

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2015 00815

(22) Data de depozit: 11/11/2015

(41) Data publicării cererii:
29/11/2016 BOPI nr. 11/2016

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN
TIMIȘOARA, PIAȚA VICTORIEI NR.2,
TIMIȘOARA, TM, RO

(72) Inventatori:
• OANCA OCTAVIAN VICTOR,
STR. SOROCA NR. 11, SC. B, AP. 10,
TIMIȘOARA, TM, RO;

• BORDEASU ILARE,
STR. AUREL POPOVICI NR. 23,
TIMIȘOARA, TM, RO;
• MITELEA IONEL,
STR. EPISCOP AUGUSTIN PACHA NR. 3,
ET. 4, TIMIȘOARA, TM, RO;
• SÎRBU NICUȘOR ALIN, STR. POGONICI
NR. 4, AP. 66, ET. 4, TIMIȘOARA, TM, RO

(54) APARAT PENTRU EVALUAREA EROZIUNII PRIN CAVITAȚIE
ULTRASONICĂ PRIN ACHIZIȚII DE DATE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un aparat pentru evaluarea eroziunii prin cavitație ultrasonică, ce poate fi folosit în scopul evaluării rezistenței materialelor la atacul cavitațional, ca urmare a efectelor vibrațiilor cu frecvență ultrasonică. Aparatul conform invenției este alcătuit dintr-un generator (GU) de ultrasunete cu sistem software de corelare a frecvenței și amplitudinii, un ansamblu (AR) rezonator mecanic, alcătuit din următoarele componente: un convertor (1) piezoceramic, un transformator (2) de amplitudine, o sonotrodă (3) conică, un specimen (4) pentru testarea la eroziunea prin cavitație, și un vas (VS) de reacție, ansamblul astfel format fiind cuplat funcțional cu un sistem termostatat (SR) de răcire, de tip Peltier, conectat cu un sistem de achiziții date cu automat programabil, un sistem de operare (SOP), un monitor (MO), un sistem de vizualizare (SV) de tip HD NETWorking, un sonometru (SO), un senzor (SIT) infraroșu de temperatură, un analizor de pH, un sistem de filtrare (SF) a lichidului de reacție și un sistem (SI) de iluminare în spectrul vizibil.

Revendicări: 8
Figuri: 5

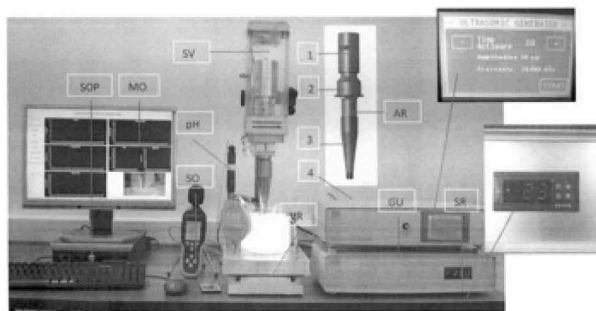


Fig. 1



APARAT PENTRU EVALUAREA EROZIUNII PRIN CAVITATIE ULTRASONICA PRIN ACHIZITII DE DATE

Invenția se referă la un aparat vibrator pentru producerea eroziunii prin cavitate ultrasonica cu sistem de achizitii de date, care poate fi folosit în mediul academic, cel al cercetării-dezvoltării, industria hidroenergetica, aeronautica, în scopul evaluării rezistenței materialelor la atacul cavitațional, cu frecvență ultrasonică, respectiv reducerea timpului de analiza și documentare a experimentului tehnologic prin urmărirea și monitorizarea parametrilor de proces în timp real prin interfațarea aparatului cu un sistem de achizitii de date.

În prezent evaluarea rezistenței materialelor la eroziunea generată de cavitația ultrasonica, prezintă unele dezavantaje în sensul lipsei unor sisteme de monitorizare și control în timp real a experimentului. În scopul activării cu ultrasunete pentru producerea eroziunii prin cavitație, sunt cunoscute soluțiile tehnice oferite de producători consacrați în domeniul echipamentelor de procesare. Acestea oferă sisteme de testare la cavitație ultrasonica standard, în care frecvența de procesare și reglajul amplitudinii ultrasonice în domeniul prescripțiilor standardului ASTM G32-2010, se face într-un proces cu o dinamică în timp, fără posibilitatea de a vizualiza și de a evalua procesul în timp real. Una dintre soluțiile, prin care se poate produce o îmbunătățire a procesului de evaluare a rezistenței materialelor la atacul cavitațional, constă în interfațarea aparatului experimental cu sisteme de monitorizare și control în timp real a experimentului tehnologic și posibilitatea de documentare a acestui experiment.

