



Friction Stir Welding European Qualifications

# EUROPEAN FRICTION STIR WELDING SPECIALIST (EFSW-S) AND ENGINEER (EFSW-E)



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



# 6. Întreținere

## Domeniu de aplicare:

6.1 Caracteristici placă suport

6.2 Toleranțe pentru placa suport

6.3 Caracteristici element rotitor (sculă)

6.4 Toleranțe pentru pin (partea activă element rotitor)

6.5 Caracteristici dispozitiv de fixare

6.6 Toleranțe pentru dispozitivul de fixare

## 6.1 Caracteristici placă suport

- Pentru a realiza un proces de sudare FSW în condiții bune, trebuie ținut cont de coeficientul de transfer termic al plăcii suport:
- Utilizarea unor plăci suport confecționate din materiale cu **coeficient ridicat de transfer termic**, precum: aliaje de cupru și de aluminiu, va conduce la o disipare rapidă a căldurii.
- Materialele cu **coeficient mic de transfer termic** precum: azbest, plăci ceramice, granit etc. vor reduce semnificativ transferul termic

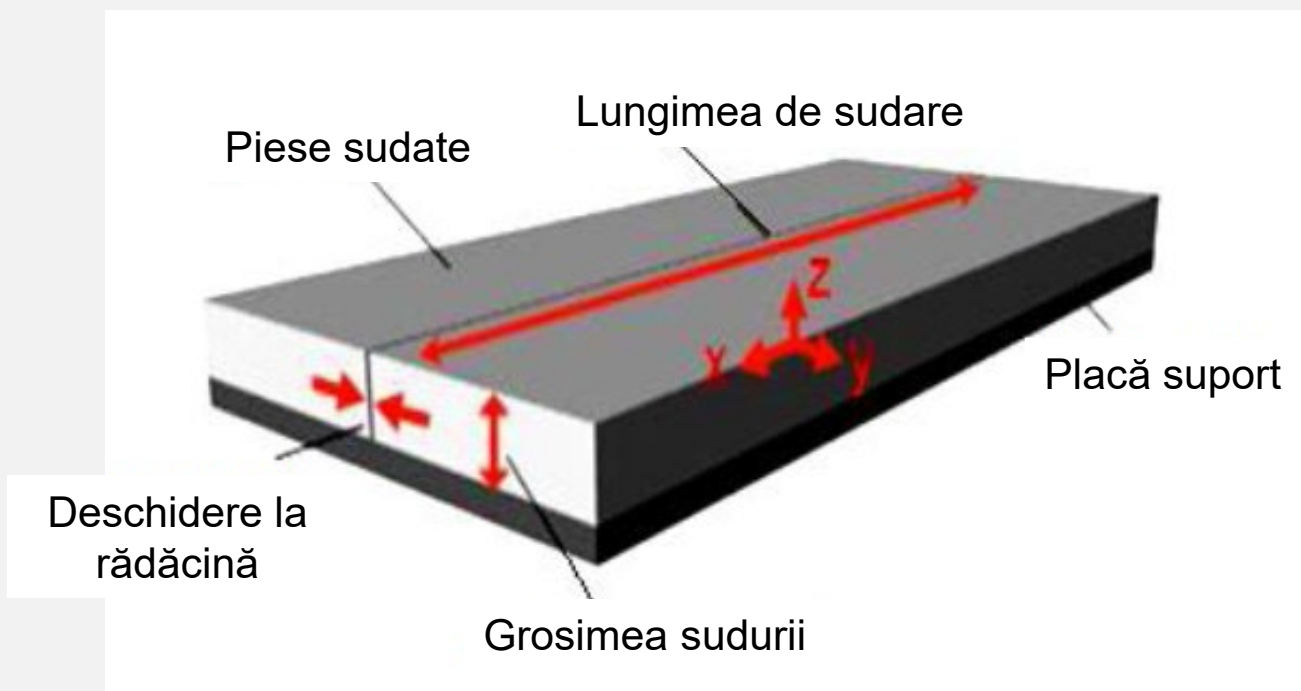
## Nivelul transferului termic pentru diferite plăci suport la sudarea FSW

