

# CALCULUL, MĂSURAREA ȘI SIMULAREA UNUI BIMETAL ÎNCĂLZIT

NAZÎRU Andrei<sup>1</sup>, VĂSESCU Lidia<sup>1</sup>

Conducător științific: Conf. Dr. Ing. **Dan Florin NIȚOI**

**REZUMAT:** Lucrarea prezintă contribuții personale privind cercetarea comportării unui bimetal realizat din invar (Ni+CoFe) și oțel crom-nichel care este supus unei solicitări termice, în mai multe trepte. Bimetalul reprezintă la ora actuală un element de comandă în multe sisteme electromecanice, fiind de neînlocuit în multe domenii practice. Lucrarea constă în testarea experimentală a arcului bimetalic, rezultatele fiind comparate cu cele obținute analitic și cu cele obținute printr-o simulare numerică, cu metoda elementelor finite. Scopul lucrării este de a demonstra funcționalitatea sistemului în vederea prevenirii accidentelor la locul de muncă.

**CUVINTE CHEIE:** bimetal, analitic, elemente finite, experimente, prevenirea accidentelor.

## 1 INTRODUCERE DESPRE BIMETALE

Arcul bimetalic este format din două lamele metalice lipite sau sudate între ele. Ele sunt întâlnite într-o gamă foarte largă de aplicații tehnice: dispozitive de conectare și protecție, termostate pentru controlul și reglarea temperaturii, aparate pentru măsurarea temperaturii presiunii și umidității etc. (Demian T., 1980)

Principiul de funcționare al arcului bimetalic constă în dilatarea diferită a materialelor din care este fabricat, rezultând o încovoiere a lamelor. Acest lucru este posibil deoarece materialele din care este fabricat arcul bimetalic au coeficienți de dilatare liniară diferiți.

Arcul bimetalic are forma din figura 1. Se poate observa că lamela este concepută din două materiale diferite. (Demian T., 1980)

O condiție foarte importantă care trebuie să fie respectată în vederea funcționării corecte a arcului bimetalic este de a îl fabrica din două materiale cu coeficienți de dilatare mult diferiți. De asemenea, materialele trebuie să fie ușor maleabile, să se lipească ușor și să aibă rezistență la încovoiere scăzută. Alegerea acestor materiale se face în funcție de condițiile în care va lucra arcul bimetalic: temperatura, modul de încălzire, mediul înconjurător etc. (Demian T., 1980).

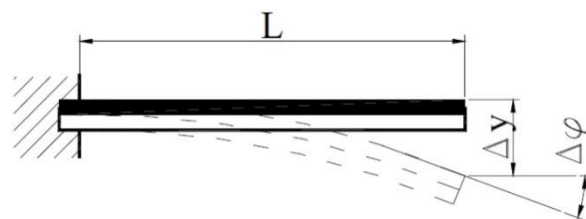


Fig. 1 Reprezentarea arcului bimetalic.

Materialul cu coeficient de dilatare termică mai mic se numește element pasiv sau inert, iar cel cu coeficient de dilatare termică mai mare se numește element activ.

## 2 STADIUL ACTUAL

Arcul bimetalic este o componentă a unei rezistențe termice care face parte din circuitul de protecție al motoarelor trifazate care acționează mașinile unelte. În cazul în care se produce un scurtcircuit, lamelele bimetalice sunt afectate de creșterea masivă a intensității curentului electric.

Într-un interval foarte scurt de timp, datorită materialelor din care sunt compuse, lamelele bimetalice se încovoie acționând un întrerupător care întrerupe circuitul. În acest mod se poate evita declanșarea unui incendiu în halele în care se află în funcțiune utilaje, precum strunguri, mașini de rectificat etc. De asemenea, această siguranță termică previne scurtcircuitarea mașinilor unelte.

<sup>1</sup> Anul III, Specializarea Mecanică fină și nanotehnologii, Facultatea Inginerie Mecanică și Mecatronică;

E-mail: *andrei.naziru@gmail.com*

<sup>2</sup> Anul III, Specializarea Ingineria securității în Industrie, Facultatea IMST;

E-mail: *lidiavasescu@yahoo.com*

# CALCULUL, MĂSURAREA ȘI SIMULAREA UNUI BIMETAL ÎNCĂLZIT

## 3 CONTRIBUȚII PERSONALE PRIVIND STUDIUL COMPORTĂRII UNUI BIMETAL

În articol se studiază din punct de vedere teoretic și practic, comportarea unui bimetal ce poate fi utilizat în diferite scopuri industriale.

În continuare, se va prezenta modul în care funcționează bimetalul ales la diferite încălziri termice.

