

# SIMULAREA CU AJUTORUL ABAQUS A CONTROLULUI NEDISTRUCTIV AL MATERIALELOR METALICE

BOSOI Bogdan-Florin

Facultatea:IMST, Specializarea:IC, Anul de studii:I MASTER, e-mail:bosoi\_b@yahoo.com

Conducător științific: Ș.l.dr.ing. Ștefan Constantin PETRICEANU

*REZUMAT: Lucrarea prezenta cuprinde o scurta introducere, descrierea teoretica a metodei utilizate pentru controlul nedistructiv cu ultrasunete, cateva aspecte generale despre softul ABAQUS, rezultate experimentale, concluzii si bibliografie.*

## 1. Introducere

Scopul acestui studiu il reprezinta determinarea parametrilor si configuratiei optime de control a unei piese din otel folosindu-se metoda de control cu ultrasunete.

In cazul controlului cu ultrasunete scopul este evaluarea stării de integritate a unor piese din industrie și prelucrarea digitală a imaginilor cu ajutorul mediului de programare Matlab în vederea punerii în evidență a defectelor constatate.

Ca si obiectiv al acestui proiect,imi propun sa analizez starea de integritate a unui scripete,mai exact urechea de prindere a acestuia,el avand rolul de a sustine,in general, greutati mari.Pentru a nu avea parte de tragedii voi realiza un control nedistructiv cu ultrasunete,astfel prevenind folosirea acestuia cu defecte de interior,ori in apropierea suprafetei materialului,ce ar putea duce la ruperea „urechii”.

Controlul va fi efectuat practic atat in laborator,cat si sub forma de simulare in software-ul ABAQUS CAE.

## 2. Descrierea teoretică a metodei

Metoda de control cu ultrasunete este bazată pe undele mecanice (ultrasunete) generate de un element piezo-magnetic excitat la o frecvență cuprinsă de regulă între 2 și 5 MHz. Controlul presupune transmiterea, reflexia, absorbția unei unde ultrasonore ce se propagă în piesa de controlat. Fasciculul de unde emis se reflectă în interiorul piesei și pe defecte, după care revine către defectoscop ce poate fi în același timp emițător și receptor. Poziționarea defectului se face prin interpretarea semnalelor.

Tipuri de metode de control:

- Metoda cu ecouri repetate
- Metoda cu impuls transmis
- Metoda cu impuls reflectat

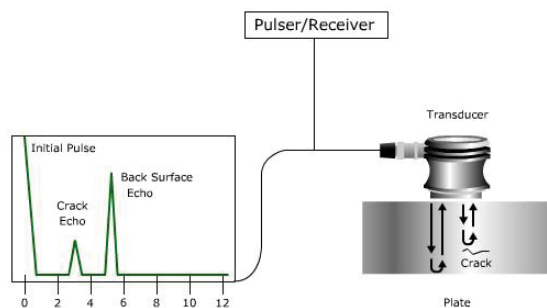


Fig. 2.1 Schema de principiu metoda puls-ecou

### 2.1.1 Tipuri de unde

Testul cu ultrasunete se bazează pe variația în timp a deformațiilor și vibrațiilor în materiale, care în general se referă la acustica materialului.

În solide, undele sunetelor se pot propaga în 4 feluri care se bazează pe oscilația particulelor. Sunetul se poate propaga în unde longitudinale, unde defazate, unde de suprafață și în materiale subțiri ca unde metalice. Undele longitudinale și cele defazate sunt 2 moduri de propagare cele mai utilizate în ultrasunete. Mișcarea particulelor responsabile pentru propagarea longitudinală și defazată a undelor este ilustrată mai jos.

Tabelul 2.1 Serie de unde posibile în solide:

Tipul undeii	Vibrația particulelor
Longitudinal	Paralel cu direcția undelor
Transversal (Defazate)	Perpendicular cu direcția undelor
Suprafață - Rayleigh	Orbită eliptică - mod simetric
Unde metalice - Lamb	Componentă perpendiculară pe suprafață (unde extinse)
Unde metalice - Love	Paralel cu planul, perpendicular pe direcția undelor
Stoneley (Leaky Rayleigh Waves)	Unde ghidate în lungul interfeței
Sezawa	Mod antisimetric

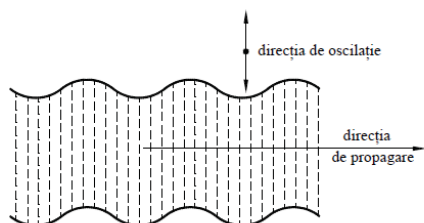


Fig. 12.2. Unde transversale.