Material placă suport	Coeficient transfer termic [m <sup>2</sup> /s]	Nivel
Cupru	$1,1 \times 10^{-4}$	mare
Aluminiu	$0,9 \times 10^{-4}$	mare
Azbest	$4,1 \times 10^{-5}$	moderat
Oțeluri nealiate	$1,1 \times 10^{-5}$	moderat
Titan tehnic pur	$7 \times 10^{-6}$	mic
Oțel inoxidabil (AISI 304)	$4 \times 10^{-6}$	mic
Marmura	$1,4 \times 10^{-6}$	mic
Granit	$1,1 \times 10^{-6}$	mic

## Sumar concluzii pentru alegerea materialului plăcii suport:

- Materiale cu **coeficient ridicat de transfer termic** precum Cu, Al **nu sunt recomandate** pentru placa suport, deoarece disipă căldura din piese foarte rapid la suprafața de contact cu placa suport.
- Materialele cu **coeficient mic de transfer termic** sunt mai potrivite deoarece necesită o putere mai redusă a utilajului și face procesul de sudare FSW mai eficient energetic.
- Alegerea corectă a materialului plăcii suport **este mai importantă la sudarea FSW a pieselor cu grosime redusă.**

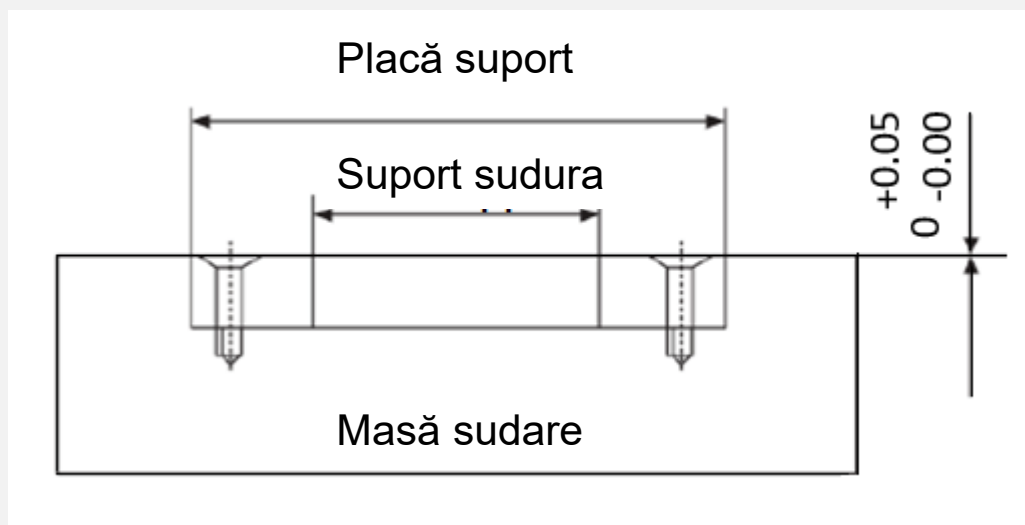
## 6.2 Toleranțe pentru placa suport



### Principalele toleranțe la sudarea FSW

- O deschidere la rădăcină de max. 10% din grosimea îmbinării este acceptată, fără ca să fie afectată calitatea sudurii în direcția axei Y
- Placa suport primește căldură prin transfer termic de la materialul încălzit prin frecare și nu trebuie să se deformeze ca urmare a acestui efect
- Pentru a împiedica fomarea unui spațiu liber între piese și placa suport, o rolă conducătoare poate aplica o forță de apăsare constantă exercitată în fața sculei.

- Placa suport trebuie să aibă o planeitate foarte bună. **Toleranțele admise pentru planeitate sunt limitate la 0.1 mm.**
- **Conductivitatea termică  $\lambda$**  a plăcii suport este un factor foarte important pentru a evalua abaterile datorate transferului termic din zona de frecare (local are loc o dilatare termică proporțională cu fluxul de căldură din placă) .



