

Procedee de sudare prin frecare în puncte și sudare prin frecare cu element activ rotitor în puncte – Sintează documentară

Friction spot and friction stir spot welding processes – A literature review

Antonio DA SILVA¹, Marco TIER^{1,2}, Luciano BERGMAN², Tonilson ROSENDO³, Fabiano RAMOS³, Jose MAZZAFERRO^{1,4}, Cintia MAZZAFERRO^{1,3}, Telmo STROHAECKER³, Jorge DOS SANTOS¹

¹Institute for Materials Research, GKSS Research Centre, Geesthacht, Germany

²DECC – URI, Santo Ângelo, Brazil, ³PPGEM – UFRGS, Porto Alegre, Brazil

⁴DEMEC – UFRGS, Porto Alegre, Brazil

Cuvinte cheie

Sudare prin frecare cu element activ rotitor în puncte, sudare prin frecare în puncte, sudare prin frecare cu element activ rotitor.

Keywords

Friction Stir Spot Welding, Friction Spot Welding, Friction Stir Welding

1. Introducere

Sudarea prin frecare cu element activ rotitor (FSW) este un procedeu de îmbinare în stare solidă, fără atingerea punctului de topire a materialului de bază în timpul derulării procesului de realizare a îmbinării. Procedeu a fost dezvoltat și brevetat de TWI în 1991 [1] și constituie în prezent subiectul unei dezvoltări rapide cu aplicabilitate în întreaga lume [2]. FSW se bazează în primul rând pe încălzirea prin frecare și deformarea plastică a pieselor de sudat, produsă la interacțiunea dintre o unealtă rotativă neconsumabilă și interfața suprafețelor de îmbinat.

FSW prezintă avantaje față de tehnologiile de sudare prin topire: nu necesită tratament termic postsudare, rezistență ridicată la oboseală și posibilitatea de a se realiza îmbinări din aliaje disimilare. Majoritatea acestor avantaje sunt datorate reducerii cantității de căldură introduse în proces, care are o influență semnificativă asupra distorsiunilor pieselor de sudat. Mai mult decât atât, absența topirii minimizează porozitatea și fisurarea la cald, probleme care apar la sudarea prin topire a aluminiului. Printre dezavantaje ale FSW pot fi menționate viteza de sudare scăzută, gaura de cheie care apare după fiecare retragere a uneltei, necesitatea unor forțe transversale și de coborâre semnificative, precum și strângerea rigidă a componentelor [2].

Domeniul de componente și materiale pentru care poate fi utilizată sudarea FSW este în continuă expansiune și procedeu a devenit rapid o tehnologie industrială importantă. Cu toate acestea, nu este întotdeauna necesară o sudură continuă pentru a îndeplini cerințele de performanță ale produsului. Tehnicile de sudare în puncte sunt procedee alternative la aplicații unde este necesară o rezistență mai mică, materialul este subțire, iar componentele sunt profilate.

Tehnologiile de sudare în puncte care au la bază frecarea sunt metode de îmbinare în stare solidă derivate din FSW prin care se produc îmbinări în puncte fără topirea materialului de bază [3-23].

În prezent cele mai multe îmbinări în puncte pentru componente de structură din industria auto și aeronautică sunt realizate prin metode mecanice (nituire), sau prin tehnici convenționale de

1. Introduction

Friction stir welding (FSW) is a solid state joining process i.e. no bulk melting of the base material occurs during joining which was developed and patented by TWI in 1991 [1] and is currently the subject of rapid development and application across the world [2]. FSW essentially relies on frictional heating and plastic deformation of the workpieces produced by the interaction of a non consumable rotating tool with that of the interfacing surfaces to be joined.

FSW provides advantages over fusion welding techniques such as no need for post-weld heat treatment, high fatigue strengths and the ability to join dissimilar alloys. Most of these advantages can be attributed to the reduced level of heat input, which has a significant influence on workpiece distortion. Moreover, the absence of melting minimizes porosity and hot cracking, problems that have been shown to occur when fusion welding aluminium. Concerning the disadvantages of FSW it can be mentioned the lower welding speed, key-hole left after tool removal, significant traversing and down forces demanded and rigid clamping [2].

The range of components and materials for which FSW can be used is expanding continuously and process has quickly become a significant industrial technology. However, a continuous weld is not always necessary to meet the product performance requirements. Spot welding techniques are alternative processes in such applications where less strength is required, material is thin and parts are highly contoured.

Friction based spot welding technologies are solid-state joining methods derived from FSW that produce spot-like connections without bulk melting [3-23]. Currently most spot-like joints for structural components in the automotive and aeronautic industries are made either by mechanically fastening (clinching, riveting, self-piercing rivet - SPR) or by conventional fusion welding techniques (mainly resistance spot welding-RSW) as well as other processes such as weld-bonding [24-27]. Mechanical fastening suffers from a weight penalty, difficulty of automation, requirement for sealants and corrosion problems.

sudare prin topire (în special sudare prin rezistență în puncte - RSW), precum și alte procedee de îmbinare prin sudare [24-27].

Îmbinările mecanice prezintă inconveniente datorită masei suplimentare a elementelor de asamblare, dificultăților de automatizare, cerințelor pentru etanșeitate și problemelor la coroziune. RSW și sudarea laser în puncte prezintă probleme în special la sudarea aliajelor de Al de mare rezistență datorită stratului de oxid/hidroxid și a hidrogenului dizolvat (este necesară curățirea chimică, care determină afectarea mediului înconjurător și aplicarea poate fi limitată la structuri relativ mici). Un alt dezavantaj important constă în faptul că sudarea aliajelor de Al prin procedeul de sudare electrică prin rezistență în puncte, conduce la costuri de operare mai mari datorită conductivității electrice și termice ridicate ce determină un consum mai mare de energie, apare necesitatea unor sisteme electrice de capacitate mare și infrastructura aferentă [15-17].

Se remarcă o scădere a duratei de viață a electrozului, care determină o scădere a calității suprafeței sudate și a proprietăților mecanice [27]. De aceea, tehnicile de îmbinare prin frecare în puncte prezintă o alternativă de înlocuire a îmbinărilor mecanice și sudare în puncte prin topire.

2. Tehnologii de sudare prin frecare în puncte

Există două tehnici principale de îmbinare în puncte în stare solidă: FSpW brevetat de centrul de cercetare GKSS [3] și FSSW brevetat de Mazda Corporation [4]. Au fost dezvoltate variante ale FSSW cum sunt FSSW cu translația uneltei (FSSW/cusătură și FSSW/pendulare) [5,18] și cu mișcare circulară a uneltei (FSSW/octaedru și FSSW/circular) [6,7].

Utilizarea acestor tehnologii determină obținerea de îmbinări fără defecte și cu rezistență ridicată (nu sunt necesare materiale de adaos sau elemente de îmbinare). Aceste tehnologii sunt caracterizate prin: eficiență din punct de vedere al consumului de energie, reducerea etapelor de lucru, nu este necesar tratament termic postsudare, calitate bună a îmbinării, ciclul de sudare scurt, ușor de automatizat și de monitorizat, fiind ecologic, compatibile cu mediul înconjurător (fără emanații de noxe sau radiații) [3-21].

