

APLICAȚII INDUSTRIALE-PRACTICIANUL SUDOR INDUSTRIAL APPLICATION-WELDING PRACTITIONER

Sudarea robotizată MIG/MAG – aspecte aplicative specifice

MIG/MAG robotic welding – specific application aspects

Adrian Știr

S.C. COMPA S.A., Sibiu

Rezumat

Lucrarea prezintă unele aspecte specifice privind robotizarea procesului de sudare MIG/MAG. Avantajele robotizării rezidă din creșterea productivității cu 150–200%, reducerea deformațiilor remanente de la 5–7 mm la 1–2 mm, îmbunătățirea calității sudurilor prin constanța unghiurilor și vitezei (50–80 cm/min față de 30–40 cm/min manual) și eliminarea operațiilor de redresare și îndepărtare a stropilor. Condițiile de muncă sunt ameliorate prin protejarea operatorilor de radiații, fum și arsuri, folosind diverse tipuri de roboți cu poziționare programabile.

Criteriile pentru robotizare includ volume mari sau medii de producție, precizie dimensională a reperelor și pregătirea personalului pentru programarea roboților. Provocările majore sunt starea suprafeței reperelor (care trebuie să fie curate, fără ulei sau oxizi), rosturile prea mari (max. 0,3 mm pentru table de 2 mm), și poziționarea optimă a sârmei-electrod (ex. 0,5 mm de tabla verticală pentru grosimi de 2 mm). Testele efectuate cu robotul CLOOS Romat 320 au stabilit parametrii optimi, precum curent de 130 A pentru pătrundere de 0,3 mm la table de 2 mm. Problemele, precum avansul inconstant al sârmei datorită frecării, sunt rezolvate prin curățarea săptămânală a tubului de ghidare și menținerea razelor de curbură peste 500 mm. Corecțiile traiectoriei robotului se realizează prin senzori de palpăre și monitorizarea tensiunii arcului. Robotizarea optimizează procesul, reduce defectele și sporește eficiența, dar necesită investiții în tehnologie și instruire.

Cuvinte cheie

Sudarea robotizată, poziționare pistol, pătrundere, transport sârmă, examinare vizuală

Abstract

The paper presents some specific aspects regarding the robotization of the MIG/MAG welding process. The advantages of robotization lie in the increase in productivity by 150–200%, the reduction of residual deformations from 5–7 mm to 1–2 mm, the improvement of weld quality through the constancy of angles and speed (50–80 cm/min compared to 30–40 cm/min manually), and the elimination of straightening and spatter removal operations. Working conditions are improved by protecting operators from radiation, smoke and burns, using various types of robots with programmable positioning.

The criteria for robotization include large or medium production volumes, dimensional accuracy of parts and training of personnel for robot programming. The major challenges are the surface condition of the workpieces (which must be clean, free of oil or oxides), too large joints (max. 0.3 mm for 2 mm sheets), and the optimal positioning of the wire-electrode (e.g. 0.5 mm from the vertical sheet for 2 mm thicknesses). Tests carried out with the CLOOS Romat 320 robot have established the optimal parameters, such as 130 A current for 0.3 mm penetration in 2 mm sheets. Problems, such as inconsistent wire feed due to friction, are solved by weekly cleaning of the guide tube and maintaining the curvature radii above 500 mm. Corrections of the robot trajectory are made by touch sensors and monitoring the arc voltage. Robotization optimizes the process, reduces defects and increases efficiency, but requires investment in technology and training.

Keywords

Robotic welding, torch positioning, penetration, wire transport, visual inspection

1. Introducere, context, problema de rezolvat

În prezenta lucrare sunt prezentate avantajele robotizării proceselor de sudare MIG/MAG, criteriile care trebuie

1. Introduction, context, problem to be solved

This paper presents the advantages of robotizing MIG-MAG welding processes, the criteria that must

avute în vedere în acest sens, provocările și problemele care pot să apară în timpul procesului de robotizare precum și unele modalități de abordare și de rezolvare a acestor probleme.

La COMPA Sibiu sunt realizate cu ajutorul sudării robotizate MIG/MAG piese pentru clienți cu renume din industria producătoare de autovehicule (repere din componența coloanei de direcție Toyota, ansamblu tub rezervor Mercedes, tub amortizor BMW etc.) și pentru echipamente de ridicat Haulotte (brațe, articulații, punți, nacele, tiranți etc.) la care cerințele pentru aspectul și rezistența sudurilor sunt foarte ridicate. Reperele sunt sudate cu ajutorul a opt roboți de sudare CLOOS și a unui robot ABB.

2. Avantajele sudării MIG/MAG robotizate

Robotizarea proceselor de sudare MIG/MAG față de sudarea manuală conduce la obținerea unor avantaje pe mai multe planuri:

1. Creșterea calității sudurilor prin menținerea poziționării pistolului de sudare la aceleași unghiuri și prin păstrarea unei viteze constante pe toată durata derulării procesului de sudare. În cazul sudării manuale, pe parcursul unui schimb mâna sudorului obosește și nu mai poate păstra exact aceleași unghiuri de sudare, iar viteza de sudare nu mai poate fi păstrată constantă ca în cazul sudării robotizate. În plus, la sudarea robotizată se pot folosi amplitudini de pendulare ale pistolului robotului reglabile (de exemplu 1,0...5,0 mm) și frecvențe de pendulare de 1...4 Hz, elemente care nu pot fi realizate de mâna sudorului.

2. Creșterea productivității operației de sudare: în cazul sudării robotizate se pot folosi viteze de sudare mult mai mari (50...80 cm/min) decât în cazul sudării manuale (30...40 cm/min). În cazul sudării robotizate se pot utiliza manipuloare programabile care poziționează piesa în poziția optimă de sudare în 2...3 secunde și care scad mult timpii pentru această operație față de sudarea manuală. Aceste avantaje conduc la creșterea productivității operației de sudare robotizată cu procente cuprinse între 150...200% față de sudarea manuală.

3. Scăderea deformațiilor remanente ale pieselor sudate robotizat prin alegerea și menținerea unei ordini corecte a trecerilor de sudare și prin folosirea aceluiași parametri de sudare, condiții mai dificil de realizat în cazul sudării manuale. La sudarea robotizată se pot salva liste cu parametrii tehnologici

be taken into account when robotizing welding processes, challenges and problems that may arise during the robotization of welding processes, as well as some ways to approach and solve these problems.

At COMPA Sibiu, parts are made using MIG-MAG robotic welding for renowned customers in the automotive industry (Toyota steering column components, Mercedes tank tube assembly, BMW shock absorber tube etc.) and for Haulotte lifting equipment (arms, joints, axles, nacelles, tie rods etc.) where the requirements for the appearance and strength of the weld seams are very high.

The components are welded using eight CLOOS welding robots and one ABB robot.

