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

# TESTAREA COMPORTAMENTULUI LA EROZIUNE CAVITAȚIONALĂ A UNUI ALIAJ NEFEROS CU 88 % ALUMINIU

Daniel CHIRUŞ, Marian-Dumitru NEDELONI

## CAVITATION EROSION BEHAVIOR TESTING OF A NON FERROUS ALLOY WITH 88 % ALUMINIUM

This paper presents cavitation erosion behaviour testing of the nonferrous alloys AlSi12 with 88 % Aluminium. Vibratory cavitation tests were made on a cavitation stand in the laboratory, using the stationary specimen method. This alloy is not subject to cavitation erosion in practical applications, as is the stainless steels used in hydraulic turbines, but the experimental research highlight the behaviour of a material (AlSi12, in this case) when the period of time testing are different. Research results are presented through graphs and representative images.

Cuvinte cheie: eroziune cavitațională, compoziție chimică, macrostructură Keywords: cavitation erosion, chemical composition, macrostructure

## 1. Introducere

Testarea comportamentului la eroziune cavitaţională a aliajului AlSi12 cu 88 % Al, a fost făcută în laboratorul de tehnologia şi studiul materialelor, unde este în funcţiune standul de cavitaţie care aparţine centrului CCHAPT [7] din Universitatea "Eftimie Murgu" din Reşiţa.

Standul de cavitație se compune din generatorul de ultrasunete DG-2000 [6] și un aparat vibrator care la rândul lui se compune dintr-un traductor piezoelectric-acustic, un transformator mecanic, sonotroda și epruveta sau proba de lucru.

### 2. Procedura de experimentare

Conform standardelor G32-92 [4] și G32-10 [5], distanța dintre sonotrodă și epruvetă este de 0,6 mm, frecvența de rezonanță pentru aparatul vibrator este de 20 kHz, amplitudinea este de 50 µm.

Sonotroda din titan utilizată, vibrează deasupra epruvetei din materialul AlSi12, epruvetă prinsă într-un suport special în interiorul vasului de lichid sau apă, a cărei temperatură este măsurată cu ajutorul unui termometru digital și menținută la valoarea de 25±2 [grd] conform referinței bibliografice [4], printr-o serpentină conectată la rețea de apă.

Epruveta din AlSi12, sub formă de cub cu latura de 16 mm, va fi supusă la perioade etalon ale atacului cavitațional de 15 respectiv 8 minute, ceea ce înseamnă un timp total de 210 minute, respectiv 208 minute. În urma acestor timpi cumulați, se pot întocmi curbele pierderii masice și ale vitezei de eroziune cavitațională funcție de timp.

Înainte și după procesul de eroziune cavitațională, suprafețele epruvetei din AlSi12 se vor evidenția prin imagini caracteristice.

Compoziția chimică a aliajului AlSi12 cu 88 % Al [1], [3] este prezentată în tabelul 1, iar în figurile 1 și 2 se prezintă curbele caracteristice procesului de eroziune cavitațională conform standardului G32-10 [5], curbe obținute și în prezenta lucrare.

|      |      |      |         |       |      | Ia   | belul 1 |
|------|------|------|---------|-------|------|------|---------|
| Cu   | Fe   | Mn   | Mg      | Si    | Zn   | Ti   | Al      |
| 0,01 | 0,47 | 0,44 | < 0,005 | 11,03 | 0,03 | 0,01 | 88      |



Fig. 1 Curba de pierdere de material funcție de timp



Fig. 2 Curba vitezei de eroziune cavitațională funcție de timp

#### 3. Rezultatele experimentale obţinute

Rezultate obținute pentru perioadele etalon de 15 minute se prezintă numeric în tabelul 2, unde se observă o perioadă de 5 și 10 minute a atacului cavitațioanal, respectiv 13 perioade a câte 15 minute.

Tabelul 2

| Timp         | Dori | Macă     | Masă e          | erodată        | Viteza de       |                 |  |
|--------------|------|----------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|--|
| cumu-<br>lat | oadă | epruvetă | per<br>perioadă | cumulat        | eroz<br>cavitat | iune<br>țională |  |
| t            | Δt   | m        | Δm              | m <sub>c</sub> | V <sub>ec</sub> |                 |  |
| min          | min  | mg       | mg              | mg             | mg/min          | mg/h            |  |
| 0            | 0    | 10327.87 | 0               | 0              | 0.0000          | 0.000           |  |
| 5            | 5    | 10327.04 | 0.83            | 0.83           | 0.4447          | 26.680          |  |
| 15           | 10   | 10317.02 | 10.02           | 10.85          | 1.4092          | 84.552          |  |
| 30           | 15   | 10286.72 | 30.3            | 41.15          | 1.7767          | 106.600         |  |
| 45           | 15   | 10263.72 | 23              | 64.15          | 1.2920          | 77.520          |  |
| 60           | 15   | 10247.96 | 15.76           | 79.91          | 0.9283          | 55.700          |  |
| 75           | 15   | 10235.87 | 12.09           | 92             | 0.7687          | 46.120          |  |
| 90           | 15   | 10224.9  | 10.97           | 102.97         | 0.6670          | 40.020          |  |
| 105          | 15   | 10215.86 | 9.04            | 112.01         | 0.6053          | 36.320          |  |
| 120          | 15   | 10206.74 | 9.12            | 121.13         | 0.6497          | 38.980          |  |
| 135          | 15   | 10196.37 | 10.37           | 131.5          | 0.7757          | 46.540          |  |
| 150          | 15   | 10183.47 | 12.9            | 144.4          | 0.7473          | 44.840          |  |
| 165          | 15   | 10173.95 | 9.52            | 153.92         | 0.7020          | 42.120          |  |
| 180          | 15   | 10162.41 | 11.54           | 165.46         | 0.5720          | 34.320          |  |
| 195          | 15   | 10156.79 | 5.62            | 171.08         | 0.3033          | 18.200          |  |
| 210          | 15   | 10153.31 | 3.48            | 174.56         | 0.1607          | 9.640           |  |