2.1. Sudarea prin frecare cu element activ rotitor în puncte (FSSW)

Procedeul de sudare FSSW este o variantă a procedeului FSW în care unealta nu are mișcare de avans longitudinal, îmbinarea fiind realizată prin plonjarea și retragerea uneltei de sudare în/din tablele suprapuse. Recristalizarea dinamică a materialului care apare în timpul operației de sudare în puncte facilitează formarea îmbinării între tablele aflate în contact (adâncitura cauzată de gaura de cheie rămâne pe linia centrului sudurii). Procesul FSSW se desfășoară în trei etape (figura 1). În timpul primei etape (figura 1a) unealta este rotită cu o viteză de rotație prestabilită. Când această viteză de rotație este atinsă elementul activ rotitor este plonjat în materialul de sudat și are loc „agitarea” materialului (fără deplasare longitudinală); căldura generată prin frecare înmoaie materialul determinând curgerea materialului, figura 1b. Când este atinsă valoarea specificată a adâncimii de pătrundere, unealta este retrasă și în centrul sudurii rămâne o gaură de cheie, figura 1c. Între fazele b și c poate fi utilizat un timp de oprire. Se formează o zonă de agitare a materialului, de formă inelară sau toroidală, la interfața între tabla superioară și cea inferioară.

RSW and laser spot welding have problems especially in the welding of high strength aluminium alloys due to the oxide/hydroxide layer and dissolved hydrogen (chemical cleaning processes are required with their environmental problems and can limit the applications to relatively small structures). Another important disadvantage regarding welding of aluminium alloys is that in electric RSW, the reported operating costs are higher due to high electrical and thermal conductivities leading to higher energy consumption, necessitating high capacity electrical systems and associated infrastructure [15-17]. Furthermore, there is a reduction in electrode tip life, which in turn imparts a decrease in weld surface quality resulting in poor mechanical behaviour [27]. Therefore, friction based spot techniques present potential for replacing the mentioned mechanical fastening and fusion based spot welding.

2. Friction based spot welding technologies

There are currently two main solid-state friction spot connection techniques: FSpW patented by GKSS Research Centre [3] and FSSW patented by Mazda Corporation [4]. Furthermore, FSSW variations have been developed such as FSSW with tool translation (FSSW/stitch and FSSW/swing) [5,18] and with tool circular motion (FSSW/octaspot and FSSW/squirrel) [6,7].

These technologies are characterised by defect-free joints with high strength (no additional material or joining elements are required). Moreover, they present high energy efficiency, reduced process steps, no post welding heat treatment, good surface quality, short welding cycle, ease of automation and monitoring, as well as environmental compatibility [3-21].

2.1. Friction Stir Spot Welding (FSSW)

The FSSW process is a variant of the FSW technique in which the tool is not traversed and instead creates the joint by plunging into and retracting out of the overlapping sheets. Dynamically recrystallised material formed during spot welding operation facilitates joint formation between contacting sheets (keyhole depression remains at the weld centreline). The FSSW process is divided into three steps (Fig. 1). During the first stage (Fig 1a) the tool is rotated to a predetermined rotational speed. When this rotational speed is achieved the spinning tool is plunged and stirred (no traversing movement); frictional heat softens the material resulting in metal flow, Fig. 1b. When a

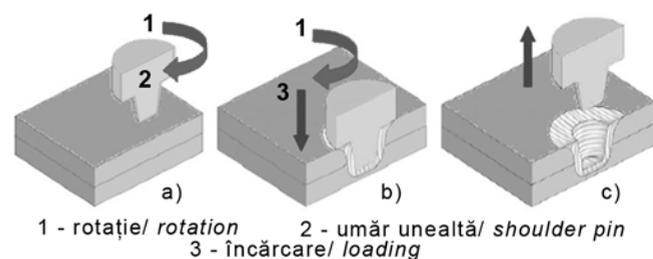


Figura 1. Reprezentarea schematică a procesului FSSW: (a) rotirea uneltei, (b) plonjare și agitare, (c) îndepărtare unealtă/
Figure 1. Schematic representation of FSSW process:
(a) tool rotation, (b) plunging and stirring, (c) tool removal

specified tool plunge depth is reached the tool is retracted and a keyhole is left in weld centre, Fig. 1c. A dwell time may also be used between stages b and c. A toroidal or annular stirred zone is formed at the faying surface between upper and lower sheets.

În conformitate cu Su ș.a [19], energia eliberată în procesul FSSW este determinată de forța axială, adâncimea de pătrundere, viteza de rotație a uneltei și moment, și are o valoare rezultantă (datorită momentului) de cca.200 de ori mai mare decât cea datorită pătrunderii uneltei.

Mai mult, în concordanță cu Gerlich ș.a.[11], procesul de pătrundere a uneltei determină în mod esențial generarea de căldură, formarea materialului plastifiat în jurul elementului activ rotitor, formarea îmbinării și proprietățile mecanice ale sudurii. Densitatea de putere este extrem de mare în timpul operației de sudare în puncte (în jur de 10^{10} W/m³), gradientul de temperatură este cuprins între 200°C/s to 400°C/s și în timpul ciclului de sudare se formează o zonă de amestec a materialului cu microstructură recristalizată cu granulație fină (de obicei în mai puțin de 5 secunde) [13].

FSSW utilizează o unealtă similară cu cea de la sudarea liniară FSW, cu un element activ rotitor, care este utilizat pentru a pătrunde în material și un umăr care este utilizat pentru a genera căldură prin frecare și pentru a dispersa materialul în zona de amestec. Forma umărului controlează curgerea materialului în jurul elementului activ rotitor și al umărului uneltei de sudare [20]. Elementul activ rotitor și umărul uneltei de sudare au roluri diferite în timpul procesului de sudare FSSW, umărul uneltei vine în contact cu suprafața superioară a tablei destul de târziu în procesul de sudare în puncte, abia după ce elementul activ rotitor a străpuns complet tabla superioară și a început să străpungă și tabla inferioară. În concordanță cu Gerlich ș.a. [11], umărul uneltei începe să aibă un rol important în operația de îmbinare când materialul extrudat din gaura de cheie se află între suprafața tablei superioare și umărul uneltei de sudare. Din acest moment umărul uneltei de sudare are rol de încălzire prin frecare dar și de comprimare a materialului, care facilitează formarea îmbinării între două table aflate în contact.

Curgerea materialului la procedeul FSSW a fost amplu cercetată de Su ș.a [20] care arată că materialul tablei superioare are o mișcare descendentă spre tabla inferioară atunci când stratul al materialului tablei superioare este împins înainte de vârful elementului activ rotitor, când materialul tablei superioare este prins la baza elementului activ rotitor, și când se formează un strat aderent al materialului tablei superioare pe circumferința elementului activ rotitor la sudarea FSSW utilizând un element activ rotitor cilindric (figura 2 - sudare FSSW materiale disimilare A5754 / AA 6111). Materialul tablei inferioare este deplasat ascendent și spre exterior în mișcare spirală atunci când elementul activ rotitor formează gaura de cheie. În timpul sudării FSSW se produc două zone ale curgerii materialului: zona de curgere interioară, foarte aproape de circumferința elementului activ rotitor, unde materialul tablei superioare se deplasează descendent în sens antiorar cu elementul activ rotitor, precum și zona de curgere exterioră unde materialul tablei inferioare se deplasează ascendent și în exterior cu o mișcare în spirală.

