



Friction Stir Welding European Qualifications

CU04 – Post Processing

FSW Specialist and Engineer



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

4. Post Procesare

- 4.1. Inspecția vizuală
- 4.2. Imperfecțiuni și defecte de sudare
- 4.3. Cauze de producere imperfecțiuni de sudare

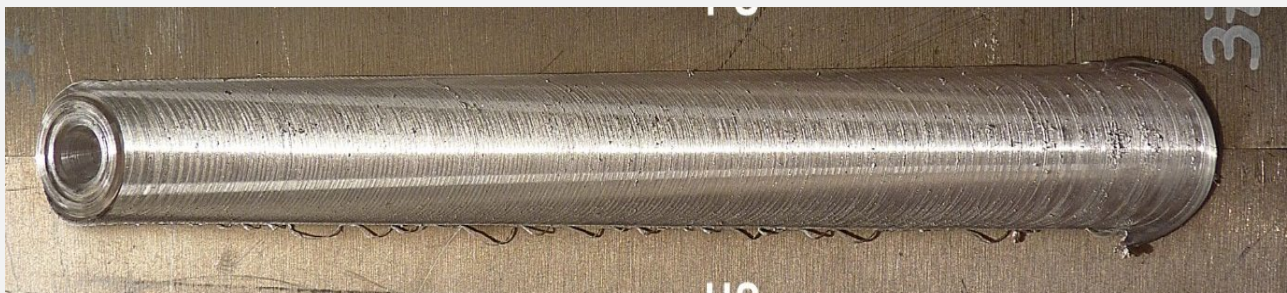
4. Post Procesare

- Avantajul procedurii de sudare FSW cu parametri optimizați prin comparație cu alte procedee de sudare convenționale constă în faptul că după terminarea procesului de sudare nu mai sunt necesare operațiile:
 - de prelucrări mecanice
 - de curățare
 - tratamente termice post-sudare
- Pentru controlul de calitate a îmbinării după sudare se va executa în primul rând o **inspecție vizuală**.

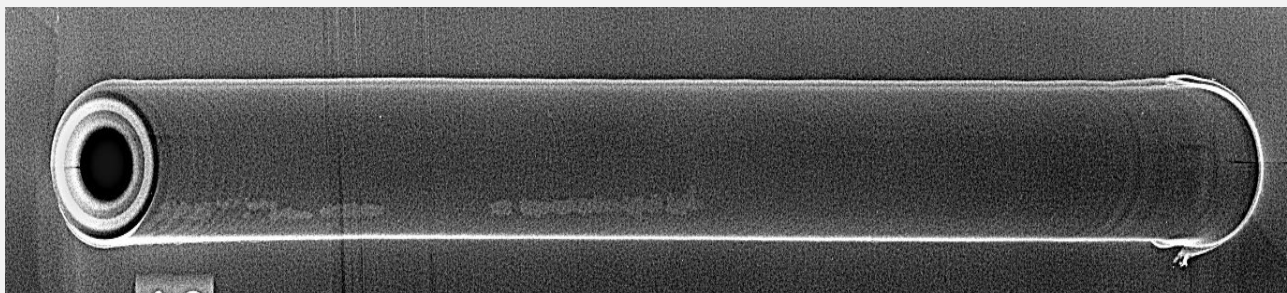
4.1 Inspecția vizuală

- Inspecția vizuală a îmbinării sudate prin FSW se va realiza pe toată durata procesului de sudare
- Înaintea începerii efective a procesului de sudare este obligatorie verificarea prinderii adecvate a pieselor în dispozitivul de fixare și aspectul sculei (uzură, prindere etc)
- Dacă această inspecție vizuală este omisă înainte și după sudare, pot apărea o serie de imperfecțiuni/defecte de sudare.

