

Noi realizări și aplicații ale procedurii de lipire tare în mediu de gaz protector

Latest developments and applications of GMA brazing

Ulrich Dilthey și Frank Höcker

*ISF – Welding and Joining Institute, RWTH – Aachen University
Pontstrasse 49, D-52062 Aachen, Germany*

1. Introducere

Lipirea tare, o tehnică ce este cunoscută încă din anul 3000 î.H. este una dintre cele mai timpurii tehnici meșteșugărești, în domeniul îmbinării termice. Lipiturile descoperite la bijuteriile mormintelor regilor sumerieni vin să demonstreze această afirmație. Deoarece, în acel timp, numai aurul, argintul și cuprul au fost utilizate, aceste bijuterii au fost, conform descoperirilor din timpurile moderne, îmbinate prin lipire tare. Există dovada că energia de îmbinare locală, definită, a fost utilizată în Egipt din jurul anului 1500 î.H., tehnica, totuși, este considerabil mai veche. Lipirea moale trebuie să a fost cunoscută de către grecii antici deja în jurul anului 2000 î.H. În jurul anului 300 î.H., lipirea moale prin intermediul aliajului de fier era dezvoltată în întreaga regiune Mediteraneană [1].

Astăzi, lipirea tare este utilizată la îmbinarea diferitelor materiale similare și disimilare. Lipirea tare se remarcă prin flexibilitatea sa în ceea ce privește posibilitățile de automatizare, adaptabilitatea individuală față de sarcinile de îmbinare și energiei de îmbinare comparativ scăzută în metalul de bază. În special, în ultimii ani cererea industriilor cu grad înalt de specializare – cum sunt industriile constructoare de avioane, nave spațiale sau industria energetică – pentru posibilități de îmbinare sigure, a îmbinărilor de substanță pozitivă, a condus la realizări tehnice importante în domeniul procedurii de lipire tare, al lipirii la temperatură ridicată și al aplicațiilor acestora. În cursul acestor realizări și lipirea tare cu arc electric în mediu de gaz protector, care a fost utilizată sporadic de fabricanții de automobile, încă din anii '80, s-a îmbunătățit prin cercetare consecventă [2, 3, 4]. Lipirea tare cu arc electric în mediu de gaz protector s-a stabilizat între timp în industrie și în special în domeniul îmbinării tablelor subțiri acoperite, adesea înlocuind metoda perimată, binecunoscută a sudării electrice în mediu de gaz protector. În cadrul încercărilor de laborator aplicarea tehnologiei în tandem pentru lipirea tare a demonstrat potențialul ridicat al acestei tehnologii, lipirea tare cu arc electric în mediu de gaz protector, în ceea ce privește viteza de îmbinare și îmbunătățirea abilității de acoperire a rostului. În practică, totuși, această metodă se utilizează încă destul de greu. În prezent, tehnica lipirii în tandem se utilizează pentru îmbinări lungi cu viteză mare, de exemplu, fabricarea containerelor sau îmbinarea sudurilor pe circumferință, dispozitivul de eliminare a gazelor în cazul automobilelor. Față de procedeul de îmbinare cu o singură sârmă, procedeul în tandem are limitele sale, în aplicațiile practice, datorită multitudinii parametrilor de fixare a celor două surse de putere și a interacțiunii lor. O altă variantă, discutată în mod curent, a

1. Introduction

Brazing, a technique which has been known since around 3,000 B.C., is one of the earliest craft techniques in the field of thermal joining. Brazes found in jewellery from Sumerian kings' tombs substantiate this assumption. As, for the time being, just gold, silver and copper had been used, these findings were, according to modern understanding, made with brazed joints. There is proof that the locally defined heat input has been used in Egypt around 1,500 B.C., the technique, however, is probably considerably older. Soldering must have been known by the ancient Greek already in approx. 2,000 B.C. At around 300 B.C., soldering by means of the solder iron has been carried out in the entire Mediterranean region [1].

Today, brazing is used for joining various kinds of similar and dissimilar materials. Brazing stands out for its versatility in regard to automation possibilities, the individual adaptability to the joining task and also to the comparatively low energy input into the base metal. Especially in recent years the demand of highly specialised industries - such as aircraft or aerospace industries, or power engineering - for safe joining possibilities of positive-substance joints has led to important technical developments in the field of hard and high temperature brazing and its applications. In the course of these developments also GMA brazing which had been used sporadically by car manufacturers already during the Eighties had been improved by consequent research [2, 3, 4]. GMA brazing has meanwhile established itself in the industry and it has, particularly in the field of joining coated thin plates, frequently superseded the well-established GMA welding method. In laboratory tests, the application of the tandem technology for brazing has shown the high potential of this technology in regard to the joining speed and the improvement of the gap bridging ability. In practice, however, this method is still hardly made use of. At present, the tandem brazing technique is used for joining long seams with a high speed, for example, in container engineering or in brazing of circumferential welds in car exhaust gas equipment. In contrast to the single wire process, the tandem process has its limits in practical application because of the multitude of setting parameters for the two power sources and their interaction. Another currently discussed process variation is GMA brazing using a square electrode cross-section instead of the conventional rounded one. In contrast to the single wire method, this method is characterised by higher deposition rates which are transferred into larger input volumes or higher

procedului este lipirea electrică în mediu de gaz protector cu utilizarea unui electrod de secțiune pătrată în locul celui rotund, convențional. În contrast cu metoda cu o singură sârmă, această metodă se caracterizează prin viteze mari de depunere, care sunt transferate în volume mai mari de energie sau viteze de sudare mai mari și de asemenea printr-o acoperire bună a rostului datorită secțiunii transversale a electrodului.

2. Tehnologia procedului de lipire tare în mediu de gaz protector

Caracteristica fundamentală comună sudării și lipirii tari este umplerea rostului dintre două componente cu metal topit parțial sau complet sau aliaj de metal. Diferența principală între cele două metode este totuși de domeniul metalurgiei. La lipirea tare (prin definiție) și în contrast cu sudarea, se produce numai topirea nesemnificativă a metalului de bază. Materialul de adaos este cel care este topit în timpul procesului de îmbinare. La lipirea tare în mediu de gaz protector, temperaturile înalte din arc cauzează o eroziune minimă a metalului de bază care nu trebuie să depășească de 0,3 ori grosimea tablei subțiri [5, 6].

În cazul procedului de lipire tare în mediu de gaz protector se poate aplica același echipament tehnologic ca și în cazul sudării în mediu de gaz protector. Singura trăsătură caracteristică este materialul de adaos. Electrozi sârmă cu grad scăzut de topire, pe bază de cupru se utilizează la lipirea tare, figura 1.

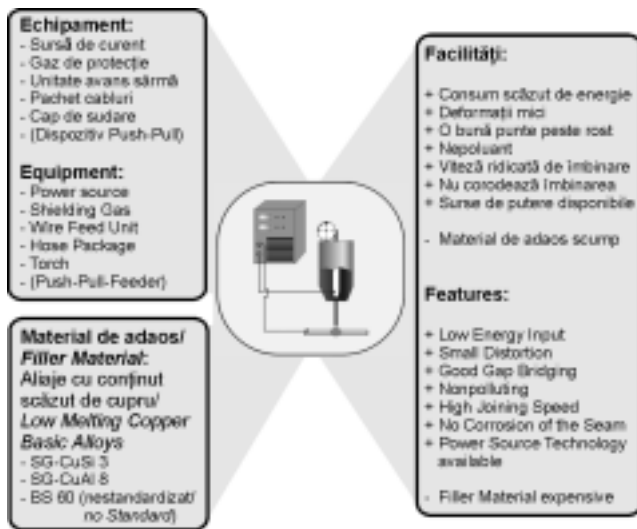


Figura 1. Tehnologia procedului de lipire tare în mediu de gaz protector

Figure 1. Technology of GMA Brazing

În aplicațiile industriale se utilizează materiale de adaos pentru lipire standardizate și sârme de sudare pe bază de cupru nestandardizate. Toate materialele pentru lipire au la bază minimum 80% cupru. Alierea se face cu conținut de până la 4% siliciu, 8% aluminiu, 10% zinc, 2% mangan, 6% nichel și alte elemente de aliere. Domeniul de topire al metalelor de adaos pentru lipire tare este, de regulă, între 900° și 1100°C. Realizări recente în domeniul materialelor de adaos au ca scop scăderea în continuare a temperaturii de topire sau se referă la proprietăți metalurgice speciale, în particular pentru îmbinarea oțelurilor de înaltă rezistență.

În cazul tablelor din oțel galvanizate și a diferitelor

welding speeds and also by a good gap bridging ability because of the electrode cross-section.

