



Friction Stir Welding European Qualifications

**CU 11 - FSW sistem delovanja**

FSW inženir



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

# 11. Kazalo

11.1 stroški

11.2 Zahteve za vgradnjo FSW sistema

11.3 Operacije poobdelave

11.2 Reference

## 11.1 FSW oprema

Tri vrste strojev so navedene v literaturi kot sposobne za opravljanje FSW.

Te naprave so:

- Konvencionalni stroji in orodja, kot so rezkalni stroji;
- Namenski FSW stroji ali po meri zgrajeni stroji;
- industrijski roboti.

### Karakteristike parametrov



### Predstavitev FSW vhodnih in izhodnih parametrov



## 11.1.1 Konvencionalna FSW stroji

- Proces FSW je podobna v smislu načela opreme delovanja kot pri drugih proizvodnih procesih, kot so strojna obdelava, čiščenje, brušenje in vrtanje. Tako se **konvencionalni stroj**, na primer rezkalni stroj uporablja za izvajanje FSW tankih aluminijevih delov.
- Obremenitve vključene v FSW so višje od obremenitve ki nastajajo v procesu rezkanja.
- Iz tega razloga, je potrebno konvencionalne obdelovalne stroje okrepiti, da bi povečali njihovo **zmogljivost**.



## 11.1.2 Namenski FSW stroji

- Namenske FSW stroji imajo ponavadi največjo zmogljivost, sposobnost obremenitve, togost, natančnost in dostopnost [23].
- Značilno je, da so namenske FSW naprave relativno drage in stroški naraščajo z možnostjo fleksibilnosti.
- Uporaba namenskih FSW strojev je priporočljiva za proizvodnjo visoko serijskih zvarov v aplikacijah, kjer:
  - je potrebna visoka togost;
  - eno ali več osne aplikacije;
  - dolgi zvari.



Namenske FSW stroji



## Namenski FSW stroji



laserski sistem za sledenje zvara



## Namenski FSW stroji

- FSSW stroji so enostavni za uporabo z intuitivnim vmesnikom človek-stroj (HMI) in njihovimi [Programer Logic Controller \(PLC\)](#) Uporabljajo se namenski algoritmi s povratnimi zankami.
- Operater običajno nastavi parametre, kot so **število vrtljajev**, [sila navzdol](#) in **globina skok** z zaslonom na dotik.
- Postopek se lahko razdeli na [več faz](#).
- Stroji so določeni za vrsto različnih kombinacij materialov, kot so:
  - Aluminij-aluminij
  - Aluminij-baker
  - Aluminij, jeklo
  - in drugi (Ti, Mg itd).



FSW točkovno varjenje  
(FSSW) oprema



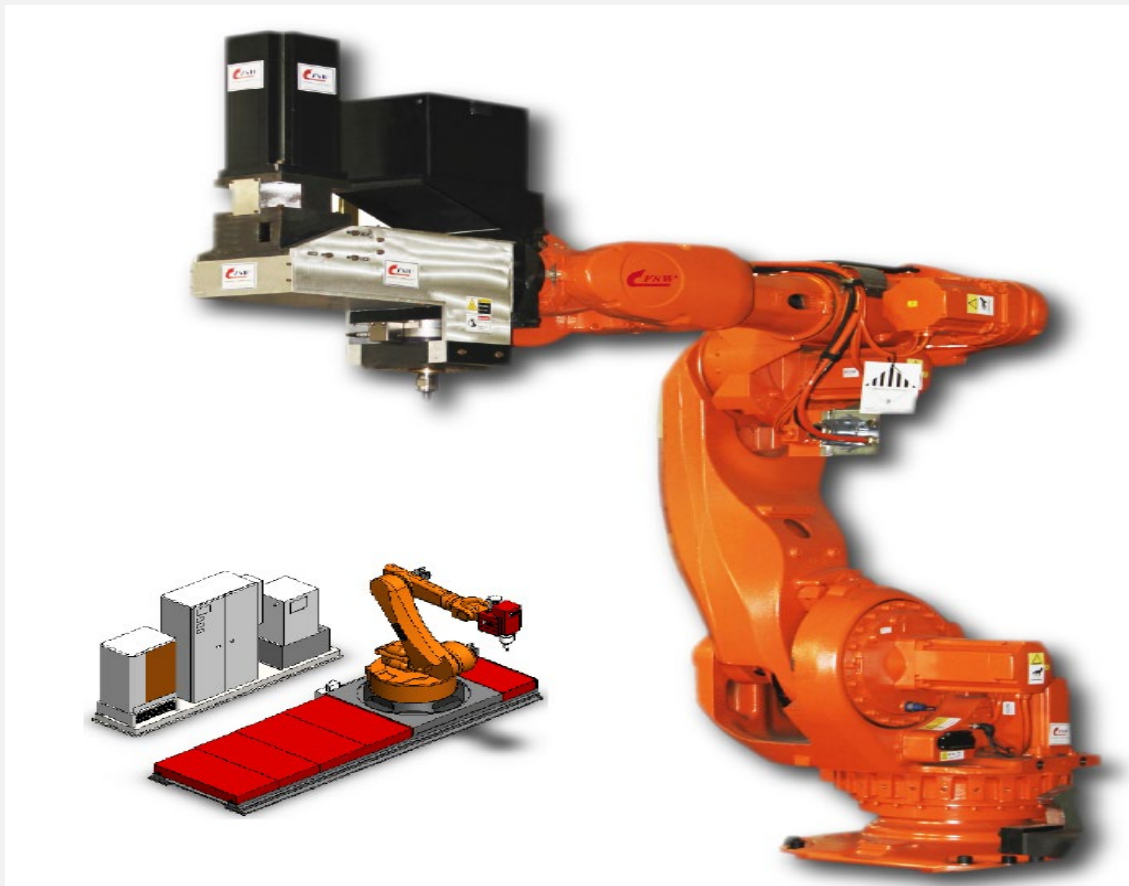
## 11.1.3 Industrijski roboti

**INSTITUT de SOUDURE ASSOCIATION** **FSW Center**

<b>Institut de Soudure Robot</b>	
Max. Sila	15 kN
Max. Hitrost	6 m/min
Max obratov	2 500 RPM
Delovno področje	X 2.5 m Y 2.5 m



## 11.1.3 Industrijski roboti



[12] FSW Oprema in sistemi za nadzor



Robotski sistem z dvema varilnima mestoma in avtomatskim podajanjem varjencev.



c

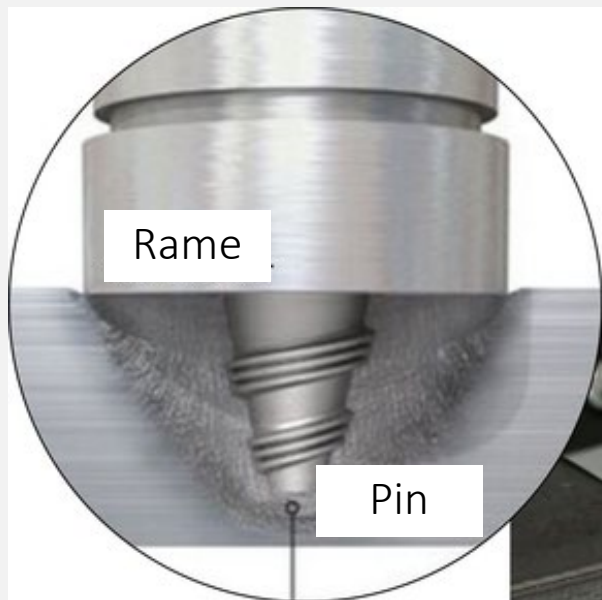
rešitve, ki temeljijo na robotski so na voljo v dveh osnovnih kategorij [23]:

- Zglobni roboti
- Paralelni-kinematični roboti

Zgibne roke so prisotne pri robotih z **visoko ponovljivostjo** in **prilagodljivostjo**, vendar **nizko natančnostjo**, še posebno če so izpostavljene velikim obremenitvam.

Primerjava zglobnih robotov z namenskimi FSW stroji, imajo roboti nižjo ceno in so bolj prilagodljivi. Sile, ki jih prenašajo roboti so relativno nizke, zato so omejeni pri uporabi.

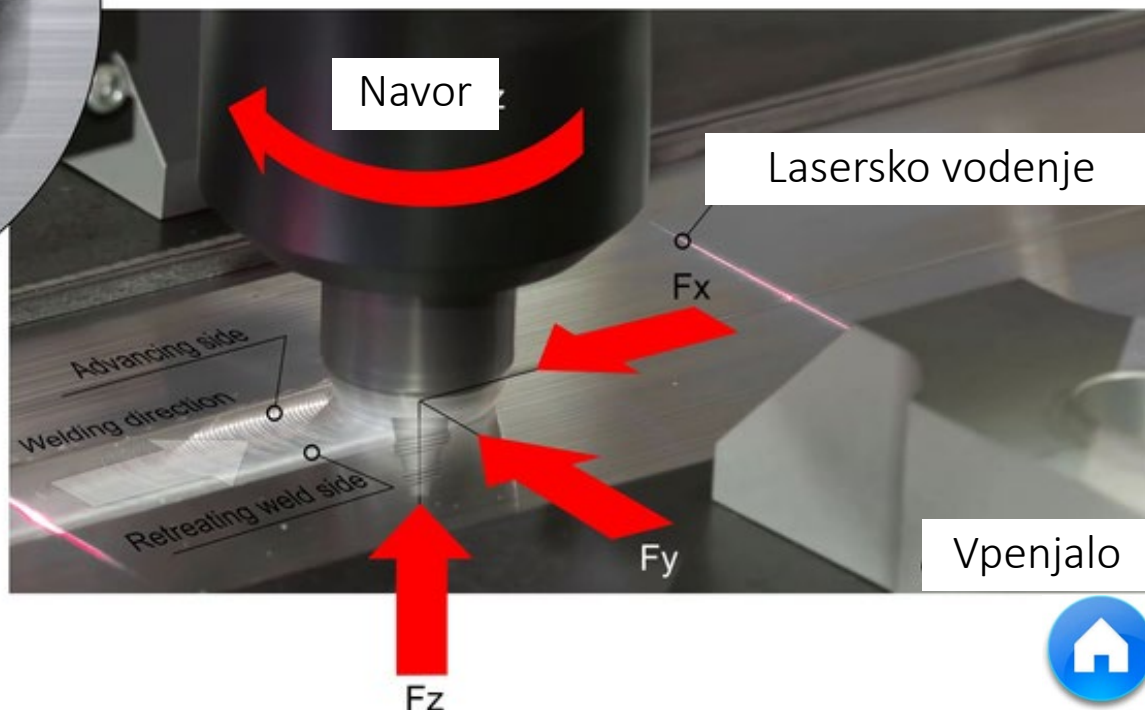
## 11.1.4 Oprema za zagotavljanje sile



Zahtevna tema FSW je, da ima stroj sposoben **podpirati visoke obremenitve** ki nastanejo med postopkom varjenja, ki se v veliki meri odvisno od **materiala pina** in **debeline** od obdelovancev.

ustrezne obremenitve Svet na FSW stroju:

1. aksialna sila ( $F_z$ ),
2. premikanja sila ( $F_x$ ),
3. stranska sila ( $F_y$ ),
4. navor ( $M_z$ ).



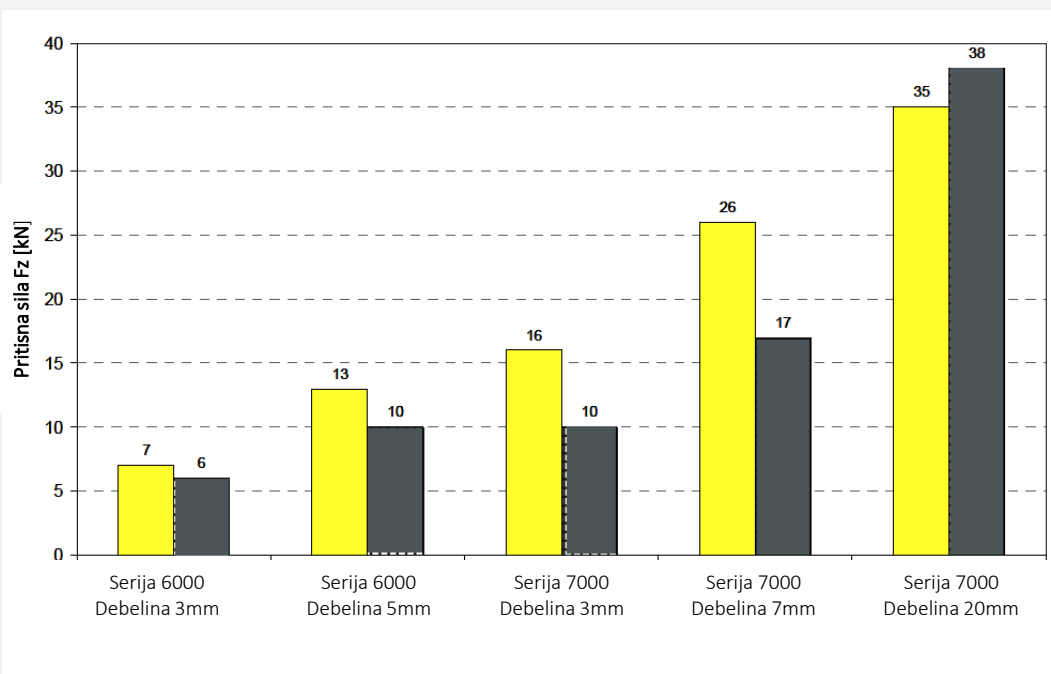
# Oprema za zagotavljanje sile

Oсна sila ( $F_z$ )	Stranska sila ( $F_y$ )	Vzdolžna sila ( $F_x$ )	Navor ( $M_z$ )
<p><b>osna sila</b> je eda izmed Glavnih parametrov postopka. To zagotavlja trenje med orodjem FSW in obdelovancev in tudi mešalne sile, potrebne za pridobitev dobrega oblikovanja zvarov.</p> <p>Toplota, proizvedena v postopku FSW je neposredno odvisno od osne sile.</p>	<p><b>Stranska sila</b> (Radialna sila) Rezultati zaradi asimetrije sil FSW z vrtenjem orodja povzročajo visoke stranske sile.</p> <p>Napredovalna stran je mehkejša in zato se manj upira. Ta sila je usmerjena v smeri k napredujočio strani vara.</p>	<p><b>vzdolžna sila</b> se proizvaja z odpornostjo materiala na gibanje orodja vzdolž skupnega zvara (to je nasproti na smer varjenja).</p>	<p><b>navor</b> ohranja torno silo med orodjem FSW in obdelovancem. Zagotavlja material med mešanjem in pri formaciji zrana.</p>



## Oprema za zagotavljanje sile

Sila  $F_z$  se ne vzpostavi sam in njegova največja vrednost je odvisna od procesnih parametrov. Ponavadi je sila  $F_z$  višja od ostalih sil.



