

# CERCETĂRI PRIVIND DEPENDENȚA DINTRE PENDULAREA ELECTROMAGNETICĂ A ARCULUI ELECTRIC ȘI CALITATEA UNOR STRATURI PLACATE OBTINUTE PRIN PROCEDEUL DE SUDARE MAG

NICULESCU Laurențiu Gabriel<sup>1</sup>, PERPELEA Mihaița Gabriel<sup>1</sup>, STANICĂ Adrian<sup>1</sup>

Conducator științific: S.I. Dr. Ing. Dumitru-Titi CICIC

Conducator științific: S.I. Dr. Ing. Corneliu RONTESC

Conducator științific: As. Drd. Ana Maria BOGATU

**REZUMAT:** În cazul lucrării se analizează dependența dintre pendularea electromagnetică a arcului electric și calitatea unor straturi placate obținute prin procedeul de sudare MAG. Câmpul magnetic va fi realizat de două bobine cu miez de fier alimentate în curent alternativ iar arcul electric va efectua o mișcare de pendulare

**CUVINTE CHEIE:** Sudare, pendulare electromagnetică, arc electric, MAG

## 1 GENERALITĂȚI

Bazele interacțiunilor câmp magnetic exterior-arc electric -baie de metal topit.

Mișcările transversale în raport cu direcția cusăturii executate în general de pistolul de sudare sunt cunoscute în practica operațiilor de sudare sub denumirea de mișcări de pendulare. Diversitatea traiectoriilor imprimate pistolului de sudare asigură de la caz la caz, dozarea diferențială a energiei lineare în componentele de sudat, uniformizarea repartiției materialului depus în zona rostului, evitarea caracterului aleator al suflajului magnetic, al arcului electric.

Realizarea practică a acestor mișcări, în special în cazul operațiilor de sudare automată, constituie o problemă rezolvată pe cale mecanică. În aceste cazuri mișcările sunt limitate la traiectorii simple, cu frecvențe de pendulare joase și consum ridicat de energie.

O metodă modernă de pendulare ce poate fi aplicată în special procedeului de sudare cu electrod fuzibil MIG/MAG o constituie pendularea electromagnetică. Aceasta metodă se remarcă prin câteva avantaje:

-Posibilitatea realizării oricărei traiectorii plane sau rectilinii.

-Reglarea frecvenței într-un domeniu foarte larg

-Adaptarea imediată la orice echipament de sudare fără modificări importante ale acestuia

-Uzura neglijabilă

Pendularea electromagnetică se bazează pe deviația controlată a coloanei arcului electric de către un câmp magnetic exterior.

Interacțiunea arcului electric cu câmpul magnetic al circuitului de sudare (suflaj magnetic)

Este bine cunoscută interacțiunea dintre curentul electric ce parcurge un conductor și câmpul magnetic pe care acesta îl creează. În condițiile particulare ale sudării, în care arcul electric reprezintă de fapt trecerea unui curent electric printr-un spațiu ionizat, interacțiunea arc electric -câmp magnetic influențează calitatea cusăturii sudate, motiv pentru care vom considera situațiile particulare ce pot apărea în cursul procesului de sudare. De menționat că arcul de curent alternativ are un efect de suflaj mult mai puțin intens decât arcul de curent continuu în aceleași condiții, deoarece câmpul magnetic alternativ provocat de curentul alternativ induce în piesele feromagnetice o tensiune electromotoare care determină apariția unor curenți turbionari, ce micșorează în mare măsură câmpul magnetic resultant, deci și forțele de suflaj. Suflajul magnetic poate fi însă utilizat și în mod voit în unele situații cum ar fi sudarea sub flux cu 2 sarme cu arce independente.

Interacțiunea cu câmpuri magnetice produse intenționat de electromagneți exteriori

Interacțiunea arc electric -câmp magnetic poate fi generată în procesul de sudare și prin folosirea unor electromagneți exteriori.

<sup>1</sup> Specializarea Ingineria Sudării, Facultatea IMST;

E-mail: [n.laur.g@gmail.com](mailto:n.laur.g@gmail.com);

# CERCETĂRI PRIVIND DEPENDENȚA DINTRE PENDULAREA ELECTROMAGNETICĂ A ARCULUI ELECTRIC ȘI CALITATEA UNOR STRATURI PLACATE OBTINUTE PRIN PROCEDEUL DE SUDARE MAG

## 2 DESCRIEREA DISPOZITIVULUI

Am realizat doua bobine cu miez de fier cu rezistenta de 0,2 Ohm care au fost legate in paralel si alimentate la un transformator de curent alternativ de diferite tensiuni (12,5V;20.5V;30V;48V) .Cele doua bobine au fost amplasate la capatul superior pe o placa de sticlotextolit la distanta una fata de cealalta pentru a permite introducerea pistolului de sudare MIG/MAG intre acestea fara a face contact. Dupa ce am prins cele doua bobine am dat o gaura la mijloc prin care se va introduce pistolul si se va fixa de acesta cu ajutorul unor clesti de strangere.

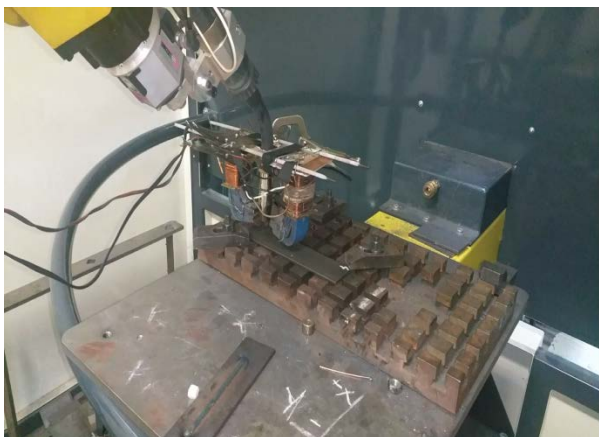
Bobinele fiind realizate pe o carcasa de sitclotextolit cu sectiunea de 40 mm spirele fiind realizate cu sarma de cupru de 1mm .