2. Technology of GMA Brazing

The common fundamental feature of welding and brazing is the filling of the gap between two components with partially or completely molten metal or metal alloy. The principal difference between the two methods lies, however, in the field of metallurgy. In brazing (by definition) and in contrast to welding, just insignificant base metal melting occurs. It is merely the filler material which is molten during the joining process. In GMA brazing, the high temperatures in the arc cause a minimum base metal erosion which must not exceed the 0,3fold of the sheet thickness [5, 6].

For GMA brazing the same equipment technology as used for GMA welding can be applied. The only distinctive feature is the filler material. Low-melting wire electrodes on a copper basis are used for brazing, Figure 1.

In industrial application, standardised brazing filler metals and also non-standardised copper welding wires are used. All brazing solders are based on a minimum of 80% of copper. Alloying is carried out with contents of up to 4% silicon, 8% aluminium, 10% tin, 2% mangan, 6% nickel and other alloying constituents. The melting range of the brazing filler metals lies, as a rule, between 900° and 1100° Celsius. Recent developments in the field of filler materials are aiming towards the further decrease of the melting temperature or to special metallurgical properties, particularly for the joining of higher-strength steels.

With galvanised steel sheets and with various shielding gas mixtures the metal transfer has been analysed by means of high-speed photographs. It could be established that, principally, sound droplet transfers to the workpiece are possible when a step pulse and pure argon were used. The parameter window for maintaining the “one-droplet-per-pulse” transfer is, however, very small as the metal droplet detaches rather viscously, Figure 2, left. At the end of the pulsed phase root formation occurs between droplets pinching

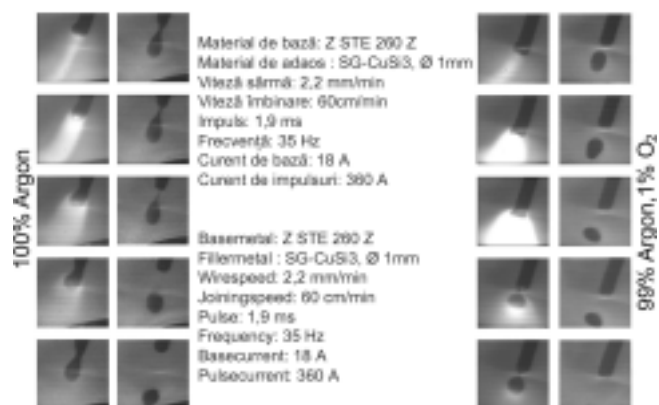


Figura 2. Influența gazului de protecție asupra transferului de metal la lipirea tare în mediu de gaz protector

Figure 2. Influence of the Shielding Gas on the Metal Transfer in GMA Brazing

off and the fixed wire stickout. A twofold root separation leads to the formation of small micro spatters. Active gas components in the shielding gas have a process-stabilising

amestecuri de gaze transferul de metal a fost analizat prin intermediul fotografiilor de mare viteză. S-a stabilit că, în principiu, transferul de calitate al picăturii la piesă este posibil atunci când se utilizează impulsul în trepte și argon pur. Fereastra parametrului pentru menținerea transferului de tip „o picătură pe puls” este totuși foarte mic deoarece picătura de metal se detașează mai degrabă vâscos, figura 2, stânga. La sfârșitul fazei în impulsuri se produce formarea rădăcinii între picăturile care se desprind și lungimea liberă fixă a sârmei. O separare în două părți a rădăcinii conduce la formarea unor stropi de dimensiuni mici. Componentii gazului activ în gazul de protecție au un efect de stabilizare al procesului. Cu parametri absolut identici, figura 2 arată comparația dintre un gaz de protecție care conține 100% argon pur și un amestec de gaz care conține 99% argon și 1% oxigen.

Sub influența oxigenului lățimea arcului este considerabil mai mare, gătuirea lungimii libere a sârmei este mult mai concentrată. Efectul proporțiilor de oxigen din gazul de protecție în formarea băii de sudare este bine cunoscut. Regularități egale sunt, totuși, de aplicat lungimii libere a sârmei. Proporția de oxigen reduce tensiunea de la suprafața lungimii libere a sârmei deja topite și conduce la o acțiune mai eficientă a forțelor de desprindere.

Observații similare au fost făcute atunci când s-au utilizat amestecuri de gaze de protecție cu conținut de până la 2% CO₂, argon rezidual. Totuși trebuie să se acorde atenție faptului că prin creșterea proporțiilor de gaz activ procesul se încălzește, ceea ce are efect imediat asupra arderii conținutului de zinc. Proporțiile de heliu de până la 30% sau conținutul în hidrogen până la 2% în argon utilizat drept gaz de protecție cauzează procedee de lipire tare foarte calde, o îmbunătățire ușoară a stabilității procesului este explicată de energia mai mare la lungimea liberă a sârmei.

Deoarece echipamentul procesului este aproape identic cu echipamentul pentru sudarea în mediu de gaz protector (GMA), sursele de putere existente pot fi utilizate, în mod frecvent pentru lipirea tare GMA. Pentru alimentarea fiabilă a sârmelor și benzilor din bronz, care sunt mai moi decât cele din oțel, se recomandă un sistem cu patru role în combinație cu un cap de lipire „push pull”.. datorită flexibilității tridimensionale limitate a electrodului bandă, pachetul de cabluri trebuie – pentru o alimentare sigură cu bandă – să fie pe cât de neted posibil, aranjat în bucle largi. Suplimentar, pentru tranziția sigură a curentului la lipirea tare cu bandă este necesar un contact forțat.

La lipirea tare GMA, posibilitatea existenței stratului de oxid este distrusă de temperaturile înalte din arc. De aceea, și în contrast cu alte metode de lipire tare acesta poate fi dispersat prin aplicarea fluxului, atmosfera de gaz protejează zona de lipire împotriva oxidării în timpul fazei de solidificare. Lipirea tare GMA este, deci, acceptabilă din punct de vedere al protecției mediului.

În cazul lipirii tarii GMA energia liniară în piesă este foarte scăzută, de fapt mai mică de 50% în comparație cu sudarea, care, pe de o parte, conduce la mai puțină deformare a piesei și pe de altă parte, la mai puțină deteriorare termică în cazul pieselor care pot fi placate. Costurile pentru lucrările de îndreptare sau dispozitive de fixare scumpe pot fi reduse. Viteza de îmbinare în cazul lipirii GMA, în general, poate fi mai mare decât în cazul procedeeleor de sudare, ceea ce se datorează capabilității materialului de adaos de a realiza o bună îmbinare.

effect. With absolutely identical parameters, Figure 2 shows the comparison between a shielding gas consisting of 100% pure argon and of a shielding gas mixture consisting of 99% argon and 1% oxygen.

Under the influence of oxygen the arc formation is considerably wider, the necking at the wire stickout is much more concentrated. The effect of oxygen proportions in the shielding gas onto the weld pool formation is well known. Equal regularities are, however, also applying to the wire stickout. The oxygen proportion reduces the surface tension of the already molten wire stickout and leads to a more effective action of the pinch forces.

Similar observations were made when shielding gas mixtures with contents of up to 2% CO₂, residual argon, were used. Attention, however, has to be paid to the fact that with increasing active gas proportions the process is heating up, which has immediate effects upon the burning of the zinc content. Helium proportions of up to 30% or hydrogen contents of up to 2% in the shielding gas argon cause very hot brazing processes, a slight improvement of the process stability is, primarily, explained by the higher energy at the wire stickout.

As the process equipment is almost identical to the equipment for GMA welding, extant power sources may frequently be used for GMA brazing. For the reliable feeding of the bronze wires and strips which are softer than steel wires, a four-roll drive in combination with a push pull torch is recommendable. Because of the limited three-dimensional flexibility of the strip electrode, the hose package must - for a safe strip feeding - be laid as even as possible, arranged in wide loops. Moreover, for a safe current transition in strip brazing a forced contacting is necessary.

In GMA brazing, the possibly existing oxide layer is destroyed by the high temperatures in the arc. Thereby and in contrast to other brazing methods, it can be dispensed with the application of flux, the shielding gas atmosphere protects the soldering zone from oxidation during the solidification phase. GMA brazing is, therefore, environmentally highly acceptable.

In GMA brazing the energy input into the workpiece is very low, actually lower than 50% as compared to welding, which, on the one hand leads to less distortion of the workpiece and, on the other hand, to less thermal damage to possible workpiece coatings. Costs for subsequent straightening work or expensive fixtures may be reduced. The joining rate in GMA brazing may, in general, be selected higher than this is possible for welding processes which is due to the good gap bridging ability of the solder.

