

## Aspecte tehnologice la încărcarea prin sudare MIG/MAG a pieselor din fonte cenușii

### Technological aspects in MIG/MAG surfacing by welding of gray cast iron parts

Ing. Lucian Drăguț, fiz. Andreea Bobic, ing. Constantin Zelenco – ISIM Timișoara

#### 1. Introducere

Mecanizarea operațiilor de sudare, datorită efectelor sale cunoscute, constituie o tendință importantă atât pe plan mondial, cât și pe plan național. Ea a fost mult extinsă la sudarea oțelurilor, aluminiului și aliajelor de aluminiu, cât și la alte tipuri de materiale. În acest domeniu, ISIM Timișoara, ca institut național de profil, a avut o activitate susținută și rezultate notabile în promovarea unor procedee performante de sudare mecanizată în mediu de gaze protectoare sau sub strat de flux. Sudarea fontelor a făcut până acum câțiva ani excepție de la această tendință datorită aspectelor specifice de la sudarea fontelor, cât și lipsei materialelor de sudare adecvate și, implicit, a unor tehnologii performante.

Pe plan național, sudarea și recondiționarea pieselor din fonte se realizează, încă, prin sudare manuală cu electrozi înveliți, procedeu care asigură o productivitate redusă și un nivel calitativ puternic influențat de factorul uman. La sudare se utilizează electrozi înveliți slab aliați, cu „modificatori” în înveliș pentru sudarea „la cald” (încălzirea pieselor la 600-800°C și menținerea temperaturii acestora pe tot parcursul procesului de sudare), sau electrozi înalt aliați pentru sudarea „la rece” (piese fără preîncălzire sau ușoare preîncălziri la 50-200°C, funcție de dimensiunile pieselor). Pentru aliere se utilizează Ni în procente de 45-95%, Cu în procente de 25-30%.

Recondiționarea pieselor din fontă este o activitate importantă și deosebit de eficientă, în special în cazul celor de dimensiuni mari (batiuri de mașini unelte, blocuri și motoare navale de compresoare de tractoare etc.). Mecanizarea operațiilor de sudare, respectiv introducerea unor tehnologii performante conduce la importante reduceri ale costurilor de producție (cca. 20% doar la reduceri ale consumului de materiale de adaos), ridicarea nivelului calitativ, cât și la creșterea productivității lucrărilor de sudare.

Pe plan internațional, în afara tehnologiilor de sudare manuală cu electrozi înveliți, datorită dezvoltării și promovării în ultimii ani a unor sârme pline și tubulare înalt aliate cu Ni cu diametru mic, s-au putut cerceta și implementa tehnologii performante de sudare și recondiționare mecanizată în mediu de gaze sau amestecuri de gaze protectoare (MIG/MAG, WIG).

Dezvoltarea acestor materiale speciale, cât și a unor noi amestecuri de gaze de protecție a permis elaborarea și promovarea unor tehnologii de sudare performante care conduc la extinderea mecanizării operațiilor de sudare și recondiționare și în cazul pieselor din fonte.

Scopul cercetărilor din cadrul acestei lucrări a fost de a analiza unele aspecte tehnologice la sudarea MIG/MAG a

#### 1. Introduction

The mechanization of welding operations, due to its known effects, constitutes an important tendency worldwide. This was extended to steel, aluminium, aluminium alloys and other materials welding. In this field, ISIM Timisoara, as a national welding institute, had a sustained activity and significant results in promoting processes for mechanized gas shielded and submerged arc welding. Cast iron welding was an exception for several years, in this tendency due to the specific aspects, as well as the lack of adequate welding materials and technology.

In our country, the welding and rehabilitation of cast iron parts is still done by manual covered electrode welding, a process that assures a reduced productivity and a quality level strongly influenced by the human factor. Low-alloyed covered electrodes with „modifiers” in coating for „hot” welding (parts heating at 600-800°C and maintaining their temperature during the welding process) or high-alloyed electrodes for „cold welding” (parts without preheating or with preheating at 50-200°C, depending on the parts dimensions). Ni is used 45-95% and Cu 25-30% as alloying elements.

Rehabilitation of cast iron parts is an important and very efficient activity, especially in case of large dimensions (machine-tool beds, naval blocks and engines for compressor tractors etc.). The mechanization of welding operations and implementation of technologies, lead to important reduction of production costs. For example the reduction of filler material consumption is about 20% only. It is a means of improving the quality level and welding operation productivity.

Internationally, besides the manual covered electrode welding, due to the development and promotion, in the last years, of new small diameter, Ni high-alloyed cored and solid wires and (MIG/MAG, WIG) gas shielded welding and rehabilitation technologies were studied and implemented.

The development of new materials and shielding gas mixtures allowed the elaboration and promotion of welding technologies which lead to the expansion of mechanized welding and rehabilitation operations in the case of cast iron parts, too.

The goal of this paper was to analyze some technological aspects in MIG/MAG welding of gray cast irons and to establish the optimal parameters of the welding technology.

#### 2. Consideration on cast iron characteristics and their welding behaviour

The elaboration and utilization of a large variety of cast irons in our country, beginning with non-alloyed gray cast

fontelor cenușii și determinarea parametrilor optimi ai tehnologiilor de sudare.