Este cunoscută invenția CN20142827385U pentru măsurarea eroziunii cavitaționale, cu utilizarea foliilor de aluminiu și evaluarea atacului cavitațional prin sumarea dimensiunilor suprafețelor erodate.

Soluția prin care se poate produce o îmbunătățire a procesului de evaluare a rezistenței materialelor la atacul cavitațional, constă în interfațarea aparatului experimental prin utilizarea de sisteme de monitorizare și control în timp real a experimentului tehnologic și posibilitatea de documentare a acestui experiment.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în realizarea unui aparat de producere a eroziunii prin cavitație ultrasonica cu posibilitatea achizitiei de date în timp real, cu stocarea datelor, afișarea graficelor de evoluție a principalilor parametri de proces și care să poată fi utilizat la evaluarea rezistenței la cavitație ultrasonica a materialelor,

Aparatul conform invenției înlătură dezavantajele de mai sus prin aceea că este alcătuit dintr-un generator de ultrasunete de 500W, 20 kHz, cu sistem software de corelare a frecvenței și

amplitudinii , un corp de dispozitiv, un ansamblul rezonator mecanic de 20 KHz Rezonatorul este compus dintr-un convertor piezoceramic, un transformator de amplitudine, o sonotroda conica specializata. Un specimen pentru testarea la eroziunea prin cavitatie este intr- un vas de reactie. Pentru a asigura achizitia datelor, stocarea si afisarea principalilor parametri de proces elementele amintite sunt cuplate functional cu un sistem termostatat de racire lichid de reactie de tip Peltie conectat cu un sistem de achizitii date cu un automat programabil , un sistem operare, un Monitor LCD, un sistem vizualizare HD NETWorking, un sonometru, un senzor infrarosu de temperatura, un analizor pH, un sistem de filtrare lichid de reactie si un sistem de iluminare in spectrul vizibil .

Avantajele invenției în raport cu stadiul tehnicii sunt următoarele:

- Sistemul de vizualizare a campului hidrodinamic, prin softul specializat care genereaza o noua modalitate de analiza imagistica procesului de atac cavitional.
- Sistemul de achizitii de date in timp real cu posibilitatea afisarii graficelor de evolutie a paramatrilor monitorizati, tiparirea acestora ca document de atestare a calitatii procesului de testare a experimentului cu respectarea normei ASTM G32-10.
- Dispozitivul de masurare in timp real a indicelui pH, a lichidului de reactie, ceea ce genereaza o noua modalitate de analiza calitativa a procesului de atac cavitional.
- Sistemul de filtrare in circuit inchis, in timp real a lichidului deprocesare, cu retinerea particulelor rezultate din atacul cavitional, ceea ce genereaza o noua modalitate de analiza calitativa a procesului de eroziune cavitionala, prin analiza morfologiei particulelor erodate prin microscopie optica si electronica.
- Sistem de analiza in timp real a intensitatii campului sonor a procesului de cavitatie, ca indice de stabilitate a procesului de eroziune prin cavitatie ultrasonica.
- Sistemul de analiza in timp real a temperaturii sonotrodei, in corelare cu mentinerea procesului de activare ultrasonica in ecartul normei ASTM G32-2010.
- Sistemul de iluminare in spectrul vizibil la lungimi de unda programabile in vederea vizualizarii optime a norului de cavitatie.

Se dă în continuare, un exemplu de realizare a invenției în legătură cu figurile, care reprezintă:

- Figura 1, Aparatul vibrator pentru producerea eroziunii prin cavitatie ultrasonica cu achizitii de date, reprezentat cu ansamblul elementelor de sistem;
- Figura 2, Detaliu aparat vibrator cu sistemul de vizualizare, si senzor in infrarosu monitorizare temperatura sonotroda ;

- Figura 3, Detaliu la nivelul sistemului de filtrare lichid de reactie, aparat vibrator pentru producerea eroziunii prin cavitate ;
- Figura 4, Detaliu la nivelul interfetei sistemului de achizitii date proces de cavitate ultrasonica
- Figura 5, Detaliu captura ecran LCD, aparat vibrator pentru producerea eroziunii prin cavitate cu graficele de evolutie a parametrilor monitorizati

Aparatul pentru evaluarea eroziunii prin cavitate ultrasonica prin achizitii de date reprezentat cu ansamblul elementelor de sistem (figura 1), este alcătuit dintr-un ansamblu ce cuprinde un corp al unui dispozitiv CD, un ansamblul rezonator mecanic AR, compus dintr-un convertor piezoceramic 1, un transformator de amplitudine 2 (numit uzual booster), o sonotroda conica specializata 3, un specimen pentru testarea la eroziunea prin cavitate 4. Un rezonator mecanic AR, este mentinut la o temperatura de procesare prin intermediul unui sistem de ventilatie fortata SV, fiind evitata astfel incalzirea convertorului piezoceramic in procesul de activare cavitationala de lunga durata, 165 de minute.

