

RESEARCH ON X 42 AND X 52 STEEL WELDABILITY BY MAG-STT PROCEDURE

CERCETĂRI PRIVIND SUDAREA OȚELULUI X 42 ȘI X 52 PRIN PROCEDEUL MAG - STT

Radu Mihai MAZILU

Transilvania University of Brasov, Romania

Abstract. This paper presents research into the use of MIG-MAG welding in STT version (surface tension transfer) in the welding of root layers. The aim for researching this aspect is to increase the range of applications of the STT variant of the process. The research consisted in welding two steels, X 42 and X 52, widely used in the construction of oil fluid carrier magistral pipelines. Each material was root welded by a different procedure. Steel X 42 was manually metal-arc root welded and root X 52 was root welded by MAG - STT. Subsequently filling layers were manually metal-arc welded to both materials.

Result assessment of the completed mechanical tests showed that the samples extracted from the MAG - STT root welded specimens displayed superior mechanical properties to those manually metal-arc roots welded. Root layers were welded by means of "INVERTEC STT II" equipment made by Lincoln, and the filling layers were deposited by means of covered electrode simple manual welding equipment. The study is useful in that it certifies the applicability with good results of the discussed process in pipeline welding and also sets the groundwork for research on the welding of fittings (valves) on pipelines.

Keywords: pipelines, gas welding protective environment MIG / MAG - STT, mechanical tests, fittings for pipelines

1. Introduction

1.1. Scope. Motivation

Welding represents the most important phase in the industrial assembly of oil and natural gas carrier magistral pipelines. Hence welding technologies undergo permanent improvement, optimisation and modernising. This area has thus known numerous innovations, and currently state of the art highly efficient welding technologies are applied.

The context in which this research is effective refers to the possible novel approaches facilitated by the evolution of equipment, considering the requirements of current standards in the field and operational safety factors.

The construction of the equipment (Figure 1) is able to rapidly modify the welding current such as

Rezumat. În lucrare se prezintă cercetări în ce privește utilizarea procedurii de sudare MIG-MAG în varianta STT (transferul tensiunii superficiale), la sudarea straturilor de rădăcină. Scopul cercetării acestui aspect este de a lărgi gama de aplicații a variantei STT a procedurii. Cercetarea a constat din sudarea a două oțeluri utilizate larg în construcția rețelelor de conducte magistrale transportatoare de fluide petroliere, și anume X 42 și X 52. Fiecare material în parte a fost sudat la rădăcină cu alt procedeu. Oțelul X 42 s-a sudat la rădăcină cu electric manual, iar X 52 s-a sudat la rădăcină prin MAG - STT. Au urmat apoi straturile de umplere sudate la ambele materiale prin procedeul electric manual.

După încercările mecanice și interpretarea rezultatelor, s-a ajuns la concluzia că epruvetele alese din probele sudate la rădăcină prin procedeul MAG - STT prezintă calități mecanice superioare celor sudate la rădăcină prin procedeul electric manual. Utilajul folosit la sudarea stratului de rădăcină este produs de firma Lincoln și este de tipul "INVERTEC STT II", iar pentru straturile de umplere s-a utilizat aparatură simplă de sudare electrică manual cu electrod învelit. Studiul își găsește utilitatea prin faptul că certifică aplicarea procedurii la sudarea conductelor magistrale cu bune rezultate și constituie premisa pentru cercetări privind sudarea armăturilor (robinete) cu conductele magistrale.

Cuvinte cheie: conducte magistrale, sudarea în mediu de gaze protectoare MIG/MAG - STT, încercări mecanice, armături pentru conducte magistrale

1. Introducere

1.1. Domeniu de aplicare. Motivație

În procesul industrial de montaj al conductelor magistrale ce transportă fluide petroliere și gaze naturale, operațiile tehnologice de sudare reprezintă cea mai importantă fază a lucrărilor. Pentru acest lucru, tehnologiile de sudare se îmbunătățesc continuu și li se aduc permanent optimizări și modernizări. În acest domeniu al activităților economice, s-au adus numeroase inovații și s-au aplicat cele mai moderne și eficiente tehnologii de sudare.

Contextul în care această cercetare se face eficientă, este cel în care evoluția echipamentelor de lucru poate conferi noi abordări, ținându-se cont de cerințele standardelor actuale în domeniu, precum și de factorii de siguranță în exploatare.