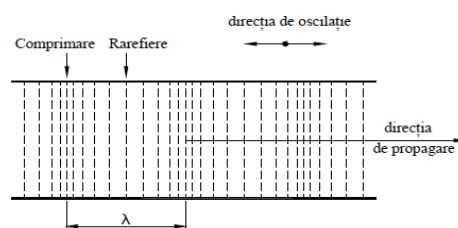


Fig. 12.1 Unde longitudinale.

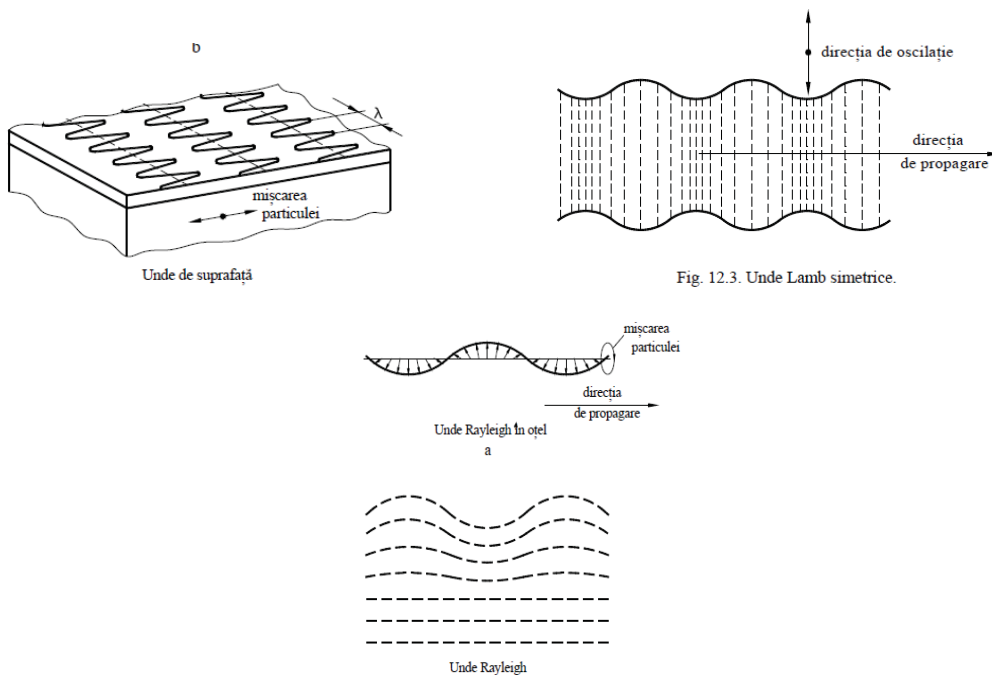


Fig. 12.3. Unde Lamb simetrice.

Fig 2.2 Tipuri de unde

### 2.1.2 Ecuațiile undei, parametrii de propagare și interacțiunea undelor cu materia

În cazul undei progresive notăm cu  $f_0$  valoarea funcției  $f$  la momentul  $t = 0$  în punctul  $x_0$ , adică:  $f_0 = f\left(-\frac{x_0}{v}\right) = \text{const}$ . La momentul ulterior  $t > 0$  această valoare se va

regăsi în punctele care satisfac condiția:  $t - \frac{x}{v} = -\frac{x_0}{v}$ , deci pentru  $x > x_0$ .

*În concluzie:*

a) valoarea constantă  $f_0$  a perturbației se propagă de la sursă în sensul pozitiv al axei  $Ox$ , ceea ce justifică denumirea de undă progresivă;

b) raportul  $\frac{x - x_0}{v}$  reprezintă timpul necesar ca unda să străbată distanța  $x - x_0$  și, prin urmare,

c) constanta  $v$  reprezintă viteza de propagare a perturbației ( $v$  se numește viteză de fază, denumire justificată mai jos).