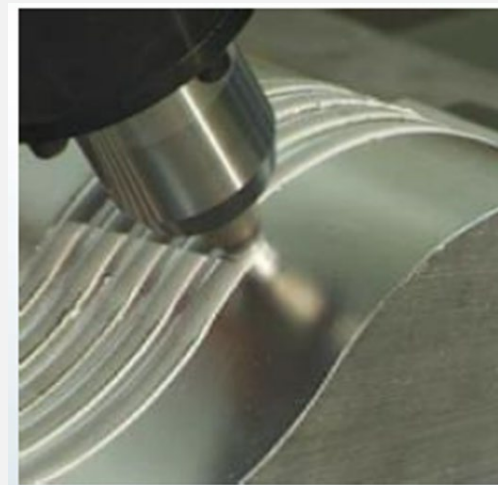
- Največji skok sile je mogoče zmanjšati z zmanjšanjem hitrosti potopite ali z dodajanjem luknje pred potapljanjem.
- Za konfiguracijo, varjenje 7000 serije aluminija vrsto 20mm, je zajela faza poteka s pomočjo izvrtine.
- Zajela sila je treba upoštevati za kvalifikacijo strukture [24].

Primerjava med maksimalnim potapljanjem sile in uporabljeno varjenje sile [24]



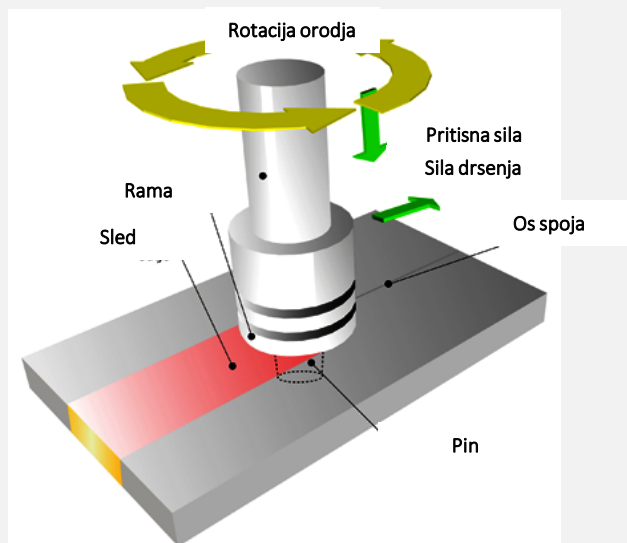
## Sistem za nadzor 11.1.5

- Vsi stroji so pod kontrolirani z uporabo najkasneje PLK tehnologije (Programabilni logični krmilnik). To omogoča regulacijo položaja osi in hitrost stroja. Stroj je treba nadzirati, nežno in natančno.
- nadzor Z-osi deluje bodisi na krmiljenju položaja ali na krmiljenju niza sil.
- HMI vmesnik ima menijski zaslon na dotik in je posebej zasnovan za FSW. To je vmesnik za nastavitve procesnih parametrov, varilne poti kot tudi najpogostejših parametrov stroja. Prav tako zagotavlja spremljanje stanja procesnih parametrov, alarmov in sistemov.



## Sistem za nadzor 11.1.5

- Krmilnik dolžine pina – Regulira dolžino relativno na ramo
- Krmilnik pritisne sile – zaznava pritisno silo ob varjenju
- Pozicijski senzor – senzor zaznavanje trenutne pozicije rame
- Regulacija varilnega toka in signala na robu zvara
- Regulacijski sistem za natančno regulacijo globine in lokacije mešalne glave

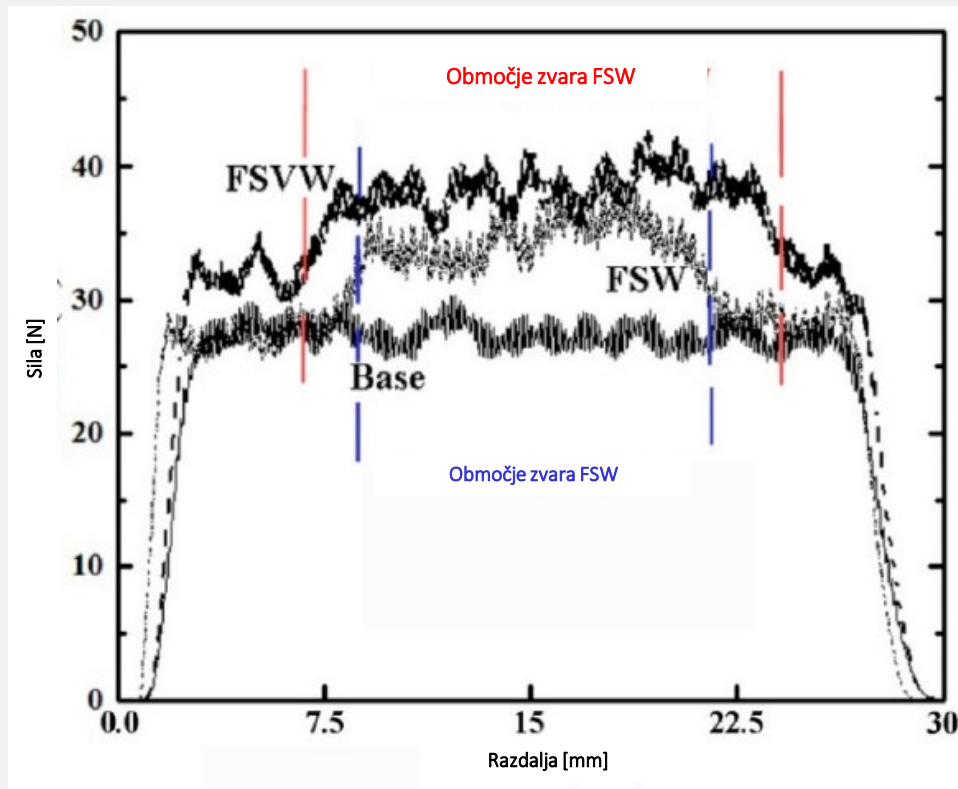
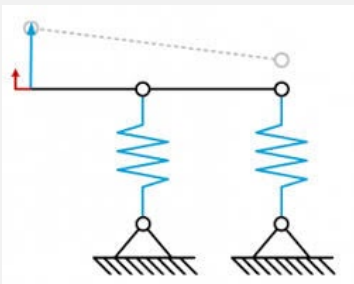


## 11.1.6 Togost in sposobnost natančnosti

To je sposobnost FSW opreme da vzdrži obremenitve ne da bi se deformirala ali odklonila.

Ko FSW stroj deluje z **nizko togostjo**, FSW orodje odstopa od želene varjene poti, in **močno vpliva na kakovost zvarov**.

Poleg tega stroji z nizko togostjo ponavadi povzročijo **pretirane vibracije** kar lahko privede do procesne nestabilnosti FSW.



## 11.1.7 zaznavanja sposobnosti

- **Regulacija stroja** vpliva na **sposobnost** zavedanja nekaterih **pojavov**, ki se pojavljajo v zvarnem spoju, Tj vrednosti **neposrednih** in **posrednih spremenljivk varjenja** vpletenih v FSW proces, ki odražajo razvoj varjenja materiala in posledično nastanek zvara.
- **Neposredne varilne spremenljivke** varilni parametri, ki lahko vplivajo na neposreden način ( vrtilna in potovalna hitrost, kot nagiba in zunanji dovod toplote)
- **posredne spremenljivke** vse tiste spremenljivke, ki jih ni mogoče upravljati na neposreden način, so odvisne od drugih spremenljivk. Ta skupina spremenljivk je sestavljena iz obremenitev, ki sodelujejo v procesu varjenja (**osne sile, prečne sile, stranske sile in navora**). V področju varjenja je **mešanica osnovnega materiala** in **mešanica materialnih zmesi**.



## 11.1.8 Sposobnost odločanja

metode nadzora lahko izvajamo v sistemu nadzora opreme, da bi **omogočili postopek samodejnega prilagajanja**.

Podatki, iz senzorjev (vrednosti iz neposrednih in posrednih spremenljivk) se uporabljajo kot **povratne informacije** v nadzoru sistema.

Zato, posredno spremljane spremenljivke približajo vrednosti k želenim, v katerih FSW proces zagotavlja dobre kakovosti zvarov.

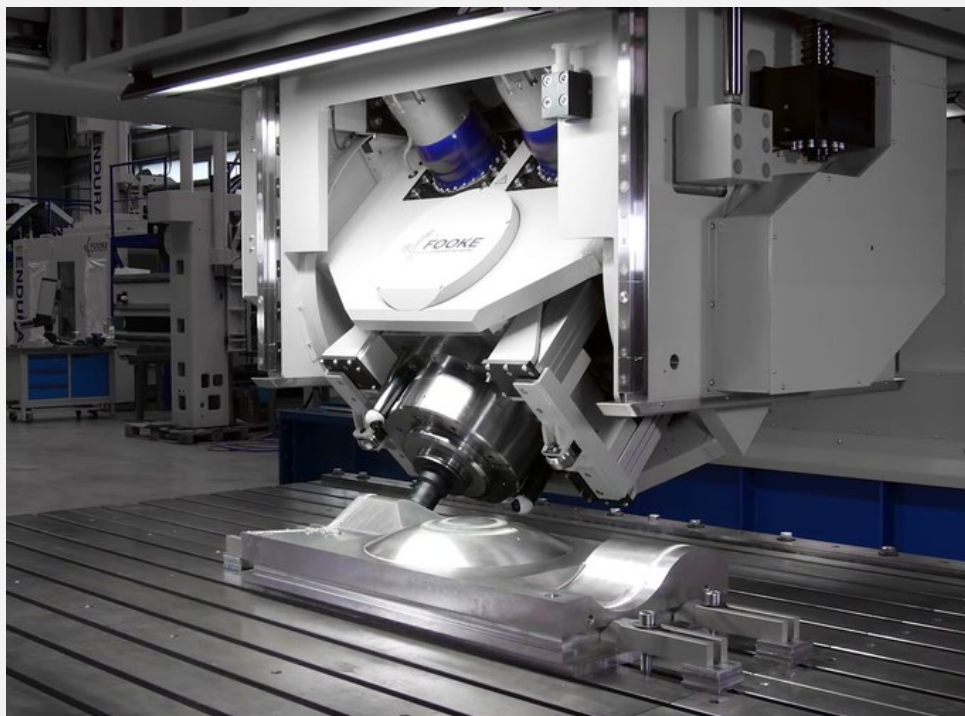


## 11.1.9 Sposobnost prilagodljivosti

- Prilagodljivost stroja omejuje **kompleksnost** varilne poti (Linearna/krivulja), ki se izvaja. Število osi (**prostorske stopnje - DOF**), ki jih ima stroj običajno določa togost stroja.
- Enodimenzionalno (1D) varjenje je najmanj zapleteno. Najpreprostejša različica tega stroja ima le dve osi.
- Dvodimenzionalno (2D) varjenje zahteva več prožnosti, ne samo za premikanje funkcije FSW skozi obe smeri, ampak tudi za **ohrani dela in potovalnega kota**.
- Tridimenzionalno (3D) varjenje je najbolj zahtevno v fleksibilnosti. **Stroj za izvedbo najpreprostejših 3D poti mora imeti vsaj pet osi**. Številne aplikacije zahtevajo več zvarov v različnih smereh, ki povečujejo zahteve po prožnosti stroja.