GMA brazing has already become established as a method for joining galvanised thin sheets. While, during welding of galvanised steel sheets a large part of the coating is destroyed in the weld region and the complete joining zone is susceptible to corrosion, the brazing seam itself is not susceptible to corrosion. Beside the brazing seam, due to the significantly low energy input, merely a narrow evaporation zone of 1 - 2 mm results which is protected from corrosion through the cathodic sacrificial action of the zinc. Numerous advantages make GMA brazing an alternative joining method, especially in comparison with the conventional GMA welding as used by the car industry. The disadvantage of the higher prices for bronze wires (10 up to 20 times higher), compared with conventional

Lipirea GMA a devenit deja o metodă de îmbinare pentru oțelurile subțiri galvanizate. În timp ce la sudarea tablelor subțiri din oțel galvanizat o mare parte a acoperirii este distrusă în regiunea sudurii, iar zona de îmbinare completă este sensibilă la coroziune, lipitura nu este sensibilă la coroziune. Lângă lipitură, datorită energiei liniare semnificativ scăzute, rezultă numai o zonă îngustă de evaporare de 1-2mm care este protejată de coroziune prin acțiunea de sacrificiu catodic a zincului. Avantaje numeroase fac ca lipirea GMA să fie o metodă alternativă de îmbinare, în special în comparație cu sudarea convențională GMA așa cum este utilizată de industria automobilelor. Dezavantajul prețurilor mai mari pentru sârma din bronz (10 până la 20 ori mai mari), în comparație cu sârmele convenționale de sudare, sunt mai mult decât compensate printr-un potențial ridicat de economie la prețul de cost în cazul lucrărilor de finisare a îmbinării.

3. Tehnologia în tandem / cu bandă

Tehnologia cu două sârme este caracterizată printr-un al doilea electrod sârmă într-o duză obișnuită cu gaz de protecție și prin transferul de material într-o baie de sudare obișnuită. O diferențiere se face între tehnica cu două sârme și tehnica în tandem. Ambii electrozi au un potențial obișnuit în cazul tehnicii cu două sârme, în cazul tehnicii în tandem, potențialele individuale sunt separate. Deoarece în cazul metodei cu două sârme se poate utiliza numai pulverizarea în arc sau arcul în impulsuri înalte de energie metoda în tandem este singura care se aplică la lipirea tare cu două sârme prin tehnicile procesului cu energie scăzută. Această metodă este caracterizată prin avantajul că parametrii pentru fiecare electrod se pot regla separat și că astfel pot fi utilizate toate tipurile de arc. În practică, totuși, se aplică numai arcul în impulsuri, arcul scurt sau o combinație a acestora.

În timp ce arcului scurt, în special în afara poziției, este ușor de reglat, micro stropii nu pot fi evitați complet ceea ce se datorează dinamicii puternice a băii topite și detașării neregulate a picăturii în faza de scurt circuit. Fundamental, arcul scurt impune mai puțină energie liniară în componentă decât un arc în impulsuri. Îmbinarea este, totuși, mai rigidă și are o zonă mai mică de topire cu metalul de bază. În contrast cu lipirea tare în impulsuri și cu condiția ca zona de topire și calitatea lipirii să fie compatibile, mai multă sârmă și deci mai multă energie sunt alimentate spre componentă.

Surse de putere programabile permit setarea proceselor fără stropi, cu arc în impulsuri pentru oțelurile neplacate. În cazul tablelor subțiri neplacate, forme trapezoidale de impuls și vitezele de urcare a pantei / coborâre conduc la un transfer de metal de calitate la lungimea liberă a sârmei. În cazul tablelor subțiri placate, în special în cazul lipirii tari în domeniul energiilor scăzute și vitezelor de alimentare a sârmei scăzute (așa cum sunt setate pentru lipirea tare manuală), s-a demonstrat că sunt avantajoase formele de impuls cu caracteristica în trepte. Pentru o influență redusă în arc, impulsul în trepte așa cum este utilizat la lipirea tare în tandem trebuie să fie sincronizat și alternativ, figura 3.

Funcție de tipul plăcării și a materialului de adaos adăugat, acest impuls în trepte trebuie să fie fixat individual pentru a atinge transferul „o picătură per impuls” cauzat de diferite presiuni de evaporare pentru straturile de acoperire. Impulsul în trepte este cel mai bine reprezentat de impulsul de arc modulat I_p/I_G (adică reglarea de curent continuu în impuls și

welding wires, is more than compensated by a high cost saving potential in weld finishing works.

3. Tandem-/ Strip-Technology

The twin wire technology is characterised by a second wire electrode in a common shielding gas nozzle and by the material transfer into a common weld pool. A differentiation is made between the twin wire technique and the tandem technique. It applies for the twin-wire technique that both electrodes have a common potential, for the tandem technique that the individual potentials are separated. As in the twin-wire method only the spray arc or the energy-rich pulsed arc can be used, it is the tandem method which is solely applied for twin wire brazing with low-energy process techniques. This method is characterised by the advantage that the parameters for each electrode are separately adjustable and that, thus, all types of arc can be used. In practice, however, just the pulsed arc, the short arc or a combination thereof are applied.

While the short arc, particularly in out-of-position tasks, is easy to adjust, micro spatters can not be completely avoided which is due to the strong dynamics of the molten pool and the connected irregular drop detachment in the short-circuit phase. Basically, the short arc entails less energy input into the component than a pulsed arc. The brazen seam is, however, more reinforced and has a smaller fusion zone with the base metal. In contrast to pulsed arc brazing and provided that the fusion zone and the seam quality are comparable, more wire and thus more energy are fed to the component.

User-programmable power sources allow the setting of spatter-free processes with the pulsed arc for uncoated sheets. With uncoated steel sheets, trapezoidal pulse shapes and upward slope/downward slope speeds lead to a sound metal transfer at the wire stickout. With coated steel sheets, especially in the field of brazing in the lower power range with low wire feed speeds (such as set for manual brazing), pulse shapes with a step characteristics have shown to be advantageous. For a reduced influence on the arcs the step

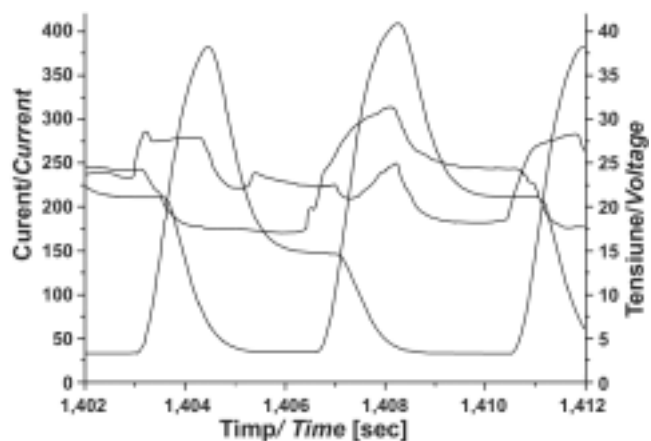


Figura 3. Secvență de impuls alternativ în trepte

Figure 3. Alternating step pulse sequence

pulse as used in tandem brazing should be synchronised and alternating, Figure 3.

Depending on the coating and the added filler material, this step pulse has to be set individually to reach “one-droplet-

de fond). Deoarece cu reglarea curentului continuu în faza de impuls, nu se produce stabilizarea lungimii arcului, procesul de lipire tare devine instabil în cazul funcționării defectuoase a procesului. Deci, sursa de putere trebuie să fie echipată cu un dispozitiv de reglare rapidă a lungimii arcului [7].

Disponerea electrozilor unul în spatele celuilalt pe direcția de sudare conduce la formarea unei băi topite alungite, figura 4. Posibilitățile de degazeificare a băii topite sunt îmbunătățite semnificativ prin aceasta, iar numărul porilor în cusătura sudată cu viteze de sudare mai mari și gaze de protecție bune, sunt considerabil reduse.