*Densitatea fluxului energetic,  $J_{en}$ , este egală cu energia transferată în unitatea de timp prin unitatea de arie dispusă normal pe direcția de transfer a energiei. Se măsoară în  $W/m^2$ .*

$$J_{en} = \frac{\Delta W}{\Delta S_n \Delta t}$$

$$J_{en} = \frac{w \Delta S_n (v \Delta t)}{\Delta S_n \Delta t} = w \cdot v$$

Vectorial:

$$\vec{J}_{en} = w \cdot \vec{v}$$

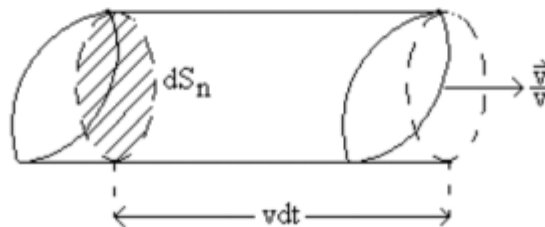


Fig 2.3 Calculul densitatii fluxului energetic pentru unda elastica longitudinala

### 2.1.3 Tipuri de aplicatii: active si pasive

Aplicatii ale controlului nedistructiv cu ultrasunete:

- table și benzi, țagle și bare rotunde laminate;
- șine de cale ferată și tramvai;
- țevi sudate sau nesudate;
- îmbinări sudate cap la cap prin topire și prin presiune;
- componente pentru autovehicule, piese pentru avioane și rachete;
- instalații din domeniul energetic;
- componente pentru industria nucleară;
- butelii de gaz și tuburi pentru proiectile;
- valțuri și conducte; determinarea caracteristicilor unor materiale metalice;
- materiale placate;
- arbori și axe, poansoane, matrițe;
- în condiții speciale, materiale nemetalice: beton, compozite etc.

Operatii tehnologice efectuate sub actiunea ultrasunetelor:

- dispersie, sedimentare, curatare, filtrare, emulsionare, extractie, uscare, cristalizare, taiere

Terapia cu ultrasunete

Boli tratate cu ultrasunete: reumatism, artroze, hernie de disc, fibrozita intramusculara, Herpes Zoster, astm bronsic, fracturi.

Ecografia medicala ce foloseste frecvente cuprinite intre 1-15 MHz:

- pentru inima si abdomen se folosesc frecvente intre 2 MHz si 3 MHz
- pentru organe mici sau in pediatrie 6 MHz
- oftalmologie 8-10 MHz

In estetica medicala ultrasunetele cu frecventa de 1 MHz permit tratarea unor degradari ale pielii prin stimularea circulatiei si a metabolismelor celulare, cresterea secretiei de colagen si elastina.

Sonarele folosesc frecvente de 100 kHz in general, insa s-au conceput si sonare cu frecvente de 50 kHz sau 500 kHz.

### 3. ABAQUS CAE

Abaqus FEA (fostă ABAQUS) este un software pentru analiza elementelor finite și inginerie asistată de calculator, lansată inițial în 1978. Numele și logo-ul acestui software se bazează pe instrumentul de calcul al lui si anume abac.

Abaqus este utilizat în industria automobilelor, industriei aerospațiale și a produselor industriale. Produsul este popular în instituțiile non-academice și de cercetare din domeniul ingineriei datorită capacității largi de modelare a materialelor și capacității programului de a fi personalizat.

La baza Abaqus se afla teoria elementelor finite A.E.F- este utilizată pentru rezolvarea unor probleme analitice de mari dimensiuni. Obiectivul acesteia este modelarea și descrierea comportării mecanice a structurilor cu geometrie complexă. Metoda este un procedeu de discretizare: forma geometrică și câmpurile deplasărilor, deformațiilor specifice și tensiunilor sunt descrise prin cantități discrete (de ex. coordonate) distribuite în toată structura. Aceasta impune o notație matricială. Uneltele sunt calculatoarele numerice, capabile să memoreze liste lungi de numere și să le prelucreze.



Fig 3.1 Abaqus CAE

#### 4. Rezultate experimentale

Prin intermediul lucrării practice se urmărește controlul nedistructiv al reperului scripete prin metoda de control cu ultrasunete, dar și simularea controlului nedistructiv în software-ul ABAQUS CAE.

Un scripete este un mecanism simplu format dintr-o roată canelată de-a lungul periferiei, care servește la schimbarea direcției unei forțe și transmiterea ei prin intermediul unui cablu sau a unui lanț care rulează pe periferia ei, materialul acestuia fiind constituit din oțel.



Fig 4.1 Scripete

Metoda de control utilizată este metoda puls-ecou cu transductor ce funcționează în regim emitor-receptor, frecvența de lucru fiind de 4 MHz, pentru grosimea suprafeței de controlat de 4 mm.