În figura 3 este prezentată o îmbinare sudată FSSW unde se pot vedea zonele îmbinării sudate, iar în figura 4 este prezentată o macrografie în secțiune transversală. Pe baza particularităților microstructurale pot fi identificate trei zone: zona de amestec (ZA), zona influențată termomecanic (ZITM) și zona influențată termic (ZIT). Ca și la FSW, modificările microstructurale care apar în interiorul acestor zone au un efect important asupra proprietăților mecanice ale îmbinării. În zona de amestec sunt grăunți fini și echiaxiali, datorită recristalizării dinamice determinate de gradul mare de deformare plastică și de temperatura la

According to Su et al [19] the energy delivered in FSSW is determined by the axial force, penetration depth, tool rotation speed and torque, with the contribution resulting from tool rotation (from torque) being around 200 times higher than that due to tool penetration. Furthermore, according to Gerlich et al [11], the process of tool penetration essentially determines heat generation, plasticized material formation around the rotating pin, joint formation and weld mechanical properties. The power density is extremely high during the spot welding operation (around 10^{10} W/m³), the heating rates range from 200°C/s to 400°C/s and a fine-grained recrystallised stir zone microstructure is formed during a welding cycle (typically less than 5 seconds) [13].

FSSW utilizes a tool similar to that used during linear FSW. A probing pin, which is used to penetrate into the specimen, and a shoulder, which is used to generate frictional heat and spreads the metal in the stir zone. The shape of the shoulder controls the material flow around the pin and shoulder [20]. Pin and shoulder regions play quite different roles during FSSW since the tool shoulder comes into contact with the upper sheet surface late in the spot welding operation and only after the rotating pin has completely penetrated the upper sheet and begun to penetrate the lower sheet. According to Gerlich et al [11], the tool shoulder only begins to play an important role in the joining operation when material extruded from the keyhole becomes trapped between the surface of the upper sheet and the tool shoulder. From this point onward the tool shoulder provides both frictional heating and compressive loading, which facilitates joint formation between the two contacting sheet materials.

Material flow in FSSW has been extensively investigated by Su et al [20] showing that upper sheet material is moved downwards into the lower sheet when a layer of upper sheet material is pushed ahead at the tip of the rotating pin, when upper sheet material becomes trapped at the root of the pin thread, and when an adhering layer of upper sheet material forms at the pin



Figura 2. Mișcarea descendentă a stratului aderent al tablei superioare (AA 5754) odată cu rotirea elementului activ rotitor cilindric, precum și pătrunderea în materialul tablei inferioare AA6111/

Figure 2. Movement of adhering layer of upper sheet material (AA5754) downwards with rotating pin (smooth) as it penetrates into lower AA6111 sheet [20]

periphery during spot welding using a smooth pin (Fig. 2, dissimilar AA5754/AA6111 spot welding). Lower sheet material is displaced upwards and outwards in a spiral motion when the rotating pin forms the keyhole. Two distinct zones of material flow are produced during friction stir spot welding: an inner flow zone close to the pin periphery where upper sheet material moves downwards in an anticlockwise direction with the rotating pin; and an outer flow zone where lower sheet material moves upwards and outwards in a spiral motion.

Figure 3 presents a schematic illustration of a FSSW joint where it can be seen different welding regions; while Fig. 4 presents a cross-sectional macrograph of a FSSW joint. Based on microstructural features three welding regions can be iden-

care ajunge materialul datorită rotirii și plonjării uneltei de sudare. ZITM este o zonă a îmbinării în care grăunții sunt puternic deformați și temperatura atinsă nu este suficientă pentru a recristaliza să se producă. În ZIT nu sunt modificări mecanice, temperatura are doar efect extern asupra microstructurii.

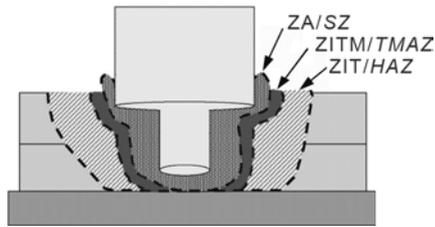


Figura 3. Prezentarea schematică a zonelor îmbinării sudate FSSW: ZA, ZITM și ZIT/

Figure 3. Schematic illustration of microstructural welding regions in FSSW: SZ, TMAZ and HAZ

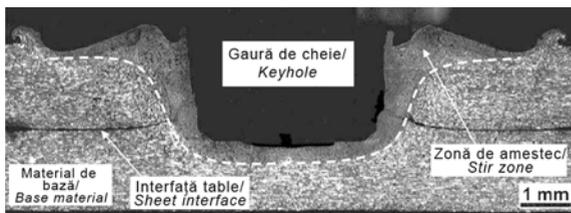


Figura 4. Macrografie transversală a unei îmbinări FSSW/

Figure 4. FSSW cross-section macrograph.

2.2. Sudarea prin frecare în puncte (FSpW)

Sudarea prin frecare în puncte (FSpW, numită umplere FSSW) este un proces în stare solidă, în care două sau mai multe table suprapuse sunt îmbinate împreună. Zona îmbinată constă dintr-un punct de material plastifiat ce formează o sudură complet consolidată și care este la același nivel cu suprafața inițială [21]. Contrar procedurii FSSW, utilizând această tehnică nu rămâne gaura de cheie după terminarea procesului de sudare. Procedul FSpW poate fi aplicat utilizând un sistem unealtă din 3 piese, care conține un inel de strângere, umăr și element activ rotitor. Fiecare din aceste componente are un sistem separat de acționare astfel încât să poată fi deplasate în interiorul / exteriorul îmbinării, independent una în raport cu cealaltă.

Procesul FSpW este împărțit în 4 etape, figura 5, și are trei variante: cu plonjarea umărului, cu plonjarea elementului activ rotitor și poziția fixă. Inițial, tablele sunt strânse între placa de sprijin și capul de sudare FSpW; elementul activ rotitor și umărul încep să se rotească producând încălzirea prin frecare a suprafeței tablei superioare, figura 5 a. Atât elementul activ rotitor cât și umărul sunt deplasate în direcție opusă unul față de celălalt (umărul este plonjat în material în timp de elementul activ rotitor este retras), în timp ce rotirea se realizează în același sens. După atingerea unei adâncimi de pătrundere prestabilite, materialul plastifiat este comprimat într-un spațiu inelar care este sub elementul activ rotitor (figura 5 b). Umărul se retrage spre suprafața piesei în timp ce elementul activ rotitor continuă mișcarea și împinge materialul plastifiat înapoi în piesele de sudat, figura 5 c.

Pentru o mai bună omogenizare a materialului se poate utiliza și o perioadă de menținere a elementului activ rotitor și a umărului, pe îmbinarea sudată.

În final, după aducerea elementului activ rotitor și a umărului în același plan, capul de sudare este retras și sudura este finalizată, figura 5d.

tified: stir zone (SZ), thermo-mechanically affected zone (TMAZ) and heat affected zone (HAZ). As in FSW, microstructural changes within these zones have significant effect on the mechanical properties of resultant joints. In the SZ grains are refined and equiaxed due to dynamic recrystallisation driven by the high degree of plastic deformation and temperature imposed to the material by the rotating and plunging tool. The TMAZ is a region where the grains are highly deformed and endured some temperature but not enough for recrystallisation to take place. In HAZ no mechanical work is found, being the temperature the only external effect on the microstructure.

