

Creșterea productivității la sudarea MIG-MAG utilizând un procedeu inovator de sudare twin

Increasing MIG-MAG welding productivity using an innovative twin-wire welding process

Adrian Banu^{1*}, Cătălin Dorin Marin¹, Luigi Renato Mistodie², Carmen Cătălina Rusu²

¹Ductil S.A., Buzău/Ductil S.A., Buzau

²Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați/“Dunarea de Jos” University of Galati

Rezumat

La momentul actual, companiile producătoare de sisteme și echipamente pentru sudare fac eforturi susținute pentru stimularea cercetărilor și dezvoltărilor de noi produse, care să răspundă cerințelor industriei în ceea ce privește creșterea productivității proceselor de sudare, concomitent cu creșterea calității sudurilor rezultate. În vederea îmbunătățirii sistemelor de sudare existente sau dezvoltarea de noi soluții inovatoare, aceste cercetări sunt fundamentale pentru menținerea competitivității și eficienței în industrie și pentru a răspunde cerințelor în continuă schimbare ale pieței. În contextul acestor dezvoltări, în lucrare este prezentată o variantă a unui procedeu modern, de ultimă generație, pentru sudarea MIG-MAG în curent pulsant, dezvoltat de Lincoln Electric, respectiv HyperFill®, un procedeu care combină o rată mare de depunere cu un nivel scăzut al energiei liniare, comparativ cu procedeele de sudare care folosesc tipurile standard de transfer de tip spray arc. Aceste două caracteristici tehnice pot fi obținute doar pe echipamentele care includ tehnologie invertorizată și care sunt programabile. Totodată, procedeul de sudare HyperFill® contribuie la reducerea costurilor și a timpului de producție, prin minimizarea numărului de treceri succesive și, astfel, la optimizarea vitezei de sudare. De asemenea, în lucrare sunt prezentate rezultatele obținute în urma unor cercetări aplicative care analizează comparativ procedeul de sudare MIG-MAG clasic și procedeul de sudare HyperFill® și care evidențiază creșterea ratei de depunere și scăderea timpului necesar realizării sudurilor.

Cuvinte cheie

Sudare, MIG-MAG, twin-arc, productivitate, caracteristici mecanice, rată de depunere, reducerea numărului de treceri

Abstract

Nowadays, companies that produces welding systems and equipment are conducting sustained efforts to stimulate research and development of new products, which meet the industry's requirements in terms of increased productivity of the welding processes, while increasing the quality of the resulting welds. In order to improve the existing welding systems or to develop new innovative solutions, the research is fundamental to maintaining competitiveness and efficiency in the industry, and to fulfil the constant demands of the market. In the context of these developments, the paper introduces a variant of a modern, state-of-the-art process for pulsed MIG-MAG welding, developed by Lincoln Electric, namely HyperFill®, a process that combines a high deposition rate with a level low heat input compared to other types of welding processes that uses standard spray arc transfer. These two technical factors can only be obtained on inverter-based welding equipment that can be programmed and controlled. In the same time, the HyperFill® welding process contributes to reducing costs and production time, by minimizing the number of weld passes, hence optimizing the welding speed. Also, in the paper are presents the results achieved from applied research, that compares the classic MIG-MAG welding process and the HyperFill® welding process, that highlights the benefits of increased deposition rates and decreased welding times.

Keywords

Welding, MIG-MAG, twin-arc, productivity, mechanical characteristics, deposition rate, reduced weld passes

1. Introducere

Progresul continuu înregistrat de marile companii producătoare de sisteme și echipamente pentru sudare în domeniul tehnologiilor de fabricație face posibilă aplicarea, în procesele de producție, a unor noi procedee și materiale pentru fabricarea produselor. În cazul proceselor de sudare, cercetările aplicative din ultima perioadă s-au axat pe dezvoltarea de noi procedee, care să asigure o productivitate crescută a proceselor și scăderea costurilor de fabricație a produselor [1-2].

În cazul sudării cu arc electric, o soluție viabilă este utilizarea mai multor materiale de adaos, soluție care contribuie la reducerea timpului de sudare a elementelor de dimensiuni mari și la creșterea productivității proceselor de sudare. Astfel, s-au dezvoltat procedee care utilizează două sau mai multe sârme electrod, alimentate separat (tandem) sau de aceeași sursă de sudare (twin). Însă, creșterea aportului de material și, implicit, de căldură în zona băii de metal topit, poate afecta negativ proprietățile sudurilor rezultate. De exemplu, în cazul oțelurilor structurale de mare rezistență, creșterea energiei liniare poate conduce la o scădere semnificativă a caracteristicilor de rezistență la încovoiere prin șoc, datorită formării constituenților martensitici-austenitici în structura sudurii și zonei de influență termo-mecanică (ZIT). În ciuda acestor probleme, posibilitatea potențială de reducere a timpului de fabricație este sursa și motivul interesului pentru cercetări în domeniu și dezvoltare de noi procedee și echipamente pentru sudare [3-7]. Echipamentele pentru sudarea MIG-MAG tandem/twin, care utilizează două sârme electrod, au început să fie disponibile comercial din anul 1996. S-a demonstrat astfel că aceste procedee oferă rate mari de depunere, de până la 24 kg/h și viteze de deplasare de peste două ori mai mari decât la procedeul MIG-MAG clasic (până la 5 m/min). De asemenea, la viteze mari de sudare, aportul de căldură este mai redus și astfel, tensiunile și deformațiile rezultate în îmbinările sudate sunt mai reduse. Totodată, este cunoscut faptul că sudarea MIG/MAG tandem reduce porozitatea, deoarece baia de metal topit are o formă alungită, care permite creșterea timpului de degazare. În plus, sudarea MIG-MAG tandem/twin cu sârmă tubulară cu pulberi metalice este folosită preponderent în aplicațiile unde se dorește creșterea și mai mult a ratei de depunere [7-11]. Având în vedere aceste avantaje, procesul de sudare MIG-MAG tandem/twin este aplicat în industria autovehiculelor și a construcțiilor navale, la realizarea subansamblurilor pentru echipamentele

1. Introduction

The continuous progress registered by the large industrial companies that produces welding systems and equipment, in the field of manufacturing technologies, makes possible to apply, in the production processes, new processes and materials for the manufacture of products. In the case of welding processes, recent applied research focused on the development of new process variants, which ensure an increased productivity of the processes and the reduction of product manufacturing costs [1-2].

In the case of electric arc welding, a viable solution is the use of several filler materials, a result that contributes in reducing the welding time of the large subassemblies and increasing the productivity of welding processes. In this regard, two or more electrode wires, powered separately (tandem) or by the same welding source (twin) have been developed for this process. Nevertheless, the increase in material intake and, respectively, of the heat, in the molten metal area, can negatively affect the properties of the resulting welds. For example, in the case of high-strength structural steels, the increase in heat input can lead to a significant decrease of impact resistance, due to the formation of martensitic-austenitic constituents in the weld structure and in the heat affected zone (HAZ). Despite of these problems, the possibility of reducing manufacturing times is the source and reason for the research interest in the field, and development of new welding processes and equipment [3-7].

The systems for tandem/twin MIG-MAG welding, which uses two welding electrode wires, has been commercially available since 1996. These processes have been shown to offer high deposition rates, up to 24 kg/h, and travel speeds of more than twice as high as the classic MIG-MAG process (up to 5 m/min). Moreover, at higher welding speeds, the heat input is lower, hence the resulting stresses and strains in the welded joints are lower. In the same time, it is known that tandem MIG/MAG welding reduces porosity, due to an elongated shape welding pool, which allows the degassing time to increase.

In addition, tandem/twin MIG-MAG welding, using flux cored wires, is mainly applied in applications where higher deposition rates are desired [7-11]. Considering these advantages, the tandem/twin MIG-MAG welding process is widely applied in the automotive and shipbuilding industry, in the manufacturing of sub-assemblies for machines, for rail-

de construcții, a vehiculelor feroviare și construcțiilor de cazane, pentru sudarea aliajelor de aluminiu, oțelurilor și altor materiale avansate [1, 12].

Cu toate acestea, această tehnologie poate fi utilizată numai pentru sudarea mecanizată sau robotizată, datorită preciziei mari necesare în poziționarea pistolului de sudare și, de asemenea, proiectării optime a acestuia, arcele electrice a celor două sârme influențându-se reciproc în timpul procesului [13-14].

