



Friction Stir Welding European Qualifications

**CU03 – FSW Process Operation**

FSW Specialist and Engineer



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

# 3. Supravegherea procesului de sudare FSW

- 3.1. Echipamente auxiliare pentru control traiectorie
- 3.2. Echipamente auxiliare de tip hibrid
- 3.3. Probleme ce pot interveni la sudarea FSW

## Supravegherea procesului de sudare FSW

- ✓ Pentru realizarea unei suduri de calitate este necesar supravegherea procesului FSW pe **toată durata** operației de sudare.
- ✓ O posibilitate de a evita apariția imperfecțiunilor de sudare este prin utilizarea **echipamentelor auxiliare**.
- ✓ Echipamentele auxiliare sunt clasificate în două grupe: de **control traiectorie** și de tip **hibrid**

## 3.1 Echipamente auxiliare pentru controlul traiectoriei

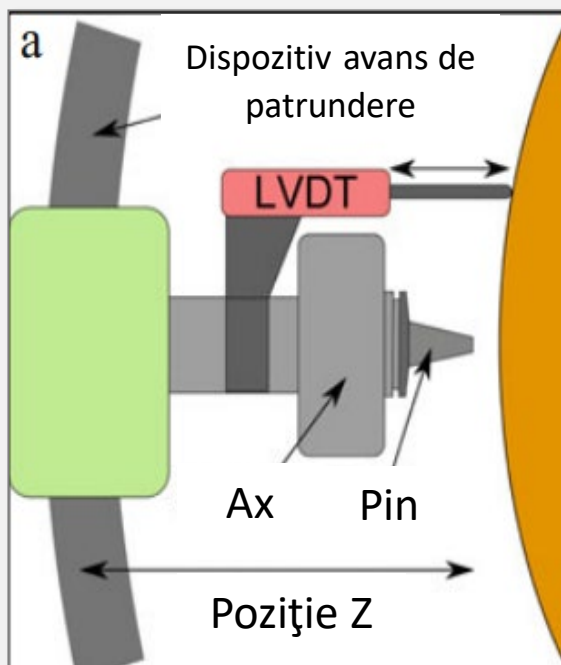
Echipamentele pentru controlul traiectoriei permit:

- Poziția corectă/**adâncimea de pătrundere** a elementului rotitor
- **Temperatura** pe durata procesului de sudare

## 3.1.1 Controlul adâncimii de pătrundere a sculei (welding tool plunge)

- **Senzorul de control pătrundere** corelează adâncimea de pătrundere a sculei în material cu **forța axială**
- **Senzorii cu laser** trimit un semnal de **feedback** pentru controlerul ce acționează mișcarea de pătrundere a sculei
- Rezultatele experimentale au dovedit că utilizarea unor dispozitive auxiliare (senzori, palpatori) împreună cu o **setare corectă a adâncimii de pătrundere** a sculei **reduc semnificativ** incidența apariției imperfecțiunilor de sudare de tipul **lipsă de legătură la rădăcină și bavură excesivă**.

