

Optimizarea regimurilor sinergice la sudarea MIG cu curent pulsant

Optimizing synergic regimes in pulsed MIG welding

S.I. ing. Luigi MISTODIE

Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați – Catedra de Robotică și Sudare

1. Introducere

Sudarea MIG reprezintă la ora actuală un procedeu cu extindere largă în multe domenii industriale. Acest lucru se datorează avantajelor pe care acesta le oferă: productivitate mare, calitate crescută a îmbinării, posibilități de mecanizare și robotizare.

În paralel cu extinderea domeniului de aplicație s-au dezvoltat continuu și au apărut materiale și tehnologii noi, surse de sudare sinergice digitale performante.

Eficientizarea operației de sudare impune reducerea timpului de sudare, a manoperei, a consumului de energie, a materialelor de adaos, în condițiile în care cordonul are o calitate crescută iar aspectele legate de condițiile de muncă (fum, noxe) sunt printre cele mai bune [1,2].

Aceste lucruri se realizează prin:

- alegerea unui diametru d_e , pentru sârma electrod cât mai mare. Acest lucru duce la obținerea unei rate mari de depunere și cost redus pentru metalul de adaos, perturbații reduse ale lungimii arcului și uniformitate bună a vitezei de avans;
- utilizarea sudării MAG-M în curent pulsant care prezintă avantajele cunoscute, transfer controlat, ZIT de dimensiuni reduse etc.

"O singură sârmă, un singur gaz, un singur echipament", reprezintă un concept care își găsește aplicabilitate în condițiile restructurării industriei românești, prin dezvoltarea întreprinderilor mici și mijlocii. Astfel, se pune din ce în ce mai mult accentul pe dezvoltarea producției de produse sudate în întreprinderile mici și mijlocii. În această situație este avantajos, pentru reducerea costurilor, să se găsească o soluție tehnică, care să permită realizarea într-un mod unitar a tuturor îmbinărilor sudate din oțeluri nealiat, cu puțin carbon și a oțelurilor slab aliate, cu grosimi de peste 3 mm. Una dintre soluții ar fi utilizarea unei singure sârme, unui singur gaz de protecție și unui singur echipament de sudare. Acest concept a fost dezvoltat în SUA și s-a demonstrat că permite reducerea costurilor și permite amortizarea investiției în aproximativ 6 luni de zile [5].

În țara noastră, în urma unui studiu de piață a rezultat că varianta optimă pentru rezolvarea problemei de mai sus o reprezintă utilizarea gazului de protecție cu 82% Ar și 18% CO₂ (corgon 18), un diametru a sârmei electrod de 1,2 mm, cu sârmă plină sau tubulară. Problema care se pune o reprezintă achiziționarea unui echipament de sudare performant care să asigure o gamă mare de posibilități de reglare a regimului de sudare. În condițiile existenței în funcțiune a unui număr mare de echipamente de sudare sinergice din generația anilor 1995-2000, ideal ar fi extinderea domeniului tehnologic corespunzător acestor surse, prin punerea la punct a unor noi regimuri și dezvoltarea unor noi linii sinergice de sudare. Acest

1. Introduction

The MIG welding represents, nowadays, a process having wide application in industry. This is due to the advantages it offers: high productivity, improved quality of the joint, mechanization and robot welding possibilities.

In parallel with the extension of the application field new materials and technologies, digital welding sources developed continuously

The welding operation efficiency imposes the reduction of the welding time, man labour, energy consumption, filler materials when the welding seam has a good quality and aspects related to the labour conditions (smoke, noxes) are almost the best [1,2].

These are achieved by:

- selection a larger diameter d_e for the electrode wire. This leads to a higher deposition rate and a reduced cost for the filler material, reduced disturbances of the arc length and good uniformity of the feed speed;
- use of MAG-M pulsed welding which represents the known results, controlled transfer, HAZ reduced size etc.

"A single wire, a single gas, a single equipment", represents a concept that finds application in the condition of the Romanian industry rehabilitation, by developing small and middle enterprises. So, the accent is focused more and more on the development of welded structure production in small and middle enterprises. In this situation, it is advantageous, in order to reduce costs, to find a technical solution, to allow the achievement in a unitary way of all welded joints from non-alloyed steels, with low carbon content and low alloyed steels, having the thickness over 3mm. One of the solutions would be the use of a single wire, a single shielding gas and single welding equipment. This concept was developed in USA and showed to permit the costs reduction and investment depreciation in about 6 months [5].

In our country, following a market study, there appeared that the optimum variant to solve the above problem is represented by the use of the shielding gas with 82% Ar and 18% CO₂ (corgon 18), 1.2 mm diameter plain wire or flux cored wire. The issue in this case is represented by the acquisition of a performant welding equipment to assure a large range of adjustment possibilities of the welding regime. When there are available a lot of synergic equipment from the 1995-2000 generation, the ideal is to extend the corresponding technological field of these sources, by developing new regimes and new welding synergic lines. This will allow the use of this equipment under the conditions the concept "a single wire, a single gas, single equipment" mentioned above is used.

lucru ar permite utilizarea acestor echipamente în condițiile aplicării conceptului „o singură sârmă, un singur gaz, un singur echipament”, enunțat mai sus.