2. Advantages of robotic MIG/MAG welding

Robotization of MIG/MAG welding processes compared to manual welding leads to several advantages:

1. Increasing the quality of welds by maintaining the welding torch at the same angles and by maintaining a constant speed throughout the welding process. In the case of manual welding, during a shift the welder's hand gets tired and can no longer maintain exactly the same welding angles, and the welding speed can no longer be kept constant as in the case of robotic welding. In addition, in robotic welding, adjustable robot torch oscillation amplitudes (e.g. 1.0...5.0 mm) and oscillation frequencies of 1...4 Hz can be used, elements that cannot be achieved by the welder's hand.

2. Increased productivity of the welding operation: in the case of robotic welding, much higher welding speeds can be used (50...80 cm/min) than in the case of manual welding (30...40 cm/min). In the case of robotic welding, programmable manipulators can be used that position the piece in the optimal welding position in 2...3 seconds and that significantly reduce the times for this operation compared to manual welding. These advantages lead to an increase in the productivity of the robotic welding operation by percentages ranging between 150...200% compared to manual welding.

3. Reducing the residual deformations of robotically welded parts by choosing and maintaining a correct order of welding passes and by using the same welding parameters, conditions that are more difficult to achieve in the case of manual welding. In robotic welding, lists of the necessary welding technologi-

logici de sudare necesari, liste care vor fi apelate la realizarea repetitivă a tipurilor respective de suduri, robotul utilizând exact aceiași parametri de sudare la toate sudurile similare (de exemplu la sudarea unui braț de instalație de ridicat au fost folosite 30 de liste de sudare diferite, pentru 30 de tipuri de suduri). Folosirea mai multor liste de sudare optimizează procesul de sudare și scade cantitatea de căldură introdusă în piesă, rezultând deformații mai mici. În cazul sudării manuale, sudorul nu modifică atât de des parametrii de sudare, energia liniară introdusă în piesă fiind, uneori, mai mare decât cea prescrisă prin tehnologia aprobată. Din experiența practică a rezultat că, prin robotizarea proceselor de sudare, deformațiile remanente de 5,0...7,0 mm rezultate în mod curent la sudarea manuală au scăzut la valori de 1,0...2,0 mm.

4. Îmbunătățirea condițiilor de muncă prin robotizarea sudării: în cazul sudării manuale, sudorul este supus la diverși factori nocivi care pot să îi afecteze sănătatea: radiațiile luminoase emise de arcul electric pot să îi afecteze vederea sau să îi producă arsuri la nivelul pielii dacă sunt zone neprotejate corespunzător, atingerea piesei supraîncălzite în timpul manipulării poate să producă arsuri, fumul degajat de arcul electric poate să afecteze sudorul prin inhalarea fumului emis la sudare care conține gaze nocive (monoxid de azot) și microparticule, stropii de sudură pot să provoace arsuri etc. În cazul sudării robotizate, operatorul sudor este protejat de panouri sau perdele de acțiunea dăunătoare a radiațiilor luminoase sau infraroșii, manipularea piesei în timpul operației de sudare este realizată cu ajutorul unor poziționere programabile, stropii de sudură nu îl mai afectează, pistolul de sudare este poziționat de către robot, evitându-se astfel apariția oboselii din cauza realizării unor activități repetitive obositoare, fumul rezultat în procesul de sudare poate fi exhaustat cu ajutorul unor hote și nu mai este inhalat de către sudor etc. Prin robotizarea operației de sudare condițiile de muncă se îmbunătățesc semnificativ, operatorul sudor fiind ferit de acțiunea unor factori nocivi care în timp ar putea să îi afecteze sănătatea.

3. Criterii care trebuie avute în vedere la robotizarea proceselor de sudare

Când se analizează dacă un proces de sudare MIG/MAG este potrivit pentru a fi robotizat trebuie avute în vedere o serie de criterii:

a. Volumul producției: robotizarea se pretează pentru

cal parameters can be saved, lists that will be used to perform the respective types of welds repeatedly, the robot using exactly the same welding parameters for all similar welds (for example, when welding a lifting installation arm, 30 different welding lists were used, for 30 types of welds). Using multiple welding lists optimizes the welding process and reduces the amount of heat introduced into the part, resulting in smaller deformations. In the case of manual welding, the welder does not modify the welding parameters so often, the linear energy introduced into the part being, sometimes, higher than that prescribed by the approved technology. Practical experience has shown that, by robotizing welding processes, the residual deformations of 5.0...7.0 mm currently resulting from manual welding have decreased to values of 1.0...2.0 mm.

4. Improving working conditions through welding robotization: in the case of manual welding, the welder is subjected to various harmful factors that can affect his health: the light radiation emitted by the electric arc can affect his eyesight or cause burns to the skin if the areas are not properly protected, touching the overheated part during handling can cause burns, the smoke emitted by the electric arc can affect the welder by inhaling the smoke emitted during welding which contains harmful gases (nitrogen monoxide) and microparticles, welding spatter can cause burns etc. In the case of robotic welding, the welding operator is protected by panels or curtains from the harmful effects of light or infrared radiation, the manipulation of the piece during the welding operation is carried out using programmable positioning, welding spatter no longer affects him, the welding torch is positioned by the robot, thus avoiding fatigue due to performing tiring repetitive activities, the smoke resulting from the welding process can be exhausted using hoods and is no longer inhaled by the welder etc. By robotizing the welding operation, working conditions are significantly improved, the welding operator being protected from the action of harmful factors that could affect his health over time.

3. Criteria to consider when robotizing welding processes

When analysing whether a MIG/MAG welding process is suitable for robotics, a series of criteria must be taken into account:

a. Production volume: robotization is suitable for

piese care se realizează în serie mare, mijlocie sau mică și nu se pretează pentru producția de piese unicat. Timpul de programare al unui robot de sudare pentru realizarea unei piese este destul de mare și de aceea se recomandă robotizarea reperelor care se realizează în număr mai mare, nu în producție de unicate.

b. Precizia dimensională a reperelor și a dispozitivelor de sudare: pentru a rezulta suduri de calitate, reперele care se robotizează trebuie să aibă o precizie dimensională bună (unghiurile de șanfenare să fie constante, rostul dintre piesele sudate cap la cap să fie constant și corect ales, repetitivitatea poziționării să fie bună). Roboții de sudare moderni au senzori tactili sau laser cu care pot să determine și să compenseze abateri ale poziționării piesei dar se recomandă o poziționare cât mai precisă a reperelor sudate robotizat.

c. Pregătirea personalului care va programa, regla parametrii tehnologici și exploata roboții de sudare: personalul care va programa și parametriza roboții de sudare trebuie să aibă cunoștințe bune despre modul de programare a roboților de sudare, despre mișcările pe care roboții pot să le facă, despre parametrii de sudare și influența acestora asupra procesului de sudare, despre imperfecțiunile și defectele care pot să apară și despre modalitățile de prevenire a apariției acestor defecte, despre modul de întreținere și mentenanță a roboților de sudare.

4. Probleme specifice care pot apărea în timpul procesului de robotizare - abordare și soluționare

La stabilirea tehnologiei de sudare robotizată trebuie să se țină cont de o serie de factori care pot să afecteze rezultatul final – obținerea de suduri conforme, care să respecte specificațiile referitoare la aspectul exterior (lungimea și grosimea sudurii, unghiurile de racordare, aspectul regulat, supraînălțarea, umplerea craterului final etc.) sau la rezistența sudurii (adâncimea de pătrundere, lungimea catetei cu o anumită adâncime de pătrundere impusă, lipsa defectelor de tipul fisurilor, creștăturilor marginale, porilor, suflurilor etc).

