



Friction Stir Welding European Qualifications

CU 10

- Oblikovanje orodja

FSW inženir



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

10. Povzetek

10.1 Dobre prakse za FSW razvoj orodij

10.2 Značilen material orodja

10.3 Reference

Predstavitev

- Varjenje orodje je neločljiva sestavina za FSW process
- Varjenje orodja služi za plastificiranje in mešanje materiala varjenca



Varilno orodje - Zahteve

Naslednje zahteve so določene za varilno orodje:

- ✓ Najpreprostejša možna oblika, da bi zmanjšali stroške
- ✓ Odpornost proti visokim temperaturam
- ✓ Nosilnost
- ✓ Visoka lomna žilavost
- ✓ Nizek toplotni raztezek
- ✓ dobra obdelava
- ✓ Nizka cena

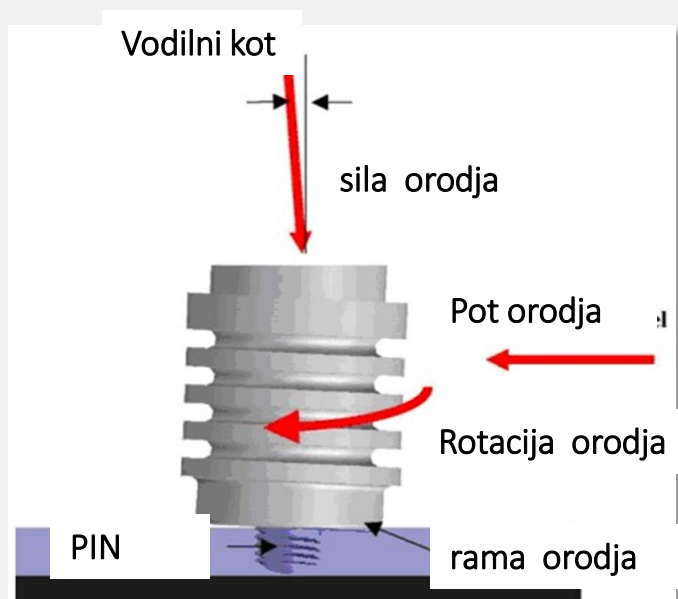
Varilno orodje

- Varilno orodje je izpostavljeno težkim obremenitvam in visokim temperaturam, zlasti pri varjenju materiala s tališčem nad 900 ° C (jekla in titana).
- Komerzialna uporaba teh zlitin je omejena s ceno in kratko življenjsko dobo varilnih orodij.
- Znatno napredek na področju varjenja jekel z uporabo FSW postopka smo dosegli v zadnjih dveh desetletjih.
- Izdelovanje varilnega orodja zahteva ustrezno izbiro materiala, oblikovanje ustrezne oblike geometrije in zahtevano toplotno obdelavo.

Varilno orodje - geometrija

Orodje za varjenje lahko razdelimo v dva glavna dela:

- ✓ ramo
- ✓ In pin varilnega orodja



Varilno orodje - Glavne funkcije

- Ob stiku varjenje orodja zatiča z varjenimi materiala je toplota, ki je potrebna za plastificiranje materiala varjene nastane.
- Ramenski Orodje izvrši stiskanje in kovanja funkcijo za plastificiranega materiala.
- Varjenje orodje služi za zvarom postavitev.
- Prvi TWI načrtovanje razvoja vložen v področju varjenja Al in njegovih zlitin, je uporabila orodje konkavno valjasto obliko z navojem.
- Orodja za varjenje so običajno izdelani iz orodnega jekla.

