

STUDII ȘI CERCETĂRI PRIVIND COMPORTAREA LA SUDARE A ÎMBINĂRILOR ETEROGENE OȚEL INOXIDABIL AUSTENITIC CU OȚEL CARBON

BESLIU Elena Alexandra

Conducători Științifici: Prof. Dr. Ing. **Ionelia VOICULESCU**
Șl. Dr. Ing. Ion Mihai VASILE

REZUMAT: În cadrul lucrării se analizează cazul sudării în plan vertical, fiind poziția cea mai dificilă pentru procedeul MAG, a unor componente cap la cap și în plan orizontal sudare de colț a unor componente din oțel inoxidabil 316L cu oțel S275JR, utilizând două tipuri de gaz de protecție, respectiv 82% Ar + 18% CO₂ și 100% CO₂. Pentru estimarea comportării la sudare și TT au fost efectuate probe sudate cu rost prelucrat în „V”/„K” din care s-au prelevat epruvete pentru analiza metalografică și microduritate. La sudarea MAG a unor îmbinări eterogene apar multe probleme critice. În urma efectuării testelor distructive s-a constatat că utilizarea cu gaz de protecție a dioxidului de carbon permite obținerea unor rezultate satisfăcătoare, dar este recomandabilă utilizarea argonului pentru evitarea efectelor de durificare sau fisurare și datorită utilizării sarmei tubulare 309L ca material de adaos s-a putut utiliza procedeul MAG.

CUVINTE CHEIE: sudare MAG; plan vertical; îmbinare eterogenă; oțel inoxidabil; oțel carbon.

1 INTRODUCERE

Sudarea în mediu protector este termenul generic pentru toate procedeele de sudare, la care baia de sudare și metalul ce se transferă în aceasta, sunt protejate cu un gaz de protecție împotriva acțiunii atmosferei. Arcul electric arde vizibil între electrod și piesă. La sudarea în mediu de gaz protector cu electrod fuzibil se folosesc atât gaze inerte, cât și gaze active. De aceea, se face deosebirea dintre sudarea în mediu de gaz protector inert cu electrod fuzibil (MIG) și sudarea în mediu de gaz protector activ cu electrod fuzibil (MAG). Sudarea în plan vertical se poate realiza în ambele sensuri: în plan vertical descendent este potrivită mai ales pentru componente metalice mai subțiri și ascendent care este poziția cea mai dificilă pentru acest procedeu de sudare. Pentru a obține o cusătură de bună calitate arcul electric trebuie astfel condus încât să fie în permanență înaintea băii metalice, pentru a asigura susținerea și pătrunderea, cu evitarea totodată a scurgerii metalului topit. Procedeul necesită multă îndemânare și asigurarea unei viteze de deplasare la sudare suficient de mare.

Sudarea oțelului austenitic 316L se caracterizează printr-un coeficient de dilatare liniară de 40 ÷ 50% mai mare precum și o conductivitate termică de 2,5 ori mai mică decât cea a oțelurilor carbon. Datorită acestor proprietăți la sudarea oțelului 316L apar o serie de probleme precum: tendința pronunțată de fisurare la cald; tendința mărită de deformare a construcțiilor sudate; În vederea reducerii pericolului de fisurare la cald se recomandă introducerea unei

cantități minime de căldură (utilizarea de sârme cu diametrul cât mai mic, realizarea de rânduri de sudură filiforme fără a pendula transversal, utilizarea unei viteze de sudare mari, utilizarea unor curenți de valoare mică, utilizarea unor electrozi sau fluxuri cu caracter bazic) și creșterea procentului de mangan și reducerea în metalul de adaos, pe cât posibil, a conținutului de sulf și fosfor, iar în cazul în care cusătura se execută din mai multe straturi fiecare rând nou de sudură se depune după răcirea îmbinării la o temperatură de circa 100°C.

La oțelul carbon S275JR un oțel cu granulație fină pentru sudare se recomandă în general tehnica sudării în mai multe straturi pentru o energie liniară minimă. Dacă este necesară preîncălzirea, aceasta se realizează în general la 80-120°C, iar temperatura între straturi nu trebuie să depășească 200°C. Aceste oțeluri o susceptibilitate mărită față de fenomenul coroziunii fisurante sub tensiune. Aceasta susceptibilitate se mărește pe măsura creșterii rezistenței oțelului.