În continuare sunt analizați o serie de factori care pot să influențeze calitatea sudurilor realizate și sunt prezentate metode de rezolvare ale problemelor care pot să conducă la obținerea de rezultate negative:

1. Starea suprafeței reperelor care urmează a fi sudate: pentru a obține suduri conforme este necesar ca

parts that are made in large, medium or small series and is not suitable for the production of unique parts. The programming time of a welding robot to make a part is quite long and therefore it is recommended to robotize parts that are made in larger numbers, not in the production of unique parts.

b. Dimensional accuracy of the parts and welding devices: to obtain quality welds, the parts that are robotized must have good dimensional accuracy (the chamfering angles must be constant, the gap between the parts welded end to end must be constant and correctly chosen, the repeatability of the positioning must be good). Modern welding robots have tactile or laser sensors with which they can determine and compensate for deviations in the positioning of the part, but it is recommended to position the parts welded robotized as precisely as possible.

c. Training of personnel who will program, set the process parameters and operate welding robots: personnel who will program and parameterize welding robots must have good knowledge of how to program welding robots, of the movements that robots can make, of welding parameters and their influence on the welding process, of the imperfections and defects that may occur and of the ways to prevent the occurrence of these defects, of how to maintain and repair welding robots.

4. Specific problems that may arise during the robotization process - approaching and solving

When establishing the robotic welding technology, a series of factors must be taken into account that may affect the final result - obtaining compliant welds that comply with the specifications regarding the external appearance (length and thickness of the weld, connection angles, regular appearance, overhang, filling of the final crater etc.) or the weld strength (penetration depth, length of the leg with a certain imposed penetration depth, lack of defects such as cracks, marginal notches, pores, blowouts etc.).

Next, a series of factors that can influence the quality of the welds performed will be analysed and methods for solving problems that can lead to negative results will be presented:

1. Surface condition of the parts to be welded: in order to obtain compliant welds, it is necessary that the surface of the parts be clean, free of oils,

suprafața reperelor să fie curată, fără uleiuri, grăsimi, vaselină, vopsea, apă, oxizi, spray antistropi în exces, etc. Prezența uleiului sau a altor substanțe grase pe suprafața reperelor care urmează a fi sudate robotizat poate să conducă la apariția de imperfecțiuni de tipul porilor sau suflurilor în materialul sudurii. Prezența apei pe suprafața pieselor care urmează a fi sudate poate să conducă la inițierea de fisurări la rece datorită cantității mari de hidrogen difuzibil care poate să ajungă în îmbinarea sudată. Trebuie luate măsuri și trebuie prevăzut în tehnologia de sudare să se verifice temeinic starea suprafeței reperelor înainte de sudare și să nu se sudeze repere care au pe suprafață substanțele amintite anterior (ulei, grăsimi, vaselină, apă, vopsea, oxizi etc);

2. Rostul dintre componentele care urmează a fi sudate robotizat: în cazul în care rostul dintre reperele care urmează a fi sudate robotizat este prea mare, există pericolul străpungerii rostului, iar materialul topit să pătrundă către partea opusă a piesei. În unele cazuri această imperfecțiune nu este acceptată, iar piesa respectivă este rebut. Pentru a preveni apariția acestui defect trebuie stabilit rostul maxim admis pentru reperul respectiv. De exemplu, pentru piese din componenta coloanei de direcție Toyota, realizate din tablă de grosime 2,0 mm, rostul maxim admis avea o deschidere la rădăcină de 0,3 mm. După montarea și strângerea piesei în dispozitivul de sudare se verifică cu o leră de grosime 0,3 mm deschiderea dintre piese. În cazul în care deschiderea la rădăcină era mai mare de 0,3 mm, piesele respective nu se sudau și se realizau analize pentru stabilirea cauzelor care au condus la apariția unei deschideri mai mari de 0,3 mm, în special la operațiile de decupare, îndoire, ștanțare. Pentru alte repere rostul maxim admis se calcula cu formula din SR EN ISO 5817 (Niveluri de calitate pentru imperfecțiuni) clasa B:

(pentru grosimea reperelor mai mici 3,0 mm) sau

$$h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,1 \cdot a \quad (1)$$

dar maxim 2,0 mm (2)

$h \leq 0,5 \text{ mm} + 0,1 \cdot a$, (pentru grosimea reperelor mai mari de 3,0 mm).

3. Poziționarea optimă a sârmei-electrod pentru obținerea adâncimii maxime a sudurii la sudarea robotizată: pentru obținerea unei pătrunderi bune a sudurii la repere din industria autovehiculelor sau pentru piese componente ale instalațiilor de ridicat care au cerințe exprese referitoare la adâncimea minimă de pătrundere a sudurii este foarte important locul unde este poziționată sârma de sudare. În

greases, petroleum jelly, paint, water, oxides, excess anti-splash spray, etc. The presence of oil or other oily substances on the surface of the parts to be welded robotically may lead to the appearance of imperfections such as pores or voids in the weld material. The presence of water on the surface of the parts to be welded may lead to the initiation of cold cracks due to the large amount of diffusible hydrogen that may reach the welded joint. Measures must be taken and provision must be made in the welding technology to thoroughly check the surface condition of the parts before welding and not to weld parts that have the substances mentioned above on their surface (oil, grease, petroleum jelly, water, paint, oxides etc.);

2. The distance between the bevel of the components to be welded robotically: if the distance between the parts to be welded robotically is too large, there is a risk of the joint piercing and the molten material penetrating to the opposite side of the part. In some cases, this imperfection is not accepted and the respective part is rejected. To prevent this defect from occurring, the maximum permissible joint for the respective part must be established. For example, for parts of the Toyota steering column, made of 2.0 mm thick sheet metal, the maximum permissible joint had a root opening of 0.3 mm. After mounting and tightening the part in the welding device, the opening between the parts is checked with a 0.3 mm thick ruler. If the root gap was greater than 0.3 mm, the respective parts were not welded and analyses were performed to determine the causes that led to the appearance of a gap greater than 0.3 mm, especially during cutting, bending, stamping operations. For other parts, the maximum allowed gap was calculated with the formula from SR EN ISO 5817 (Quality levels for imperfections) class B:

$$h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,1 \cdot a \quad (1)$$

(for thickness of marks smaller than 3.0 mm) or $h \leq 0,5 \text{ mm} + 0,1 \cdot a$, but less than 2.0 mm (2)

(for mark thicknesses greater than 3.0 mm).

3. Optimal positioning of the electrode wire for maximum weld depth in robotic welding: to achieve good weld penetration in automotive components or for components of lifting installations that have express requirements regarding the minimum weld penetration depth, the location of the welding wire is very important. After performing thousands of weld penetration tests, it turned out that in corner

urma realizării a mii de teste de pătrundere a sudurii a rezultat faptul că la îmbinările de colț sudate în poziția PB sârma de sudare trebuie poziționată pe tabla orizontală, la o anumită distanță de tabla verticală.