2.2. Friction Spot Welding (FSpW)

Friction Spot Welding (FSpW, also called Refill FSSW) is a solid-phase process, in which two or more sheets are joined together in lap configuration. The joining region consists of a spot plasticized material forming a fully consolidated weld that is flush with the original surface [21]. Contrary to the FSSW process, this technique leaves no keyhole after completing welding process.

FSpW is performed using a 3-piece tool system comprising clamp ring, shoulder and pin. Each of these parts is contained on a separate actuation system such that each can be moved in and out independently of the other.

The FSpW process is divided into 4 stages, Fig. 5, and has three variants: shoulder plunge, pin plunge and fixed position. Initially, sheets are clamped between a backing plate and the FSpW head; pin and shoulder start to rotate producing frictional heat on the upper sheet surface, Fig. 5a. Both pin and shoulder are moved in opposite direction to each other (shoulder is plunged into the material while pin is retracted) while rotating in the same direction. After reaching a predetermined shoulder

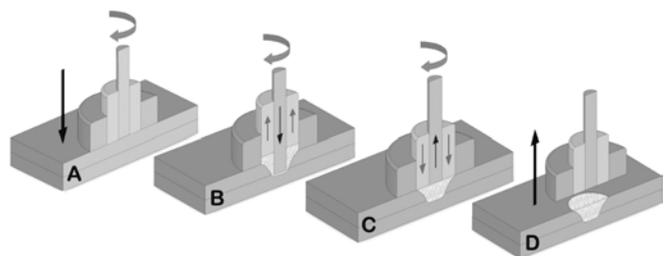


Figura 5. Procesul FSpW (variante de plonjare a elementului activ rotitor): (A) rotirea uneltei; (B) plonjarea elementului activ rotitor și ridicarea umărului; (C) coborârea umărului și retragerea elementului activ rotitor și (D) îndepărtarea uneltei/

Figure 5. FSpW process (pin plunge variant): (A) tool rotation, (B) pin plunging and shoulder moving upwards, (C) shoulder and pin retraction and (D) tool removal

plunge depth, plastified material is squeezed into an annular space which is left by the pin (Fig. 5b). The shoulder retracts back towards the surface of the plate while the pin keeps moving towards the plate pushing the plastified material that was originally displaced back into the plate, Fig. 5c. A dwell period by both pin and shoulder may be used allowing better material mixing. Finally, after shifting pin and shoulder in the same plane, head is retracted and weld is completed, Fig. 5d. Assuming no material loss, the process leaves the hole completely refilled with minimal or no surface indentation.

Figure 6 presents a cross section macrograph of a FSpW joint where three welding regions can be seen (as in FSSW) - SZ, TMAZ and HAZ.

Procesul de sudare fiind fără pierdere de material, gaura de cheie este complet umplută, cu/fără amprente minime pe suprafață.

În figura 6 este prezentată o secțiune transversală printr-o îmbinare FSpW unde se pot observa ca și la FSSW cele trei zone ZA, ZITM și ZIT.

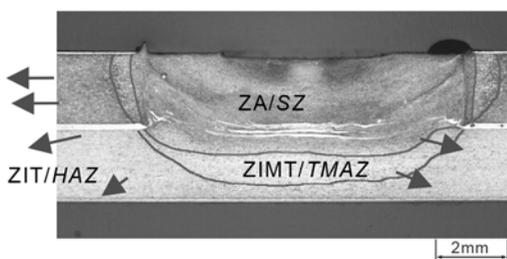


Figura 6. Secțiune transversală printr-o sudură FSpW /
Figure 6. FSpW cross section macrograph

Muci-Kuchler ș.a. [22], precum și Itapu și Muci-Kuchler [23] au investigat curgerea la FSpW utilizând examinarea metalurgică și modelarea numerică. Pentru examinarea metalurgică [22] au fost realizate teste de plonjare. figura 7 arată că în timpul plonjării complete a elementului activ rotitor (figura 7 b), materialul încearcă să curgă vertical ascendent pe măsură ce elementul activ rotitor plonjează în materialul tablei, figura 7 a.

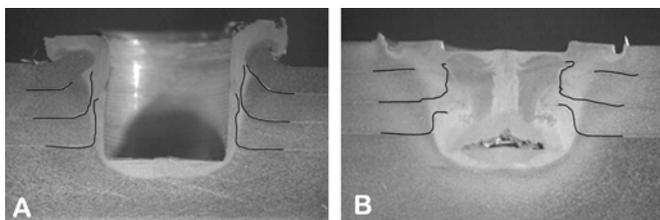


Figura 7. Examinarea metalografică a curgerii materialului în timpul testelor de plonjare la FSpW, (a) plonjare completă a elementului activ rotitor, (b) retragerea umărului și a elementului activ rotitor (perioada de menținere)/
Figure 7. Metallographical examination of the material flow during plunge tests in FSpW. (a) full pin plunge. (b) shoulder and pin retraction (dwell period).

La retragerea incompletă a umărului, scăderea dimensiunii găurii de cheie indică faptul că materialul curge înapoi în spațiul rămas gol după retragerea elementului activ rotitor, iar în figura 7 b) se observă umplerea cu material, realizată de către umăr la finalizarea procesului (figura 7 c și d). Pentru modelarea numerică [23] au fost introduse în simulare indicatoare virtuale (particule de material luminoase care coincid cu nodurile specifice ale rețelei înaintea de începerea analizei). La simularea progresului, poziția fiecăreia din aceste particule este înregistrată pentru a vizualiza traiectoria de mișcare. Itapu și Muci-Kuchler [23] au concluzionat că materialul situat la 0,762 mm distanță de elementul activ rotitor a avut o curgere ascendentă, în timp ce materialul situat la 0,254 mm distanță de circumferința elementului activ rotitor are o mișcare descendentă.

2.3. Variante ale procedurii de sudare prin frecare în puncte

În prezent sunt analizate câteva variante ale procedurii de sudare prin frecare în puncte, de ex. FSSW/pendulare [5] și FSSW/cusătură [18] (translatarea uneltei) precum și FSSW/octaedru [6] și FSSW/circular [7] (deplasarea circulară a uneltei). În varianta FSSW/pendulare unelata este plonjată vertical, iar în timpul

Muci-Kuchler et al [22] as well as Itapu and Muci-Kuchler [23] have investigated material flow in FSpW using both metallurgical examination and numerical modelling. For the metallurgical examination [22], plunge tests have been performed. Figure 7 shows that during full plunge of the pin (Fig. 5b), the material tried to flow vertically upwards as the pin tool plunged into the plate, Fig. 7a. In half retract of the shoulder the decrease in width of the hole indicates flow of the material back into the void left by the pin; while Figure 7b shows filling back of material by the shoulder when process is completed (Fig. 5c and d). For the numerical modeling [23], virtual tracers (highlighted material particles that are coincident with specific nodes of the mesh before an analysis is started) have been incorporated in the simulation. As the simulation progresses, the position of each of these particles is recorded to visualize their path of motion. Itapu and Muci-Kuchler [23] have concluded that material at 0.762 mm away from the pin was basically flowing upwards to the flash; while at 0.254 mm away from the pin's circumference flows up as in a backward extrusion process.