2. Obiectivele lucrării

În această lucrare se prezintă metodologia practică de optimizare a regimurilor sinergice în condițiile aplicării conceptului de mai sus. Procedul de sudare pentru care se face exemplificarea este sudarea MAG-M în curent pulsant, utilizându-se o instalație Aristo 2000.

În condițiile în care se dorește dezvoltarea unor noi linii sinergice, altele decât cele implementate de producător, trebuie realizate un număr considerabil de determinări experimentale. Aceste determinări au în vedere realizarea următoarelor obiective:

- cordonul sa fie cu o geometrie adecvată, cu aspect cât mai uniform, cu proprietăți mecanice sporite;
- arc liniștit, fără iregularități, împrăscări în condițiile asigurării unei lungimi constante a arcului
- viteză de sudare cât mai mare;
- consum minim de material de adaos, gaz protector;
- raport preț/calitate corespunzător;
- cantitate minimă de fum, noxe.

Dacă o parte dintre cerințele impuse de obținere a unei suduri de calitate sunt rezolvate prin utilizarea unor surse performante, optimizarea cuplului de parametri U_a , I_s , v_a , v_s , d_{cp} reprezintă sarcina tehnologilor sudori.

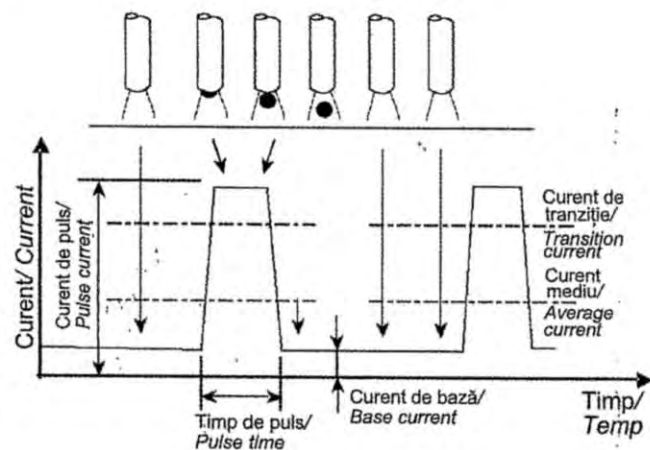


Figura 1. Parametrii curentului de puls/
Figure 1. Pulse current parameters

În mod clasic, stabilirea regimurilor sinergice la sudarea MAG-P este făcută numai prin determinări experimentale, urmărindu-se toate aspectele de mai sus. Aparent, pentru o sursă performantă, în condițiile existenței unei anumite experiențe la sudarea în curent pulsant, modificarea acestor regimuri ar trebui să se facă ușor. În sprijinul acestei activități, de altfel laborioasă, există o diversitate de materiale documentare în care sunt prezentate indicații privind alegerea parametrilor tehnologici la sudarea MAG-M în curent pulsant. Din acestea se pot desprinde o serie de concluzii precum:

- fiecare regim este specific tipului de sursă utilizată;
- regimurile prezintă mari variații de la producător la

2. Objectives of the paper

The paper presents the practical methodology to optimise synergic regimes under the condition the above mentioned concept is applied. The welding process for which the exemplification is made is pulsed MAG-M welding, using an Aristo 2000 installation.

When the development of new synergic lines is wanted, others than those implemented by the producer, a considerable number of experimental determinations are to be considered. These determinations aim to achieve the following objectives:

- an adequate geometry of the seam, as uniform as possible in aspect, increased mechanical properties;
- still arc, without irregularities, spatter provided that the arc length is constant
- higher welding speed arc ;
- minimum filler material consumption, shielding gas;
- corresponding price /quality ratio;
- minimum quantity of smoke, noxes.

If a part of the imposed requirements to obtain a quality weld are solved by using performant sources, optimizing the parameters couples U_a , I_s , v_a , v_s , d_{cp} represents the welding technologists task.

Classically, the establishment of synergic regimes in MAG-P welding is made only experimentally, following all above aspects. Apparently, for a performant source, provided there is an experience in pulsed welding, the modification of these regimes should be easy. To support this laborious activity, there are available a diversity of documentary materials which present indications regarding the selection of technological parameters in pulsed arc MAG-M welding. Several conclusions can be drawn out such as:

- each is specific for the used type of source;
- regimes present large variations from one producer to the other depending on the adjustment modality and adjustment characteristic types for I_p and I_b (CV-CC, CC-CC);
- for the same type of source, there is available a large range for adjusting the parameters of the pulsed arc, but in fact this is limited to maximum 20%, parameters are independent.

So, the smallest variations, (for certain sources are maintained constant), are those of the pulse parameters I_p , t_p , due to the fact that they are directly responsible for the pulse-drop transfer – TRPP.

Variations for parameters I_b , t_b and are up to 30% between minimum and maximum values. It is important to underline that even under the conditions a corresponding seam is obtained, it can happen that the transfer is not the TRPP.

The transfer depends directly (shielding gas corgon 18) on the pulse parameters and the distance contact nozzle – welding part d_{cp} , the feed speed v_a . Once the values for v_a and U_a are selected the imposed regime for the other parameters gives very few adjustment possibilities.