4.1 Inspecția vizuală

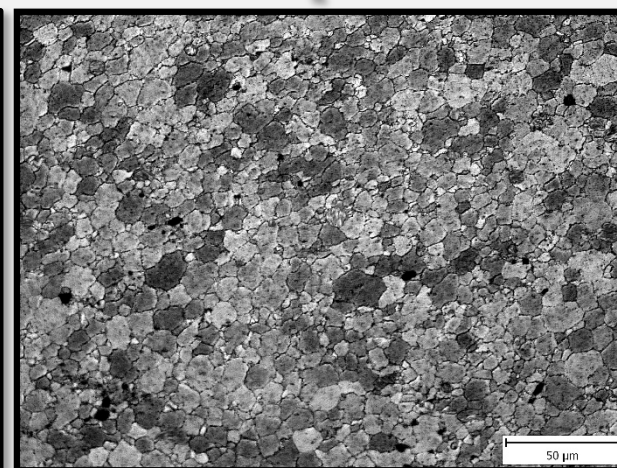
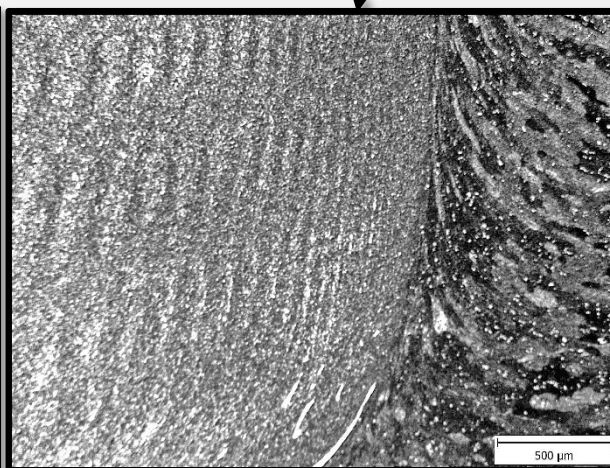
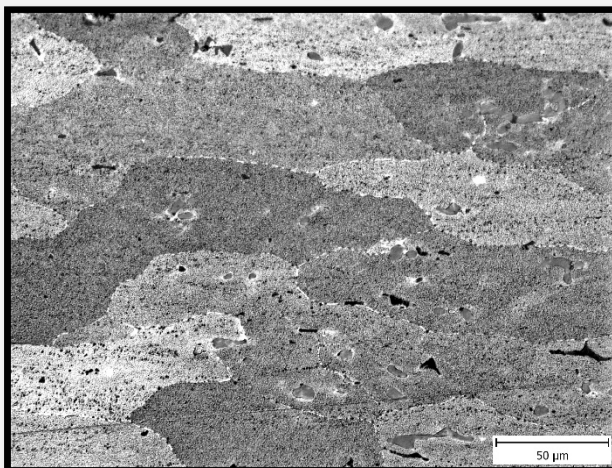
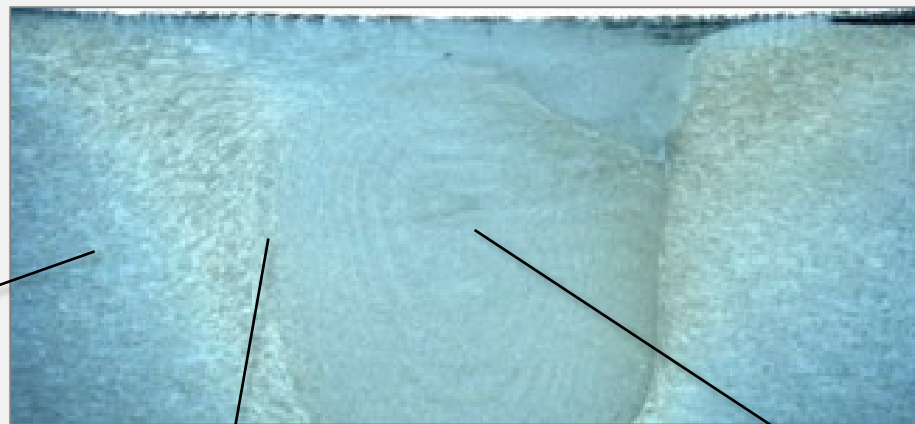