Distanța față de tabla verticală depinde de grosimea componentelor. Astfel, pentru sudarea robotizată a unor reperi de grosime 2,0 mm pentru industria autovehiculelor, distanța optimă față de tabla verticală la care s-a obținut cea mai bună pătrundere a sudurii a fost de 0,5 mm. Reperele din exemplul prezentat (Cutia antivolt din cadrul coloanei de direcție Toyota) sunt realizate din materialul DC03 / 1.0347 (SR EN 10130:2007 *Produse plate laminate la rece din oțel cu conținut scăzut de carbon pentru formare la rece* - Condiții tehnice de livrare), iar îmbinarea realizată este în colț. Pentru exemplul ales, pătrunderea minimă impusă a sudurii este de 0,3 mm în fiecare componentă (cerință client).

Probele de sudare au fost realizate cu o celulă robotizată CLOOS Romat 320 (figura 1) dotată cu o sursă de sudare sinergică și un dispozitiv specializat (figura 2), folosind următorii parametri de sudare:

- polaritatea curentului: curent continuu, polaritate inversă (CC+ „+” la sârma-electrod);
- poziția de sudare: PB (orizontală cu perete vertical) – conform SR EN ISO 6947;
- gazul de protecție folosit: Grupa M2.1 conform SR EN ISO 14175 - 82% Ar + 18% CO₂;
- sârma de sudare folosită: marca G3Si1 EN ISO 14341-A diametru 0,8 mm;

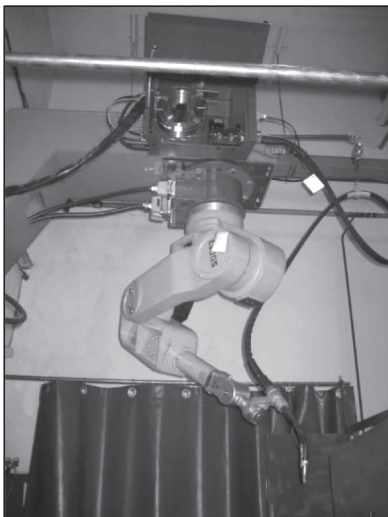


Figura 1. Robotul CLOOS ROMAT 320 cu care se sudează reperul Cutia antivolt din cadrul coloanei de direcție Toyota
Figure 1. CLOOS ROMAT 320 robot used to weld the anti-theft box part of the Toyota steering column

- viteza de sudare: 50 cm/min;
- lungimea liberă a sârmei-electrod (distanța dintre capătul duzei de curent și capătul sârmei): 10 mm;

joints welded in the PB position, the welding wire must be positioned on the horizontal plate, at a certain distance from the vertical plate.

The distance from the vertical plate depends on the thickness of the components. Thus, for robotic welding of 2.0 mm thick automotive components, the optimal distance from the vertical plate at which the best weld penetration was obtained was 0.5 mm. The parts in the example shown (Toyota steering column lock box) are made of DC03 / 1.0347 material (SR EN 10130:2007 *Cold rolled low carbon steel flat products for cold forming*- Technical delivery conditions), and the joint made is in the corner. For the chosen example, the minimum required weld penetration is 0.3 mm in each component (customer requirement).

The welding tests were performed with a CLOOS Romat 320 robotic cell (figure 1) equipped with a synergic welding source and a specialized device (figure 2), using the following welding parameters and their declared values:

- current polarity: direct current, reverse polarity (DC+ "+" to the electrode wire);
- welding position: PB (horizontal with vertical wall) – according to SR EN ISO 6947;
- shielding gas used: Group M2.1 according to SR EN ISO 14175- 82% Ar + 18% CO₂;
- welding wire used: brand G3Si1 EN ISO 14341-A diameter 0.8 mm;

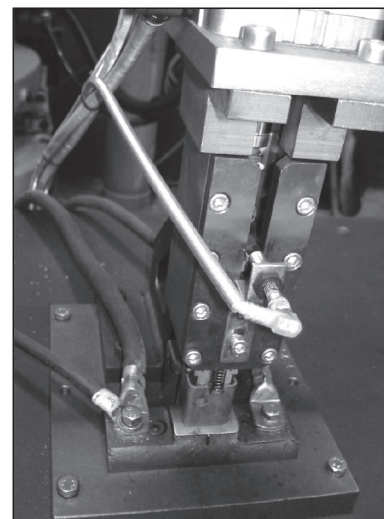


Figura 2. Dispozitivul de sudură al reperului Cutia antivolt
Figure 2. The welding device of the anti-theft box

- welding speed: 50 cm/min;
- free length of the electrode wire (distance between the front end of the current nozzle and the wire-end): 10 mm;

- unghiul de înclinare al pistolului pe direcția de sudare: tras (15° față de normala la suprafață);
- unghiul de înclinare al pistolului perpendicular pe poziția de sudare: 45° .

Au fost realizate o serie de teste de sudare robotizată pentru stabilirea poziției optime a sârmei electrod cu care se obține adâncimea maximă de pătrundere a sudurii în ambele componente.

Parametrul ales pentru testare a fost distanța de poziționare a sârmei-electrod față de intersecția la 90° a celor două componente.

Testele au fost realizate poziționând vârful sârmei de sudare cu ajutorul robotului la:

- 2,0 / 1,5 / 1,0 / 0,8 / 0,6 / 0,4 / 0,2 mm de îmbinare pe componenta A;
- în îmbinare;
- 0,2 / 0,4 / 0,6 / 0,8 / 1,0 / 1,5 / 2,0 mm de îmbinare pe componenta B;

Pe grafic au fost marcate pătrunderile măsurate la fiecare test în parte:

- pe grafic, pe linia orizontală a fost marcat ca punctul „0” intersecția la 90° a celor două componente;
- pe linia orizontală au fost marcate spre stânga (de la 0 la minus 2) poziționările sârmei-electrod pe componenta 1 (Plăcuță), iar spre dreapta (de la zero la 2) poziționările sârmei-electrod pe componenta 2 (Bucșă);
- cu un romb au fost marcate valorile adâncimilor de pătrundere a sudurii în componenta 1 („Plăcuță”);
- cu un „x” au fost marcate valorile adâncimilor de pătrundere a sudurii în componenta 2 („Bucșă”);
- pe grafic a fost încadrat cu linii roșii punctate intervalul în care pătrunderea sudurii este cea mai bună (-0,6)...(-0,4).

Rezultatele testelor de pătrundere a sudurii sunt înregistrate în graficul din figura 3, iar interpretarea rezultatelor obținute este prezentată în tabelul 1.

În urma interpretării rezultatelor obținute (figura 4) s-a concluzionat că cea mai bună pătrundere a sudurii se obține poziționând sârma-electrod (figura 5) pe componenta orizontală 1 (Plăcuță), la o distanță de 0,5 mm față de componenta verticală 2 (Bucșă).

Pentru repere cu grosimi mai mari (6,0...8,0 mm) este recomandat ca sârma de sudare să fie poziționată pe tabla orizontală la o distanță de 1,0 mm de tabla verticală.