Construcția aparatului (figura 1) este capabilă să modifice rapid curentul de sudare pentru a

to meet the instantaneous requirements of the arc and optimize its stability. Identifying current changes and thus the state of the wire electrode, allows the source can to provide different welding current values in order to minimize splashing. Both peak and background current can be adjusted [1].

răspunde cerințelor instantanee ale arcului și să optimizeze stabilitatea acestuia. Detectând modificările de curent și astfel care este starea sârmei electrod, sursa poate furniza curenți de sudare de valori diferite pentru a micșora stropirea. Pot fi reglate ambele valori de curent, cel de vârf și cel de bază [1].



Figure 1. Utilised welding power source – INVERTEC STT
 Figura 1. Sursa de sudare utilizată – INVERTEC STT

1.2. Case study

Experiments were conducted on two steels widely used for magistral pipelines: X 42 (L 290 NB - group 1.2 according to EN 15608) (Figure 2) and X 52 (L 360 GA - Group 1.2 CEN ISO / TR 15608) (Figure 3), both according to API/5L.

Two welding procedures were selected for this study, symbolized according to EN ISO 4063 (which sets reference codes for welding processes) [Table 1]:

- 111 – manual metal arc-welding with covered electrode;
- 135 – MAG welding; metal-arc welding with non-inert gas shield [2].

Welding positions according to ISO 6947 are:

- PF – vertical upwards progression;
- PG – vertical downwards progression [2].

Tests were conducted according to EN ISO 15614-1:2005 / A1: 2008.

All samples were welded with 30° V-joints [3].

Typical auxiliary equipment was deployed, namely a welding box including a welding table, clamping devices and positioning devices, as well as protective working equipment (Figure 4).

1.2. Studiul de caz

Cercetarea a vizat utilizat două materiale comune în industria conductelor magistrale: oțelurile X 42 (L 290 NB – grupa 1.2 conf. EN 15608) (Figura 2) și X 52 (L 360 GA – grupa 1.2 CEN ISO/TR 15608) (Figura 3), ambele conform API/5L.

Au fost alese pentru studiu două proceduri de sudare, simbolizate conform EN ISO 4063 (care stabilește codurile de referință ale procedeelor de sudare) [tabelul 1]:

- 111 – sudarea electrică manuală cu electrod învelit;
- 135 – sudarea cu arc electric cu electrod fuzibil în mediu de gaz activ [2].

Pozițiile de sudare în acord cu ISO 6947 sunt:

- PF – vertical ascendent;
- PG – vertical descendent [2].

Testările s-au făcut în conformitate cu EN ISO 15614-1:2005/A1:2008.

La toate probele s-a prelucrat rost de sudură în formă de “V” cu deschiderea de 30° [3].

SDV-istica este cea uzuală, respectiv boxa de sudură dotată cu masa de sudare, menghine de fixare și dispozitive de poziționare, precum și echipamentul de lucru și protecție (figura 4).

Table 1. Technical parameters of experiments
Tabelul 1. Condițiile tehnice ale experimentelor

		SAMPLE I - X 42	SAMPLE II - X 52
WELDING PROCESS		root 111(PF) + filler 111(PF)	root 135(PG) + filler 111(PF)
Joint type		butt weld	butt weld
BM Specification EN 10208/2		X 42, API – 5L/91	X 52, API – 5L/91
Outside diameter		$\Phi = 323.9$ mm	$\Phi = 508$ mm
Material thickness		t = 12.5 mm	t = 8.8 mm
Root	Procedure	111- (PF) Metal arc welding	135 – (PG) Gas-shielding metal-arc welding
	All weld metal	covered electrode type FOX EV PIPE (E 42 4 B 12 H5 acc. EN 2560-A)	welding wire type SUPRAMIG (ER70S6 acc. AWS A5. 18-93)
Filler	Procedure	111- (PF) Metal arc welding	111 - (PF) Metal arc welding
	All weld metal	covered electrode type FRO SANBAZ (E 42 5 B 42 H5 acc. EN 2560-A)	covered electrode type SANBAZ (E 7018-1H4R acc. AWS A5.1)
Shielding Gas		-	CO ₂ = 99.99% (C1 acc. to EN 439)
Type of Welding Current		DC+	CC+
Welding positions		PF	135(PG) + 111(PF)
Interpass temperature		200 °C	200 °C
Gas Flow Rate – Shielding		-	15 – 20 l/min



Figure 2. Parent metal X 42
Figura 2. Material de bază X 42



Figure 3. Parent metal X 52
Figura 3. Material de bază X 52



Figure 4. Welding device
Figura 4. Dispozitiv de lucru

Table 1 shows the technical parameters for these two experiments. Work costs could be diminished by using relatively low-cost electrodes and CO₂ shielding gas.