### 3.1.1. Controlul adâncimii de pătrundere a sculei



Sistem control adâncime  
de pătrundere



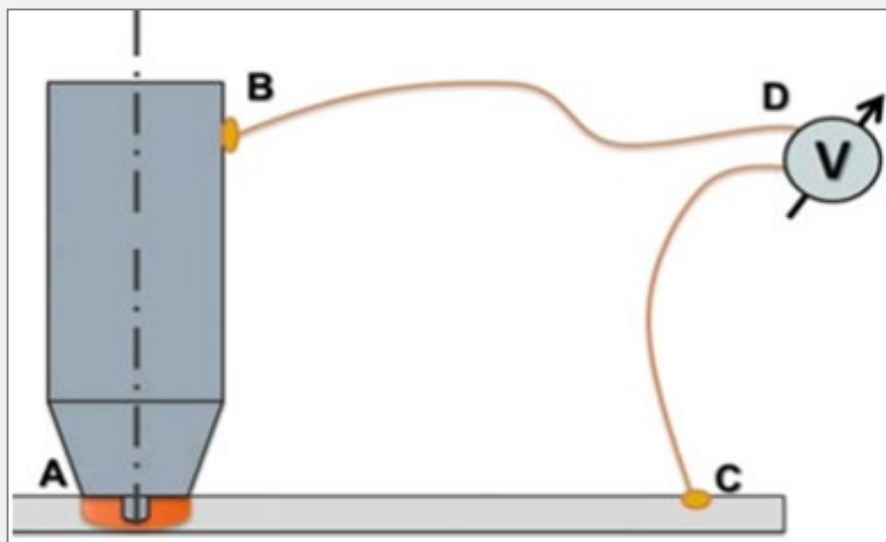
Traductor diferențial de  
poziție

## 3.1.2 Controlul temperaturii la sudarea FSW

- Temperatura este măsurată cu ajutorul unui semnal electric (traductor termo-electric) cât mai aproape de zona de contact dintre sculă și material.
- Compania TWT a dezvoltat un sistem de măsurare a temperaturii, poziționat în corpul elementului rotitor în imediata vecinătate a părții active (pin).

## 3.1.2 Controlul temperaturii la sudarea FSW

### Operația de calibrare pentru măsurarea temperaturii

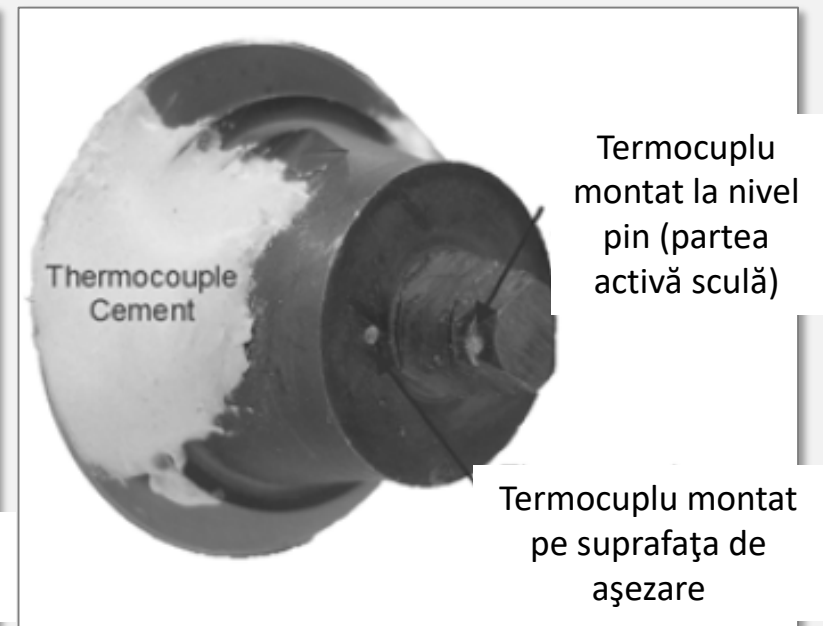
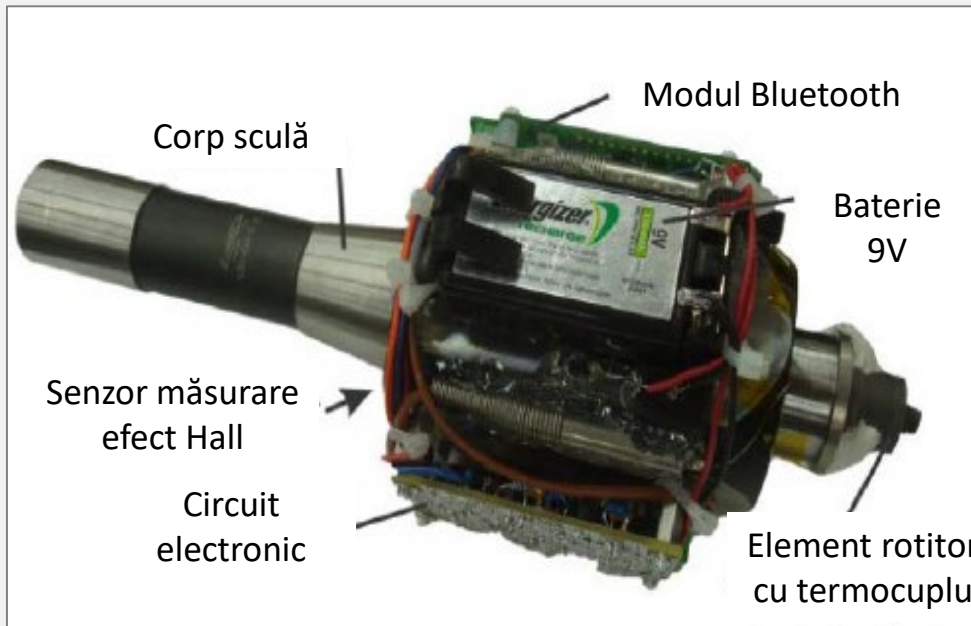