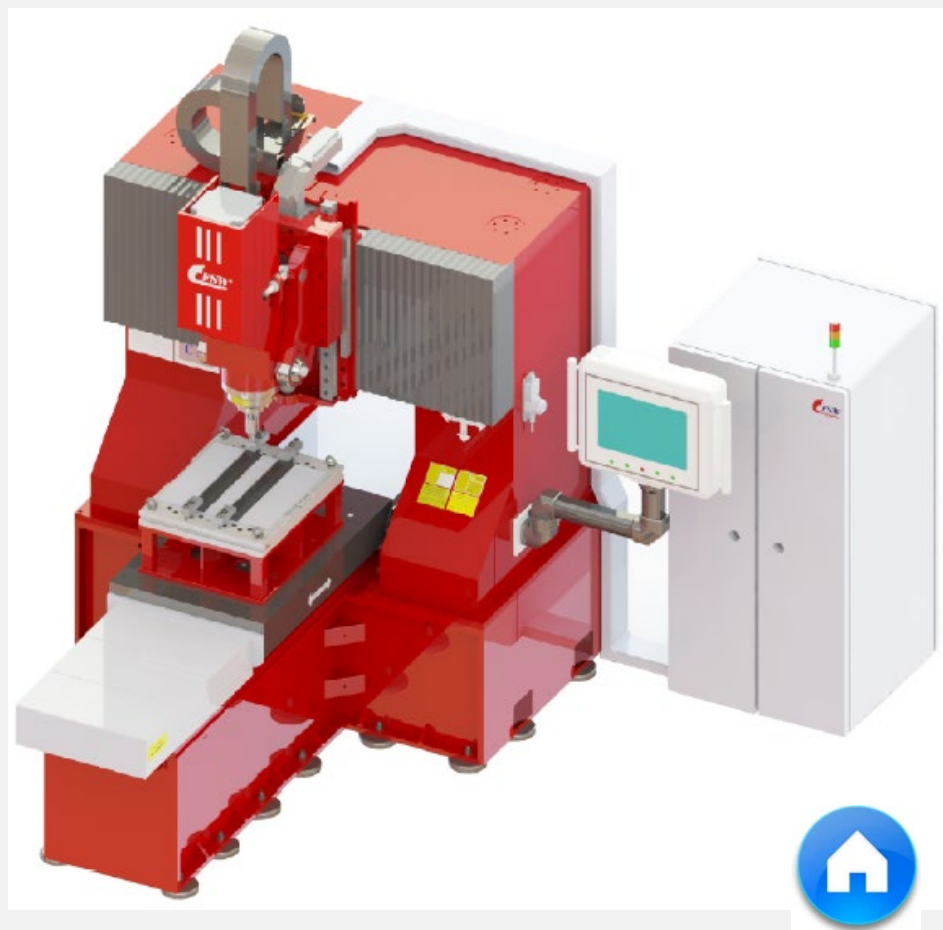
## Sposobnost prilagodljivosti

- Prilagodljivost stroja omejuje **kompleksnost** varilne poti, ki se izvaja (Število osi).



## 11.2 Oprema in Sestavni deli

- tog okvir
- Močne in hitre komponente gibanja
- Napreden nadzor systemskega orodja (CNC)
- 5 osi za 3D zvarne poti
- Položaj in nadzor sistema sil
- Sistem za evidentiranje in spremljanje parametrov varjenja
- FSW glave s klekljano tehnologijo za varjenje debelejših delov
- Laser šiva rešitve za sledenje
- video sistem za spremljanje

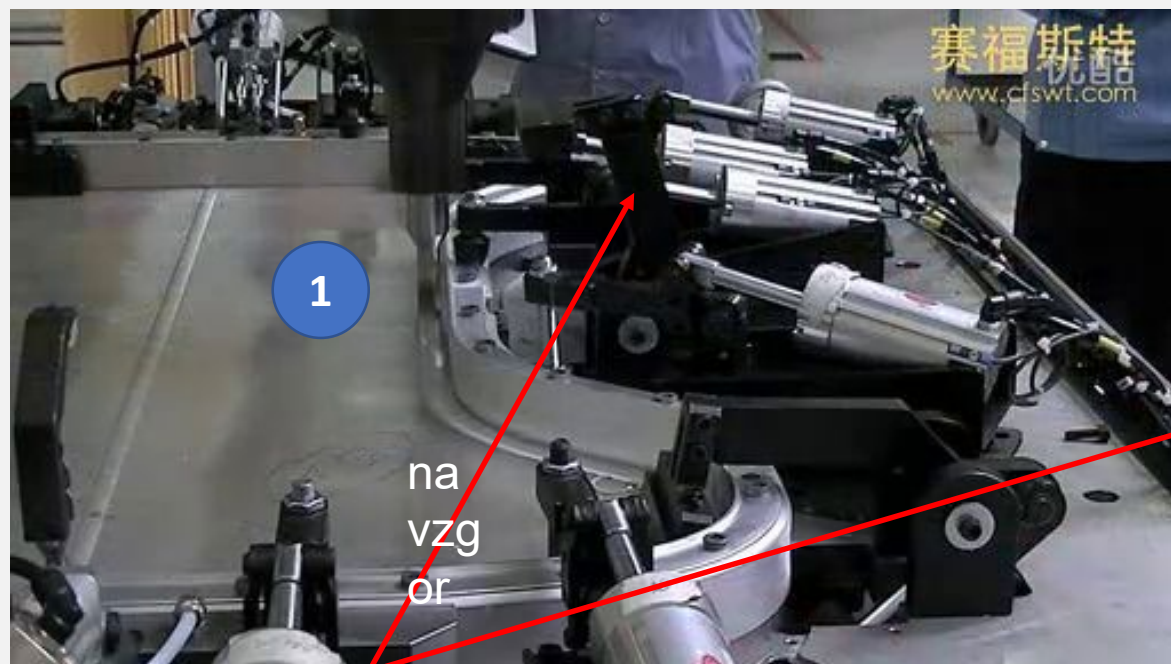


## 11.2 Oprema in sestavni deli

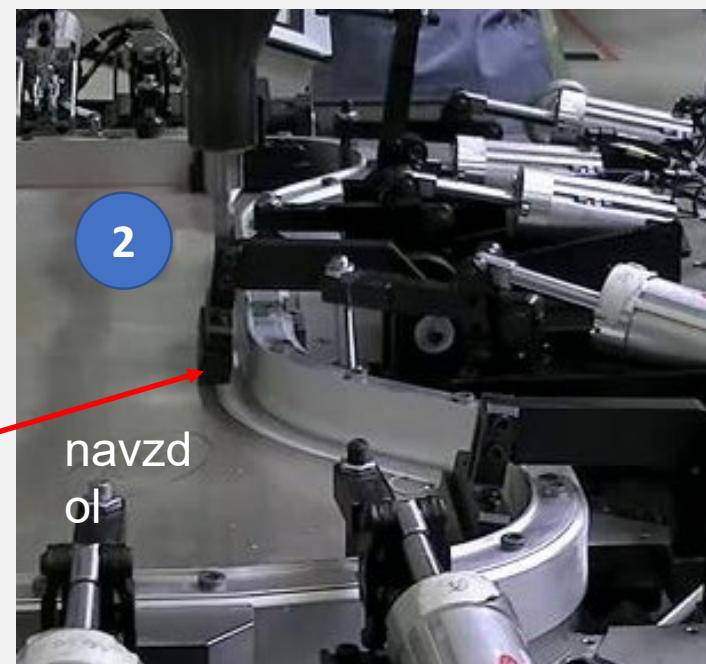
- Oprema je izdelana z **togega okvirja** za visoko zmogljivost v pogojih visoke obremenitve v delovnem območju (premiku varilne glave) od 1 do 5 metrov. Obsega **težke ležaje** in varilno potovalno glavo, ki se aktivira s pomočjo vijačnega sistema.
- **Hidravlično aktivirane varilne glave**, omogočajo visoke FSW sile, ki se uporabljajo in zmanjšuje potreben prostor. Pogoje kontaktne sile krmili s **PLC**, Ki zagotavlja varilne parametre v odprti zanki.
- **vreteno pogonja** z AC-motorjem, ki zagotavlja navor in vrtenje potrebno za predvidene namene. Tekoče hlajenje je predvideno za zmanjšanje obrabe komponent vretena in samega orodja.



## 11,2 Vpenjalni sistem

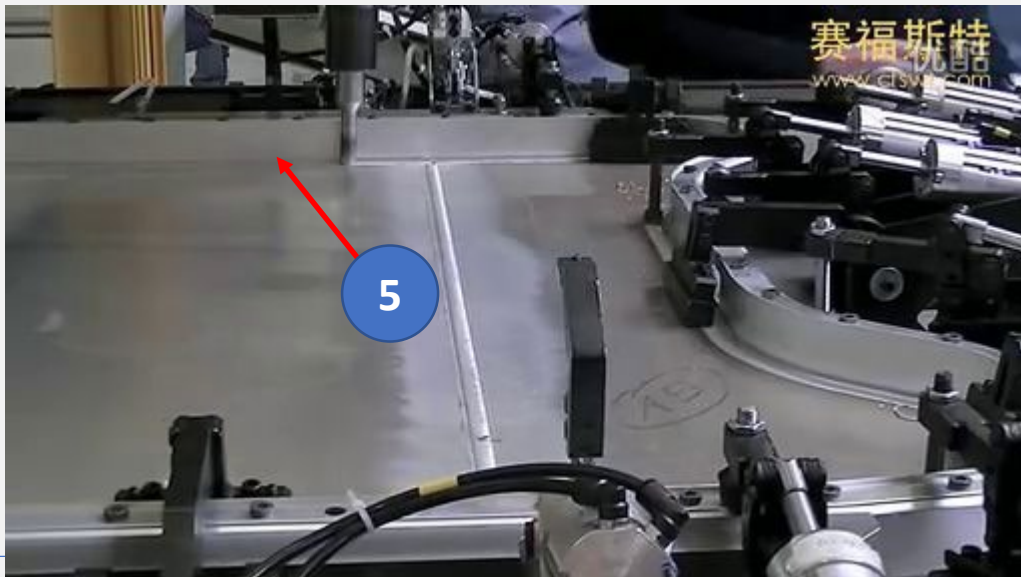
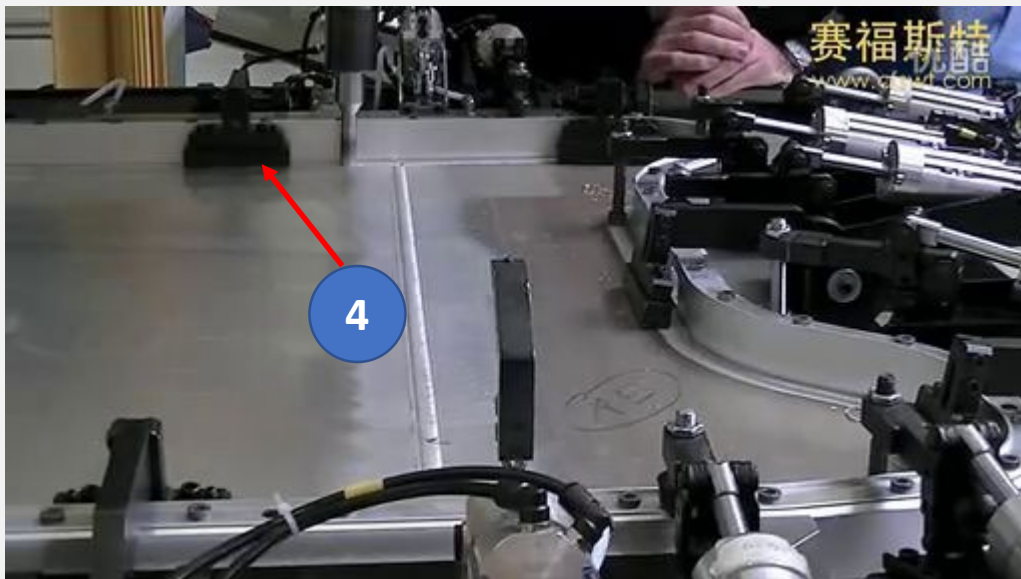
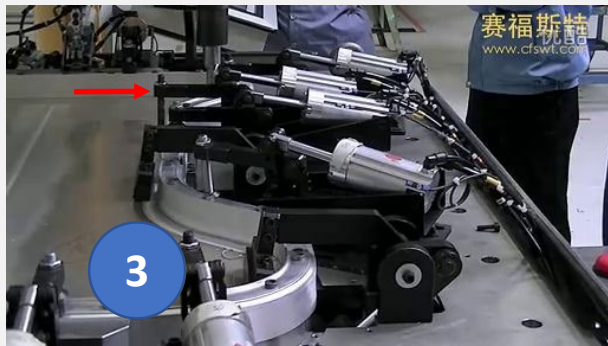
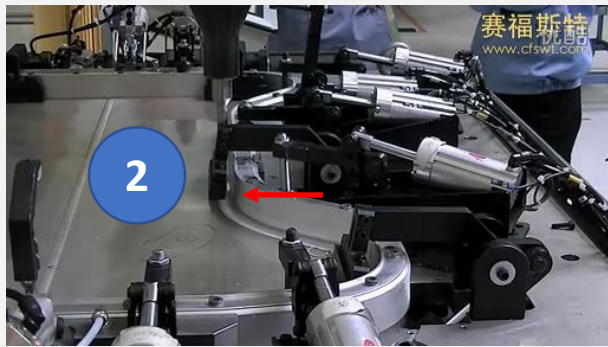
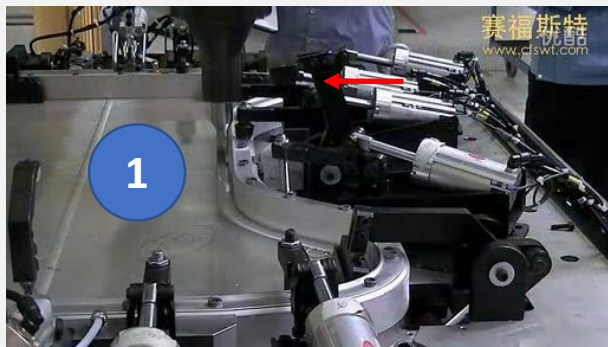


Napredne **vpenjalne sisteme** lahko nastavljamo glede na položaj orodja. Vpenjalni čevlji so odpravljeni in samodejno temeljijo na položaju FSW orodja. To je mogoče storiti s pomočjo senzorjev bližine ali s programsko kodo.