**Toleranțe admise pentru placa suport [mm]**



## 6.3 Caracteristici element rotitor

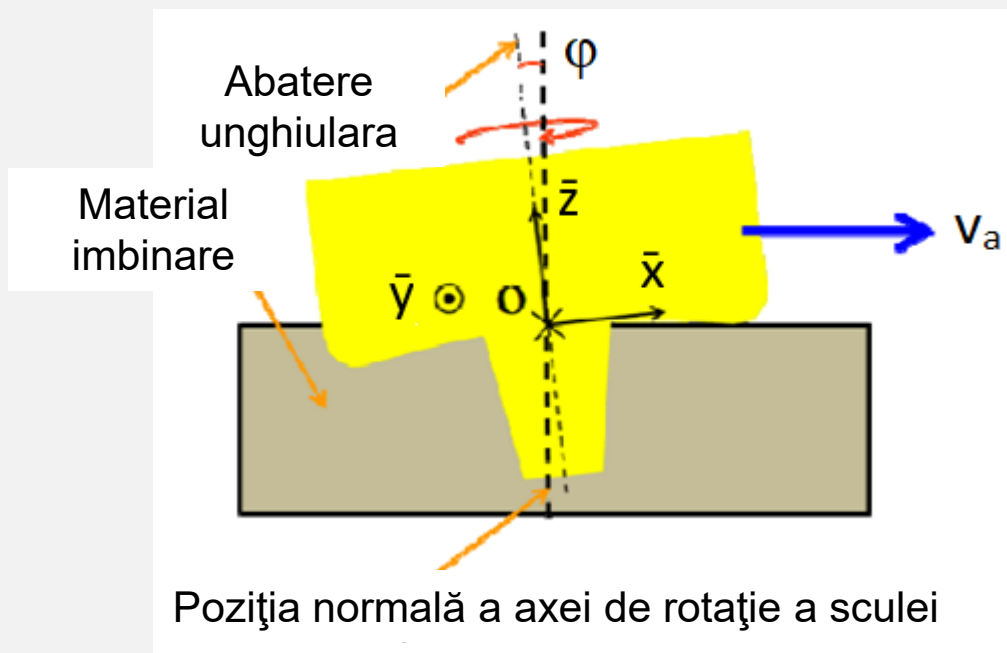
- Selecția materialului pentru elementul rotitor este un **factor esențial** pentru a succesul procesului de sudare FSW.
  - Mișcarea de **rotație** și **translație** a sculei prin material conduce la apariția uzurii.
  - Uzura prin **abraziune** și **difuzie** sunt mecanismele uzuale de uzură.
- Interacțiunea dintre sculă și **mediul de lucru**, incluzând atât piesele sudate cât și atmosfera de lucru, sunt factori ce controlează procesul de uzare a sculei.

- Selecția materialelor pentru sculă este mai dificilă la sudarea FSW a unor materiale ce necesită **temperaturi înalte de lucru** (oțeluri, aliaje de nichel, aliaje de titan)
- Pentru toate tipurile de materiale pentru scule ce lucrează la temperaturi înalte, **reactivitatea față de oxigen** este factorul cel mai important.
- Uzura prin abraziune este mai intensă la **prezența unor faze secundare dure** în materialul pieselor sudate, de ex. în materiale compozite cu matrice metalică de aluminiu.
- Comparativ cu umărul sculei, **pin-ul este expus mult mai sever la fenomenul de uzură și de deformare**, aproape întotdeauna sculele cedează în zona pin-ului.
- Prin reducerea vitezei de sudare (translație), preîncălzirea pieselor și utilizarea atmosferelor de protecție inerte **se poate reduce procesul de uzură**.