Obiectivele urmărite au fost:

- realizarea îmbinărilor eterogene din 316L cu S275JR;
- utilizarea a 2 gaze diferite M21 și C1 în cadrul procesului de sudare MAG;
- realizarea sudurilor în plan vertical PF/PG, cap la cap și în plan orizontal PB îmbinare în T.

2 STADIUL ACTUAL

Lucrarea s-a finalizat, temele propuse fiind atinse.

In cadrul lucrării se analizează:

- Sudarea in plan vertical a unor componente cap la cap din otel inoxidabil 316L cu otel S 275 JR, utilizând doua tipuri de gaz de protecție, respectiv M21 (82% Ar +18%CO2) si C1 (100%CO2).

- Sudarea in plan orizontal, imbinare eterogena de colt prin procedeul MAG cu gaz M21 tipul de transfer se face prin scurtcircuit, iar sensul de sudare este spre dreapta la un unghi de 5-20o.

Pentru estimarea comportării la sudare au fost efectuate probe sudate cu rost prelucrat in „V”/ „K” din care s-au prelevat epruvete pentru analiza metalografica si microduritate. In urma efectuării testelor distructive se urmaresc consecintele utilizarii diferitelor gaze de protectie la sudarea imbinarilor eterogene in plan vertical respectiv orizontal cu material de adaos sarma tubulara, daca se poate realiza sudarea cu procedeul MAG obtinand rezultate satisfacatoare.

¹Specializarea Ingineria și Managementul Proceselor de Sudare și Control, Facultatea IMST;

E-mail: alexandra.besliu@yahoo.com;

2.1 Domenii de utilizare

In industriile: alimentară, chimică, petrochimică, navală apare, adesea, necesitatea realizării unor imbinări sudate intre materiale diferite. Cel puțin din punct de vedere economic, este evidentă stabilirea unor soluții tehnologice de sudare, prin care materiale aparținând unor clase structurale diferite să satisfacă cerințele impuse unor astfel de structuri. Iată de ce, la realizarea schimbătoarelor de căldură, imbinările prin sudare dintre oțelul carbon și oțelul inoxidabil permit combinarea proprietăților celor două materiale: conductibilitatea termică ridicată a oțelului carbon, rezistența la coroziune la temperaturi inalte și conductibilitatea termică mai scăzută ale oțelului inoxidabil. La realizarea rezervoarelor alimentare combinarea proprietăților de rezistență la coroziune a oțelului inoxidabil austenitic și costul redus al oțelului carbon reprezintă criteriul care stă la baza alegerii acestor metale pentru astfel de structuri sudate. Reacția metalului de bază la acțiunea procesului de sudare se manifestă prin modificări de compoziție chimică, de volum, structurale și de granulație care se concretizează in modificarea caracteristicilor tehnice, apariția tensiunilor proprii și deformațiilor in imbinările sudate.



Fig.1. Domenii de utilizare otel inoxidabil si otel carbon in structuri sudate

In imbinările sudate eterogene, natura diferită a metalelor de bază și a materialului de adaos precum și ciclurile termice la care sunt supuse fâșiile din zona adiacentă cusăturii își pun amprenta asupra calității finale și caracteristicilor mecanice ale imbinării sudate.

3 DIAGRAMA SCHAEFFLER

În vederea sudării otelului inoxidabil austenitic 316L cu otelul carbon S275JR se pot aplica majoritatea procedeele de sudare (manual cu electrozi înveliți; sub flux; WIG, MIG cu sârme pline și tubulare; sudare cu plasmă; fascicol de electroni etc.) cu condiția alegerii unor proceduri de sudare și a materialelor de adaos corespunzătoare. Diagrama Schaeffler (Fig.2) permite stabilirea structurii sudurii in condițiile răcirii cu viteze medii. O primă deficiență a diagramei constă in faptul că nu determină, in mod explicit, influența vitezei de răcire asupra structurii și, de asemenea, acțiunea unui element chimic este considerată independentă de concentrația celorlalte elemente de aliere.