3. Description of the equipment

The investigation methods allow the visualization of the electric arc and of the mass transfer.

This is achieved by ultrarapid filming of the arc zone, associated with the synchronous measurement of the regime

producător în funcție de modalitatea de reglaj și tipurilor de caracteristici de reglaj pentru I_p și I_b (CV-CC, CC-CC);

- pentru același tip de sursă, chiar dacă există o plajă largă de reglare a parametrilor arcului pulsant, în fapt, acest lucru este limitat la maxim 20%, parametrii fiind interdependenți.

Astfel, variațiile cele mai mici, (la anumite surse sunt menținute chiar constanți), le au parametri de puls, I_p , t_p , datorită faptului că aceștia sunt responsabili în mod direct de obținerea transferului în regim puls-picătură – TRPP.

Variațiile pentru parametrii I_b , t_b și f sunt de până la 30% între valorile minime și maxime. Este important de subliniat faptul că și în condițiile obținerii unui cordon corespunzător, se poate întâmpla ca sudarea să se facă cu un transfer diferit de TRPP.

Transferul depinde în mod direct (gazul de protecție fiind corgon 18) de parametrul de puls cât și de distanța duza de contact – piesă de sudat d_{cp} , viteza avans v_a . Odată selectate valorile pentru v_a și U_a regimul impus pentru ceilalți parametri lasă foarte puține posibilități de reglaj.

3. Descrierea aparaturii utilizate

Metodele de investigare moderne permit vizualizarea arcului electric și a transferului masic.

Acest lucru se realizează prin filmarea ultrarapidă a zonei arcului, asociată cu măsurarea sincronă a parametrilor de regim implicați în proces: tensiunea arcului, intensitatea curentului, viteza de avans a sârmei electrod și viteza de sudare.

Colectivul catedrei de Robotică și Sudare din cadrul Universității „Dunărea de Jos” din Galați a dezvoltat un sistem performant de investigare a arcului electric prin filmare directă și măsurare sincronă a parametrilor electrice ai regimului de sudare cu aplicabilitate în primă fază, la procedeul MIG în curent pulsant (figura 2).

parameters involved in the process: arc voltages, current intensity, wire feed speed and welding speed.

The team of the Robotics and Welding Department within “Dunarea de Jos” University of Galati developed a performant system to investigate the electric arc by direct filming and synchronous measurement of the electrical parameters with application in the first phase, of the pulsed current MIG process.

The system (figure 2) consists in an ultrarapid camera with high optical dynamics and sensor C-MOS and synchronous measurement equipment of the welding regime parameters [1,2,3].

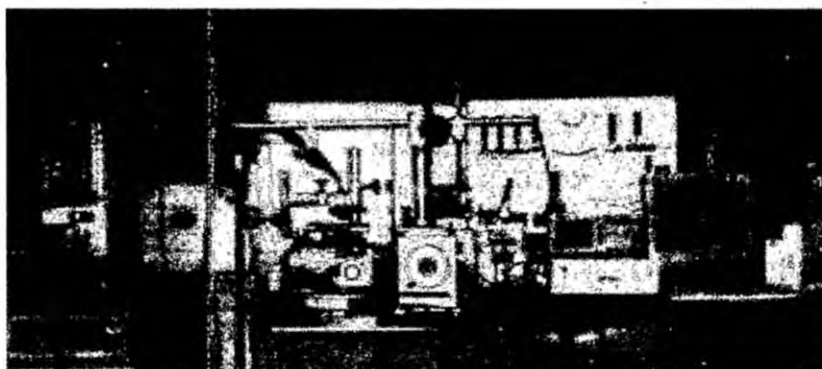


Figura 2. Standul de cercetare/ Figure 2. Research stand

The filming equipment comprises the filtering system, the MACRO optical system, the camera, the capture camera and the synchronization block (figure 3).

The camera is endowed with a CMOS type sensor active pixel LINLOG 2, high resolution (1024 x 1024 pixels), dynamic answer 120dB, spectral sensibility 400-900nm, 8 bites, monochrome and with a global type shutter and different trigger possibilities. The PF Remote software makes the camera control. The C-MOS camera has a high filming speed (150 frames/sec at the maximum resolution of 128 x 128 pixels), multiple synchronization possibilities, ultrarapid data transfer on the C-link type main line.

The capture plate used is completely programmable, of the microEnable III type with 96MB memory RAM and is used in the real time image processing systems.

The measurement subsystem of analogical magnitudes consists in the following subassemblies:

- transducers to measure the values of the welding current, I_s , arc voltage U_a , feed

speed v_a and welding speed v_s ; [3]

- data acquisition plate of the PCI-6070E type;

- connector block which links the sensor elements and the acquisition plate. Data cables. Central computation unit.