MAG - STT welding was applied to the root layer by means of Invertec STT II equipment made by Lincoln with a rigid characteristic. Characteristic for this source is the utilisation of a peak current that controls arc length and of a background current, which determines weld shape. Wire feed speed determines the deposition rate. The heat input (tail out) increases the power of the arc. Deposition rate increases with wire diameter, which can be of maximum 1.6 mm [1].

2. Practical experiments

2.1. Experiment no. I

Butt welding of two pipes made from X 42 steel, exterior diameter $\Phi = 323.9$ mm, wall thickness t = 12.5 mm (Figures 5 and 6).

Pentru aceste două experimente, condițiile tehnice în care s-au executat probele sudate sunt prezentate în Tabelul 1. O reducere a costurilor operațiilor s-a putut face prin utilizarea unor electrozi relativ ieftini și a gazului de protecție CO₂.

Pentru stratul de rădăcină s-a utilizat procedeul de sudare MAG – STT. Aparatura utilizată este Lincoln tip Invertec STT II, cu caracteristică rigidă. Specific acestei surse este utilizarea unui curent de vârf, care controlează lungimea arcului, și un curent de bază, care determină forma cordonului de sudură. Viteza de avans a sârmei determină rata de depunere. Aportul de căldură (tailout) mărește puterea din arcul electric. Rata de depunere crește odată cu creșterea diametrului sârmei, care poate fi de maxim 1,6 mm [1].

2. Experimentările practice

2.1. Experimentul nr. I

Sudarea cap la cap a două țevi din X 42, diametru exterior $\Phi = 323.9$ mm, grosimea peretelui țevii t = 12,5 mm (Figurile 5 și 6).



Figure 5. Root layer welding - X 42
Figura 5. Sudarea stratului de rădăcină - X 42



Figure 6. Root layer X 42
Figura 6. Strat de rădăcină X 42

2.1.1. Test specifics

This sample was manually metal-arc welded with a root and 3 filling layers. Table 2 features the welding parameters [4].

2.1.1. Detaliile testului

Această probă a fost sudată prin procedeul electric manual, executându-se un strat de rădăcină și trei straturi de umplere. Parametrii de sudare sunt prezentați în tabelul 2 [4].

Table 2. Welding parameters for X 42
Tabelul 2. Parametrii de sudare pentru X 42

Run	Process	Size of filler material (mm)	Current (A)	Voltage (V)	Tip of current /polarity
1	111	2.5	60-70	22-24	DC +
2-4	111	3.25	110-120	22-24	DC +

2.1.2. Test results

Table 3 presents the results of the tensile test. Tensile strength values (R_m) are superior to the minimum strength required by EN ISO 15614-1:2005 / A1: 2008. Breaking occurred in the base material. Further, satisfactory results were achieved in the bending tests [5].

2.1.2. Rezultatele testelor

În tabelul 3 sunt prezentate rezultatele la încercarea la tracțiune. Valorile de rezistență la rupere (R_m) sunt superioare celor de rezistență minimă cerută de EN ISO 15614-1:2005/A1:2008. Ruperea s-a produs în materialul de bază. Rezultatele testelor la îndoire sunt satisfăcătoare [5].

Table 3. Tensile tests
Tabelul 3. Încercările la tracțiune

Type/No.	R_m (N/mm ²)	Fracture location	Remarks
Requirements	min. 415	-	-
PF	462	Base material	Satisfactory
PF	458	Base material	Satisfactory

Temperature: $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$

2.2 Experiment no. II

Butt welding of two pipes made from X 52 steel, exterior diameter $\Phi = 508$ mm, wall thickness, $t = 8.8$ mm (Figures 7 and 8).

2.2. Experimentul nr. II

Sudarea cap la cap a două țevi din X 52, diametru exterior $\Phi = 508$ mm, grosimea peretelui țevii $t = 8,8$ mm (figurile 7 și 8).

2.2.1. Test specifics

A root layer was welded by MAG - STT and two filling layers were manually metal-arc welded with covered electrode. Table 4 presents the welding parameters [5, 6].

2.2.1. Detaliile testului

Proba s-a obținut prin sudarea unui strat de rădăcină prin procedeul MAG - STT și două straturi de umplere prin sudare electrică manuală cu electrod învelit. Parametrii de sudare sunt prezentați în tabelul 4 [5, 6].