## 2. Considerații privind caracteristicile fontelor din punct de vedere al sudabilității acestora

Elaborarea și utilizarea în țară a unei game largi de fonte, începând cu cele cenușii nealiate și terminând cu fontele rezistente la uzare abrazivă și cele refractare cu un conținut ridicat în elemente de aliere, impune abordarea diferențiată a sudării acestora și stabilirea unei corelații între performanțele tehnice și tehnologice și domeniul de utilizare.

Din categoria fontelor nealiate sunt standardizate și se află în fabricație curentă următoarele tipuri:

- după aspectul ruperii:
  - fonte cenușii - ISO R 185/61,
  - fonte pestrițe - ISO R 5922/81,
  - fonte albe - BS 4944/1986.
- după forma grafitului:
  - fonte cu grafit lamelar - SR EN 1561-99,
  - fonte cu grafit nodular - SR EN 1563-99,
  - fonte cu grafit în cuiburi - SR EN 1562-99.

În cadrul acestei lucrări au fost urmărite câteva aspecte tehnologice la sudarea MIG/MAG a pieselor din fonte cenușii, acestea fiind cele mai uzuale tipuri de fonte utilizate în țară.

Fontele cenușii, caracterizate prin prezența grafitului în structură, sunt după natura masei structurale de bază: fonte feritice, ferito-perlitice și perlitice. Ele cristalizează deplin după sistemul Fe-C (grafit) numai în cazul celor feritice și al celor perlitice și perlito-feritice până la temperatura  $A_1$  sub care transformările în stare solidă decurg complet (fontele perlitice) sau parțial (cele perlito-feritice) după sistemul metastabil Fe-Fe<sub>3</sub>C, fapt important în cazul procesului de sudare.

Solidificarea fontelor după sistemul stabil sau cel metastabil, respectiv formarea în structura lor fie a grafitului, fie a cementitei, depinde de compoziția chimică și de viteza de răcire. Conținuturi mai ridicate de C și/sau Si, iar într-o măsură mai mică și de P, Cu, Al, Ni, precum și o răcire lentă, favorizează – la solidificare – separarea carbonului grafitic, de obicei în forma normală, de echilibru cea lamelară, sau – în continuare – descompunerea cementitei, conducând la obținerea unei fonte feritice. Manganul sau elementele de aliere Cr, Mo, V, Ti, W (care formând carburi, măresc stabilitatea cementitei), precum și o viteză de răcire mare, împiedică grafitizarea, favorizând obținerea perlitice sau a cementitei în masa de bază.

Alături de masa metalică de bază (perlitică, feritică, cementită), determinante atât pentru proprietățile fizico-mecanice, cât și pentru prelucrabilitatea fontelor, sunt cantitatea și forma grafitului din structură (lamelar, vermicular, nodular, în cuib).

Incluziunile de grafit au efect de micșorare a secțiunii și de încreștere (concentratori de tensiune) asupra masei metalice de bază. Acțiunea defavorabilă minimă o au formațiuni de grafit cât mai sferoidale, fine, uniform distribuite, izolate (grafit nodular, punctiform).

Prin conținuturi mai scăzute de C și asigurarea unor forme adecvate ale grafitului se poate îmbunătăți, așadar, rezistența fontelor și a îmbinărilor sudate ale acestora, reducându-se fragilitatea lor. Concomitent însă, o cantitate mai redusă de

irons and ending with abrasive wear resistant and heat resistant cast irons with a high level of alloying elements, impose a differential approach of their welding and the establishment of a correlation between the technical and technological performances as well as the application field.

From non-alloyed cast irons category the following types are standardized and in current fabrication:

- depending on the fracture aspect:
  - gray cast iron - ISO R 185/61,
  - mottled cast iron - ISO R 5922/81,
  - white cast iron - BS 4944/1986.
- depending on the graphite form:
  - lamellar graphite cast iron - SR EN 1561-99,
  - nodular graphite cast iron - SR EN 1563-99,
  - graphite in nests cast iron - SR EN 1562-99.

Some technological aspects in MIG/MAG gray cast iron welding were studied within this paper.

Gray cast irons, characterized by the graphite presence in their structure, depend on the nature of their base matrix: ferrite, ferrite-pearlite and pearlite cast irons. They crystallizes completely in the Fe-C system, for ferrite, ferrite-pearlite and pearlite cast irons, up to  $A_1$  temperature, when solid state transformations are completely (pearlite cast irons) or partially (ferrite-pearlite cast irons) in the Fe-Fe<sub>3</sub>C system. This is very important for the welding process.

The cast iron solidification in the stable or metastable system and the building-up of graphite or cementite in structure, depend on the chemical composition and the cooling rate. High content of C and/or Si and less P, Cu, Al, Ni, as well as a slow cooling advantages – during the solidification process – the graphite carbon separation, usually in the normal lamellar equilibrium form or – further – the cementite decomposition resulting in ferrite cast iron. Manganese or Cr, Mo, V, Ti, W as alloying elements (which form carbides increasing the cementite stability), as well as a high cooling rate hinder graphitisation, and favourize the build-up of pearlite or cementite in the base matrix.

Alongside the (ferrite, pearlite, cementite) metallic base matrix determinative both for physical and mechanical properties and cast iron workability are the quantity and form of graphite in the structure (lamellar, vermiculate, nodular, in nests).

Graphite inclusions reduce the section and has a constraining effect (stress concentrator) on the metallic base matrix. A minimal favourable effect had graphite formations as spherical, fine, uniform distributed, isolated as possible (punctiform, nodular graphite).

