



Nikola Šibalić^{1,a}, Darko Bajić¹, Marko Mumović¹

STUDIJA ZAVARIVANJA SUČEONIH I UGAONIH SPOJEVA KORIŠĆENJEM POSTUPKA ZAVARIVANJA TRENJEM SA MEŠANJEM (FSW)

STUDY OF WELDING OF BUTT AND FILLET WELDS USING THE FSW METHOD

Originalni naučni rad / Original scientific paper

Rad je u izvornom obliku objavljen u Zborniku sa 31. Savetovanja sa međunarodnim učešćem "Zavarivanje 2020" održanog u Kladovu, Srbija od 13. do 16. Oktobra 2021.

Rad primljen / Paper received:

Oktobar 2021.

Rad prihvaćen / Paper accepted:

Jun 2022.

Ključne reči: FSW, legura aluminijuma 6082-T6, sučeoni spoj, ugaoni spoj

Rezime

Poslednjih godina, nekonvencionalni postupak zavarivanja trenjem sa mehaničkim mešanjem (FSW), se sve više primjenjuje u industrijskoj proizvodnji, prvenstveno za zavarivanje legura aluminijuma, odnosno limova, velike dužine i debljine. Zbog svojih specifičnosti u odnosu na konvencionalne postupke, koje se prvenstveno odnose na rotacioni alat koji ima veliku proizvodnost, odnosno vijek trajanja, ovim postupkom je moguće dobiti zavarene spojeve i do 1000 m dužine sa jednim alatom. Ovaj postupak se može koristiti i za dobijanje konstrukcionih profila kao npr. „L” profila. U radu je izvršeno zavarivanje flaha od legure aluminijuma 6082-T6 debljine 7.8 mm, sučeono i u obliku ugaonog spoja, tako da je moguće izvršiti komparativnu analizu zavarenih spojeva. Tokom odvijanja procesa izvršeno je mjerenje komponenti sila kod sučeonog spoja u tri normalna pravca (F_z , F_x i F_y). FSW je u poređenju sa konvencionalnim postupcima ekološki čista tehnologija, jer se tokom odvijanja procesa, materijal se ne topi, ne javljaju se štetna isparenja, štetna zračenja, svjetlosni bljesak, nema atmosfere zaštitnih gasova ni dodatnog materijla, što karakteriše sve konvencionalne postupke. Za potrebe ovog istraživanja konstruisani su i urađeni specijalni pomoćni pribori, kao i specijalni oblici konusnog alata.

Adresa autora / Author's address:

¹Univerzitet Crne Gore, Mašinski fakultet, Podgorica, Crna Gora

E mail: ^anikola@ucg.ac.me

Keywords: FSW, aluminium alloy 6082-T6, butt joint, corner joint

Abstract

In recent years, the unconventional FSW method has been increasingly used in industrial production, primarily for welding aluminium alloys or sheets of large length and thickness. Due to its specifics in relation to conventional methods, which primarily refer to rotating tools that have high productivity, i.e. service life, these methods allow us to obtain welded joints up to 1000 m in length with one tool. This procedure can also be used to obtain construction profiles such as "L" profile. In this paper, welding of a sheet of aluminium alloy 6082-T6 with a thickness of 7.8 mm is conducted with a butt and fillet welds, so that it is possible to perform a comparative analysis of welded joints. During the process, the components of the forces on the butt joint were measured in three normal directions (F_z , F_x , and F_y). FSW is an environmentally clean technology when compared to conventional processes because during the process the material does not melt, there are no harmful fumes, harmful radiation, light flash, no atmosphere of shielding gases or additional material, which characterizes all conventional processes. For the needs of this research, special auxiliary accessories were constructed and manufactured, as well as special shapes of conical tools.

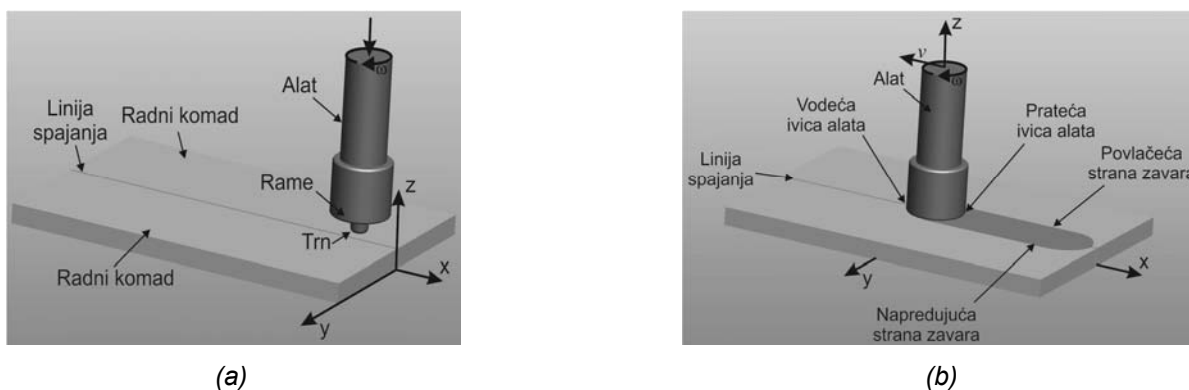


1. Uvod

Devedesetih godina prošlog vijeka razvijen je novi metod spajanja istorodnih i raznorodnih materijala koji se izvodi u čvrstom stanju bez topljenja materijala poznatiji pod imenom zavarivanje trenjem sa miješanjem (*Friction Stir Welding* - FSW), ali i pod imenom zavarivanje trenjem alatom. Proces je patentiran od strane Instituta za zavarivanje (*The Welding Institute* –

TWI) iz Engleske 1991. godine, gdje je Wayne M. Thomas uspješno spojio limove legure aluminijuma [1-3].