Varilno orodje - geometrija

Geometrija varilnega orodja vpliva:

- Stopnja toplote
- navzdol sila
- navor
- Termodinamično okvare materiala

Varilno orodje

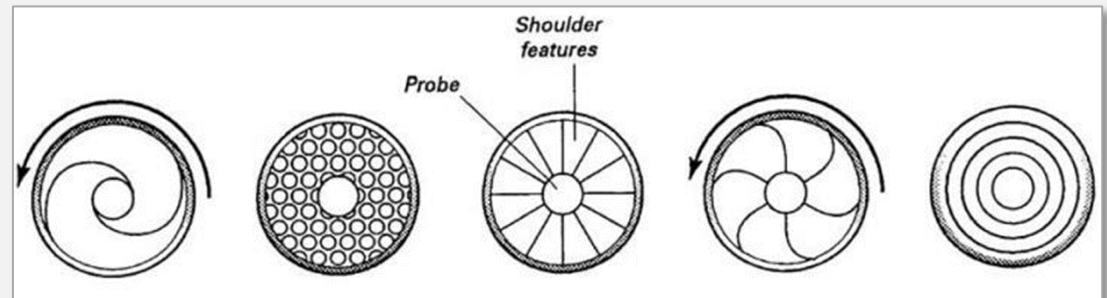
Smer toka iz plastificiranega materiala vplivajo tako, geometrija varjenje orodje in tudi z linearnim in krožno gibanje varilnega orodja.

glavni parametri varilnega orodja:

- ✓ Ramenski premer
- ✓ Kot rame
- ✓ geometrija pina

Varilno orodje - Ramenski geometrija

- Orodje ramena služi za proizvodnjo toplote na površini in v površinskem bližini materiala varjene.
- Pri večjih debelin varjenih materialov, toploto, ki jo rame orodja ne ustvarja tak učinek na tvorbo dobrega zvara kot toploto, ki jo zatiča.
- Ramenski del izvaja kovanje in stiskanje funkcije in tvori površino zvara
- Rama je lahko različnih oblik:
 - ✓ strije
 - ✓ utori
 - ✓ koncentrični krogi
 - ✓ rezila