Specimenul de testare la eroziune cavitationala 4, se imerseaza intr-un lichidul de reactie VS, la o cota prescrisa de norma ASTM G32-2010, 3-10 mm, prin intermediul unui sistem de pozitionare cu cremaliera, parte a corpului dispozitivului CD.

Dinamica procesului de cavitate ultrasonica determina modificarea temperaturii lichidului de reactie, care este mentinut in limitele normei ASTM G32-2010, prin intermediul unui sistem termostatat de racire lichid de reactie SR, cu prescrierea limitei superioare si inferioare a temperaturii lichidului de reactie in intervalul prescris.

Aparatul pentru evaluarea eroziunii prin cavitate cu achizitii de date se interfațeaza cu componenta software implementată, în cadrul modulului de comandă și control a parametrilor specifici cavității, permite echipamentului cu ultrasunete realizarea următoarelor funcții:

- dialogul cu utilizatorul prin intermediul interfeței realizată cu ecranul LCD și senzor tactil
- compensarea variațiilor tensiunii de alimentare cu energie electrică
- urmărirea în timp real a frecvenței de rezonanță a ansamblului rezonator mecanic
- generarea semnalelor PWM de comandă pentru blocul de putere
- controlul amplitudinii vibrațiilor ultrasonice
- afișarea parametrilor sistemului
- implementarea algoritmului procesului specific echipamentului de activare cavitationala.

Aparatul pentru evaluarea eroziunii prin cavitate cu achizitii de date se interconecteaza

cu un generator ultrasonic cu un soft specializat GU , un sonometru SL-451 VOLFRCAFT SO, un analizor pH, ProMinete pH de masurare in timp real a indicelui pH, a lichidului de reactie, cu posibilitatea dezvoltarii unui nou procedeu de analiza calitativa a procesului de atac cavitional. Un Sistem operare DELL OPTIPLEX 754 SOP, si un Monitor LCD PHILIPS MO completeaza interfata aparatului vibrator.

In figura 2, se prezinta un detaliu asupra aparatului vibrator pentru producerea eroziunii prin cavitate cu achizitii de date, in interfata cu alte elemente inovative, un sistem de vizualizare HD NETWorking PLANET SV, un senzor infrarosu de monitorizare temperatura sonotroda OMEGA Enginnering SIT, un sistem de iluminare in spectrul vizibil SI pentru optimizarea imaginii norului de cavitate.

In figura 3, se prezinta un detaliu asupra aparatului vibrator pentru producerea eroziunii prin cavitate cu achizitii de date, in interfata cu alte elemente inovative cu un sistem de filtrare lichid de reactie SF. Sistemul are in compunere un cartus filtrant CF, si o micropompa de recirculare MP. Lichidul dintr-un vas de reactie VR este filtrat in timpul procesului tehnologic de testare cavitionala, cu prezentarea unui detaliu cu filtrul fibra de sticla, CESSELA Cel Grade A-E, cu particule filtrate in procesul de cavitate ultrasonica.

In figura 4, se prezinta un detaliu asupra aparatului vibrator pentru producerea eroziunii prin cavitate cu achizitii de date, in interfata cu alte elemente inovative, o interfata achizitii date cu automat programabil XBC-D2-64H INT, si captura ecran cu principalii parametrii monitorizati, putere electrica, frecventa, amplitudine, nivelul acustic al procesului de cavitate, , nivel pH, temperatura sonotroda, imagine in timp real a norului de cavitate, in figura 5.

Aparatul este conectat functional cu un generator de ultrasunete 500W, 20kHz, avand un sistem software de corelare a frecventei si amplitudinii de testare la eroziunea prin cavitate in corelare cu mentinerea si controlul parametrilor dinamicii proesului de activare ultrasonica in ecartul normei ASTM G32-2010. Aparatul are in compunere un sistem de iluminare in spectrul vizibil la lungimi de unda programabila in scopul vizualizarii optime a campului hidrodinamic si a norului de bule cavitationale.