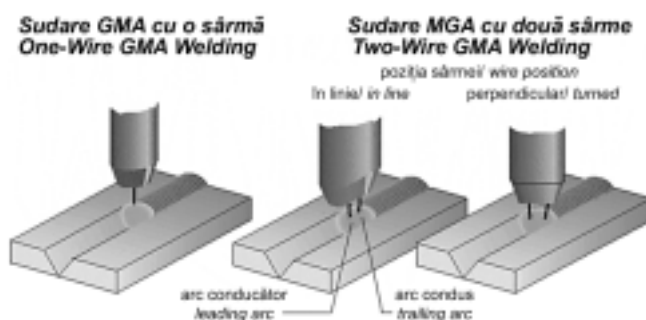


Figura 4. Formarea băii topite la lipirea cu o singură sârmă și lipirea cu două sârme

Figure 4. Formation of the molten pool in single wire brazing and two-wire brazing

Ca și în cazul lipirii tari, marginile componente care urmează a fi îmbinate sunt topite puțin sau de loc. Rosturile pot fi unite printr-o punte prin întoarcerea sârmei electrod transversal pe direcția de îmbinare chiar la viteze mai mari de îmbinare. Aceasta permite toleranțe mai mari pieselor și o pregătire simplificată. Înclinarea arzătorului permite, de asemenea influența asupra geometriei îmbinării. O rotație ușoară în jurul axei centrale a arzătorului are efectul de a lărgii îmbinarea. Rezultatul este o sudură mai plată și o zonă de topire mai mare a metalului de adaos cu metalul de bază. Unghiul de umectare la contact este, de asemenea influențat în mod pozitiv. Unghiul devine mai mic ceea ce duce la îmbunătățirea comportării rezistenței la oboseală.

La lipirea tare cu bandă, regiunea interioară arcului, ca și în cazul tehnicii cu o sârmă, se poate dezvolta, totuși, funcție de secțiunea transversală a electrodului, prin rotație simetrică, o regiune alungită, ovală în exteriorul arcului, figura 5. Astfel influența asupra formei băii topite poate fi extinsă, ca și la lipirea tare în tandem. Poziția benzii în lungul direcției de îmbinare conduce la o mai bună degazeificare a metalului topit, chiar la viteze de îmbinare mai mari, poziția transversală conduce la îmbunătățirea abilității de a realiza puntea peste rost.

4. Creșterea vitezei de îmbinare

Unul dintre avantajele lipirii GMA este creșterea vitezei de îmbinare, în comparație cu lipirea cu o singură sârmă sau lipirea cu bandă sau material de adaos. Tehnica lipirii cu material de adaos sau în tandem permite creșterea vitezei de îmbinare cu aproximativ 50% în comparație cu tehnica de lipire cu o singură sârmă, tehnica în tandem permite creșterea cu 150% - 300%. Creșterea depinde de diverși factori. Factorii principali sunt

per-pulse” transfers caused by different evaporation pressures for the coatings. The step pulse is best represented with the I_p/I_G -modulated pulsed arc (i.e. constant-current regulation in the pulsed and background current phase). As, with a constant current regulation during the pulsed phase, arc length stabilisation does not occur, the brazing process becomes unstable in the case of process malfunctions. Therefore, the power source must be equipped with a fast reacting arc length regulation. [7].

The arrangement of the electrodes behind one another in welding direction results in an oblong molten pool, Figure 4. The degasification possibilities of the molten pool are significantly improved by this and the number of pores in the seam, especially with higher joining speeds and good gas shielding, is considerably reduced.

As in brazing, the component edges which are to be joined are fused minimally or not at all, gaps may be bridged by turning the wire electrode transversally to the joining direction, even at higher joining speeds. This allows greater part tolerances and a simplified prefabrication. The torch tilt also allows influence on the seam geometry. A slight rotation around the central axis of the torch already has the effect of widening the seam. The result is a flatter seam and a larger fusion area of the braze metal with the base metal. The wetting angle of contact is also positively influenced. The angle is getting smaller which leads to the improvement of the fatigue strength behaviour.

In strip brazing, the inner arc region is, as in the single wire technique, rotationally symmetric, dependent on the electrode cross-section, however, an oblong, oval outer arc region may develop, Figure 5. Thus influence on the molten pool shape may be exerted, as in tandem brazing. The position of the strip along the joining direction leads to a better degasification of

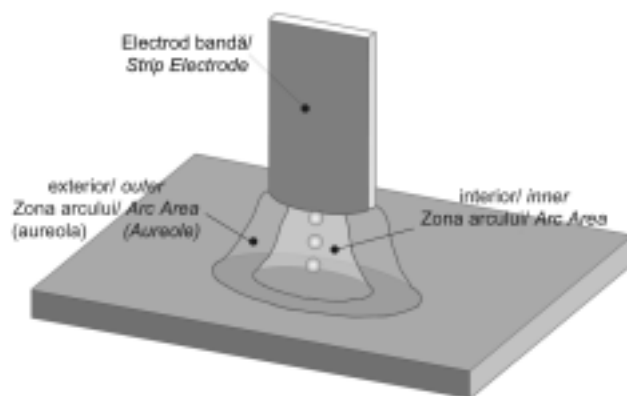


Figura 5. Formarea arcului la lipirea cu bandă

Figure 5. Arc formation in strip brazing

the molten metal, even with higher joining speeds, the transversal position leads to the improvement of the gap bridging ability.

4. Increase in joining speed

One of the advantages of GMA brazing is the increase of the joining speed, in comparison with single wire or strip/fillet brazing. The fillet or tandem brazing technique allows the increase of the joining speed by about 50%, compared to the single wire technique, the tandem technique allows increases

metalul de adaos utilizat, combinația gazului de protecție, tipul învelișului și grosimea acestuia și de asemenea posibilele toleranțe ale piesei.

În vederea cercetării, viteza de îmbinare în cazul unei îmbinări cu metal de adaos la o îmbinare suprapusă pe o tablă subțire placată (St 05 Z150) a fost mărită până la 8m/min, figura 6.

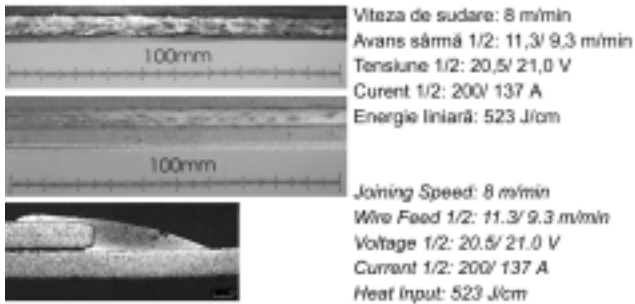


Figura 6. Mărirea vitezei de îmbinare prin tehnica în tandem

Figure 6. Increasing the joining speed by means of the tandem technique

Materialul de adaos utilizat a fost bronz cu staniu (BS60). Bronzul cu staniu este caracterizat printr-un punct de topire foarte scăzut (în special scăzut pentru un metal de lipire pe bază de cupru) și printr-o fereastră mare între temperatura liquidus și solidus. Prin aceasta și timpul pentru degazeificarea metalului topit cu viteză mare a fost mărit. Gazul de protecție

of 150% and up to 300%. The possible increase depends on various factors. The main factors are the used filler metal, the shielding gas combination, the type of coating and its thickness and also possible part tolerances.

Within the scope of a research project, the joining speed for a fillet weld on lap joint on a coated steel sheet (St 05 Z150) was increased by up to 8m/min, Figure 6. The used filler metal was tin bronze (BS60). The tin bronze is characterised by a very low melting point (particularly low for a copper-based braze metal) and by a large window between liquidus and solidus temperature. By this, the time for the degasification of the molten metal also with high speeds has been increased. The used shielding gas was a three-component mixture, consisting of 0,8% O₂, 20% He and argon.

The brazing seam has a smooth surface and the brazing filler metal transfer to the base metal is fine. The burning of the zinc content besides the seam is just a few tenths of millimeters, on the seam underside a thermally effected trace of zinc is observed. The corrosion protection has been maintained completely.

In practical application, SG-CuSi3 is frequently used in combination with a shielding gas mixture of argon and approx. one percent of oxygen. With higher joining speeds in the fringe range, however, increased pore and spatter formation occurs. In tests using the fillet/strip technology for this wire/shielding gas combination the speed was increased up to 3m/m For this purpose, the fillet/strip was positioned alongside of the seam, Figure 7. Besides a low spatter and pore number, attention was paid to a high process stability which is not sensitive towards varying gap widths, (compare Figure 9).

All three techniques have in common that with the increasing joining speed the seams are flatter and wider. With the increasing joining speed and the respective wire feed speed, the arc pressure on the molten pool is increased and the braze metal is drifting apart to a stronger degree. There is also a short-time and stronger overheating of the molten metal which leads to a reduction of the viscosity – the result is the improvement of the flow behaviour. Besides the changed seam formation, the energy-per-unit length decreases with higher joining speeds. This is ascribed to the lower quantity of braze metal and to the higher energy density with higher wire feed speeds.