Alat koji se koristi u procesu zavarivanja je cilindričnog oblika i sastoji se iz dva koncentrična dijela koja rotiraju velikom brzinom. Dio alata većeg prečnika naziva se rame (*shoulder*) dok se dio manjeg prečnika naziva trn (*pin*) [4]. Proces odvijanja postupka prikazan je na Slici 1.



Slika 1. Postupak FSW: (a) Početak postupka FSW; (b) Odvijanje postupka FSW

Figure 1. FSW process: (a) beginning of the FSW process; (b) execution of FSW process

Rotirajući alat prilazi liniji spoja i zariva se u materijal (Slika 1a), pri čemu se generiše toplota. Na ovaj način se povećava temperatura do tople plastične obrade kada se vrši mahaničko miješanje i spajanje materijala, a pri tome se omogućava da se alat kreće u longitudinalnom pravcu odnosno duž linije spajanja (Slika 1b). Nakon prolaska alata duž linije spajanja ostaje čvrsta faza šava (spoja), gdje gornja ravan ostaje glatka i ravna zahvaljujući ramenu alata, dok se donja ravan radnog predmeta formira od podloge na koju se radni komad oslanja i ona je takođe glatka i ravna [1-3].

2. Primjena postupka

Metoda spajanja materijala trenjem je vrlo brzo pronašla svoju primjenu u brodogradnji, avio i svemirskoj industriji, željezničkoj i drugim industrijama. Prvenstveno se koristi za spajanje limova veće debljine.

Zbog svojih osobenosti, postupak FSW se u brodogradnji najviše koristi za zavarivanje bokova broda, podova, pregrada, konstrukcije broda, jarbola, čamaca za jedrenje itd., jednostavnih platformi od aluminijuma zaključno sa platformama za slijetanje helikoptera na brodovima. Posljednjih godina postupak FSW intenzivno se koristi u proizvodnji željezničkih vagona, vagona cistijerni, putničkih vagona, tramvaja, teretnih vagona, tijela

kontejnera, itd. Pri izradi vozova nove generacije postupak FSW se koristi pri zavarivanju: noseće konstrukcije, stranica voza, krovova, kao i mnogih drugih elementa koji se izrađuju od legura aluminijuma. Umjesto tradicionalnih elektro-lučnih postupaka zavarivanja, sada se u željezničkoj industriji prvenstveno koristi postupak FSW [5- 8].

Dobre karakteristike i visoka pouzdanost zavarenih spojeva dobijenih postupkom FSW došle su do izražaja u izradi velikog broja različitih djelova u avio i svemirskoj industriji. Kod Space Shuttle-a spojevi spoljašnjih rezervoara za gorivo od nedavno se rade isključivo postupkom FSW. Ovo omogućuje da se ovi rezervoari rade od specijalnih legura Al-Li 2195, čime se njihova masa značajno smanjila. U avio industriji preko 40.000 zakivaka zamijenjeno je spojevima izvedenim postupkom FSW, sa tendencijom daljeg rasta. Kada su u pitanju visoko odgovorni spojevi, obično se koristi postupak FSW. Kako je postupak FSW visoko produktivan, vrijeme izrade rezervoara za gorivo kod Delta programa u fabrikama Boing je skraćeno sa 23 na 6 dana, a ukupni troškovi su smanjeni za 60% [7].

Zavarivanje postupkom FSW, koristi se i u nekoliko vodećih svjetskih automobilskih kompanija. Cilj je da se proizvedu vozila manje



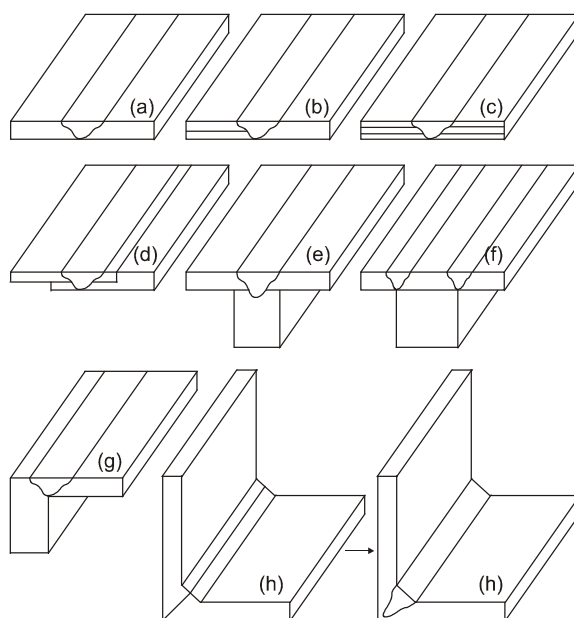
težine, čime se povećava njihova nosivost i smanjuje potrošnja goriva, pa se i smanjuje zagađenje životne sredine. Ovaj postupak zavarivanja se koristi pri izradi: motora i šasija, veze sa hidrauličnim cijevima, karoserija, tijela kamiona, cistijerni za gorivo, prikolica, autobusa i vozila za prevoz na aerodromima, okvira motocikala i bicikala itd. U firmi Shoma Aluminium & Rubber (Japan) zavarene su vulkanizirane cijevi prečnika od 20 mm do 30 mm. Ove cijevi se koriste kod izrade amortizera za putničke automobile [5]. Zavarivanja postupkom FSW, koristi se i pri proizvodnji: kućišta elektromotora, rashladnih ploča, kuhinjske opreme, bijele tehnike, benzinskih rezervoara i plinskih boca, namještaja itd.

