

ROBOTSKO POMIČNO ZAVARIVANJE TRENJEM SLOŽENIH POZICIJA  
ROBOTIC FRICTION STIR WELDING OF COMPLEX COMPONENTS

Dr.Mikael Soron

ESAB AB welding equipment,Laxa ,Sweden

Ključne riječi: pomično zavarivanje trenjem, roboti, Al legure

Key words: friction stir welding, robots, Al-alloys

Sažetak: Članak obrađuje probleme pri procesu pomičnog zavarivanja trenjem te način na koji je tvrtka ESAB riješila opisanu problematiku pri uvođenju robota u tehnologiju posmičnog zavarivanja trenjem.

Abstract: This paper describes problems that appear during friction stir welding (FSW) process and the methods that company ESAB used to deal with described problematic during introduction of robots in the friction stir welding technology.

## 1. UVOD

Korištenjem visoko korisnih industrijskih robota može se stvoriti nova 3-D aplikacija za postupak pomičnog zavarivanja trenjem (friction stir welding FSW). Nakon uspješnog perioda razvoja, ESAB FSW Rosio je sada dostupan za različite primjene u zavarivanju.

Glavna prednost korištenja FSW industrijskog robota (slika 1) je 3-dimenzionalni radni prostor. Najbitnije u ovom procesu je da robot može pratiti osne zahtjeve koje pred njega postavlja 3-dimenzionalni radni prostor. U dodiru sa krutim radnim komadom, struktura se mijenja i robot očitava greške u podacima. Pošto se ti podaci pohranjuju u kontrolni sustav, koji se koristi za stalno planiranje, proces zavarivanja neće teći kako je namijenjeno. Takav poremećaj u zoni plastičnih deformacija za vrijeme trajanja FSW-a izlazi van granica sistema što uglavnom dovodi do nestabilnosti sistema i greške u radu.



Slika 1. Testiranje FSW postupka uz pomoć Rosio™ Friction Stir Welding robota [1]

Često rješenje u takvim slučajevima je kontrola plastične deformacije. Plastična deformacija se očitava i na osnovi zabilježenog regulira i podešava se kretanje robota prema postavljenim parametrima što dovodi do pouzdanog procesa. Očito je to težak zadatak koji se ne postavlja samo pred dinamiku robotskog sistema već i na cijeli proces. Manje više je ova tehnologija prepoznata kao rješenje ne samo za problem pri FSW već i mnogo drugih bezkontaktnih postupaka gdje se koristi robot.

## 2. PROTOTIP ESAB ROBOTA ZA ZAVARIVANJE [1]

ESAB je izabrao da koristi standardni industrijski robot za FSW, znajući za probleme i izazove plastične deformacije i nestabilnosti. U namjeri da sačuvaju niske ulazne troškove odlučeno je da standardni industrijski robot bude ujedno i nosač za Rosio jedinicu.

Da bi minimalizirali djelovanje uzrokovano procesom, baziralo se na razvitku usađivanja prilagođene kontrole pomoću mehaničke rekonfiguracije robota, tako da bi se iskoristila maksimalna izlazna snaga.

Postojeća zavarivačka glava se sastoji od adaptera, upravljačke navojne šipke i motora. Dimenzionirana je da podrži maksimalan moment od 40Nm i brzinu rotacije od 3000 okretaja u minuti. To je dovoljno za FSW AA6000 serije, aluminijskih legura do 5mm debljine.

Prilikom spajanja zavarivačke glave sa zavarivačkim robotom moraju se uobziriti dva glavna čimbenika. Prvo, zona djelovanja i aktivnosti robota ne smiju biti ograničene i promijenjene dodavanjem FSW zavarivačke glave. Drugo, konstatnim razmakom između FSW alata i robotskog zgloba, stabilnost je povećana i praćenje centralne točke FSW alata je bolje kontrolirana. Šesta os je manje više neizbježna za FSW tako da prostor zauzet ovom osi može biti iskorišten za skladištenje zavarivačkog pribora. Time se povećava stabilnost tako da je alat FSW-a bliži robotskom zglobu.

Kako je već spomenuto, postoji nužnost unapređenog kontrolnog sustava pri korištenju FSW robotske tehnologije. To je zbog činjenice da roboti nisu baš dizajnirani za in contact operacije i jako rijetko ili nikako za plastičnu deformaciju za vrijeme FSW-a. S pomoću elastične deformacije koja je uvijek prisutna u sistemu pod opterećenjem, kontrola procesa je veoma zahtjevna.

U FSW-u, operacije mogu biti podijeljene u ravni i kompleksni zavareni spoj. Ravni zavareni spoj se dobiva pomoću tradicionalnih strojeva zavarivanja ili pomoću neke druge 2-dimenzionalne tehnike zavarivanja. Kompleksni zavareni spoj se koristi na zaobljenim i neravnim površinama. Glavna razlika između ova dva, uzimajući u obzir planiranje putanje, je da se kod ravnog zavara može unaprijed definirati fiksni koordinacijski sustav. Sustav izračunava kako podesiti alat da bi primijenili pravilni kut zavarivanja koji je definiran od strane korisnika – kao zavarivački parametar- samo sa danim koordinatama, kao na primjer program za učenje. Robotski sustav zavarivanja isto podržava mogućnost korištenja pravilnog kuta zavara sa lakoćom. Prilikom provedbe zavarivačkih zadataka za programiranje robotskog jezika, uključujući ispravno računanje kuta zavara kao postavku za opće operacije, korisnik može programirati robot kao kod svakih drugih standardnih operacija.

Jedan od prvih korisnika FSW tehnologije je automobilska industrija gdje se koriste relativno meke aluminijske legure-AA5000 i AA6000 sa debljinom do 3mm. U takvim okolnostima je veoma karakteristične snage ispod 5000N i brzina rotacije ispod 3000 okretaja u minuti. Uspješno rubno i preklopno zavarivanje na AA6663, AA6082 i AA5754 je provedeno da bi potvrdili djelovanje od Rosio™- prvo u 2D ili ravnim aplikacijama i kasnije u realnim 3D okolnostima. (slika 2) Za 3D testiranja program je usklađen automatski sa Auto CAD crteža za konkavno-konveksne objekte kao offline programiranje.



a



b

Slika 2. a) Ispitivanje FSW zavarivanja robotom u 3D prostoru, b) Primjena FSW postupka kod zavarivanja blokova hladnjaka [1]

### 3. ZAKLJUČAK

Kako je u radu opisano, ESAB je razvio Rosio™ 3D sustav za posmično zavarivanje trenjem. Ovaj je sustav prikladan za zavarivanje mekih aluminijskih legura debljine do 5 mm uz dobru kvalitetu i ponovljivost. Značajna istraživanja provedena su od 2003. u cilju moguće primjene standardnog industrijskog robota za ovaj zahtjevan postupak zavarivanja. Modifikacije u izradi i kompleksnom kontrolnom algoritmu značile su razvoj koji omogućava da robotsko posmično zavarivanje trenjem bude značajan proces u proizvodnoj industriji.

### 4. LITERATURA

[1] M. Soron, K.E. Lahti: *Rosio™ Robotic friction stir welding of complex components*, SVETSAREN THE ESAB WELDING AND CUTTING JOURNAL , vol. 64 No. 1, 2009.