2.3. Variants of friction based spot welding processes

Several variants of friction based spot welding processes are currently being investigated such as the previously mentioned FSSW/swing [5] and FSSW/stitch [18] (tool translation) as well as FSSW/octaspot [6] and FSSW/squircle [7] (tool circular displacement) among others. In the FSSW/Swing process the tool is plunged vertically and during retraction the tool is moved according to a predetermined angle. The weld area is increased

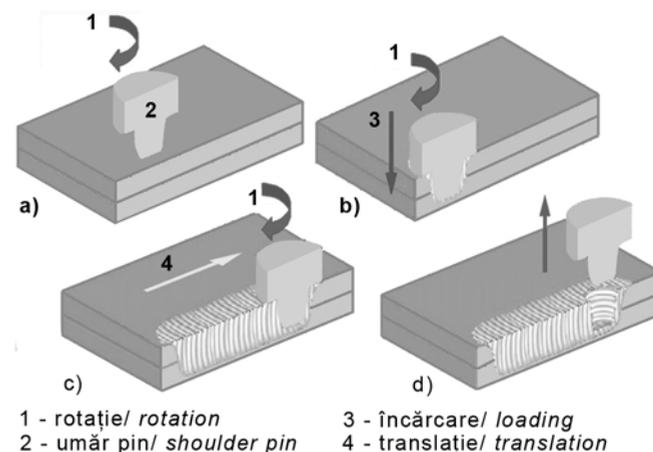


Figura 8. Varianta FSSW/cusătură: (a) rotirea uneltei; (b) plonjarea uneltei; (c) translatarea uneltei și (d) îndepărtarea uneltei/
Figure 8. FSSW/stitch process: (a) tool rotation, (b) tool plunging, (c) tool translation and (d) tool removal

forming a small amount of burr just like in FSW. Banadarinarayan et al [5] have reported that resultant swing welds showed higher lap shear and cross tension strength than those obtained from conventional FSSW.

GKSS has developed and patented the FSSW/stitch that is divided into four steps, see Fig. 8. The main difference is that while in FSSW plunging and retracting are performed in the same location in tool translation FSSW the tool is traversed along the weld for a predetermined length [18].

The FSSW/squircle was developed and patented by TWI where a circular path is given to the rotating tool creating a circular orbiting path, Fig. 9 [7]. An increase in weld area is produced due to the tool combined motion. Addison and

retragerii unealta este deplasată cu un unghi prestabilit. Aria sudurii este mărită formând o mică cantitate de bavură ca la FSW. Banadarinarayan ș.a.[5] au remarcat faptul că sudurile rezultate prin pendulare prezintă rezistență la forfecare și solicitări transversale mai mari decât cele obținute la sudarea FSSW obișnuită.

GKSS a dezvoltat și brevetat varianta FSSW/ cusătură care se desfășoară în patru etape, figura 8. Diferența majoră este aceea că în timp ce la FSSW plonjarea și retragerea uneltei sunt realizate în același loc, la FSSW cu translatarea uneltei, aceasta se deplasează de-a lungul sudurii pe o lungime prestabilită [18].

La varianta FSSW/circular, dezvoltată și brevetată de TWI, se dă o traiectorie circulară uneltei de sudare pe o orbită circulară figura 9 [7]. Se produce o creștere a ariei sudurii datorită mișcărilor combinate ale uneltei. Addison și Robelou [7] au

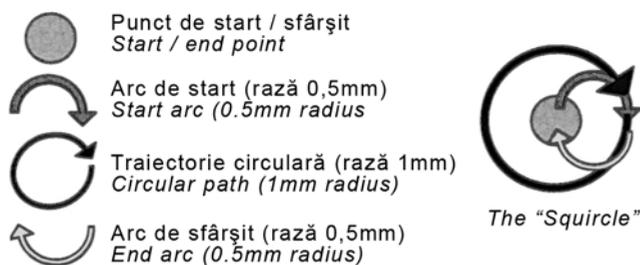


Figura 9. Deplasarea uneltei la FSSW/circular/
Figure 9. FSSW/squirrel tool movement [7]

constatat o creștere a sarcinii de rupere la forfecare de la 100% la 300% când s-a introdus mișcarea squirrel (comparativ cu sudarea în puncte). Burford ș.a. [6] au dezvoltat recent o altă variantă a FSSW - FSSW/octaedru – în care unealta, în timp ce se rotește, este deplasată urmând o traiectorie octaedrică.

3. Aplicații potențiale

Așa cum s-a menționat anterior, procedeul de îmbinare în puncte în stare solidă are potențial de aplicare în industriile auto și aeronautică. În domeniul auto, utilizarea procedeului poate preîntâmpina problemele care apar la sudarea electrică prin rezistență în puncte RSW și la sudarea laser în puncte. Pentru aplicarea procedeului în industria aeronautică sunt necesare multe îmbunătățiri, până când îmbinările astfel realizate să atingă un nivel de rezistență și siguranță comparativ în special cu nituirea.

3.1. Industria auto

Una din cele mai importante metode de a îndeplini cerințele privind automobile eficiente energetic constă în reducerea greutateii (consum de combustibil și emisie de noxe mai reduse), îmbunătățind securitatea, performanța și siguranța în exploatare. De aceea cantitatea de aliaje din materiale ușoare utilizată în producerea automobilelor este în continuă creștere. Arul ș.a. [9] semnaleză faptul că la structuri auto, aluminiul și materialele compozite înlocuiesc oțelul la panouri de închidere de la capotă, portbagaj și uși; iar oțelurile de înaltă rezistență (HSS) înlocuiesc oțelul convențional la elemente de structură. În concluzie, sunt necesare tehnologii de îmbinare cu costuri reduse, care să ofere reproductibilitate, calitate bună a îmbinărilor din aliaje ușoare, dar și a celor din HSS și aliaje compozite. Până acum, sudarea electrică prin rezistență în puncte și nituirea au fost cele mai accesibile tehnologii de îmbinare aplicabile la îmbinarea și/sau asamblarea componentelor și/sau pieselor auto din materiale ușoare și aliaje de oțel pentru producerea vehiculelor comerciale.

Robelou [7] have reported an increase in lap shear failure load from 100% to 300% when a squirrel movement was introduced (compared to spot welding). Burford et al. [6] have recently developed another FSSW variant - FSSW/octaspot - in which the tool, while rotating, is displaced following an octahedral path.

3. Potential Applications

As mentioned previously, solid state spot joining processes have potential applications in automotive and aeronautic industries. In the automotive field the process may be capable of overcoming problems faced by RSW and laser spot welding. In the aeronautic industry more improvements are necessary until the process reaches a level of strength and reliability compared mainly to riveting.

3.1. Automotive Industry

One of the most effective ways to fulfil the public demand for energy efficient automobiles is by weight reduction (fuel consumption and green house emissions are also reduced) improving safety, performance and reliability. Therefore the amount of lightweight alloys used in car manufacturing is continuously growing. Arul et al [9] reported that in body-in-white structures, aluminium and composites are replacing steel for closure panels such as hood, deck lid and doors; and high strength steel (HSS) is replacing conventional steel for structural components. As a result there is a strong need for low cost joining techniques which offer reproducible, good quality joints particularly in lightweight alloys, but also in HSS and composite alloys. Up to now, RSW and SPR have been the most feasible joining technologies available for joining and/or assembling components and/or body parts of lightweight and steel alloys of commercially produced vehicles.