Low content of C and adequate graphite form can improve the cast irons strength and that of the welded joint, reducing their brittleness. Concomitantly, a reduced quantity of graphite and smaller (bended) graphite formation attract difficulties as regards the cast irons melting.

The cast iron structure and ( $R_m$ ) strength, can be managed depending on the ( $G_e = \frac{\%C}{4,25} - 0,3(\%Si + \%P)$ ) eutectic degree and the cooling rate after casting or welding.

In equilibrium conditions, if the melted metal contains sufficient graphitizing elements, the eutectic forms between austenite and graphite and is called “stable graphitic eutectic”.

grafit și, implicit, formațiuni (lamelle) de grafit mai mici atrag dificultăți în ceea ce privește topirea fontelor.

Structura fontelor și, implicit, rezistența lor ( $R_m$ ) poate fi dirijată funcție de gradul de eutecticitate ( $G_e = \frac{\%C}{4,25} - 0,3(\%Si + \%P)$ ), cât și de viteza de răcire după turnare sau sudare.

În condiții de echilibru și dacă în metalul topit se găsesc suficiente elemente grafitizante, eutecticul se formează între austenită și grafit, și poartă denumirea de „eutectic grafitic stabil”.

În cazul unor viteze de răcire în afara echilibrului, eutecticul este format între austenită și cementită, și se numește „eutectic cementitic metastabil”.

Sudura se consideră o turnare în miniatură. Metalul de bază este topit și apoi călit (restul metalului de bază având rol de răcire). În consecință, solicitarea se face în sistemul metastabil, iar sudura va avea proprietăți de ferită albă (dură și fragilă).

În condiții de echilibru, austenita se transformă printr-o reacție eutectoidă în perlită lamelară. La răcire, în afara de echilibru, la viteze mari, reacția eutectoidă este încetinită, în structură apare martensita (dură și fragilă), care poate duce la fisurare și deformare. Viteza de răcire de echilibru a fost găsită a fi aproximativ  $0,3 - 3^\circ\text{C/s}$ .

O metodă care permite evitarea stării metastabile, îmbunătățind în același timp calitatea sudurii, constă în depunerea unui strat tampon (ex.: Ni) care să creeze condiții optime sudării ulterioare.

### 3. Programul experimental

În vederea realizării scopului propus, s-au executat mai multe variante tehnologice de depuneri MIG/MAG pe plăci de fontă cenușie cu dimensiunile  $150 \times 130 \times 40$  mm. Depunerile

If the cooling rates are not in equilibrium conditions, the eutectic forms between austenite and cementite and is called „metastable cementitic eutectic”.

The weld is considered a miniature casting. The base metal is melted and then hardened (the rest of the base metal having a cooling function). Consequently, the loading is in the metastable system, and the weld will have white ferrite properties (hard and fragile).

In equilibrium conditions, austenite transforms itself by an eutectoid reaction in lamellar pearlite. When cooling, in non-equilibrium condition, at high rates, the eutectoid reaction martensite appears in structure (hard and fragile) which lead to cracking and deformation. The equilibrium cooling rate was found to be approximately  $0.3 - 3^\circ\text{C/s}$ .

A method to avoid the metastable state improving simultaneously the weld quality is the deposition of a buffer layer (e. g. Ni) to create the optimal conditions for ulterior welding.

### 3. Experimental program

In order to achieve the goal of the paper, several technological variants of MIG/MAG deposition were accomplished on gray cast iron plates of  $150 \times 130 \times 40$  mm. The depositions were made by a single pass, then cooled in calm air without air currents.

The chemical composition of sampled plates is presented in table 1.

The metallographic analysis of the sampled plates evinced ferrite and pearlite structures (F 70 / P 30), lamellar graphite, and phosphorous eutectic, specific for gray cast irons; also isolated graphite nests which can have unfavorable effects in welding, as microcrack primer.

Tabelul 1. Compoziția chimică a metalului de bază (MB) / Table 1. Chemical composition of base metal (BM)

Locul determinării / Place of testing	Compoziția chimică, [%] / Chemical composition, [%]							
	C	Mn	Si	Mo	Cr	S	P	Fe
MB / BM	3,25	0,56	2,38	0,01	0,04	0,082	0,119	rest

Tabelul 2. Cuplurile sârmă – gaz utilizate la experimentări / Table 2. Wire – shielding gas couples used in experiments

Sârmă de sudare marcă/tip / Grade/type of welding wire	Compoziția chimică, [%] / Chemical composition, [%]	Gaz de protecție marcă/tip / Grade/type of protection gas	Compoziția chimică, [%] / Chemical composition, [%]
LNM Ni-Fe / SNIfe-C1 Ø1,2 mm	Ni = 57; C = 0,70 Mn = 0,8; Si = 0,1 Fe = rest	Argon – II	Ar = 100
		Corgon 18 – M.2.1	Ar = 82; CO <sub>2</sub> = 18
		Dioxid de carbon – C1	CO <sub>2</sub> = 100

au fost realizate într-un singur strat, apoi au fost lăsate să se răcească în aer liniștit, fără curenți de aer.

Compoziția chimică a plăcilor de probă este prezentată în tabelul 1.

Analiza metalografică a plăcilor de probă a pus în evidență structuri de ferită și perlită (F 70 / P 30), grafit lamelar, eutectic fosforos, specifice fontelor cenușii; izolat s-au constatat cuiburi de grafit care pot avea efecte nefavorabile la sudare, ca amorse de microfisuri.