Pentru perioadele etalon de 8 minute, rezultate se prezintă numeric în tabelul 3, unde se observă câte o perioadă de 3 și 5 minute, respectiv 25 perioade a câte 8 minute fiecare.

Tabelul 3

| Timp         | Peri-<br>oadă | Masă<br>epruvetă | Masă e          | erodată        | Viteza de<br>eroziune<br>cavitațională |        |  |  |
|--------------|---------------|------------------|-----------------|----------------|--|--------|--|--|
| cumu-<br>lat |               |                  | per<br>perioadă | cumulat        |  |        |  |  |
| t            | Δt            | m                | Δm              | m <sub>c</sub> | V <sub>ec</sub>                        |        |  |  |
| min          | min           | mg               | mg              | mg             | mg/min                                 | mg/h   |  |  |
| 0            | 0             | 10153.5          | 0               | 0              | 0.0000                                 | 0.000  |  |  |
| 3            | 3             | 10152.9          | 0.6             | 0.6            | 0.2968                                 | 17.805 |  |  |
| 8            | 5             | 10150.61         | 2.29            | 2.89           | 0.6496                                 | 38.978 |  |  |
| 16           | 8             | 10142.96         | 7.65            | 10.54          | 1.1731                                 | 70.388 |  |  |
| 24           | 8             | 10131.84         | 11.12           | 21.66          | 1.4381                                 | 86.287 |  |  |

| 32  | 8 | 10119.95 | 11.89 | 33.55  | 1.5606 | 93.637  |
|-----|---|----------|-------|--------|--------|---------|
| 40  | 8 | 10106.87 | 13.08 | 46.63  | 1.4750 | 88.500  |
| 48  | 8 | 10096.35 | 10.52 | 57.15  | 1.4631 | 87.788  |
| 56  | 8 | 10083.46 | 12.89 | 70.04  | 1.7763 | 106.575 |
| 64  | 8 | 10067.93 | 15.53 | 85.57  | 1.7712 | 106.275 |
| 72  | 8 | 10055.12 | 12.81 | 98.38  | 1.5981 | 95.887  |
| 80  | 8 | 10042.36 | 12.76 | 111.14 | 1.5981 | 95.888  |
| 88  | 8 | 10029.55 | 12.81 | 123.95 | 1.4563 | 87.375  |
| 96  | 8 | 10019.06 | 10.49 | 134.44 | 1.4962 | 89.775  |
| 104 | 8 | 10005.61 | 13.45 | 147.89 | 1.5912 | 95.475  |
| 112 | 8 | 9993.6   | 12.01 | 159.9  | 1.4881 | 89.288  |
| 120 | 8 | 9981.8   | 11.8  | 171.7  | 1.3469 | 80.813  |
| 128 | 8 | 9972.05  | 9.75  | 181.45 | 1.2312 | 73.875  |
| 136 | 8 | 9962.1   | 9.95  | 191.4  | 1.1219 | 67.312  |
| 144 | 8 | 9954.1   | 8     | 199.4  | 0.8744 | 52.462  |
| 152 | 8 | 9948.11  | 5.99  | 205.39 | 1.0131 | 60.788  |
| 160 | 8 | 9937.89  | 10.22 | 215.61 | 1.1800 | 70.800  |
| 168 | 8 | 9929.23  | 8.66  | 224.27 | 1.0387 | 62.325  |
| 176 | 8 | 9921.27  | 7.96  | 232.23 | 1.0056 | 60.338  |
| 184 | 8 | 9913.14  | 8.13  | 240.36 | 1.1069 | 66.413  |
| 192 | 8 | 9903.56  | 9.58  | 249.94 | 1.2656 | 75.938  |
| 200 | 8 | 9892.89  | 10.67 | 260.61 | 1.0725 | 64.350  |
| 208 | 8 | 9886.4   | 6.49  | 267.1  | 0.5500 | 33.000  |

Graficele care se obțin din tabelele 2 și 3 sunt prezentate în figurile 3÷10, pentru cele 2 variante ale perioadelor de încercare (15 și 8 minute).