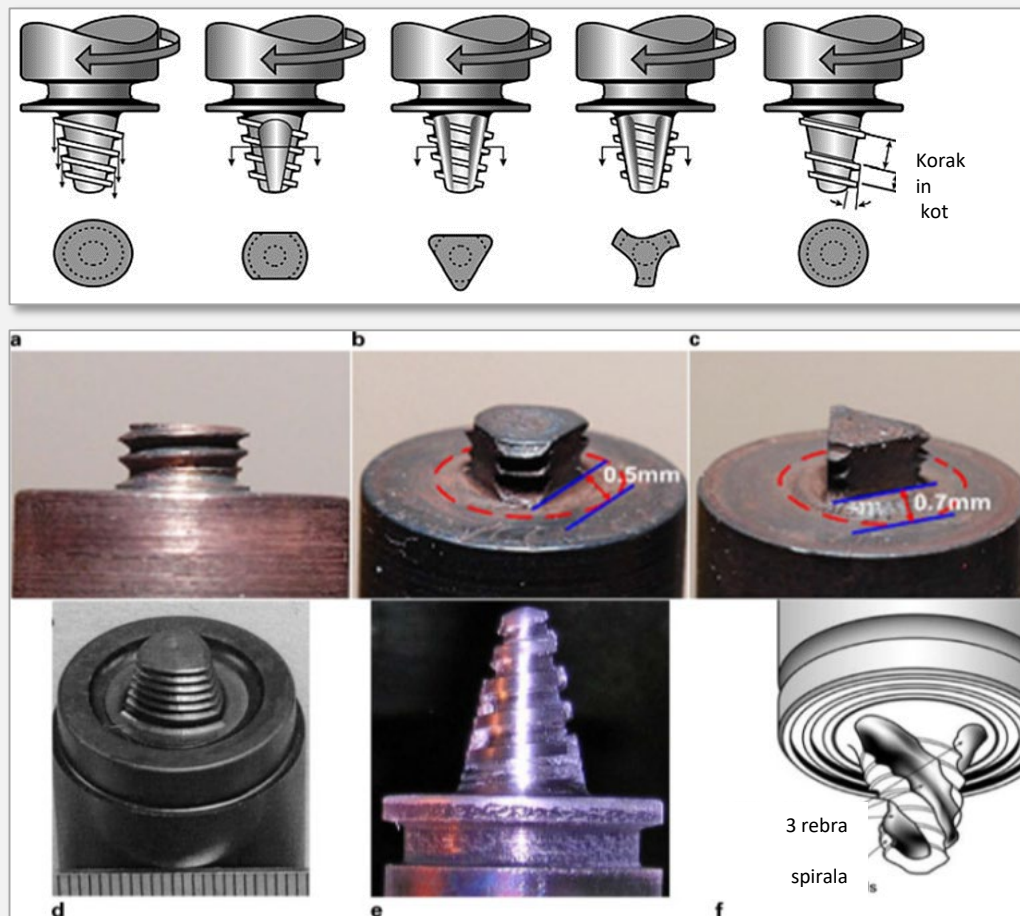
Varilno orodje - Ramenski geometrija

- **premer** varilne orodje je pomembno ramo, saj rama ustvari in vzdržuje večino toplote neizogibne za plastificiranje materiala varjene.
- Eksperimentalne študije so pokazale, da je največja moč zvarnega spoja mogoče doseči na **Optimalni premer varilnega orodja ramo**.
- **Mikrostruktura zvarnega spoja** lahko pomembno spremenila zamenjavo orodja ramena ploščate oblike s konkavno obliko.
- Konveksno ramo krepi **Stabilnost FSW procesa**. To se kaže v zmanjšani navzdol veljavnosti in potopno globino varilnega orodja.
- Uporaba **konveksna oblika varilnega orodja ramo** je izkazal minimalno nastanek čezmernege bliskavice, v primerjavi s konkavno obliko rame.
- **konkavna ramo varilnega orodja** lahko povzroči visok temperaturni gradient in visoke površinske temperature med varjenjem, kar lahko privede do poslabšanja kakovosti zvarnega spoja.

Varilno orodje - orodje geometrija

- orodje pin:
 - Povzroča trenja in materialno deformacije na zvarnega spoja
 - Je zasnovan na tak način, da se omogoči enostavno prodiranje v material, ki se varjeni
 - Vpliva na stopnjo deformacije in mešanje materiala
- Geometrija pina bistveno vpliva na varilnih parametrov:
 - ✓ hitrost varjenja
 - ✓ Hitrost vrtenja orodja
 - ✓ navzdol sila

Varilno orodje - pin geometrija



Varilno orodje - pin geometrija

- Stopnja sile navzdol in smer toka materiala pri varjenju orodje bližini so določeni z **Usmeritevijo na površini pina**
- rebra in utori na pinu povečajo hitrost toplote, zaradi večje robnega območja, izboljša pretok materiala in vplivajo na aksialnih in prečnih sil
- Eksperimentalno varjenje se je izkazalo, da je sornik **trikotne oblike** poveča pretok materiala, v primerjavi s pinom valjaste oblike.
- trikotne oblike zatiča so za varjenje **trših materialov**.

Značilen material varilnega orodja

- Material varilnega orodja namenjeni za varjenje materialov z visokim tališčem mora izvajati dobre lastnosti pri temperaturah nad 900 ° C.
- Poleg zahteve za trdnost, odpornost proti utrujenosti in žilavost pri povišanih temperaturah, mora varilni material orodja biti odporen tudi na mehansko in kemično obrabo.
- Polikristalni kubični borov nitrid (PCBN) in refrakcijske kovine so večinoma uporabljeni materiali, ki izpolnjuje lastnosti za varjenje izdelave orodja.