Pored zavarivanja legura aluminijuma, FSW postupak se uspješno primjenjuje i za zavarivanje

legura bakra, legura magnezijuma, legura titanijuma, cink, olovo, plastika, ugljeničnih čelika, nisko legiranih čelika, austenitnih, martenzitnih i dupleks čelika, kao i legura nikla [7]. Takođe, postupak FSW se koristi i za spjanje materijala koji se konvencionalnim elektro-lučnim postupcima ne mogu zavarivati, kao što je aluminijum i bakar, aluminijum i određene vrste čelika, čelika i titanijuma [3].

3. Vrste zavarenih spojeva

Postupkom FSW mogu se spajati limovi i pločasti djelovi praktično u svim položajima, u dijapazonu debljina od 0.5 mm do 75 mm od legura aluminijuma i do 25 mm od legura *Ti* i čelika. Ovim postupkom najčešće se izrađuju sučeoni i preklopni, a mnogo ređe ugaoni spojevi (šavovi) koji su prikazani na Slici 2 [3, 7].



Slika 2. Vrste zavarenih spojeva dobijenih postupkom FSW (a) sučeoni spoj; (b) kombinovani sučeoni i preklopni spoj; (c) višestruki preklopni spoj; (d) upušteni preklopni spoj; (e) T spoj dva elementa; (f) T spoj tri elementa; (g) ugaoni-sučeoni spoj; (h) ugaoni spoj [3, 7]

Figure 2. Types of welded joints obtained by the FSW process (a) butt joint; (b) combined butt and lap joint; (c) multiple lap joint; (d) recessed lap joint; (e) T junction of two elements; (f) T junction of three elements; (g) fillet-butt joint; (h) fillet joint [3, 7]

Najčešće se sučeono spajaju radni komadi debljine od 1.2 mm do 50 mm. Zavarivanje može da se izvede jednostrano ili dvostrano. Najoptimalnije je zavarivanje sučeonih spojeva debljine 1.6 mm do 10 mm, a preklopnih, debljine 1.2 mm do 6.4 mm [5]. Zavarivanje može da se izvodi sa jednim ili sa više alata istovremeno, sa jedne ili sa obje strane limova, tako da se u jednom prolazu dobija veći broj spojeva. Pomoću postupka FSW mogu da se realizuju ne samo ravni

pravolinijski, već i krivolinijski spojevi različite konfiguracije u različitim položajima, uključujući i tzv. nad glavom. U tom pogledu, praktično nema velikih ograničenja. Pored toga, razvoj tačkastog zavarivanja trenjem FSW omogućava još širu njegovu primjenu, čak i u uslovima montaže specifičnih djelova. Dužina spoja može da bude ograničena jedino veličinom postolja i za sada se kreće do približno 20 m. Pored visokih mehaničkih svojstava, zavareni spoj ima glatku površinu i



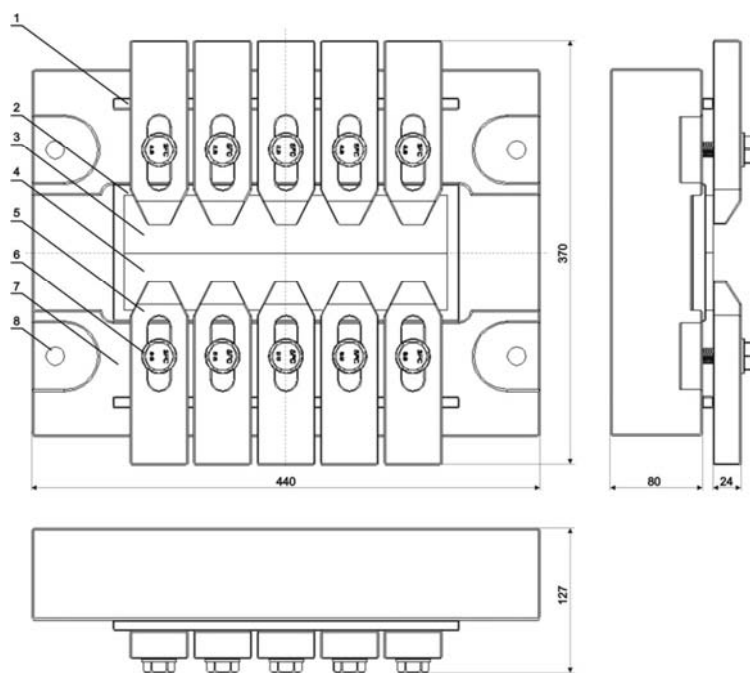
dodatna mehanička obrada u velikom broju slučajeva nije potrebna. Istovremeno, kod postupka FSW gubitka materijala je izuzetno mali, što je važna karakteristika i prednost u odnosu na mnoge druge postupke zavarivanja. Sa tog aspekta je postupak FSW izuzetno ekonomičan. Postupak FSW je najprije testiran na aluminijumu kao materijalu koji se u savremenoj industriji veoma mnogo koristi ali kod koga se konvencionalnim elektrolučnim postupcima otežano dobijaju kvalitetni spojevi zbog izražene pojave poroznosti šava i distorzije djelova. Obje pojave su veoma štetne, zahtijevaju skupu dodatnu obradu kojom ne mogu potpuno da se otklone, a posebno su izražene kod limova [7].

