

## CERCETARI PRIVIND OPTIMIZAREA SUDARII BOLTURILOR CU DIAMETRU MARE CU ARCUL ELECTRIC

Mircea BURCA\*, Sebastian GLITA\*, Ioan LUCACIU\*\*, Stelian NEGOITESCU\*

\* "POLITEHNICA" UNIVERSITY from TIMISOARA, [mburca@mec.upt.ro](mailto:mburca@mec.upt.ro)

\*\* UNIVERSITY from ORADEA, [ilucaciu@uoradea.ro](mailto:ilucaciu@uoradea.ro)

Keywords: stud, ceramic ferrule, drawn arc stud welding, normal stud welding

**Abstract.** The paper describes results researches for welding optimisation of the drawn normal arc stud welding using ceramic ferrules, for steel studs with 16mm, 19mm and 22mm in diameter, uses in area of metallic constructions. The finally of the research provide welding technology for the qualification of welding procedure specification, WPS.

### 1. Introducere

Sudarea bolturilor cu arcul electric (SBAE) este un procedeu de sudare utilizat la fixarea nedemontabila a unor elemente - bolturi, gujoane, suruburi, stifturi, bucse, piulite, etc. - pe o varietate mare de produse, larg raspândit pe plan mondial. Procedeu înlocuieste cu succes alte metode de asamblare precum asamblarea filetata, nituirea, sudarea clasica cu arcul electric sau prin presiune, lipirea cu aliaje de lipit sau cu adezivi, etc.. Procedeu permite eliminarea unor operatii suplimentare de gaurire, filetare, nituire, etc., reducerea consumurilor de materiale, manopera, energie, simplificarea operatiilor de montare si demontare. De asemenea se poate obtine o suprafata activa plana a tablei, fara proeminente ceea ce în cazul unor fluxuri tehnologice poate constitui o conditie pentru evitarea depunerilor de materiale manipulate, iar în cazul unor elemente decorative (reclame luminoase, fatade) constituie o premisa din punct de vedere estetic.

Procedeu se caracterizeaza în principal prin simplitate, productivitate mare la sudare, calitate foarte buna a îmbinarii sudate, pret de cost redus, echipamente de sudare simple si usor de manipulat, flexibilitate, fiind considerat în prezent ca cel mai eficient mijloc de îmbinare a elementelor de tipul bolturilor.

Lucrarea prezinta rezultatele cercetarilor privind optimizarea sudarii bolturilor din otel de diametre mari, 16mm, 19mm respectiv 22mm, utilizate frecvent în domeniul constructiilor metalice, cu arc electric normal cu amorsare prin ridicare, cu inel ceramic. Finalitatea cercetarii urmareste omologarea acestor tehnologii de sudare în vederea aplicarii lor si în România.

### 2. Variante de sudare a bolturilor cu arcul electric

În functie de modul de amorsare a arcului electric, durata timpului de sudare, felul protectiei bii metalice, tipul sursei, etc. procedeu SBAE poate fi întâlnit în mai multe variante. În tabelul 1 sunt prezentate sintetic principalele variante de sudare a bolturilor întâlnite în practica.

Tabelul 1. Variante de sudare a bolturilor cu arcul electric

Varianta de sudare	Diametrul boltului	Parametrii tehnologici principali de sudare		Grosimea tablei ( <i>minima</i> )	Protectia arcului
	$d_b$ (mm)	$I_s$ (A)	$t_s$ (ms)	$s$ (mm)	
Sudarea bolturilor cu arc tras normal	3...25	200 – 3000	> 100	$1/4 d_b$	C (G)
Sudarea bolturilor cu ciclu scurt	3...12	sub 1500	10...100	$1/8 d_b$	FP, G, (C)
Sudarea bolturilor cu energie înmagazinata în condensatoare	2...6(8)	sub 6000	<10 (1...3)	$1/10 d_b$	FP, (G)

Legenda: C - protectie cu inel ceramic; G - protectie cu gaz (pentru otel, M21: Ar + 18%CO<sub>2</sub>); FP - fara protectie.

