



Friction Stir Welding European Qualifications

**CU04 – Poobdelava**

FSW Specialist in inženir



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

# 4. Kazalo

40.1. Vizualni pregledi

4.2. Nepopolnosti in napake

4.3. Vzrok nepravilnosti / napak

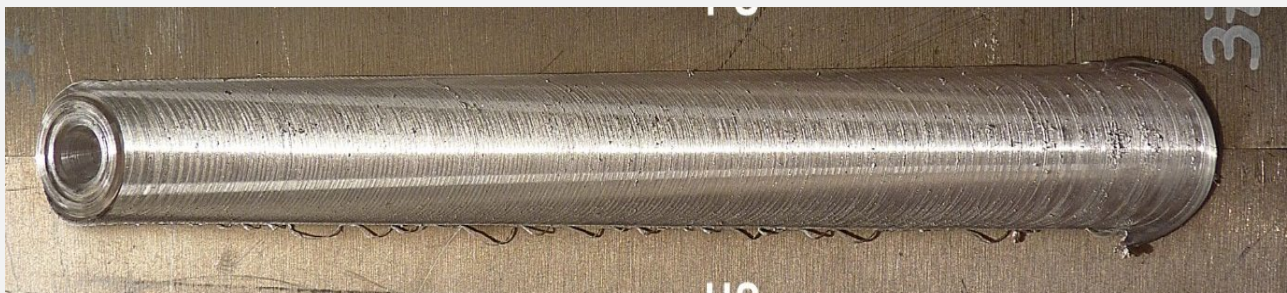
## 4. Poobdelava

- Prednost FSW procesa z optimiziranimi parametri v primerjavi z drugimi klasičnimi procesi varjenja je v tem, da se je po zaključku postopka varjenja ni treba izvesti naslednjih operacij:
  - brušenja
  - čiščenja
  - toplotne obdelave zvarnih spojev
- Za kontrolo kakovosti varjenih spoja po varjenju, je dovolj vizualni pregled

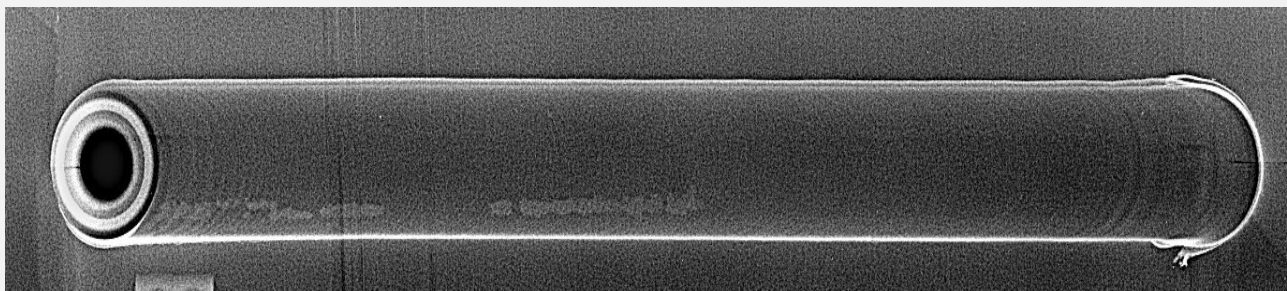
## 4.1 vizualni pregled

- Vizualni pregled zvarnega spoja kakovosti je treba izvajati med celotnim postopkom varjenja
- Pred začetkom je varjenje je treba pregledati pravilno vpenjanje varjenih plošč in varilno orodje
- V primeru nezadostnih vizualnih pregledov pred in po varjenju različnih nepravilnosti in se lahko pojavijo napake