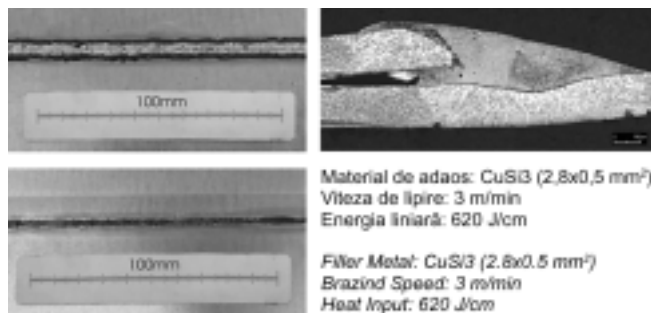


Figura 7. Lipirea tare cu bandă cu electrodul poziționat în lungime

Figure 7. Strip braze with the electrode positioned alongside

utilizat a fost un amestec de trei componente și anume 0,8%O₂, 20% He și argon.

Îmbinarea lipită are o suprafață netedă, iar transferul metalului de adaos spre metalul de bază este fin. Arderea conținutului de zinc pe lângă îmbinarea lipită este doar de câțiva zeci de milimetri, pe îmbinare, pe partea inferioară se observă o urmă de zinc influențată termic. Protecția împotriva coroziunii a fost menținută complet.

În aplicații practice, SG-CuSi3 se utilizează în mod frecvent în combinație cu un amestec de gaz de protecție din argon și aproximativ 100% O₂. Cu viteze mai mari de îmbinare, în domeniul limitei, totuși, se produc pori mai mulți și se formează stropi mai mulți. În încercările care utilizează tehnologia îmbinării cu metal de adaos /bandă pentru această combinație sârmă/gaz de protecție viteza a crescut până la 3m/min. În acest scop, depunerea cu metal de adaos/ bandă a fost poziționată de-a lungul cusăturii, figura 7. Pe lângă o cantitate

5. Gap bridging ability

GMA single wire brazing offers a significant improvement of the gap bridging ability in comparison with GMA welding. With gap widths that are wider than the sheet thickness, this method, however, reaches its limits. The higher quantity of necessary brazing metal for the bridging of large gaps means an increased energy input into the base metal which again leads to a strong local melting of the base metal and the dilution with the brazing metal. This may have a strength-reducing effect on the seam, in particular in combination with a strong corrosive attack.

In order to bridge large gaps in a reliable way and for a minimum of base metal fusion, the brazing material must be fed decentralised to the molten pool. This may, within its limits, be carried out by means of a strip/fillet (transverse to the joining direction) instead of a round wire or, better, by turning

scăzută de stropi și număr mic de pori, atenția a fost reținută de stabilitatea ridicată a procesului care nu este sensibilă la variația lățimii rostului (comparați figura 9).

Toate trei tehnicile au în comun faptul că pe măsură ce viteza crește îmbinările sunt mai plane și mai late. Cu creșterea vitezei de îmbinare și respectiv a vitezei de alimentare cu sârmă, presiunea arcului asupra băii topite crește, iar metalul de lipire curge într-un grad mai mare. Există de asemenea, o supraîncălzire mai puternică în timp scurt a metalului topit care conduce la o reducere a vâscozității – rezultatul este îmbunătățirea comportării la curgere. Pe lângă formarea cusăturii modificate, energia pe unitatea de lungime scade la viteze de îmbinare mai mari. Aceasta se atribuie cantității mai mici a metalului de lipire și densității mai mari de energie la viteze mai mari de alimentare cu sârmă.

5. Capacitatea de umplere a rostului

Lipirea tare în mediu de gaz protector cu o singură sârmă oferă o îmbunătățire semnificativă a capacității de umplere a rostului în comparație cu sudarea în mediu de gaz protector. În cazul unor lățimi de rosturi ce sunt mai mari decât grosimea tablei subțiri, această metodă, are totuși limitele ei. Cantitatea mai mare de metal de lipire necesară pentru îmbinarea rosturilor mai mari înseamnă o energie de lipire mai mare în metalul de bază care din nou conduce la o topire locală puternică a metalului de bază și diluția cu metalul de lipire. Acest mod are un puternic efect de reducere a rezistenței asupra cusăturii, în special în combinație cu un atac corosiv puternic.

Pentru a îmbina rosturi mari într-un mod sigur și pentru o topire minimă a metalului de bază, metalul de lipire trebuie aplicat dezaxat față de baia topită. Aceasta poate, în cadrul propriilor limite, să fie efectuată prin intermediul benzii/metalului de adaos (transversal pe direcția de îmbinare) în

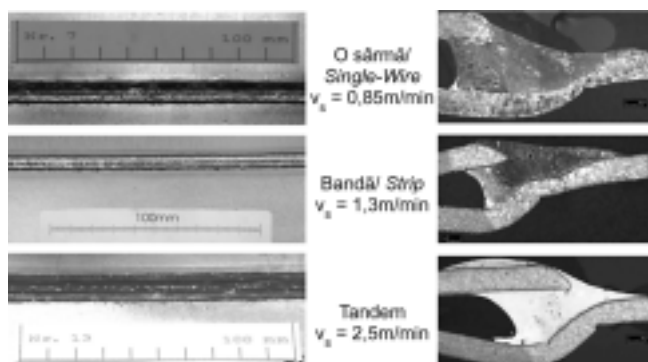


Figura 8..Capacitatea de umplere a rostului – comparație

Figure 8. Gap bridging ability – a comparison

the torch in tandem brazing. The turning of the torch results in the widening of the molten pool. The large-surface input of the energy into the base metal leads to a better dissipation from the molten pool. The fusion of the base metal is significantly reduced.

For the specimens shown in Figure 8 the same base metal (St 05 Z150), the same shielding gas (1%O₂ + Ar) and the same filler metal (CuSi3) have been used. The set gap width was 1,2mm each which corresponds with the 1,5fold of the sheet thickness. The seam photographs show only slight differences between the individual methods, the macro-sections, however, show the differences clearly. In single wire brazing, the upper sheet is molten by approx. 2mm and a strong dilution between brazing material and base metal occurs. The lower sheet is as well strongly molten in the area of the bead. In fillet brazing, the fusion of the upper sheet is less significant, in the area of the bead, however, still strong fusion of the base metal and thus the dilution with the brazing material occurs. In tandem brazing, the edge of the upper sheet is just slightly molten. The dilution of the base and filler metal is insignificant. The brazing material flows deeply into the gap and fuses large areas with flat transition angles to the base material.

In industrial practice gap widths are varying. In order to react to this fact in single wire welding, an increased braze metal quantity is used (in relation to: gap = zero). The possibly wider seam formation in fillet and tandem technology allows to work with smaller braze metal quantities; still reliable fusion of the components is guaranteed, even with larger gaps, Figure 9. For the fillet weld on offset overlap joint the gap was widened continuously from 0mm to 3mm of misalignment.

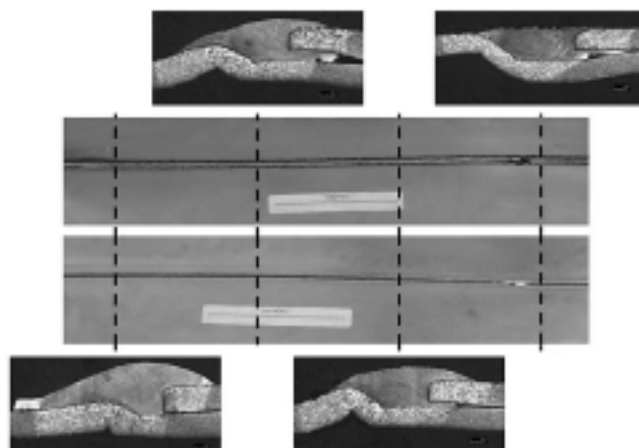


Figura 9. Diferite lățimi ale rostului, banda poziționată în cruce

Figure 9. Varying gap widths, strip positioned crosswise

locul unei sârme rotunde, sau mai bine, prin rotirea capului de lipire în cazul lipirii în tandem. Rotirea capului de lipire are ca rezultat lărgirea băii topite. Introducerea printr-o suprafața mare a energiei în metalul de bază conduce la o mai bună disipare în baia topită. Topirea metalului de bază este semnificativ redusă.

Pentru epruveta prezentată în figura 8 a fost utilizat același metal de bază (St 05 Z150), același gaz de protecție (1% O₂ + Ar) și același metal de adaos (CuSi3). Lățimea rostului a fost stabilită la 1,2mm pentru fiecare, ceea ce corespunde la 1,5 ori grosimea tablei subțiri. Fotografiele îmbinării arată numai mici

Without parameter adaptation or gap detection, a reliable brazing in this area is possible. The filler metals were CuSi3 and a shielding gas consisting of argon and oxygen (1%) had been used.