2. Procedeu de sudare HYPERFILL®

Printre noile procedee moderne, de ultimă generație, dezvoltate pentru sudarea MIG-MAG twin în curent pulsant, îl reprezintă procedeul HyperFill®. Acesta combină avantajele unei rate mari de depunere cu nivelul scăzut al energiei liniare, comparativ cu procedeele de sudare care folosesc tipurile standard de transfer de tip spray arc. Procedeul este utilizat în aplicații semi-mecanizate sau robotizate, oferind o stabilitate ridicată a băii de metal topit și, prin urmare, o calitate îmbunătățită a sudurilor rezultate.

Procedeul de sudare HyperFill® este aplicabil în special pentru realizarea sudurilor cap la cap și în colț. În figura 1 sunt prezentate pozițiile de sudare în care se sudează utilizând procedeul HyperFill® [10-11].

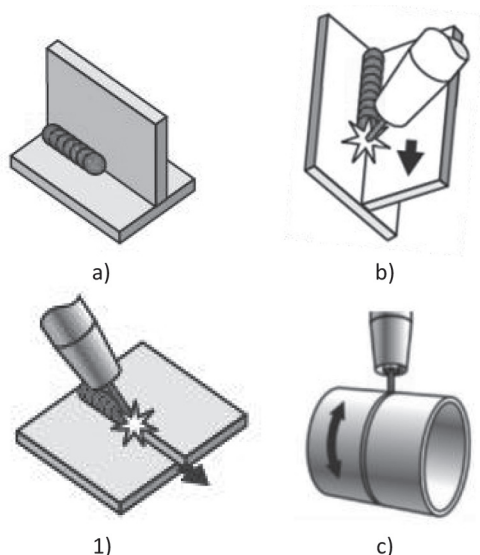


Figura 1. Aplicarea procedurii HyperFill® și pozițiile de sudare [10]: a) poziție PA/PB; b) poziție PA/1F; c) poziție PA/1G; d) poziție PA/1G rotit

Figure 1. Application of the HyperFill® process and the welding positions [10]: a) PA/PB; b) PA/1F; c) PA/1G; d) rotated PA/1G

Rațiunea dezvoltării acestui procedeu de sudare a fost aceea de a crea un procedeu de sudare twin, care să fie un hibrid între sudarea cu arce în tandem, dar cu

way vehicles and boiler constructions, for welding aluminium alloys, steels and other advanced materials [1, 12].

However, this technology can only be used for mechanized or robotic welding, because of the high precision required in the positioning of the welding torch, and the strict requirements for an optimal design, given the fact that the welding arcs developed by the two welding wires influence each other during the process [13-14].

2. HYPERFILL® Welding Process

Among the new modern, state-of-the-art processes developed for pulsed MIG-MAG twin welding is the HyperFill® process. This combines the advantages of a high deposition rate with low heat input compared to welding processes using standard spray arc transfer types. The process is used in semi-mechanized or robotic applications, providing high stability of the molten metal pool and therefore improved quality of the resulting welds.

The HyperFill® welding process is particularly applicable for achieving butt and fillet welds. Figure 1 shows the welding positions in which welding is performed using the HyperFill® process [10-11].

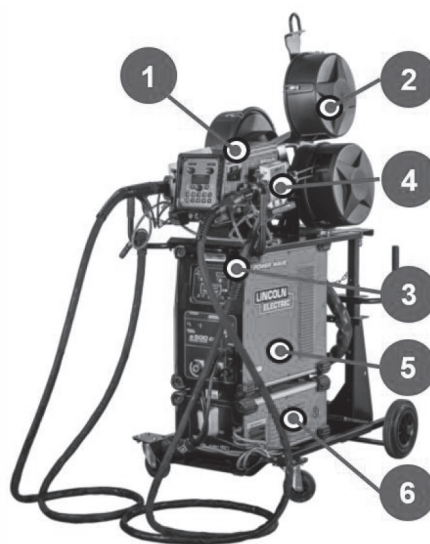


Figura 2. Instalație de sudare: 1) Derulator; 2) Suport role; 3) Pistol de sudare; 4) Sistem alimentare sârmă 5) Sursa de sudare; 6) Sistem de răcire

Figure 2. Welding system: 1) Feeder; 2) Spool holder; 3) Welding torch; 4) Wire feeding system; 5) Power source; 6) Cooler

The reason for developing this welding process was to create a twin welding process that is a hybrid of tandem arc welding, combining the simplicity and

simplitatea și costurile reduse oferite de utilizarea unui singur arc. Procedul de sudare HyperFill® este caracterizat de rate mari de depunere, este un procedeu ușor și rapid, care asigură un control mai ușor al băii de metal topit, obținându-se un profil optim al sudurii [10]. Astfel au fost înlăturate barierele privind creșterea ratei de depunere la sudare MIG-MAG clasică, utilizând o singură sârmă și anume: utilizarea unor viteze de avans foarte mari, fără ca arcul electric să devină instabil (fără a trece în zona de transfer rotativ) și folosirea unor sârme electrod existente în piață, special fabricate pentru viteze mari de avans a sârmei (mai scumpe).

2.1. Descrierea echipamentului de sudare

Echipamentul de sudare utilizat în programul experimental, proiectat pentru analiza comparativă a procedurii de sudare MIG-MAG clasic cu o singură sârmă și procedul de sudare HyperFill® este Power Wave S 500 CE, un echipament de sudare invertorizat, care oferă posibilitatea alegerii a mai multor configurații, astfel încât sistemul de sudare să fie perfect adaptat aplicației de sudare dorite. Componentele sistemului comunică între ele prin ArcLink, asigurându-se o conexiune fără întreruperi cu toate dispozitivele de avans a sârmei electrod. Astfel, sistemul de sudare cuprinde o sursă de sudare Power Wave S500 | Power Wave S700, un derulator de sârma electrod – PF 84 (simplu sau dual), un sistem de răcire, în funcție de parametrii de sudare utilizați, un pistol de sudare cu duză de contact. În figura 2 este prezentat sistemul de sudare utilizat în programul experimental [10-11].

Sursele specializate pentru sudarea HyperFill® sunt surse de sudare multi-proces, integrând atât sudarea MIG-MAG standard cât și în curent pulsant, cu diferite forme de undă. Acest procedeu de sudare necesită elemente suplimentare, cum ar fi un sistem de ghidaj pentru alimentarea cu sârma electrod, role de antrenare dedicate, un difuzor de gaz și o duză de contact. În figura 3 și figura 4 sunt prezentate elementele suplimentare utilizate.

Duzele de contact folosite la sudarea prin procedul de sudare HyperFill® sunt special proiectate pentru accesul a două sârme în baia de metal topit. În figura 5 sunt prezentate modalitățile de poziționare a sârmei electrod în duza pistolului de sudare.

Orientarea sârmei/duzei nu afectează caracteristicile arcului, comparativ cu sudarea cu două sârme separate (tandem), care necesită o atenție deosebită și o re poziționare permanentă a sârmelor electrod, pentru păstrarea aceleași configurații. În caz contrar,

low cost of using a single arc.

The HyperFill® welding process is characterized by high deposition rates, it is an easy and fast process, which ensures a simple control of the welding pool, obtaining an optimal weld profile [10]. In this way, the barriers for increasing the deposition rate in classic MIG-MAG welding, using only one wire were removed, namely: the use of high feed speeds, without the risk of having an unstable welding arc (without passing into the rotary transfer zone) and using commercially available electrode wires, specially manufactured for high wire feed speeds (more expensive).

2.1. Description of the welding equipment

The welding equipment used in the experimental program, designed for the comparative analysis of the classic single-wire MIG-MAG welding process and the HyperFill® welding process, is the Power Wave S 500 CE, an inverter-based welding equipment that offers the possibility of choosing several configurations, so that the welding system is perfectly adapted to the desired welding application. The system components communicate with each other via ArcLink, ensuring a seamless connection to all electrode wire feed devices. Moreover, the welding system includes a welding power source Wave S500 | Power Wave S700, an electrode wire winder – PF 84 (single or double), a cooling system, depending on the welding parameters used, a welding torch with a contact nozzle. Figure 2 shows the welding system used in the experimental program [10-11], including the presented elements.

HyperFill® specialized power supplies are multi-process power supplies, integrating both standard MIG-MAG and pulsed MIG-MAG process, using different waveforms. This welding process requires additional elements such as a guiding system for feeding the electrode wire, dedicated drive rollers, a gas diffuser and a contact nozzle. In the figures 3 and 4 it can be observed the additional elements used for this welding variant.