### 3. Sudarea cu arc tras normal si amorsare prin ridicare

Principiul sudarii bolturilor cu arcul electric este relativ simplu, figura 1. Boltul este fixat initial de catre operatorul sudor în bucsa elastica a pistolului de sudare de constructie speciala si pozitionat pe suprafata piesei în locul unde urmeaza a fi sudat.

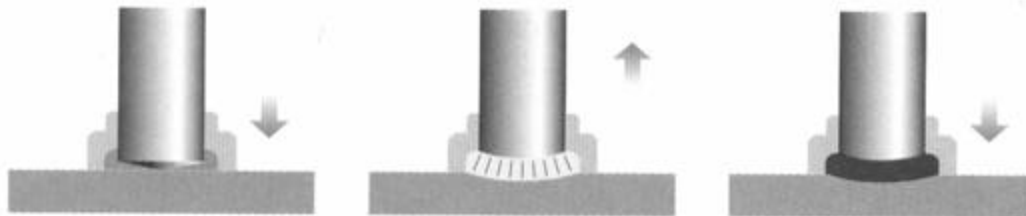


Figura 1. Principiul sudarii bolturilor cu arc tras normal cu amorsare prin ridicare

Prin apasarea butonului de pornire a pistolului, curentul de sudare trece prin bolt producând încălzirea vârfului acestuia, iar prin ridicarea usoara si pentru un timp scurt a boltului de pe suprafata se amorseaza un arc electric care produce topirea vârfului boltului si topirea locala a piesei. La întreruperea arcului electric boltul este împins (plonjeaza) cu o forta relativ mica, prin intermediul unui resort amplasat în capul pistolului, în baia metalica si prin amestecarea si solidificarea baii comune rezulta îmbinarea sudata.

Principalele particularitati ale sudarii bolturilor cu arcul electric cu amorsare prin ridicare sunt:

- Diametrul boltului:  $d_b = 3 \dots 25$  (30) mm;
- Curentul de sudare:  $I_s = 200 \dots 3000$  A;
- Timpul de sudare:  $t_s = 100 \dots 3000$  ms;
- Protectia arcului electric si a baii:
  - Cu gaz de protectie (CORGON 18) pentru  $d_b = 3 \dots 16$  mm;
  - Cu inel ceramic pentru  $d_b = 3 \dots 25$  (30) mm;
- Grosimea minima a tablei (suportului):
  - $1/4 d_b$  la sudarea cu inel ceramic;
  - $1/8 d_b$  la sudarea cu gaz de protectie;
- $s_{min} = 1$  mm;
- Materialul boltului: otel carbon, otel înalt aliat (INOX), cupru, aluminiu, alama, titan;
- Gradul de mecanizare: manual, mecanizat, automatizat.

Materialele utilizate la sudare sunt boltul si inelul ceramic, figura 2.



Figura 2. Geometria bolturilor si a inelelor ceramice

Având în vedere ca diametrul bolturilor este mai mare de 14mm, pentru usurarea amorsarii arcului electric, se observa ca boltul este prevazut cu o bila din aluminiu, care contribuie si la cresterea fluiditatii barii metalice respectiv la reducerea porozitatii din îmbinarea sudata.

#### 4. Parametrii tehnologici de sudare

Parametrii tehnologici principali sunt *curentul de sudare*  $I_s$ , si *timpul de sudare*  $t_s$ , care actioneaza asupra puterii arcului electric, respectiv asupra energiei introduse la sudare.

Stabilirea parametrilor tehnologici principali de sudare  $I_s$  respectiv  $t_s$  se poate face în functie de diametrul boltului cu ajutorul relatiilor empirice, tabelul 2 sau a nomogramelor, figura 3.

Tabelul 2. Relatii de calcul a parametrilor tehnologici principali de sudare

Curentul de sudare $I_s$ (A)	$I_s = 80 \cdot d_b$	Pentru bolturi cu diametrul < 16 mm
	$I_s = 90 \cdot d_b$	Pentru bolturi cu diametrul > 16 mm
Timpul de sudare $t_s$ (s)	$t_s = 0,02 \cdot d_b$	Pentru bolturi cu diametrul < 12 mm
	$t_s = 0,04 \cdot d_b$	Pentru bolturi cu diametrul > 12 mm