#### 3.1. Materiale de adaos și gaze de protecție

Din multitudinea de sârme de sudare și gaze de protecție utilizabile la sudarea MIG/MAG, s-au ales pentru experimentări trei tipuri de cupluri sârmă – gaz de protecție, și anume:

- SNIfe-C1 (ISO 1071-01) – II (SR EN 439-93);

#### 3.1. Filler materials and protection gases

From the multitude of welding wires and shielding gases used in MIG/MAG welding, three types of wire – shielding gas couples were selected for experiments, namely:

- SNIfe-C1 (ISO 1071-01) – II (SR EN 439-93);
- SNIfe-C1 (ISO 1071-01) – M.2.1 (SR EN 439-93);
- SNIfe-C1 (ISO 1071-01) – C1 (SR EN 439-93).

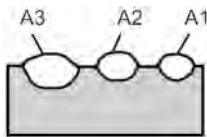
The used wires and shielding gases are presented in table 2.

The use of a nickel and iron combination alloyed wire for the MIG/MAG welding of gray cast irons has the following advantages comparatively to nickel wire welding:

- increase the strength and ductility of the deposition;
- reduce the linear thermal extension of the deposition;

- SNI<sub>2</sub>Fe-C1 (ISO 1071-01) – M.2.1 (SR EN 439-93);
- SNI<sub>2</sub>Fe-C1 (ISO 1071-01) – C1 (SR EN 439-93).
- lead to the acceptance of a higher content of phosphorus in the base metal.

Tabelul 3. Fișa tehnologică cu parametrii de sudare nr. 1 / Table 3. Welding parameter sheet no. 1

ISIM Timișoara					FIȘA TEHNOLOGICĂ CU PARAMETRII DE SUDARE nr. 1 WELDING PARAMETER SHEET no. 1											
Procedeele de sudare / Welding process					Materiale de sudare / Welding materials			Metalul de bază / Base metal			Tipul îmbinării / Joint type:	depunere/ deposition				
MIG/MAG mecanizat / mechanized MIG/MAG					Sârma/ Wire	Marca/ Grade	LNM NiFe		Produs/ Product	Placă fontă / cast iron plate		Forma rostului / Gap geometry:	-			
						Norma/ Standard	EN 440-1994		Marca/ Grade	Fontă cenușie 150/ 150 gray cast iron						
					Gaz de protecție/ Shielding gas	Marca/ Grade	Argon		Norma/ Standard	ISO R 185/61		Viteza de avans / Feed rate, v <sub>as</sub> [m/min]	Tensiunea arcului / Arc voltage, U <sub>a</sub> [V]	Lungimea liberă / Free length, L [mm]	Poziția de sudare / Welding position:	orizontal/ Horizontal
						Norma/ Standard	SR EN 439-93									
Varianta / Variant	Grosimea tablei / Plate thickness [mm]	Dimensiunile depunerii / Deposition dimensions [mm]			Nr. treceri/ No. of passes	Debit de gaz / Gas flow, Q <sub>1</sub> [l/min]	Diametru sârmă electrod / Wire diameter, ∅ [mm]	Curent de sudare / Welding current, I <sub>s</sub> [A]	Viteza de avans / Feed rate, v <sub>as</sub> [m/min]	Tensiunea arcului / Arc voltage, U <sub>a</sub> [V]	Lungimea liberă / Free length, L [mm]					
		b	h	p												
A1	40	5,2	4,4	0,7	1	15	1,2	72-74	2,1-2,2	23,9-24,8	16-17					
A2	40	6,2	4,3	0,9	1	15	1,2	92-93	2,9-3,0	25,9-26,7	17-18					
A3	40	8,5	4,2	1,3	1	15	1,2	125-129	3,7-3,8	29,5-29,9	19-20					
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Natura curentului: CC<sup>+</sup>. / Current nature: CC<sup>+</sup>.</li> <li>2. Fiecare rând de sudură va fi curățat prin ciocănire și cu peria de sârmă. / Each welded seam will be cleaned by hammering and with the wire brush.</li> <li>3. Rândurile de sudură se realizează după curățire prin polizare a MB. / The welds are deposited after cleaning by polishing the BM.</li> <li>4. Temperatură de preîncălzire: 100 – 120°C. / Preheating temperature: 100 – 120°C.</li> <li>5. Fiecare depunere va fi detensionată după sudare prin ciocănire cu ciocanul de sudură timp de 5 minute. / Each deposition will be stress-relieved after welding by hammering for 5 minutes.</li> </ol>																

Sârma și gazele de protecție utilizate sunt prezentate în tabelul 2.

Utilizarea la sudarea MIG/MAG a fontelor cenușii a unei sârme în combinația nichel și fier prezintă următoarele avantaje comparativ cu sudarea cu sârmă de nichel:

- crește rezistența și ductilitatea depunerii;
- reduce coeficientul de dilatare termică a depunerii;
- conduce la acceptarea unui nivel mai ridicat de fosfor în materialul de bază.

### 3.2. Echipamentul utilizat

Pentru experimentările de sudare s-a utilizat un echipament MIG/MAG. Pistoletul s-a montat pe un tractor ce se deplasează

### 3.2. The used equipment

A MIG/MAG welding equipment was used for experiments. The gun was mounted on a tractor driving on a rolling guide to obtain stable and reproducible measured parameters.