The contact nozzles, used in the HyperFill® welding process, are specially designed to access two wires into the molten metal. Figure 5 shows how can be positioned the electrode wires in the welding torch nozzle. The orientation of the wire/nozzle does not affect the arc characteristics, compared to the welding variant using two separate wires (tandem welding), which requires special attention and constant repositioning of the electrode wires in order to maintain the same configuration. Else, the appearance of the

aspectul sudurii va fi diferit funcție de poziționarea celor două sârme față de axa sudurii. În figura 6 se prezintă impactul orientării sârmelor în sistem tandem asupra geometriei sudurii.

weld will be different, depending on the positioning of the two wires relative to the weld axis. Figure 6 shows the impact of the wires orientation in the tandem system on the geometry of the weld.

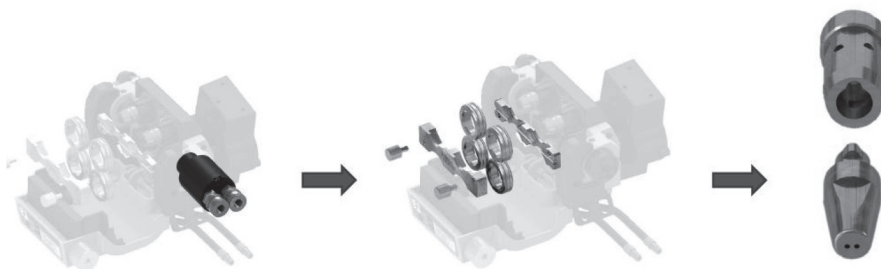


Figura 3. Elemente necesare (ghidaj intrare – role de antrenare – difuzor gaz – duză de contact) [10-11]

Figure 3. Required elements (inlet guide – drive rollers – gas diffuser – contact nozzle) [10-11]

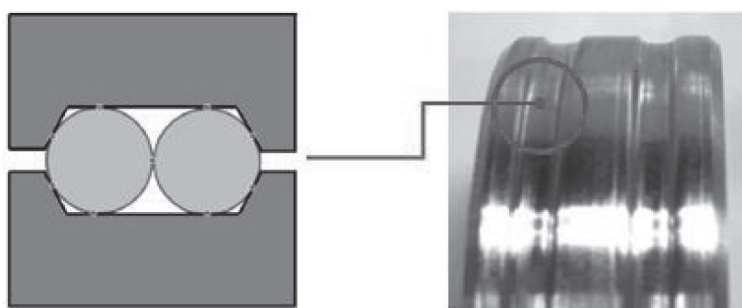


Figura 4. Profilul rolelor de antrenare pentru HyperFill® [10-11]

Figure 4. Drive rolls profile for Hyperfill®



Figura 5. Modalități de poziționare a sârmelor electrod în duză și orientarea acestora [10]

Figure 5. Electrode wires positioning in the nozzle and their orientation

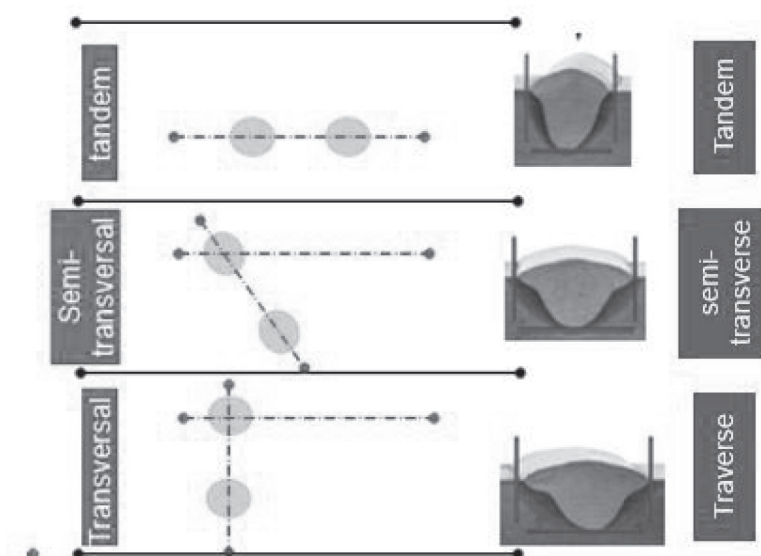


Figura 6. Impactul orientării sârmelor în sistem tandem [10]

Figure 6. Impact of wire orientation for tandem variant [10]

2.2. Descrierea tipului de transfer

Procedeul de sudare HyperFill® reprezintă o soluție modernă pentru sudarea MIG-MAG în curent pulsant, cu două sârme alimentate de la un singur sistem de alimentare/derulator de sârmă. Datorită designului său inovator, HyperFill® este capabil să utilizeze două sârme electrod, cu diametru mic, pentru a produce o picătură de metal topit mai mare și o formă mai extinsă a arcului electric. În figura 7 se prezintă, comparativ, formele arcului de sudare în cazul procedurii MIG-MAG clasic, cu o sârmă și, respectiv pentru procedeul de sudare HyperFill®.

2.2. Description of the transfer type

The HyperFill® welding process is a modern solution for pulsed current MIG-MAG welding, with two wires fed from a single feeding system/wire winder. Due to its innovative design, HyperFill® is able to use two small diameter electrode wires to produce a larger molten metal droplet with an extended arc shape. Figure 7 shows, comparatively, the shapes of the welding arc in the case of the classic MIG-MAG process, with one electrode wire, and respectively for the HyperFill® welding process.

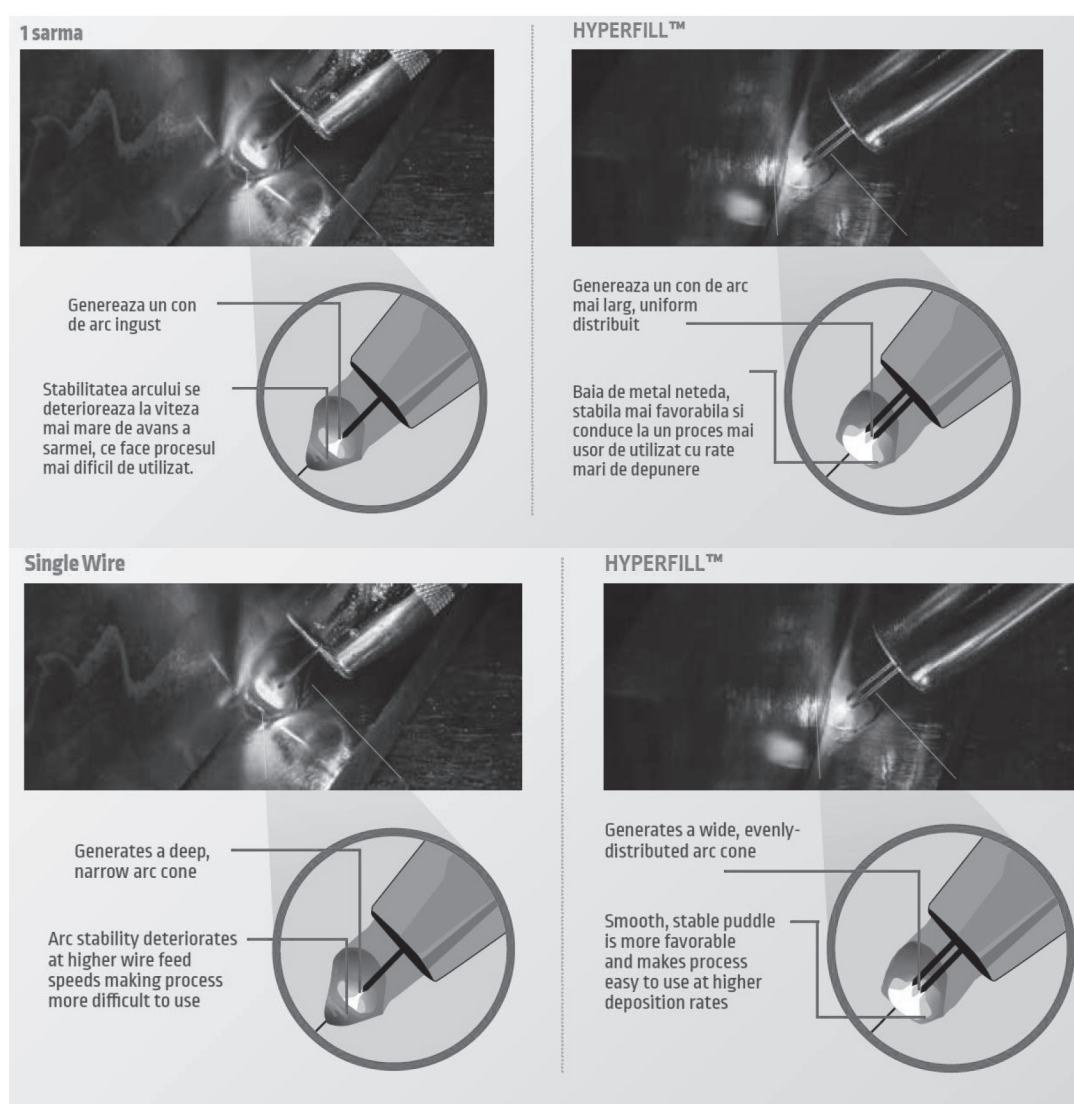


Figura 7. Forma arcului de sudare standard vs. HyperFill®

Figure 7. Classic welding arc shape vs. HyperFill®

O „punte de metal topit” se realizează între cele două sârme, producând o picătură mai mare și doar o singură coloană a arcului (un singur arc). Picătura de metal topit este propulsată prin arc prin pulverizare. Această punte de metal extinde conul arcului comparativ cu sudarea cu o sârmă cu diametrul mai mare. Conul arcului, mai mare, distribuie