4. Eksperimentalna zavarivanja sučeonih spojeva

Kako se ovaj postupak u osnovi najviše koristi za zavarivanje sučeonih spojeva, u ovom radu su izvršena eksperimentalna istraživanja i mjerenje komponenti sila kod zavarivanja legure aluminijuma

6082-T6 debljine 7.8 mm, koja su preduslov za dobijanje nekog konstrukcionog profila, odnosno „L” profila ili ugaonog spoja. Kod postupka FSW, za izvođenje eksperimentalnih istraživanja neophodna je mašina velike krutosti, sa radnim stolom koji ima mogućnost pomjeranja u prostoru u tri normalna pravca, ili sa „automatskom pokretnom glavom” na kojoj se nalazi alat za zavarivanje, a radni komadi miruju. Usled specifičnosti procesa FSW i da bi se izvršila predviđena ispitivanja u ovom radu, zbog pogodnosti mjerenja komponenti sila (vertikalne sile F_z , uzdužne sile F_x , bočne sile F_y), u eksperimentu je korišćena mašina za obradu metala rezanjem - horizontalna glodalica [6].

Za izvođenje postupka FSW, kao i za mjerenje traženih parametara, bilo je neophodno napraviti pomoćni pribor, na koji će se montirati mjerna oprema kao i sprovesti sam proces zavarivanja. Na radni sto vertikalne glodalice postavljen je, pomoćni pribor koji se sastoji od noseće ploče, oslone ploče i stezača radnih komada (Slika 3) [6].

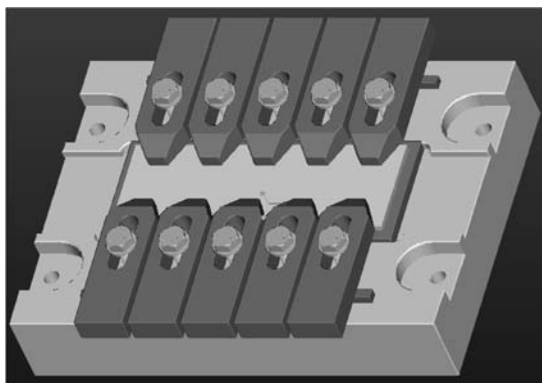


Slika 3. Pomoćni pribor za FSW: 1 - odstojnik, 2 - oslona ploča, 3 i 4 - radni komad, 5 - stezač radnih komada, 6 - zavrtanj sa podloškom, 7 - noseća ploča, 8 - otvor za specijalne nosače

Figure 3. Auxiliary accessories for FSW: 1 - spacer, 2 - support plate, 3 and 4 - workpiece, 5 - workpiece clamp, 6 - screw with washer, 7 - carrier plate, 8 - hole for special supports

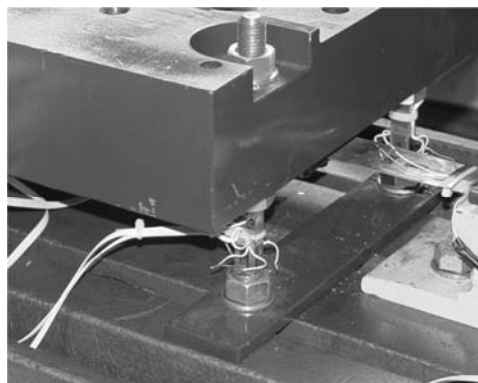
Kompletan sklop pomoćnog pribora dizajniran je u softveru CREO (Slika 4). Da bi se moglo izvršiti mjerenje komponenti sila, napravljena su četiri specijalna nosača noseće ploče, na koje su postavljeni davači za mjerenje sila (tenziometrijske mjerne trake). Na mjestu postavljanja mjernih traka, specijalni nosači noseće ploče su pravougaonog poprečnog presjeka. To omogućava mjerenje

savijanja specijalnih nosača u x - longitudinalnom pravcu i y - bočnom pravcu. Za mjerenje sile u z - aksijalnom pravcu, takođe se koriste mjerne trake koje su opterećene na pritisak. Dimenzionisanje specijalnog nosača je vršeno na osnovu očekivanih opterećenja u x, y i z pravcu. Na Slici 5, prikazane su postavljene mjerne trake za mjerenje komponenti sila.