### 3.3. Welding of specimens

In order to weld the sample with different wire – shielding gas couples, the sample plates were preheated at 100-120°C. The preheating was done with oxy-gas flame, and the temperature verification with thermocrom chalks. On each sample there were deposited, using the wire – shielding gas couple, three welded seams with different technological regimes, according to the welding parameter sheet no. 1

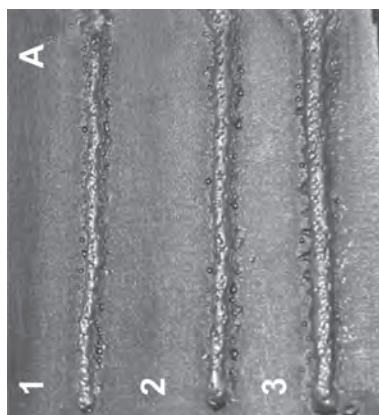


Figura 1. Depunerea prin sudare mecanizată pentru cuplul LNM NiFe – Ar

Figure 1. Mechanized welding deposition for the LNM NiFe – Ar couple

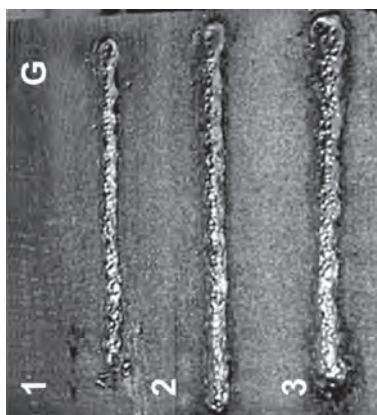


Figura 2. Depunerea prin sudare mecanizată pentru cuplul LNM NiFe – Corgon 18

Figure 2. Mechanized welding deposition for the LNM NiFe – Corgon 18 couple

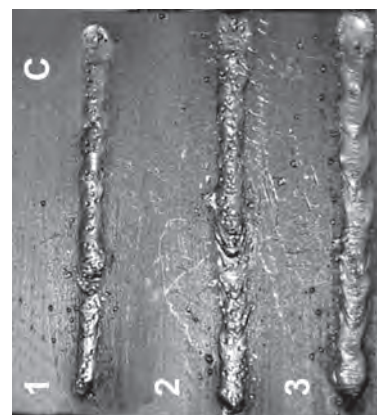


Figura 3. Depunerea prin sudare mecanizată pentru cuplul LNM NiFe – CO<sub>2</sub>

Figure 3. Mechanized welding deposition for the LNM NiFe – CO<sub>2</sub> couple

# Sudare fonte cenușii

pe un ghidaj de rulare pentru a obține valori stabile și reproductibile ale parametrilor de măsurare.

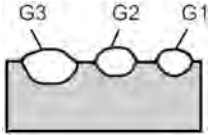
### 3.3. Executarea probelor sudate

În vederea executării probelor sudate cu diferite cupluri sârmă – gaz de protecție, plăcile de probă au fost preîncălzite

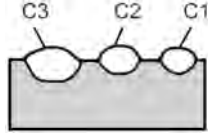
(Argon), no. 2 (Corgon 18), no. 3 (CO<sub>2</sub>) presented in tables 3, 4 and 5.

The accomplished depositions are presented in figure 1 for the LNM NiFe – Ar couple, in figure 2 for the LNM NiFe – Corgon 18 couple and in figure 3 for the LNM NiFe – CO<sub>2</sub> couple.

Tabelul 4. Fișa tehnologică cu parametrii de sudare nr. 2 / Table 4. Welding parameter sheet no. 2

ISIM Timișoara				FIȘA TEHNOLOGICĂ CU PARAMETRII DE SUDARE nr. 2										
Procedul de sudare / Welding process				Materiale de sudare / Welding materials			Metalul de bază / Base metal			Tipul îmbinării / Joint type:		depunere/ deposition		
MIG/MAG mecanizat / mechanized MIG/MAG				Sârma/ Wire	Marca/ Grade	LNM NiFe		Produs/ Product	Placă fontă / cast iron plate		Forma rostului / Gap geometry:		-	
					Norma/ Standard	EN 440-1994		Marca/ Grade	Fontă cenușie 150 / 150 gray cast iron		Poziția de sudare / Welding position:			orizontal/ horizontal
				Gaz de protecție/ Shielding gas	Marca/ Grade	Corgon 18		Norma/ Standard	ISO R 185/61					
					Norma/ Standard	SR EN 439-93								
Varianța / Variant	Grosimea tablei / Plate thickness [mm]	Dimensiunile depunerii / Deposition dimensions [mm]			Nr. treceri/ No. of passes	Debit de gaz / Gas flow, Q <sub>1</sub> [l/min]	Diametru sârmă / Wire diameter, Ø [mm]	Curent de sudare / Welding current, I <sub>s</sub> [A]	Viteza de avans / Feed rate, v <sub>as</sub> [m/min]	Tensiunea arcului / Arc voltage, U <sub>a</sub> [V]	Lungimea liberă / Free length, L [mm]			
		b	h	p										
G1	40	8,1	1,6	2,3	1	12-13	1,2	80-82	2,1-2,2	26,1-26,5	16-17			
G2	40	11,3	1,3	2,3	1	12-13	1,2	99-100	2,8-3,0	27,1-27,2	17-18			
G3	40	11,3	1,4	2,6	1	12-13	1,2	128-132	4,0-4,1	29,1-29,3	19-20			
<ol style="list-style-type: none"> <li>Natura curentului: CC<sup>+</sup>. / Current nature: CC<sup>+</sup>.</li> <li>Fiecare rând de sudură va fi curățat prin ciocănire și cu peria de sârmă. / Each welded seam will be cleaned by hammering and with the wire brush.</li> <li>Rândurile de sudură se realizează după curățare prin polizare a MB. / The welds are deposited after cleaning by polishing the BM.</li> <li>Temperatură de preîncălzire: 100 – 120°C. / Preheating temperature: 100 – 120°C.</li> <li>Fiecare depunere va fi detensionată după sudare prin ciocănire cu ciocanul de sudură timp de 5 minute. / Each deposition will be stress-relieved after welding by hammering for 5 minutes.</li> </ol>														