A "fused metal bridge" is achieved between the two wires, producing a larger droplet and only one column of the electrical arc (a single arc). The molten metal droplet is expelled through the welding arc in a spray transfer. This metal bridge extends the arc cone compared to the welding using a larger electrode wire diameter. The larger arc cone distributes

uniform energia, făcându-l mai stabil și mai ușor de controlat [11].

În programul experimental a fost analizat procedeul de sudare MIG-MAG clasic cu procedeul de sudare HyperFill® cu forma de undă prezentată în figura 9 [10-11], [15-19].

the energy evenly, making it more stable and easier to control [11].

In the experiments, the classic MIG-MAG welding process was analysed and compared with the HyperFill® welding process, using the waveform from figure 9 [10-11], [15-19].

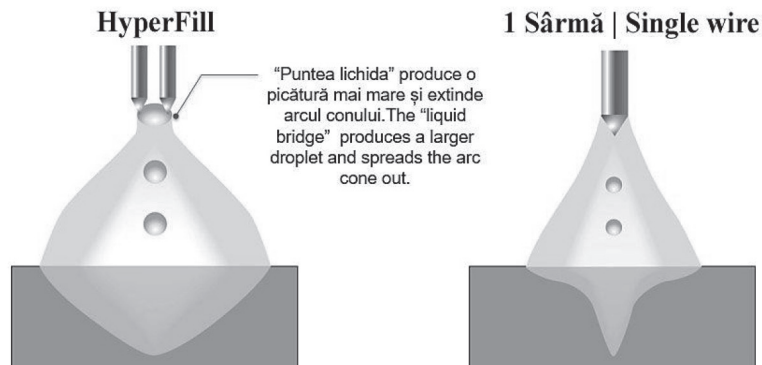


Figura 8. Forma arcului electric pentru MIG-MAG HyperFill® vs. MIG-MAG cu o sârmă electrod [10]

Figure 8. Electrical arc shape for MIG-MAG HyperFill® vs. MIG-MAG single wire [10]

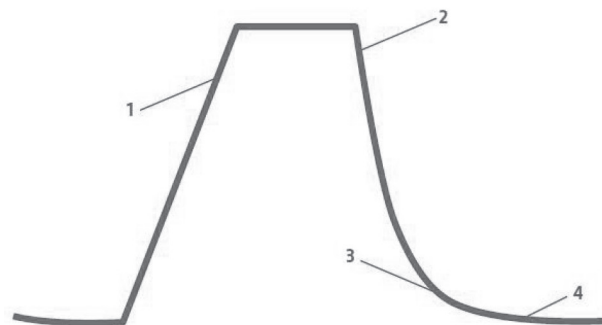


Figura 9. Forma de undă a curentului pulsant [10]

Figure 9. Pulse current waveform [10]

Zonele formei de undă utilizată pentru procedeul de sudare HyperFill®, conform figurii 9, sunt următoarele:

1. Rampa de creștere: pe măsură ce curentul crește, de la curentul de bază la curentul de vârf, capetele sârmei devin fierbinți, încep să devină lichide, iar câmpurile magnetice din jurul sârmei împing lichidul într-o picătură comună, formând o „punte de metal topit”;
2. Curentul de vârf (de puls): curentul de vârf strânge baza punții de metal topit, împingând-o spre baia de sudură și separând-o de capetele sârmei;
3. Panta de descreștere: completează separarea picăturii, propulsând picătura în baia de sudură;
4. Curentul de bază: menține arc, furnizează căldură băii de sudură și permite sistemului de alimentare să introducă sârmele electrod, pregătindu-le pentru realizarea următorului ciclu.

În figura 10 este prezentat un ciclu din timpul procesului de sudare, prin procedeul HyperFill®, în care se poate observa formarea punții de metal topit (figura

The waveform areas used for the HyperFill® welding process, as shown in figure 9, are as follows:

1. Rising Ramp: as the current increases, from the base current to the peak current, the ends of the wire become hot, begin to become liquid, and the magnetic fields around the wire push the liquid into a common droplet, forming a "bridge of molten metal";
2. Peak (pulse) current: the peak current tightens the base of the molten metal bridge, pushing it towards the welding pool and separating it from the end of the wire;
3. Slope: completes droplet separation, expelling it into the welding pool;
4. Base current: maintains a stable welding arc, provides heat to the weld pool, and allows the wire feed system to insert the electrode wires, preparing them for the next cycle.

Figure 10 shows a cycle during the welding process, using the HyperFill® process, in which the formation of the molten metal bridge (figure 10a), the formation

10a), formarea și desprinderea picăturii (figura 10b) și transferul picăturii în baia de sudură (figura. 10c). Datorită caracteristicilor coloanei arcului, de dimensiune mai mare, specifică procedeului HyperFill®, este permisă realizarea unor suduri cu lățimi mai mari și care, în final, contribuie la o îmbunătățire a calității sudurii.

and detachment of the droplet (figure 10b) and the transfer of the droplet into the welding pool (figure 10c). Due to the characteristics of the arc column, with a larger size, specific to the HyperFill® process, it is allowed to perform welds with larger widths and that can contribute to an improvement in the quality of the weld.

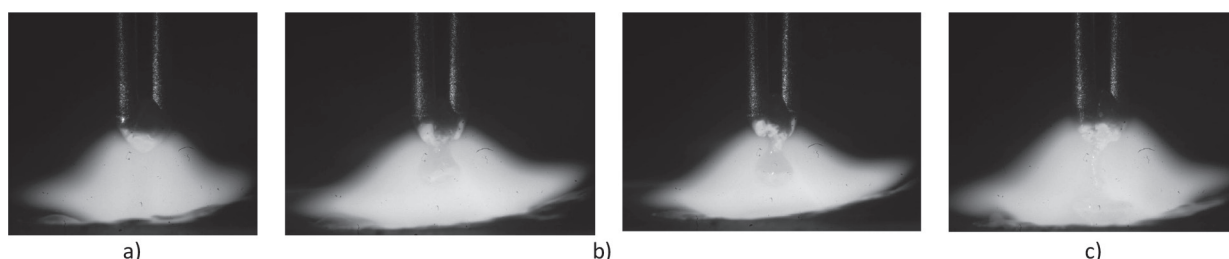


Figura 10. Filmare cu cameră ultra-rapidă a procesului de sudare prin procedeul HyperFill®:

a) formarea punții de metal topit; b) formarea și desprinderea picăturii; c) transferul picăturii în baia de sudură

Figure 10. Filming the HyperFill® welding process with an ultra-fast camera: a) the formation of the welding pool; b) formation and detachment of the droplet; c) transfer of the droplet into the welding pool

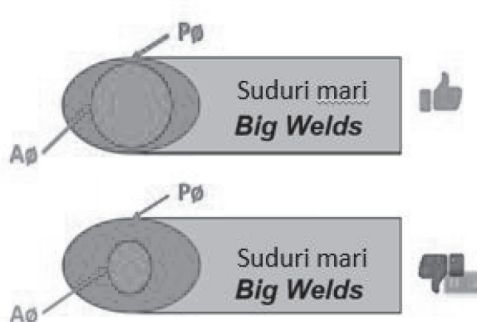


Figura 11. Raportul diametru arc/diametru baie de metal topit

Figure 11. Arc welding diameter/welding pool diameter ratio

Din punctul de vedere al formei arcului electric, respectiv forma de con a arcului electric, în cazul procedeului HyperFill®, o caracteristică importantă o reprezintă raportul D/A, respectiv raportul dintre diametrul conului de arc (A) și diametrul băii de metal topit (P). Astfel, cu cât diametrul conului de arc are o valoare mai apropiată de valoarea diametrul băii de metal topit, cu atât sudura rezultată va avea caracteristici geometrice superioare, respectiv lățime mai mare, față de varianta clasică MIG-MAG. Indiferent de dimensiunea sudurii care se dorește a fi realizată, cele mai bune rezultate se obțin atunci când se menține un echilibru între diametrul conului și diametrul băii de metal topit (raport de 1:1), evitându-se apariția unor eventuale defecte. Astfel, atunci când diametrul băii de metal topit și conul arcului au aproape aceeași dimensiune, rezultă un proces de sudare stabil. Când se dorește realizarea unor suduri de dimensiuni mari, diametrul arcului (A) trebuie să fie similar cu diametrul băii de metal topit (P).