The main advantages of RSW are its relatively low capital cost, ease of maintenance and high tolerance to poor part fit up. However, it can be problematic for high-performance lightweight structural materials. RSW on aluminium is likely to produce poor welds and has several technological challenges. First, the electrode tip life is limited compared to that of welding steel sheets and there is a constant need for electrode dressing. Furthermore, the higher electrical and thermal conductivities of aluminium relative to steel lead to higher energy consumption, demanding high capacity electrical systems and associated infrastructure. On the other hand friction based spot welding processes offer metallurgical benefits such as weld strength comparable to that of base metal alloy, small HAZ and low residual stresses (low energy input).

According to Gerlich et al [12], the availability of satisfactory methods for fabricating Mg-alloys components in the automotive industry is a key issue. Arc welding of cast materials such as AZ91 is complicated by hydrogen porosity formation and by high expansion coefficient, which increases the amount of distortion produced during fusion welding. Fusion welds are also susceptible to solidification cracking and liquation cracking in HAZ. Therefore, friction spot welding processes offer an excellent alternative for body assembly and other automotive features overcoming these fusion welding problems.

Mazda Corporation has developed FSSW for applying in aluminium body assembly process for automobiles, Fig. 10 (rear door and hood of RX-8 as well as trunk lid and bolt retainer of RX-5 sports cars) [16,17]. Reduced energy consumption and equipment investment as well as improved work environment has been reported. The only energy consumed in FSSW is the electricity

Avantajul major al sudării electrice prin rezistență în puncte constă în cheltuielile scăzute de investiție, întreținere ușoară și toleranțe mari pentru fiecare componentă montată. Cu toate acestea, aplicarea sudării prin rezistență în puncte poate determina probleme la materiale structurale din aliaje ușoare de înaltă performanță. La sudarea prin rezistență în puncte a aluminiului apare probabilitatea de a se obține suduri de slabă calitate fiind necesare câteva modificări tehnologice. În primul rând, durata de viață a vârfului electrodului este limitată comparativ cu sudarea tablelor din oțel, fiind necesară ascuțirea/curățirea în mod con-

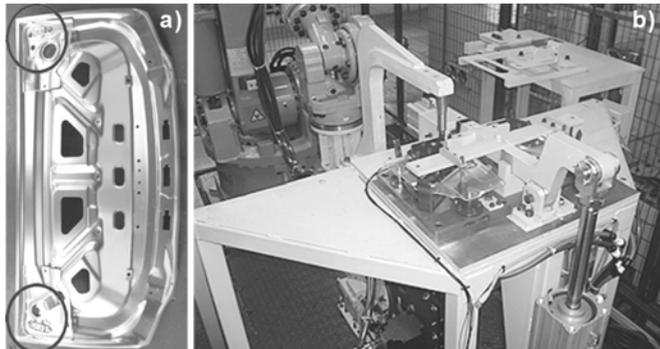


Figura 10. Sudarea FSSW a oțelului și aluminiului la producția de serie în industria auto (Mazda RX-5). (a) capac de portbagaj și (b) elemente de rigidizare /
Figure 10. FSSW for steel and Al for mass production in the automotive industry (Mazda RX-5). (a) trunk lid, and (b) bolt retainers [17]

stant a electrodului. Mai mult, conductivitatea electrică și termică a aluminiului comparativ cu oțelul determină un consum mare de energie, fiind deci necesare sisteme electrice de mare putere și infrastructura aferentă. Pe de altă parte, procedeul de sudare prin frecare oferă beneficii din punct de vedere metalurgic, de ex. rezistența sudurii comparabilă cu cea a metalului de bază, ZIT redusă și tensiuni reziduale scăzute (energie introdusă mică).

În conformitate cu Gerlich ș.a. [12], un element important îl reprezintă existența unor metode satisfăcătoare pentru fabricarea de componente din aliaje de Mg, destinate industriei auto. Sudarea cu arc electric a materialelor turnate ca AZ 31 este complicată datorită formării porozităților de hidrogen și coeficientului mare de dilatare, care conduc la creșterea gradului de distorsiuni produse în timpul sudării prin topire. Sudurile prin topire sunt de asemenea susceptibile la fisurare la solidificare și fisuri prin segregare în ZIT. De aceea, procedeul de sudare prin frecare în puncte oferă o excelentă alternativă pentru asamblarea caroseriei precum și a altor componente auto, preîntâmpinând problemele care apar la sudarea prin topire.

Mazda Corporation a dezvoltat FSSW pentru a fi aplicat în procesul de asamblare a caroseriilor auto din aluminiu, figura 10 (ușa din spate și capota la modelul RX 8, precum și capacul de portbagaj și elemente de rigidizare de la mașinile sport RX-5) [16,17]. Au fost remarcate reducerea consumului de energie, a costurilor de investiții în echipamente, precum și îmbunătățirea condițiilor de mediu. Singura energie consumată la FSSW este de fapt electricitatea necesară pentru rotirea și aplicarea forței uneltei de sudare pentru a crea încălzirea prin frecare. Deoarece procedeul elimină necesitatea unor curenți mari și a agentului de răcire/aer comprimat, solicitate la sudarea convențională prin rezistență în puncte, consumul de energie a fost redus cu cca. 99% în cazul aluminiului și 80% pentru oțel. Nu este nevoie de facilități speciale de racordare la rețea și nici echipamente specializate. Se constată o

needed to rotate and apply force to the welding tool in order to create frictional heat. As the process eliminates the need for large current and coolant/compressed air required for conventional RSW, energy consumption has successfully been reduced by about 99% in the case of aluminium, and 80% for steel. There is no need for large-scale electricity supply facilities and specialised equipment. A 40% reduction in equipment investment has been achieved compared to that of RSW for aluminium and steel [15].

3.2. Aeronautic Industry

FSW process is being investigated in the aeronautic industry for almost 20 years in several fields. It can be applied to a multitude of products and components with varying material types and thickness. However, a continuous weld is not always required to meet product performance requirements. Furthermore, consolidated joining processes such as riveting and mechanical clinching due to complex geometries configuration and different material types have found lately some limitations.

Hinrichs et al [8] have questioned the use of friction based spot welding in replacement to RSW and/or clinching by asking, „Why does the industry need another joining method when RSW and a variety of mechanical methods are available?” According to the authors, friction based spot welding processes have some distinct potential advantages on lightweight and HSS alloys over other welding processes such as MIG-spot and Laser-spot such as higher speed, better performance, lower costs and robustness, performing better than mechanical joining techniques such as toggle-loc. Friction based spot welding processes tend to have much lower operating costs due to improved energy efficiency and virtual lack of consumable. It can be typically used in applications where less strength is required, parts are highly contoured and material is thin. Additionally, these processes require equipments with significantly less infrastructure i.e. no water, no compressed air, no complex electrical transforming equipment.