Slika 4. 3D prikaz pomoćnog pribora

Figure 4. 3D view of auxiliary equipment



Slika 5. Specijalni nosači noseće ploče

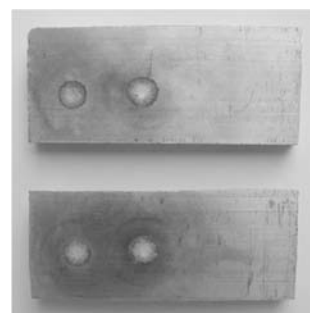
Figure 5. Special carriers for the bearing plate

Materijal koji se koristi u eksperimentalnim istraživanjima je lim legure aluminijuma po evropskom standardu EN-573-3 numeričke oznake 6082-T6 ili alfanumeričke AlSi1MgMn [9]. Ova legura ima veliku industrijsku primjenu i proizvedena je u Kombinat aluminijuma Podgorica - „KAP”, gdje je u sektoru Kontrole kvaliteta i ispitivan

hemijski sastav pomoću kvantometra. Analiza je izvršena na dva uzorka (Slika 6), a hemijski sastav je dat u Tabeli 1. Ova legura aluminijuma 6082-T6 uglavnom se koristi tamo gdje su potrebne poboljšane mehaničke osobine: šipke, veliki djelovi za transportnu industriju, za razne konstrukcije, za podove i platforme, kao i za opštu upotrebu [6].



(a)



(b)

Slika 6. Uzorci za izvršene hemijske analize: (a) pogled sa prednje strane, (b) pogled sa zadnje strane

Figure 6. Samples for chemical analysis: (a) front view, (b) rear view

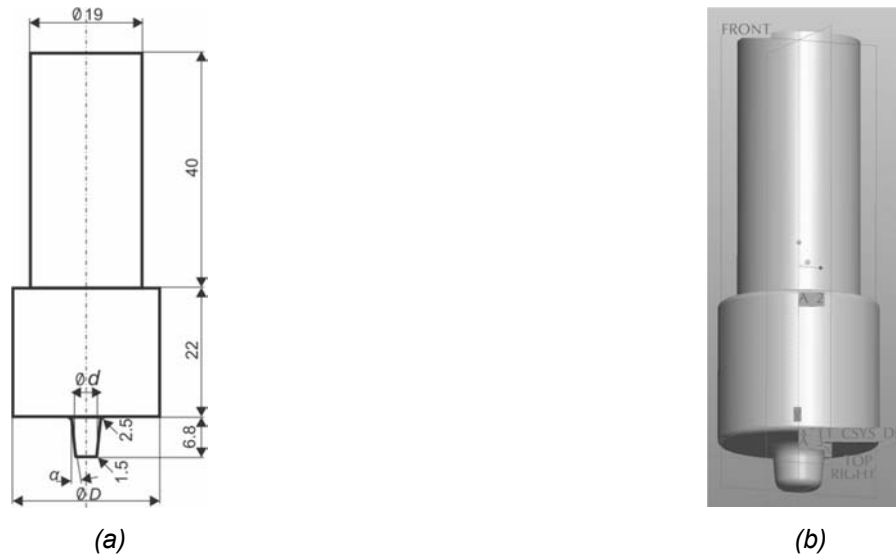
Tabela 1. Hemijski sastav legure 6082-T6 (AlSi1MgMn)

Table 1. Chemical composition of alloy 6082-T6 (AlSi1MgMn)

Šarža	Kvalitet % Al	Hemijski sastav u %									
		% Fe	% Si	% Ti	% Cu	% Zn	% V	% Cr	% Mn	% Mg	% Na
Uzorak 1.	98.25	0.22	0.85	0.01	0.002	0.062	0.006	0.001	0.16	0.43	0.002
Uzorak 2.	98.29	0.21	0.83	0.01	0.002	0.060	0.006	0.001	0.15	0.43	0.001

Za potrebe eksperimentalnih istraživanja napravljen je alat od čelika za rad u toplom stanju. Nakon mašinske obrade alati su termički obrađeni. Alata za zavarivanje sučeonog spoja dizajniran je u

softveru CREO i prikazan na Slici 7 [4]. Geometrijske dimenzije korišćenog alat kao što su: prečnik ramena alata D , prečnik trna alata d i ugao nagiba trna alata α su definisane planom eksperimenta [6].



Slika 7. Alat za postupak FSW: (a) alat sa usvojenim dimenzijama,
(b) 3D prikaz alata za FSW postupak

Figure 7. Tool for FSW process: (a) tool with adopted dimensions, (b) 3D view of the tool for the FSW process

U okviru eksperimentalnih istraživanja izvršena su mjerenja komponenti sila zavarivanja: aksijalne sile F_z , longitudinalne sile F_x i bočne sile F_y . Mjerenje sila je izvršeno korišćenjem precizne analogno-digitalne mjerne opreme, povezane u informacioni mjerni sistem. Izvođenje procesa u odnosu na kretanje alata podijeljeno je u tri etape. U prvoj etapi rotirajući alat brzim hodom dolazi do linije spajanja, nakon čega se alat sa svojim trnom ukopava u materijal. Kada je rame alata dohvatilo radni komad, započinje proces zavarivanja trenjem, odnosno proces deformisanja materijala u čvrstom stanju. Druga etapa počinje puštanjem u rad longitudinalnog kretanja radnog stola glodalice, gdje u stvari počinje spajanje materijala radnih komada. Dužina zavarenog spoja iznosi 166 mm. Treća etapa počinje kada se započne izvlačenje alata iz radnog komada, gdje se i završava proces

FSW. Signali otporničkih davača sa specijalnih nosača se preko mjernog mosta konvertuju u digitalne, gdje dobijamo dijagrame u funkciji napona struje (V) i vremena (s), iz kojih se na osnovu poznatih relacija i vrijednosti baždarenja mjerne opreme dobijaju dijagrami sila (N) u funkciji vremena (s). Zavarivanje radnih komada je vršeno u jednom prolazu. Na Slici 8, prikazan je početak procesa FSW kada je alat prišao liniji spajanja, dok je na Slici 9, prikazan završetak procesa FSW kada je alat izašao iz materijala zavarenih radnih komada. Sa slike se jasno vidi otisak od alata i zavareni spoj dobijen postupkom FSW, kao i rupa „keyhole” koju ostavlja otisak trna alata. Na Slici 10, dati su dobijeni dijagrami komponenti sila u funkciji vremena, dok je na Slici 11, dat prikaz zavarenih radnih komada sa čeonu i korijensku stranu [6].