Tabelul 5. Fișa tehnologică cu parametrii de sudare nr. 3 / Table 5. Welding parameter sheet no. 3

ISIM Timișoara				FIȘA TEHNOLOGICĂ CU PARAMETRII DE SUDARE nr. 3										
Procedul de sudare / Welding process				Materiale de sudare / Welding materials			Metalul de bază / Base metal			Tipul îmbinării / Joint type:		depunere/ deposition		
MIG/MAG mecanizat / mechanized MIG/MAG				Sârma/ Wire	Marca/ Grade	LNM NiFe		Produs/ Product	Placă fontă / cast iron plate		Forma rostului / Gap geometry:		-	
					Norma/ Standard	EN 440-1994		Marca/ Grade	Fontă cenușie 150 / 150 gray cast iron		Poziția de sudare / Welding position:			orizontal/ Horizontal
				Gaz de protecție/ Shielding gas	Marca/ Grade	CO <sub>2</sub>		Norma/ Standard	ISO R 185/61					
					Norma/ Standard	SR EN 439-93								
Varianța / Variant	Grosimea tablei / Plate thickness [mm]	Dimensiunile depunerii / Deposition dimensions [mm]			Nr. treceri/ No. of passes	Debit de gaz / Gas flow, Q <sub>1</sub> [l/min]	Diametru sârmă / Wire diameter, Ø [mm]	Curent de sudare / Welding current, I <sub>s</sub> [A]	Viteza de avans / Feed rate, v <sub>as</sub> [m/min]	Tensiunea arcului / Arc voltage, U <sub>a</sub> [V]	Lungimea liberă / Free length, L [mm]			
		b	h	p										
C1	40	7,3	1,4	1,3	1	15	1,2	85-95	3,1-3,2	31,0-32,3	16-17			
C2	40	8,3	2,2	1,7	1	15	1,2	103-108	3,6-3,7	32,8-33,0	17-18			
C3	40	8,5	1,8	1,9	1	15	1,2	112-118	3,9-4,0	37,3-40,9	19-20			
<ol style="list-style-type: none"> <li>Natura curentului: CC<sup>+</sup>. / Current nature: CC<sup>+</sup>.</li> <li>Fiecare rând de sudură va fi curățat prin ciocănire și cu peria de sârmă. / Each welded seam will be cleaned by hammering and with the wire brush.</li> <li>Rândurile de sudură se realizează după curățare prin polizare a MB. / The welded seam is deposited after cleaning by polishing the BM.</li> <li>Temperatură de preîncălzire: 100 – 120°C. / Preheating temperature: 100 – 120°C.</li> <li>Fiecare depunere va fi detensionată după sudare prin ciocănire cu ciocanul de sudură timp de 5 minute. / Each deposition will be stress-relieved after welding by hammering for 5 minutes.</li> </ol>														

la 100-120°C. Preîncălzirea s-a efectuat cu flacăra oxigaz, iar verificarea temperaturii s-a făcut cu crete termocrom. Pe fiecare placă de probă s-au depus, cu câte un cuplu sârmă – gaz, trei rânduri de sudură cu regimuri tehnologice diferite, conform

## 4. Results

### 4.1. Examination of welding depositions

After welding, the samples with the depositions were cooled

fișelor tehnologice cu parametrii de sudare nr. 1 (Argon), nr. 2 (Corgon 18), nr. 3 (CO<sub>2</sub>) prezentate în tabelele 3, 4 și 5.

Depunerile realizate sunt prezentate în figura 1 pentru cuplul LNM NiFe – Ar, figura 2 pentru cuplul LNM NiFe – Corgon 18 și în figura 3 pentru cuplul LNM NiFe – CO<sub>2</sub>.

## 4. Rezultate

### 4.1. Examinarea depunerilor prin sudare

După sudare, probele cu depunerile prin sudură au fost lăsate să se răcească timp de 24 de ore; după acest interval de timp s-a efectuat o examinare vizuală și cu lichide penetrante a depunerilor.

În urma examinărilor au fost decelați pori izolați – indicații admise, care se încadrează conform SR EN 1289 în nivelul de acceptare 3 la depunerile G1, G2 și G3, în nivelul de acceptare 2 la depunerile C1 și C3 și nivelul de acceptare 1 la depunerile A1, A2, A3 și C2. La craterele de închidere a sudurilor C1, C2, C3 și G2 s-au constatat pori ca urmare a disfuncționalității în alimentarea cu gaz de protecție la finalizarea sudurilor.

De remarcat că, toate depunerile cu cuplul sârmă – argon au asigurat un nivel de acceptare maxim – 1.

for 24 hours; than they were subjected to examined by visual and penetrate liquids examination.

As a result of examinations, isolated pores – admitted indications were detected. According to SR EN 1289 these pores are framed in the acceptance level 3 for G1, G2 and G3 type depositions, in the acceptance level 2 for C1 and C3 type depositions and in the acceptance level 1 for A1, A2, A3 and C2 type depositions. The completing craters of the C1, C2, C3 and G2 seams present pores due to the discontinuities in the shielding gas feeding.