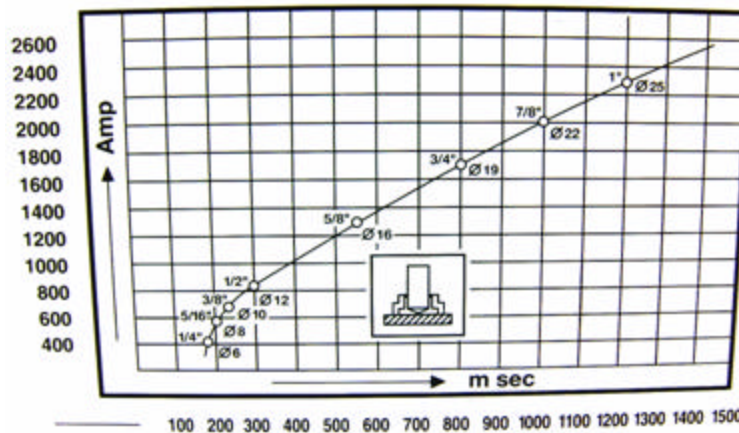


Figura 3. Nomograma pentru stabilirea parametrilor principali de sudare

Înălțimea de ridicare ( $L$ ) respectiv adâncimea de scufundare sau plonjare ( $P$ ) sunt doi parametri importanți pentru asigurarea calitatii îmbinării sudate. Înălțimea de ridicare determină lungimea arcului electric și influențează stabilitatea arcului, iar adâncimea de scufundare determină formarea corectă și sigură a îmbinării sudate, fără stropiri. În tabelul 3 sunt date valorile celor doi parametri funcție de diametrul boltului respectiv modul de pregătire al vârfului.

**Tabelul 3. Înălțimea de ridicare ( $L$ ) și adâncimea de scufundare ( $P$ )**

Diametrul boltului	Pregătirea vârfului boltului				Viteza de plonjare
	Bolt cu suprafața frontală plană $\alpha = 165^\circ - 180^\circ$ (cu bila de amorsare)		Bolt cu suprafața frontală conică $\alpha = 130^\circ - 140^\circ$		
$d_b$	L	P	L	P	$v_{pl}$
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm/s)
16	3,0	3,0	2,0	5,0	~ 100
19	3,5	4,0	2,5	5,5	
22	4,5	4,0	3,0	6,5	

Un parametru auxiliar îl constituie *natura și polaritatea curentului de sudare*. Sudarea bolturilor se poate desfășura atât în curent continuu cât și în curent alternativ. Se preferă curentul continuu pentru creșterea stabilității arcului electric. În curent alternativ se elimină suflajul magnetic. La sudarea în curent continuu se folosește polaritatea directă care asigură o amorsare mai ușoară a arcului electric, cu o singură excepție la sudarea aluminiului când se folosește polaritatea inversă pentru manifestarea fenomenului de microsablare a suprafeței tablei. Se recomandă folosirea unor surse de sudare cu caracteristica externă coborâtătoare sau brusc coborâtătoare, cu tensiune de mers în gol minimă de 70 V.

Pentru a împiedica stropirea din baie se recomandă ca viteza de plonjare, la bolturi cu diametrul mai mare de 14mm, să fie de cca. 100mm/s.

## 5. Cercetări experimentale

Cercetările experimentale au urmărit stabilirea parametrilor optimi de sudare a unor bolturi din oțel cu diametre mari, peste 16mm, sudate în poziție orizontală **PA – SR ISO 6947/94**, utilizate frecvent în domeniul construcțiilor metalice. Pentru sudarea acestor dimensiuni de bolturi se recomandă procedeul de sudare cu amorsarea arcului electric prin ridicare, cu inel ceramic, simbol **783 – SR EN ISO 4063/2000**.

Pentru cercetare au fost utilizate materiale standardizate: bolturile cu cap **tip SD**  $\varnothing 16 \times 100$ ,  $\varnothing 19 \times 150$  și  $\varnothing 22 \times 150$  respectiv inelele ceramice **tip SN16, SN19 și SN22**, conform normelor europene **EN ISO 13918/1998**. Bolturile sunt executate din oțel tras marca **S235J2G3+C450/SR EN 10025+A1/94**.