$$Cr_e = \%Cr + \%Mo + 1.5 \cdot Si + 0.5 \cdot Cb \quad (1)$$

$$= 17.50 + 2.50 + 1.5 \cdot 1.0 + 0.5 \cdot 0$$

$$= 21.20\%$$

$$Ni_e = \%Ni + 30 \cdot \%C + 0,5 \cdot Mn \quad (2)$$

$$= 12.50 + 30 \cdot 0.020 + 0,5 \cdot 1.80$$

$$= 14.00\%$$

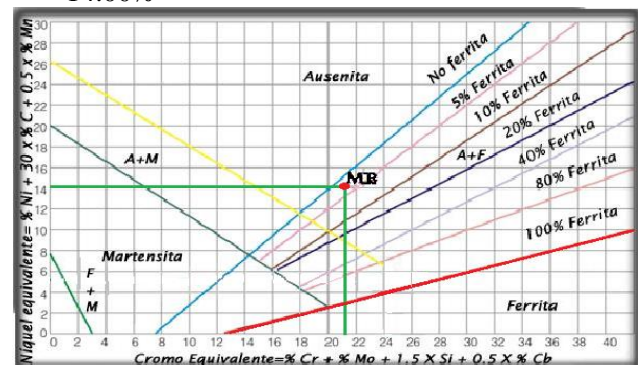
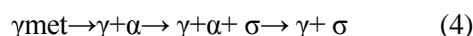


Fig. 2. Diagrama Schaeffler - compoziția materialului de bază oțel inoxidabil cu denumire comercială 316L

În urma analizei diagramei lui Schaffler compoziția materialului de bază este austenitică și se observă că materialul este predispus la fragilizare prin apariție de fază σ . Conținutul în carbon este foarte mic (sub $0,02 \pm 0,03$), oțelul se încadrează în clasa L (low carbon). Austenita metastabila tinde, în anumite condiții, către starea de echilibru:



în alte cazuri:



toate aceste procese duc la o pierdere însemnată a multor însușiri favorabile ale oțelurilor austenitice.

Datorită mării varietăți tipologice a fisurilor și a condițiilor diverse de apariție a acestora, asigurarea unor condiții de rezistență față de fenomenul de fisurare în timpul sudării este dificilă și foarte complexă.

4 MATERIALE PENTRU SUDARE

4.1 Material de adaos pentru sudare

Pentru sudare s-a utilizat o sarma tubulara INOXCORED 309L de la firma SAF-FRO, cu compoziția chimică prezentată în tabelul 1.

Tabel 1. Compoziția chimică sârma sudare

Marca otel	C %	Mn %	Si %	Cr %	Ni %
INOXCORED 309L	0,03	1,6	0,7	24	13

4.2 Materiale de baza pentru sudare

În cadrul experimentului, pentru realizarea imbinării eterogene, am folosit materialul otelul carbon slab aliat cu granulație fină S275JR și otelul inoxidabil austenitic 316 L cu următoarele compoziții chimice și caracteristici mecanice prezentate în tabelul 5.2.1 respectiv 5.2.2.

Oțelurile inoxidabile austenitice sunt materiale care prezintă caracteristici mecanice deosebite: rezistență la coroziune, se prelucrează ușor prin deformare plastică și au o bună comportare metalurgică la sudare în special la temperaturi cuprinse în domeniul -270° C până la 1100° C.

Tabel 2. Caracteristici mecanice ale MB

Marca otel	S275JR	316L
Proprietati		
Rp [Mpa]	275	min 190
Rm [Mpa]	430-580	490-690
A [%]	21	40
KV [J]	min 27	85

Conținutul de Cr este un factor de control și efectele sale pot fi intensificate prin adaosul de Mo, Ni și alte elemente. Proprietățile mecanice ale

oțelurilor inoxidabile, la fel ca și ale celor nealiate carbon și a celor slab aliate, depind de structura și compoziția chimică.

Tabel 3. Compoziția chimică MB

Marca otel	S275 JR	316L
Compozitie %		
C	max 0,21	0,03
Mn	max 1,5	2,0
Si	-	1,0
Cr	-	16-18
Mo	-	2-3
Ni	-	10-14
Cu	max 0,55	-
S	max 0,035	0,03
P	max 0,035	0,045
N	max 0,012	-

5 PROGRAM EXPERIMENTAL

5.1 Principiul procedurii de sudare MAG

Arcul electric amorsat între sârma electrod și componenta, produce topirea acestora formând baia de metal. Protecția arcului electric și a băii de metal topit se realizează cu ajutorul gazului de protecție, adus în zona arcului prin duza de gaz din butelie.