- (A) Limita de separație termică dintre scula din oțel și aliajul de Al (efect termoelectric Seebeck)
- (B, C) Potențialul termoelectric dintre sculă (B) și aliajul de aluminiu (C) piesa sudată
- (D) Măsurarea diferenței de potențial (tensiune termoelectrică)

## 3.1.2 Controlul temperaturii la sudarea FSW

- O altă variantă avansată de **măsurare a temperaturii** și asigurarea calității îmbinărilor sudate este prin utilizarea **tehnologiei IoT** și **transferul wireless a datelor** :
  - Traductorii sunt montați în corpul sculei împreună cu partea electronică necesară transferului wireless a datelor.
  - Traductorii trebuie situați cât mai aproape posibil de zona de contact dintre sculă și materialul sudat.

## 3.1.2. Controlul temperaturii la sudarea FSW



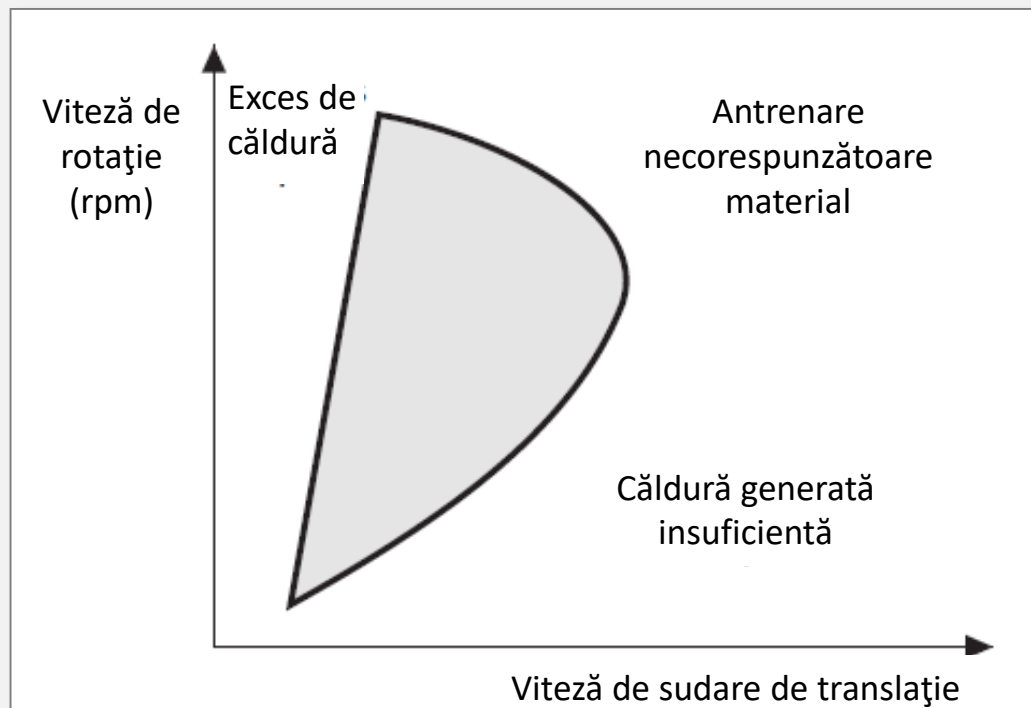
Element rotitor pentru sudarea FSW prevăzut cu sistem de măsurare a temperaturilor

Detaliu privind amplasarea termocuplelor

## 3.2 Probleme ce pot interveni la sudarea FSW

- Principalii parametri de control ai procesului de sudare FSW sunt **viteza de sudare** și **viteza de rotație** a elementului rotitor
- Cu ajutorul acestor parametri se va putea asigura **suficientă căldură necesară** pentru **deformarea plastică** și **curgerea materialului** în zona de îmbinare
- Principalele probleme ce pot interveni la sudarea FSW sunt strâns legate de **selecția corespunzătoare a celor doi parametri**