6. Tensile Strength

The tensile strength of the braze joints is, for one, dependent on the filler metal strength, for another on the groove geometry and also on the covering of the solder. Using the (hot)galvanised steel sheet Z STE 260 Z, plain butt joints

diferențe între metodele individuale, în schimb macrosecțiunile arată clar diferențele.

La sudarea cu o sârmă din tablă superioară sunt topiți aproximativ 2mm și se produce o diluție puternică între metalul de lipire și metalul de bază. Tabla inferioară este de asemenea topită puternic în zona îmbinării. La îmbinarea cu metal de adaos, topirea tablei superioare este mai puțin semnificativă, în zona îmbinării, totuși, se produce încă topirea puternică a metalului de bază și astfel are loc diluția cu materialul de lipire. La lipirea în tandem, marginile tablei superioare sunt doar puțin topite. Diluția metalului de bază și a metalului de adaos este nesemnificativă. Metalul de lipire curge adânc în rost și topește zone mari cu unghiuri de tranziție plane la materialul de bază.

În practica industrială, lățimea rostului este variabilă. Pentru a compensa acest fapt, în cazul sudării cu o singură sârmă, se utilizează o cantitate mărită de metal de lipire (în comparație cu rost = zero). Posibilitatea de formare a unei îmbinări mai mari, ca lățime, în cazul tehnologiei cu metal de adaos și tandem, permite utilizarea unor cantități mai mici de metal de lipit; se garantează și topirea sigură a componentelor, chiar în cazul unor rosturi mai mari, figura 9.

În cazul sudării în colț a îmbinărilor suprapuse deviate rostul a fost lărgit continuu de la 0mm la 3mm lipsă de aliniere. Fără adaptarea parametrilor sau detectarea rostului, este posibilă o

and also fillet welds on lap joint were carried out. Besides two standardised solders, SG-CuSi3 and SG-CuA19, two recently developed but not yet standardised filler materials with a proportion of 10% Sn (BS100) and approximately 1% Mn, 0,2% Sn and 1,8% Si (Comas) have been tested. Specimen preparations for the static transverse metal tension tests, in accordance with the European Standard EN 895 for butt joints followed. The tension tests showed that all seams except one cracked in the base metal, Figure 10. The lap joint brazed in the joining zone with the filler material SG-CuSi3 showed one faulty brazing.

For further strength tests a galvanised steel sheet with a tensile strength of 800N/mm² was used. Against all expectations, the failure of the plain butt joints made with filler material SG-CUA18 occurred at medium tensile force of 9,83kN in the base metal. In general, the plain butt joints always failed with higher tensile forces, this in contrast to an overlap seam, as these do not show uniaxial tensile stress.

Besides static strength tests also fatigue tests for the high-strength steel CP800 were carried out with brazed test specimen and, for a comparison, with welded test specimen. SG-CUSi3 has been the braze filler material, Figure 11. The brazed specimen show a behaviour which is comparable to the welded

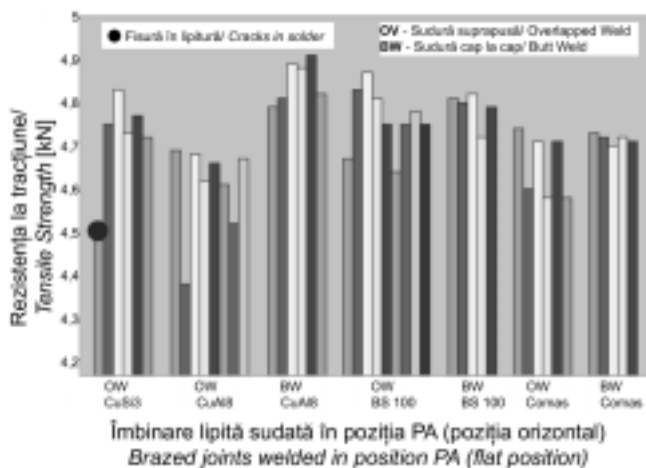


Figura 10. Încercări de rezistență la tracțiune statică
Figure 10. Static tensile strength tests

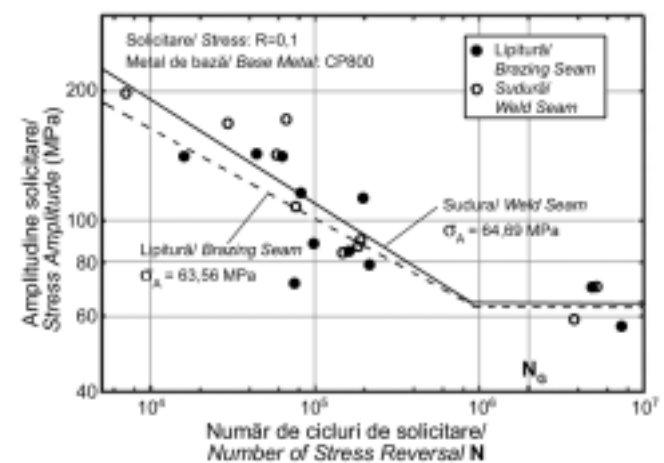


Figura 11. Încercarea de rezistență la oboseală pentru o sudură în colț pe o îmbinare suprapusă
Figure 11. Fatigue strength test for a fillet weld on lap joint

lipire tare sigură în această zonă. Materialele de adaos au fost CuSi3 și gazul de protecție compus din argon și oxigen (1%).

6. Rezistența la tracțiune

Rezistența la tracțiune a îmbinărilor lipite este, pe de o parte dependentă de rezistența metalului de adaos, pe de altă parte de geometria rostului și de asemenea de acoperirea metalului de lipire. Utilizând tablă subțire din oțel galvanizată Z STE 260 Z, s-au realizat îmbinări plane cap la cap și suduri în colț pe îmbinări suprapuse. Pe lângă două tipuri de aliaje de lipire standard, SG-CuSi3 și SG-CuA19, s-au testat și două materiale de adaos recent descoperite și încă nstandardizate în proporție de 10% Sn (BS 100) și aproximativ 1% Mn, 0,2% Sn și 1,8% Si (Comas). Pregătirea epruvetelor pentru încercările la tracțiune statică a materialului, s-a realizat în conformitate cu standardul european EN 895 pentru îmbinări cap la cap. Încercările la întindere au arătat că toate cusăturile cu excepția

specimen. The fatigue strength limit of the welded and the brazed specimen starts with a stress amplitude of 64MPa and a number of fatigue cycles of 10⁶.

7. Corrosion

A considerable advantage of GMA brazing in contrast to GMA welding is the lower energy input. Especially when galvanized sheets are joined, the impairment of the zinc layer can be reduced to a minimum. The primary task of the zinc layer, the protection of the component from corrosion, is maintained.

Apart from the strength of the braze metal, the strength of a brazed joint is strongly dependent on the area which is wet by the braze metal and on the seam volume. A larger seam volume means also an increased energy input into the base metal and considerable destruction of the zinc layer.

uneia au fisurat în metalul de bază, figura 10. Îmbinările prin suprapunere lipite în zona de îmbinare cu material de adaos SG-CuSi3 au prezentat o lipire necorespunzătoare.

Pentru alte încercări de rezistență s-au utilizat table subțiri galvanizate cu rezistența la tracțiune de 800N/mm². Contrar tuturor așteptărilor, defectele îmbinărilor cap la cap plane efectuate cu material de adaos SG-CuAl8 s-au produs la forța medie de tracțiune de 9.83 kN în metalul de bază. În general, îmbinările sudate cap la cap plane s-au rupt întotdeauna la forțe de tracțiune mai mari, în contrast cu îmbinarea suprapusă, întrucât acestea nu prezintă tensiuni de întindere uniaxiale.

În afară de încercările la rezistență statică s-au desfășurat, de asemenea, încercări la oboseală pentru oțelurile cu rezistență superioară CP800 cu epruvete lipite și pentru comparație cu epruvete sudate. SG-CuSi3 a fost materialul de adaos utilizat la lipire, figura 11.

Epruveta lipită prezintă o comportare comparabilă cu cea a epruvetei sudate.

Limita de rezistență la oboseală a epruvetei sudate și a celei lipite începe cu o amplitudine a tensiunii de 64 MPa și un număr de cicluri la oboseală de 10⁶.

7. Coroziunea

Un avantaj considerabil al lipirii în mediu de gaz protector în contrast cu sudarea în mediu de gaz protector este energia de lipire mai mică. În special când sunt îmbinate table galvanizate subțiri, deteriorarea stratului de zinc poate fi redusă la minimum. Sarcina primară a unui strat de zinc, este protecția componentei împotriva coroziunii.