Pnevmatski ukrep / nadzor nad sistemom vpetja s številnimi čevlji, ki ga zagotavljajo ustrezne komponente ogrodja.

## 11,2 Vpenjalni sistem



## 11,2 Vpenjalni sistem



Plošča za adsorbcijo vakuma

## 11,2 Vpenjalni sistem

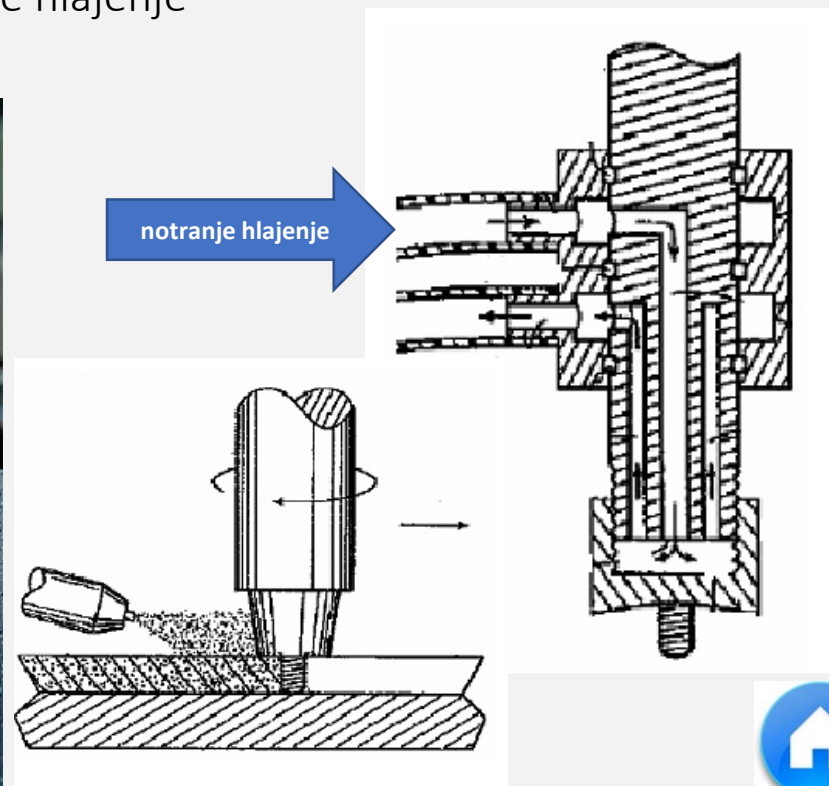
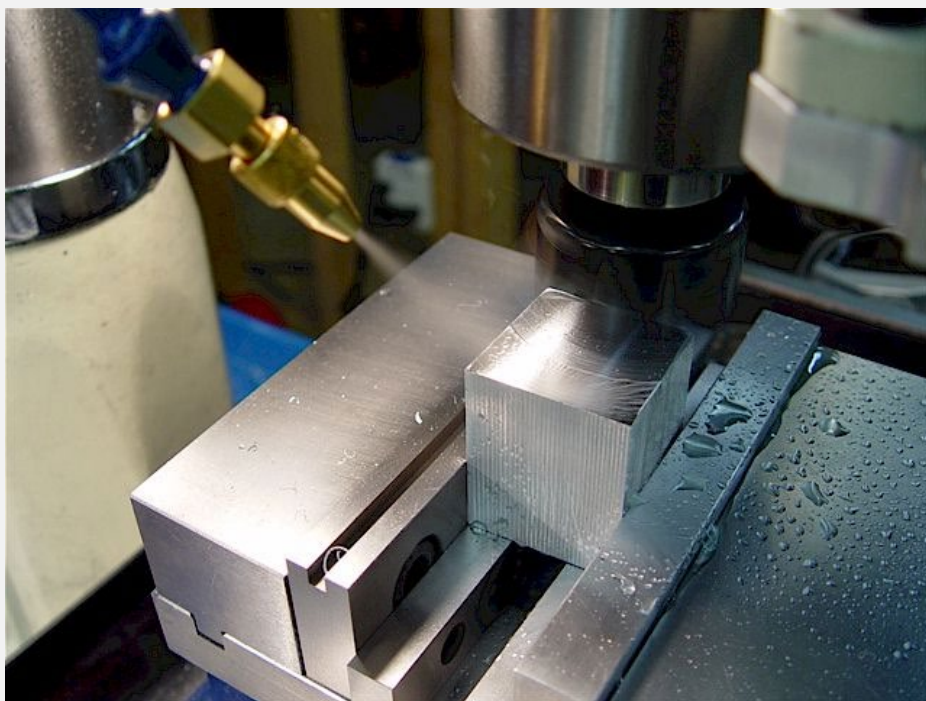


Zračni vpenjalni sistemi

## 11.4 Hladilni sistem

- stopnja hladilne tekočine 0,01 Gpm za neposredno hlajenje
- stopnja hladilne tekočine 0,1 Gpm za notranje hlajenje
- hladen zrak ali plin razpršimo v plavuti

Gpm - gallon na minuto  
1 GPM = 3.78 litrov na minuto

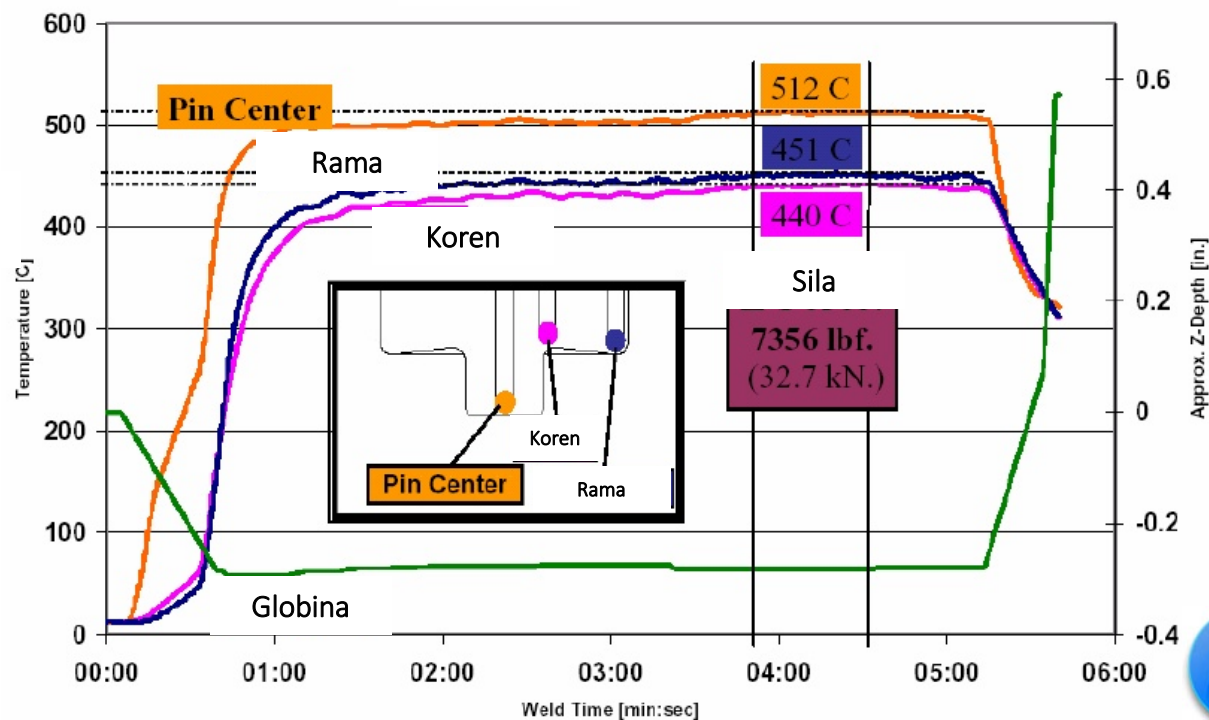


## Distribucija toplote po orodju

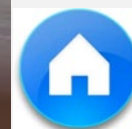
Temperatura na vstopu je bila višja kot temperatura na površini

H13 AL 7075

Parametri: 500 RPM, 5.3 ipm



## Sistem 11.4 Laser za sledenje



## 11.5 Stroški proizvodnje tekočin

V smislu stroškov je to vprašanje odvisno od **velikosti** FSW stroja. Če menimo, da je majhen robot, ki ima majhno mizo, na kateri bodo varjene osebki, bi bila cena okoli 100.000 evrov, in če bomo razpravljali o veliki opremi lahko cena doseže do 3-4 milijonov evrov.

Pri izbiri naprave za FSW je treba upoštevati:

- o velikost obdelovanca,
- o proizvodni volumen,
- o sile, ki sodelujejo v FSW,
- o sistem togosti,
- o sposobnost natančnosti,
- o zaznavanje sposobnosti,
- o sposobnost odločanja,
- o sposobnost prilagodljivosti.

### Specifikacije stroja FSW

#### Parameter

Meja vrtljajev	0 - 3000 rpm
Potovanje v z-osi	0 - 1500 mm/min
Potovanje v x-osi	0 - 3000 mm/min
razpon z-osi	500 mm
Največja višina varjenca	750 mm
Razpon x-osi	2000 mm
Razpon y-osi	2000 mm
Nagib orodja	0 - 5°
Obremenitev z-osi	0 - 30 KN
Obremenitev x-osi	0 - 20 KN
Navor	0 - 80 N-m



Predložitev FSW na podu,  
Vendar pa ni niti preprosto niti brezplačno  
tveganje. Uspešno izvajanje tega  
pospešuje proces razvoja potrebna precejšnja  
procesno znanje, načrt zvok razvojin zanesljiv,  
tehnološko napredne opreme..

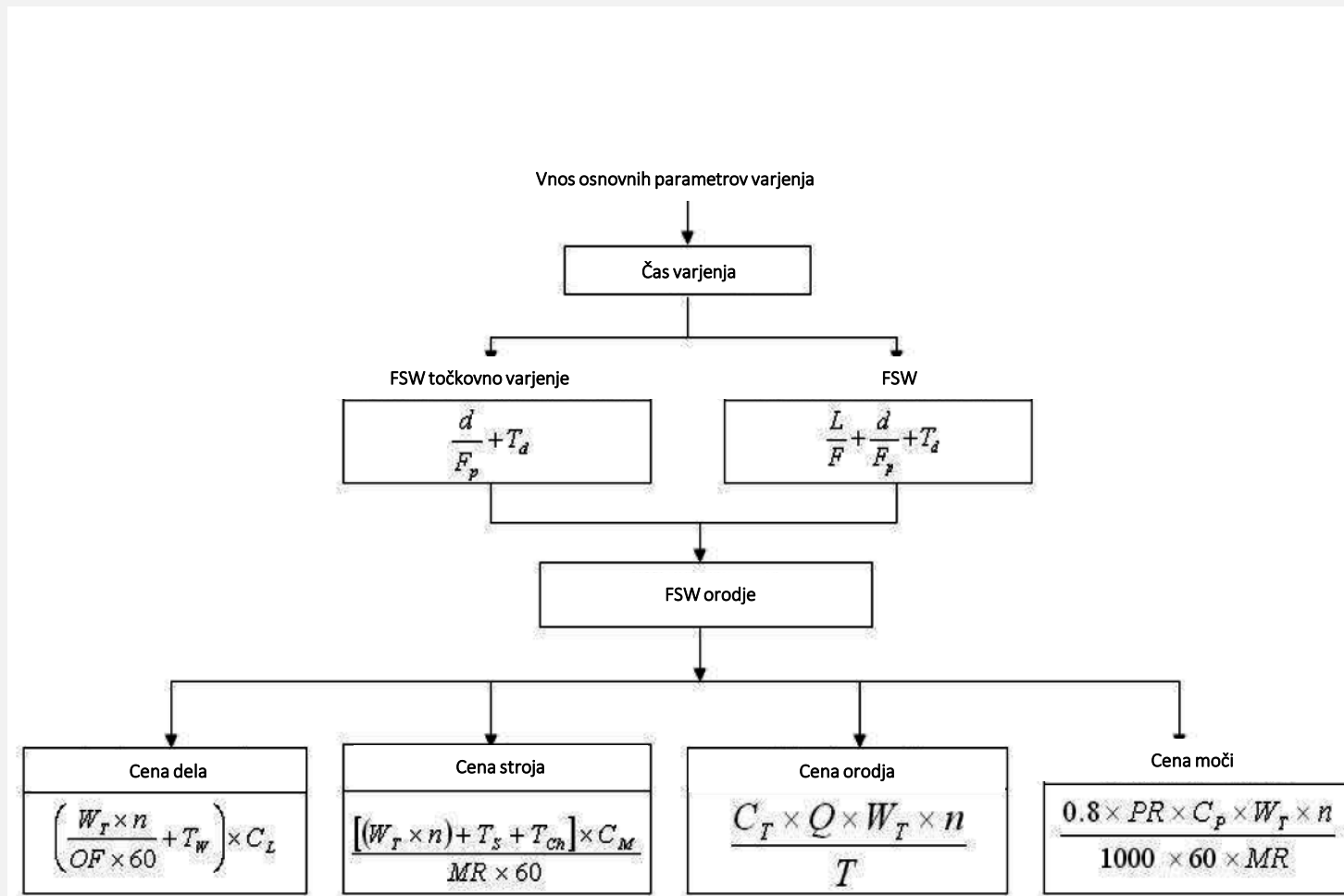


Pretehtane dejavnike, kot **proračunske omejitve, časovne omejitve** in raven vaše organizacije od FSW **proces razvoja strokovnega znanja.**

ISTIR™ FSW varilne rešitve [18].