## 3.2 Problems occurring in FSW



Domeniul optim pentru selecția parametrilor la  
sudarea FSW

## 3.2.1 Principalele tipuri de probleme și modul de soluționare a acestora

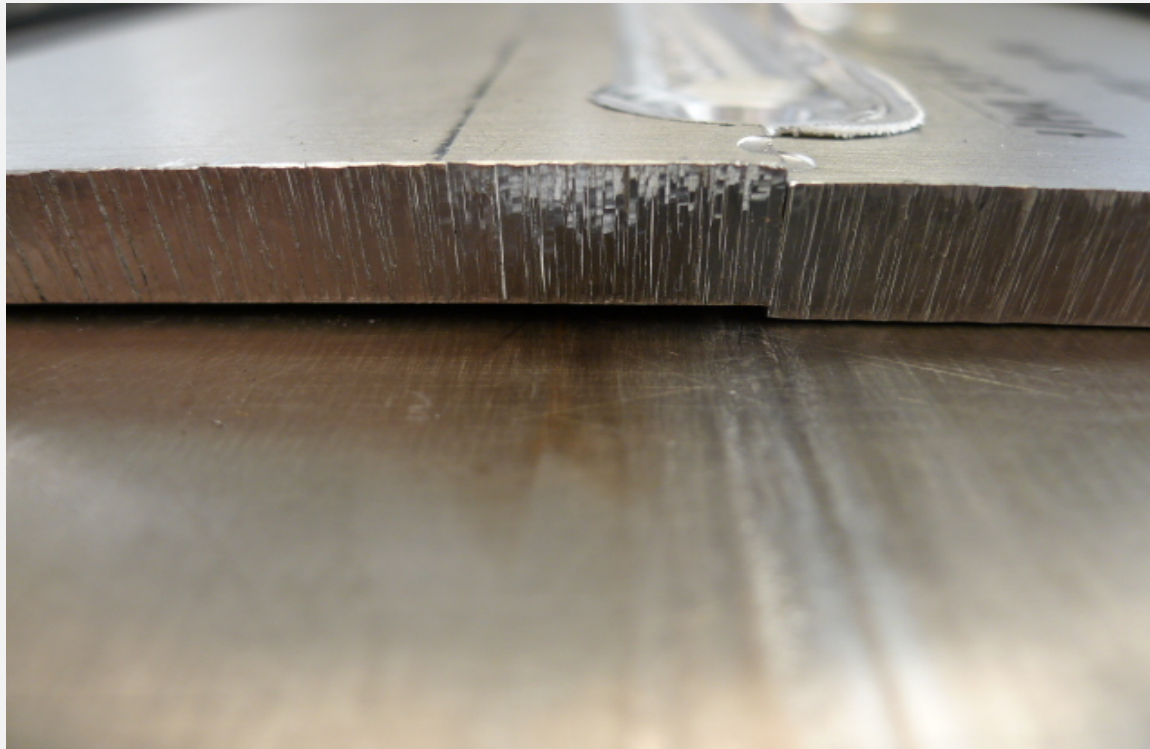
- După locul unde apar, **imperfecțiunile** la sudarea FSW sunt clasificate în imperfecțiuni de **suprafață** și **interne**
- **Imperfecțiunile de suprafață** ce pot fi observate cu ochiul liber sunt:
  - formarea de bavuri excesive
  - creștături longitudinale
  - aspect necorespunzător, sculă uzată

Imperfecțiunile interne nu pot fi depistate la controlul vizual (pe durata procesului de sudare), ca de ex: curgere plastică insuficientă a materialului la rădăcina îmbinării, lipsă de pătrundere la rădăcină (kissing bond), porozitate interioară și fisuri interne. Aceste imperfecțiuni pot fi depistate prin metode specifice de control după terminarea procesului de sudare.