Ca miez de fier s-au folosit tole de transformator indoite la 90° pentru a aduce campul magnetic in zona arcului electric pentru realizarea pendularii magnetice.

Acest dispozitiv a fost creat atat pentru pendulearea longitudinala cat si pentru pendulearea transversala avand posibilitatea de a se roti .

Pentru alimentare s-a folosit un transformator de curent alternativ cu iesirile de (12,5V;20.5V;30V;48V) si curentul de 5 A.

Denumire robot : FANUC ArcMate 100iBe



**Fig. 1. Robot fanuc si bobinele electromagnetice**

## 3 DATE DE INTRARE

### 3.1. Material de baza .

S235JR; 1.0038; EN 10025-2: 2004

**Tabelul 1. Compozitie chimica**

Compozitie chimica					
C%	Mn%	P%	S%	N%	Cu%
0.17	1.40	0.035	0.035	0.012	0.55

Cu energia de rupere mai mare sau egala cu 27J la 20°C .

**Tabelul 2. Caracteristici mecanice**

Caracteristici mecanice	
Limita minima de curgere	≥235 MPa
Limita de rupere	360-510 MPa

### 3.2. Material de adaos .

G3Si1 sarma solida acoperita cu cupru cu un Ø1,2 si cu gaz de protectie Ar+18% CO<sub>2</sub>

**Tabelul 3. Compozitie chimica**

Compozitie chimica							
C		Si		Mn		P	S
Mi n	Ma x	Mi n	Ma x	Mi n	Ma x	0.025	0.025
0.06	0.14	0.80	1.00	1.40	1.60		



**Fig. 2. Sarma**

### 3.3. Parametri regimului de sudare .

**Tabelul 4. Compozitie chimica**

Tensiune U <sub>a</sub>	18÷19 V
Intensitate	160÷165 A
Viteza de sudare V <sub>s</sub>	50cm/min
Viteza de avans V <sub>a</sub>	4,4m/min
Debit de gaz (Ar+18%CO <sub>2</sub> )	14l/min
Lungimea libera	25.60 m

#### 4 DESCRIEREA EXPERIMENTULUI

Acum va prezentam realizarea experimentului in pasii pe care i-am realizat la laborator.

Primul pas .

Pentru a realiza experimentul a fost prinderea dispozitivului de pendulare de bratul robotului.

Pasul al-2-lea .

Fixarea firelor de alimentare a bobinelor de bratul robotului .

Pasul al-3-lea .

Conectarea bobinelor la transformator (fara a avea tensiune).

Pasul al-4-lea .

Fixarea placii de metal pe masa de sudat si prinderea ei la capete pentru a nu fii atrasa de electromagneti .

Pasul al-5-lea.

Aducerea robotului in pozitia de sudare si setarea parametrilor de sudare .

Pasul al-6-lea .

Pornirea electromagnetilor

Pasul al-7-lea .

Inceperea sudarii si realizarea unui cordon.

Pasul al-8-lea .

Oprirea arcului electric si a electromagnetilo

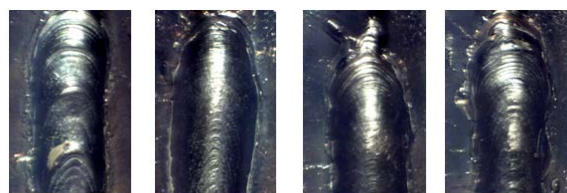


Fig. 3. probe sudate

Tabel 5. Tensiunea bobinelor

Tensiunea introdusa in bobine							
1	2	3	4	5	6	7	8
0 V	12.5 V	20.5 V	30 V	12.5 V	20.5 V	30 V	48 V

#### 5 REZULTATE EXPERIMENTALE



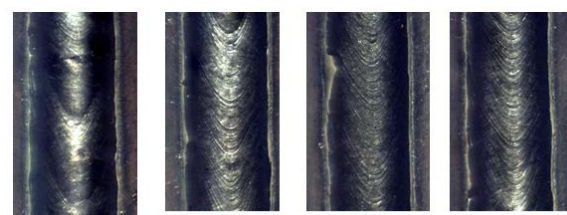
Proba 1 inceputul cordonului Proba 2 inceputul cordonului Proba 3 inceputul cordonului Proba 4 inceputul cordonului



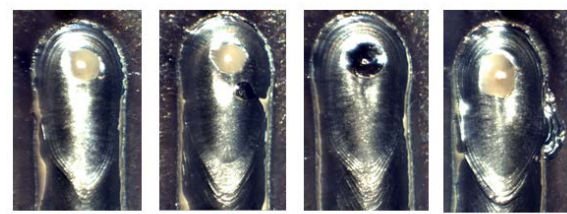
Proba 5 inceputul cordonului Proba 6 inceputul cordonului Proba 7 inceputul cordonului Proba 8 inceputul cordonului



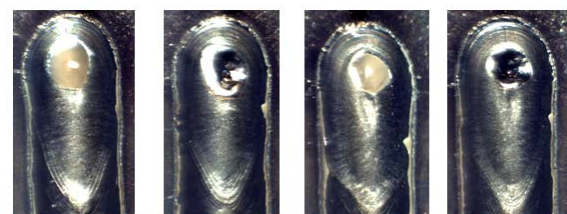
Proba 1 mijlocul cordonului Proba 2 mijlocul cordonului Proba 3 mijlocul cordonului Proba 4 mijlocul cordonului



Proba 5 mijlocul cordonului Proba 6 mijlocul cordonului Proba 7 mijlocul cordonului Proba 8 mijlocul cordonului