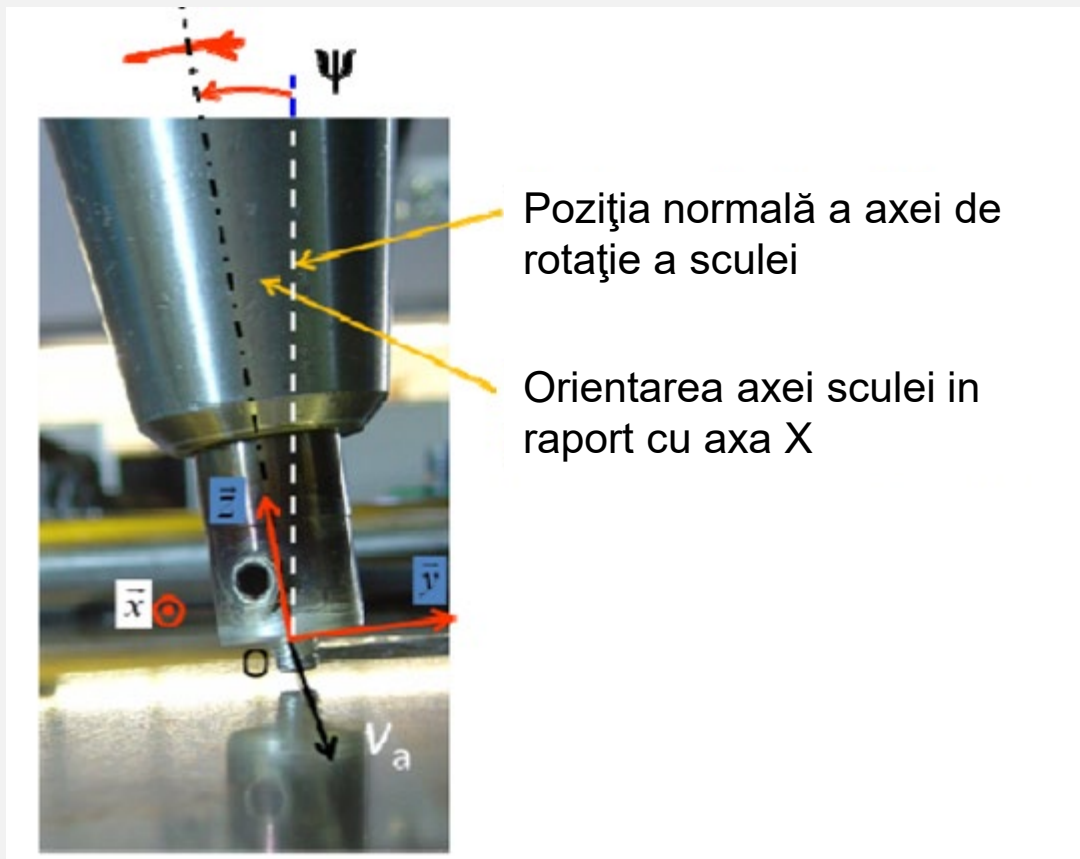
## 6.4 Toleranțe pentru pin

În general, trei tipuri de toleranțe sunt permise pentru sculă:

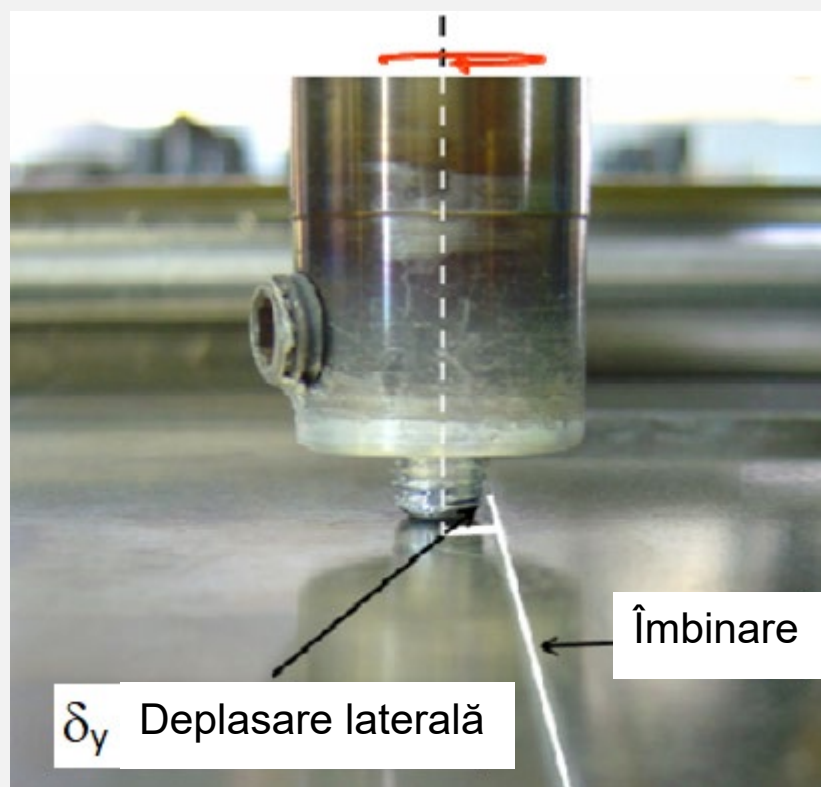
**Unghiul principal de înclinare  $\varphi$** , dintre axa verticală de rotație Z a sculei și axa normală de rotație (acest unghi trebuie să fie pozitiv)