## 3.2.1 Principalele tipuri de probleme și modul de soluționare a acestora

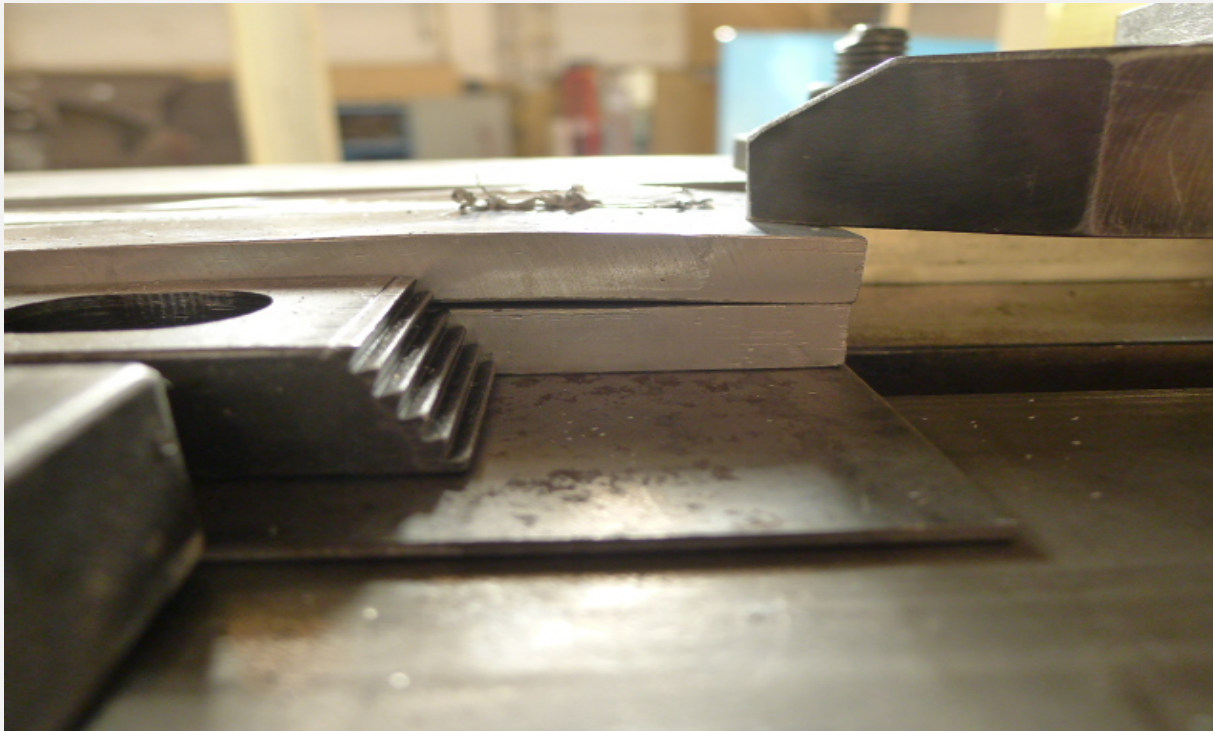
- La pătrunderea inițială a sculei în material se pot produce deplasări ale pieselor sudate în dispozitivul de prindere, ceea ce conduce la creșterea deschiderii rostului, cu efecte negative asupra procesului de curgere a materialului și formării corecte a îmbinării sudate
- Fixarea incorectă a pieselor poate conduce la deformarea acestora
- În această situație este necesară ajustarea adâncimii de pătrundere a sculei sau a vitezei de pătrundere în material
- Foarte frecvent este suficient doar strângerea mai eficientă a pieselor în dispozitivul de fixare a mașinii

## 3.2.1 Principalele tipuri de probleme și modul de soluționare a acestora



Deplasarea pieselor sudate ca urmare a strângerii insuficiente a acestora în dispozitivul de fixare – Îmbinare cap la cap