Proba 1 craterul final al cordonului Proba 2 craterul final al cordonului Proba 3 craterul final al cordonului Proba 4 craterul final al cordonului



Proba 5 craterul final al cordonului Proba 6 craterul final al cordonului Proba 7 craterul final al cordonului Proba 8 craterul final al cordonului



Proba 1 zona stabilizare arc Proba 2 zona stabilizare arc Proba 3 zona stabilizare arc Proba 4 zona stabilizare arc

# CERCETĂRI PRIVIND DEPENDENȚA DINTRE PENDULAREA ELECTROMAGNETICĂ A ARCULUI ELECTRIC ȘI CALITATEA UNOR STRATURI PLACATE OBTINUTE PRIN PROCEDEUL DE SUDARE MAG



**Tabelul 6. Suprainaltare**

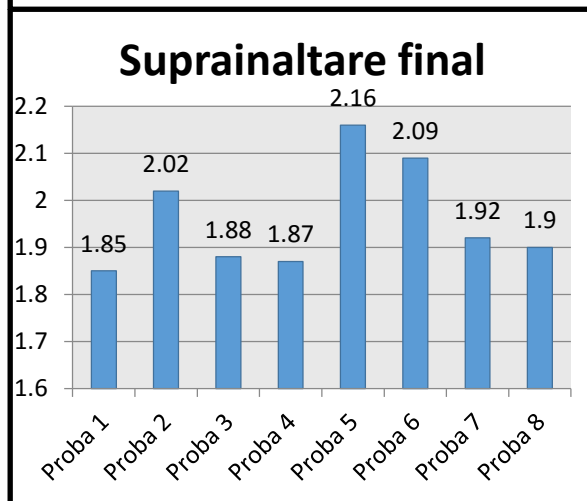
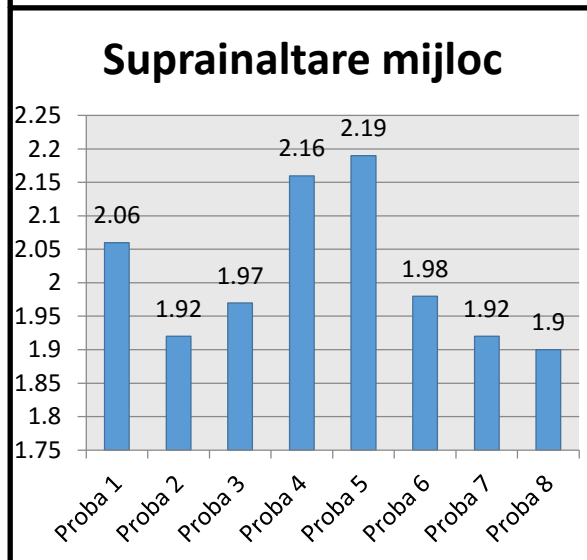
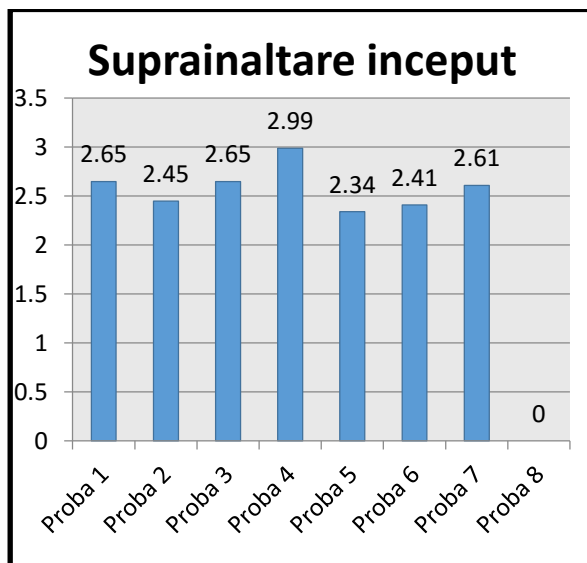
	Suprainaltare inceput	Suprainaltare mijloc	Suprainaltare final	Suprainaltare crater final
Proba 1	2,65	2,06	1,85	1,46
Proba 2	2,45	1,92	2,02	1,35
Proba 3	2,65	1,97	1,88	1,48
Proba 4	2,99	2,16	1,87	1,6
Proba 5	2,34	2,19	2,16	1,75
Proba 6	2,41	1,98	2,09	1,71
Proba 7	2,61	1,92	1,92	1,63
Proba 8	0	1,9	1,9	1,41