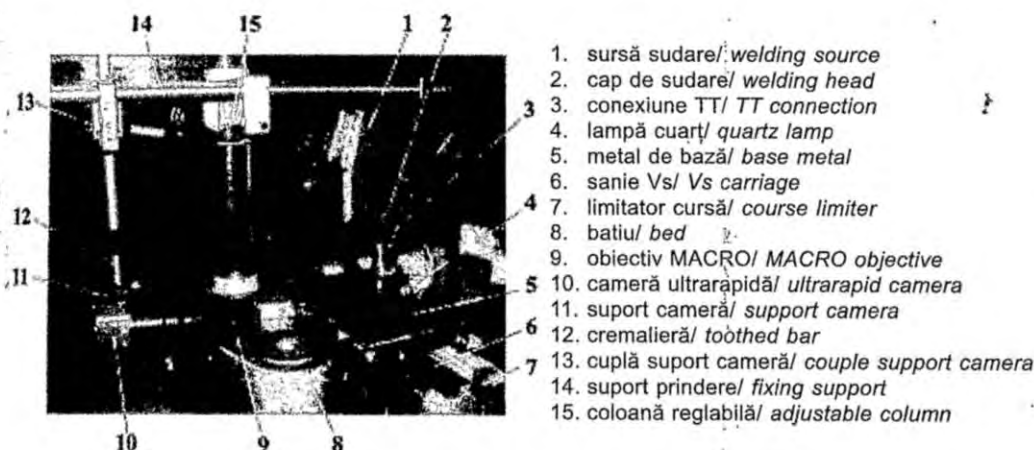


Figura 3. Elementele componente ale sistemului de filmare/
Figure 3. Component elements of the filming system

Sistemul (figura 2) este format dintr-o cameră de filmare ultrarapidă cu dinamică optică ridicată cu senzor C-MOS și un echipament de măsurare sincronă a parametrilor regimului sudare [1,3,4].

Echipamentul de filmare are ca părți componente: sistemul de filtrare, sistemul optic MACRO, camera propriu-zisă, placă de captură și blocul de sincronizare (figura 3).

Camera are senzorul de tip, CMOS active pixel LINLOG 2, rezoluție ridicată (1024 x 1024 pixeli), răspuns dinamic 120dB, sensibilitate spectrală 400-900nm, este pe 8 biți, monocromă și este dotată cu shutter de tip global și posibilități de triggerare diverse. Comanda camerei este făcută prin software-ul PF Remote. Camera C-MOS are o viteză mare de filmare (150 cadre/sec la rezoluție maximă, 8606 cadre/sec la rezoluția de 128 x 128 pixeli), posibilități multiple de sincronizare, transfer ultrarapid de date pe magistrală tip C-link.

Placa de captură utilizată este complet programabilă, de tipul microEnable III, cu 96MB memorie RAM și se folosește în sistemele de procesare în timp real a imaginilor.

Subsistemul de măsură a mărimilor analogice are în componență sa următoarele subansamble:

- traductoare pentru măsurarea valorilor curentului de sudare, I_s , tensiunea arcului, U_a , viteza de avans v_a și viteza de sudare v_s ; [3]

- placa de achiziție date de tipul PCI-6070E;

- blocul conector care face legătura dintre elementele senzoriale și placa de achiziție. Cabluri de date. Unitate centrală de calcul.

Pentru măsurarea valorilor curentului și tensiunii de sudare s-au utilizat traductoare performante. Acestea sunt de producție LEM, din gama traductoarelor cu efect Hall în buclă închisă cu separare optoelectronică între circuitul primar și secundar. Aceste traductoare au performanțe dinamice și acuratețe ridicată în măsurare (timp de răspuns de ordinul microsecundelor, liniaritate foarte bună, curent rezidual și derivă termică foarte reduse) [3].

4. Determinari experimentale

Dezvoltarea conceptului „o singură sârmă, un singur gaz, un singur echipament”, în condițiile utilizării sursei ARISTO 2000 și a procedurii de sudare MAG-M în curent pulsant, presupune rezolvarea mai multor probleme. Una dintre acestea o reprezintă optimizarea regimurilor pentru sudarea tablelor subțiri, printr-o singură trecere. Ideal ar fi ca sudarea să se facă cu o viteză mare, rezultând o rată de depunere ridicată. Bineînțeles că în situația sudării tablelor subțiri, se alege în mod obișnuit, sârme cu diametru mic, de 0,8-1mm, eventual sudarea MAG-CO₂ cu transfer short-arc. Ambele variante prezintă dezavantaje.

Pentru sudarea tablelor subțiri, utilizând curentul pulsant, în scopul obținerii unei treceri cu arie cât mai redusă, se va folosi o viteză de sudare sporită cât și valori ale curenților I_p , I_b reduse.

La sudarea mecanizată, utilizarea unor viteze mari de sudare reprezintă o condiție ușor de realizat. La sudarea semimecanizată, creșterea vitezei de sudare v_s peste o anumită limită, ridică probleme de manualitate. Soluția ar fi modificarea cuplului I_p , t_p , I_b , t_b astfel încât regimul rezultat să fie „moale” (soft arc – figura 4), presiunea dinamică a arcului și viteza picăturilor mai mici, pătrunderea redusă, lățimea cordonului mai mare, arcul mai puțin zgomotos [2, 7, 8].

Soluția o reprezintă găsirea regimurilor curentului pulsant prin metode clasice, care să satisfacă obiectivele de calitate amintite mai sus și apoi validarea acestora în condițiile în care transferul masic este corespunzător, de tipul TRPP. În esență,

To measure the welding current and voltage values performant transducers were used. They are of LEM production, in the range of Hall effect transducers in closed loop with opto-electronic separation between the primary and the secondary circuit. These transducers have dynamic performances and high accuracy for measurement (microseconds order answering time, very good limitation, residual current and very reduced thermal deviation) [3].