## 4.1 vizualni pregled

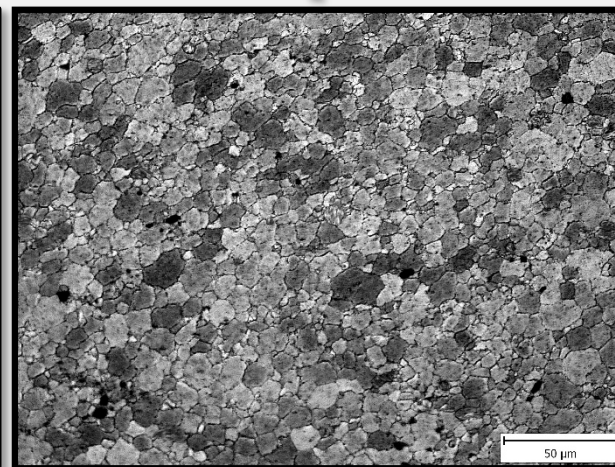
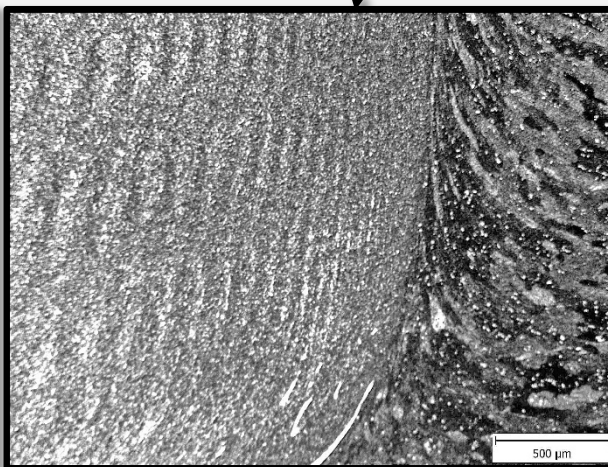
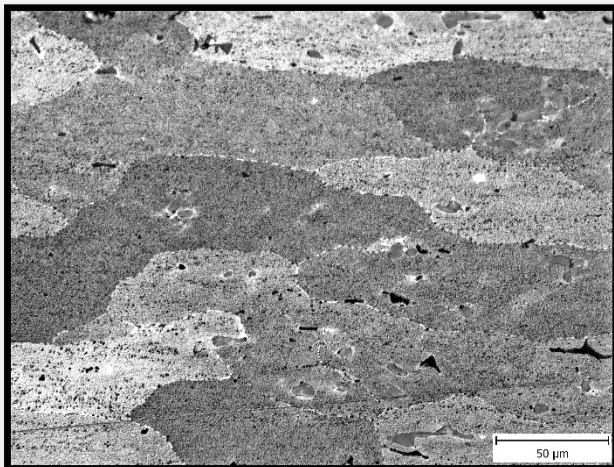
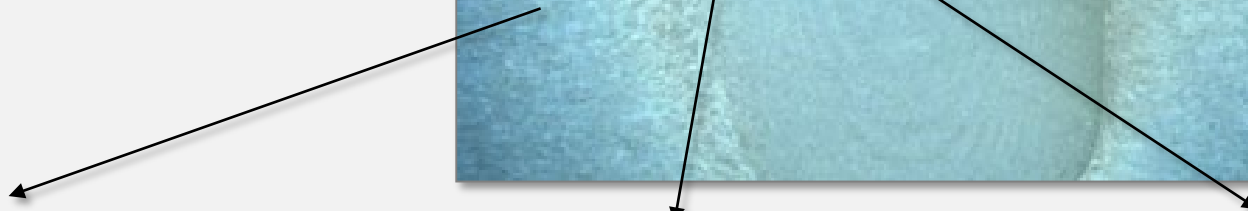
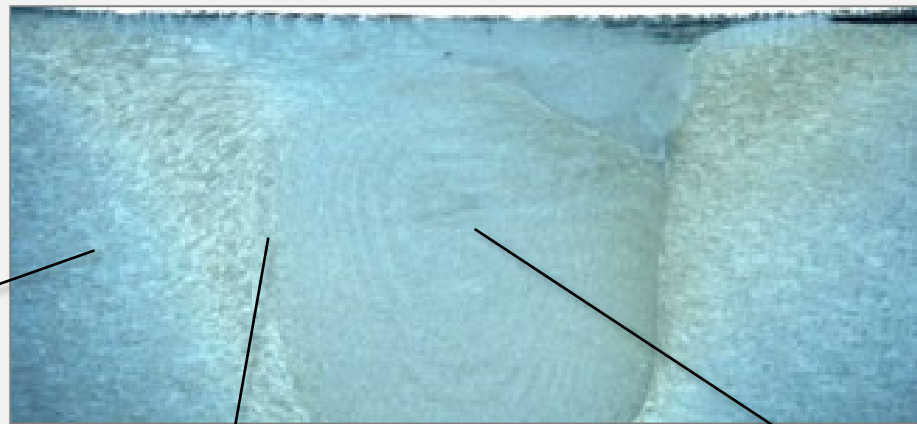