În cazul reperelor de grosimi și mai mari (15,0...20,0 mm) este recomandat ca sârma de sudare să fie poziționată pe tabla orizontală la o distanță de 1,5...2,0 mm de tabla verticală.

- the angle of inclination of the torch in the welding direction: pulled (15° from the vertical);
- the angle of inclination of the torch perpendicular to the welding position: 45° .

A series of robotic welding tests were performed to establish the optimal position of the electrode wire to achieve maximum weld penetration depth in both components.

The parameter chosen for testing was the positioning distance of the wire-electrode from the 90° intersection of the two components.

The tests were performed by positioning the tip of the welding wire with the help of the robot at:

- 2.0 / 1.5 / 1.0 / 0.8 / 0.6 / 0.4 / 0.2 mm joint on component A;
- in the joint;
- 0.2 / 0.4 / 0.6 / 0.8 / 1.0 / 1.5 / 2.0 mm joint on component B;

The penetrations measured in each test were marked on the graph:

- on the graph, on the horizontal line, the 90° intersection of the two components was marked as point "0";
- on the horizontal line, the positions of the wire-electrode on component 1 (Plate) were marked to the left (from 0 to minus 2), and to the right (from zero to 2) the positions of the wire-electrode on component 2 (Bush);
- with a diamond, the values of the weld penetration depths in component 1 (called "Plate") were marked;
- with an "x" the values of the weld penetration depths in component 2 (called "Bushing") were marked;
- on the graph, the interval in which the weld penetration is best (-0.6)...(-0.4) was framed with dotted red lines.

The results of the weld penetration tests are recorded in the graph in figure 3, and the interpretation of the results obtained is presented in table 1.

Following the interpretation of the results obtained (figure 4), it was concluded that the best weld penetration is obtained by positioning the wire-electrode (figure 5) on the horizontal component 1 (Plate), at a distance of 0.5 mm from the vertical component 2 (Bushing).

For parts with larger thicknesses (6.0...8.0 mm) it is recommended that the welding wire be positioned on the horizontal sheet at a distance of 1.0 mm from the vertical sheet.

In the case of parts of even greater thickness (15.0...20.0 mm) it is recommended that the welding wire be positioned on the horizontal sheet at a distance of 1.5...2.0 mm from the vertical sheet.

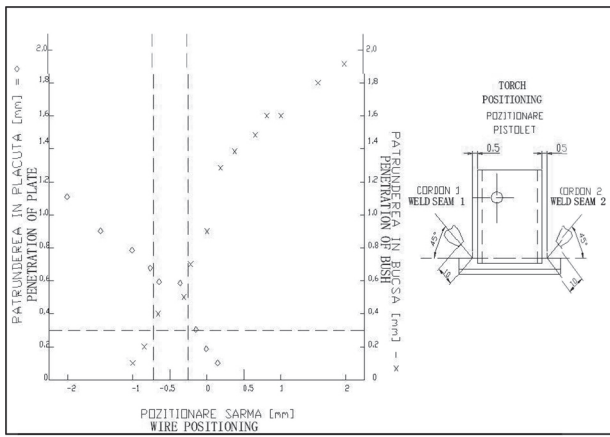


Figura 3. Alegerea poziționării optime a sârmei-electrod pentru obținerea pătrunderii maxime a sudurii

Figure 3. Choosing the optimal positioning of the wire electrode to obtain maximum weld penetration

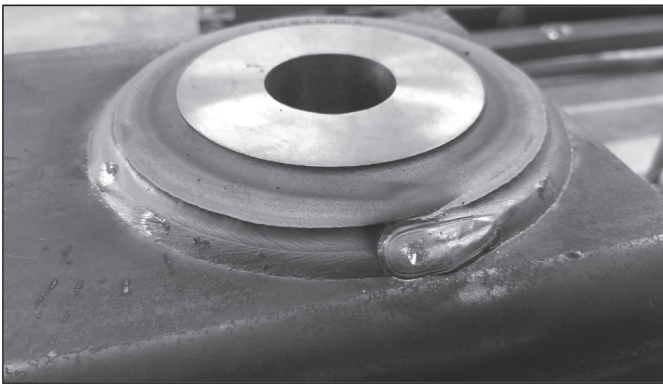


Figura 4. Reper de grosime 8 mm sudat robotizat cu poziționarea sârmei 1 mm pe tabla orizontală

Figure 4. Robotically welded 8 mm thickness mark with 1 mm wire positioning on horizontal sheet

4. Stabilirea unei intensități a curentului de sudare corecte care să asigure o pătrundere bună a sudurii: unul dintre cei mai importanți parametri de la sudarea robotizată MIG-MAG, de care depinde adâncimea de pătrundere a sudurii, este intensitatea curentului de sudare. Intensitatea curentului împreună cu tensiunea arcului dau puterea arcului electric respectiv, iar pătrunderea sudurii este proporțională cu puterea arcului [1].

În urma testelor realizate s-a confirmat faptul că, pentru a obține o anumită pătrundere a sudurii, arcul electric trebuie să aibă o anumită putere, dependentă de grosimea componentelor sudate. Astfel, pentru o grosime a componentelor de 2,0 mm a rezultat că este nevoie de o intensitate a curentului de sudare de 130 A, corespunzătoare unei viteze de avans a sârmei cu diametrul 0,8 mm de 8,5 m/min și o tensiune a arcului de 19,2 V. În tabelul 2 sunt prezentate rezultatele testelor de verificare a adâ-

Tabelul 1. Valorile pătrunderii sudurii în urma testelor cu diverse poziționări ale sârmei de sudare

Tabel 1. Weld penetration values from tests with various welding wire positions

Nr. crt.	Poziționare sârmă (mm)	Pătrunderea sudurii în componenta 1 (mm)	Pătrunderea sudurii în componenta 2 (mm)
No.	Wire positioning (mm)	Weld penetration into component 1 (mm)	Weld penetration into component 2 (mm)
1	-2,0	1,1	0
2	-1,5	0,9	0
3	-1,0	0,8	0,1
4	-0,8	0,7	0,2
5	-0,6	0,6	0,4
6	-0,4	0,6	0,5
7	-0,2	0,3	0,7
8	0	0,2	0,9
9	0,2	0,1	1,3
10	0,4	0	1,4
11	0,6	0	1,5
12	0,8	0	1,6
13	1	0	1,6
14	1,5	0	1,8
15	2	0	1,9



Figura 5. Poziționarea sârmei-electrod pe tabla orizontală la 1 mm de tabla verticală

Figure 5. Positioning the wire-electrode on the horizontal plate 1 mm from the vertical plate

4. Setting the correct welding current intensity to ensure good weld penetration: one of the most important parameters in MIG-MAG robotic welding, on which the weld penetration depth depends, is the welding current intensity. The welding current intensity together with the arc voltage give the power of the respective electric arc, and the weld penetration is proportional to the arc power [1].

The tests confirmed that, in order to achieve a certain weld penetration, the electric arc must have a certain power, depending on the thickness of the welded components.