4. Experimental determinations

The development of the concept “a single wire, a single gas, a single equipment” when using the ARISTO 2000 source and the pulsed MAG-M welding process supposes the solving of more problems. One of them is represented by the welding regime optimization for single pass welding of thin plates. Ideal would be to make it at a high speed resulting a high deposition rate. Of course, when welding thin plates, usually small diameter wires are selected, 0.8-1mm, eventually the MAG-CO₂ with short arc transfer. Both versions present disadvantages.

In order to weld thin plates, using the pulsed current, with a view to obtain one pass with an as reduced as possible area, an increased welding speed is be used as well as reduced currents values I_p , I_b .

In mechanized welding, the use of these high welding speeds represents an easy condition to meet. In semi-mechanized welding, the increase of the welding speed v_s over a certain limit rises problems. The solution would be to modify the couple I_p , t_p , I_b , t_b so that the resulted regime was “soft” (soft arc – figure 4), the dynamic pressure of the arc, and the smaller droplet speed, reduced penetration, width of the bigger weld, less noisy arc [2, 7, 8].

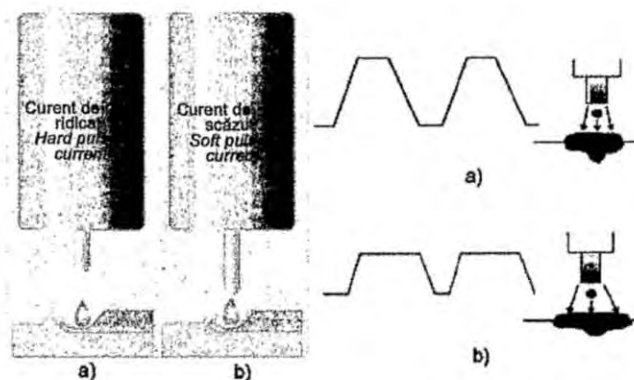


Figura 4. Forme ale arcului specifice pulsurilor de curent ridicat și scăzut/

Figure 4. Shapes of the arc specific for hard and soft pulsed current

The solution consists in finding the pulsed current regime, by classical methods, which meet the mentioned above quality objectives and then their validation when the mass transfer is corresponding, the TRPP type. Essentially, this represents the optimization of the pulsed current welding regimes. Finally, corresponding geometry and aspect welds are obtained (figure 5b), with increased quality conditions and minimum costs.

Experiments were made by depositing welds on common steel plates 200x300mm, in horizontal position using solid wire

Aceasta reprezintă optimizarea regimurilor de sudare în curent pulsant. În final, se obțin cordoane cu o geometrie și cu un aspect corespunzător (figura 5b), în condiții de calitate scăzută și costuri minime.

Experimentele au fost realizate prin depunerea unor cordoane pe plăci din oțel obișnuit, cu dimensiunile de 300x300 mm, în poziție orizontală utilizând sârmă plină, cu diametrul $d_e = 1,2$ mm. Procedul de sudare utilizat este sudarea MAG-M în curent pulsant, compoziția gazului de protecție fiind 82% Ar și 18% CO₂ (corgon 18).

S-au urmărit:

- dacă transferul masic este în regim puls-picătură-TRPP;
- diametrul, volumul, forma, viteza picăturilor și traiectoria acestora;
- forma și dimensiunea arcului electric;
- dimensiunile cordonului (lățimea, supraînălțarea);
- aspectul cordonului (uniformitatea, defecte gen cratere, șanțuri marginale);
- cantitatea de stropi și fum.

Pentru rezolvarea aspectelor de mai sus, problema se reduce la găsirea regimurilor sinergice optime, specifice grosimii metalului de bază utilizat. În mod concret, pentru o instalație ESAB ARISTO 2000, regimurile de sudare sinergice implementate de producător sunt prezentate parțial, în tabelele 1, 2 și 3. Selectarea s-a făcut pentru diferite valori ale vitezei de avans, reținându-se numai domeniul de la

Tabelul 1. Regimurile utilizând diferite tipuri de gaze de protecție/
Table 1. Regimes using different shielding gases

$t_p = 2,2$ ms					$t_p = 2,4$ ms				$t_p = 2,5$ ms			
Ar+20%CO ₂					Ar+2%CO ₂				Ar+5%CO ₂ +5%O ₂			
v_a	U_a	I_p	f	I_b	U_a	I_p	f	I_b	U_a	I_p	f	I_b
m/min	V	A	Hz	A	V	A	Hz	A	V	A	Hz	A
4,0	35,3	472	80	44	28,3	380	84	56	29,3	380	96	60
6,0	36,5	484	114	60	29,7	400	114	76	30,8	400	126	88
8,0	38,0	496	148	76	31,5	424	146	100	32,2	424	156	116
10,0	39,5	508	182	96	33,3	444	176	120	33,8	444	186	144

Tabelul 2. Regimurile utilizând diferite tipuri de gaze de protecție/
Table 2. Regimes using different shielding gases