Aparatul pentru evaluarea eroziunii prin cavitate ultrasonica prin achizitii de date permite monitorizarea frecventei vibratiilor ultrasonice, amplitudinii vibratiilor ultrasonice, temperaturii mediului lichid de procesare cu informatii, privind vizualizarea cimpului hidrodinamic, grafice de evolutie si masurarea in timp real a indicelui pH a lichidului de reactie, analiza in timp real a intensitatii campului sonor ca indice de stabilizare a procesului de eroziune prin cavitate ultrasonica.

Aparatul pentru evaluarea eroziunii prin cavitație ultrasonică prin achiziții de date este alcătuit dintr-un corp al dispozitivului, pe care se montează ansamblul rezonator mecanic ultrasonic, având în compunere un transductor cu cristale piezoceramice în structura $\lambda/2$, transformatorul de amplitudine (booster) și o sonotrodă, la al cărei capăt inferior este fixată proba de cavitație (cu filet interior-notată **tip A** și cu filet exterior – notată **tip B**). Pentru producerea cavitației este obligatoriu ca ansamblul booster-sonotrod-proba să fie racordate la frecvența transductorului cu cristale piezoceramice (numit și convertor), indiferent de materialul din care sunt fabricate.

Convertorul (cunoscut sub denumirea de transductor piezoceramic) transformă energia electrică de înaltă frecvență, produsă de generator, în energie mecanică. Pentru a se asigura absorbția oscilațiilor de către componentele convertorului acestea se pretensionează prin aranjarea inelelor piezoceramice în perechi, pe direcție axială. În acest fel, frecvența de rezonanță a convertorului este corelată cu frecvența de lucru a generatorului ultrasonic. Transductorul este realizat din zircotitanat de plumb cu caracteristici electrostrictive care, fiind supus unei tensiuni pulsatorii, se dilată și se contractă. Eficiența transductorului este de 90-95 %. Pentru a realiza un acord acustic foarte bun între mărimile de ieșire ale transductorului și sonotrodă este necesară intercalarea unui booster (transformator) între cele două elemente constructive ale echipamentului de activare cavitațională.

Boosterul este proiectat să intre în rezonanță la aceeași frecvență cu transductorul cu care va fi utilizat și, de obicei, este montat într-un punct nodal (de vibrație minimă) pentru a minimaliza pierderile de energie și pentru a preveni transmiterea ultrasunetelor în batiu. Cuplajul axial și mecanic se realizează prin șuruburi de strângere și, astfel, este asigurat transferul energiei ultrasonore către booster și sonotrodă. Boosterul are rol de transformator de amplitudine pentru întreg domeniul de amplitudini necesare procesului, cât și rol de stabilizator general pentru oscilațiile sistemului transductor.

Sonotroda are rolul de a transmite vibrațiile, cu frecvență ultrasonică, de la elementul transductor la specimenul de testare (proba cavitațională), forma sonotrodei influențând factorul de amplificare. Suprafețele de cuplare ale sonotrodei și convertorului trebuie să fie complet aliniată, prin intermediul niplurilor de cuplare, pentru a preveni pierderile de energie în timpul transferului acestora. Pentru a realiza un acord acustic foarte bun între mărimile de ieșire ale transductorului și sonotrodă este necesară intercalarea unui transformator de amplitudine între cele două elemente constructive ale echipamentului de activare ultrasonică.

Pentru a obține o acțiune mecanică foarte bună și de durată mare este absolut necesar ca materialul din care este realizată sonotroda să aibă proprietăți acustice foarte bune și, de asemenea, o rezistență ridicată la uzură. Materiale recomandate pentru construcția sonotrodelor sunt: monel, oțel inoxidabil și aliaje de titan. Acestea din urmă, cu rezistență ridicată, depășesc considerabil alte materiale din punct de vedere al rezistenței la uzură și, din acest motiv, sunt folosite în mod uzual la fabricarea sonotrodelor pentru echipamentele folosite în linii de fabricație industrială și în echiparea aparatelor de testare la eroziune cavitațională.

Funcționarea aparatului vibrator pentru producerea eroziunii prin cavitație cu achiziții de date, destinat testării la eroziune cavitațională ultrasonică a materialelor, este dată de componenta software a modulului de comandă și programare a echipamentului.

Pentru a obține vibrații mecanice de înaltă frecvență, ansamblul rezonator mecanic, format din convertor piezoceramic, transformator de amplitudine și sonotrodă, trebuie excitat cu energie electrică de frecvență ridicată. Acest rol este îndeplinit de către generatorul de ultrasunete.