Spre deosebire de rezistența metalului de lipit, rezistența unei îmbinări lipite depinde în mare măsură de suprafața care este umectată de metalul de lipire și de volumul îmbinării. Un volum mai mare al îmbinării înseamnă și o creștere a energiei de lipire în metalul de bază și distrugerea considerabilă a stratului de zinc.

Figura 12 arată trei epruvete care au fost supuse la un test cu ceață în climat constant conform cu DIN 50017. Perioada de încercare a fost 10 zile, temperatura 40°C (±3°) și umiditatea aerului de aproximativ 100%.

Cele trei epruvete au fost îmbinate cu diferite energii liniare și/sau diferite cantități de metal de lipire. Datorită căldurii diferite din metalul de bază, se produce o distrugere mai mare sau mai mică a stratului de zinc. O energie scăzută pe unitatea de lungime conduce la extinderea coroziunii minime pe lângă sudură. Mărirea energiei și distrugerea stratului de zinc la partea inferioară a sudurii, de asemenea conduce la creșterea fenomenului de coroziune la această zonă a sudurii. Prin creșterea volumului îmbinării rezistența statică a îmbinării crește de asemenea, figura 13.

Coroziunea reduce rezistența îmbinării. Epruvetele care au fost încercate cu energii liniare mici sau medii au arătat că rezistența la tracțiune s-a redus cu aproximativ 2-8% în raport cu epruveta necorodată; în cazul epruvetei care a fost încercată cu o energie liniară mare rezistența la tracțiune fost redusă chiar cu mai mult de 36%. Comportarea necorespunzătoare a îmbinărilor corodate s-a schimbat de asemenea. În cazul utilizării unei energii liniare mici sau medii defectul apare între metalul pentru lipit și metalul de bază; în cazul utilizării unei energii liniare mari îmbinarea se rupe în metalul de bază. Prin energia liniară mare tabla subțire care se suprapune la margine se topește mai puternic. Se produce diluție mărită a metalului

Figure 12 shows three specimen which have been subject to a condensation water test in constant climate according to DIN 50017. The testing period was 10 days, the temperature has been 40°C (±3°) with an air humidity of approximately 100%.

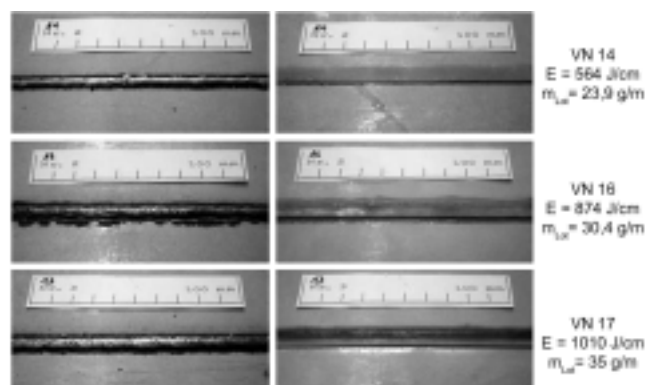


Figura 12. Încercări la coroziune/ Figure 12. Corrosion Tests

The three specimens had been joined with different energy-per-unit lengths and/or quantities of braze metal. Caused by the different heat input into the base metal, a more or less strong destruction of the zinc layer occurs. A low energy-per-unit length leads to a minimum corrosion formation beside the weld. The increasing energy input and the destruction of the zinc layer at the weld underside also leads to the increase of corrosion phenomena at the weld underside.

With the increasing seam volume the static strength of the seam is also increased, Figure 13. Corrosion, however, reduces the strength of the seam. The specimen which were tested with low or medium energy-per-unit lengths showed that the

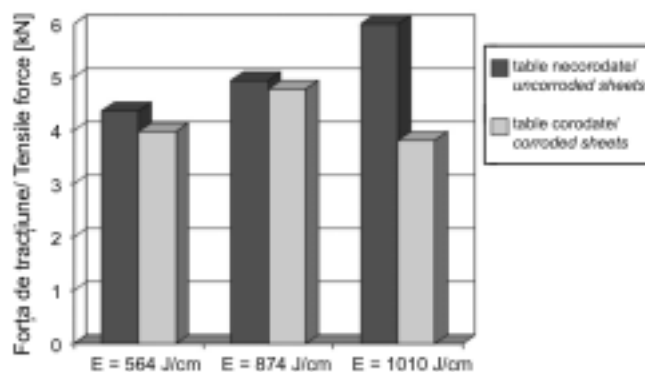


Figura 13. Rezistența la tracțiune sub acțiunea coroziunii

Figure 13. Tensile strength under corrosion

tensile strength was reduced by approximately 2-8% in contrast to the uncorroded comparison specimen; for the specimen which was tested with a high energy-per-unit length the tensile strength was reduced by even more than 36%. The failure behaviour of the corroded seams changed also. With a low and medium energy-per-unit length failure occurs between braze metal and base metal; with a high energy-per-unit length the seam cracks in the braze metal. Through the high energy the overlapping sheet at the edge is molten more strongly. Increased dilution of braze metal and base metal occurs. The higher iron content in the braze metal leads to a higher

de lipire și a metalului de bază. Conținutul mai mare de fier în metalul depus conduce la o sensibilitate mai mare la coroziune, structura îmbinării este slăbită și conduce la apariția fisurilor în metalul de lipit.

8. Emisiile de noxe

Fumul sub formă de particule care se produce la sudarea în mediu de gaz protector și/sau la lipirea tare poate constitui o problemă de risc a sănătății. Cunoașterea exactă a emisiilor care se produc prin utilizarea metodei permite medicinei industriale să evalueze valoarea până la care expunerea la aceste emisii nu conduce la riscuri în detrimentul sănătății muncitorilor. În acest scop se fac proiecte de cercetare a noxelor care se produc în timpul lipirii tablelor subțiri galvanizate, proiecte care determină și analizează aceste emisii în concordanță cu EN ISO 15011-1. Diferența între metoda de lipirea (cu o sârmă) față de tehnologia cu două sârme a fost demonstrată. Încercările au fost realizate cantitativ și calitativ. Nu s-au efectuat încercări pe lipirea cu material de adaos.

Au fost încercate trei metale de adaos diferite – CuSi3, bronz cu cositor (BS60) și bronz cu aluminiu (AlBz5Ni2). Drept metal de bază s-au utilizat table subțiri galvanizate din oțel în toate trei cazurile. Considerând elementele care sunt conținute în metalul de bază și straturile de acoperire și de asemenea compoziția metalelor de adaos utilizate, au fost examinate următoarele elemente pentru încercările de emisie a noxelor: Cu, Al, Sn, Fe, Mn și Ni.

În ghidurile privind aerul curat (TA-Luft, ediția 2002) materialele sunt clasificate în clase individuale de risc. Viteza de curgere a masei de material cât și viteza de curgere a masei totale nu trebuie să depășească 0,2kg/h.

Pentru comparația cu metoda ce utilizează o singură sârmă și metoda în tandem cantitățile de material utilizate pentru lipirea moale pe unitatea de lungime au fost aproape identice. Determinarea cantitativă a emisiilor de fum a arătat valori mai mari în cazul metodei în tandem decât în cazul metodei cu o singură sârmă, unde AlBz5Ni2 produce mai puține emisii decât CuSi3 care la rândul său produce mai puțină emisie decât BS60.

susceptibility to corrosion, the seam structure is weakened and leads to cracks in the braze metal.

8. Emission

The particle-shaped fumes which develop in GMA welding and/or in brazing may constitute a health hazard to man. Exact knowledge about the emission which develops while using this method allows the industrial medicine to assess in how far an exposition to these emissions is justifiable for workers without risking detriments to health. Within the scope of a research project, the emissions (fumes) which develop during brazing of galvanised steel thin sheets are determined and analysed in accordance with EN ISO 15011-1. The difference between brazing (single wire method) relative to the twin wire technology was demonstrated. The tests were carried out quantitatively and also qualitatively. Tests on fillet brazing were not carried out.

Three different filler metals have been tested – CuSi3, tin bronze (BS60) and aluminium bronze (AlBz5Ni2). As the base metal, hot-dip galvanised steel sheets have been used in all three cases. With consideration of the elements which are contained in the base metal and its coating and also on the composition of the used filler metals, the following elements have been examined for the emission tests: Cu, Al, Sn, Zn, Fe, Mn and Ni. In the clean air guidelines (TA-Luft, state: 2002) the materials are classified into individual classes of hazard. Individual material mass flow rates as well as the total mass flow rate of 0.2kg/h must not be exceeded [8].