Instalația utilizată pentru sudare, figura 4, a fost o instalație specializată de curenti mari, **tip ELOTOP 3002** destinată sudării bolturilor cu inel ceramic cu dimensiuni cuprinse între 6 ... 25mm, cu reglarea continuă a curentului de sudare între 300 ... 2600A și cu reglarea continuă a timpului de sudare între 20 ... 2000ms, respectiv pistolul de sudare **tip K24** destinat sudării bolturilor, cu inel ceramic, cu diametrul între 13 ... 22mm, prevăzut cu sistem reglabil de frânare hidraulică la plonjarea boltului în baie metalică, produse de firmele Köster&Co GmbH respectiv Köco din Germania.



Figura 4. Instalatia de sudare bolturi tip ELOTOP 3002 (Pistoletul K24)

Pregatirea pentru sudare consta în setarea pe instalatia de sudare a parametrilor tehnologici principali - *curentul de sudare si timpul de sudare* - respectiv reglarea pe pistolul de sudare a curselor pentru *adâncimea de plonjare si înaltimea de ridicare* a boltului si a *vitezei de frânare la plonjare*. În timpul sudarii se urmareste mentinerea perpendiculara si nemiscata a boltului pe suprafata tablei pentru evitarea aparitiei defectelor. Dupa sudare are loc îndepartarea prin spargere cu ciocanul a inelului ceramic si controlul vizual al gulerului sudat pentru depistarea eventualelor defecte. Succesiunea fazelor este prezentata în figura 5.

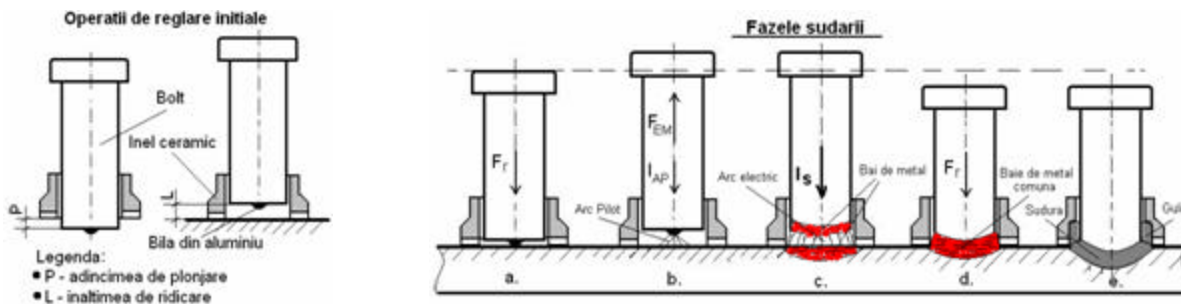


Figura 5. Fazele sudarii bolturilor cu arcul electric cu amorsare prin ridicare

Pentru obtinerea unor suduri de calitate o atentie deosebita trebuie acordata evitarii suflajului magnetic si controlului acestuia prin folosirea contactului de masa simetric respectiv prin pozitionarea corecta a cablurilor de masa si a pozitiei relative a pistolului raportat la pozitia amplasarii boltului pe tabla. Suflajul magnetic poate conduce la defecte majore în îmbinarea sudata, stropiri intense, sudura asimetrica, pori, etc..

Valorile parametrilor tehnologici optimi de sudare rezultati în urma încercarilor experimentale, pentru cele trei dimensiuni de bolturi, sunt prezentate în tabelul 1.

Tabelul 4. Tehnologiile experimentale optime de sudare a bolturilor

	$d_b$ (mm)	Curentul de sudare $I_s$ (A)	Timpul de sudare $t_s$ (s)	Adâncimea de plonjare P (mm)	Înaltimea de ridicare L (mm)	Obsevatii
Sudarea bolturilor cu inel ceramic cu amorsare prin ridicare <b>783 – SR EN ISO 4063/2000</b>	16	1300	0,6	3,0	3,5	$V_{pl.}=100$ mm/s Pozitia 2
	19	1700	0,8	4,0	3,5	
	22	2000	1,0	4,0	4,5	

Masurarea si înregistrarea parametrilor efectivi de sudare s-a facut prin oscilografiera folosind un osciloscop performant tip HAMEG 203. Oscilograma de variatie a curentului de sudare în timp pentru boltul de 19mm este prezentata în figura 7.