Generatorul de ultrasunete specific aplicațiilor de prelucrări cavitaționale realizează conversia tensiunii de 220 V alternativ cu frecvență de 50 Hz de la rețeaua de alimentare, în energie electrică ultrasonică de frecvență 20 KHz .

Componenta software implementată, în cadrul modulului de comandă și control a parametrilor specifici cavitației vibratoare, permite echipamentului cu ultrasunete realizarea următoarelor funcții:

- dialogul cu utilizatorul prin intermediul interfeței realizată cu ecranul LCD și senzor tactil
- compensarea variațiilor tensiunii de alimentare cu energie electrică
- urmărirea în timp real a frecvenței de rezonanță a ansamblului rezonator mecanic
- generarea semnalelor PWM de comandă pentru blocul de putere
- controlul amplitudinii vibrațiilor ultrasonice
 - afișarea parametrilor sistemului
- implementarea algoritmului procesului specific echipamentului de activare cavitațională.

Transferul maxim de putere activă de la generatorul de semnal ultrasonic la ansamblul rezonator mecanic are loc atunci când frecvența de rezonanță mecanică este egală cu frecvența semnalului de excitație. Această frecvență nu este fixă ci variază în limite restrânse în jurul valorii nominale caracteristice traductorului. Pentru realizarea acestui transfer maxim, frecvența de oscilație a generatorului este variabilă și urmărește, în permanență, frecvența de rezonanță mecanică a ansamblului transductor piezoceramic-booster-sonotroda-proba prin controlul defazajului dintre tensiune și curent de la bornele traductorului piezoceramic. Procesul de

control al frecvenței generate este realizată de către blocul de comandă și control ce are la bază un microcontroler. Acesta, prin intermediul componentei software implementate, măsoară defazajul dintre curentul și tensiunea aplicată traductorului piezoceramic, cât și cantitatea de energie transferată acestuia. Pe baza acestor parametrii, este comandat modulul DDS (direct digital synthesizer) în tehnologie CMOS care are rolul de a genera semnalul de comandă pentru etajul de putere cu punte de tranzistoare IGBT. Modulul de comandă și control are la bază un microcontroler LPC2138 cu nucleu ARM7 produs de către compania Philips. Împreună cu restul de circuite periferice, acest modul gestionează întreaga funcționare a generatorului ultrasonic, construit special pentru activare cavitațională și echipare a aparatului vibrator pentru producerea eroziunii prin cavitație.

Sistemul de achiziții date în timp real a procesului de cavitație este construit pe baza automatului programabil XBC-D2-64H, AC100/220V/DC24V. Comunicația cu sistemul este asigurată de 32 intrări și 32 de ieșiri, semnale, procesate prin intermediul software-ului implementat pe sistemul DELL OPTIPLEX 745, cu performanțele 250 GB HDD, RAM 2048 MB. Sunt procesate următoarele semnale monitorizate:

- Frecvența de oscilație în timp real a sonotrodei
- Amplitudinea vibrațiilor
- Puterea electrică
- Temperatura mediului lichid de reacție
- Temperatura sonotrodei
- Nivelul acustic al procesului de cavitație
- Imaginea în timp real a norului de cavitație
- pH lichid de reacție

Programul software implementat generează grafice în timp real privind evoluția parametrilor monitorizați. Interfața cu utilizatorul este realizată cu un ecran LCD cu senzor tactil, prin intermediul căruia utilizatorul poate parametriza procesul tehnologic, accesând meniurile implementate în componența software. În timpul realizării programului de lucru, pe ecranul LCD sunt afișați parametrii în timp real, ce sunt achiziționați de către modulul de comandă și control.

Meniurile de operare pentru procesul de cavitație, prin programul software generează două ferestre de programare proces. Prima fereastră conține date de identificare a experimentului, tipul materialului, timpul programat pentru cavitație, masa specimenului la minutul corespunzător startului procesului de cavitație, masa specimenului la minutul

corespunzător sfârșitului timpului de proces de cavitație. A doua fereastră de programare conține meniul principal, cu următoarele submeniuri: automat, programare, test ultrasunet, parametri, imprimare.