$t_p = 2,2$ ms					$t_p = 2,2$ ms				$t_p = 2,7$ ms			
Ar+8%CO ₂					Ar+16%CO ₂				Ar+23%CO ₂			
v_a	U_a	I_p	f	I_b	U_a	I_p	f	I_b	U_a	I_p	f	I_b
m/min	V	A	Hz	A	V	A	Hz	A	V	A	Hz	A
4,0	31,5	448	78	56	35,0	472	74	60	33,3	436	80	40
6,0	33,0	464	112	68	36,0	480	108	72	35,0	456	108	56
8,0	34,2	480	146	88	37,2	488	144	92	36,7	480	136	80

4-10 m/min. În tabelul 1 și 2 sunt prezentate regimurile utilizând diferite tipuri de gaze de protecție (Ar+8%CO₂, Ar+16%CO₂, Ar+23%CO₂, respectiv Ar+20%CO₂, Ar+2%CO₂, Ar+5%CO₂+5%O₂).

În tabelul 3 sunt prezentate valorile curentului pulsant pentru diferite diametre: $d_e = 0,8; 1; 1,2; 1,6$ mm, pentru același gaz de protecție (corgon 18).

Din analiza datelor se trag următoarele concluzii:

$d_e = 1,2$ mm. The used welding process is the pulsed MAG-M one, the composition of the shielding gas 82%Ar and 18% CO₂ (corgon 18).

Experiments followed:

- if the mass transfer was pulse – droplet regime TRPP;
- diameter, volume, shape, droplet speed and their path;
- weld dimensions (width, reinforcement);
- weld aspect (uniformity, crater type defects, edge channels);
- quantity of spatter and smoke.

In order to solve the above-mentioned aspects, the problem is reduced to the finding of the optimum synergic regimes, specific for the base material thickness. Concretely for an ESAB ARISTO 2000 installation, the synergic welding regimes, implemented by the producer, are partially presented in table 1, 2 and 3. The selection was made for different values of the feed speed retaining only the range 4 – 10 m/min. Table 1 and 2 present regimes using different types of shielding gases (Ar+8%CO₂, Ar+16% CO₂, respectively Ar+20%CO₂, Ar+2%CO₂, Ar+5%CO₂+5%O₂).

Table 3 presents values of the pulsed current for different diameters: $d_e = 0,8; 1,2; 1,6$ mm, and the same shielding gas (corgon 18).

Analyzing these data the following conclusions came out:

- for the same feed speed $v_s = 6$ m/min (optimum value in welding plates of 4-8mm) the parameters variation was:

- $U_a = 29.7 - 36.5$ V
- $I_p = 400 - 489$ A
- $t_p = 2.2 - 2.7$ ms
- $I_s = 56 - 88$ A
- $f = 108 - 126$ Hz
- $U_s = 33.3 - 36.5$ V
- $I_p = 292 - 484$ A
- $t_p = 1.2 - 2.2$ ms
- $I_b = 48 - 60$ A
- $f = 82 - 172$ Hz

All these regimes should realize a TRPP type transfer. In reality this strongly depends on the distance nozzle – welding part d_{cp} .

The paper analyses the variations of the pulsed current parameters corresponding to the implemented synergic lines in the welding installation ESAB ARISTO 2000 as well as the way the synergic parameters are adjusted [8,9,2]. During the experiments the up and down slopes of the pulse current were maintained to the standard value UP SLOPE = DOWN SLOPE = 9. Also, considering

that the welding source is provided with a regulator to maintain the arc length constant, without variations (it was mechanized welded, the gun being fixed) the action of the regulator was annihilated by setting constants k_s and k_l having the zero value.

To establish the optimum welding regimes, specific for the TRPP transfer, other than those existing in the source software, the following steps were made:

Optimizare regimuri

- pentru aceeași viteză de avans $v_a = 6$ m/min (valoare optimă la sudarea tablelor cu grosimea de 4-8 mm) se constată o variație a parametrilor astfel:

- $U_a = 29,7 - 36,5$ V
- $I_p = 400 - 480$ A
- $t_p = 2,2 - 2,7$ ms
- $I_b = 56 - 88$ A
- $f = 108-126$ Hz
- $U_a = 33,3 - 36,5$ V
- $I_p = 292 - 484$ A
- $t_p = 1,2 - 2,2$ ms
- $I_b = 48 - 60$ A
- $f = 82 - 172$ Hz

Toate aceste regimuri ar trebui să realizeze un transfer de tip TRPP. În mod real acest lucru este puternic dependent de distanța duză-piesa de sudat d_{cp} .

Au fost analizate variațiile parametrilor curentului pulsant corespunzătoare liniilor sinergice implementate în instalația de sudare ESAB ARISTO 2000 cât și modul în care se face reglarea parametrilor sinergici.[8,9,2] Pe parcursul experimentelor pantele de creștere/descrere ale curentului de puls au fost menținute la valoarea standard, UP SLOPE=DOWN SLOPE=9. De asemenea, având în vedere că sursa de sudare este prevăzută cu un regulator pentru menținerea constantă a lungimii arcului, neexistând variații ale acestuia (s-a sudat mecanizat, pistolul fiind fix) acțiunea regulatorului a fost anihilată prin setarea constantelor k_a și k_i cu valoarea zero.