Unghi de înclinare laterală  $\psi$  dintre axa teoretică verticală de rotație Z și înclinarea orientării sculei în raport cu axa X (acest unghi ar trebui să fie zero)



Deplasare laterală  $\delta_y$  față de planul ideal de simetrie a îmbinării (deschiderii rostului) și traiectoria sculei.

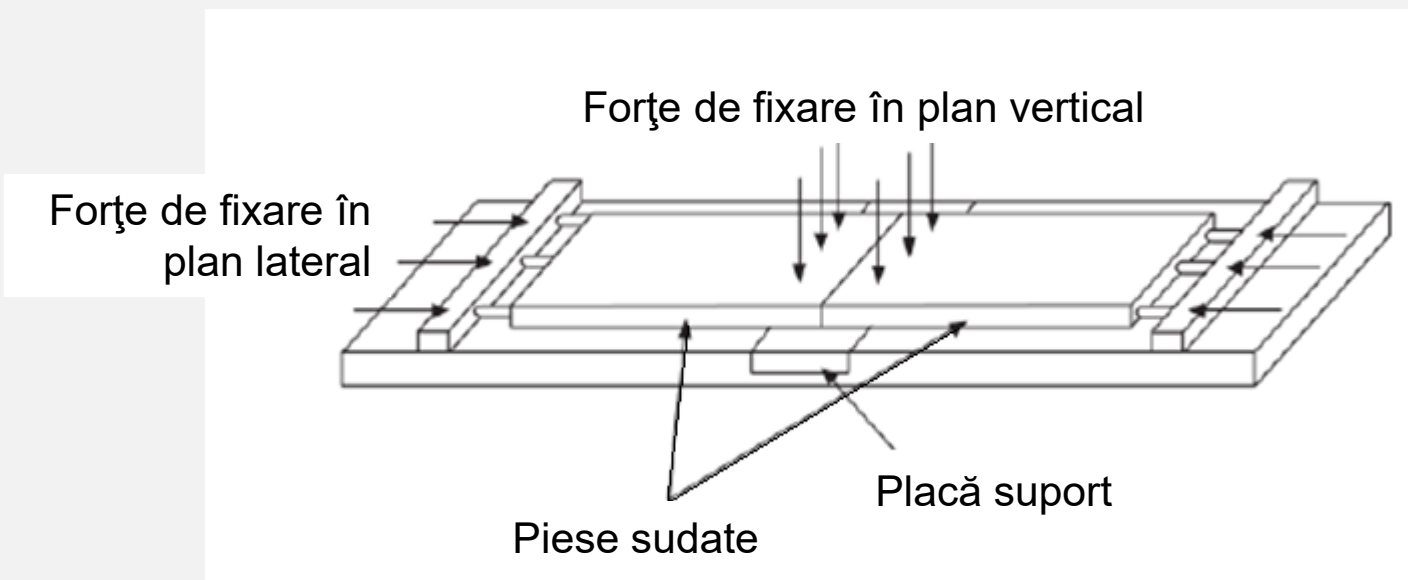


## Efectele produse asupra calității îmbinării sudate prin FSW datorită poziționării necorespunzătoare ale sculei:

- O înclinare excesivă în direcția unghiului principal  $\varphi$  conduce la **pătrundere incompletă**.
- Dacă unghiul principal de înclinare  $\varphi$  este nul sau foarte mic (practic axa sculei este perpendiculară pe suprafața piesei, rezultă un fenomen de **pătrundere excesivă**.
- Dacă unghiul de înclinare lateral  $\psi$  este diferit de zero, se va obține un efect de reducere a grosimii piesei de o parte a sculei, iar pe partea opusă se vor forma **bavuri excesive**.
- În funcție de parametrii procesului FSW și de geometria sculei, caracteristici bune ale îmbinării (formă, dimensiuni, pătrundere, lipsă alte imperfecțiuni) se pot obține pentru valori de variație ale unghiului principal de max.  $\pm 1^\circ$ , unghiul de înclinare laterală  $\pm 2^\circ$  și deplasare laterală  $\pm 2$  mm.

## 6.5 Caracteristici dispozitiv de fixare

➤ **Forțele de fixare** în **plan vertical** și **lateral** depind de tipul materialelor sudate, geometria la vârf a sculei, geometria pieselor, tipul rostului și ordinea de sudare.