Značilen material varilnega orodja

zlitine	Debelina [mm]	Weld orodja materiali
mg	<6	orodje Steel
al	<12	Orodje Steel, MP 159
Cu	<50	Zlitine Ni, W, PCBN
Ti	<6	W zlitine
Nerjaveče jeklo	<6	PCBN, W zlitine
Nizko legirana jekla	<10	WC, PCBN
Ni	<6	PCBN

Značilen material varilnega orodja

- Vsak material varilnega orodja ima največje definirano temperaturo, ki se jo lahko uporablja.
- Pretirano obraba varilnega orodja povzroči spremembo oblike orodja, kar ovira je tudi kakovost zvara in verjetnost napak tako povečala.
- Obraba orodja lahko povzroča lepilo, abraziva in kemično obrabo.
- Orodje za varjenje lahko nosi interakcijski mehanizem med varjenega materiala in material orodja.

Značilen material varilnega orodja

- V primeru, da je orodje narejen iz PCBN materiala, pojavi lepilo obrabo pri nizkih vrtljajih orodja, ker pri višjih orodja vrtljajev opazujejo obrabi.
- Oksidacija lahko povzroči spremembo materiala odpornost proti obrabi.
- Reaktivnost Orodje se lahko prekine z uporabo zaščitni plini dobavljene varjenja cono.
- Obremenitve tvorjen na prvi stik orodja z materialom varjeno lahko povzroči raztrganje orodja.
- Da bi preprečili takšno okvaro, predvsem nizka stopnja penetracije pin je učinkovita.

Značilen material varilnega orodja

največkrat uporabljeni materiali za izdelavo varilnega orodja lahko razdelimo na naslednje skupine:

- ✓ PCBN, PCBN-wRE materiali
- ✓ refrakcijske kovine
- ✓ lahke zlitine
- ✓ Orodna jekla

Značilen material varilnega orodja

Orodja iz PCBN materiala se uporabljajo za varjenje zlitin z visoko talilno Point:

- Avstenitno nerjavno jeklo
- Duplex nerjavnega jekla
- Super martenzitna iz nerjavečega jekla
- Ni zlitine
- Orodna jekla

Značilen material varilnega orodja

- Razvili smo nov razred PCBN materiala, s pomočjo wRE kot vezivo.
- PCBN-wRE razred orodnih jekel ponuja bistveno izboljšano trdnost, v primerjavi s PCBN gradivo ustrezno.
- V avstenitna nerjavna jekla na splošno izvaja najvišjo stopnjo obrabe varjenje orodja.
- varilni parametri igrajo pomembno vlogo pri hitrosti obrabe varilnih orodij.
- Pri orodju izdelan iz PCBN materiala, pravilo navaja, da temperatura varilnega orodja ne sme preseči nanese 900 ° C.

Značilen material varilnega orodja



PCBN razvoj orodje za oblikovanje:

- (a) Zgodnje brezoblični oblikovanje
- (b) Korak pinove spirale
- (c) Konveksna rama in pomik pina- korak spirale

Značilen material varilnega orodja

- Na obrabo funkcionalnih delov na varilno orodje, ki na podlagi PCBN-wRE Material, lahko te obrabljene dele nekajkrat profilirana, kar se kaže v podaljšanem življenju varilnega orodja.
- Visoke napetosti nastanejo med penetracijo orodje skupaj z utrujanja materiala, pri upogibno obremenitvijo pri varjenju so primarni vzroki rupture varjenje orodja.
- Da bi zatiranje tendenco, da poruši, je priporočljivo, da vrtati predhodno luknjo v točki naj penetracije varjenje orodja.
- Najboljše rezultate z močjo lastnosti PCBN materiala dosežemo debelino do 8 mm. Na debelino nad 8 mm, so boljše lastnosti dosežemo z orodji za varjenje, sestavljene iz PCBN-wRE Material.

Orodja ognjevzdržnih kovin

- Volfram-renij zlitina postala priljubljena neodzivna material za izdelavo varilnega orodja, ki so namenjeni za varjenje jekel.
- Dodajanje renija elementa znatno izboljšuje materiala trdnost pri visokih temperaturah.
- Rhenij zmanjša deformacije pina med penetracijo in tudi zmanjša obrabo orodja zatiča.
- Kljub temu, da je stopnja obrabe, je še vedno visoka. Zato je enostavna oblika varilnega orodja prednostno izbrana.