It was observed that all depositions using the wire – argon couple assured the maximum level of acceptance – level 1.

Also, defects of cavities type were observed for samples welded with carbon dioxide and Corgon 18, defects are in acceptable limits.

### 4.2. Optical metallographic analyses

For the metallographic structural analyses, specimens were sampled from all nine depositions. The microscopic analyses investigated the structure of heat affected zones. Results of analyses according to SR EN 1321-2001 are presented in table 6.

Tabelul 6. Aspectul microscopic al zonelor influențate termic/ Table 6. Microscopic aspect of heat affected zones

Varianta/ Variant	Constituenți / Constituents
A1	Perlită, ferită aciculară, bainită/ Pearlite, acicular ferrite, bainite
A2	Perlită, ferită aciculară, bainită/ Pearlite, acicular ferrite, bainite
A3	Perlită, ferită aciculară, eutectic ledeburitic/ Pearlite, acicular ferrite, ledeburitic eutectic
G1	Perlită, ferită aciculară, eutectic ledeburitic/ Pearlite, acicular ferrite, ledeburitic eutectic
G2	Perlită, ferită aciculară, eutectic ledeburitic/ Pearlite, acicular ferrite, ledeburitic eutectic
G3	Perlită, ferită aciculară, eutectic ledeburitic/ Pearlite, acicular ferrite, ledeburitic eutectic
C1	Perlită, ferită aciculară, bainită/ Pearlite, acicular ferrite, bainite
C2	Perlită, ferită aciculară, eutectic ledeburitic/ Pearlite, acicular ferrite, ledeburitic eutectic
C3	Perlită, ferită aciculară, bainită/ Pearlite, acicular ferrite, bainite

De asemenea, se remarcă prezența unor defecte de tipul golurilor în probele sudate în dioxid de carbon și Corgon 18, defecte în limite acceptabile.

### 4.2. Analiza metalografică optică

În vederea analizei structurale metalografice au fost prelevate probe din toate cele nouă depuneri. La analiza microscopică s-au efectuat investigații structurale asupra zonei influențate termic. Rezultatele examinărilor conform SR EN 1321-2001 sunt prezentate în tabelul 6.

### 4.3. Măsurători sclerometrice

Măsurătorile de duritate pe toate cele nouă depuneri au fost efectuate prin metoda Brinell HB1/10, pe metalul de bază, în zona influențată termic și pe metalul depus. Schița de amplasare a urmelor de duritate este prezentată în figura 4.

În figurile 5, 6 și 7 se prezintă variația durității pe zonele caracteristice sudurilor în argon, Corgon 18 și respectiv CO<sub>2</sub>.

## 5. Interpretarea rezultatelor

Analiza rezultatelor obținute în urma experimentărilor cu trei cupluri sârmă – gaz de protecție, și anume: SNiFe–C1–argon; SNiFe–C1–Corgon18; SNiFe–C1–CO<sub>2</sub>, utilizându-se trei regimuri tehnologice pentru fiecare, a arătat că la sudarea

### 4.3. Hardness measurements

The hardness measurements on all nine depositions were accomplished by the HB1/10 Brinell method on the base metal, heat affected zone and weld metal. The arrangement of the hardness traces are presented in figure 4.

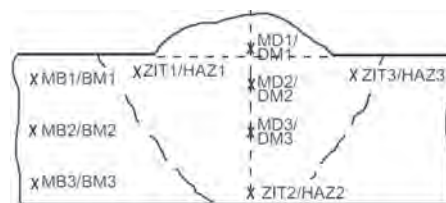


Figura 4. Schița de amplasare a urmelor de duritate  
Figure 4. Arrangement of the hardness traces

Figures 5, 6 and 7 present the variation of hardness on characteristic zones of deposits made in Argon, Corgon 18 and CO<sub>2</sub>, respectively.

## 5. Result interpretation

The analysis of results obtained after experiments with three wire – shielding gas couples, namely: SNiFe–C1–argon; SNiFe–C1–Corgon18; SNiFe–C1–CO<sub>2</sub>, using three

în argon s-au obținut suduri fără defecte (fisuri, goluri) pe o plajă mai largă a regimului tehnologic.

Dimensiunile sudurilor variază semnificativ la schimbarea gazului de protecție, pătrunderile fiind de cca. trei ori mai mici la sudarea în argon față de CO<sub>2</sub>, iar înălțimile de 3,5 ori mai mari.

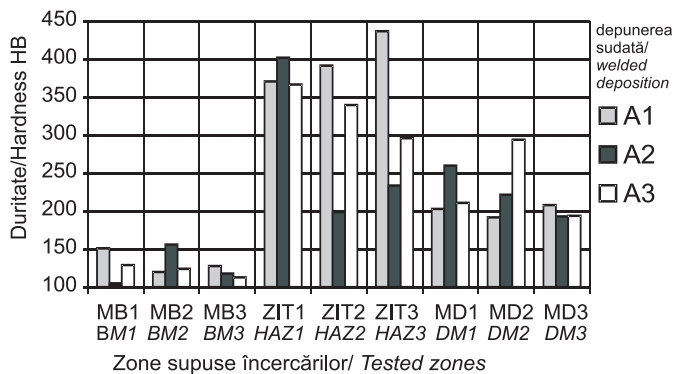


Figura 5. Variația durității pe zonele caracteristice sudurilor în argon

Figure 5. Variation of hardness on characteristic zones of deposits made in Argon

Din punct de vedere al durității în zonele influențate termic, se constată variații destul de mari, duritățile cele mai favorabile obținându-se la sudarea în CO<sub>2</sub> cu regimul tehnologic nr. 3, dar cu o stropire ridicată.