Regarding the shape of the electric arc, i.e. the cone shape of the electric arc, in the case of the HyperFill® process, an important characteristic is the D/A ratio, that is the ratio between the diameter of the arc cone (A) and the diameter of the molten metal pool (P). Therefore, the closer the diameter of the arc cone values is to the value of the diameter of the molten metal pool, the resulting weld will have superior geometric characteristics, respectively greater width, compared to the conventional MIG-MAG variant. Regardless of the size of the weld, the best results are obtained when a balance is maintained between the diameter of the cone and the diameter of the molten metal pool (1:1 ratio), avoiding the appearance of possible defects. Moreover, when the diameter of the molten metal pool and the arc cone size closely matches, leads to a stable welding process.

To achieve larger welds, the diameter of the arc (A) should closely match the diameter of the molten metal pool (P).

Cu cât diametrul arcului este mai mic, cu atât acesta este mai dificil de controlat (cazul altor procedee și a altor diametre de sârmă). Acest lucru se întâmplă atunci când se utilizează o sârmă pentru realizarea cordoanelor cu lățimi mari, fie că sunt sârme pline sau sârme tubulare cu pulberi metalice.

În cazul realizării sudurilor în colț, prin procedeul MIG-MAG clasic, atunci când diametrul arcului este mult mai mic comparativ cu diametrul băii de metal topit, procesul de sudare devine mai dificil de controlat și cu rezultate mult mai nefavorabile. În anumite aplicații industriale, procedeul HyperFill® generează o baie de metal topit mai mare, care este mai ușor de controlat, permițând astfel operatorilor să crească rata de depunere în medie cu până la 50%, față de procedeele tradiționale, cu o singură sârmă electrod. Față de procedeele clasice de sudare MIG-MAG, noul tip de transfer oferă următoarele avantaje [10-11], [15-19]:

- rată mare de depunere, menținându-se caracteristicile mecanice superioare a sudurii rezultate, care conduce la o creștere a productivității;
- conul arcului mai larg conduce la îmbunătățirea calității sudurilor, un profil mai robust al profilului pătrunderii, mai puțin predispus la apariția creștăturilor marginale și mai puțin predispus la apariția defectelor interne;
- ușurință în utilizare și implementare;
- nivelul de zgomot redus al arcului, în comparație cu sistemele clasice în sistem pulsant;
- generează o cantitate mai mică de fum în comparație cu sistemele clasice;
- posibilitatea de utilizare în sisteme manuale (figura 12), mecanizate/automatizate (figura 13) și robotizate (figura 14).



Figura 12. Sudare manuală
Figure 12. Manual welding



Figura 13. Sudare mecanizată/automatizată
Figure 13. Mechanized/automated welding



Figura 14. Sudare robotizată
Figure 14. Robotic welding

Procedeul HyperFill® reduce numărul de straturi care trebuie depuse pentru umplerea rostului și descrește timpii de sudare a pieselor, caracteristici care conduc, în final, la reducerea cheltuielilor cu forța de muncă și, implicit, a costurilor finale ale îmbinărilor sudate. Procedeul este dedicat sudării tablelor cu grosimi mari, sudurilor cu calibre mari,

The smaller the arc diameter, the more difficult it is to control the welding process (the case for other type of processes and other wire diameters). This happens when a wire is used to perform the welds with large widths, whether they are solid wires or flux cored wires.

In the case of performing fillet welds, using the conventional MIG-MAG process, when the diameter of the arc is much smaller compared to the diameter of the molten metal pool, the welding process becomes more difficult to control and with less favourable results.

In certain industrial applications, the HyperFill® process generates a larger welding that is easier to control, allowing operators to increase deposition rates by up to 50% compared with some traditional single-wire electrode processes.

Compared to the classic MIG-MAG welding processes, the new type of transfer offers the following advantages [10-11], [15-19]:

- higher deposition rates, maintaining superior mechanical characteristics of the resulting welds, which can lead to an increase in productivity;
- a wider welding arc cone leads to an improved weld quality, more robust penetration profile, the likelihood of undercuts is decreased and also of the internal defects;
- ease of use and in implementation;
- low noise level of the welding arc, compared to the conventional pulsed systems;
- generates a smaller amount of smoke compared to classical systems;
- possibility of use in manual (figura 12), mechanized/automated (figura 13) and robotic (figura 14) systems.

The HyperFill® process reduces the number of passes that must be applied to fill the welded joint and decreases the times of welding the parts, ultimately leading to reduced labour costs and, implicitly, reduced final costs of the welded joints. This process is designed for welding large thicknesses sheets and producing large-calibre welds in a single pass, as well

dintr-o singură trecere, realizarea sudurilor multi-strat, cu reducerea considerabilă a numărului de treceri și a timpului alocat realizării acestora.

În figura 15 sunt prezentate rezultatele unui studiu care a avut ca obiectiv determinarea numărului de ore necesare pentru depunerea a 1000 kg de metal, utilizându-se sursele de sudare clasice (CV), pentru un diametru al sârmei electrod de 1,2 mm (varianta 1), sursa PowerWave S500 cu diametrul sârmei electrod de 1 mm (varianta 2). Pentru extinderea domeniului intensității curenților de sudare se poate utiliza sursa de sudare PowerWave S700, prin procedeul HyperFill®, pentru un diametru al sârmei electrod de 2 x 1,2 mm. Se poate observa faptul că utilizând procedeul HyperFill® se poate obține o reducere a timpului de sudare cu 45% față de varianta 1 și cu 19% față de varianta 2.

as creating multi-pass welds, significantly reducing both the number of passes and the time required for completion.

Figure 15 shows the results of an experimental study that have as main objective to determine the number of hours required to deposit 1000 kg of metal, using classical power supplies (CV), for an electrode wire diameter of 1.2 mm (variant 1), and the PowerWave S500 power supply using electrode wire diameter of 1 mm (variant 2). To expand the range of welding current, the PowerWave S700 power supply can be used, applying the HyperFill® process, with electrode wires diameter of 2 x 1.2 mm. It can be observed that using the HyperFill® process, a reduction in welding time can be achieved up to 45%, compared to option 1 and up to 19% compared to option 2.

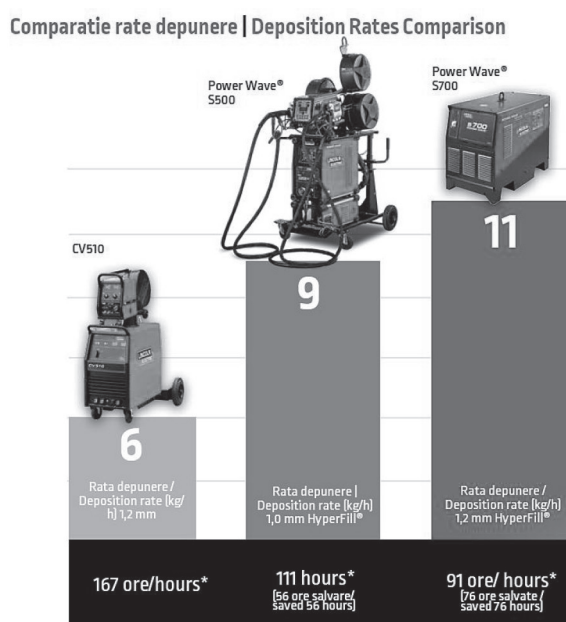


Figura 15. Număr de ore necesare depunerii a 1000 kg de metal depus

Figure 15. Number of hours required to deposit 1000 kg of weld metal [10], [11]