Sârma electrod este antrenată prin tubul de ghidare, cu viteză de avans constantă vae de către sistemul de avans prin derularea de pe bobina. Alimentarea arcului cu energie electrică se face de la sursa de curent continuu (redresor), prin duza de contact și prin cablul de masă. Tubul de ghidare a sârmei electrod, cablul de alimentare cu curent și furtunul de gaz sunt montate într-un tub flexibil de cauciuc care împreună cu capul de sudare formează pistolul de sudare.

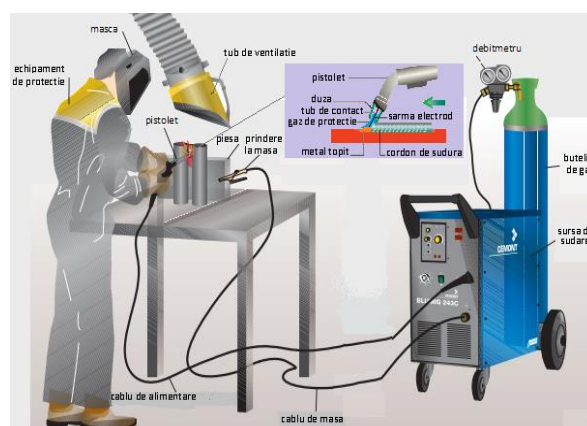


Fig. 3. Schema de principiu procedurii MIG/MAG

Avantaje:

Avantajele procedurii MIG/MAG comparativ cu procedul de sudare cu electrozi înveliți:

Studii și Cercetări privind Comportarea la Sudare a Îmbinărilor Eterogene Oțel Inoxidabil Austenitic cu Oțel Carbon

Procedeul este întâlnit mai frecvent în varianta semimecanizată:

- viteza de sudare manuală;
- viteza de avans a sârmei electrod întotdeauna mecanizată;
- observarea băii și cordonului de sudură, care pot fi corectate și dirijate, după nevoie, de operatorul uman, iar acest lucru dă o oarecare elasticitate în menținerea parametrilor regimului de sudare;
- productivitate ridicată dată de: reducerea cheltuielilor; calitate îmbunătățită; îmbunătățirea condițiilor locului de muncă prin scăderea emisiilor de fum; control îmbunătățit al băii metalice care nu este acoperită de zgură;

Dezavantaje:

- flexibilitate redusă – cablul pistolului de sudare standard are lungimi de până la 5 m;
- pot apărea defecte de legătură la începutul sudării;
- se sudează greu în condiții de șantier deoarece procedeul este sensibil la curenții de aer care strică protecția gazoasă;
- costul echipamentelor este destul de ridicat;
- randament termic mediu.

5.2 Sudarea prin topire a materialului 316L + S275JR

În acest caz, cele două materiale de sudat, eventual și materialul de adaos, se topesc în zona îmbinării, iar cusătura se prezintă ca un aliaj rezultat din amestecarea a două sau trei materiale cu un interval larg de concentrații, în funcție de caracteristicile urmărite și tehnologia de sudare proiectată. Amestecarea materialului de adaos cu materialul (materialele) de bază se realizează prin:

- diluție - încorporarea în materialul de adaos a unei părți din metalul de bază topit ca urmare a pătrunderii sudurii;
- difuzie - proces care are loc în timpul solidificării și imediat după aceasta, în perioada în care îmbinarea se află la temperatură înaltă, când anumite elemente pot migra dinspre metalul de bază spre materialul de adaos sau invers, pe o distanță de ordinul micronilor.