## 4 CALCULUL ANALITIC AL COMPORTĂRII UNUI BIMETAL

Comportarea unui bimetal este foarte bine cunoscută din punct de vedere teoretic, ceea ce a făcut ca realizările practice să fie foarte utile și bine dezvoltate.

În tabelul 1, sunt prezentate proprietățile materialelor din care a fost realizată lamela bimetalică.

**Tabelul 1.**

Materialele cuplului		Invar	Oțel, crom-nichel
Elemente		Ni+Co Fe	Ni+CoCrFe
Proporție [%]		35...37 restul	18...20 10...12 restul
E [daN/mm <sup>2</sup> ]		15050	24000
Diferența medie a coeficienților de dilatare	$(\alpha_1 - \alpha_2) \cdot 10^6$	18	
	La temperatură [°C]	100	
Limitele temperaturii de lucru [°C]		-60...+200	
Temperatura maximă [°C]		225	

Modulul de elasticitate echivalent se determină pe baza relației:

$$E = \frac{4 \cdot E_1 \cdot E_2}{(\sqrt{E_1} + \sqrt{E_2})^2}, \quad \text{unde:}$$

$E_1$ =modulul de elasticitate al materialului pasiv

$E_2$ =modulul de elasticitate al materialului activ.

Pentru determinarea deplasării capătului liber al lamei bimetalice s-a folosit relația:

$$f = \frac{3(\alpha_1 - \alpha_2) \cdot L^2 \cdot \Delta t}{4(h_1 + h_2)}$$

## 5 COMPORTAREA UNUI BIMETAL ANALIZAT PRIN METODA ELEMENTELOR FINITE

Metoda elementelor finite este foarte utilă în modelarea sistemelor ingineresti, atât în domeniul mecanic, cât și electric.

Bimetalul prezintă o comportare foarte interesantă, întrucât aici are loc îmbinarea unei comportări mecanice, cu una electrică. În acest sens, elementul de discretizare selectat pentru modelare, trebuie să fie unul care să aibă ca grad de libertate, atât deformațiile mecanice, cât și temperatura.

Din acest punct de vedere, sarcinile care se aplică asupra bimetalului ca date de intrare, trebuie să fie, atât termice, cât și mecanice.

Utilizând programul Ansys Mechanical s-a efectuat un calcul cu metoda elementelor finite, determinând deplasarea capătului liber pentru o solicitare termică uniformă de 100, 120, 140, 160 și 180 °C. Tipul de element utilizat a fost Solid Brick 185 cu 8 noduri pe element.

În figurile 2,3,4 și 5 sunt prezentate rezultatele modelării cu elemente finite.

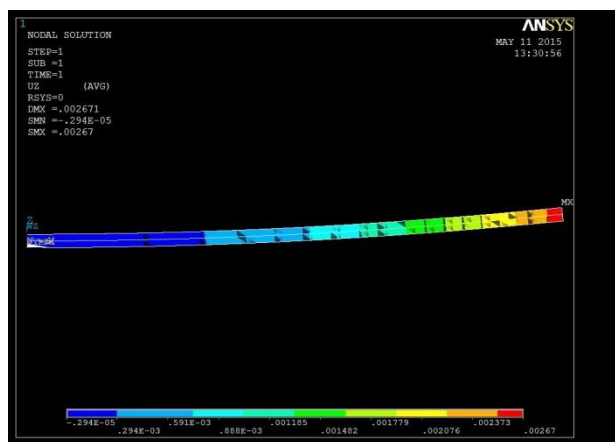


Fig. 2 [100°C]

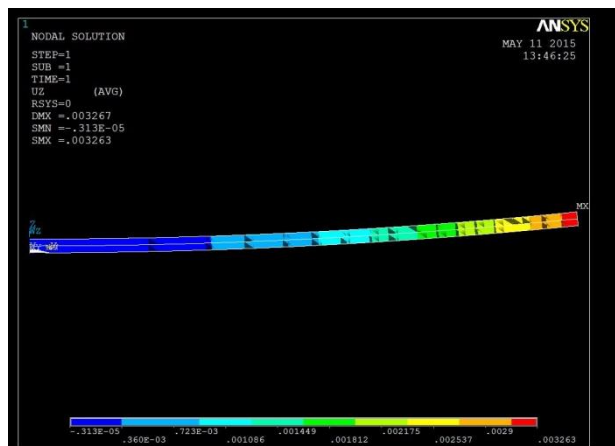


Fig. 3 [120°C]