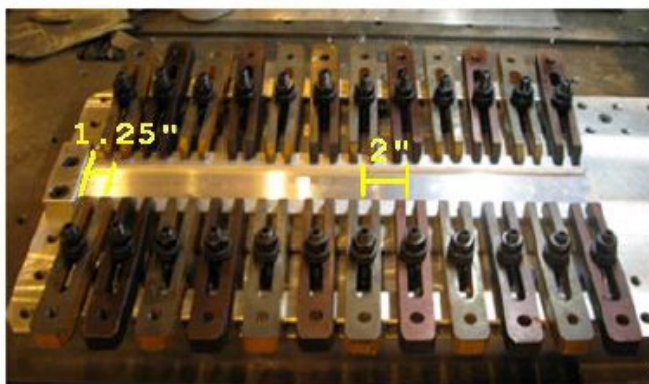
Sistem de fixare convențional la sudarea FSW

- Cerințele de fixare ale pieselor în raport cu placa suport (fixare verticală) pot fi dificil de realizat în cazul **pieselor foarte mari** sau **foarte subțiri**.
- Cerințele de fixare ale pieselor în plan lateral (fixare verticală) pot fi dificil de realizat în cazul **pieselor cu grosimi mari**.

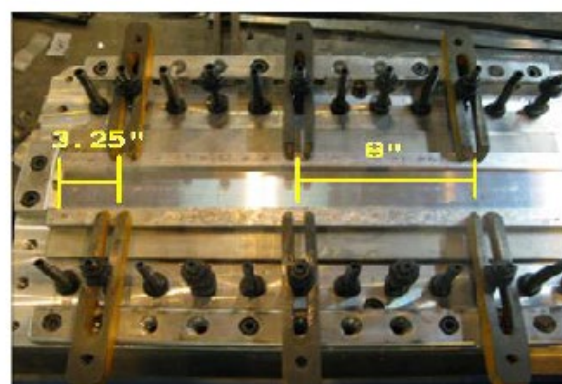


## 6.6 Toleranțe pentru dispozitivul de fixare

- **Creșterea forțelor de strângere/fixare** reduc fenomenul de deformare a pieselor sudate, dar peste o anumită limită au un efect limitat.
- Mărimea deformațiilor pieselor sudate este dependentă direct de toleranțele îmbinării/pieselor.
- Mărimea deformațiilor pieselor este controlată de **3 parametrii principali**:
  - **Viteza de rotație a sculei**
  - **Distanța între punctele de fixare**
  - **Mărimea forțelor de strângere**



**Distanța mică** între  
punctele de fixare



**Distanța mare** între  
punctele de fixare



- A:** Deformații mari (forțe de strângere mici, pas mare între punctele de fixare)
- B:** Deformații mici (forțe de strângere mari, pas mic între punctele de fixare)



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



Friction Stir Welding European Qualifications

# Thank you for your attention