Îmbinare sudată prin FSW. Aspect corect al îmbinării



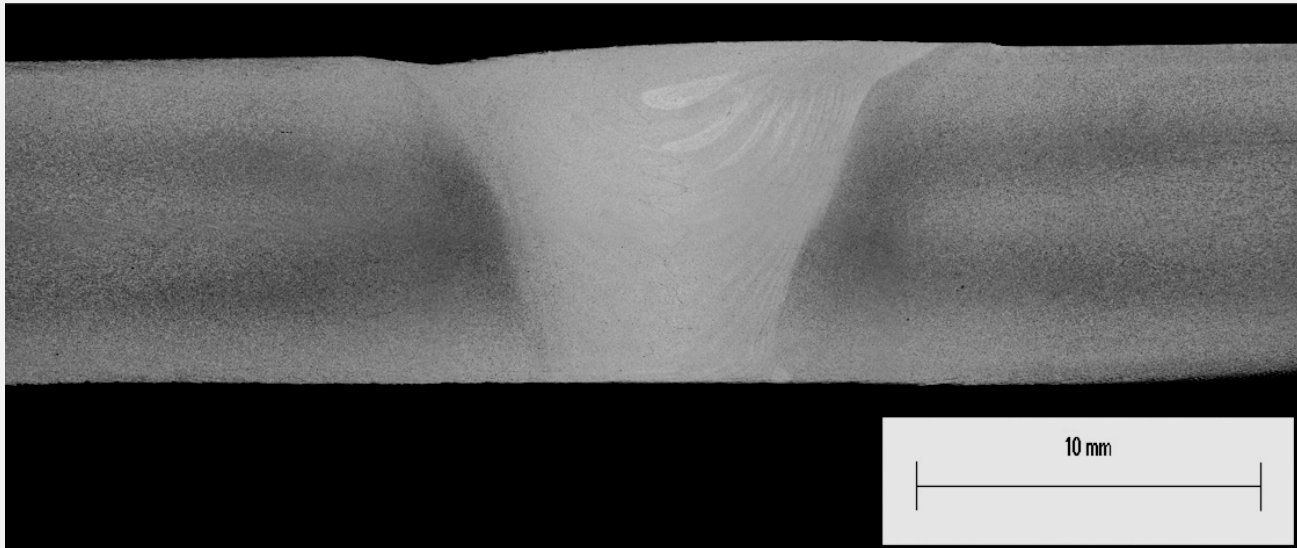
Aspectul îmbinării sudate prin FSW la controlul cu raze X

4.1 Inspecția vizuală



Structură fină a grăunților cristalini de formă poliedrică a unui aliaj de Al (EN AW 5083 H111)
cu caracteristici superioare de rezistență mecanică

4.1 Inspecția vizuală



Îmbinare corectă obținută prin sudare FSW - aspect macrostructural aliaj de Al EN AW 6005 T6
Sudare realizată cu următorii parametrii:

- ✓ 1500 rot/min (viteză de rotație)
- ✓ 300 mm/min (viteză de sudare – de translație)
- ✓ $t=10\text{mm}$ (adâncime de pătrundere în material)

4.2 Imperfecțiuni și defecte de sudare

- Pentru a aprecia **calitatea îmbinării sudate prin FSW**, privind imperfecțiunile interioare de sudare, este necesar un control bazat pe metode distructive.
- Căldura generată la sudarea FSW este suficient de mare pentru a atinge condițiile necesare producerii unor transformări microstructurale, precum: recristalizare, creșterea dimensiunii grăunților cristalini, dizolvarea unor precipitate.
- Aceste transformări microstructurale au loc la diferite temperaturi pentru diverse materiale și depind în principal de compoziția chimică a materialelor sudate.

4.3 Cauze de producere ale imperfecțiunilor de sudare

Cele mai frecvente imperfecțiuni de sudare interne ce apar la sudarea FSW sunt:

- goluri de material, cavități
- formare incorectă a rădăcinii sudate
- fisuri

Dacă nu este generată suficientă căldură în proces, materialul nu atinge acele caracteristici de plasticitate necesare pentru antrenarea acestuia de către elementul rotitor, iar în aceste situații apar în îmbinarea sudată imperfecțiuni de tip goluri de material sau cavități.

Deși creșterea vitezei de sudare contribuie la creșterea productivității procesului de sudare, **vitezele prea mari** conduc la formarea de goluri sau cavități interne ce pot fi dispuse preferențial pe partea de avans a materialului imprimată de elementul rotitor.