Exemplificarea principalelor submeniuri ale sistemului de achiziție:

Automat – reprezintă funcția de setarea automată a parametrilor de proces pentru începerea unei noi etape de cavitație;

Programare – reprezintă funcția de programare a unui regim nou de cavitație. Se va seta la început numărul programului reprezentând minutul aferent experimentului;

Parametri - reprezintă funcția de acordare frecvență și amplitudine;

REVENDICĂRI

1. Aparat pentru evaluarea eroziunii prin cavitatie ultrasonica prin achizitii de date, alcatuit dintr-un generator de ultrasunte (GU) de 500W, 20 kH, cu sistem software de corelare a frecventei si amplitudinii , un corp de dispozitiv (CD), un ansamblul rezonator mecanic de 20 KHz (AR), compus dintr-un convertor piezoceramic (1), un transformator de amplitudine (2), o sonotroda conica specializata (3), un specimen (4) pentru testarea la eroziunea prin cavitatie, un vasul de reactie (VS), **caracterizat prin aceea că** pentru a asigura achizitia datelor, stocarea si afisarea principalilor parametri de proces este cuplat functional cu un sistem termostatat de racire lichid de reactie (SR) de tip Peltie conectat cu un sistem de achizitii date cu un automat programabil , un sistem operare (SOP), un Monitor LCD (MO), un sistem vizualizare HD NETWorking (SV), un sonometru (SO), un senzor infrarosu de temperatura (SIT), un analizor pH, (pH), un sistem de filtrare lichid de reactie (SF), un sistem de iluminare in spectrul vizibil (SI).

2. Aparat pentru evaluarea eroziunii prin cavitatie ultrasonica prin achizitii de date, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** are în compunere un sistem de vizualizare a campului hidrodinamic (SV) care, prin softul specializat, genereaza o modalitate noua de analiza imagistica a procesului de atac cavitational.

3. Aparat pentru evaluarea eroziunii prin cavitatie ultrasonica prin achizitii de date, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea ca** are in compunere un sistem de achizitii de date in timp real cu posibilitatea afisarii graficelor de evolutie a paramatrilor monitorizati, tiparirea acestora ca document de atestare a calitatii procesului de testare a experimentului cu respectarea normei ASTM G32-2010.

4. Aparat pentru evaluarea eroziunii prin cavitatie ultrasonica prin achizitii de date, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** are în compunere un dispozitiv de masurare in timp real a indicelui pH, (pH) a lichidului de reactie, care genereaza o modalitate noua de analiza calitativa a procesului de atac cavitational.

5. Aparat pentru evaluarea eroziunii prin cavitatie ultrasonica prin achizitii de date, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea ca** are in copunere un sistem de filtrare in circuit inchis, in timp real a lichidului de reactie, cu retinerea particulelor rezultate din atacul cavitational, care genereaza o modalitate de analiza calitativa a procesului de eroziune cavitatională, prin analiza morfologiei particulelor erodate, prin microscopie optica si electronica.

6. Aparat pentru evaluarea eroziunii prin cavitate ultrasonica prin achizitii de date, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea** ca are in compunere un sistem de analiza in timp real a intensitatii campului sonor a procesului de cavitate, ca indice de stabilitate a procesului de eroziune prin cavitate ultrasonica.

7. Aparat pentru evaluarea eroziunii prin cavitate ultrasonica prin achizitii de date, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea** ca are in compunere un sistem de analiza in timp real a temperaturii sonotrodei, in corelare cu mentinerea procesului de activare ultrasonica in ecartul normei ASTM G32-2010.

8. Aparat pentru evaluarea eroziunii prin cavitate ultrasonica prin achizitii de date, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea** ca are in compunere un sistem de iluminare in spectrul vizibil la lungimi de unda programabile in vederea vizualizarii optime a norului de cavitate.