3. Materiale și echipamente utilizate

În continuare, sunt prezentate materiale și metodele utilizate în programul experimental, care demonstrează avantajele utilizării procedeului HyperFill® pentru aplicații precum realizarea sudurilor în colț. Astfel, în cadrul cercetărilor experimentale s-au utilizat următoarele materiale și echipamente:

- echipament de sudare multi-proces PowerWave S500;
- echipament mecanizat dedicat pentru realizarea sudurilor MIG-MAG – Weldycar 2.0 PRO;
- material de adaos- sârmă plină din oțel carbon ER70S-6;
- diametrele sârmelor electrod: 2 x 1,0 mm pen-

3. Materials and Methods

In this section, the materials and methods used in the experimental program are presented, demonstrating the advantages of using the HyperFill® process, applied for applications that achieves fillet welds. Thus, the following materials and equipment were used in the experimental research:

- welding equipment: multi-process PowerWave S500;
- mechanized equipment used for the MIG-MAG welds, namely the Weldycar 2.0 PRO device;
- filler material- carbon steel wire type ER70S-6;
- electrode wire diameters: 2 x 1.0 mm for the

tru procedeul HyperFill® și 1,2 mm pentru procedeul de sudare MIG-MAG standard;
e. gaz de protecție: M21-ArC-18; (82%Ar+18%CO₂).

3.1. Caracteristicile gazului de protecție

Amestecul de gaze protectoare M21-ArC-18 este un amestec de gaze de înaltă calitate, conținând un procent de 82%Ar și 18%CO₂, fiind cel mai utilizat în aplicațiile industriale din România. Acest amestec de gaze protectoare se utilizează pentru sudarea manuală și automatizată, utilizându-se sârme pline și tubulare, pentru toate tipurile de transfer sau poziții de sudare. Datorită nivelului de oxidare, amestecul 18/8 este utilizat cu preponderență în aplicații în care se utilizează ca material de adaos sârma plină, cu conținut ridicat de mangan și siliciu.

Procedeul HyperFill® permite utilizarea unor amestecuri de gaze, cum ar fi de exemplu amestecul 92%Ar + 8%CO₂, care mărește domeniul de variație a curentului de sudare, datorită procentului mai mic de CO₂ din compoziție.

Pentru determinările experimentale însă, s-a ales varianta utilizării amestecului de gaze protectoare M21-ArC-18, fiind cel mai utilizat în producția curentă a mai multor companii din domeniu.

Principalele caracteristici ale gazului de protecție ales sunt:

- arc stabil și aspect neted al sudurii;
- cantitate scăzută de stropi;
- umectare bună și profil robust al sudurii;
- emisii de fum scăzute, indiferent de tipul transferului (datorită conținutului scăzut de CO₂);
- utilizarea unor viteze de sudare mai mari.

3.2. Realizarea testelor experimentale

Determinările experimentale au avut ca obiectiv realizarea unor suduri cu aceleași tipo-dimensiuni, utilizându-se două procedee de sudare diferite, procedeul standard MIG-MAG și sudarea prin procedeul HyperFill®, pentru a evidenția creșterea ratei de depunere și scăderea timpului necesar realizării acestora. Astfel, s-a ales realizarea unor suduri în colț în sistem mecanizat. În figura 16 este prezentat set-up-ul utilizat pentru determinările experimentale, în care se pot observa materialele și echipamentele descrise anterior.

Cele mai bune rezultate, utilizându-se procedeul HyperFill®, au fost înregistrate atunci când unghiul de înclinare a pistolului a fost de 30-37° (figura 17). În figura 18 este prezentată schița îmbinării sudate în colț (figura 18a), cu calibru de 8 mm, care a fost

HyperFill® process and 1.2 mm for the standard MIG-MAG welding process;
e. shielding gas: M21-ArC-18: (82%Ar+18%CO₂).

3.1. Shielding gas characteristics

The M21-ArC-18 shielding gas mixture is a high-quality gas mixture, containing a percentage of 82%Ar and 18%CO₂, being the most used in the industrial applications in Romania. This mixture of shielding gases is used for manual and automated welding, using solid and fluxed cored wires, for all types of transfer or for any types of welding positions. Due to the level of oxidation, the 18/8 mixture is predominantly used in applications where solid wires with high manganese and silicon content is used as filler material.

The HyperFill® process allows the use of gas mixtures, such as the 92%Ar + 8%CO₂ shielding gas mixture, which increases the welding current variation range, due to a composition that contains a lower percentage of CO₂.

However, for the experiments, the option of using the M21-ArC-18 shielding gas mixture was chosen, being the most used in the present-day production of several companies in the field.

The main characteristics of the chosen shielding gas are the following:

- a stable welding arc and a regular appearance of the weld;
- minimized weld splashes;
- good wettability and robust weld profile;
- low smoke emissions, regardless of the type of transfer used (due to the lower CO₂ content);
- the use of increased welding speeds.

3.2. Experiments

The objective of the applied research program was to achieve welds with the same type-dimensions, using two different welding processes, the standard MIG-MAG process and welding with the HyperFill® process, in order to highlight the increase in the deposition rate and the decrease in the welding time. In this regard, in order to achieve the fillet welds a mechanized system was chosen. Figure 16 shows the set-up used for the experiments, where the previously described kit with the materials and equipment can be observed.

The best results, using the HyperFill® process, were recorded when the welding torch angle was about 30-37°, as presented in figure 17. Figure 18 shows the sketch of the welded joint (figure 18a) for a throat thickness of 8mm, which was achieved



Figura 16. Sudare în sistem mecanizat
Figure 16. Mechanized welding system

realizată printr-o singură trecere și, de asemenea, o imagine din timpul procesului de sudare prin procedeul HyperFill® (figura 18b).

using single pass welding, and also an image during the welding process using the HyperFill® variant (figure 18b).

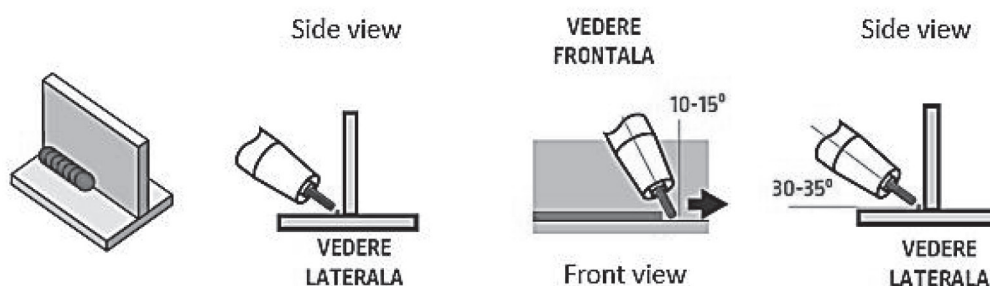


Figura 17. Tehnica de sudare la sudarea HyperFill®
Figure 17. HyperFill® welding variant

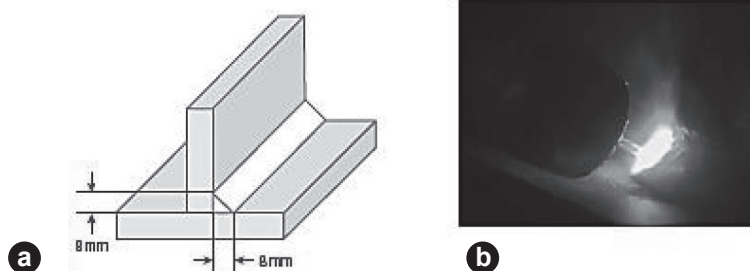


Figura 18. Îmbinare sudată în colț: a) schița îmbinării sudate; b) imagine din timpul procesului
Figure 18. Fillet weld: a) welded joint geometry; b) image during the process

În realizarea testelor experimentale, în cazul procedeului de sudare MIG-MAG clasic, s-a plecat de la parametrii de sudare prescriși de standardul de produs al sârmei utilizate (EN 14341), care sunt prezentați în tabelul 1.

In carrying out the experimental tests, in case of the classic MIG-MAG welding process were used the welding parameters prescribed by the product standard of the wire used, respectively the EN 14341, and presented in table 1.