4.3 Cauze de producere ale imperfecțiunilor de sudare

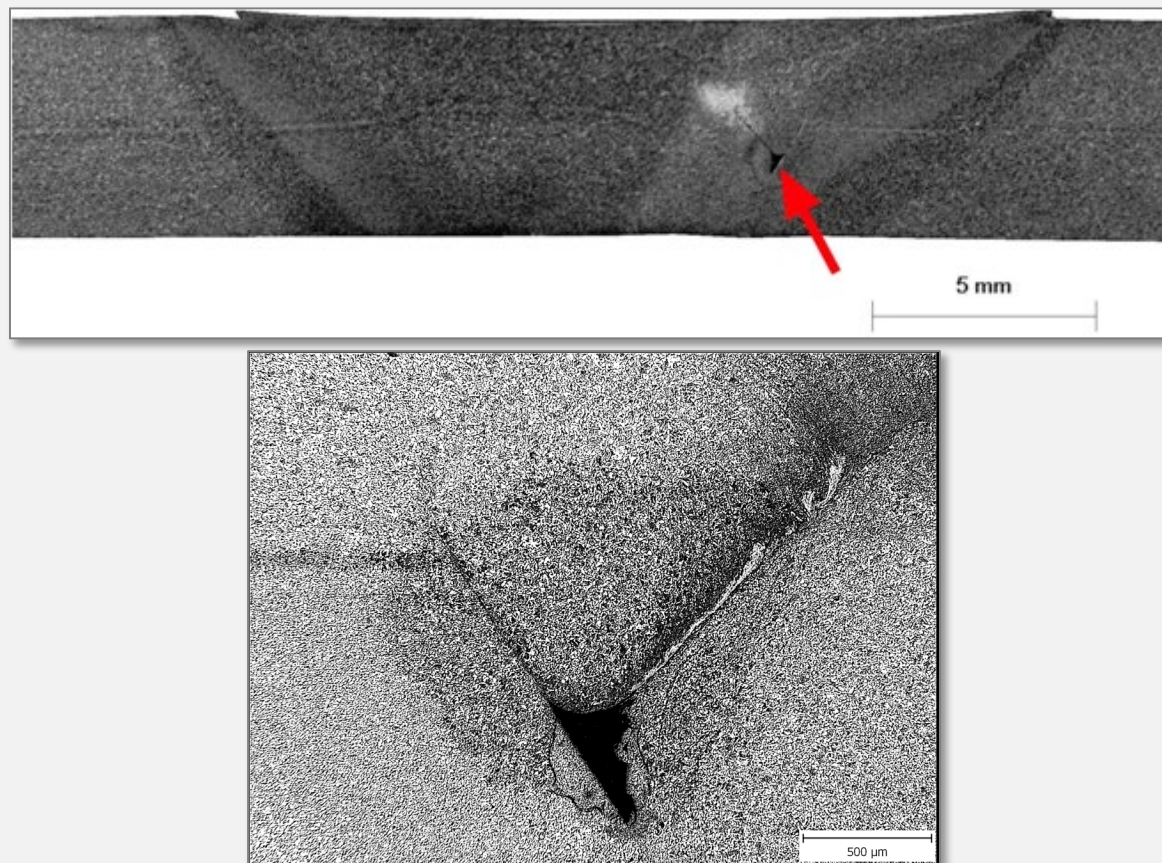
- Pentru a asigura o **căldură suficientă** la sudarea FSW, poate fi necesară o **reducere a vitezei de sudare**, ceea ce va avea ca și efect obținerea unor **caracteristici de plasticitate superioare ale materialelor sudate**.
 - Rezultatele experimentale au demonstrat că zonele în care apar goluri de material cresc pe măsură ce se mărește viteza de sudare
 - Deasemenea, s-a dovedit că prin **creșterea diametrului umărului sculei** se mărește cantitatea de căldură produsă, materialele prezintă o mai bună plasticitate și astfel **incidența apariției golurilor de material în îmbinare se va micșora**.