Thus, for a component thickness of 2.0 mm, a welding current intensity of 130 A is required, corresponding to a wire feed speed of 8.5 m/min with a diameter of 0.8 mm and an arc voltage of 19.2 V.

Table 2 presents the results of the weld penetration depth verification tests for a 2 mm thick part, mate-

cimii de pătrundere a sudurii pentru un reper cu grosimea de 2 mm, material DC03 (SR EN 10130), sudat în poziția PB (SR EN ISO 6947), sârma de sudare plină G3Si1 (SG2) SR EN ISO 14341-A diametru 0,8 mm, lungimea liberă a sârmei 10 mm, unghi de tragere cu orizontala 80°, unghi de înclinare a pistoletului 45°. Testele de sudare au fost realizate modificând doar parametrul viteză de avans a sârmei electrod (Au fost realizate 11 teste cu viteze de avans a sârmei variate în intervalul 7-10 m/min), ceilalți parametri fiind menținuți constanți.

După realizarea probelor de sudare piesele au fost debitate, probele de analiză fiind apoi șlefuite și atacate cu reactiv metalografic Nital 6%. La microscop a fost măsurată adâncimea de pătrundere a sudurii, iar rezultatele au fost trecute în tabelul 2. În urma interpretării rezultatelor obținute s-a constatat că pătrunderea optimă se obține cu o intensitate a curentului de sudare de ~ 130 A, corespunzătoare unei viteze de avans a sârmei de 8,5 m/min.

Tabelul 2. Valorile pătrunderii sudurii în urma testelor cu diverse poziționări ale sârmei de sudare
Tabel 2. Weld penetration values from tests with various welding wire positions

Nr. crt.	Viteza de avans sârma (m/min)	Intensitatea curentului de sudare (A)	Tensiunea arcului (V)	Pătrundere în plăcuță (mm)	Pătrundere în bucușă (mm)
No.	Wire feed speed (m/min)	Welding current intensity (A)	Arc voltage (V)	Penetration into the plate (mm)	Penetration into the bush (mm)
1	7,0	110	18,4	0,40	0,35
2	7,3	112	18,6	0,42	0,39
3	7,6	116	18,7	0,50	0,40
4	7,9	125	18,8	0,58	0,42
5	8,2	129	18,9	0,62	0,52
6	8,5	131	19,2	0,68	0,60
7	8,8	135	19,7	0,65	0,53
8	9,1	138	20,5	0,73	0,55
9	9,4	140	20,9	0,76	0,93
10	9,7	144	21,5	0,80	1,10
11	10,0	148	21,9	1,20	0,80

În cazul utilizării unui regim cu o putere a arcului prea mică există riscul să se obțină o pătrundere insuficientă, mai mică decât cea impusă de normele clientului. De exemplu, pentru o piesă din materialul S355J2+N, de grosime 6,0 mm, poziție de sudare PB, au fost realizate teste cu o intensitate a curentului de sudare de 200 A, iar pătrunderea sudurii a fost de 0,5 mm sau chiar mai mică, insuficientă comparativ cu pătrunderea minimă impusă 0,9 mm (figura 6). O pătrundere conformă a fost obținută cu un regim de 270 A (figura 7).

În cazul unor repere de grosime mai mare (de exemplu 20 mm), tot din materialul S355 J2 + N, o pătrundere bună a sudurii a fost obținută cu un

regim DC03 (SR EN 10130), welded in the PB position (SR EN ISO 6947), solid welding wire G3Si1 (SG2) SR EN ISO 14341-A diameter 0.8 mm, free wire length 10 mm, draw angle to the surface of the piece 80°, torch inclination angle 45°.

The welding tests were performed by modifying only the electrode wire feed speed parameter (11 tests were performed with varying wire feed speeds in the range of 7-10 m/min.), the other parameters being kept constant.

After the welding tests, the pieces were cut, the analysis samples were then ground and etched with Nital 6% metallographic reagent. The penetration depth of the weld was measured under a microscope, and the results were listed in Table 2. Following the interpretation of the results obtained, it was found that the optimal penetration is obtained with a welding current intensity of ~ 130 A, corresponding to a wire feed speed of 8.5 m/min.

If a regime with too low an arc power is used, there is a risk of obtaining insufficient penetration, lower than that required by the customer's standards. For example, for a piece made of S355J2+N material, 6.0 mm thick, PB welding position, tests were carried out with a welding current intensity of 200 A, and the weld penetration was 0.5 mm or even lower, insufficient compared to the minimum required penetration of 0.9 mm (figure 6).

A compliant penetration was obtained with a regime of 270 A (figure 7).

In the case of thicker parts (e.g. a 20 mm thickness of the plates), also made of S355 J2 + N material, good weld penetration was obtained with a higher

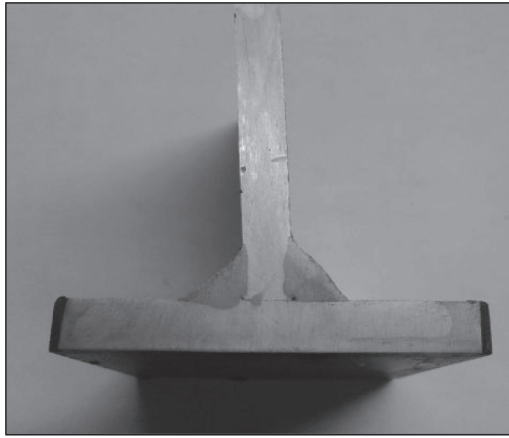


Figura 6. Pătrundere insuficientă din cauza folosirii unui regim cu o putere prea mică la un reper de grosime 6 mm
Figure 6. Insufficient penetration due to using a power setting that is too low on a 6 mm thick target

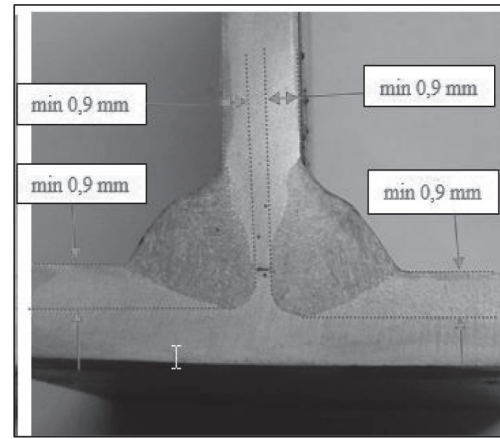


Figura 7. Pătrundere conformă a sudurii datorită folosirii unui regim cu o putere a arcului corectă la un reper de grosime 6 mm
Figure 7. Insufficient penetration due to using a power setting that is too low on a 6 mm thick target

regim cu o putere a arcului mai mare, creată cu o intensitate a curentului de sudare de 330 A și o tensiune a arcului de 30,5 V (figura 8).

arc power regime, created with a welding current intensity of 330 A and an arc voltage of 30.5 V (figure 8).