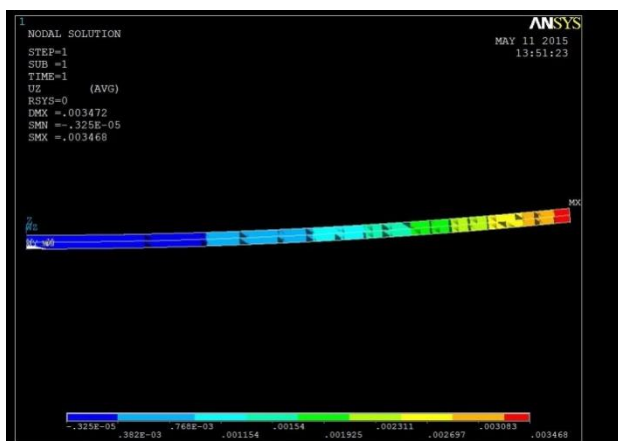


Fig. 4 [140°C]

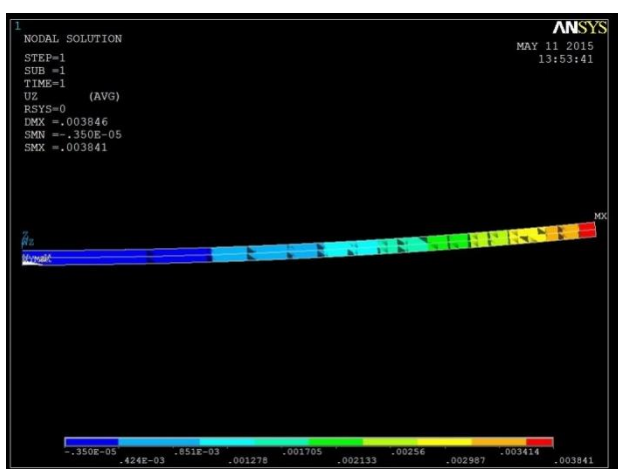


Fig. 5 [180°C]

## 6 EXPERIMENTE ȘI MĂSURĂTORI PRIVIND COMPORTAREA UNUI BIMETAL ÎNCĂLZIT.

S-a realizat un stand experimental care a permis măsurarea deplasărilor. Standul este compus dintr-un suport de lemn pe care s-au fixat ceasul comparator și suportul în care lamela bimetalică a fost încastrată.

Pentru a putea fi încălzită uniform, lamela este înfășurată într-un fir de nichelină, care este legată la o sursă reglabilă de tensiune de 30V.

În figura 6 este prezentat standul experimental.



Fig. 6 Standul experimental

În figura 6, este reprezentată în detaliu lamela bimetalică, încastrată în suport.



Fig. 7 Lamela bimetalică

În tabelul 2, sunt prezentate prin comparație valorile deplasării capătului liber ale lamelei bimetalice, obținute prin metoda elementelor finite, analitică și experimentală.

**Tabelul 2**

Metoda \ t[°C]	MEF	Analitic	Experimental
	f[mm]	f[mm]	f[mm]
100	2.67	2.64	2.46
120	3.26	3.17	3.11
140	3.40	3.7	3.34
180	3.84	4.7	3.66

# CALCULUL, MĂSURAREA ȘI SIMULAREA UNUI BIMETAL ÎNCĂLZIT

## 7 CONCLUZII

Din modelarea analitică a comportării unui bimetal, în care s-au folosit relații matematice clasice, s-au obținut valori ale deplasărilor la încovoiere, foarte apropiate de valorile determinate prin metoda elementelor finite.

Avantajul metodei elementelor finite este acela că nu este necesară cunoașterea în amănunt a ecuațiilor matematice ce stau la baza unui fenomen, cercetatorul trebuind însă să cunoască foarte bine condițiile de lucru ale sistemului.

Validarea rezultatelor obținute prin calcul numeric se poate face experimental.

Din acest punct de vedere, s-a observat o apropiere foarte bună între calculul matematic, bazat pe ecuații, și calculul prin MEF, valorile trebuind însă a fi dovedite experimental.

S-a realizat un stand experimental care a permis măsurarea deplasărilor. Modelul de calcul numeric a fost validat doar pentru valori medii ale temperaturii (100, 120, 140 [°C]).

Pentru validarea rezultatelor teoretice, standul experimental original a dovedit comportarea bimetalului pe baza căruia funcționează multe din sistemele electrotehnice valabile la ora actuală.

Standul experimental a fost conceput astfel încât să ofere rezultate clare și precise ce pun în evidență aspectele teoretice ce stau la baza acestui fenomen.

## 8 BIBLIOGRAFIE

- [1].DemianT.,(1980)“ELEMENTE CONSTRUCTIVE DE MECANICĂ FINĂ,,
- [2]