4.3 Cauze de producere ale imperfecțiunilor de sudare



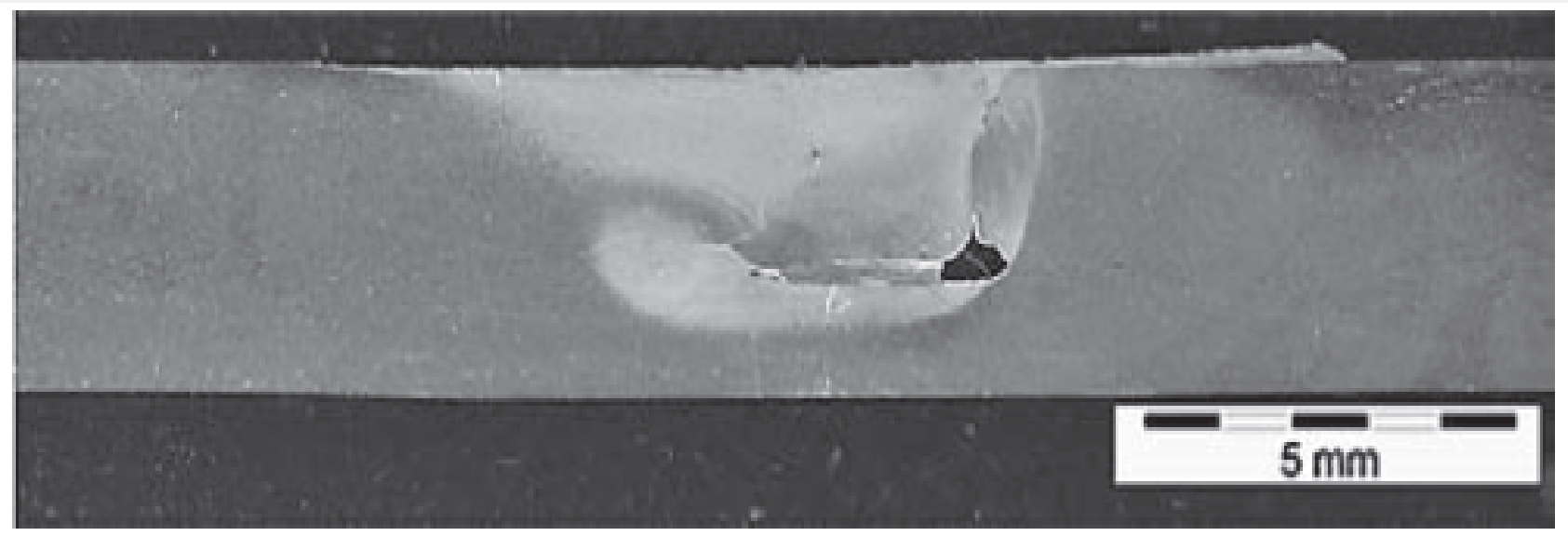
Tunel interior (gol de material longitudinal) în îmbinare sudată
piese de Al tehnic pur, grosime material 10 mm

4.3 Cauze de producere ale imperfecțiunilor de sudare



Aspect macro și microstructural al unui gol de material în îmbinarea sudată

4.3 Causes of imperfections and defects



Macrostructure of a void in welded joint made of AlSi12 alloy

4.3 Cauze de producere ale imperfecțiunilor de sudare

- O altă problemă privind apariția imperfecțiunilor interne constă în **formarea incorectă a rădăcinii sudate.**
- Acest tip de imperfecțiune este cunoscută sub denumirea de “Kissing Bond”. Caracteristicile imperfecțiunii sunt similare sudurii “reci” de la procedeele de sudare prin topire, unde nu există o pătrundere a materialului de bază.
- Aceste imperfecțiuni sunt formate datorită generării unei călduri insuficiente în proces sau datorită nefragmentării peliculei de oxid de pe suprafața materialelor sudate.
- O altă cauză de producere a acestei imperfecțiuni poate fi datorită selecției unei lungimi neadecvate a pin-ului sculei sau o adâncime de pătrundere insuficientă în material în raport cu grosimea acestuia.