Orodja ognjevzdržnih kovin

- Ramenski in pin iz ognjevarnega materiala tipa wRE so gladko brez navoja vijačnice.
- Tudi majhne količine hafnija karbida (HfC) Dodamo k ognjevzdržnih materialov
- Še eksperimenti so bili izvedeni z materiali, kot so: WC-Co, W-La, La_2O_3 , Si_3N_4
- Čeprav je bila kakovost varjenih spojev izdelan z orodjem omenjenih materialov sprejemljivi, so življenje orodje in stroški omejeni njihovo uporabo predvsem za raziskovalne namene

Orodja lahkih zlitin

- V zlitine na osnovi Ni in Co se uporabljajo kot orodje material za varjenje jekel.
- Orodje iz zlitine na osnovi Co se uporablja za varjenje visoko ogljikovih jekel, ki kaže dobro odpornost proti obrabi.
- Orodja za varjenje iz lahkih zlitin so izdelani podobno kot orodja iz ognjevzdržnih kovin.
- Vložni varilne naprave je v obliki prisekanega stožca.

Jeklena orodja

- Materiali so Al, Mg zlitin in kompozitov Al matrice trenutno zvarjene z orodjem za varilno izdelan iz jekla orodje.
- Orodje varjenje izdelan iz jekla orodje se uporablja za varjenje kompozitnih materialov.
- Obrabo varilnega orodja pri varjenju kovinskih matric kompozitov je večja, v primerjavi z varjenjem mehkih zlitin, zaradi prisotnosti trdih abrazivnih delcev v kompozitnih materialih.
- Poskusi so pokazali, da je varilni orodje, ki privarjeni kompozite iz Al matrike nosijo med varjenjem in doseže nov lasten - optimizirana oblika, po katerem je obraba znatno zmanjšana.
- Ta oblika je odvisna od procesnih parametrov in lahko na splošno zmanjša obrabo kot v primeru začetnega oblike orodja, domneva, da se ohrani integriteta zvarnih spojev.