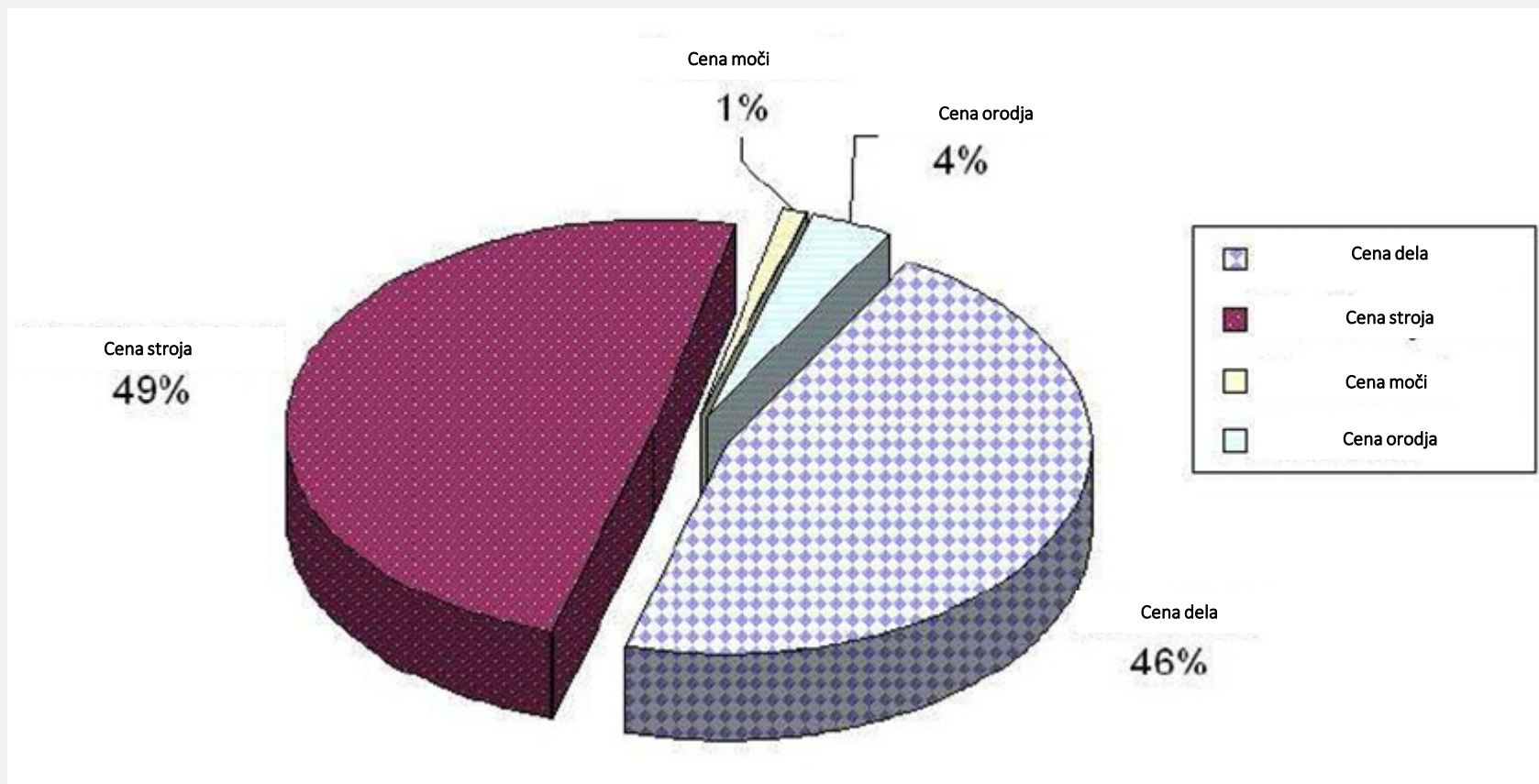


## 11.5 Proizvodni stroški



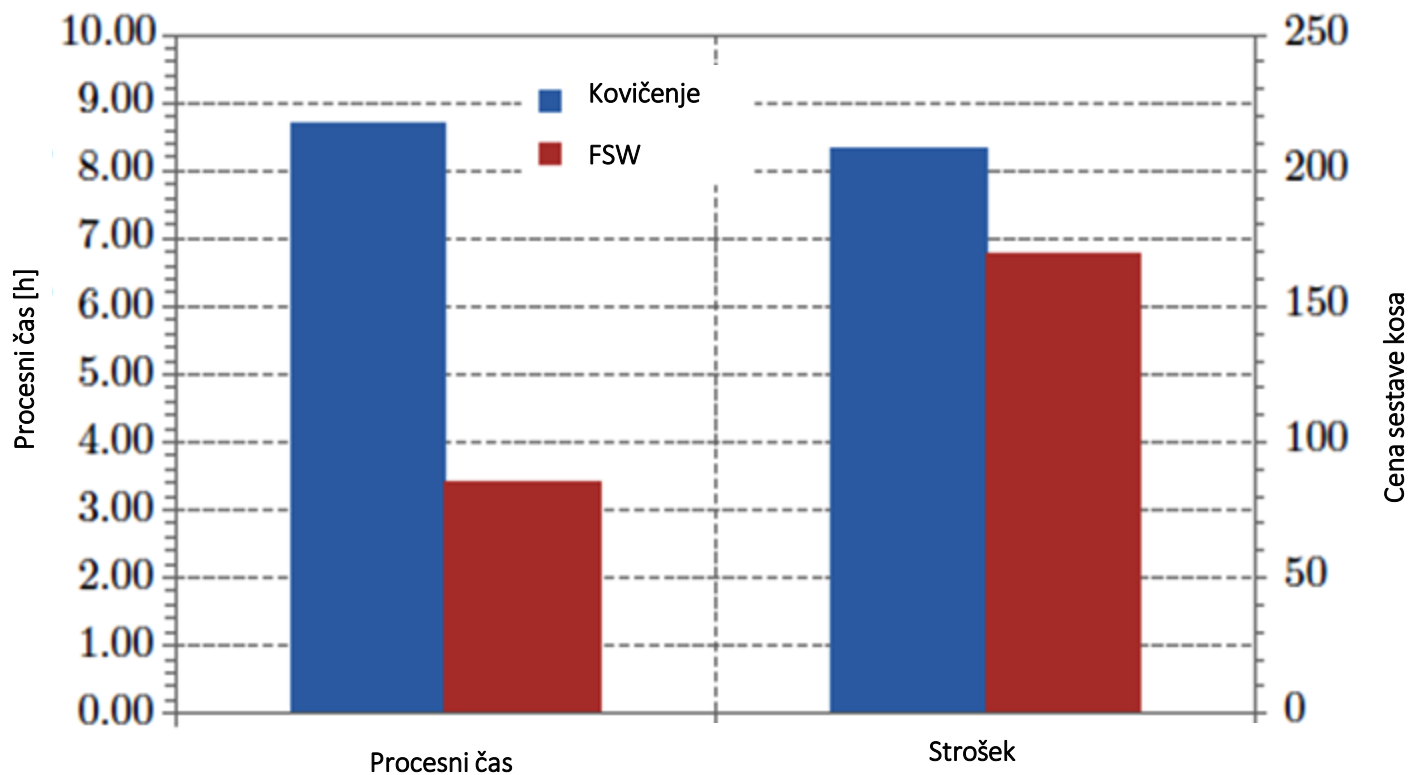
### Pretok in različni stroški v stroškovnem modelu FSW [15]





Porazdelitev stroškovni elementi FSW postopka [15].

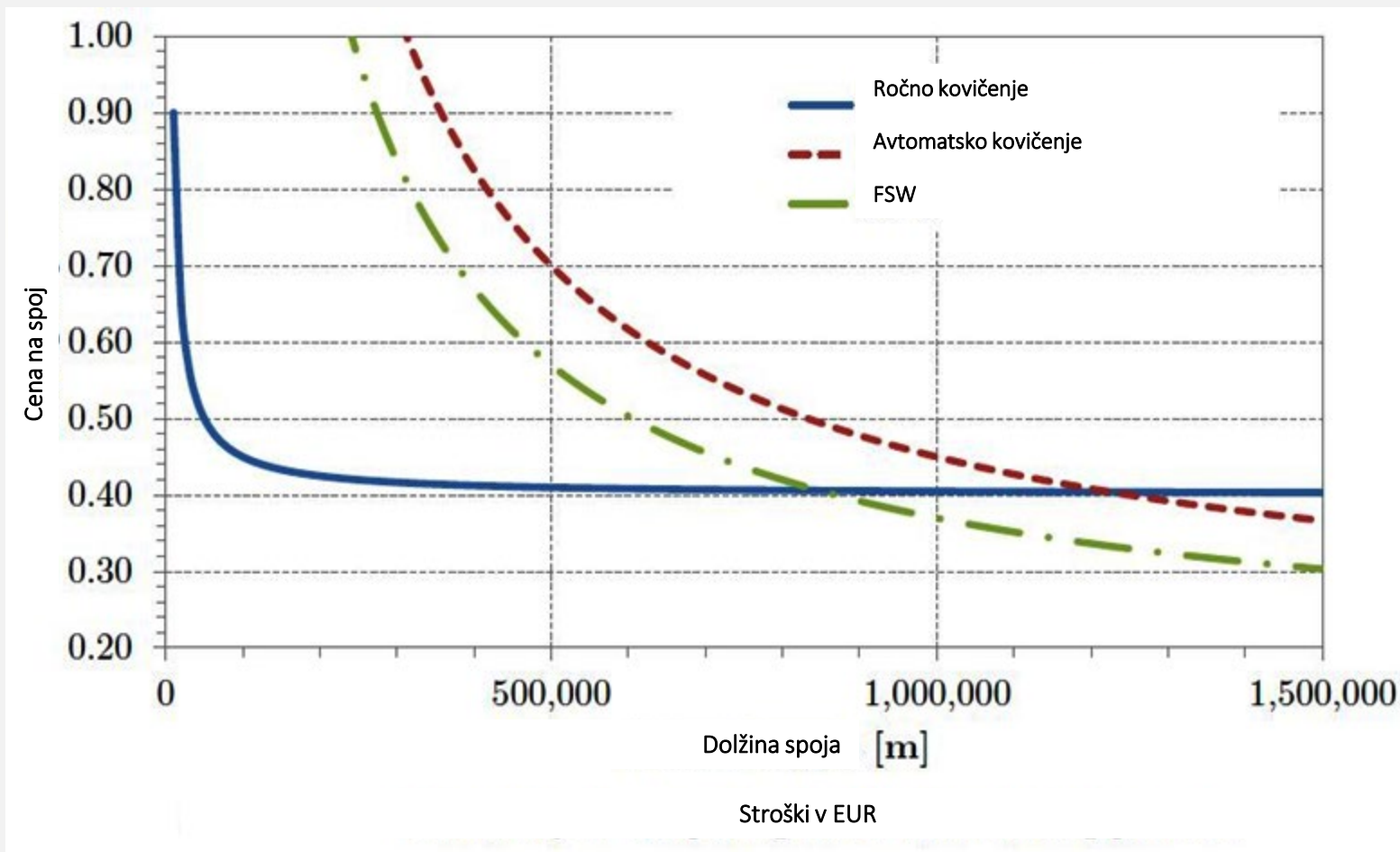




Primerjava procesnega časa in stroškov pri FSW in kovičenju

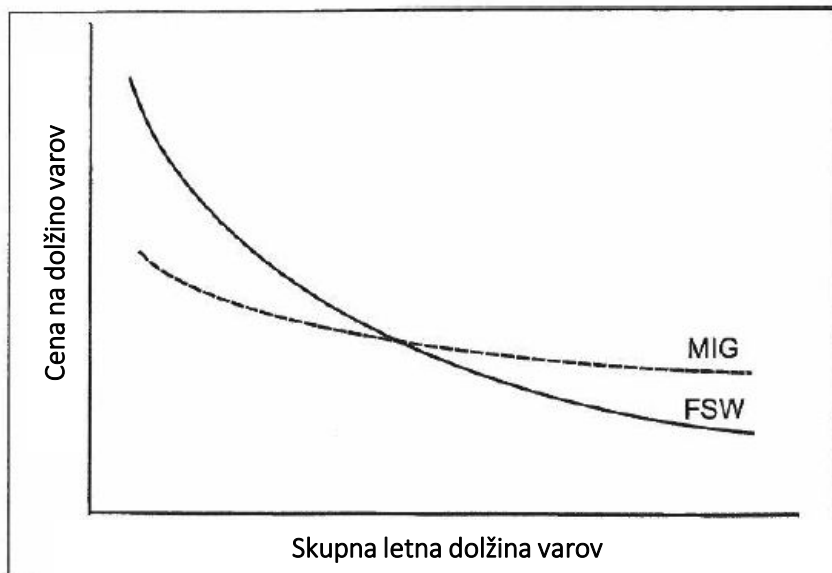
## FSW Varjenje - čas procesa in stroški [14].