Tabelul 1. Parametrii de proces pentru sudarea MIG-MAG
Table 1. Main process parameters for MIG-MAG welding

d_e Diametrul electrodului Electrode wire diameter [mm]	I_s Curent / Amperage [A]	U_a Tensiune arc / Arc voltage [V]	Lungime liberă Contact Tip to Work Distance (CTWD) [mm]
1.2	280+/-20	a	20+/-3
tensiunea de sudare depinde de alegerea gazului de protecție the welding voltage depends on the choice of shielding gas			

Pentru realizarea testelor s-a ales valoarea medie a curentului de sudare prescris în standardul de produs pentru realizarea sudurii. Au fost realizate calcule pentru a determina valorile ratei de depunere

In carrying out the experiments, the average value of the welding current prescribed in the product standard for the weld achievement was chosen. Calculations were made to determine the values of the

[kg/h], a greutatei de metal depus necesară [kg/ml] și a vitezei de sudare [cm/min] și s-a trecut la realizarea testelor de sudare. Parametrii de proces utilizați în programul experimental, pentru analiza comparativă a rezultatelor, pentru procedeul de sudare MIG-MAG clasic vs. procedeul de sudare HyperFill®, pentru sudura în colț în poziție PB, sunt prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2. Parametrii de proces utilizați în testele experimentale (mecanizat)

Table 2. Process parameters used in the experiments (mechanized)

Procedeu Process	Strat Layer	d _e Diametrul sârmei Wire diameter [mm]	V _{as} WFS [m/min]	U _a Tensiune Voltage [V]	I _s Curent Amperage [A]	v _s Viteza de sudare Welding speed [cm/min]	Debit gaz Flow rate [l/min]	E _i Energie liniară Heat Input [KJ/mm]
MIG-MAG 135	1	1,2	9	28,5	275	25	20	1,5
P-MIG-MAG HyperFill® 135	1	1,0	11	32	370	38	25	1,5

4. Rezultate și discuții

4.1. Rata de depunere

Analizând rezultatele obținute în urma testelor din programul experimental pot fi extrase următoarele concluzii:

- rata de depunere obținută în urma aplicării procedeului de sudare MIG-MAG clasic, cu sârmă de 1,2mm, a fost de 4,8 kg/h;
- rata de depunere obținută în urma aplicării procedeului de sudare Hyperfill®, cu două sârme, respectiv 2 x 1,0 mm, a fost de 8.1 kg/h.

Astfel, s-a observat o creștere a ratei de depunere de 68% și o creștere a vitezei de sudare cu 52%, folosind aceeași energie liniară pentru același calibru al sudurii.

4.2. Analiza energiei liniare

Energia liniară este estimatorul principal al procesului de sudare și este dată de formula matematică:

$$E_l = \eta \cdot \frac{I_s \cdot U_a \cdot 60}{v_s} \quad (1)$$

unde:

E_l - energia liniară;

η - randamentul procedeului de sudare (cazul nostru 0.8);

I_s - valoarea curentului de sudare (A);

U_a - valoarea tensiunii arcului electric (V);

v_s - viteza de sudare.

Astfel, folosind valori diferite ale curentului de sudare, a tensiunii arcului și a vitezei de sudare, se pot obține aceleași valori ale energiei liniare, dar cu rezultate notabil mai bune în cazul sudării prin procedeul Hyper-Fill® care este caracterizat de viteze mai mari de sudare și implicit reducerea timpului de operare/sudare.

deposition rate [kg/h], the required deposited metal weight [kg/ml] and the welding speed [cm/min], in order to were carry out the experiments. The process parameters used in the experimental program, for the comparative analysis of the results, between the classic MIG-MAG welding process and the HyperFill® welding process, for fillet welding in the PB position, are presented in table 2.

4. Results and Discussion

4.1. Deposition rate

Analysing the results obtained from the experimental program, the following conclusions can be drawn:

- the deposition rate obtained in case of the classic MIG-MAG welding process, with 1.2mm electrode wire, was of 4.8 kg/h;
- the deposition rate obtained using the Hyper-fill® welding process, with two electrode wires, respectively 2 x 1.0 mm, was 8.1 kg/h.

Analysing the results, a 68% increase in deposition rate and a 52% increase in welding speed was observed, using the same heat input for the same weld throat.

4.2. Heat input analysis

Heat input is the main estimator of the welding process and is given by following formula:

$$HI = \eta \cdot \frac{I_s \cdot U_a \cdot 60}{v_s} \quad (1)$$

where:

H_i – heat input;

η - the efficiency of the welding process (for the experiments is 0.8);

I_s - welding current (A);

U_a - the voltage of the electric arc (V);

v_s - welding speed.

Using different values of the welding current, voltage and the welding speed, it can be obtained the same values of the heat input, but with noticeably better results in the case of welding using the HyperFill® process, which is characterized by higher welding speeds and thus, reduced operating/welding time.

4.3. Analiza macroscopică a îmbinărilor sudate

Sudurile realizate prin procedeul de sudare HyperFill® au o pătrundere mult mai bună, mai robustă, comparativ cu sudarea clasică. Forma pătrunderii este mult mai bine definită, cu o rezistență mai bună și o zonă influențată termic mai redusă. În figura 19 este prezentată macrostructura îmbinărilor sudate în colț, prin procedeul MIG-MAG standard și HyperFill®.

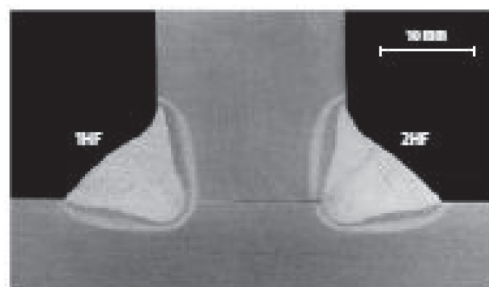
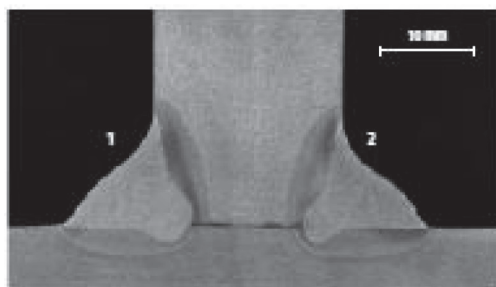
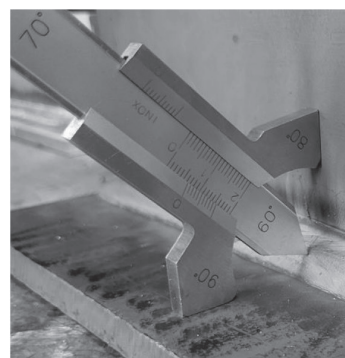


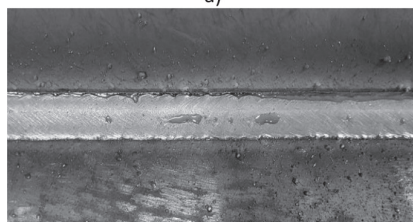
Figura 19. Macrostructura îmbinărilor sudate în colț: a) MIG-MAG standard; b) HyperFill®
Figure 19. Macrostructure of fillet weld: a) standard MIG-MAG; b) HyperFill®



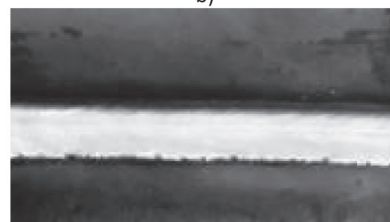
a)



b)



c)



d)

Figura 20. Sudură în colț rezultată în urma determinărilor experimentale: a) MIG-MAG standard; b) HyperFill®; c) aspectul sudurii MIG-MAG clasic, d) aspectul sudurii Hyperfill

Figure 20. Fillet weld resulting from experimental determinations: a) standard MIG-MAG; b) HyperFill®; c) classic MIG-MAG welding appearance, d) Hyperfill welding appearance

De asemenea, în figura 20 se prezintă aspectul îmbinărilor sudate în colț prin procedeul MIG-MAG standard și HyperFill®.

5. Concluzii

În concluzie, în urma programului experimental, pot fi evidențiate următoarele avantaje semnificative ale procedeului de sudare HyperFill®:

- rată mai mare de depunere, o creștere cu 68% utilizând parametrii de sudare din programul experimental;

4.3. Macroscopic examination of the welded joints

The welds achieved by using the HyperFill® welding process have better, more robust penetration compared to classic MIG-MAG welding. The shape of the penetration is better defined, with better resistance and a reduced HAZ. Figure 19 shows the macrostructure of the fillet welded joints, by the standard MIG-MAG process and HyperFill®.

Also, figure 20 shows the appearance of fillet welded joints by the standard MIG-MAG process and HyperFill® process variant.