Dober varjeni spoj



Radiogram z zvarom

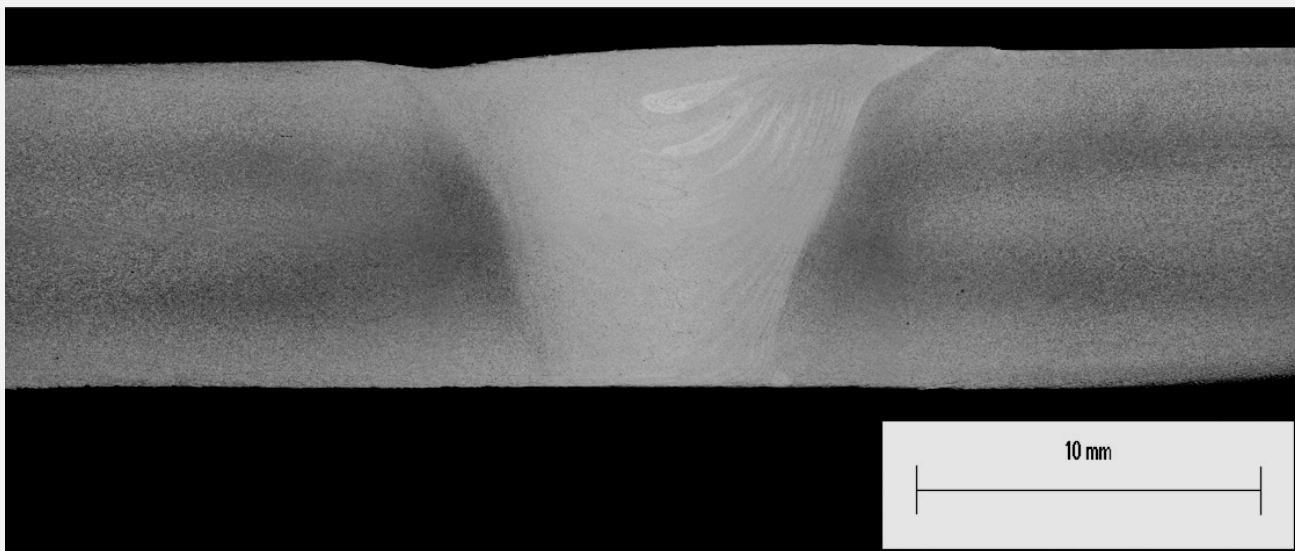
## 4.1 vizualni pregled



### **Dober varjeni spoj**

Fino zrnava poliederska mikrostruktura Al zlitine (EN AW 5083 H111) z vrhunskimi trdnostnimi lastnostmi

## 4.1 vizualni pregled



**Dober varjeni spoj** - makrostruktura WJ Al zlitine EN AW 6005 T6

Varjen z naslednjimi parametri:

- ✓ 1500 obr / min
- ✓ 300 mm / min
- ✓  $t = 10\text{mm}$

## 4.2 Nepopolnosti in napake

- Za določitev kakovosti zvarnih spojev glede notranjih pomanjkljivosti in napak, je nujna uporaba tehnik s poružitvijo.
- Dovajanje toplote pri varjenju z FSW postopek deluje težnjo za ustvarjanje pogojev, ki povzročajo mikrostrukturne transformacije kot: prekristalizacija, rast zrn in raztapljanje izločkov.
- Takšne mikrostrukturne transformacije potekajo pri različnih temperaturah za različne materiale in je odvisna od kemijske sestave materialov, varjenih.