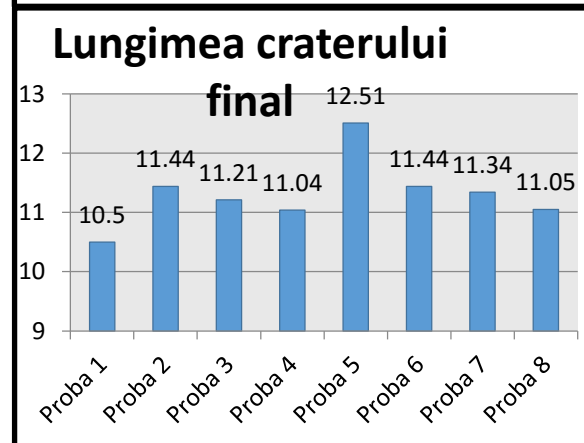
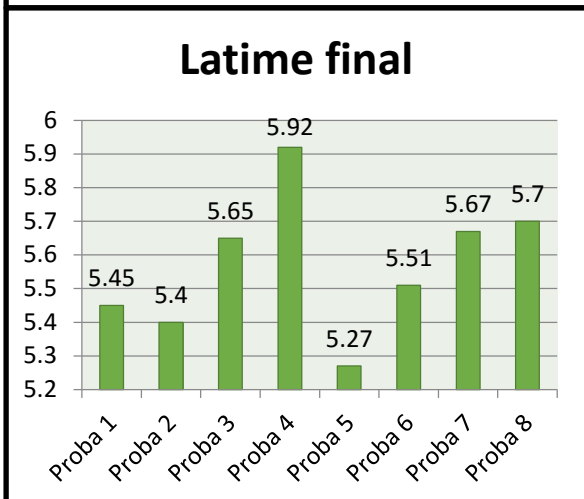
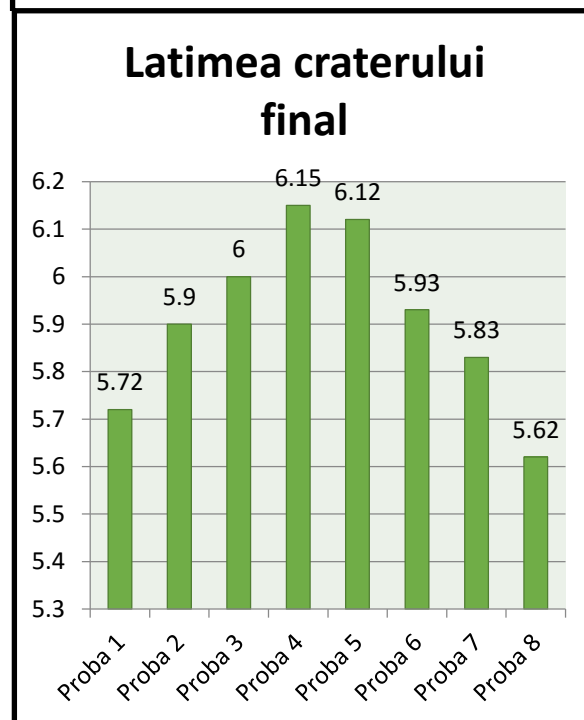
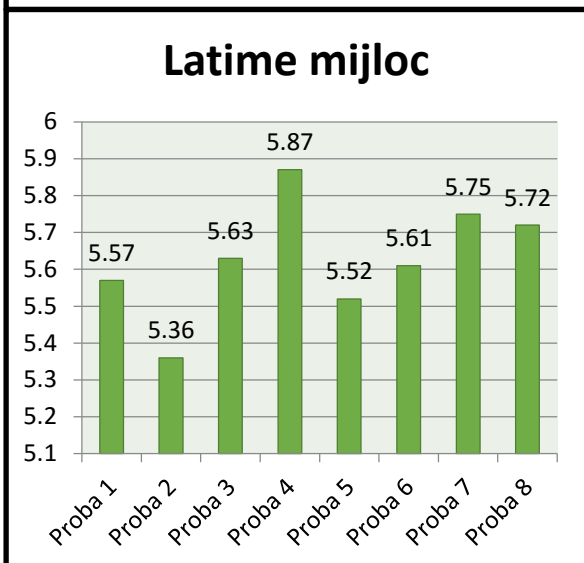
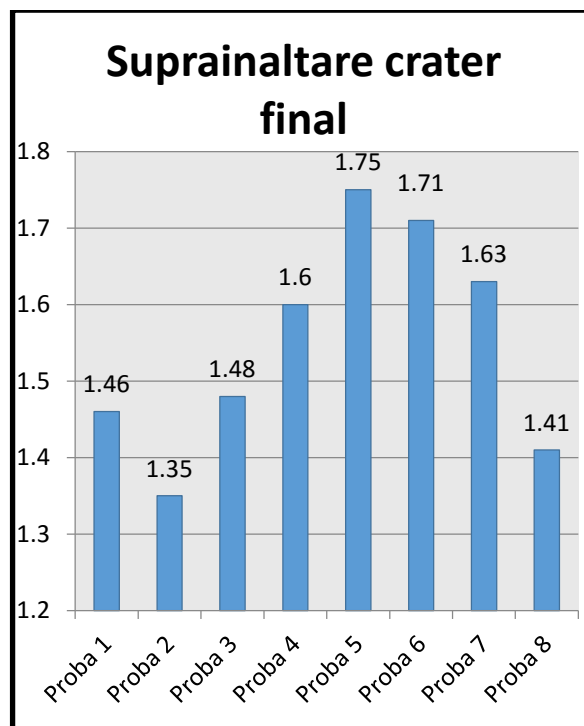
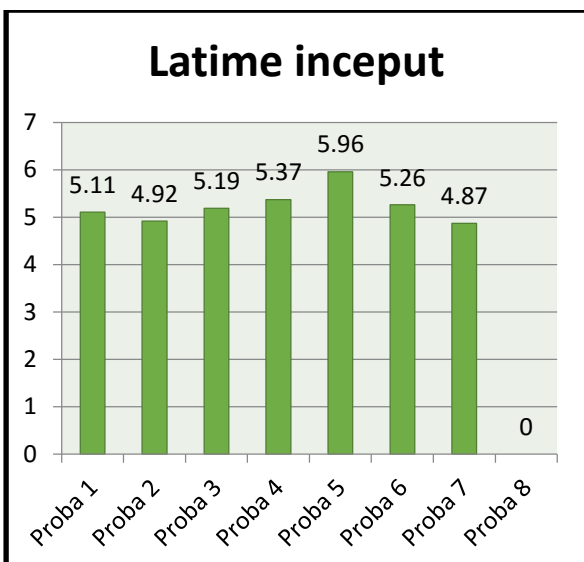
**Tabelul 7. Latime cordon**

Latimi de cordon					
	Latime inceput	Latime mijloc	Latime final	Latimea craterului final	Lungimea craterului final
Proba 1	5,11	5,57	5,45	5,72	10,5
Proba 2	4,92	5,36	5,4	5,9	11,44
Proba 3	5,19	5,63	5,65	6	11,21
Proba 4	5,37	5,87	5,92	6,15	11,04
Proba 5	5,96	5,52	5,27	6,12	12,51
Proba 6	5,26	5,61	5,51	5,93	11,44
Proba 7	4,87	5,75	5,67	5,83	11,34
Proba 8	0	5,72	5,7	5,62	11,05