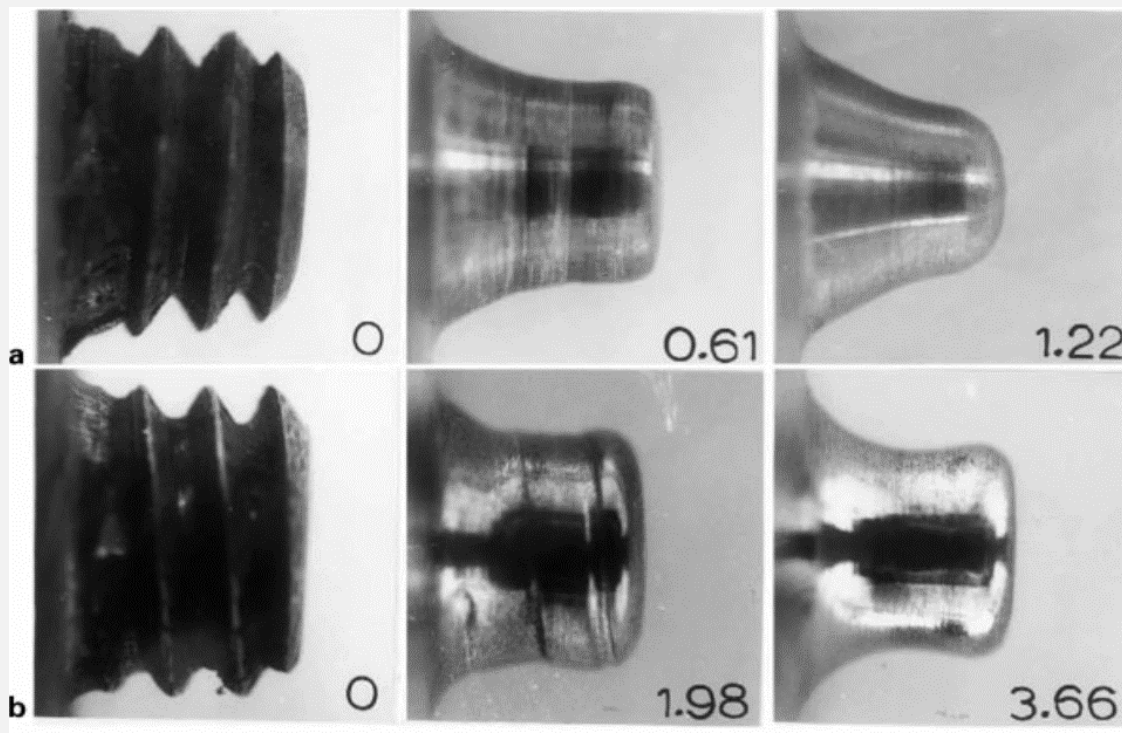
Jeklana orodja

- Splošna obrabe varilnega orodja povečuje z naraščajočo hitrostjo vrtenja, medtem ko je reduciramo z nižjo hitrostjo varjenja.
- Pravilna nastavitve parametrov varjenja bo imelo za posledico nižjo obrabo varilnega orodja.
- Številne študije so poudarili, da so orodja za varjenje ni potrebno geometrijo pin spremenjen s helix nit.
- Visoka trdota, nizek koeficient toplotne razteznosti in visoko toplotno prevodnostjo Znamka Si_3N_4 material, primeren za izdelavo varilnega orodja.
- Preveka varilnega orodja z inertnim materialom kot diamanta ali TiC, Vodi k nadaljnjemu izboljšanju obrabo pri visokih temperaturah.

Obrabe, deformacije in defekti varilnega orodja

- Orodje varjenje se obrablja med varjenjem (vrtenje in materialno mešanje).
- Orodje varjenja se lahko plastično deformira zaradi zmanjšane omejitve trdnosti pri povišanih temperaturah in obremenitev.
- Če so obremenitve večje od nosilnosti varilnega orodja, lahko pride do okvare.
- Glavni mehanizmi obrabe vključujejo lepilo, brusni in kemijsko obrabo.

Obrabe, deformacije in defekti varilnega orodja



*Gibanje oblike orodja zaradi obrabe v FSW Al 6061z20 vol .-%
Al₂O₃ kovinsko matričnega kompozita*

Obrabe, deformacije in defekti varilnega orodja

Bilo je eksperimentalno dokazano, da:

- Ko začetno obrabo navoja na točki trdega varilnega materiala, je bila stopnja obrabe bistveno zmanjšana in kljub temu, gladkih zatiči omogočajo, da se izdelava zvočne zvarnih spojev.
- visoke trdnosti materialov kot: PCBN in W sta izbrana zaradi zmanjšana plastične deformacije varilne orodja.
- Visoka lomna žilavost varjenega orodnega materiala je bistvenega pomena, da se zmanjša verjetnost hitrega krhkemu lomu.

Obrabe, deformacije in defekti varilnega orodja

Če primerjamo pin in ramena varilnega orodja, skoraj vedno obrabo in deformacije v poglavju pin orodja pride zaradi naslednjih razlogov:

- Vložni varilne orodje je potopljen v zvarjenega materiala, pri čemer mora uprl večjo odpornost na svojem gibanju, v primerjavi z ramo, ki je le delno potopljena v varjene materiala.
- Pin za varilno orodje ima veliko manjšo nosilnost, da ramo.
- Visoke obremenitve v kombinaciji z vrtilnim momentom in upogibni napetosti vodilo k višji obremenitvi na zatič, v primerjavi z ramo varilnega orodja.