Arbegas [28] has recently investigated the use of FSpW for in-situ repair of cracked or corroded rivets in multi-sheet riveted aluminium aeronautic panels. However, for a full application and incorporation of these techniques in the aeronautic industry, further work and research is required in the areas of mechanical performance, especially dynamic behaviour, microstructural features and weld geometry improvement.

4. Summary

Friction based spot welding processes have been described and main characteristics and applications have been highlighted. The FSSW process is a variant of the FSW technique in which the tool is plunged into and retracted out of the overlapping sheets. Dynamically recrystallised material formed during this operation facilitates joint formation between the contacting sheets and following spot welding, a keyhole depression remains at the weld centreline. The FSpW process is a solid-state joining process which is performed by plunging a rotating tool (consisting of a pin and shoulder) into the workpiece producing frictional heat on the upper sheet surface; both pin and shoulder are moved in opposite direction to each other; plastified material is squeezed into an annular space left by the pin; shoulder retracts back towards the surface of the plate while the pin keeps moving towards the plate pushing the material that was originally displaced back into the plate. Contrary to the FSSW there is no keyhole left at the end of the joining operation.

reducere de 40% a investițiilor în echipamente comparativ cu sudarea prin rezistență în puncte a aluminiului și oțelului [15].

3.2. Industria aeronautică

Procedeul FSW este investigat în industria aeronautică de aproximativ 20 de ani, în câteva direcții. Procedeul poate fi aplicat la o multitudine de produse și componente din diferite materiale și cu grosimi variate. Totuși nu întotdeauna este necesară o sudură continuă pentru a îndeplini cerințele de performanță ale produsului. Mai mult, nituirea, datorită configurațiilor geometrice complexe și diferitelor tipuri de materiale, are unele limitări în utilizare.

Hinrichs ș.a. [8] au abordat problematica utilizării procedeeului de sudare prin frecare în puncte pentru a înlocui sudarea electrică prin rezistență în puncte și/sau nituirea punând întrebarea „De ce ar avea nevoie industria de altă metodă de îmbinare, când sunt utilizabile sudarea electrică prin rezistență în puncte precum și o varietate de alte metode de îmbinare mecanică?” Conform autorilor, procedeul de sudare prin frecare în puncte are unele avantaje distincte la aliaje ușoare și HSS, față de alte procedee de sudare - MIG în puncte sau laser în puncte, ca de ex.: viteză mai mare, performanțe mai bune, costuri mai mici și robustețe, performanțe mai bune decât la îmbinări mecanice. Procedeul de sudare prin frecare în puncte tinde să aibă costuri de operare mult mai mici datorită îmbunătățirii eficienței energetice și a lipsei reale de consumabile. Poate fi utilizat de obicei în aplicații unde este necesară o rezistență mai mică, componentele sunt curbate sau profilate și materialul este subțire. În plus, aceste procedee necesită echipamente cu mult mai puțină infrastructură, adică nu necesită apă, aer comprimat și nici transformatoare electrice complexe.

Arbeggast [28] a investigat recent utilizarea FSpW pentru reparații in-situ a niturilor fisurate sau corodate de la panourile realizate din table multiple de aluminiu, nituite, destinate industriei aeronautice.

Cu toate acestea, pentru o aplicare completă și includerea acestor tehnici în industria aeronautică, sunt necesare eforturi suplimentare și cercetări în domeniul performanțelor mecanice, în special privind comportarea dinamică, caracteristici microstructurale și îmbunătățirea geometriei sudurii.

4. Concluzii

A fost descris procedeul de sudare prin frecare în puncte, fiind prezentate principalele caracteristici și aplicații. Procedeul FSSW este o variantă a procedeeului FSW în care unealta este plonjată și retrasă din tablele suprapuse. Recristalizarea dinamică a materialului care apare în timpul acestei operații, facilitează formarea îmbinării între tablele aflate în contact și realizarea sudurii în puncte, depresiunea creată de gaura de cheie rămânând pe linia centrului sudurii. FSpW este un procedeu de îmbinare în stare solidă care constă în plonjarea unei unelte rotative (formată din element activ rotitor și umăr) în piesele de sudat, producerea încălzirii prin frecare a suprafețelor superioare ale tablelor; elementul activ rotitor și umărul se deplasează în direcții opuse unul față de celălalt; materialul plastifiat este constrâns într-un spațiu inelar lăsat de elementul activ rotitor; umărul este retras spre suprafața pieselor în timp ce elementul activ rotitor își menține mișcarea împingând materialul dislocat inițial înapoi în îmbinare. Spre deosebire de FSSW, la sfârșitul operației de îmbinare nu rămâne gaura de cheie.

Bibliografie/ References

- [1]. Thomas W.M., Nicholas E.D., Needham J.D., Murch M.G., Templesmith P., Daws C.J.: GB Patent Application 9125978.8 Dec. 1991; US Patent Application 5460317 Oct. 1995.
- [2]. Mishra R.S., Ma Z.Y.: Friction Stir Welding and Processing, Materials Science and Engineering R 50 (2005) p. 1-78.
- [3]. Schilling C., dos Santos J.F.: Method and Device for Linking at Least Two Adjoining Work Pieces by Friction Welding. International Patent Publication WO/2001/036144. May 2005.
- [4]. Iwashita T.: Method and apparatus for joining, US patent 6601751B2, Aug. 2003
- [5]. Badarinarayan H., Hunt F., Okamoto K.: Friction Stir Stitch Welding – Process Development and Mechanical Property Evaluation, Proceedings of the 6th International Symposium on FSW, October 10–13, 2006, Montreal, Canada.
- [6]. Burford D.: Qualification of Friction Stir Spot Welds As “In Situ” Mechanical Fasteners A Preliminary Analysis, Proceedings of IIV/GKSS International Seminar on Friction based Spot Welding Processes, March 29-30 2007, Geesthacht, Germany.
- [7]. Addison A.C., Robelou A.J.: Friction Stir Spot Welding: Principal parameters and their effects, Proceedings of the 5th International Symposium on FSW, September 14-16, 2004, Metz, France.
- [8]. Hinrichs J.F., Smith C.B., Orsini B.F., DeGeorge R.J., Smale B.F., Ruehl P.C.: Friction Stir welding for the 21st Century Automotive Industry, Proceedings of the 5th International Symposium on FSW, September 14-16, 2004, Metz, France.
- [9]. Arul S.G., Pan T., Lin P.C., Pan J., Feng Z., Santella M.L.: Microstructures and Failure Mechanism of Spot Friction Welds in Lap-Shear Specimens of Aluminium 5754 Sheets, SAE technical paper 2005-01-1256, Warrendale, USA.
- [10]. Gerlich A., Avramovic-Cingara G., North T.H.: Stir Zone Microstructure and Strain Rate during Al 7075-T6 Friction Stir Spot Welding, Metallurgical and Materials Transactions A 37(9) (2006), p. 2773-2786.
- [11]. Gerlich A., Su P., North T.H.: Tool penetration during FSSW of Al and Mg alloys, Journal of Materials Science 40 (2005), p. 6473-6481.
- [12]. Gerlich A., Su P., North T.H.: Friction Stir Spot Welding of Mg-Alloys for automotive applications, Magnesium Technology 2005, p. 383-388.
- [13]. Gerlich A., P Su., T North.H.: Peak temperatures and microstructures in Al and Mg alloy friction stir spot welds, Science and Technology of Welding and Joining 10(6) 2005 p 647-652
- [14]. Lathabai S., Painter M.J., Cantin G.M.D., Tyagi V.K.: Friction Spot Joining of an extruded Al-Mg-Si alloy, Scripta Materialia 55 (2006) 899-902.
- [15]. Hancock R., Friction Welding of Aluminum Cuts Energy costs by 99%, Welding Journal 83(2) (2004) p. 40.
- [16]. Mazda media release. Mazda Develops World's First Aluminum Joining Technology Using Friction Heat. February 27, 2003.
- [17]. Mazda media release. Mazda Develops World's First Steel and Aluminum Joining Technology Using Friction heat. June 2, 2005.
- [18]. Schilling C., Strombeck A.v., dos Santos J.F., Heesen N.v.: A preliminary investigation on the static properties of FSSW, Proceedings of 2nd International Symposium of FSW, June 26-28, 2000, Gothenburg, Sweden.