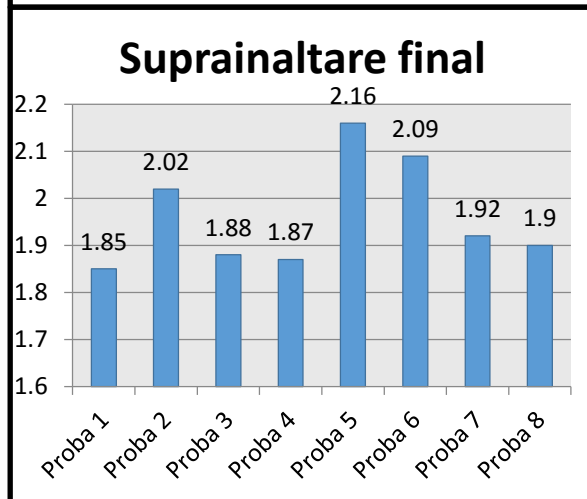
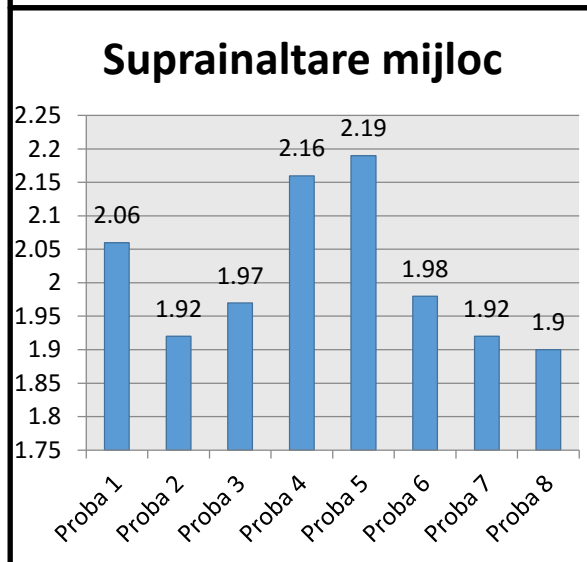
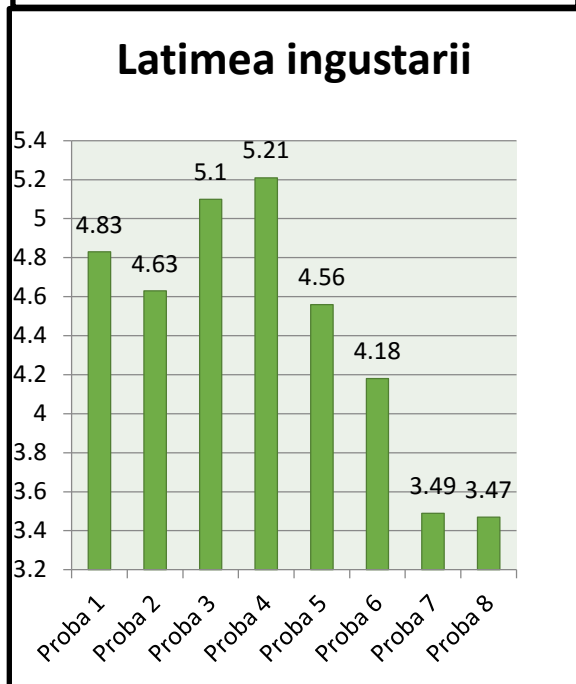
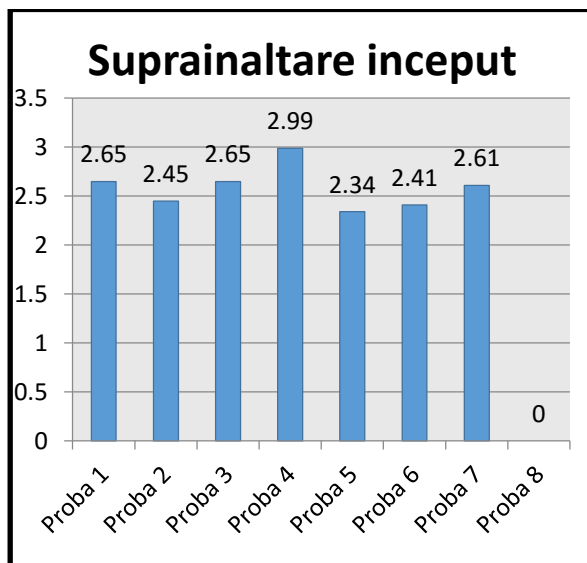
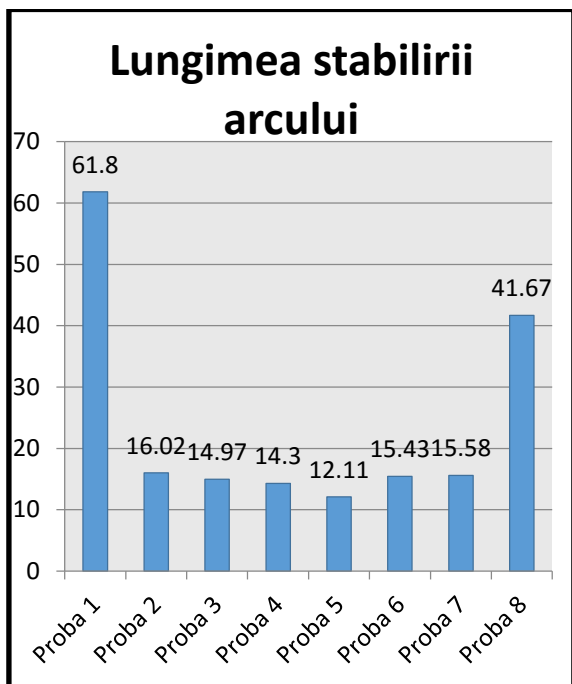
**Tabelul 8. Lungimea de stabilizarea a arcului**