## 4.3 Vzroki za pomanjkljivosti in napake

Najpogostejši notranje pomanjkljivosti, ki se pojavljajo v FSW lahko vključujejo:

- praznine
- Nezadostno mešanje korena
- razpoke

V primeru, ko nezadostne toplotne potreben za plastificiranje varjenih materiala dovaja proces varjenja, nepopolnosti imenuje praznine pojavljajo v zvarnega spoja.

Čeprav višjih hitrostih varilnih povečajo produktivnost zvarnih spojev, previsoke hitrosti vodi do tvorbe praznine pod površino za zvar in / ali napredovanja strani na robu zvarnega spoja.

## 4.3 Vzroki za pomanjkljivosti in napake

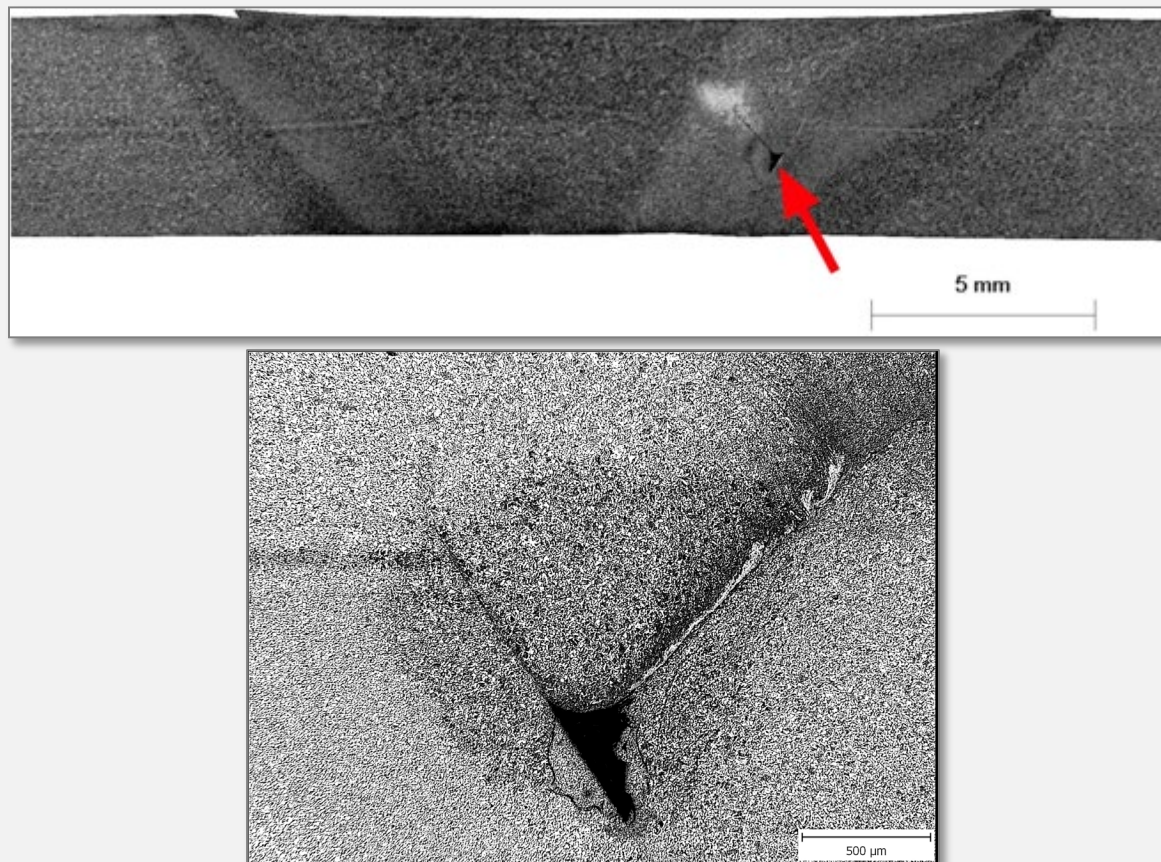
- Vzdrževati zadostno toplota potrebno za varjenje, je treba zmanjša hitrost varjenja, Kar ima za posledico Bolje plastificiranje materiala varjene.
  - Eksperimentalni rezultati so pokazali, da je območje, kjer je prišlo praznin znatno povečano z naraščajočo hitrostjo varjenja.
  - Izkazalo se je tudi, da pri širšem premeru rame orodja več toplote sproži proces, ki povzroča boljše plastificiranje materiala in s tem je pojav praznin v zvarnem spoju preprečen.