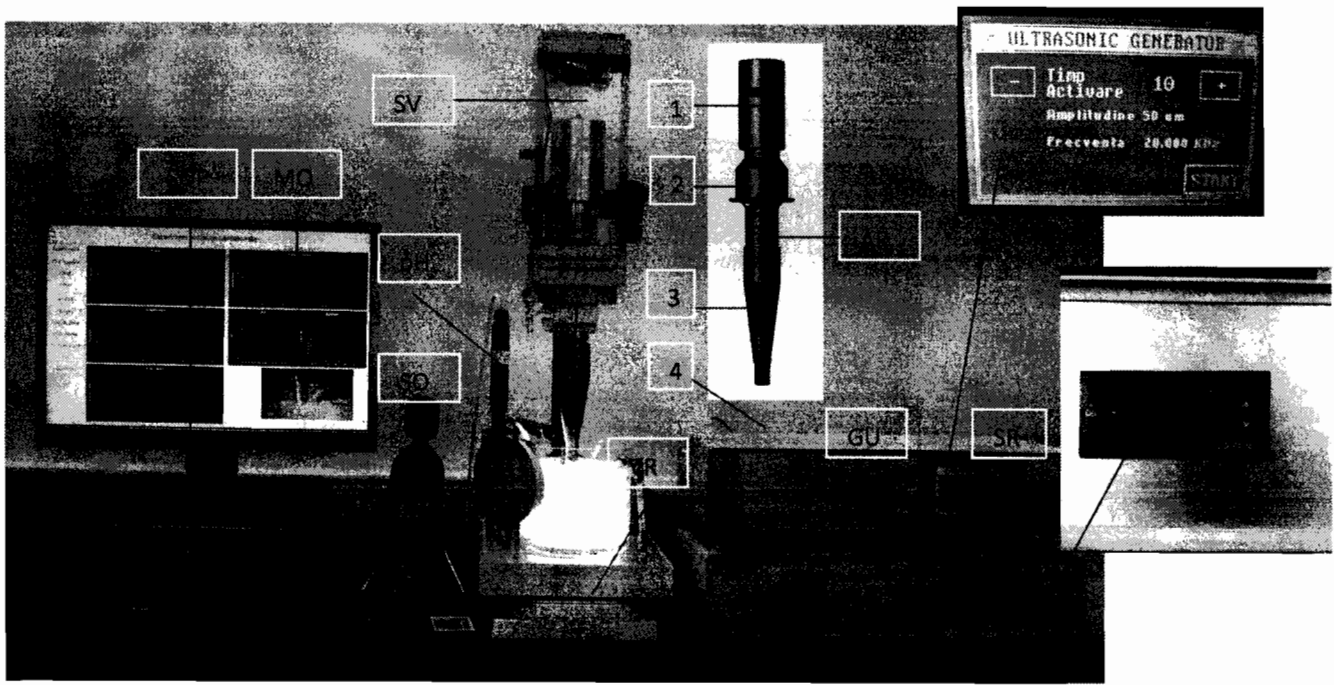


Figura 1

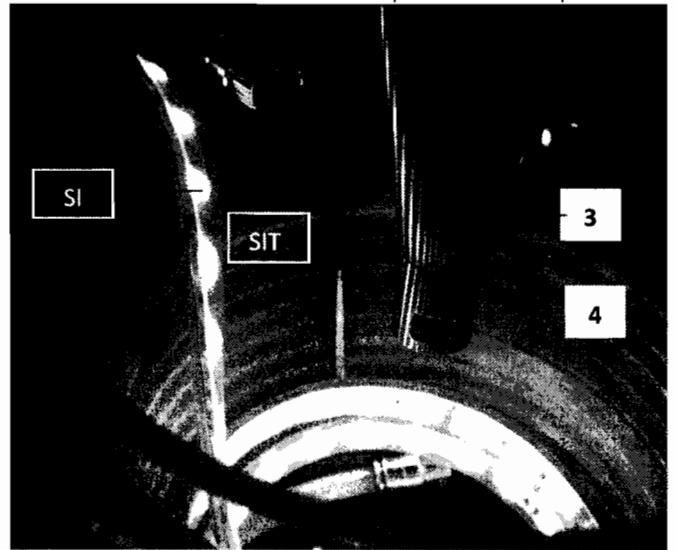
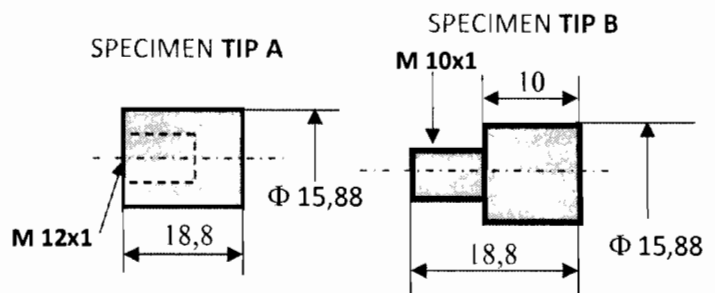