## 3.2.1 Principalele tipuri de probleme și modul de soluționare a acestora

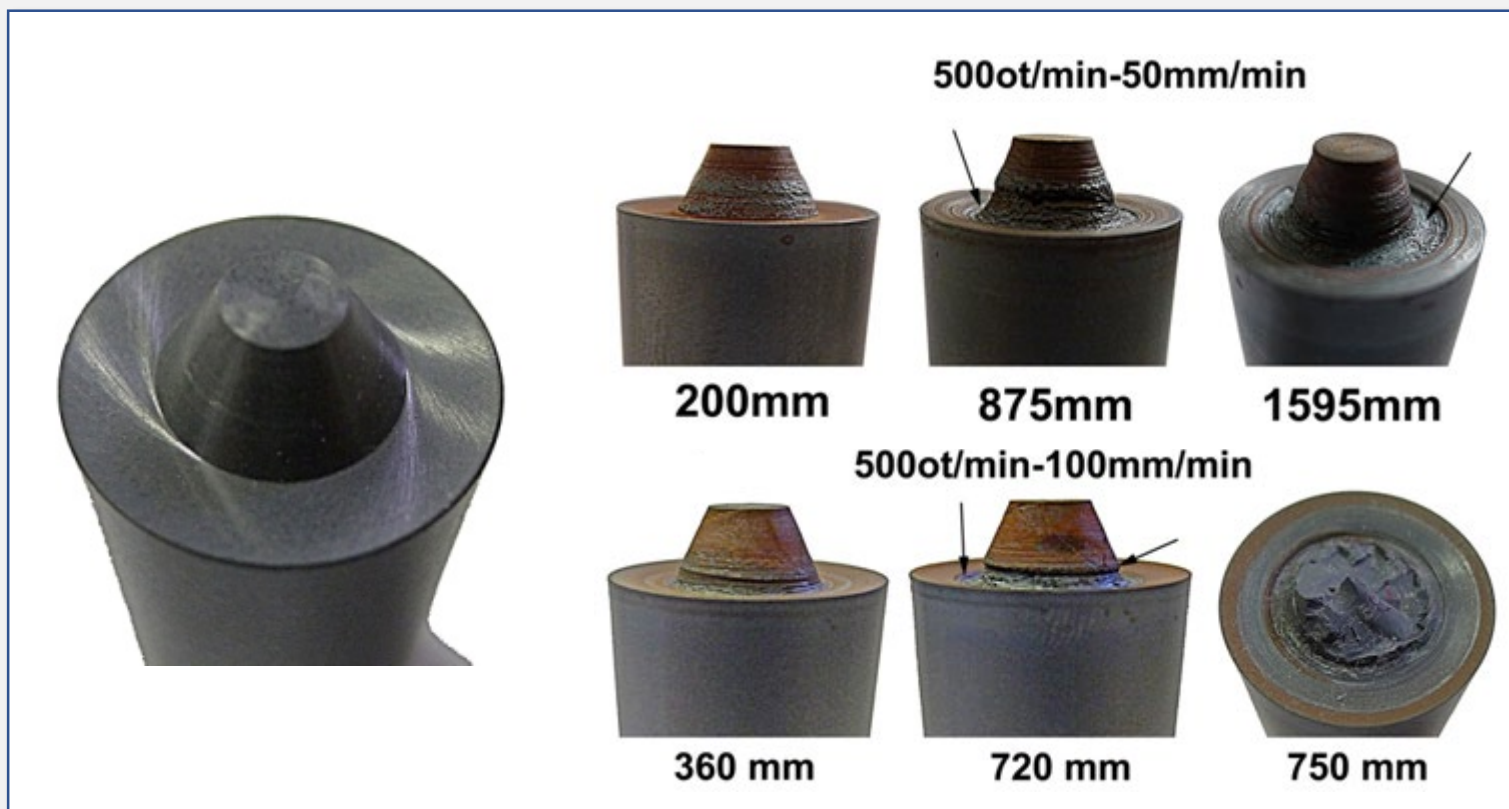


Ridicarea pisei sudate datorită strângerii incorecte în dispozitivul de fixare - Îmbinări prin suprapunere

## 3.2.1 Principalele tipuri de probleme și modul de soluționare a acestora

- Uzura elementului rotitor poate fi determinată de adâncimea de pătrundere a acestuia în material, viteza de sudare și cea de rotație
- La viteze de sudare și de rotație a sculei prea mici, materialul aderă la aceasta și conduce la o curgere insuficientă a materialului în zona de îmbinare
- Singura metodă de a preveni uzura prematură a sculei constă în optimizarea parametrilor de sudare, viteza de sudare (translație), viteza de rotație a sculei și geometria părții active a sculei.