5. Conclusions

In conclusion, following the experimental program, the following significant advantages of the HyperFill® welding process can be highlighted:

- higher deposition rate, increasing up to 68% using the welding parameters from the experimental program;

- rata de depunere este comparabilă cu sudarea sub strat de flux;
- pătrundere mai bună, la aceeași energie liniară;
- creșterea vitezei de sudare cu 52%, deci o scăderea a timpului efectiv de sudare;
- stabilitate mai bună a arcului electric, cu un arc mai liniștit și cu aspect mult mai plăcut al sudurii;
- tendința mai redusă de apariție a defectului de tip „crestătură”;
- ușurință în realizarea sudurilor cu calibre mari, datorită conului arcului mai mare și a energiei arcului mai uniform distribuită;
- scăderea nivelului de zgomot al arcului, în cazul procedurii de sudare HyperFill® comparativ cu sudarea MIG-MAG clasică (CV – arc mai rigid);
- cantitate redusă de fum (figura 21).

- the deposition rate is comparable to the one that can be obtained using submerged arc welding;
- better penetration, at the heat input;
- increasing the welding speed up to 52%, with a decrease of the actual welding time;
- better stability of the electric arc, a quieter arc and a much more pleasant appearance of the resulting weld;
- decreases the likelihood of undercuts forming;
- easy achievement of welds with large throat thickness, due to the larger arc cone and more evenly distributed arc energy;
- lower welding arc noise level, in the case of the HyperFill® welding process compared to classic MIG-MAG welding (CV – „stiff” arc);
- reduced amount of smoke (figure 21).

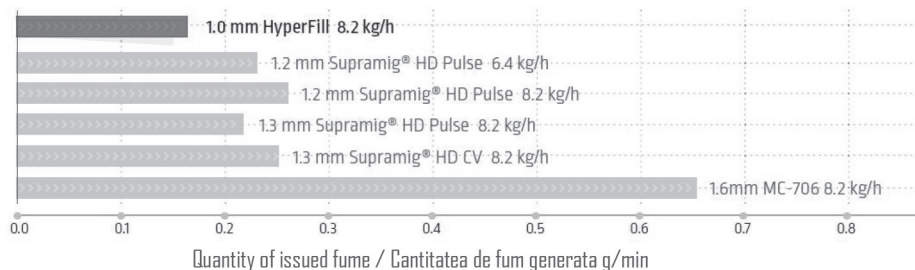


Figura 21. Cantitatea de fum generată în timpul procedurii HyperFill® comparativ cu alte procedee de sudare
Figure 21. The amount of smoke generated during the HyperFill® process compared to other welding processes [15]

Datorită fiabilității procedurii de sudare HyperFill®, demonstrat prin testele experimentale, producătorii doresc dezvoltarea de noi procedee, care utilizează alte tipuri de forme de undă, aplicabile altor tipuri de materiale consumabile (sârmă tubulară rutilică, sârmă tubulară cu pulberi metalice), în vederea creșterii productivității și extinderii spectrului aplicațiilor industriale.

Due to the reliability of the HyperFill® welding process, demonstrated by experimental tests, the manufacturers intend to develop new processes, which uses other types of waveforms, applicable to other types of filler materials (rutile flux cored wire or fluxed cored wires), in order to increase productivity and expanding the range of industrial applications.

Bibliografie / References

- [1] L. F. Scalet Rossini, R. A. Valenzuela Reyes, and J. E. Spinelli, "Double-wire tandem GMAW welding process of HSLA50 steel," *Journal of Manufacturing Processes*, vol. 45, pp. 227-233, Sep. 2019, doi: 10.1016/J.JMAPRO.2019.07.004
- [2] C. Fu Fang ș.a., "TANDEM and GMAW Twin Wire Welding of Q690 Steel Used in Hydraulic Support," *Journal of Iron and Steel Research, International*, vol. 19, no. 5, pp. 79-85, May 2012, doi: 10.1016/S1006-706X(12)60104-6
- [3] S. Q. Moinuddin, A. Sharma, "Arc stability and its impact on weld properties and microstructure in anti-phase synchronised synergic-pulsed twin-wire gas metal arc welding," *Materials & Design*, vol. 67, pp. 293-302, Feb. 2015, doi: 10.1016/J.MATDES.2014.11.052
- [4] J. Tušek, "Mathematical modeling of melting rate in twin-wire welding," *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 100, no. 1-3, pp. 250-256, Apr. 2000, doi: 10.1016/S0924-0136(99)00485-9
- [5] S. Chen, L. Wang, P. Wei, J. Xiao, Y. Jia, S. Su, "Sustaining the inter-wire arc in twin-wire indirect arc welding," *Journal of Manufacturing Processes*, vol. 21, pp. 69-74, Jan. 2016, doi: 10.1016/J.JMAPRO.2015.11.009
- [6] M. Kumar, S. Quadir Moinuddin, S. S. Kumar, A. Sharma, "Discrete wavelet analysis of mutually interfering co-existing welding signals in twin-wire robotic welding," *Journal of Manufacturing Processes*, vol. 63, pp. 139-151, Mar. 2021, doi: 10.1016/J.JMAPRO.2020.04.048
- [7] D. Wu, Q. An, K. Matsuda, Y. Zhang, B. Yu, Y. Zou, "Characteristics of bypass coupling twin-wire indirect arc welding with high-speed welding mode," *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 291, p. 116995, May 2021, doi: 10.1016/J.JMATPROTEC.2020.116995

- [8] D. Wu, Q. An, K. Matsuda, Y. Zhang, B. Yu, Y. Zou, "Characteristics of bypass coupling twin-wire indirect arc welding with high-speed welding mode," Journal of Materials Processing Technology, vol. 291, p. 116995, May 2021, doi: 10.1016/J.JMATPROTEC.2020.116995
- [9] Z. Ma, M. Zhuang, M. Li, "Effect of main arc voltage on arc behavior and droplet transfer in tri-arc twin wire welding," Journal of Materials Research and Technology, vol. 9, no. 3, pp. 4876-4883, May 2020, doi: 10.1016/J.JMRT.2020.03.007
- [10] *** LE-S4-19EN-M190, Lincoln Electric
- [11] *** LE-S4-4RO-L1847, Lincoln Electric
- [12] <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/faq-what-is-tandem-mig-mag-gma-welding>
- [13] S. I. Wahidi, S. Oterkus, and E. Oterkus, "Robotic welding techniques in marine structures and production processes: A systematic literature review," Marine Structures, vol. 95, p. 103608, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.marstruc.2024.103608>
- [14] C. Loukas et al., "A cost-function driven adaptive welding framework for multi-pass robotic welding," Journal of Manufacturing Processes, vol. 67, pp. 545-561, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2021.05.004>
- [15] *** Hyperfill®, <https://origin-www.lincolnelectric.com/assets/US/EN/literature/mc1922.pdf>
- [16] *** Hyperfill®. Calibre mai mari sudare mai rapid? prin procesul semi- mecanizat GMAW, lincolnelectric.com
- [17] *** Hyperfill®. Twin Wire GMAW Solution, <https://lincolnelectricasiapacific.ac-page.com/hyperfill-literature-download>
- [18] *** <https://promotions.lincolnelectriceurope.com/hyperfill/ro/>
- [19] *** HyperFill® Productivity Solution Overview, [youtube.com](https://www.youtube.com/watch?v=...)

Pentru citare:

Banu, A, Marin, C. D, Mistodie, L. R., Rusu C. C., *Increasing MIG-MAG welding productivity using an innovative twin-wire welding process, Sudura, nr. 3 (2024), year XXXIV, 4-19*



Manifestări tehnico-științifice 2024-2025

02-05.10.2024	Conference WELDING 2024	Vrnjacka Banja Serbia	duzs.bbn.co.rs
17-18.10.2024	Conferința anuală a coordonatorilor sudării	Râmnicu Vâlcea România	www.asr.ro
03-04.04.2025	Conferința ASR "Sudura 2025"	București România	www.asr.ro
22-27.06.2025	A 78-a Adunare Anuală și Conferința Internațională a IIW	Genova Italia	www.iiw2024.com
24-26.06.2025	LÖT 2025 A 14-a Conferință internațională privind lipirea	Aachen Germania	dvs-home.de/events



NEWSLETTER

Buletin informativ editat de Asociația de Sudură din România



Nu uitați!

Informații noi despre activitățile ASR sunt prezentate lunar în **ASR Newsletter**, accesibil pe **www.asr.ro**