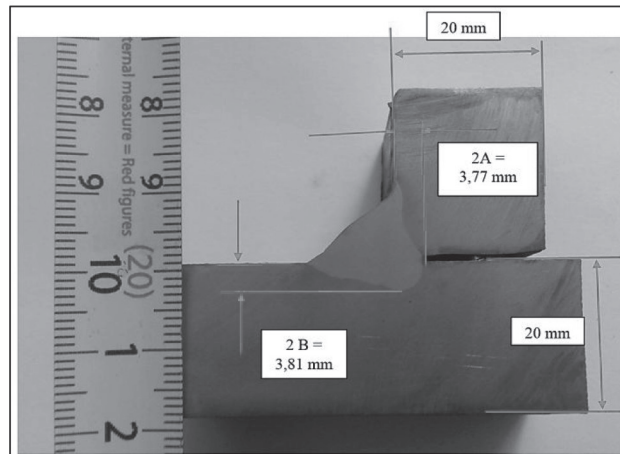


Figura 8. Pătrunderea conformă a sudurii în cazul unui reper de grosime 20 mm sudat cu o intensitate a curentului de sudare de 330 A

Figure 8. Correct weld penetration for a 20 mm thick workpiece welded with a welding current of 330 A

5. Metode de asigurare a avansului constant al sârmei – electrod la sudare robotizată MIG/MAG: un factor foarte important pentru desfășurarea în bune condiții a procesului de sudare robotizată MIG/MAG este un avans constant al sârmei-electrod [2]. Pe parcursul procesului de sudare robotizată pot să apară anumiți factori perturbatori care să influențeze negativ desfășurarea procesului de sudare, iar avansul sârmei să devină inconstant. O viteză de avans al sârmei inconstantă va conduce la apariția de imperfecțiuni și chiar defecte de sudură: suduri cu grosime variabilă, creștături marginale, arsuri, lipsă de pătrundere etc. O cauză a avansului inconstant al sârmei este creșterea forțelor de frecare a sârmei prin tubul de ghidare care face legătura dintre dispozitivul de avans al sârmei și pistolul robotului. Acest lucru este

5. Methods for ensuring constant wire-electrode feed in MIG/MAG robotic welding: a very important factor for the proper operation of the MIG/MAG robotic welding process is a constant wire-electrode feed [2].

During the robotic welding process, certain disturbing factors may occur that negatively influence the welding process and the wire feed may become inconsistent. An inconsistent wire feed speed will lead to imperfections and even welding defects: welds with variable thickness, lateral undercuts, local burns of the material, lack of penetration etc.

One cause of inconsistent wire feed is the increase in wire friction forces through the guide tube that connects the wire feed device to the robot torch. This is caused by the fact that copper filings that exfoliate

cauzat de faptul că în interiorul arcului spiralat care conduce sârma poate să ajungă pilitură de cupru care se exfoliază de pe sârmă, murdărie, praf etc.

Metoda de verificare a forței de frecare a sârmei prin arcul spiralat este următoarea:

- se deblochează rolele de la dispozitivul de avans sârmă, astfel încât sârma să circule liberă prin pachetul de furtunuri

- se montează un dinamometru la capătul sârmei care iese din pistolul de sudură

- un operator sudor imobilizează pistolul robotului, iar altul trage de dinamometru și verifică forța de înaintare a sârmei prin arcul spiralat.

- dacă forța de înaintare a sârmei prin pachetul de furtunuri este mai mare de 70 N [3] înseamnă că forțele de frecare din tubul de ghidare (arcul spiralat) sunt prea mari, așadar arcul spiralat este foarte murdar și trebuie curățat sau înlocuit.

- dacă forța de înaintare a sârmei prin pachetul de furtunuri este mai mică de 70 N înseamnă că arcul spiralat este curat și mai poate fi folosit.

Acest test ar trebui realizat săptămânal, iar în funcție de gradul de exfoliere a peliculei de cupru de pe sârma de sudură ar trebui stabilit și un interval de înlocuire a arcului spiralat (din experiență se recomandă un interval de utilizare, până la schimbare, de 30 de zile).

Un alt factor care poate să conducă la creșterea forțelor de frecare a sârmei prin tubul de ghidare este curbura prea mică a pachetului de furtunuri.

Pentru un avans bun al sârmei-electrod se recomandă ca raza minimă a pachetului de furtunuri să fie de 500 mm. Acest lucru se poate realiza prin montarea de elemente de echilibrare care să susțină pachetul de furtunuri la raze optime, mai mari de 500 mm. Aceste echilibroare permit deplasarea pachetului de furtunuri în poziția optimă, iar în cazul ieșirii din poziția optimă readuc pachetul de furtunuri în această poziție.

Un al treilea factor care poate perturba avansul constant al sârmei-electrod este murdărirea rolelor de avans sârmă cu ulei, vaselină, praf, pilitură de cupru etc. Se recomandă curățarea săptămânală a rolelor de avans al sârmei și ștergerea cu o cârpă curată, astfel încât sârma de sudare să aibă un avans constant.

6. Metode de corecție a traiectoriei pistolului robotului la începutul sudării și pe parcursul derulării procesului de sudare robotizată: din cauza abaterilor de la procesele de debitare, îndoire, punctare cu sudură, montare în dispozitivul de sudare este posibil ca piesa să nu fie poziționată în același loc.

from the wire, dirt, dust etc. can get inside the steel spiral spring that guides the welding wire.

The method for checking the friction force of the wire through the spiral spring that guides the wire is as follows:

- the rollers on the wire feed device are unlocked so that the wire can flow freely through the hose package

- a dynamometer is mounted at the end of the wire coming out of the welding torch

- a welding operator immobilizes the robot's torch, and another pulls the dynamometer and checks the wire feed force through the guide tube (spiral spring).

- if the wire feed force through the hose package is greater than 70 N [3], it means that the friction forces in the guide tube are too high, so the spiral spring is very dirty and must be cleaned or replaced.

- if the wire feed force through the hose package is less than 70 N, it means that the wire feed will be correct and the spiral spring can still be used.

This test should be performed weekly, and depending on the degree of exfoliation of the copper film on the welding wire, a replacement interval for the spiral spring should also be established (from own experience, a 30-day usage interval before the replacement of the guide tube is recommended).

Another factor that can lead to increased wire friction forces through the guide tube is too little curvature of the hose bundle. For a good advance of the wire-electrode, it is recommended that the minimum radius of the hose package be 500 mm. This can be achieved by installing balancing elements that support the hose package at optimal radii, greater than 500 mm. These balancers allow the movement of the hose package to the optimal position, and in case of departure from the optimal position, they bring the hose package back to this position.

A third factor that can disrupt the constant advance of the wire-electrode is the contamination of the wire feed rollers with oil, grease, dust, copper filings etc. It is recommended to clean the wire feed rollers weekly and wipe them with a clean cloth so that the welding wire has a constant advance.

6. Methods for correcting the robot torch trajectory at the beginning of welding and during the robotic welding process: due to deviations from the cutting, bending, spot welding, mounting processes in the welding device, the part may not be positioned in the same place. In order for the start of welding to be consistent, CLOOS robots are equipped with part

Pentru ca începutul sudării să fie conform, roboții CLOOS sunt dotați cu senzori de palpăre a pieselor înainte de începerea procesului de sudare, iar roboții își ajustează poziționarea pistolului la începutul sudării în funcție de rezultatul palpării respective.