Lungimea de stabilizarea a arcului		
	Lungimea stabilirii arcului	Latimea ingustarii
Proba 1	61,8	4,83
Proba 2	16,02	4,63
Proba 3	14,97	5,1
Proba 4	14,3	5,21
Proba 5	12,11	4,56
Proba 6	15,43	4,18
Proba 7	15,58	3,49
Proba 8	41,67	3,47



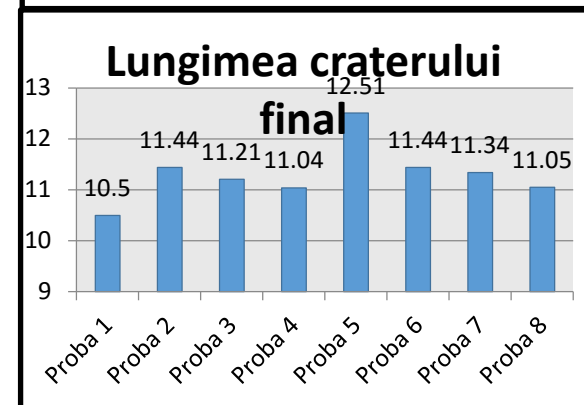
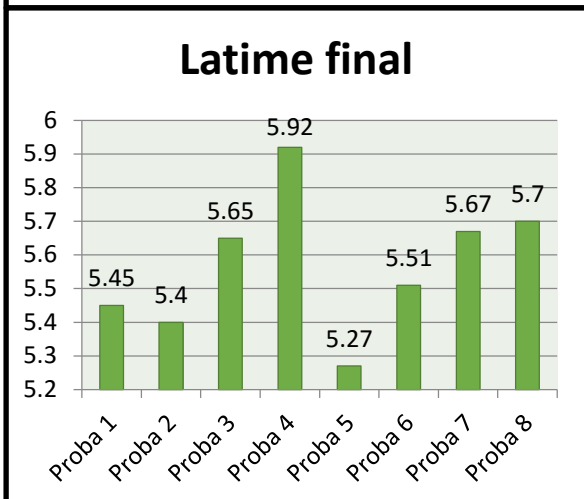
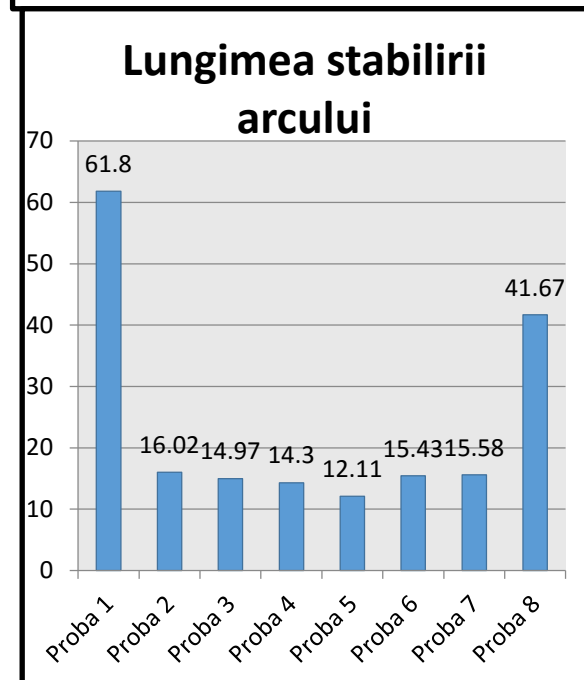
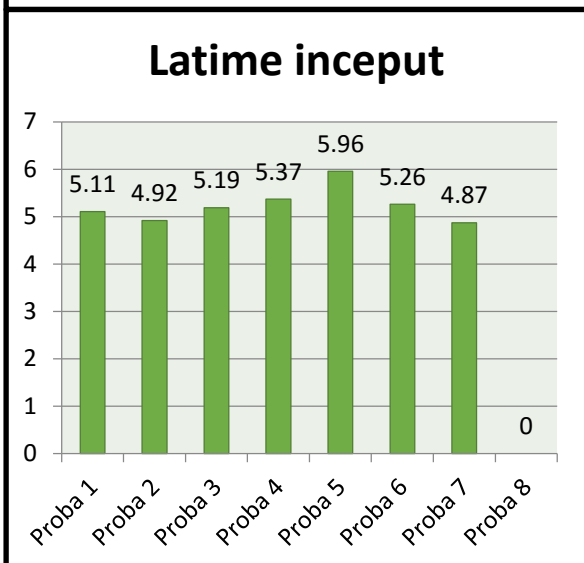
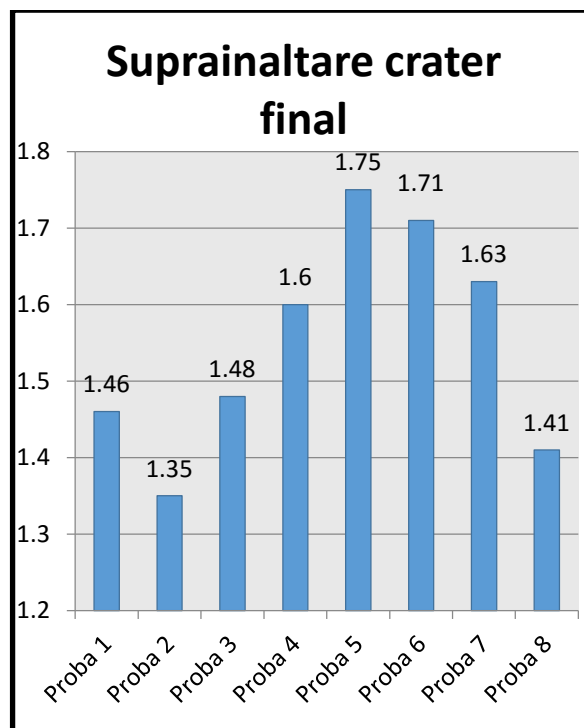
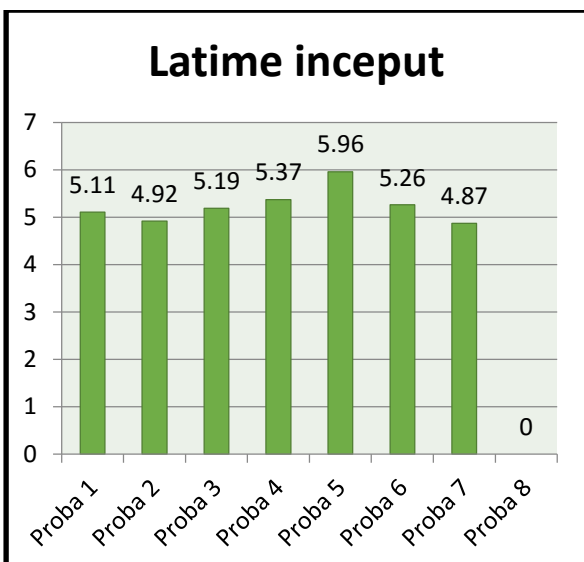