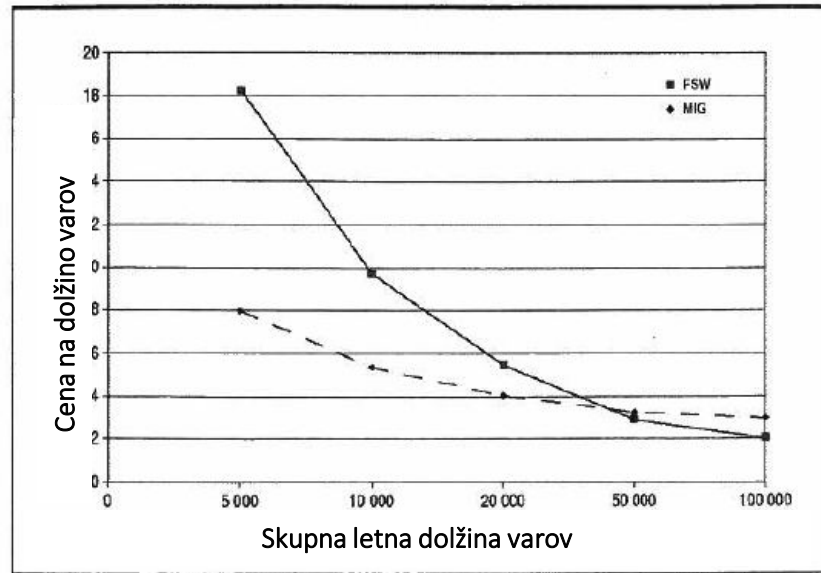


### FSW Varjenje - čas procesa in stroški [14].





MIG vs FSW na letno dolžino varov

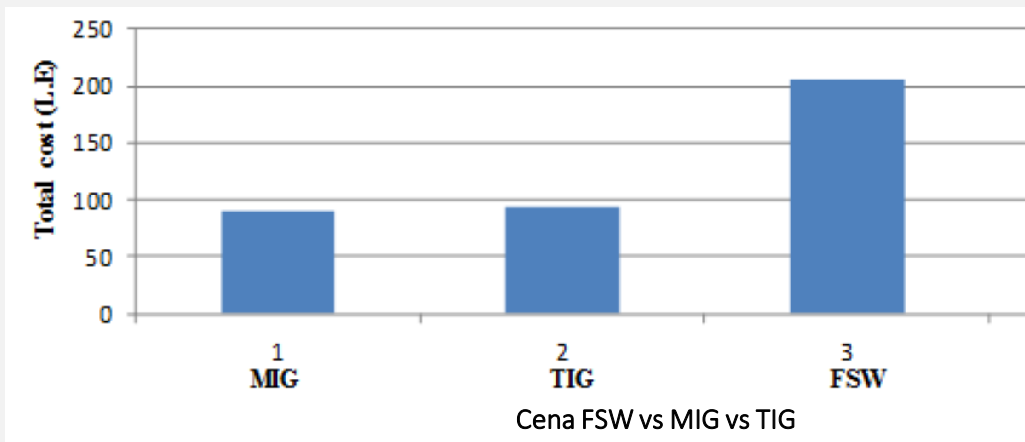


MIG vs FSW na letno dolžino varov

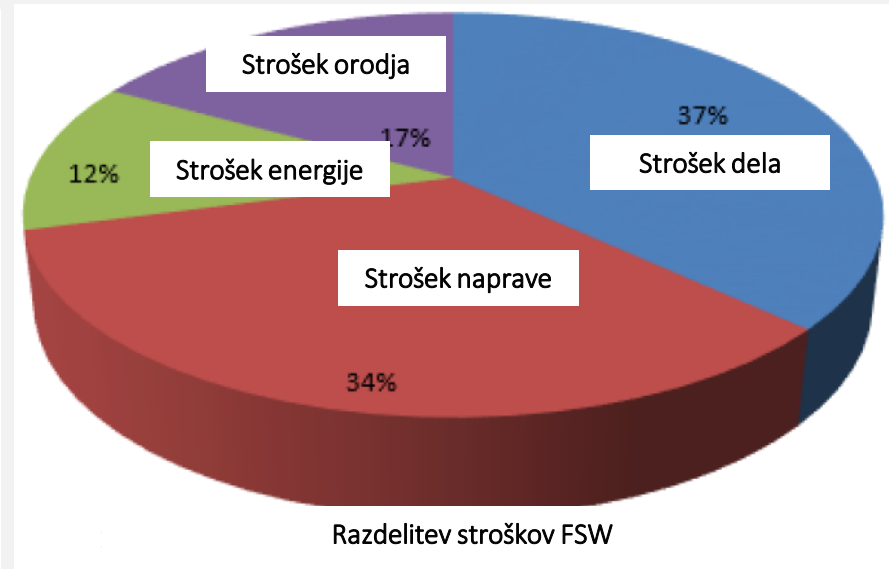
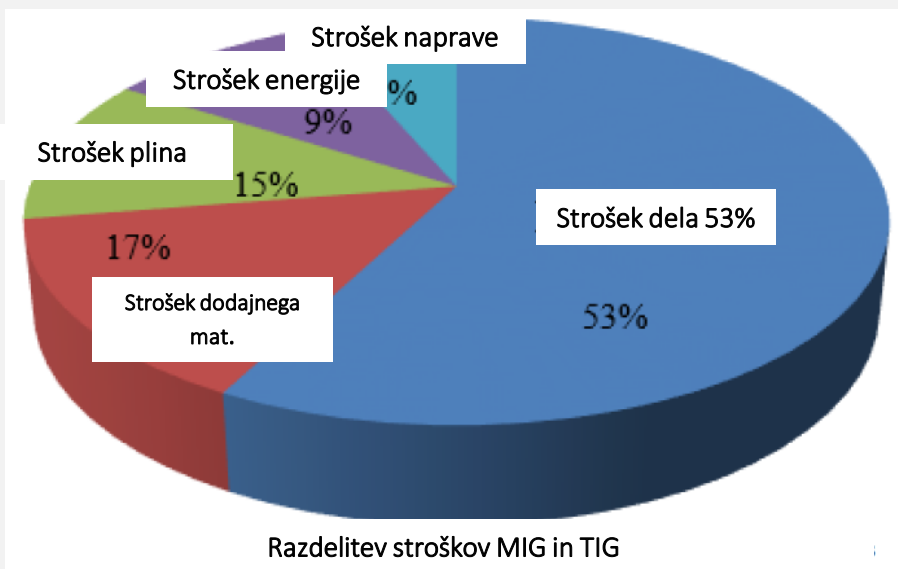
[10] Stroški Primerjava FSW vs MIG varjenje aluminij plošče

## FSW vs MIG - stroški postopka [10]

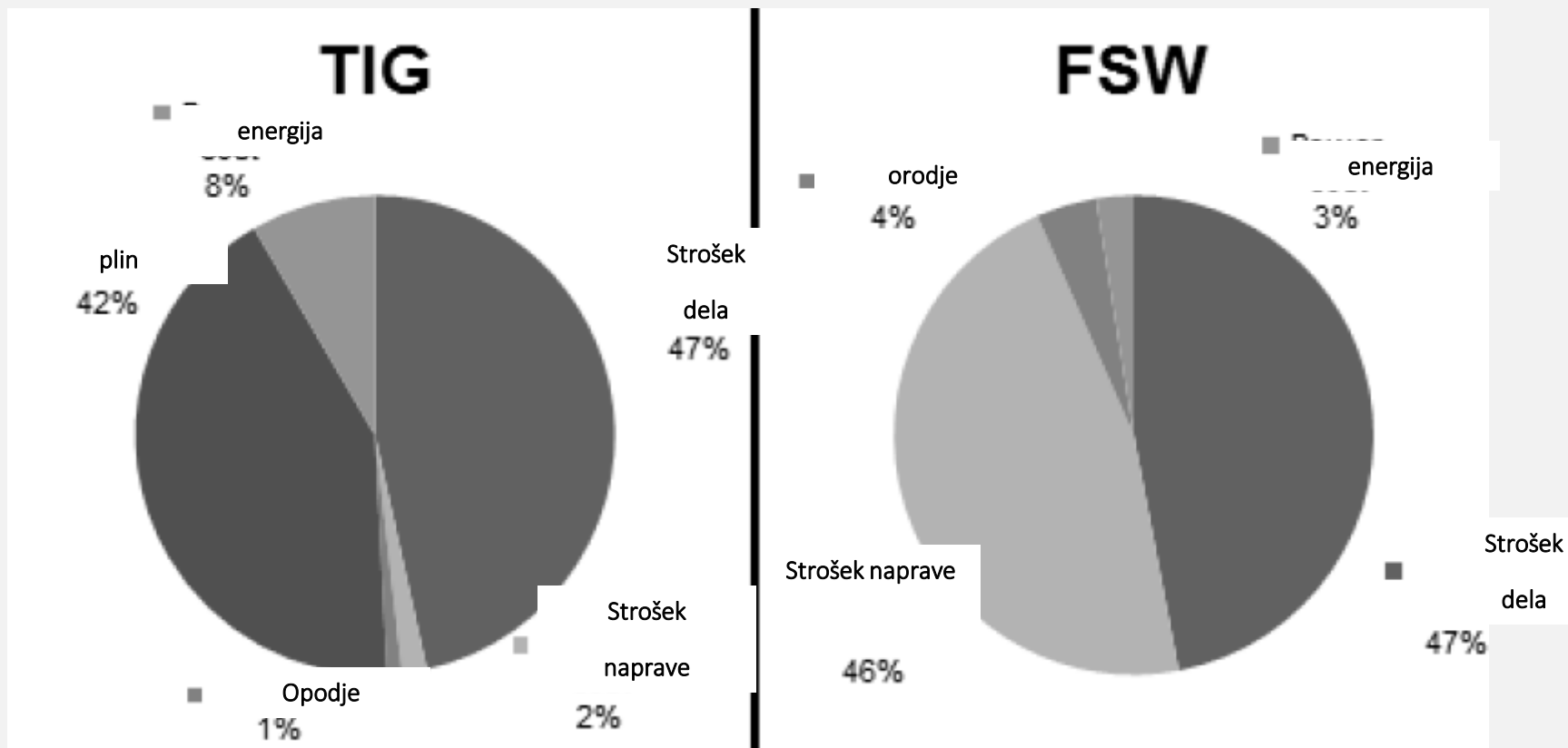




[16] Primerjava med FSW, MIG in TIG podlagi celotnih stroškov ocenjevanju za aluminij cevi