## 3.2.1 Principalele tipuri de probleme și modul de soluționare a acestora



Uzura avansată a elementului rotitor confecționat din  $\text{Si}_3\text{N}_4$

## 3.2.1 Principalele tipuri de probleme și modul de soluționare a acestora

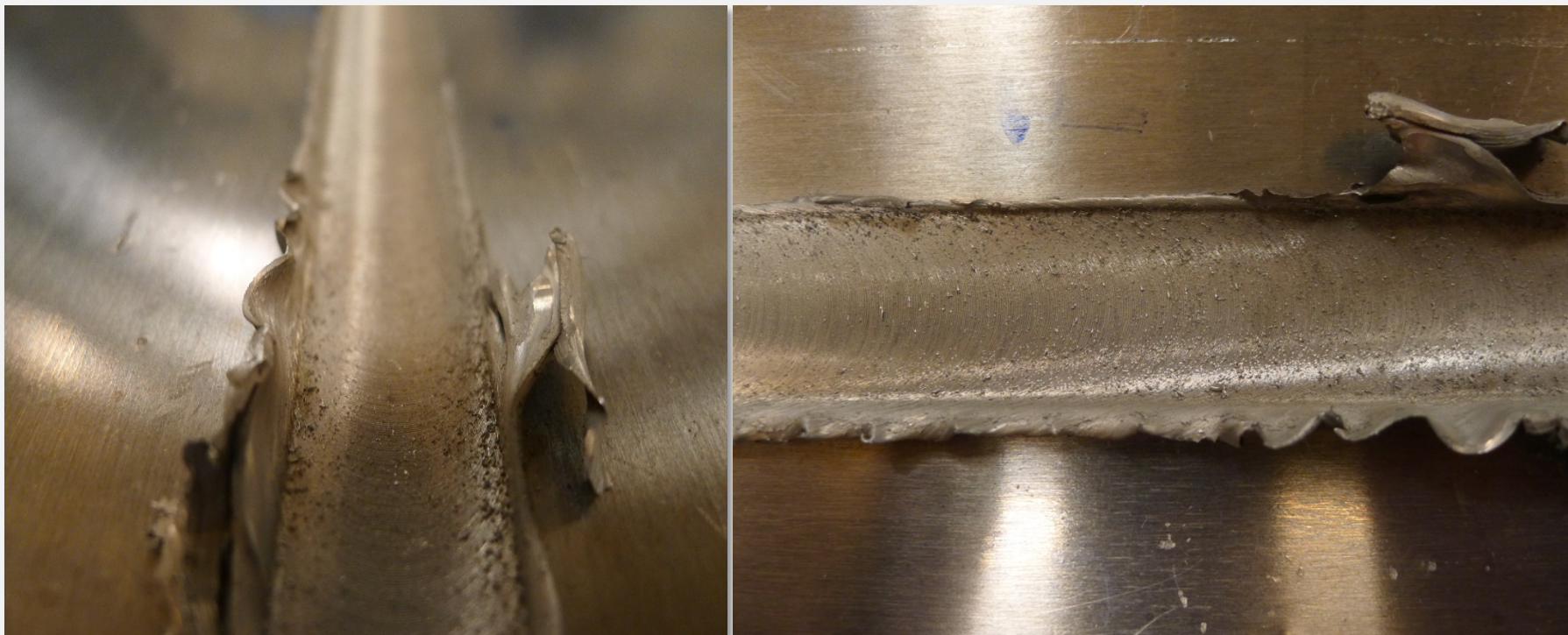


Uzura avansată a elementului rotitor confecționat din oțel de scule 19554 (H13)

## 3.2.1 Principalele tipuri de probleme și modul de soluționare a acestora

- O imperfecțiune produsă în mod frecvent la sudarea FSW constă în faptul că datorită unor parametri incorecți de sudare, este antrenat material la suprafața îmbinării, ceea ce poate cauza probleme corelate cu o lipsă de material
- Acest tip de imperfecțiune se mai numește formare de bavuri excesive
- Principala cauză de formare a bavurilor excesive este pătrunderea excesivă a sculei în material (pe direcția grosimii materialului)
- În acest caz când se observă o refulare a materialului către suprafață, este suficientă retragerea sculei din material cu o mică distanță
- Deși aspectul îmbinării este unul necorespunzător în aceste situații, rezistența mecanică a îmbinării în multe cazuri poate fi una acceptabilă