**CERCETĂRI PRIVIND DEPENDENȚA DINTRE PENDULAREA ELECTROMAGNETICĂ A ARCULUI ELECTRIC ȘI CALITATEA UNOR STRATURI PLACATE OBTINUTE PRIN PROCEDEUL DE SUDARE MAG**

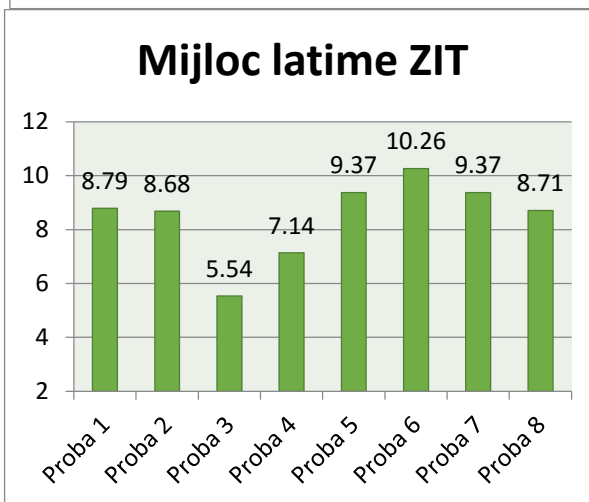
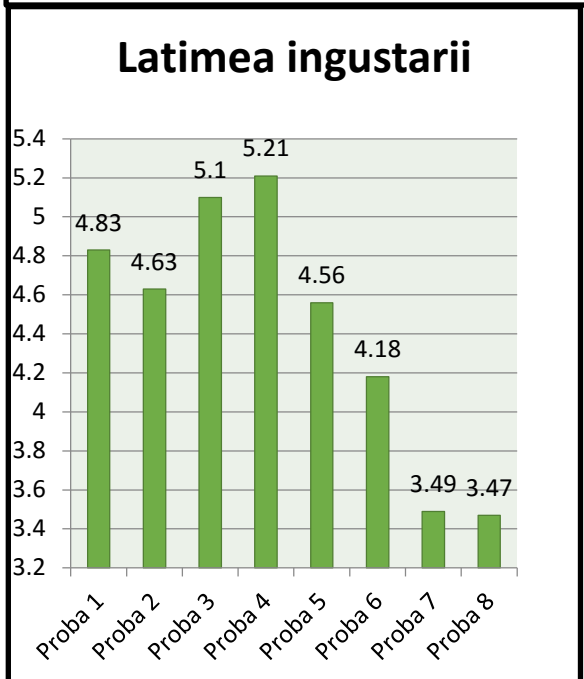
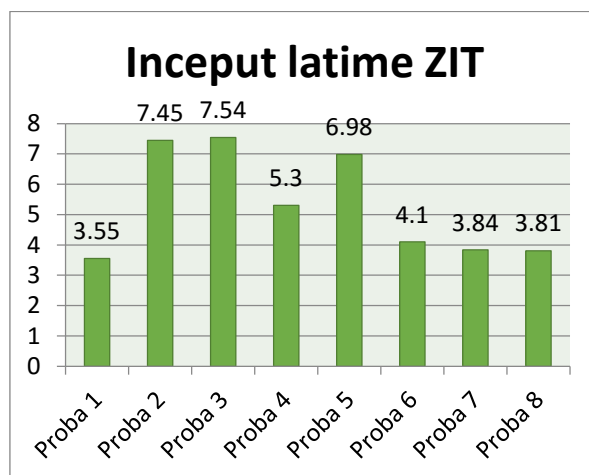
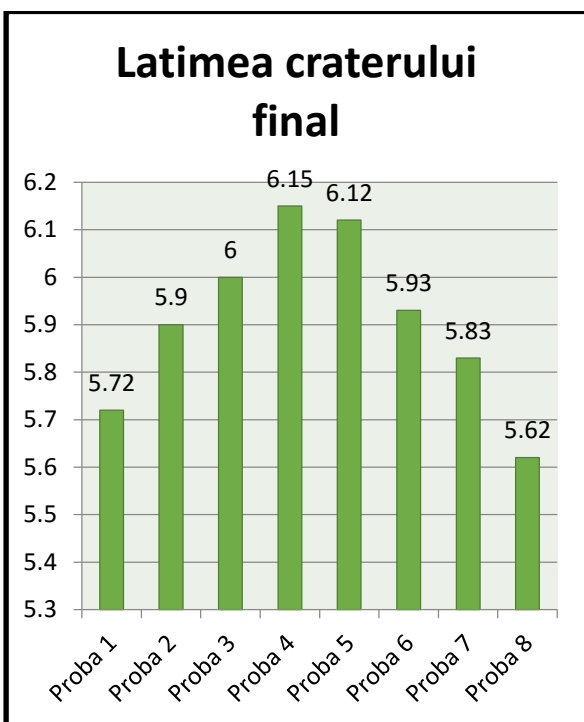