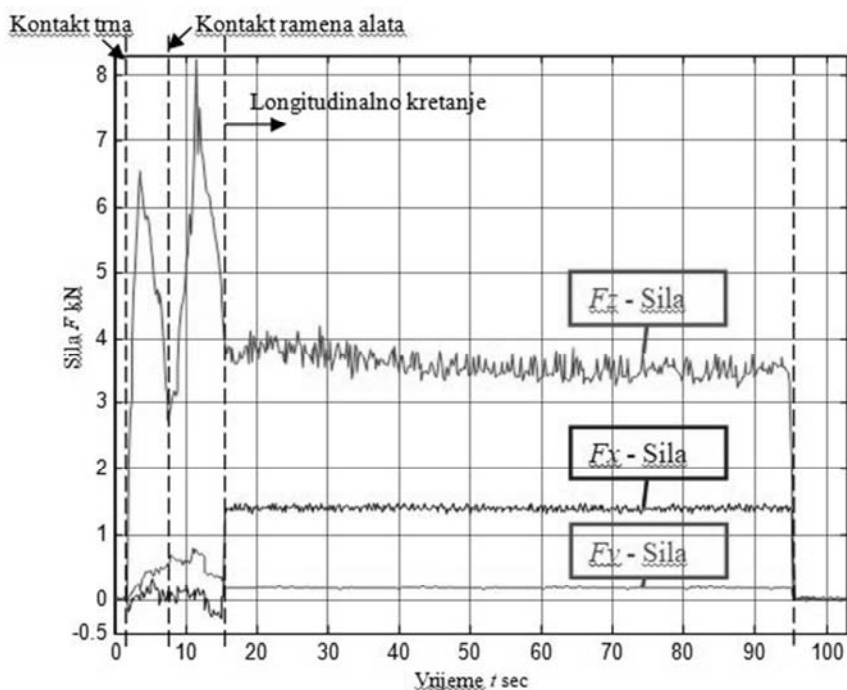
Slika 8. Prikaz početka procesa FSW

Figure 8. View of the beginning of the FSW process



Slika 9. Prikaz završetka procesa FSW

Figure 9. View of the completion of the FSW process



Slika 10. Dijagram komponenti sila dobijen korišćenjem otporničkih davača (mjernih traka)
Figure 10. Diagram of force components obtained using resistance transducers (measuring tapes)



(a)



(b)

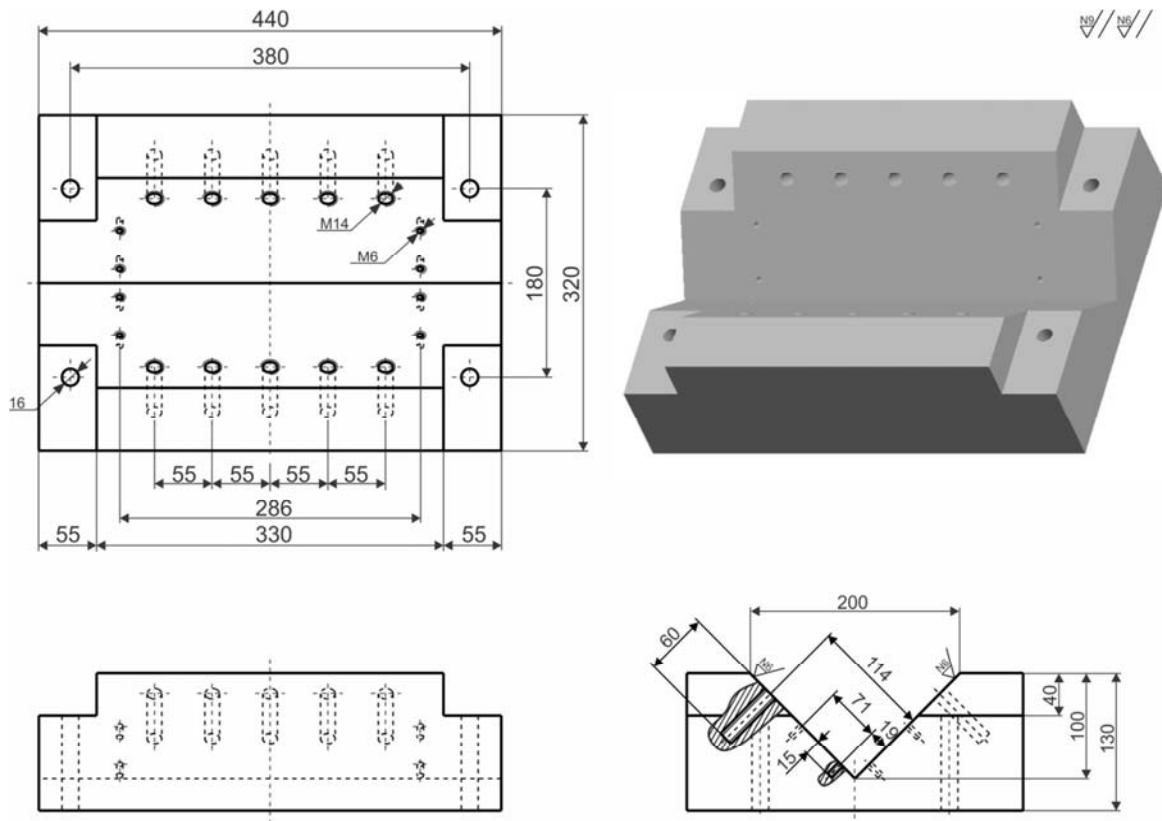
Slika 11. Izgled dobijenog zavara: (a) sa čeone strane, (b) sa korijenske strane