## 4.3 Vzroki za pomanjkljivosti in napake



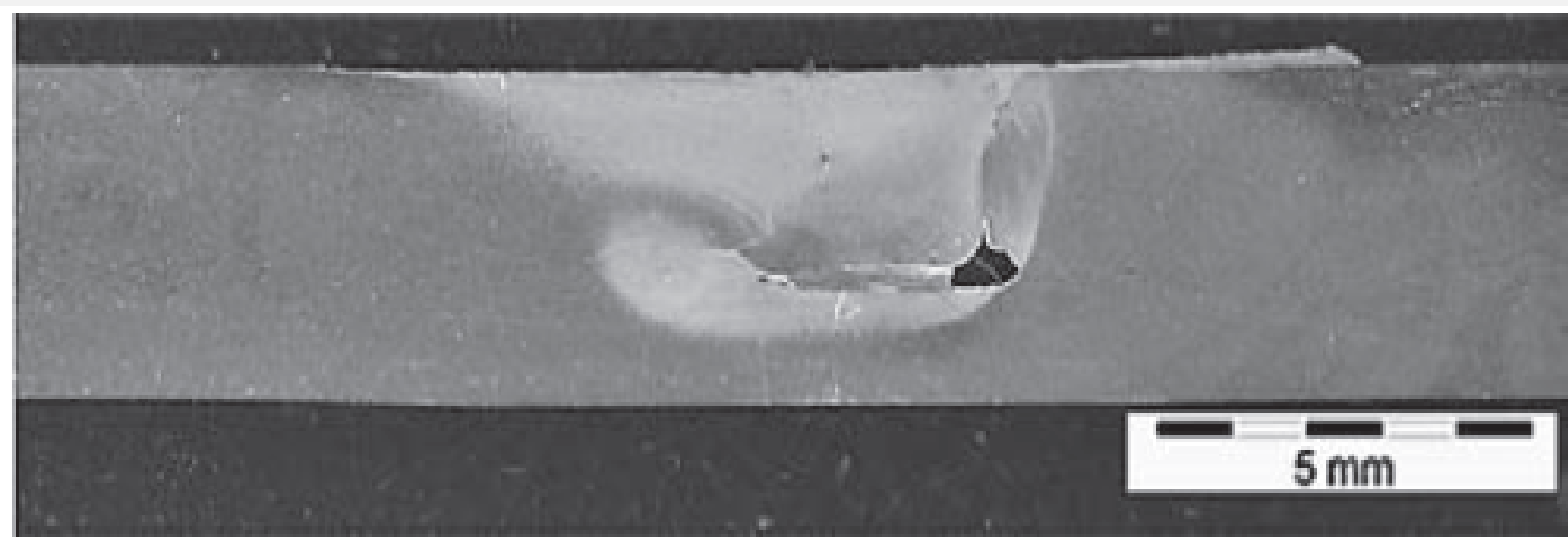
Longitudinalna nična VC iz čistega Al  
10 mm debeline

## 4.3 Vzroki za pomanjkljivosti in napakes



Makro in mikrostrukturo praznino v zvarnega spoja

## 4.3 Vzroki za pomanjkljivosti in napakes



Makrostrukture praznino v zvarnega spoja izdelano iz AlSi12 zlitine

## 4.3 Vzroki za pomanjkljivosti in napak

- Še eno vprašanje, glede na področju notranjih napak vključuje premalo mešanja korena.
- Ta napaka je določena kot ustrezno spajanje vezi.
- Take napake se tvorijo zaradi nezadostnega vnosa toplote in / ali zaradi nepopolnega mešanja plasti oksida na površini.
- Dodatni vzrok za nastanek napak je lahko sestavljen iz premajhne dolžine pina in potopne globine varilnega orodja glede na varjeno debelino materiala.