**Tabelul 8. Lungimea de stabilizarea a arcului**

	Inceput latime ZIT	Mijloc latime ZIT	Final latime ZIT
Proba 1	3,55	8,79	7,58
Proba 2	7,45	8,68	8,01
Proba 3	7,54	5,54	5,98
Proba 4	5,3	7,14	7,34
Proba 5	6,98	9,37	8,1
Proba 6	4,1	10,26	8,93
Proba 7	3,84	9,37	9,18
Proba 8	3,81	8,71	8,55



**CERCETĂRI PRIVIND DEPENDENȚA DINTRE PENDULAREA ELECTROMAGNETICĂ A ARCULUI ELECTRIC ȘI CALITATEA UNOR STRATURI PLACATE OBTINUTE PRIN PROCEDEUL DE SUDARE MAG**



**6 CONCLUZII**

In urma experimentelor si masuratorilor realizate in laborator am constatat ca la probele 2,3,4 cu electromagnetii situati deoparte si de alta a sursei termice in lungul cordonului de sudura (pendulare transversala) si prin marirea tensiunii bobinelor au rezultat urmatoarele:

latimea cordonului creste treptat pe toata lungimea sa de la inceput pana la final, latimea cordonului creste de la 2-4;

lungimea cordonului creste de la 2-4;

suprainaltarea creste odata cu marirea tensiunii de alimentare a bobinelor de la proba 2-4;

dar observam ca la mijlocul cordonului suprainaltarea este mai mica fata de final si inceput;

suprainaltarea craterului final creste de la proba 2-4;

lungimea craterului final scade de la 2-4;

latimea craterului final creste de la 2-4

lungimea stabilirii arcului scade de la 2-4;

**Tabelul 9. ZIT**

	Inceput latime ZIT	Mijloc latime ZIT	Final latime ZIT
Proba 1	3,55	8,79	7,58
Proba 2	7,45	8,68	8,01
Proba 3	7,54	5,54	5,98
Proba 4	5,3	7,14	7,34
Proba 5	6,98	9,37	8,1
Proba 6	4,1	10,26	8,93
Proba 7	3,84	9,37	9,18
Proba 8	3,81	8,71	8,55



□latimea îngustării pe care o face arcul electric până să se stabilizeze crește de la 2-4;

În urma experimentelor și măsurătorilor realizate în laborator am constatat că la probele 5,6,7 cu electromagnetii așezați deoparte și de altă parte a sursei termice perpendicular pe cordonul de sudură (pendularea longitudinală) și prin mărirea tensiunii de alimentare a bobinelor au rezultat următoarele:

□latimea cordonului scade treptat pe toată lungimea sa de la început până la final, latimea scade de la 5-7

□ lungimea cordonului scade de la 5-7

□suprînălțarea scade pe toată lungimea cordonului de la început până la final, iar suprînălțarea la începutul cordonului de sudură crește de la proba 5-7 și apoi de la mijlocul cordonului până la final scade de la proba 5-7

□suprînălțarea craterului final scade de la proba 5-7

□lungimea craterului final scade de la 5-7

□lungimea stabilirii arcului crește de la 5-7

□latimea îngustării pe care o face arcul electric până să se stabilizeze scade de la 5-7.

La proba nr 8 cu electromagnetii situați de o parte și de altă parte a sursei termice perpendicular pe cordonul de sudură (pendularea longitudinală) și cu alimentarea electromagnetilor la tensiunea de 48V am observat că arcul electric nu a reușit să se aprindă din cauza câmpului electromagnetic. Într-un final am pornit arcul electric fără a fi alimentate bobinele cu tensiune acest nereușind rapid să se stabilizeze, iar când am alimentat bobinele la tensiunea de 48V arcul s-a stabilizat imediat și a început să ardă liniștit. Se poate observa și cu ochiul liber pe proba rezultată cum a acționat câmpul magnetic al bobinelor asupra formării cordonului de când acestea au început să fie alimentate cu tensiune.

Ca o concluzie pentru toate probele de la 2-8 se observă finisarea cordonului de sudură prin finisarea fronturilor de cristalizare prin alinierea lor la distanțe din ce în ce mai mici între ele pe parcursul creșterii tensiunii de alimentare în comparație cu proba 1 care a fost realizată fără pendularea arcului electric.

Aceste concluzii ar fi fost mult mai clare și mai aprofundate dacă am fi debitat probele pentru a vedea partea de duritate, alinierea graunților, zona influențată termic etc. Dar din cauza timpului scurt avut la dispoziție și din lipsa echipamentelor speciale pentru a afla cele

prezentate mai sus nu a fost posibilă realizarea lor. Dar în continuare noi vom studia și elabora această cercetare și o vom prezenta la următoarea sesiune de comunicări științifice.

## 7 BIBLIOGRAFIE

- [1]Curs-Teoria proceselor de sudare Elemente din oțel pentru construcții. Autor: prof. Univ. Dr. Ing. Elena Axinte. Editura PIM Iasi 2008
- [2]Solomon, Gh. Ș iCicic, D.T. (2010), Teoria proceselor de sudare, Ed. BREN, București
- [3]Cicic, D.T. (2013), Notite curs TPS anul II