Figure 11. Appearance of the obtained weld: (a) from the front side, (b) from the root side

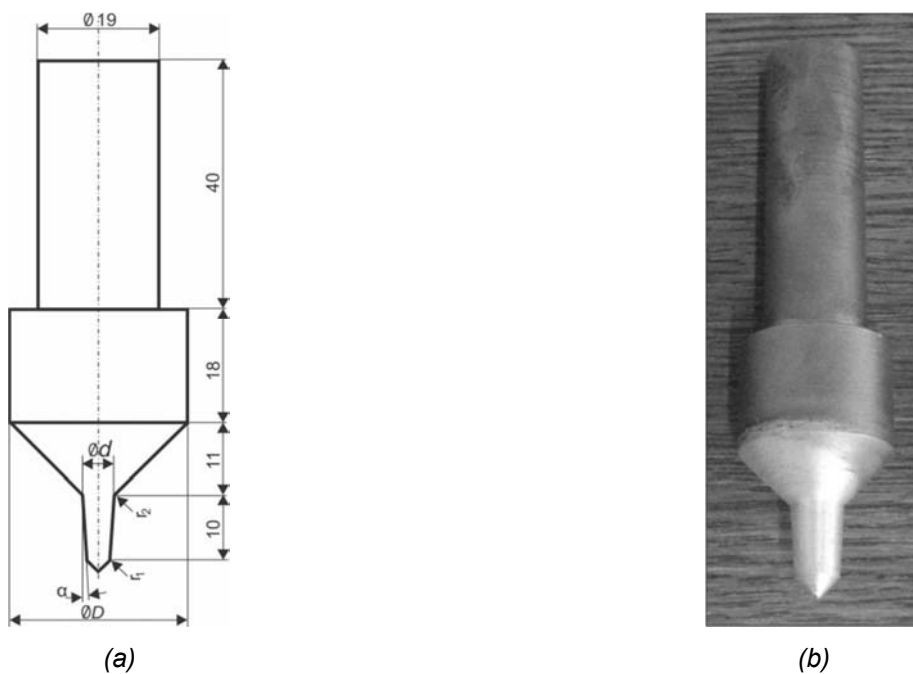
5. Eksperimentalna zavarivanja ugaonog spoja

Za potrebe dobijanja konstrukcionog profila u ovom slučaju „L” profila ili zavarivanja ugaonog spoja, bilo je potrebno napraviti specijalne pomoćne pribore za stezanje radnih komada (Slika 12), kao i oboriti ivice na pripremcima pod uglom od 45° . Takođe, urađen je set specijalnih konusnih alata, gdje su površine ramena alata i vrha trna alata zbog geometrijske specifičnosti ugaonog

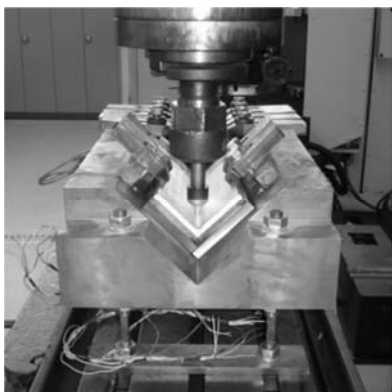
spoja, oborene za ugao od 45° (Slika 13a). Eksperiment je urađen na horizontalnoj glodalici (Slika 13b). Nosaća polača je postavljena na specijalne nosače, na kojima su postavljeni davači za mjerenje komponenti sila u tri normalna pravca. Istraživačko mjesto za zavarivanje ugaonih spojeva je prikazano na Slici 14, dok je dobijeni konstrukcioni profil, odnosno ugaoni spoj prikazan na Slici 15.



Slika 12. Pomoćni pribor - Noseća ploča
Figure 12. Auxiliary equipment - Bearing plate



Slika 13. Konusni alat za zavarivanje: (a) alat sa usvojenim dimenzijama, (b) korišćeni alat
Figure 13. Conical welding tool: (a) tool with adopted dimensions, (b) used tool



Slika 14. Istraživačko mjesto za zavarivanje ugaonog spoja

Figure 14. Research site for welding fillet weld



Slika 15. Zavareni ugaoni spoj

Figure 15. Welded fillet weld

6. Zaključak

Postupak FSW zadnjih godina postaje sve više standardan koji se širom svijeta koristi kao napredna tehnologija zavarivanja u smislu kvaliteta zavarenog spoja, energetske efikasnosti i zaštite životne sredine.