Figure 7. Root layer welding - X 52
Figura 7. Sudarea stratului de rădăcină – X 52



Figure 8. Root layer X 52
Figura 8. Strat de rădăcină – X 52

Table 4. Welding parameters for X 52
Tabelul 4. Parametrii de sudare pentru X 52

Run	Process	Size of Filler Material (mm)	Current (A)	Voltage (V)	Type of current / polarity
1	135	1.2	115-120	16.5-17.5	CC +
2-3	111	3.2	110-120	22-24	CC +

2.2.2. Test results

Table 5 presents the results of the tensile tests. The obtained values are satisfactory, R_m exceeding standard requirements [7]. In this case too, breaking occurred in the base material.

The results of bending tests correspond to current standard requirements.

2.2.2. Rezultatele testelor

În tabelul 5 sunt prezentate rezultatele testelor la încercarea la tracțiune. Valorile care s-au obținut sunt satisfăcătoare, R_m fiind mai mari decât cerințele standardelor [7]. Și în acest caz, ruperea s-a produs în materialul de bază.

Rezultatele încercărilor la îndoire sunt corespunzătoare cerințelor standardelor în vigoare.

Table 5. Tensile tests
Tabelul 5. Încercările la tracțiune

Type/no.	R_m (N/mm ²)	A (%) on	Fracture Location	Remarks
Requirements	460-620	-	-	-
PF	618	24	Base Material	Satisfactory
PF	619	21	Base Material	Satisfactory

Temperature: T = 20 °C

3. Conclusions

The conducted experiments and analysis of the data obtained from mechanical tests yield the conclusion that MIG / MAG - STT welding of the root layer essentially improves quality and mechanical properties of the weld.

In view of the importance of penetration in root layer welding, the study focused on identifying the most adequate welding process. It could be established that compared to manual electric welding, MAG - STT ensures improved strength of the root layer.

3. Concluzii

În experimentele efectuate, după analizarea datelor obținute din încercările mecanice s-a ajuns la concluzia că utilizarea procesului de sudare MIG / MAG - STT la executarea stratului de rădăcină aduce beneficii esențiale în ceea ce privește calitatea și proprietățile mecanice ale sudurii.

Cunoscând importanța pătrunderii la executarea sudurii stratului de rădăcină atenția a fost îndreptată spre realizarea acestuia prin procedeul de sudare cel mai adecvat. Se constată că în comparație cu procesul de sudare electric manual, utilizarea procedeului de sudare în mediu de gaz protector MAG - STT la sudarea stratului de rădăcină duce la

In addition to these findings, MAG - STT also ensures better electric arc stability, low smoke density, as well as the possibility of using all welding positions [6, 7].

The study opens research perspectives related to the welding of fittings (valves) in magistral pipelines and applicability of high efficiency and high deposition rate procedures, like TANDEM, in filling welding.

rezultate mai bune ale valorilor rezistenței la rupere.

Împreună cu aceste constatări, în utilizarea procesului de MAG - STT a fost remarcată o bună stabilitate a arcului electric, o emanație redusă de noxe, precum și posibilitatea utilizării tuturor pozițiilor de sudare.

Studiul deschide perspective de cercetare în ce privește asamblarea armăturilor (robineților) la conducte magistrale și aplicarea la sudarea de umplere a unor procedee de mare randament, cu o rată mare de depunere, așa cum este sudarea TANDEM.

Acknowledgement. This paper is supported by the Sectorial Operational Programme Human Resources Development (SOP HRD) ID 76945, financed from the European Social Fund and by the Romanian Government under contract number POSDRU/107/1.5/S/76945.

References

1. *** The Lincoln Electric Company (2012) *Product Catalogue - Invertec STT II*. Lincoln Global, Inc., Cleveland, USA
2. *** EN ISO 15614-1:(2008) *Specification and qualification of welding procedures for metallic materials. Welding procedure test*. Official edition
3. *** (2007) *Welding of pipelines and related facilities*. Specification ANSI/API 5L, Edition 44
4. *** (2001) *Colecția de standarde comentate în domeniul sudării și tehnicilor conexe (Commented collection of standards in welding and related techniques)*. Vol. I, Sudura, ISBN 973-8359-01-5, Timișoara, România (in Romanian)
5. *** *Sudarea metalelor. Clasificare și terminologie (Welding metals. Classification procedures and terminology)*. Romanian standard STAS 5555/2 (in Romanian)
6. Angheloa, N. et al. (1992) *Sudarea în mediu de gaze protectoare (Welding in protective gas environment)* Editura Tehnică, Bucharest, Romania (in Romanian)
7. Burca, M., Negoșescu, S. (2004) *Sudarea MIG/MAG (MIG/MAG Welding)*. Editura Sudura, ISBN 973-8359-22-8, Timișoara, România (in Romanian)

Received in June 2013

Lucrare primită în Iunie 2013