Pentru a putea stabili regimurile de sudare optime, specifice transferului TRPP, altele decât cele existente în softul sursei, s-au parcurs următorii pași:

1. S-au selectat pentru domeniile uzuale ale vitezei de avans, $v_a = 4-10$ m/min, toate combinațiile sinergice posibile, înregistrate în programul sursei;
2. S-au stabilit valorile minime și maxime ai parametrilor curentului pulsant;
3. S-au urmărit corelațiile dintre acestea.
4. În funcție de grosimea tablei s-a stabilit valoarea curentului de sudare I_{ef} . Pentru valoarea aleasă anterior, s-au selectat valorile sinergice cele mai apropiate de cele trecute în tabelele 1, 2 și 3. Pentru curentul de bază, valoarea minimă s-a ales astfel încât, să se asigure menținerea arderii arcului

Tabelul 3. Valoările curentului pulsant pentru diferite diametre

Table 3. Values of the pulsed current for different diameters

d _e =0,8mm				t _p =2 ms		d _e =1,2mm		t _p =2,2 ms		d _e =1mm		t _p =1,9 ms		d _e =1,6mm		t _p =2,2 ms	
v _a	U _a	I _p	f	I _b	U _a	I _p	f	I _b	U _a	I _p	f	I _b	U _a	I _p	f	I _b	
m/min	V	A	Hz	A	V	A	Hz	A	V	A	Hz	A	V	A	Hz	A	
4,0	33,0	284	58	44	35,3	472	80	44	32,0	360	76	36	34,0	544	114	108	
6,0	33,3	292	82	60	36,5	484	114	60	33,5	376	106	48	36,7	560	172	156	
8,0	33,8	304	108	76	38,0	496	148	76	35,3	392	136	64	39,5	576	230	220	
10,0	34,2	312	132	96	39,5	508	182	96	37,0	408	166	80	42,2	592	250	300	

iar pentru curentul de puls s-a avut în vedere ca valoarea să nu fie sub nivelul curentului de tranziție I_{tr} [2].

5. Au fost realizate mai multe probe, urmărindu-se obținerea unui cordon cu o geometrie corespunzătoare și cu aspect cât mai uniform (figura 5 a,b) cât și variații reduse a parametrilor curentului pulsant (figura 6 a,b).

1. All possible synergic combinations, recorded in the source programme, were selected for the usual range of the feed speed $v_a = 4-10$ m/min;



Figura 5. a) Cordonane necorespunzătoare și neuniforme; b) Cordonane corespunzătoare realizate cu parametri de puls sinergici /

Figure 5. a) Non-corresponding and non-uniform seams; b) corresponding welds made with synergic pulse parameters

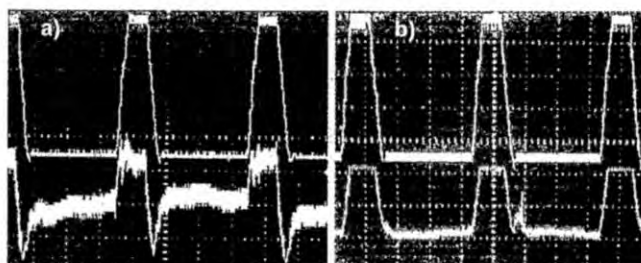


Figura 6. a) variații relativ mari pentru regim nesinergic; b) variații minime pentru regim sinergic

Figure 6. a) relatively high variations for the non-synergic regime; b) minimum variations for the synergic regime

2. The minimum and maximum values of the pulsed current parameters were established;
3. Their correlation was followed;
4. Depending on the plate thickness the value of the welding current was established I_{ef} . For the anterior selected value, the synergic values closest to those in the table 1,2 and 3 were

chosen. For the base current the minimum value was selected, so that to assure the maintenance of the arc ignition, and for the pulse current, it was considered that its value should be under the level of the transition current I_{tr} [2].

5. More samples were made, with a view to obtain welds having corresponding geometry and an as uniform as possible

6. Pentru regimurile care au dus la realizarea celor mai bune cordonuri s-a verificat tipul de transfer, prin filmare ultrarapidă și s-au făcut ajustările necesare astfel încât acestea să se mențină la nivelul TRPP (figura 7).

5. Concluzii

Utilizând metodologia prezentată, se pot stabili regimuri sinergice „moi”, care sporesc aria de aplicabilitate a sistemului de sudare. Astfel echipamentele de sudare se apropie de cele din ultima generație, dotate cu flexibilitate sporită. Chiar dacă aparatura și tehnica de investigare sunt relativ scumpe, pentru dezvoltarea unor noi linii sinergice, saltul de calitate și reducerea numărului de experimente este evident. Justificări importante apar în situația sudării unor materiale performante: oțeluri speciale (refractare, duplex, utilizate în industria petrochimică), titan, aliaje de aluminiu (utilizate în industria aeronautică) unde normele de calitate sunt foarte exigente.