### MIG in TIG vs stroški FSW- postopka [16]



**[17] TIG vs FSW stroški pri drugi aplikaciji**

## 11.6 Zahteve za vgradnjo FSW sistema

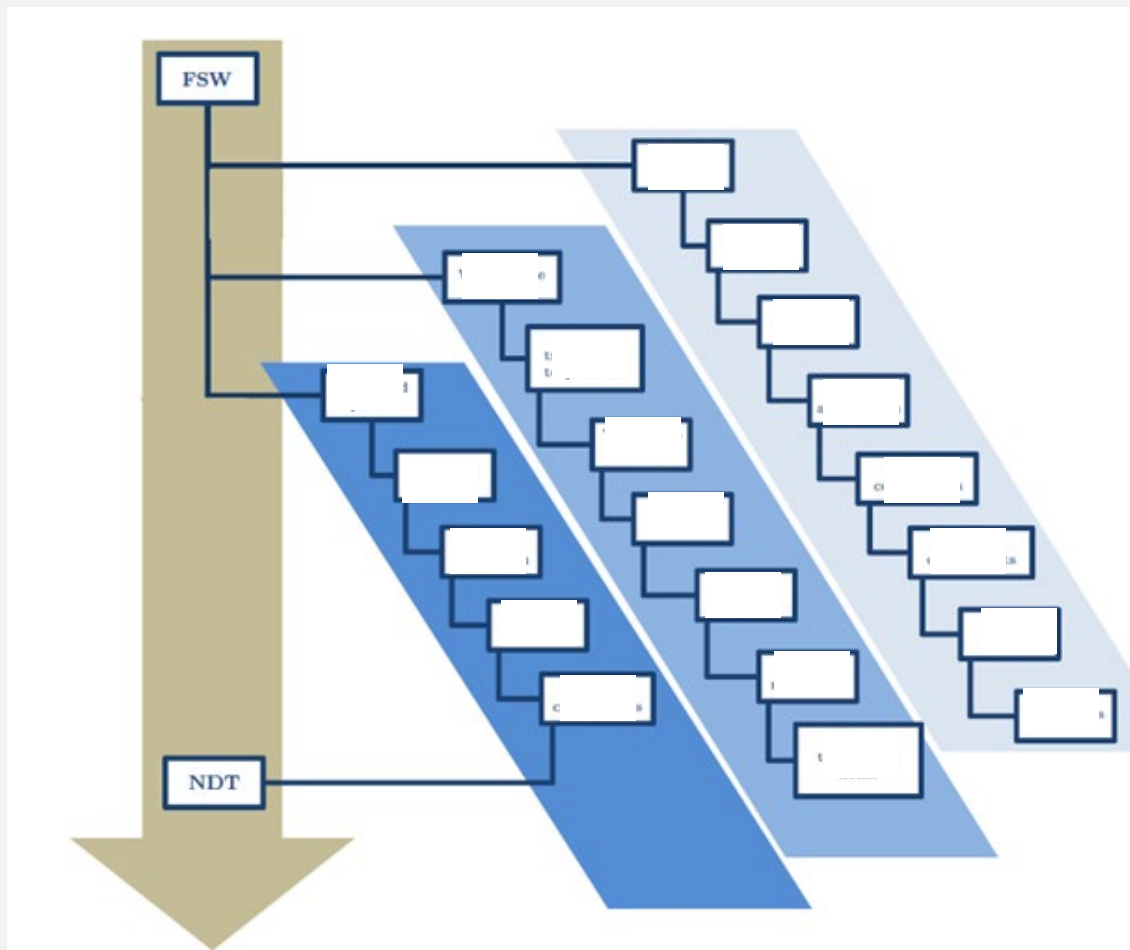
- FSW Vgrajujemo predvsem pri velikoserijskih aplikacijah in pri varjenju zahtevnih raznorodnih kombinacij materialov:
- v ladjedelništvu
- v železniškem sektorju
- v proizvodnji avtomobilskih mehanskih component
- druge visokotehnološke industrije



## Primeri aplikacij FSW

- **v ladjedelništvu:** Plošče za palub, na obeh straneh, pregrade in tla, luščine in nadgradenj, pristajalne ploščadi in helikopterjev, off-shore nastanitve, drogovi in žlebov, hladilne naprave itd
- **v železniški sektor:** Visoke hitrosti vlakov, vozni park železnic, podzemnih vagonov, tramvajev, železniških cistern in blaga waggons, kontejnerskih organov, streho in talne plošče.
- **v proizvodnji avtomobilskih mehanske komponente:** prikolica tramovi, kabine in vrata, spojlerji, prednje stene, zaprto telo ali zavese, spusti stranske stene, okvirji, tla, odbijači, podvozje, klimatska vsebnikov delov motorja sisteme zračnega vzmetenja za čiščenje šasija gorivu in, pogonske gredi motorja in.
- **drugi visokotehnološke industrije:** poleti, vesoljska vozila, jedrske elektrarne ...

## 11.6 Zahteve za vgradnjo FSW sistema

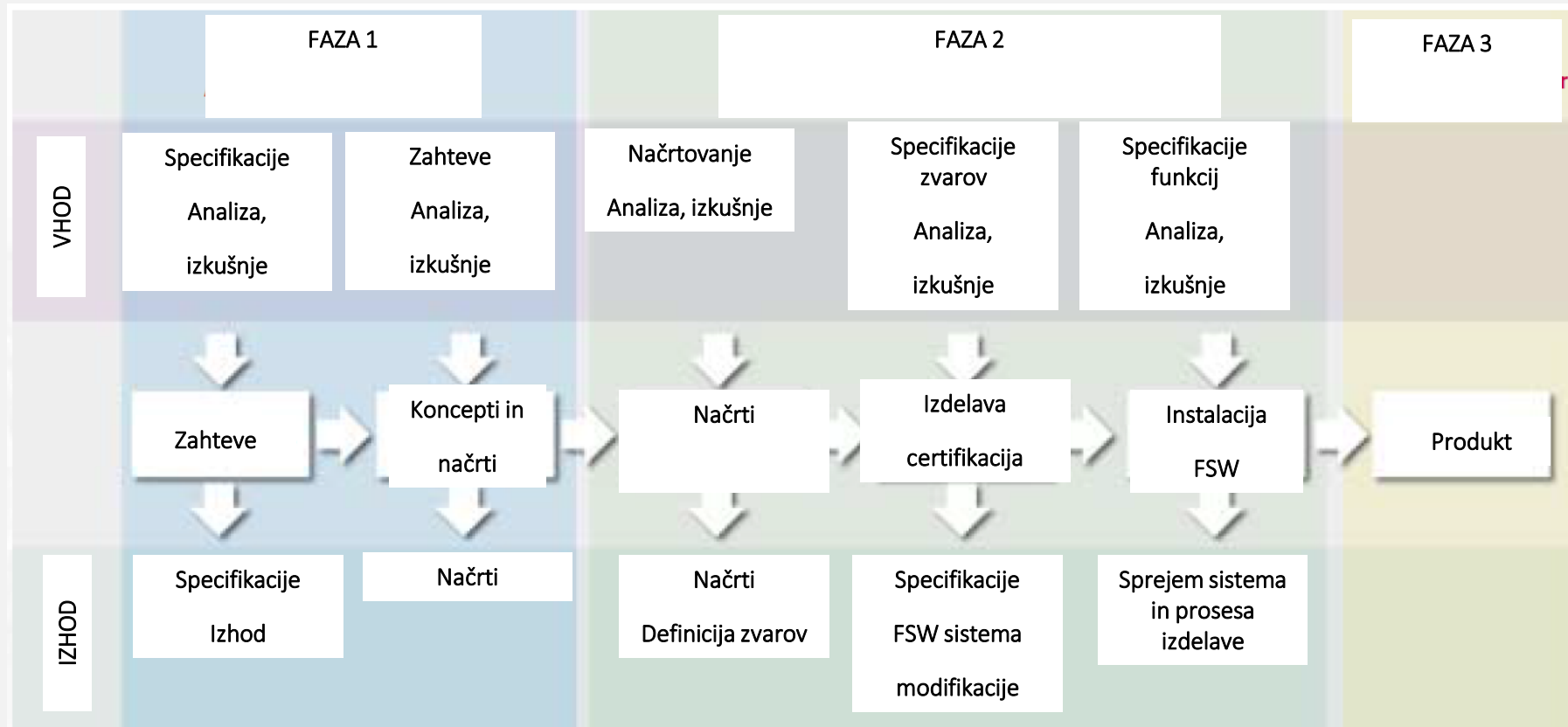


Faze in podpostopki FSW procesa [14]



(c) Airbus A350 XWB, 2013





## FSW Proizvodnja Izvajanje [18]

[18] postopen trifazni program, ki vam pomaga postaviti FSW v proizvodnji kot učinkovito in stroškovno učinkovito, kot je mogoče.

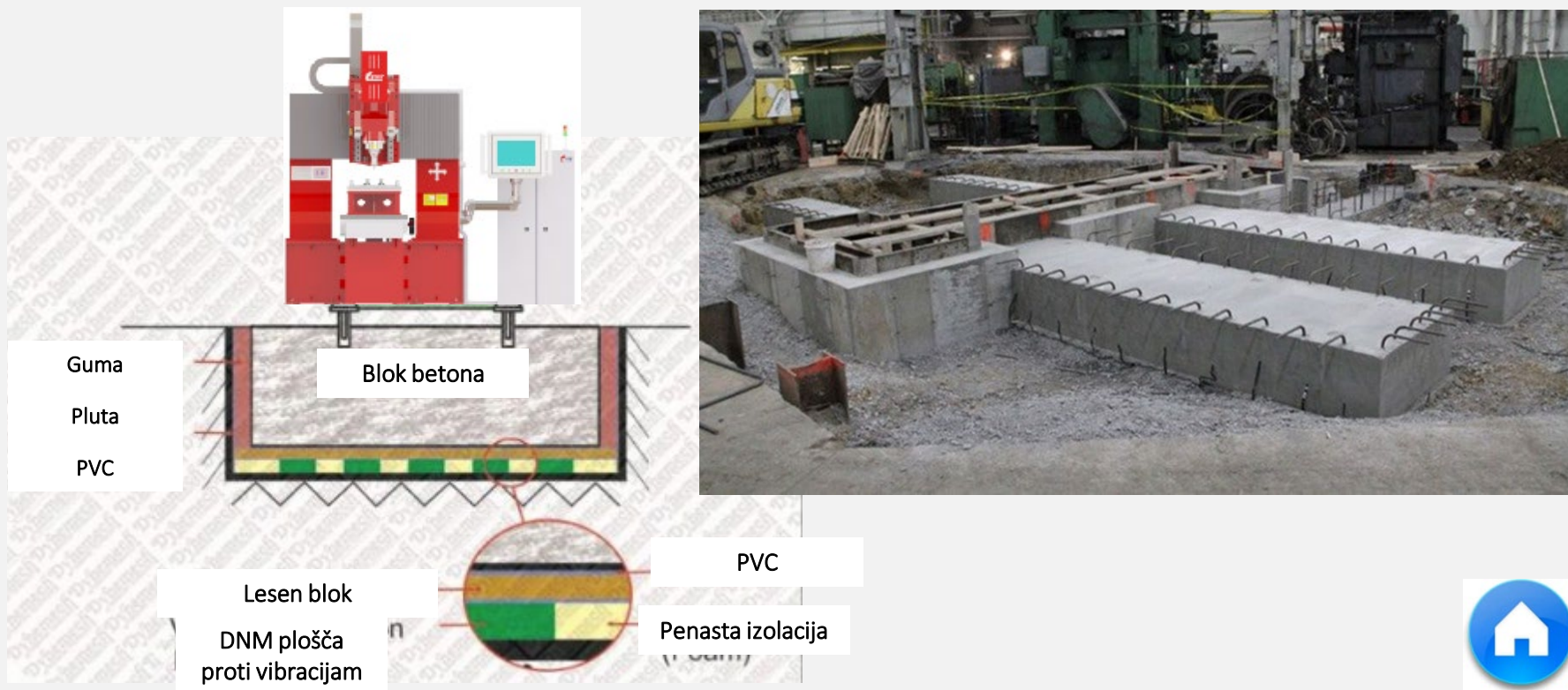
## 11.6 Zahteve za vgradnjo FSW sistema

Izoliranih FUNDACIJA je potrebno, da **zmanjšanje** oboje **aktivna** in **pasivno vibracije**. Vibracije izolacije stojala so potrebni za zmanjšanje prenosa tresljajev.

**temelj blok** ali **vibracijsko izolacijo okovje** za visoke dinamične naprave, kot so FSW stroje, moč tiska, kovanje kladiva, kompresorje, za testiranje motorjev ploščadi itd je potrebno **da bi zmanjšali prenos vibracij in šok za bližnje precizne opreme** ali gradbene konstrukcije. Za krmiljenje vira motenj nihanja z uporabo elastičnih izolacijskih materialov je znan kot aktivna vibracijska izolacijo.

Kadar ni mogoče preprečiti ali zadostno zniža prenos udarcev in tresljajev iz vira, lahko elastično podprta vibracije izolacijsko temeljev treba uporabiti za PASIVNA vibracijsko izolacijo za občutljive opreme, kot so CNC opreme, merjenje in sistemi za nadzor in Laser Tracking Systems.

Izoliranih FUNDACIJA znižuje težišče sistema stroja temelj in **prispeva k stabilnosti stroja**.  
Stroj ostane poravnana v dinamičnih sprememb obremenitve in hitro akcijo v stroje



**Primer temeljev ali vibracijsko izolacijo okovje za visoke dinamične stroje**

V stroju FSW morajo biti nameščene poleg drugih proizvodnjo in nadzor kakovosti opreme na istem mestu nadstropju. To povzroča vibracij prenosnem problem tako za FSW stroj in drugo vibracijsko občutljive opreme, nameščene na istem mestu nadstropju.

### **temelj mora biti močan in trden**

tako **pasivni nadzor vibracij** in **aktivni nadzor vibracij** je treba postaviti na svoje mesto, da **zagotovi delovanje brez vibracij** od FSW strojev. Odvisno od tal (temelja) stanjua, je treba upoštevati anti vibracijske blazinice ali temeljno izolacijo.