Fig. 3 Curba pierderii de material funcție de timp (15 minute)



Fig. 4 Curba vitezei de eroziune cavitațională funcție de timp pentru (15 minute)







Fig. 6 Curba vitezei de eroziune cavitațională funcție de timp (8 minute)



Fig. 8 Curbele vitezei de eroziune cavitațională funcție de timp pentru AlSi12 (comparație)

Perioadele de 15 minute sunt folosite în general pentru metoda directă de cavitație, însă pentru slaba rezistență la eroziune cavitațională a aliajului AlSi12, s-a dorit și testarea la perioade de 8 minute.

Curbele din figurile 3, 4, 5 și 6 au fost interpolate polinomial, înregistrându-se următoarele abateri medii pătratice: relațiile 1 ( $R^2 = 0.9948$ ) și 3 ( $R^2 = 0.9998$ ) pentru pierderea masică, respectiv relațiile 2 (cu  $R^2 = 0.9727$ ) și 4 (cu  $R^2 = 0.8939$ ) pentru viteza de eroziune cavitațională.

$$M = 9 \cdot 10^{-6} t^3 - 0,0051t^2 + 1,53t$$
 (1)

$$v_{ec} = -6 \cdot 10^{-11} t^6 + 6 \cdot 10^{-8} t^5 - 2 \cdot 10^{-5} t^4 + 0,0034 t^3 - 0,2758 t^2 + 8,965t (2)$$

$$\mathsf{M} = 4 \cdot 10^{-12} t^6 - 3 \cdot 10^{-9} t^5 + 1 \cdot 10^{-6} t^4 - 0,0003 t^3 + 0,0288 t^2 + 0,3388 t \ \ (3)$$

$$v_{ec} = -2 \cdot 10^{-10} t^5 - 7 \cdot 10^{-7} t^4 + 0,0004 t^3 - 0,0713 t^2 + 4,7452 t \tag{4}$$

În figurile 9 și 10 se prezintă imaginile suprafețelor analizate înainte și după cavitație [2].



Fig. 9 Imagini ale epruvetei înainte de cavitație a), după cavitație b) și macrostructura suprafeței erodate c), pentru perioade de 15 minute



Fig. 10 Imagini ale epruvetei înainte de cavitație a), după cavitație b) și macrostructura suprafeței erodate c), pentru perioade de 8 minute

#### 4. Concluzii

- Există diferenţe atunci când perioadele de timp sau duratele de atac cavitaţional diferă.
- Suprafaţa 2 a epruvetei din AlSi12, după un timp cumulat total de 210 minute a pierdut din masa iniţială 174,56 mg (pentru perioadele caracteristice de 15 minute).
- Suprafaţa 4 a aceleiaşi epruvete din AlSi12, după un timp cumulat total de 208 minute a pierdut din masă iniţială 267,1 mg (pentru perioadele caracteristice de 8 minute).

#### Mulţumiri

Autorii mulţumesc pentru sprijinul acordat de Fondul Social European Programul Operaţional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane, prin Ministerul Muncii, Familiei și Protecției Sociale prin co-finanţarea proiectului (DocInvest) POSDRU/107/1.5/S/76813.

#### BIBLIOGRAFIE

[1] Lupinca, C.I., *Bazele elaborării aliajelor neferoase*, Curs universitar, Editura Eftimie Murgu, Reşiţa, 2004.

[2] Nedeloni, M.D., *Cercetări privind eroziunea cavitațională pe materiale utilizate la fabricația componentelor de turbine hidraulice*, Teză de doctorat, Universitatea "Eftimie Murgu" din Reşița, Decembrie, 2012.

[3] Rădulea, R., *The Influence of Metallic and Non-Metallic Inclusions on the Characteristics of Non-Ferrous Alloys Al-Si*, Analele universității "EFTIMIE MURGU", ANUL XIV, NR. 1/2007, ISSN 1453 - 7397, pag. 157-164.

[4] \* \* \* ASTM Standard G32-92 (1992), *Standard Method of Vibratory Cavitation Erosion Test*. Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, 1992.

[5] \* \* \* ASTM G32 – 10, *Standard Test Method for Cavitation Erosion Using Vibratory Apparatus*, Copyright © ASTM International, United States, 2010.

[6] \* \* \* TELSONIC, Operating Instructions Cavitations Test Equipment DG 2000, 2007.

[7] \* \* \* http://www.cchapt.ro/

Drd. Ing. Daniel CHIRUŞ Facultatea de Mecanică și Ingineria Materialelor, Universitatea "Eftimie Murgu" din Reşiţa e-mail: <u>d.chirus@uem.ro</u>

Asist. Univ. Dr. Ing. Marian-Dumitru NEDELONI Facultatea de Inginerie și Management, Universitatea "Eftimie Murgu" din Reșiţa, membru AGIR e-mail: <u>m.nedeloni@uem.ro</u>