Aspectul exterior al boltului sudat (gulerul) respectiv aspectul microscopic al sudurilor realizate sunt prezentate în figura 6.

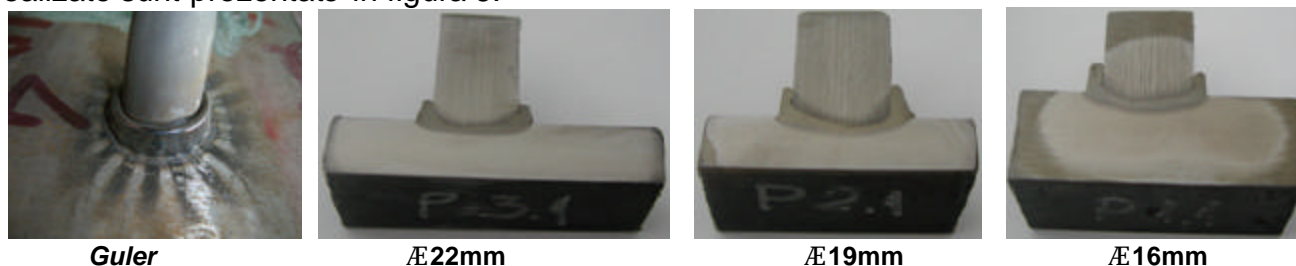


Figura 6. Aspectul microscopic al sudurilor (Atac Nital 10%)

Se observa ca sudura este perfect conturata cu o geometrie corespunzatoare, iar în îmbinarea sudata nu sunt evidentiata nici un tip de defecte interne. Gulerul (bavura sudurii) este continuu, uniform ca latime si înaltime pe întreg conturul, cu aspect estetic si fara împruscari de stropi pe suprafata tablei.

Pentru omologarea tehnologiilor de sudare bolturile sudate vor fi supuse încercărilor mecanice de traciune, încercării tehnologice de rupere prin îndoire pe probe cu sau fara crestatura (îndoire la min. 60° fara fisurare), figura 8, respectiv masuratori sclerometrice.

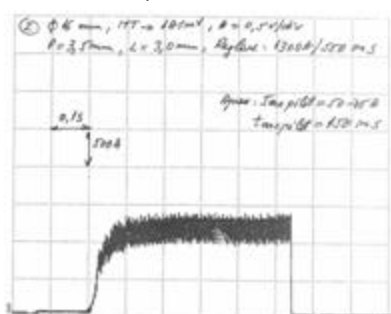


Figura 7. Oscilograma curentului de sudare



Figura 8. Incercarea tehnologica de rupere prin îndoire

## 6. Concluzii

Datorita multiplelor avantaje pe care le are comparativ cu alte metode, sudarea bolturilor cu arcul electric SBAE cunoaste o larga aplicare în cele mai diverse domenii. Utilizarea unor surse moderne de sudare cu caracteristici superioare permit reglarea si controlul precis a procesului de sudare respectiv asigura o flexibilitate mare a procedului.

Cercetarile experimentale au permis optimizarea parametrilor tehnologici de sudare a bolturilor din otel cu diametrul de 16mm, 19mm respectiv 22mm, folosind procedeul de sudare cu inel ceramic cu amorsare prin ridicare.

Cercetarile vor continua cu realizarea probele sudate necesare în vederea omologării tehnologiilor de sudare si a elaborării specificatiei procedurilor de sudare aferente WPS, în vederea aplicării la beneficiar.

## 7. Bibliografie

1. Burca M. si Tunea D. - Tehnologia sudării prin topire – Indrumator de laborator, Lito. U.T.T., 1993.
2. Rainer Trillmich. - Asigurarea calitatii la sudarea bolturilor, Rev. Sudura, Nr.2, 2001.
3. \*\*\* EN ISO 14555/1998 – Schweißen - Lichtbogenbolzenschweißen von metallischen werkstoffen
4. \*\*\*...EN ISO 13918/1998 – Schweißen – Bolzen und Keramikringe zum Lichtbogenbolzenschweißen
4. \*\*\* AWS Welding Handbook, Eighth Edition, Volume 2.