### **Natančno izravnavanje stroja**

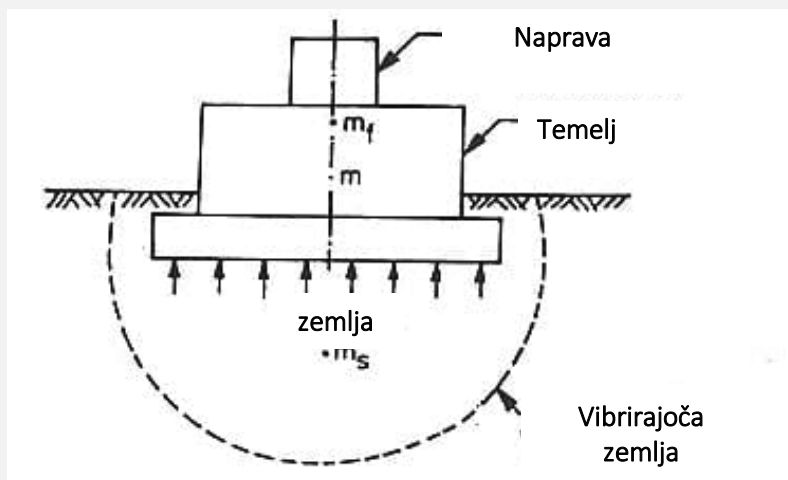
Natančna izravnava zagotavlja **pravilna kot geometrija osi v stroju** in je potrebna tudi za hladilno tekočino in drenažo olja. Za natančno izravnavanje, lahko natančni strojni ravnalniki pomagajo pri dušenju.

**Veliko drugih dejavnikov, ki ovirajo sposobnost naprave, da ostane raven - togost tal, stabilnost podpore pod tlemi, prometa vozil, ki poteka v bližini, gradbene dejavnosti v bližini, potresna aktivnost, in tako naprej je mogoče rešiti z namestitvijo strojev na izravnalnih elementov .**

masa stroja in temelj deluje navzdol skupaj in je rekel,  $m_f$  ki Deluje na težišče sistema. masa tal ki deluje navzgor, je rekel,  $m_s$

Elastični ukrepi tal zaradi vibracij sistema je odvisna od togost  $K$ . Odpornost proti gibanju je odvisen od koeficient dušenja  $c$ .

Torej, morajo ti trije masa, togost in dušenje koeficient za dokončanje analize stroja temelj.



togost ( $K$ )

Togost je odvisna od vrste tal pod temelj, vpetost v temeljev in distribucije kontaktnega tlaka med tlemi in temelj.

$$k = \frac{1.13E}{1-u^2} \sqrt{A}$$

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$k = 4\pi^2 f_n m.$$

Formula z Barkan spremembe

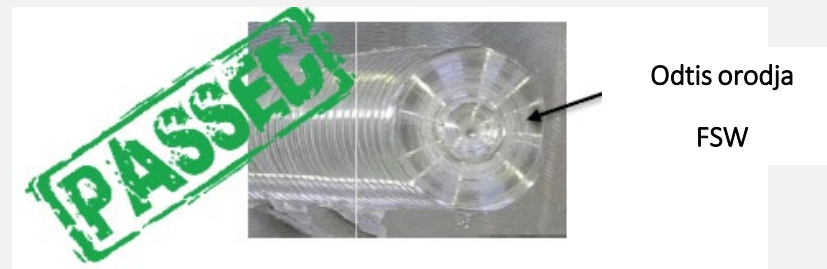
S poznavanjem resonančne frekvence ( $f_n$ ), Lahko izračunamo togost vrednost  $k$ .

## 11.8 Nadzor kakovosti

### preizkus

V skladu z DIN EN ISO 25239-5, lahko površinske napake zaznati **vizualni pregled** (makroskopski pregled), Z izjemo **nezadostna penetracija varjenja**.  
Drugi testi za oceno kakovosti vara, so:

- ✓ natezni preskus
- ✓ upogibanje preizkus
- ✓ merjenje trdote
- ✓ metalografske preizkave
- ✓ kontrola NDT



SIST EN ISO 25239-4, 100% vizualni pregled končnih FSW zvarov je obvezna za izpolnitev zahtev za kvalifikacije procesa varjenja za FSW varjenje aluminija.



Številne študije so pokazale **pomembno odvisnost** od **zvar kakovosti šiv** na **hitrost varjenja** in **hitrost vrtenja** orodja.

Pogosto, lahko neprimerno nastavitvev teh parametrov se zazna z vizualnim pregledom, ki so posledica površinskih poškodb, kot so povečana tvorba Flash, površinsko jedkanje ali naključno formaciji ploskev loka teksture je.

Vizualni pregled teh napak se pogosto izvaja ročno in je zato povezan s povečanimi stroški in osebja napora.



# 11.9 Logistika



## 11.9 Logistika

### 6 pravil logistike:

- Pravi artikli
- Prave količine
- Pravo stanje
- Pravo mesto
- Pravi čas
- Pravilna cena

pričakovanja kupcev je potrebno opredeliti za namen logističnega sistema, ki zagotavlja, da so prave blago, v pravih količinah, v pravem stanju, so dostavljena na pravem mestu, ob pravem času, na pravem stroškov. V logistiki, so te pravice imenuje šest pravil.



## 11.10 inženiring omrežja (elektrika, zračni tlak)

Tipični procesnih medijev vključuje **elektrika**, Procesne pare, hladilna sredstva, **stisnjen zrak**, **hladilna voda**, Greta voda, vroče olje, procesna voda, demineralizirana voda, komunalne vode.

Stroški komunalne so uporabni za obdelavo inženirjev, projektne načrtovalci in komunalnih inženirjev v vseh proizvodnih panogah, kjer so rastlinski pripomočki bistveni deli vseh proizvodnih operacij.

**Utility cevni sistemi** so določena na posebnem PFD za vsak pripomoček, znan tudi kot **diagrami uporabnost toka**. Ti diagrami kažejo, kjer komunalne plinovodi povezati z obdelavo linije ali opreme in pokazati povezovalnih glave.

Prenesen Utilities sestavljena predvsem iz pare, stisnjen zrak, Postopek in naprave za hladilno vodo vključujejo pa tudi inertni plin, Vakuum in vodo za gašenje.

Najpogostejši PFD simboli v uporabi še danes prihajajo iz agencij za tak Mednarodna organizacija za standardizacijo (ISO 10.628 - Pretočni diagrami za Procesne naprave) je Nemški inštitut za standardizacijo (DIN) in Ameriški Nacionalni inštitut za standarde (ANSI.)

tipičen PFD za en procesni enoti vključuje te elemente:

- Major oprema:** Vključno z imeni in ID številke. Primeri vključujejo FSW stroje, kompresorje, črpalke, CNC opreme in hladilniki enote.
- Postopek cevovodi:** Premika izdelek, običajno tekočine, med kosi opreme.
- Smer toka Postopek**
- Kontrolni ventili in postopek kritično ventili**
- Glavni bypass in obtočna sistemi**
- Operativni podatki:** Kot tlaka, temperature, gostote, masnim pretokom in masno energetske bilance. Vrednosti bodo pogosto vključujejo minimalno, normalno in maksimalno.
- Sestava tekočin**
- Imena tok proces**
- Povezave z drugimi sistemi**



## 11.13 operacije poobdelave FSW

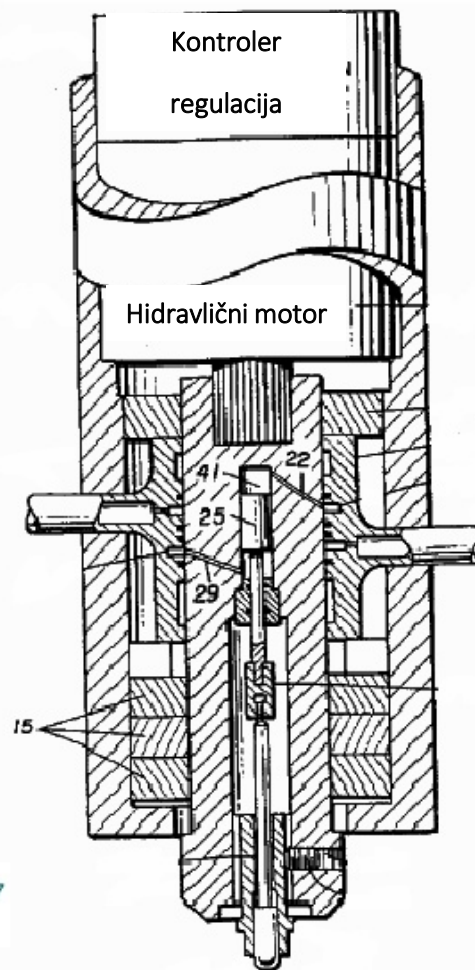
- Prispevek postopki obdelave FSW je na primer **Key-hole polnjenje**. V HZG - Hamburg je bil razvil tehnologijo za kraterja polnjenja. Krater tvorjen na koncu zvara in lahko zahteva **objava postopek obdelave** (ali kovičenje).
- **brušenje** če je potrebno, če je krater prevelik in jo je mogoče napolniti. Na splošno velja, da je bolje, da bi se izognili preveč operacijam po postopku FSW.



## Kompleksno orodje s pomičnim pinom

- Pin je samonastavljiv
- Pin se postopno odmika iz varjenca in s tem ne ustvarja kraterja

Patent: Sept 1997, DING R JEFFREY, NASA, US5893507



# Reference

- 1) P. Podržaj, B. JERMAN, D. KLOBČAR, **Varilni napake na tornu mešalno varjenje**, ISSN 0543-5846, METABK 54 (2) 387-389 (2015)
- 2) David G. Kinchen, Lockheed Martin Michoud vesoljski sistemi, NASA, **NDE of FSW zvarov v letalstvu**
- 3) R Hartl \*, A Bachmann, S Liebl A Zens in MF Zaeh, **Avtomatizirano pregled površine FSW zvarov z strukturiranega svetlobnega štrline**, IOP Conf. Serija: Material Science and Engineering 480 (2019) 012035, IOP Publishing, doi: 10,1088 / 1757-899X / 480/1 / 012.035
- 4) Neetesh Soni<sup>1</sup>, Sangam Chandrashekhar<sup>2</sup>, A. Kumar<sup>3</sup>, VR Škrt, **Napake Formacija med FSW: pregled**, International Journal of Engineering in raziskave o upravljanju, Volume-7, Issue-3, maj-junij 2017
- 5) Bob Carter, NASA Glenn Research Center **Uvod v FSW Varjenje (FSW)**, <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20150009520> 2019-05-03T14: 29: 39 + 00: 00Z
- 6) Telmo Santos, Pedro Vilaça \*, Luisa Quintino Tehnična univerza v Lizboni, IST, Secção de Tecnologia mecanica, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lizbona **Razvoj v NDT za odkrivanje nepravilnosti v FSW v aluminijevih zlitinah**
- 7) Jorma Pitkänen, Jonne Haapalainen, Aarne Lipponen, Matti Sarkimo , **NDT pri FSW PLFW 1 do PLFW 5 (FSWL 98, FSWL 100, FSWL 101, FSWL 102, FSWL 103) NDT Prijavi podatkov**, 2014
- 8) Zhili Feng, Yong Chae Lim, **Končno Tehnično poročilo. Prilagodljiva FSW tehnologija**, Oak Ridge National Laboratory, 2015.
- 9) ESAB, FSW Technical Handbook, 2018.
- 10) Stroški Primerjava FSW in MIG varjene aluminija svetov
- 11) Nuno Mendes, Pedro Neto, Altino Loureiro, António Paulo Moreira, **Stroji in kontrolni sistemi za FSW varjenje: Pregled**, Materiali in oblikovanje 90 (2016), 256-265.
- 12) Kitajska FSW Center, **FSW Varjenje in sistem**, 2014-2015.

## Reference

- 12) Sandra Zimmer, Laurent Langlois, Julien Laye "Jean-Claude Goussain, Patrick Martin, et al. **Metodologija za kvalificirane opreme za varjenje FSW**, 7. mednarodni simpozij o Friction mešamo Varjenje - Awaji Island, Japonska, maj 2008, Awaji Island, Japonska. 20p. Hal-01.088.138.
- 13) Sergio MO Tavares, **Oblikovanje in sodobne proizvodnje konstrukcij z uporabo FSW**, Julij 2011 MIT-Portugalska program.
- 14) Pradeep Kumar Tipaji, **E-orodij za FSW: stroški, ocena orodje**, Magistrska naloga
- 15) Ahmed M. El-Kassas in Ibraheem Sabry, **Primerjava med FSW, MIG in TIG na podlagi celotnih stroškov ocenjevanju za aluminij cevi**, Evropska list napredne tehnike in tehnologije, 2017, 4 (3): 158-163
- 16) João Filipe Gomes Duarte Pred, **UPORABA IN OPTIMIZACIJA trenja mešamo varjenja na električni transformatorji DELOV**, Magistrska naloga
- 17) MTS sistem Corporation, **ISTIR™ FSW rešitve**, 2018.
- 18) Fabrice **SCANDELLA FSW varjenje materialov ultravisoke trdnosti : literatura**, 2017, SOUDAGE in teknik connexes.
- 19) Max Hossfeld, Dave Hofferbert, **Izzivi in najsodobnejše v industrijski FSW - premikanje meja, ki jih visoke hitrosti Varjenje kompleksnih 3D konture**, Že 12. mednarodni simpozij o Friction Stir varjenju.
- 20) TWI, **FSW. Prihodnji Trendi - Internet stvari, Avtomatsko Varjenje in Additive Manufacturing v Indiji**2016.
- 21) Wei Tang, Brian T. Gibson, Zhili Feng, Scarlett R. Clark, Oak Ridge National Laboratory, **Poročilo podrobno FSW razvojnega procesa za Hot sistema Cell varjenje**, 2016
- 22) Wang Yisong, Tong Jianhua, Li Congqing, **Uporaba FSW varjenja na Velikem Floor Aircraft Strukturi** Kitajska FSW Center, BAMTRI