Fig 4.2 Masurare grosime scripete(4mm)

Aparatul utilizat este de tipul USM 35 XS:

- domeniu de frecvență: 0.2 MHz-20 MHz
- frecvență de repetiție puls: 4-1000 MHz în 10 pași
- rezoluție de măsurare: 0.01 mm până la 99.99 mm sau 0.1 mm până la 999.9 mm
- intensitate puls: 220 pF, 1 nF

- delay:-10 pana la 1000 mm
- viteza sunet:de la 1000 la 15000 m/s

Metodologia lucrării practice:

1. Piesa a fost curată pe suprafața de aplicare a gelului cuplant.
2. S-a realizat cuplarea aparatului la electricitate, respectiv a transductorului la aparat.
3. A fost aplicat gelul cuplant pe suprafața de controlat.
4. S-a realizat contactul între transductor și piesă în vederea reglajului aparatului.
5. Aparatul UMS 35XS a fost reglat cu caracteristicile necesare.
6. La contactul între transductor și piesă observăm o valoare a drumului sonic de 12 și un delay de 0.7 la drumul 3.



Fig 4.3 Rezultate control US

7. În cadrul drumului 4 avem o valoare a drumului sonic de 16 și un delay de 0.591.



Fig 4.4 Rezultate control US

În urma inspecției nedistructive efectuate pe urechea de prindere a roții canelate s-a constatat că reperul scripete nu prezintă discontinuități.

In vederea realizarii unei simulari a controlului nedistructiv prin ultrasunete in software-ul ABAQUS CAE au fost indepliniti urmatoorii pasi:

- Realizarea reperului scripete in format 3D.

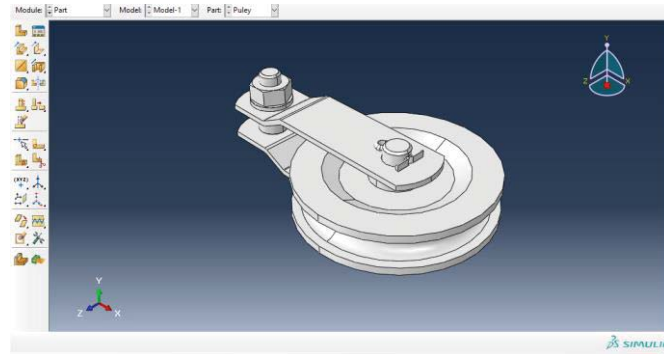


Fig 4.5 Realizare reper 3D

- Reprezentarea reperului suport prindere.
- Atribuirea materialului pentru reperul respectiv.
- Atribuirea sectiunii reperului.
- Realizarea unei instante independente piesei create.
- Crearea unui camp ce va cuprinde in laturile sale senzorii si excitatiile necesare simularii.
- Atribuirea senzorului si a excitatiei cu caracteristicile acestora.
- Atribuirea caracteristicilor de unda.
- Atribuirea campurilor de iesire ale undei.
- Atribuirea amplitudinilor pentru nodul de excitatie.
- Amplasarea nodului de excitatie pe reper.
- Mesharea reperului in forma de paralelipiped.



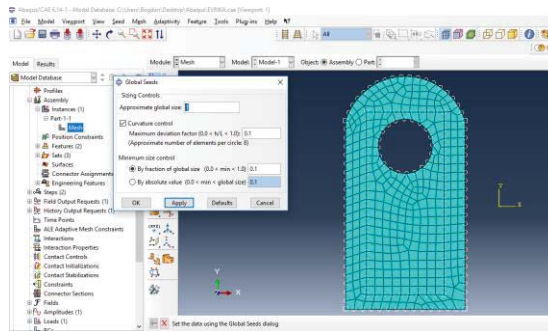


Fig 4.6 Meshare reper

- Crearea unui job, apoi analiza rezultatelor.
- In ultima instanta avem similarile realizate datorate urmarii pasilor de mai sus.
- Frecventa Wave 1E-007:

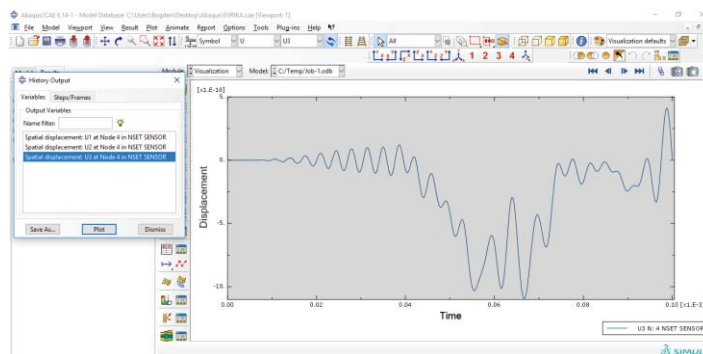


Fig 4.7 Rezultate diagrama XY

- Frecventa Wave 1E-003:

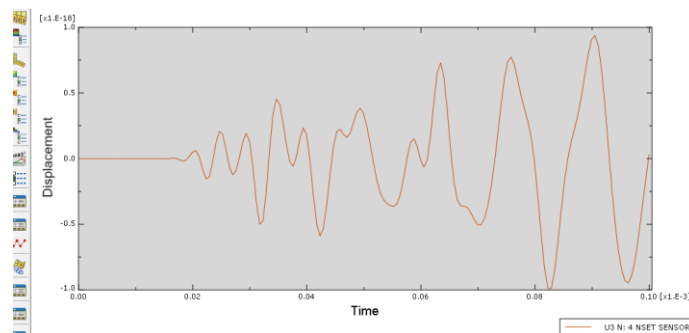
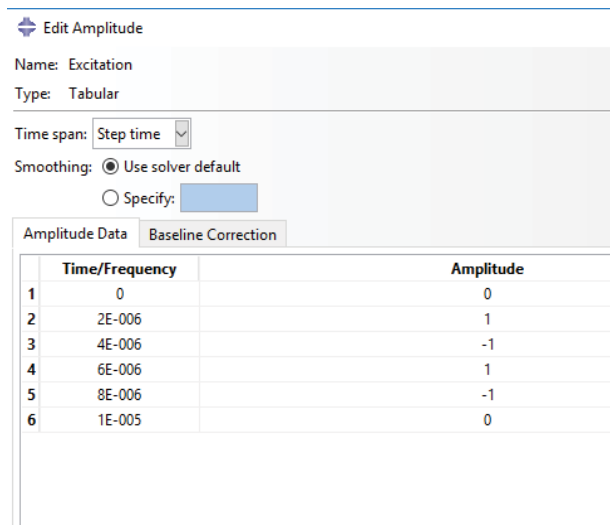


Fig 4.8 Rezultate diagrama XY

## 5. Concluzii

Prin intermediul acestui studiu s-a identificat pentru o piesa concreta(ureche de prindere scripete) configuratia optima de control capabila sa asigure o detectabilitate maxima a tipurilor de defecte cu probabilitatea cea mai mare de a fi prezente in piesa si a rezultat ca parametrii ideali de unda alesi dupa realizarea simularii sunt:

- Frecventa Wave 1E-007-echivalentul a 2MHz
- Amplitudini:



	Time/Frequency	Amplitude
1	0	0
2	2E-006	1
3	4E-006	-1
4	6E-006	1
5	8E-006	-1
6	1E-005	0

Fig 5.1 Amplitudini ale unde

Toate aceste caracteristici(nod,excitatie,etc) au fost aplicate pe suprafata S1 a piesei.

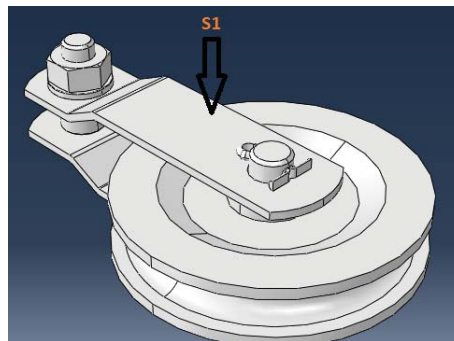


Fig 5.2 Suprafata verificata a reperului

Astfel,prin metodologia utilizata in cadrul realizarii simularii(simulare cu unda de placa) dar si prin intermediul confirmarii experimentale realizate in laborator,insa cu metoda de control US puls-ecou,s-a dovedit eficienta folosirii controlului nedistructiv prin intermediul softului ABAQUS CAE,eficienta ce conduce la rezultate fezabile.

## 6. Bibliografie

- [1]. <https://en.wikipedia.org/wiki/Abaqus>
- [2]. <http://www.resist.pub.ro/CursuriRades/04%20M%20Rades%20-%20Analiza%20cu%20elemente%20finite.pdf>
- [3]. <https://www.scribd.com/document/331066053/Controlul-Cu-Ultrasunete>
- [4]. [http://www.resist.pub.ro/Cursuri\\_master/MNEIS/curs5\\_MNEIS.pdf](http://www.resist.pub.ro/Cursuri_master/MNEIS/curs5_MNEIS.pdf)
- [5]. <http://www.solutiicnd.ro/blog/controlul-nedistructiv-cu-ultrasunete-ut/>