Pentru obținerea unei îmbinări eterogene sudate prin topire de calitate se impun diferite condiții ce trebuie îndeplinite de materialele care iau parte la realizarea îmbinării:

a) materialele de sudat trebuie să prezinte o compatibilitate metalurgică acceptabilă;

b) ele trebuie să aibă caracteristici termofizice, în primul rând temperatură de topire, conductibilitate termică și coeficient de dilatare termică, de valori apropiate;

c) durificarea reciprocă în stare solidă a materialelor de sudat nu trebuie să conducă la o scădere considerabilă a plasticității sudurii;

d) ca urmare a transformărilor structurale în procesul de răcire sau în condiții de exploatare, să nu apară faze fragile.

Se analizează aspectele de compatibilitate metalurgică a componentelor, acordând o atenție insuficientă celorlalte condiții, fapt care poate să conducă la o insuficientă prognozare a comportării în exploatare a îmbinării eterogene.

5.2.1 Pregătirea pieselor în vederea sudării

Pentru realizarea studiului s-au pregătit plăci din S275JR și din oțel inoxidabil austenitic 316L, cu grosime de 12mm.

Datorită procesului de conservare este necesară o curățare a unsoarelor, produsii de coroziune și depunerile de impurități existente pe table prin îndepărtarea mecanică cu răzuitoare din lemn a materialelor plastice, cauciucului, fie prin suflare cu aburi, spalare cu apă caldă a unsoarelor etc.

Curățarea se face prin mai multe procedee chimice (decapare și degresare). Nu este permisă polizarea suprafeței oțelului inoxidabil. Curățarea mecanică se va aplica doar pentru oțelul carbon.

Componentele din oțel au fost prelucrate mecanic pentru obținerea deschiderii rostului, prin polizare (pentru oțelul carbon) și prin rabotare (pentru oțelul inoxidabil).

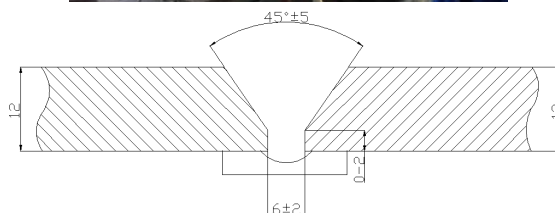


Fig. 4. Forma și pregătirea rostului

În vederea eliminării defectelor de tip deformații, fisuri sau crater marginal au fost atașate

la capetele rostului plăcute tehnologice prin sudare cu același material de adaos.



Fig. 5. Plăcute tehnologice de capăt și sudarea propriu zisa

Valorile parametrilor regimului de sudare utilizați la realizarea îmbinării eterogene în tabelul 1 și tabelul 2 folosind drept gaz de protecție C1 respectiv M21.

Tabel 4. Valorile parametrilor regimului de sudare cu gaz C1

Strat	Parametrii		
	Is [A]	Ua [V]	Va [m/min]
1	132-135	20-21,7	6,5
2	152-155	20-21,7	7,8
3	144-145	20-23,7	8

Tabel 5. Valorile parametrilor regimului de sudare cu gaz M21

Strat	Parametrii		
	Is [A]	Ua [V]	va [m/min]
1	140-145	20-22,5	7,5
2	156-160	20-23,5	8
3	156-160	20-23,5	8

5.3 Prelevarea probelor pentru analiza microstructurală

Pentru estimarea comportării la sudare au fost prelevate epruvete din tablele sudate pentru analiza metalografică și microdurate.

După sudare, probele au fost curățate cu peria de sârmă din oțel inoxidabil pentru partea de oțel inoxidabil și cordon, și cu piatra polizor pentru partea de oțel carbon, apoi au fost debitate eșantioane reprezentative din zonele centrale ale pieselor, care au fost prelevate prin tăiere cu plasmă, utilizând mașina Novitome (laborator Sudare, TMS).



Fig. 6. Debitarea cu plasma, masina Novitome



Fig. 7. Curatare și slefuire probe



Fig. 8. Mașina de debitat pentru de grosare și precizie Remet TR100 Evolution respectiv Isomet 4000, laborator LAMET, UPB

După tăiere, probele au fost înglobate în rășina fenolică apoi au fost lustruite conform procedurii de pregătire a probelor metalografice, utilizând hârtie abrazivă cu diferite granulații (de la 450 la 1200), utilizând o presiune de apăsare de 6 N timp de 3 minute pe fiecare tip de hârtie și fiecare probă. Pentru polisarea finală, s-a utilizat oxid de ceriu pe suport textil, timp de 15 minute.