Pe parcursul derulării procesului de sudare, în cazul în care sunt abateri de poziționare a piesei față de prima piesă programată, robotul va realiza corecția traiectoriei robotului prin monitorizarea tensiunii arcului electric. Corecțiile traiectoriei sunt realizate automat atât în plan orizontal cât și în plan vertical.

Metoda de corecție a traiectoriei pistolului prin monitorizarea tensiunii arcului este următoarea:

- dacă piesa este poziționată mai departe de pistolul robotului, comparativ cu poziția programată, lungimea liberă a sârmei crește, intensitatea curentului de sudare scade, iar tensiunea arcului crește datorită funcției de autoreglare; robotul sesizează creșterea tensiunii arcului și se apropie de piesă până la atingerea valorii tensiunii corecte
- dacă piesa este poziționată mai aproape de pistolul robotului față de piesa programată, lungimea liberă a sârmei scade, intensitatea curentului de sudare crește, iar tensiunea arcului scade; robotul sesizează scăderea tensiunii arcului și se îndepărtează de piesă până la atingerea valorii tensiunii corecte.

5. Concluzii

Robotizarea proceselor de sudare MIG/MAG a adus beneficii semnificative, optimizând producția de piese auto și echipamente de ridicat. Productivitatea a crescut cu 150–200% datorită vitezelor de sudare superioare (50–80 cm/min) și manipuletoarelor programabile, reducând timpii de poziționare la 2–3 secunde. Calitatea sudurilor s-a îmbunătățit prin utilizarea a până la 30 de liste de parametri personalizați, asigurând constanța unghiurilor și pendularea pistolului, ceea ce a eliminat operațiile de redresare și curățare a stropilor. Deformațiile remanente au scăzut de la 5–7 mm la 1–2 mm, sporind stabilitatea dimensională a reperelor, esențială pentru clienți precum Toyota și Haulotte.

Siguranța operatorilor a fost semnificativ îmbunătățită prin protejarea împotriva radiațiilor, fumului toxic și arsurilor, roboții preluând sarcinile repetitive. Provocările, precum suprafețele contaminate sau rosturile excesive, au fost abordate prin verificări riguroase și stabilirea unor rosturi maxime (ex. 0,3 mm pentru 2 mm). Testele au optimizat poziționarea sârmei (0,5 mm de tabla verticală pentru table subțiri)

sensing sensors before the welding process begins, and the robots adjust their torch positioning at the beginning of welding depending on the result of the wire touch sensing action.

During the robotic welding process, if there are deviations in the positioning of the part from the first programmed part, the robot will correct the robot trajectory by monitoring the electric arc voltage. The trajectory corrections are performed automatically in both the horizontal and vertical planes.

The method of correcting the torch trajectory by monitoring the arc voltage is as follows:

- if the workpiece is positioned further from the robot torch, compared to the programmed position, the free length of the wire increases, the welding current intensity decreases, and the arc voltage increases due to the self-adjustment function; the robot senses the increase in arc voltage and approaches the workpiece until the correct voltage value is reached
- if the part is positioned closer to the robot torch than the programmed part, the free length of the wire decreases, the welding current intensity increases, and the arc voltage decreases; the robot senses the decrease in arc voltage and moves away from the part until the correct voltage value is reached.

5. Conclusions

Robotization of MIG/MAG welding processes has brought significant benefits, optimizing the production of automotive parts and lifting equipment. Productivity has increased by 150–200% thanks to higher welding speeds (50–80 cm/min) and programmable manipulators, reducing positioning times to 2–3 seconds. Weld quality has improved by using up to 30 custom parameter lists, ensuring angle consistency and torch swing, which has eliminated straightening and spatter cleaning operations. Residual deformations have decreased from 5–7 mm to 1–2 mm, increasing the dimensional stability of the parts, essential for customers such as Toyota and Haulotte.

Operator safety has been significantly improved by protecting against radiation, toxic fumes and burns, with robots taking over repetitive tasks. Challenges such as contaminated surfaces or excessive joints were addressed through rigorous checks and the establishment of maximum joints (e.g. 0.3 mm for 2 mm). Tests optimized the wire positioning (0.5 mm from vertical sheet for thin sheets) and current (e.g.

și curentul (ex. 130 A pentru 2 mm), reducând defecte ca porii sau fisurile. Avansul constant al sârmei a fost asigurat prin mentenanță, iar corecțiile traiectoriei prin senzori și monitorizarea tensiunii arcului.

Lucrarea evidențiază necesitatea investițiilor în roboți moderni și instruirea personalului pentru a maximiza eficiența. Soluțiile propuse, validate prin zeci de teste, oferă un model pentru industria de sudare, reducând costurile și defectele, și aliniind procesele la standardele stricte ale producției moderne.

130 A for 2 mm), reducing defects such as pores or cracks. Constant wire feed was ensured by maintenance, and trajectory corrections were made by sensors and arc voltage monitoring.

The paper highlights the need for investment in modern robots and staff training to maximize efficiency. The proposed solutions, validated through dozens of tests, provide a model for the welding industry, reducing costs and defects, and aligning processes to the strict standards of modern production.

Bibliografie/References

- [1] Savu, I.-D. (2007). Sudarea cu arcul electric. Editura Universitaria, Craiova
- [2] Bodea, M. (2016). Sudura și procedee conexe, Editura UTPress, Cluj-Napoca
- [3] <https://www.migal.co/en/products/wire-transport/basics-of-wire-transport>

Pentru citare:

Știr, A., (2025). MIG/MAG robotic welding – specific application aspects, *Sudura*, nr. 2, year XXXV, 40-52, <https://doi.org/10.70652/sud.2025.2.4>



ASOCIAȚIA INFORMEAZĂ

Personale

Asociația de Sudură din România transmite felicitări membrilor cu ocazia împlinirii vârstei de:

- 80 ani: - Domnului **Radu Băncilă** (Timișoara)
- 75 ani: - Domnului **Adrian Mihai Câmpurean** (București)
- 65 ani: - Domnului **Costică Bejinariu** (Iași)
 - Domnului **Cornel Buda** (Cluj Napoca)
 - Domnului **Levente Szente** (Târgu Mureș)
- 60 ani: - Domnului **Ioan Demeter** (Arad)



Profesorul Radu Băncilă la 80 ani



Născut la Timișoara în data de 21.04.1945 profesorul Radu Băncilă a absolvit în anul 1967 Facultatea de construcții de la Universitatea Politehnica Timișoara (UPT), instituție în care a activat până în anul 2012, parcurgând toate treptele ierarhiei universitare.

Crescut la școala academicianului Dan Mateescu, care i-a fost și coordonator științific al tezei de doctorat susținute în anul 1981, profesorul Băncilă a fost, fără îndoială, un demn urmaș al magistrului său. S-a dedicat construcțiilor metalice, în mod special podurilor metalice de cale ferată și șosea, devenind un specialist de notorietate națională și internațională.

În decursul timpului a funcționat ca profesor invitat la o serie de universități de prestigiu din Europa ca TU Graz (Austria), ETZ (Elveția) sau TU Muenchen (Germania).