[19]. Su P., Gerlich A., North T.H., Bendzsak G.J.: Energy Utilization and Generation During FSSW, Science and Technology of Welding and Joining 11 (2006) p. 163-169.

[20]. Su P., Gerlich A., North T.H. Bendzsak G.J.: Material Flow in FSSW, Science and Technology of Welding and Joining 11 (2006), p. 61-71.

[21]. da Silva, A.A.M., Tier M., Rosendo T.R., Ramos F.D., Mazzaferro J.A.E., Mazzaferro C.C.P., Bergmann L.A., Strohaecker T.R., dos Santos J.F.: Preliminary Investigation on Microstructural Features and Mechanical Performance of FSpW of Al Alloys, Proceedings of IIW/GKSS International Seminar on Friction based Spot Welding Processes, March 29-30 2007, Geesthacht, Germany.

[22]. Muci-Küchler K.H., Kakarla, S.S.T., Arbegast W.J., Allen C.D. Numerical Simulation of the Friction Stir Spot Welding Process. SAE technical paper 2005-01-1260, Warrendale, USA.

[23]. Itapu S.K., Muci-Küchler K.H. Visualisation of Material Flow in the Refill Friction Stir Spot Welding Process. SAE technical paper 2006-01-1206, Warrendale, USA.

[24]. Varis J.: Economics of Clinched Joint Compared to Riveted Joint and Example of Applying Calculations to a Volume Product. Journal of Materials Science and Technology 172 (2006) p. 130-138.

[25]. Han L., Young K.W., Chrysantou A., O'Sullivan J.M.: The Effect of Pre-Straining on the Mechanical Behaviour of SPR Aluminium Alloy Sheets. Materials and Design 27 (2006) p. 1108-1113.

[26]. Yang Y.S., Lee S.H.: A Study on the Joining Strength of Laser Spot Welding for Automotive Applications. Journal of Materials Science and Technology 94 (1999) p. 151-156.

[27]. Zhou Y., Fukomoto S., Peng J., Ji C., Brown L.: Experimental Simulation of Surface Pitting of Degraded Electrodes in RSW of Aluminium Alloys. Materials Science and Technology 20 (2004) p. 1226-1232.

[28]. Arbegast W.J.: Refill Friction Stir Spot Welding of Aluminium Alloys. Proceedings of IIW/GKSS International Seminar on Friction based Spot Welding Processes, March 29-30 2007, Geesthacht, Germany.



Programul de formare și perfecționare profesională în domeniul sudării, procedeele conexe și examinărilor nedistructive

2007 – 2008

IWE/EWE	curs 1	curs 2
partea I	24.09 - 05.10.2007	10.03 - 21.03.2008
partea a II-a	22.10 - 07.12.2007	31.03 - 18.04.2008
partea a III-a	14.01 - 01.02.2008	05.05 - 20.06.2008
IWI-C	curs 1	curs 2
partea I	05.11 - 23.12.2007	31.03 - 18.04.2008
partea a II-a	14.01 - 01.02.2008	18.05 - 06.06.2008
IWT	curs 1	curs 2
partea I	24.09 - 05.10.2007	10.03 - 21.03.2008
partea a II-a	22.10 - 07.12.2007	31.03 - 18.04.2008
IWS	curs 1	curs 2
partea I	24.09 - 05.10.2007	10.03 - 21.03.2008
partea a II-a	22.10 - 14.11.2007	31.03 - 11.04.2008

Pregătirea teoretică și practică sunt realizate conform prescripțiilor Institutului Internațional de Sudură (IIW).

Examinarea și eliberarea diplomelor se face de către ASR-CertPers S.R.L., organismul național de calificare a personalului din domeniul sudării, organism acreditat de către IIW. Diplomele eliberate beneficiază de recunoaștere internațională.

Cursurile asigură pregătirea conform cerințelor SR ISO 14731, referitoare la calificarea necesară pentru personalul de coordonare a operațiilor de sudare la diferite nivele precum și pentru coordonarea activităților de inspecție tehnică la sudare, cerințe dezvoltate ulterior în cadrul SR EN ISO 3834.

END	curs 1	curs 2
Examinare LT, nivel 2	10.09 - 14.09.2007	11.02 - 15.02.2008
Examinare MT, nivel 2	01.10 - 05.10.2007	03.03 - 07.03.2008
Examinare RT, nivel 2	12.11 - 30.11.2007	24.03 - 11.04.2008
Examinare UT, nivel 2	15.10 - 02.11.2007	12.05 - 30.05.2008

Cursurile permit calificarea personalului operator examinări nedistructive conform SR EN 473.

Certificarea este făcută de către ISIM CertEND, organism acreditat de către RENAR și notificat și desemnat de către Ministerul Economiei și Comerțului ca organism de terță parte pentru certificarea personalului din domeniul examinărilor nedistructive privind echipamentele sub presiune (conform HG 584/2004 și OM nr. 717/09.08.2005)

Sudori PE			Coordonatori PE
curs	autorizare	reautorizare	
1	05 - 09.11.2007	19 - 23.11.2007	05 - 09.11.2007
2	11 - 15.02.2008	10 - 14.03.2008	11 - 15.02.2008
3	07 - 11.04.2008	12 - 16.05.2008	07 - 11.04.2008
4	09 - 13.06.2008	07 - 11.07.2008	09 - 13.06.2008

Cursurile au ca obiectiv specializarea personalului din întreprinderile care desfășoară activități în domeniul sudării rețelelor de conducte din polietilenă (țevi și fittinguri) destinate transportului fluidelor sub presiune, în vederea autorizării conform PT ISCIR CR 9/3.

Absolvirea acestor cursuri de specializare, conduce la obținerea atât a Certificatului de absolvire eliberat de către ISIM Timișoara, sub autoritatea Ministerului Muncii Solidarității Sociale și Familiei și a Ministerului Educației și Cercetării, cât și a autorizației conform CR 9/3, eliberată de către ISCIR.

Informații suplimentare se pot obține de la EWE Fanu Cornel (IWE/IWT), sing. Angela Căneparu (IWI-C), fiz. Gerhard Grün (END), respectiv ing. Marius Cocard (sudare polietilenă), tel. 0256 491828, fax: 0256 492797, e-mail: isim@isim.ro sau www.isim.ro