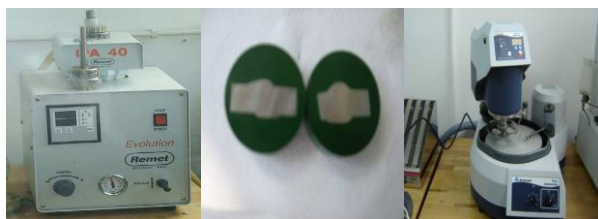


Fig. 9. Inglobare în rășina, slefuire de finisare cu mașina Remet IPA 40, respectiv mașina de lustruit automată Vector și Alpha Beta Polisher Buehler. Laborator LAMET, UPB

După obținerea suprafețelor polizate metalografic s-a trecut la atacul chimic pentru proba sudată în colț, utilizând reactiv 10% acid oxalic în 100ml apă distilată, fiind cel final după ce am mai încercat 2 reactivi care nu au dat rezultatele dorite.



Fig. 10. Preparare reactiv pentru proba sudată cap la cap și înglobată în rășina: 10g $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; 100ml H_2O_2 și efectuare atac electro-chimic, utilizând sursa curent stabilizată TXN 1502

Studii și Cercetări privind Comportarea la Sudare a Îmbinărilor Eterogene Oțel Inoxidabil Austenitic cu Oțel Carbon



Fig. 11. Preparare reactiv si utilizare reactiv

Microstructura zonelor caracteristice ale îmbinării sudate s-a examinat utilizând microscopul optic din laboratorul LAMET, UPB.



Fig.12. Olympus GX51, laborator LAMET, UPB

Imaginile microstructurii probei sudate folosind gazul de protecție M21 (82% Ar + 18% CO2) sunt prezentate in raport cu valorile microduritatilor masurate si reprezentate pe rostul in V pentru probele sudate cap la cap.

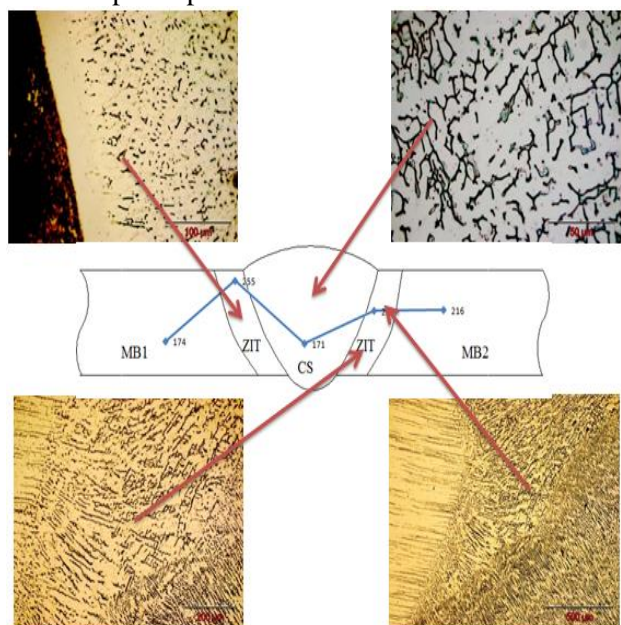


Fig. 13. Imagini de microscopie optica din proba sudata cu gaz de protecție M21: ZIT spre otelul S275JR; ZIT spre otelul 316L; detaliu cusătura sudata; detaliu ZIT spre otelul 316L

Imaginile microstructurii probei sudate folosind gazul de protecție C1 (100% CO2).