U radu je predstavljen postupak spajanja sučeonog spoja i postupak ugaonog spoja, sa tendencijom daljih istraživanja u određivanju fizikalnih veličina koje karakterišu proces. Poznavanje sile zavarivanja je izuzetno važna u određivanju tehnoloških parametara za odvijanje postupka FSW. Povezanost dobijanja sučeonog i ugaonog spoja, doprinosi razvoju procesnog pristupa kao ključnom međusobno povezanom procesu za uspješno odvijanje procesa zavarivanja legure aluminijuma postupkom FSW i njegove primjene u dobijanju konstrukcionih profila.

Literatura / References

[1] Thomas, W., Threadgill, P., Nicholas, E., Feasibility of Friction Stir Welding Steel, Science and Technology of Welding and Joining, 4 (1999), 6, pp. 365-372.

[2] Thomas, W., Nicholas, E., Needham, J., Murch, M., Temple-Smith, P., Dawes, C., Patent - Friction Stir Butt Welding, International Patent No. PCT/GB92/02203, Editor. 1995: GB Patent No. 9125978.8 (1991), US Patent No. 5.460.317.

[3] Mishra, S.R., Mahoney, W.M., Friction Stir Welding and Processing, ASM International, Ohio, 2007.

[4] Sibalic N., Vukcevic M., Damjanovic M., Koprivica A., Examination of Microstructure of Welded Joint of Similar Materials, Obtained by FSW Method, Proceedings of the International Conference on Materials Processing Technology

6. Conclusion

In recent years, the FSW process has become as a standard welding process, and it is used worldwide as an advanced welding technology in terms of the quality of the welded joint, energy efficiency and environmental protection.

The paper presents the joining procedure of the butt and the fillet welds, with the tendency of further research in determining the physical quantities that characterize the process. Knowing the welding force is extremely important in determining the technological parameters for the FSW process. The connection between obtaining a butt and the fillet welds, contributes to the development of a process approach as a key interconnected process for the successful development of the aluminium alloy welding technology by the FSW process and its application in obtaining structural profiles.

(MAPT 2017), Bangkok, Thailand, 30.11.-01.12.2017. str. 164-169, ISBN 978-974-454-785-7.

[5] Runčev D., Friction Welding of Aluminium and Aluminium Alloys, Zavarivanje i zavarene konstrukcije, 1 (2002), str. 11-14.

[6] Šibalić N., Modeling and Simulation of the Process of Joining by Deformation-FSW. Ph.D. Thesis, University of Montenegro, Podgorica, Montenegro, 2010.

[7] Stamenković D., Đurđanović M., Mitić D., Zavarivanje postupkom "FSW", Zavarivanje i zavarene konstrukcije 2 (2006), str. 59-66.

[8] Klobcar D., Kosec L., Pietras A., Smolej A., Friction-stir welding of aluminium alloy 5083, Materials and Technology, 46 (2012) 5, pp.483-488.

[9] Standard: MEST EN 573-1:2008. Aluminijum i legure aluminijuma - Hemijski sastav i oblik plastično prerađenih proizvoda - Dio 1: Sistem brožčanog označavanja.



Nastavak sa strane 156

Savetovanje sa međunarodnim učešćem Zavarivanje 2022



Našlo se vremena i za slobodne aktivnosti...

Povodom 70 godina DUZS-a dodeljene su zahvalnice za dugogodišnju uspešnu saradnju Društvima iz bivših republika Jugoslavije. Zahvalnice su primili Društvo za zavarivanje Crne Gore, Društvo za zavarivanje Bosne i Hercegovine, Hrvatsko društvo za tehniku zavarivanja, Društvo za tehniku zavarivanja Slavonski Brod, Slovensko društvo za varilno tehniku i Društvo za unapređivanje zavarivanja Makedonije - Заварување Македонија. Zahvalnica je ovom prilikom dodeljena i Vencislavu Grabulovu za dugogodišnje angažovanje, posvećenost i veliki doprinos u očuvanju i jačanju veza DUZS sa zavarivačkom zajednicom u regionu.



Veoma cenimo doprinos naših sponzora, donatora i izlagača, abecednim redom: CCC Industrial Engineering doo Beograd, ELIMP doo MM, EWM Hightec Welding GmbH Austria, GEM Trade doo Novi Sad, ICI doo Beograd, Institut IMS ad Beograd, KONMAT doo Beograd, Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, MESSER TEHNOGAS ad Beograd i DOO REFIT Inženjering, Beograd. Organizacija ovakvog događaja ne bi bila moguća bez njihove podrške.

Jedinstven zaključak je da je Savetovanje "ZAVARIVANJE 2022" bilo veoma uspešno sa svih aspekata, imajući u vidu spektar i kvalitet prikazanih radova kao i izbalansiranost primenjenih tehnologija, aplikacije rezultata istraživačko-razvojnih aktivnosti i projekata podržanih od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije. Takođe, neposredno prisustvo eminentnih stručnjaka i naučnih radnika iz oblasti zavarivanja je jedno od obeležja Savetovanja.

Većina radova sa savetovanja „Zavarivanje 2022“ biće sukcesivno objavljivana u narednim brojevima časopisa „Zavarivanje i zavarene konstrukcije“.

Vencislav Grabulov

Preostale fotografije mogu se pogledati na sajtu DUZS: www.duzs.org.rs