Regimurile tehnologice utilizate asigură o durificare structurală mai puțin accentuată la sudarea în CO<sub>2</sub> și mai accentuată la sudarea în argon sau Corgon 18, corelată cu microstructurile decelate.

## 6. Concluzie

Utilizarea cuplului sârmă LNM NiFe - argon asigură rezultatele cele mai bune la încărcarea prin sudare a fontelor cenușii, când nu este necesară o pătrundere mare, dar este important volumul depunerilor și calitatea acestora (lipsa fisurilor, a golurilor etc).

Utilizarea cuplului sârmă LNM NiFe - CO<sub>2</sub> asigură rezultate acceptabile la îmbinarea prin sudare a unor piese din fontă cenușie, cu utilizarea a unor energii liniare mai ridicate, dar cu riscul apariției unor goluri mici și stropire ridicată la sudare.

## Bibliografie/ Bibliography

- [1]. \*\*\*: Welding Handbook, vol. 2, 8<sup>th</sup> Edition, Welding Processes, 1991 American Welding Society, Miami
- [2]. Drăguț, L. ș.a.: Tehnologii performante pentru sudarea cu materiale speciale a unor produse din fonte pentru industria construcțiilor de mașini, faza 1,2, Raport de cercetare ISIM Timișoara, 2003-2005
- [3]. Dehelean, D.: Sudarea prin topire, Editura Sudura, Timișoara, 1997
- [4]. Zhou, Z. F. ș.a.: Document IIW-II-1231-94 – New Advances For cast Iron Welding in China in the last decade - 1994
- [5]. Stenke, V.: Influența parametrilor de sudare asupra sudării, la sudarea MAG mecanizată, SUDURA– ASR, nr. 2, 1993, p. 6-10
- [6]. \*\*\*: GMAW of Nodular Iron to Rolled Steel, Conferința Internațională „Sudarea în mediu de gaz protector”, 12-13.06.2002, Timișoara

technological regimes for each of them, showed that sound welds (without cracks and pores) were obtained for argon on a wider range of the technological regime.

The dimensions of depositions vary significantly with different shielding gases, penetrations are about three times

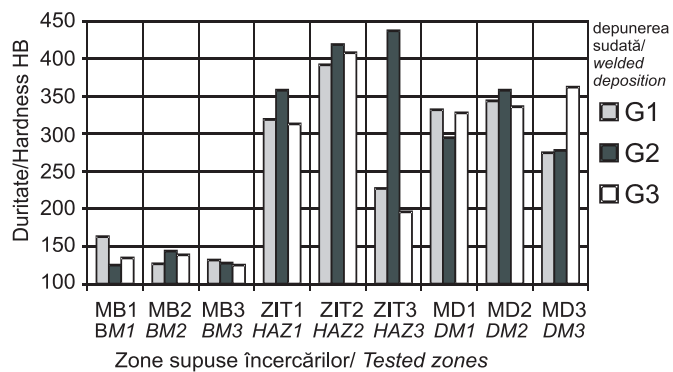


Figura 6. Variația durității pe zonele caracteristice sudurilor în Corgon 18

Figure 6. Variation of hardness on characteristic zones of deposits made in Corgon 18

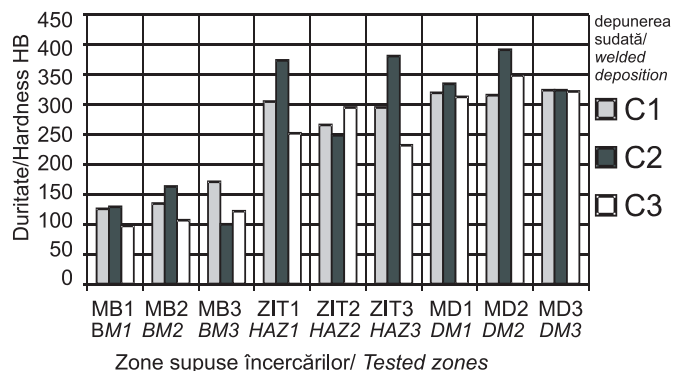


Figura 7. Variația durității pe zonele caracteristice sudurilor în CO<sub>2</sub>

Figure 7. Variation of hardness on characteristic zones of welds made in CO<sub>2</sub>

smaller for argon comparatively with CO<sub>2</sub> and weld heights are 3.5 times bigger.

As concerns heat affected zone hardness, there are large variations; the most favorable ones are obtained for CO<sub>2</sub> welding using the no. 3 technological regime, but the spatter was bigger.

Used technological regimes assure a structural hardening less important for CO<sub>2</sub> welding and more important for Argon or Corgon 18 welding, in correlation with the detected microstructures.

## 6. Conclusion

The use of the LNM NiFe - Argon couple assures the best results for deposition by welding of gray cast irons, when there is not need for deep penetration, but the volume and the quality of depositions are important (lack of cracks and pores).

The use of the LNM NiFe - CO<sub>2</sub> couple assures acceptable results in gray cast iron, using high input energy, but there is the risk for small pores and much spatter.