4.3 Cauze de producere ale imperfecțiunilor de sudare

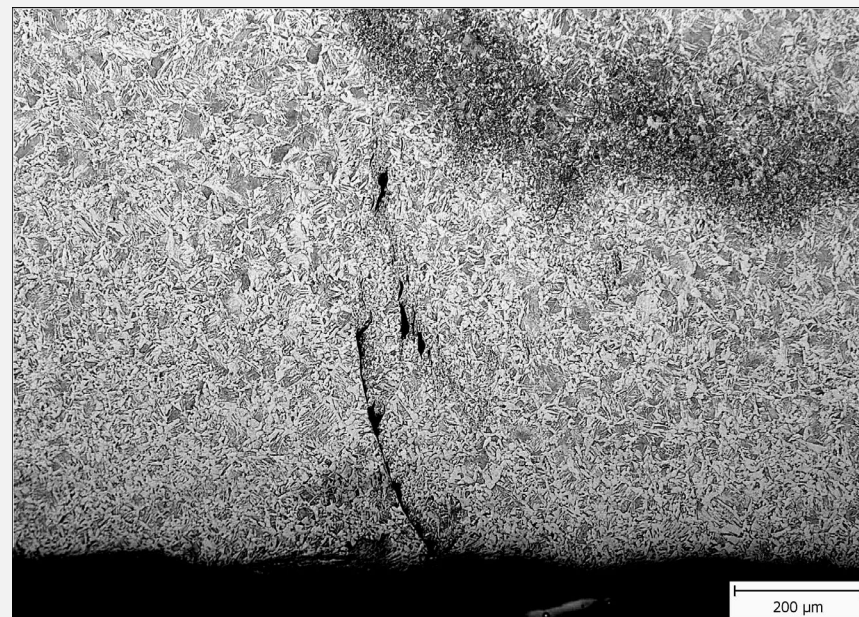
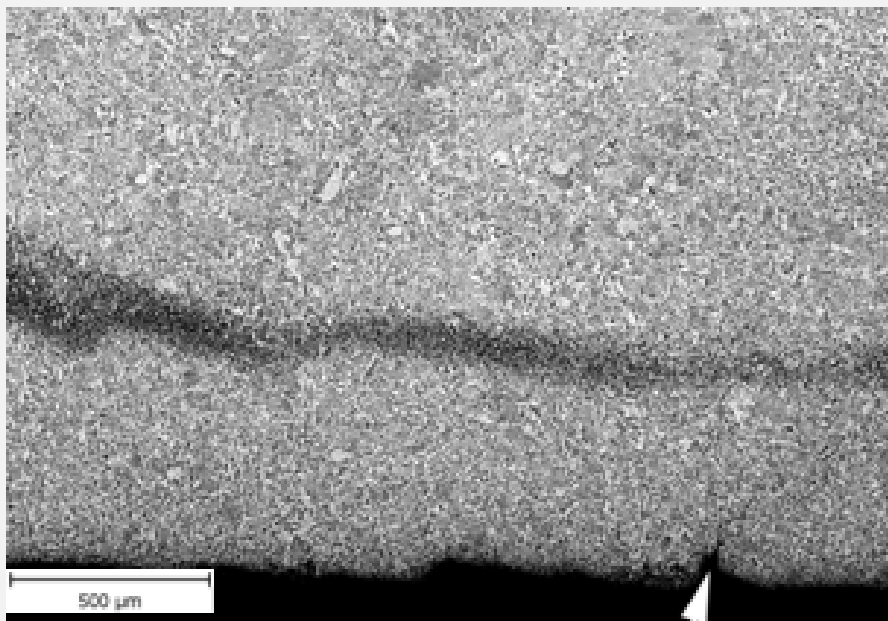
- Pentru viteze de rotație corespunzătoare ale sculei sau elementului rotitor se generează o căldură suficientă în îmbinare, ceea ce va asigura o curgere plastică adecvată a materialului și caracteristici microstructurale uniforme.
- Dimensiunea medie a grăunților cristalini în zona de deformare/curgere a materialului se va micșora odată cu creșterea vitezei de sudare (translație) și cea de rotație a sculei.
- Controlul vitezei de rotație a elementului rotitor va conduce la obținerea unor îmbinări sudate de calitate, lipsite de imperfecțiuni.