For the comparability of the single wire method and the tandem method the used solder quantities per length were almost identical. The quantitative determination of the flue emission showed higher values for the tandem method than for the single wire method, where AlBz5Ni2 has less emission than CuSi3 which, again, has less emission than BS60.

Only one individual limiting value has been exceeded in the course of the tests. The value of the copper emission of BS60 (single wire method) was, with 6.32g/h higher than the permitted limiting value of 5g/h. Here, however, attention must be paid to the fact that this value is a result from a welding time of 60min/h; in practice, this value is normally not accomplished. All other individual limiting values as well as the total limiting values have not been exceeded. Figure 14 shows exemplarily the qualitative composition of the fumes of the aluminium bronze (AlBz5Ni2).

From the qualitative and the quantitative point of view, the tin content in the fume is always higher with the tandem method than with the single wire method. The wider and more plane seam in tandem brazing – with identical solder quantities – causes the evaporation of larger tin quantities. All other tested elements showed emission values which were approximately of identical height – this applied to the single wire and also to the tandem method. As far as its emission values are concerned, fillet/strip brazing should be classified between both methods, for the other elements, fillet/strip brazing is thought to be on the same level.

9. Summary

In contrast to GMA welding, GMA brazing is a lower-energy joining method which entails various advantages for the joining of thin sheets. Apart from less distortion of the

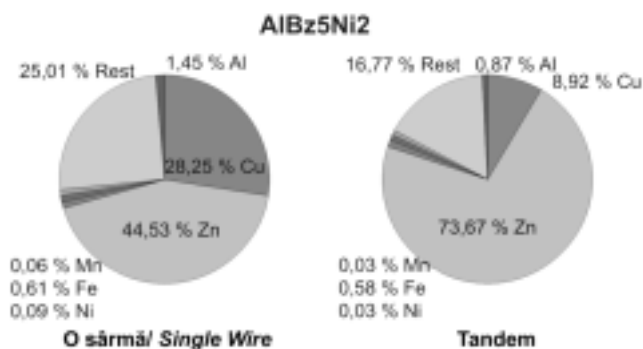


Figura 14. Compoziția cantitativă a emisiilor de fum
Figure 14. Qualitative composition of the fumes

Numai o singură valoare limită a fost depășită în cursul încercărilor. Valoarea emisiei de cupru a BS60 (metoda cu o singură sârmă) a fost cu 6,32g/h mai mare decât valoarea limită permisă de 5g/h, Aici, totuși, trebuie să se țină seama de faptul că această valoare este rezultatul unui timp de sudare de 60min/h. În practică această valoare nu este realizată în mod normal. Toate celelalte valori limită cât și valorile limită totale

nu au fost depășite. Figura 14 arată pentru exemplificare compoziția calitativă a emisiilor de fum în cazul bronzului cu aluminiu (AlBz5Ni2).

Din punct de vedere calitativ și cantitativ, conținutul de staniu din fum este întotdeauna mai mare prin utilizarea metodei în tandem decât prin metoda cu o singură sârmă. Îmbinări mai late și plane la lipirea tare în tandem – cu cantități identice de material de lipire – cauzează evaporarea unor cantități mai mari de staniu. Toate celelalte elemente încercate au arătat valori ale emisiei aproximativ identice – aceasta s-a aplicat în cazul metodei cu o singură sârmă și metodei în tandem. În ceea ce privește valorile emisiei, lipirea tare cu material de adaos sau bandă ar trebui să fie clasificată între ambele metode, iar în ceea ce privește celelalte elemente, aceasta se consideră că este la același nivel.

9. Rezumat

În contrast cu sudarea în mediu de gaz protector, lipirea tare în mediu de gaz protector este o metodă de îmbinare cu energie mai scăzută ce prezintă diverse avantaje în cazul îmbinării tablelor subțiri. În afară de o mai mică deformare a componentelor și o influență termică ușoară asupra straturilor de acoperire, alte avantaje mai importante sunt o mai bună capacitate de formare a punții peste rost și viteze de îmbinare mai mari. Toate acestea au determinat promovarea procedurii de lipire tare în mediu de gaz protector cu o singură sârmă pentru utilizarea în fabricație, în special în cazul tablelor subțiri. Lipirea tare în tandem și în particular, lipirea tare cu material de adaos, sunt încă destul de rar utilizate în industrie. Ambele variante, includ avantajele lipirii cu o singură sârmă și în plus, permit o creștere considerabilă a vitezei de sudare și toleranțe mai mari pentru componente. Dezavantajos este totuși efortul mai mare la realizarea desenului capului de lipire și multitudinea parametrilor la programarea procedurii în tandem. În cazul lipirii cu material de adaos electrodul pătrat conduce la o flexibilitate tridimensională restrânsă. Proprietățile mecanice de rezistență ce se pot obține la lipirea tare în mediu de gaz protector cu metale de adaos pe bază de cupru sunt comparabile cu proprietățile de rezistență ale epruvetelor sudate. Sub acțiunea încărcării statice și dinamice se obțin proprietățile îmbinărilor sudate. Câteodată caracteristicile de rezistență mecanică după lipirea tare sunt mai ridicate decât după sudate din cauza influenței termice mai mici.

S-a demonstrat că rezistența îmbinării depinde de cantitatea de material de lipire depusă. Volumul mai mare de material depus înseamnă o creștere a energiei de lipire în metalul de bază și astfel o accentuare a topirii aliajului de lipire care conduce la o puternică amestecare a materialului de bază cu materialul de adaos. Conținutul mai mare de ferită în structura îmbinării conduce la creșterea sensibilității la coroziune care poate avea un efect negativ disproporționat asupra proprietăților de rezistență mecanică.

Valorile emisiilor de noxe la utilizarea lipirii tari cu o singură sârmă și în tandem nu depășesc valorile limită standardizate. Din punct de vedere calitativ, procedeul în tandem produce emisii mai mari decât cel cu o singură sârmă. Valorile mai mari sunt cauzate, în principal de emisia mai mare de staniu care se datorează îmbinării mai late la utilizarea procedurii în tandem.

components and a slighter thermal influence on the coatings, these advantages are, above all, the better gap bridging ability and the higher joining speeds. All this made GMA single wire brazing well-established for manufacturing, particularly in the thin sheet fabricating industry. Tandem brazing, and particularly fillet brazing, are, however, still hardly used by the industry. Both variations include the advantages of single wire brazing and, moreover, they allow the considerable increase of the joining speed with, at the same time, higher component tolerances. Disadvantageous, however, is the larger design of the torch and the multitude of parameters for the setting of the tandem process. In fillet brazing the square electrode causes the restricted three-dimensional flexibility.

The achievable mechanical strength properties in GMA brazing with filler metals on a copper base are comparable to the strength properties of welded specimen. Under static and also under dynamic load the properties of welded joints are obtained. Sometimes the mechanical strength properties after brazing are by reason of the lesser thermal influence of the base metal even higher than after welding.

It was demonstrated that the seam strength depends on the applied quantity of the solder. The strength increases with the increased solder quantity. Larger seam volumes mean, however, also an increased energy input into the base metal and thus augmented solder melting which leads to strong intermixture of base and filler metal. The higher ferrite content in the seam structure leads to increased susceptibility to corrosion which may have an overproportional negative effect on the mechanical strength properties.

Emission values for single wire and tandem brazing do not exceed the statutory limiting values. Quantitatively, the tandem process has higher emissions than the single wire process. The higher values are mainly caused by higher tin emissions which are generated by the wider seam formation in the tandem process.

Bibliografie/ References

- [1]. xxx: Schweißtechnische Kursstätte Hameln, www.sk/hameln.de/st1.html, Schweißtechnisches Basiswissen
- [2]. Weber, M.: Die neuzeitliche Karosseriefertigung mit Robotern, Schweißen und Schneiden 40 (1988), Heft 9, p. 450-453
- [3]. xxx: The XJ40 Jaguar's Stylish Winner for the 1990's, Welding and Metal Fabrication, October 1986, p. 302-310
- [4]. Ebbinghaus, M.; Prinz, H.-D.: Lichtbogen-Löten von Stahlbauteilen mit Kupfer-Basis-Zusatzwerkstoffen, Fontargen-Mitteilung, Dok.-Nr. 2.35, 23.12.98
- [5]. xxx: Lichtbogenlöten, DVS Merkblatt 938-2 (Entwurf); Oktober 2003
- [6]. Diltthey, U. și Höcker, F.: GMA Brazing of Coated Steel Plates – an Alternative Joining Technology, IIW-Doc. XII-1780-03
- [7]. Hackl, H.: MIG-Löten statt Schweißen, Blech 4/96, p.52-57
- [8]. xxx: Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz, Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Carl Heymanns Verlag 97/2002