Obrabe, deformacije in defekti varilnega orodja

- Sestavljena orodja iz trših materialov, odpornih proti obrabi (PCBN, WC) za čep in relativno mehkejšega materiala (W-Re zlitine) za ramena varilnega orodja lahko rešitev za vprašanja o obstojnost orodja in zmanjšanje stroškov za izdelavo orodja .
- V primeru varjenja prekritih spojev težje in mehkejšega materiala, je orodje za varjenje nahaja v mehkejšega materiala.
- Stik med varilno orodje in tršega materiala bo preprečeno, da bi zmanjšali obrabo varilnega orodja.
- Nadaljnje raziskave na področju obrabe vodi v poskusih usmerjenih varjenje pri nizkem številu varjenje, predgrevanje materiala zvarjeni in uporaba zaščitnih atmosfero.

Stroški za orodje

- Stroški električni pri varjenju Al zlitin so znatno nižje v primerjavi z varjenjem jekla. Daje se predvsem s ceno materiala in predvsem s ceno za njeno predelavo.
- PCBN material se pogosto uporablja za varjenje trše materiale.
- Stroški za proizvodnjo varilne orodje izdelano iz PCBN materiala so visoke.
- Varilni orodja iz W-RE in W-la zlitin so relativno cenejši od orodja iz PCBN, toda glede na obrabo, izkazujejo hitreje nošenje zaradi svoje manjšo trdnostjo in trdoto pri povišani temperaturi.
- Zaradi zgoraj navedenih razlogov je treba vlagati za raziskave za nadaljnji razvoj cen bolj dostopni in bolj zanesljive orodnih materialov.

Sklepi

- Orodje FSW podvržemo težke obremenitve in visoke temperature predvsem pri varjenju trdih zlitin so jekla in titanove zlitine.
- Proizvodnja varilnega orodja zahteva pravilno izbiro materiala, potrebnega za njegovo proizvodnjo, ter oblikovanje primerne geometrije oblike orodja.
- Varjenje orodje, mora izpolnjevati naslednje zahteve: najpreprostejši obliki, da bi zmanjšali stroške proizvodnje, odpornost proti visokim temperaturam, obrabe, visoko lomno žilavost, nizko toplotno expansivity, dobro obdelovalnost in nizko ceno.
- Orodje varjenje je sestavljen iz dveh delov - ramo in čepa.
- Ramenski Orodje izvrši stiskanje in kovanja funkcijo za plastificiranega materiala.

Sklepi

- Vložni Orodje povzroča trenje in deformacij materiala v zvarni spoj linije.
- Poleg zahteve glede trdnosti, utrujenosti in žilavost pri povišanih temperaturah, mora biti material varilnega orodja biti odporen proti mehanskim in kemično obrabo.
- Orodno jeklo se uporablja za izdelavo varilnega orodja primeren za varjenje Al in Mg zlitine.
- V glavnem uporabljeni materiali za izdelavo varilnih orodij za varjenje jekel so: PCBN, WC, wRE, Ni in Co na osnovi zlitine.
- visoke trdnosti materialov kot: PCBN in W sta izbrana zaradi zmanjšanja plastično deformacijo varilnega orodja.

Sklepi

- Sestavljena orodja iz trših materialov, ki so odporne proti obrabi (PCBN, WC) za zatič in relativno mehkejši material (zlitina W-RE) za ramena varilnega orodja lahko rešitev vprašanj o obstojnost orodja in zmanjšanje stroški izdelave orodja.
- Nadaljnje raziskave na področju obrabe vodi v poskusih usmerjenih varjenje pri nizkem številu varjenje, predgrevanje materiala zvarjeni in uporaba zaščitnih atmosfero.
- Stroški električni pri varjenju Al zlitin so znatno nižje v primerjavi z varjenjem jekla. Daje se predvsem s ceno materiala in predvsem s ceno za njeno predelavo.
- Zaradi zgoraj navedenih razlogov je treba vlagati za raziskave za nadaljnji razvoj bolj dostopnih in bolj zanesljivo orodje materialov.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Friction Stir Welding European Qualifications

Hvala vam!