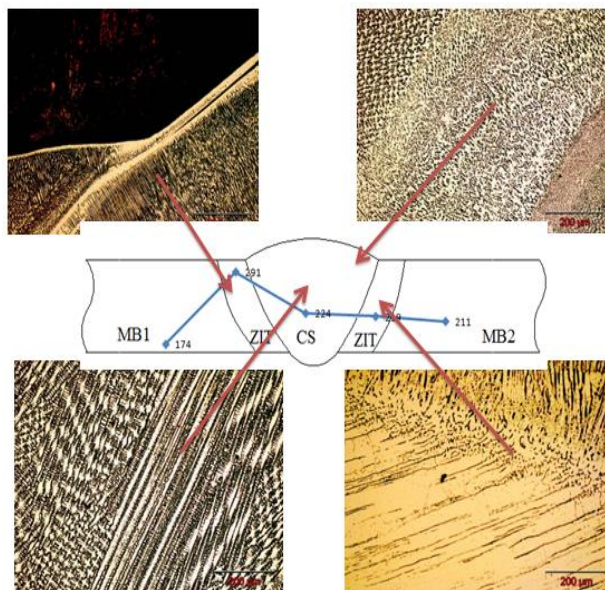


Fig. 14. Imagini de microscopie optica din proba sudata cu gaz de protecție C1: benzi de difuziune in ZIT spre otelul S275JR; intersecție de cordoane; detaliu cusătura sudata cu aspect dendritic; detaliu ZIT spre otelul 316L

Proba sudata in colt, folosind gazul de protectie M21 (82% Ar + 18% CO2) in urma analizei s-au obtinut urmatoarele rezultate.

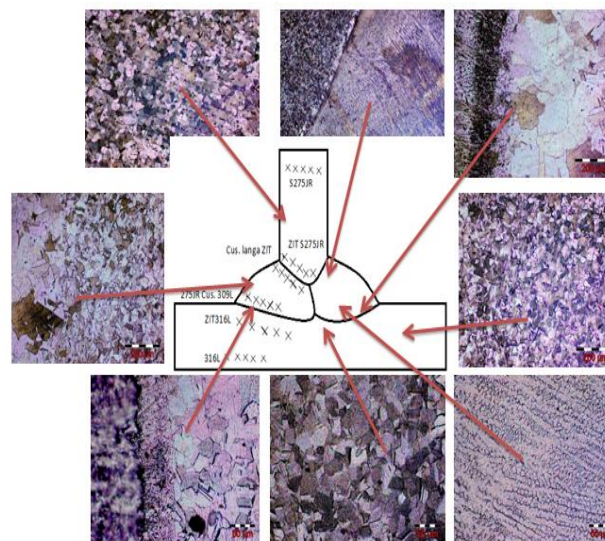


Fig. 15. Pe analiza microduritatilor se observa ca analiza microscopica este reprezentata de structurile: S275JR x 200, cu o structura de ferita si perlita; inox 316L x 200; inox 316L din ZIT afectat de caldura x 500; zona de trecere inox 316L x 200; zona de supraincalzire ZIT x 200; cusatura spre inox 316L x 500; trecerea dinspre cusatura sudata spre S275JR

Măsurarea microdurității s-a efectuat cu ajutorul unui microdurimetru Shimadzu HMV 2T (Laborator LAMET).



**Fig. 16. Microdurimetru Shimadzu HMV 2T
(Laborator LAMET)**

În urma măsurării durițăților (HV 0,2) au rezultat valorile din tabelul 6.

Tabel 6. Valorile microdurițăților

Zona exami-nata	S275 JR	ZIT S275 JR	Cus langa ZIT S275 JR	Cus 309 L	ZIT 316L	316L
Valori	176	194	229	159	228	221
	170	158	209	145	205	226
	165	129	206	141	204	271
	168	149	211	140	207	239
	171	127	213	128	222	244
Media	170	151	213	143	213	240

În urma măsurării durițăților (HV 0,2) au rezultat următoarele valori medii:

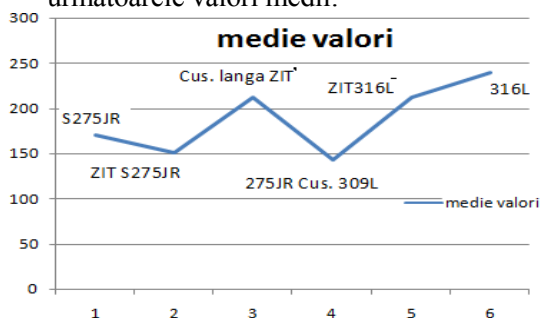


Fig. 16. Valori medii microdurițăți

6 CONCLUZII

Pentru probele sudate cap la cap se pot observa următoarele concluzii:

- În urma analizei valorilor de microdurițate se observă o scădere a durițății cusăturii în proba sudată cu gaz de protecție M21 (82% Ar +18%CO₂);