4.3 Cauze de producere ale imperfecțiunilor de sudare



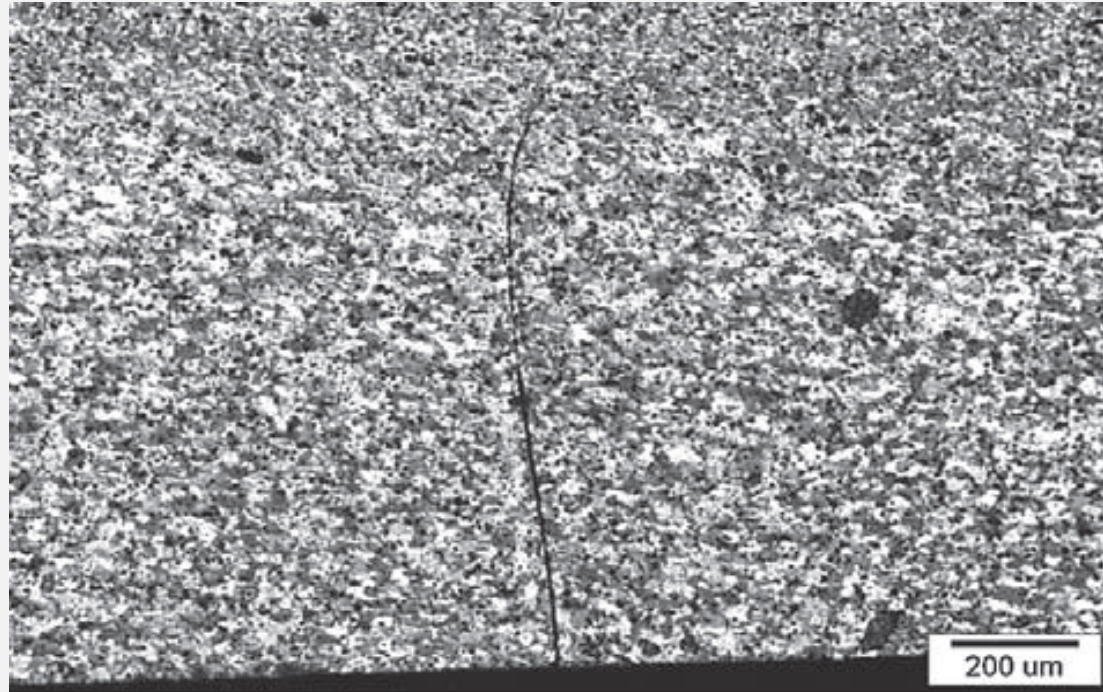
Formare incorectă a rădăcinii îmbinării

4.3 Cauze de producere ale imperfecțiunilor de sudare



Microstructura îmbinării sudate – lipsă de legătură la rădăcină în oțel S235JRC+N

4.3 Cauze de producere ale imperfecțiunilor de sudare



Microstructura îmbinării sudate – lipsă de legătură la rădăcină în aliaj de Aluminiu tip 5083

4.3 Cauze de producere ale imperfecțiunilor de sudare

- Printre imperfecțiunile întâlnite frecvent, se află și **fisurile** .
- S-a demonstrat experimental că fisurile care se inițiază la rădăcina îmbinării, se propagă mai departe prin material și produc ruperea acestuia la testul de tracțiune a îmbinării sudate.
- Pentru prevenirea formării fisurilor în îmbinare se iau măsuri similare cu cele de la formarea incorectă a rădăcinii îmbinării. Este necesar asigurarea unei călduri suficiente în proces, care să asigure o deformare și curgere plastică adecvată a materialului în zona îmbinării.

4.3 Cauze de producere ale imperfecțiunilor de sudare



Fisură apărută în îmbinare după testul de îndoire longitudinală

Concluzii

- O selecție adecvată a parametrilor de sudare (viteză de sudare și de rotație a elementului rotitor) la sudarea FSW, reduce riscul apariției unor imperfecțiuni de sudare menționate anterior, ceea ce va asigura obținerea unor îmbinări sudate de calitate, cu caracteristici superioare de rezistență mecanică.