Bibliografie/ References

- [1] Constantin E., Mistodie L.: Monitorizarea arcului electric la sudarea în curent pulsant utilizând vederea artificială, Lucrările Conferinței ASR “Sudura 2004” 15-17 sept. 2004, Constanța, ISBN, 973-8359-25-2, pag. 210-224
- [2] Burca M., Negoitescu S.: Sudarea MIG/Mag, ed. a II a, Ed. Sudura, Timișoara, 2004
- [3] Mistodie L., Constantin E.: Sistem computerizat pentru analiza prin filmare ultrarapidă, a transferului masic la sudarea în curent pulsant, Lucrările Conferinței ASR “Sudura 2004” 15-17 sept. 2004, Constanța, ISBN, 973-8359-25-2, pag. 306-317
- [4] Mistodie L., Constantin E.: Utilizarea camerelor digitale de filmare, ultrarapide și ultradinamice la analiza transferului masic din arcul electric de sudare, Procese de Sudare de Mare Productivitate, Conferința Internațională ISIM, 10-11.06.2004 Editura Sudura Timișoara, ISBN 973-8359-21-X, pag. 85-97
- [5] xxx: One Wire, One Gas, One Machine Cut Welding Costs \$2,000 Per Day, http://manufacturingcenter.com/man/articles/0405/0405one_wire.asp
- [6] Jesper S., T.: Advanced Control Methods for Optimization of Arc Welding, Ph.D. Thesis, 9th June 2004, Aalborg University, Denmark
- [7] xxx: Microcomputer Controlled Inverter Pulse MAG Welding Machine. <http://industrial.panasonic.com/www-data/pdf/AAA3000/AAA3000CE6.pdf>
- [8] xxx: Pulsed MIG-welding - www.esab.com/kcentre/files/PulsMigEn.pdf
- [9] xxx: LUD 320, Service Manual, Esab, 2000

aspect (figure 5 a,b) as well as reduced variations of the pulsed current parameters Figure 6 a,b)

6. In the case of regimes that led to the achievement of the best welds the transfer type was verified, by ultrarapid filming and the necessary adjustments were made, so that they are maintained at the TRPP level (figure 7).

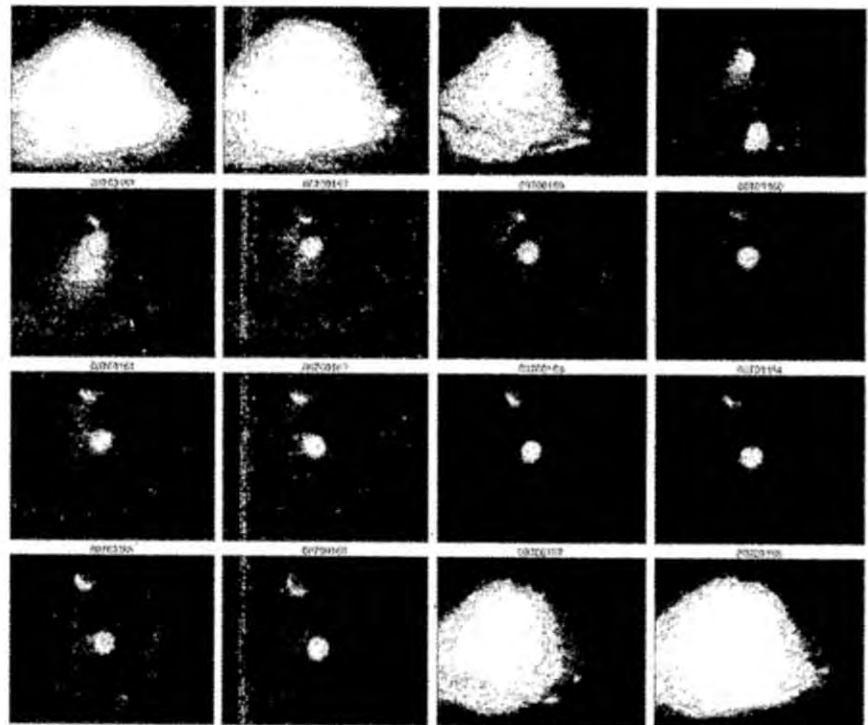


Figura 7. Ciclul transferului masic in regim TRPP vizualizat prin filmare ultrarapidă, cu o viteză de 2000 cadre/sec

Figure 7. The cycle of the mass transfer in the TRPP regime visualized by ultrarapid filming, with a speed of 2000 frame/sec

5. Conclusions

Using the presented methodology, synergic “soft” regimes can be established, to increase the application field of the welding system. So, the welding equipment is close to that of the last generation, endowed with increased flexibility. Even if the investigation apparatus and technique are relatively expensive, to develop new synergic lines, the quality jump and the reduction of experiments is obvious. Important justifications appear when welding performant materials: special steels (refractory, duplex, used in petrochemical industry) titanium, aluminum alloys (used in aeronautics) where quality norms are very exigent.

ROBCON™ S.R.L.

va ofera posibilitatea unor castiguri
mai mari prin automatizare & robotizare

TAIERE * SUDARE * VOPSIRE

partener cu specialistii mondiali

Bd. M. Viteazu nr 1
cladirea SPM et. 2

tel/fax: 0256-490102
tel: 0256-220920

[http:// www.robcon.ro](http://www.robcon.ro)
E-Mail: office@robcon.ro