- Se observă o creștere a durițății în ZIT dinspre oțelul carbon în apropierea liniei de fuziune datorită formării carburilor și carbo-nitruților de crom;

- Se observa o creștere a durițății în ZIT dinspre oțelul carbon în apropierea liniei de fuziune datorita formarii carburilor și carbo-nitruților de crom;

- Se observa o creșterea a durițății în proba sudata cu gaz de protecție CO₂ datorita faptului ca utilizarea acestui gaz duce la formarea unei bai metalice mai calde decât în cazul sudării cu amestec de gaze, fapt bine cunoscut în literatura de specialitate;

- Din analiza microdurițăților și a microscopiei optice rezulta faptul ca se poate suda folosind drept gaz de protecție CO₂ cu rezultate satisfăcătoare.

Pentru probele sudate în colț se pot observa următoarele concluzii:

- Într-o fasie îngustă cu lățime de aproximativ 100 μ situată în cusătura sudată lângă ZIT față de oțelul carbon S275JR, durițatea crește datorita formării carburilor de Cr cu C din S275JR și Cr din material de adaos.

- Se observa o zonă de supraîncălzire în ZIT spre oțelul inoxidabil 316L datorita energiei lineare la sudare ceea ce este specific oțelurilor inoxidabile de aceea la sudarea lor se recomandă o răcire cât mai rapidă.

- Efectul de consolidare prin ecrusare au fost îndepărtate datorita încălzirii la sudare.

- Scăderea duriității în ZIT spre 316L se datorează și efectelor de diluție (amestecului de material de adaos cu material de bază).

- Pentru realizarea atacului chimic asupra probei au fost necesare mai multe soluții deoarece îmbinarea este eterogenă și corodează diferit.

7 MULȚUMIRI

Mulumesc pentru îndrumare și sprijinul acordat doamnei Prof. Dr. Ing. Ionelia VOICULESCU și domnului Șl. Dr. Ing. Ion Mihai VASILE în vederea realizării acestei lucrări.

8 BIBLIOGRAFIE

- [1] Beșliu, E. (2013), Sudarea MAG în plan vertical a unor îmbinări eterogene din oțel inoxidabil 316L cu oțel 275JR, Articol Revista Sudura, nr. 2 iunie-iulie;
- [2] Burca, M., Negoitescu, St., (2004), Sudarea MIG/MAG, Editura Sudura, Timisoara;
- [3] Cicic, D. T. (2013), Notite curs anul IV Informatizarea Optimizarea Proceselor de Sudare;
- [4] IACOBESCU, G., (2014), Notite curs Procedee speciale pentru sudare;
- [5] Laborator pentru Incercari Metalografice LAMET;
- [6] Miclosi, V. și Dehelean D., (2014), Notite de curs International Welding Engineer;
- [7] Solomon, Gh. și Cicic, D. T. (2010), Teoria proceselor de sudare, Ed. BREN, Bucuresti;

Studii și Cercetări privind Comportarea la Sudare a Îmbinărilor Eterogene Oțel Inoxidabil Austenitic cu Oțel Carbon

[8] Voiculescu, I., Rontescu, C., Dondea, I.L., (2010), Metalografia imbinarilor sudate, Editura Sudura, Timisoara;

[9] Zgura, Gh., Iacobescu, G. Cicic, D., Rontescu, C., (2007), Tehnologia sudarii prin topire, Editura Politehnica Press, București;

<http://www.oldselevator.com>

Accesat la data: 09.05.2015

http://www.efunda.com/materials/alloys/carbon_steels/show_carbon

Accesat la data: 10.05.2015

9 NOTAȚII

Următoarele simboluri sunt utilizate în cadrul lucrării:

M21 = gaz de protecție format din 82% Ar + 18%CO₂;

C1= gaz de protecție format din 100%CO₂;

MAG = procedeu de sudare prin topire Metal Activ Gas;

MIG = procedeu de sudare prin topire Metal Inert Gas;

PF = poziție de sudare vertical ascendent conform EN-Iso 6947:2011

PG = poziție de sudare vertical descendent conform EN-Iso 6947:2011

PB = poziție de sudare orizontală de colț conform EN-Iso 6947:2011

MB = material de baza