## 3.2.1 Principalele tipuri de probleme și modul de soluționare a acestora

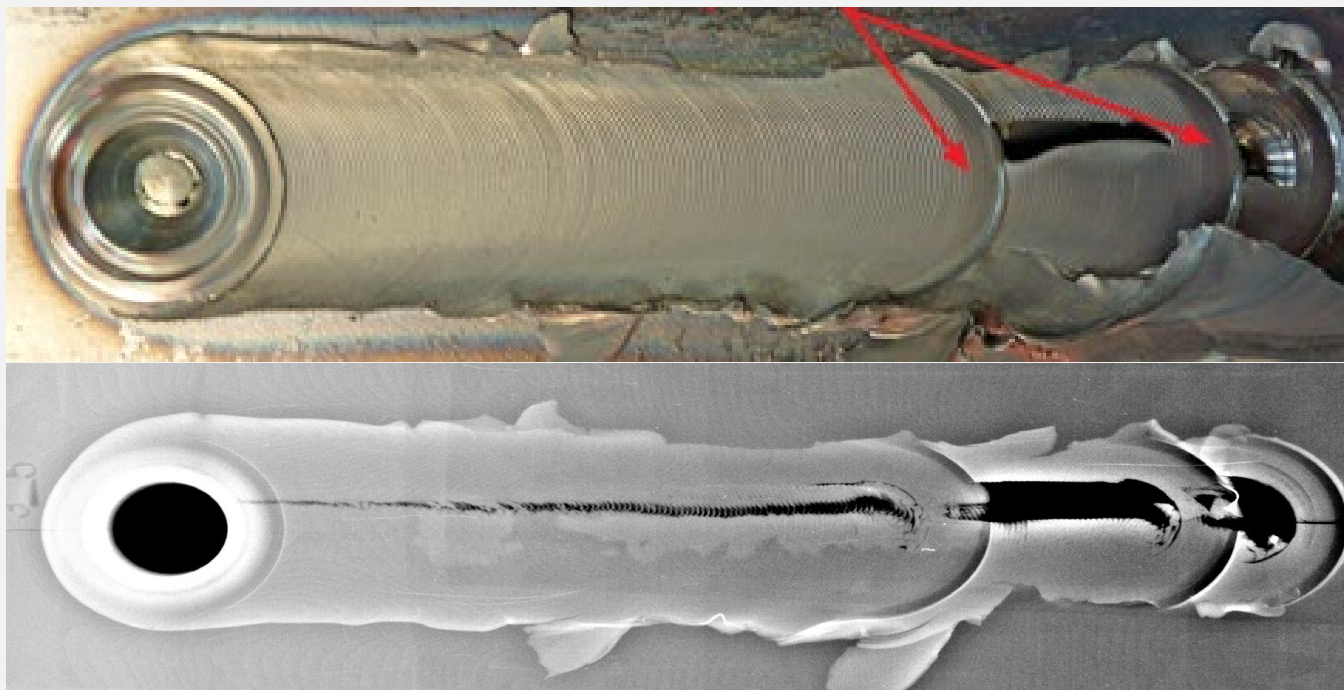


Aspectul îmbinării ce prezintă bavuri excesive

## 3.2.1 Principalele tipuri de probleme și modul de soluționare a acestora

- La viteze prea mari de sudare apar probleme legate de curgerea și formarea îmbinării sudate
- În aceste cazuri apar creștături sau șanțuri longitudinale ce se formează la suprafața îmbinării sudate
- În aceste situații este necesară o ajustare a parametrilor de sudare, în principal a vitezei de sudare (de translație) și selecția unei geometrii corespunzătoare pentru partea activă a sculei.

## 3.2.1 Principalele tipuri de probleme și modul de soluționare a acestora



Crestătură/șant continuu longitudinal

## 3.2.1 Principalele tipuri de probleme și modul de soluționare a acestora

- O altă problemă poate apărea la capătul îmbinării sudate unde rămâne o amprentare a sculei în material
- Problema poate fi rezolvată prin utilizarea unor plăcuțe de capăt - plăcuțe suplimentare de material unde scula se va retrage din material

## 3.2.1 Principalele tipuri de probleme și modul de soluționare a acestora



leșirea/retragerea sculei din material fără plăcuțe de capăt

## 3.2.1 Principalele tipuri de probleme și modul de soluționare a acestora

- La sudarea oțelurilor se pot genera temperaturi foarte ridicate ce pot determina lipirea pieselor sudate de plăcuțele suport (de așezare/fixare)
- Pentru a preveni această situație, se poate presăra pulbere (ex. din PCBN) pe placa suport, ce va împiedica adeziunea pieselor la acesta

## Concluzii

- ✓ La fel ca și în cazul altor procedee de sudare, la sudarea FSW trebuie respectate normele specifice de protecția muncii și de siguranță/sănătate.
- ✓ În cazul nerespectării acestor norme, se pot produce accidente ce implică tăieturi, arsuri sau vătămări ale ochilor și ale pielii, ale feței etc.
- ✓ Obținerea de îmbinări sudate de calitate prin FSW este posibil cu și fără echipamente auxiliare, doar prin selecția și alegerea optimă a parametrilor de sudare.