Figura 2

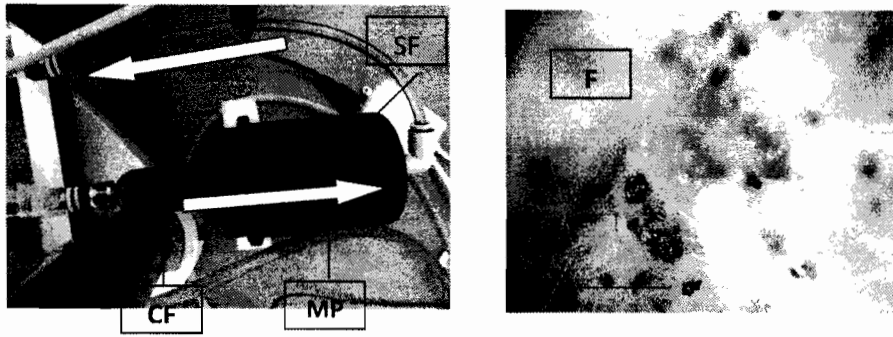


Figura 3

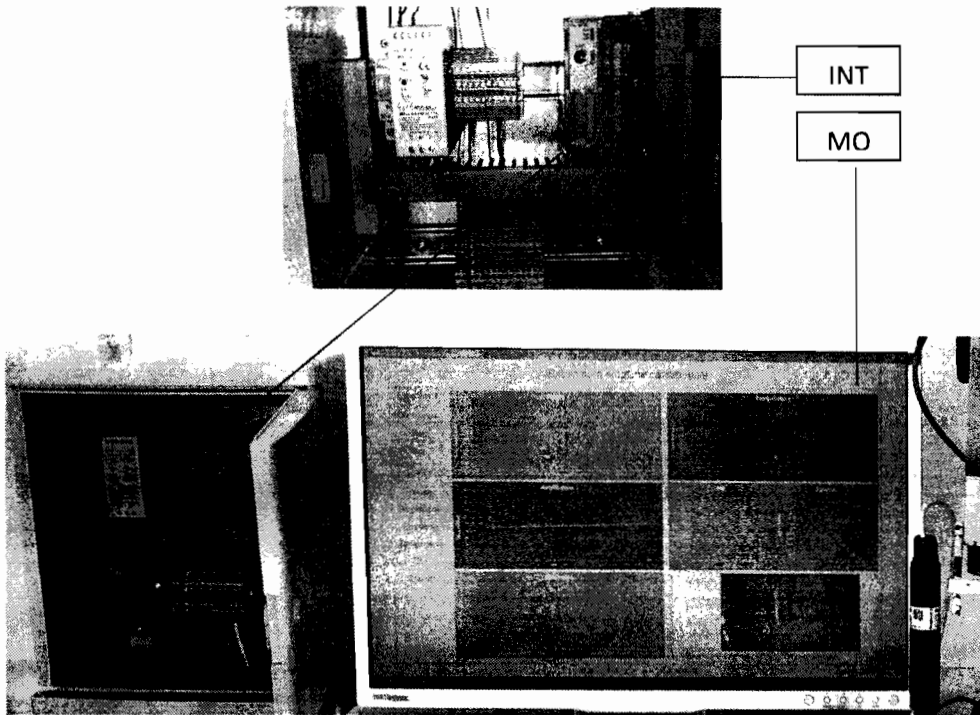


Figura 4

Experiment eroziune cavitacionala

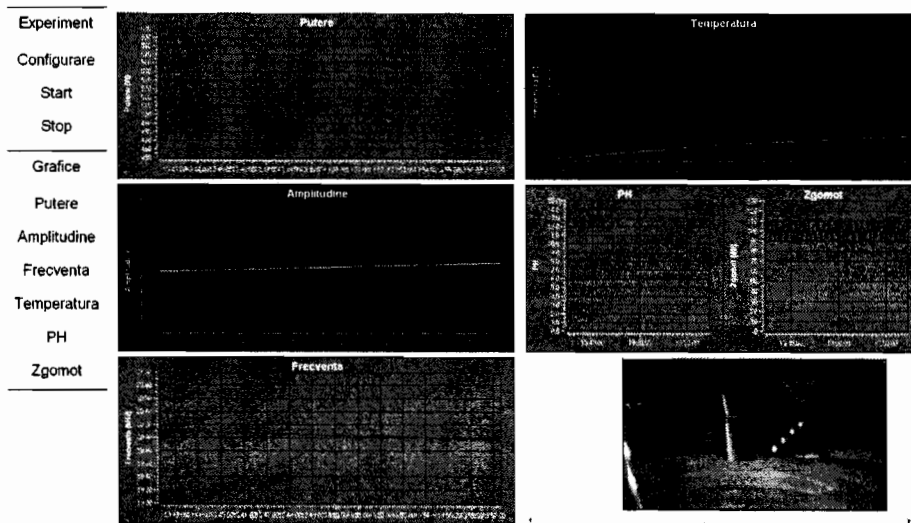


Figura 5