## 4.3 Vzroki za pomanjkljivosti in napak

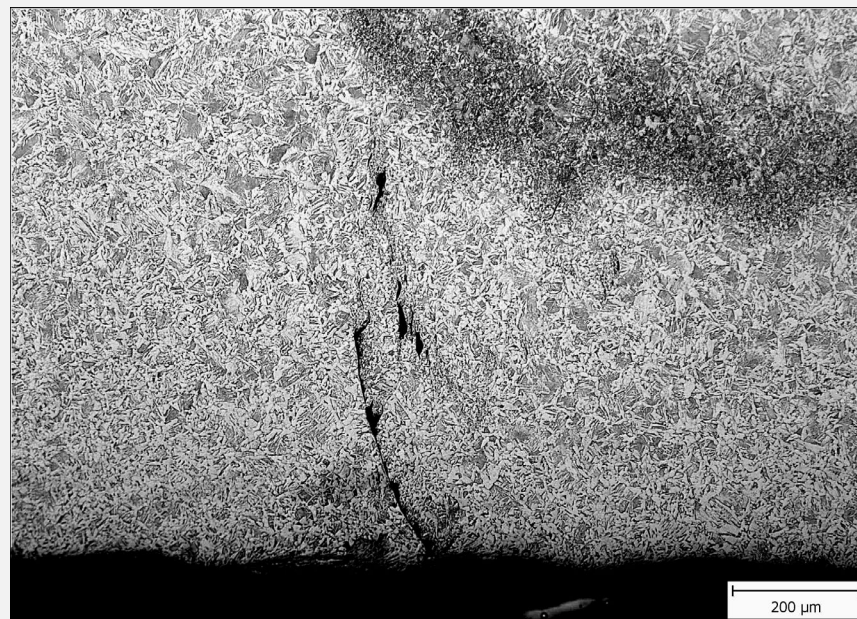
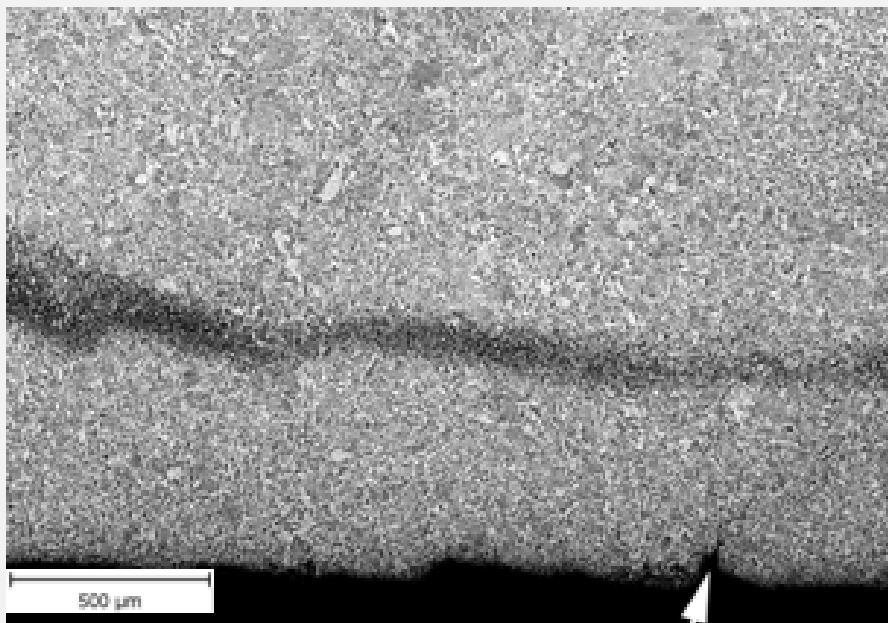
- Pri ustrezno visokih vrtljajih varilnega orodja je zadosten vnos toplote dovaja spoja, ki podpira pravilno mešanje varjenih materialov s široko disipacijo porazdelitve delcev.
- Povprečna velikost zrn v mešalno cono se zmanjša z naraščajočo hitrostjo in / ali hitrosti vrtljajev varilne varilnega orodja.
- Nadzor nad vrtilno hitrostjo od varilnega orodja omogoča znatno supresijo napak.

## 4.3 Vzroki za pomanjkljivosti in napak



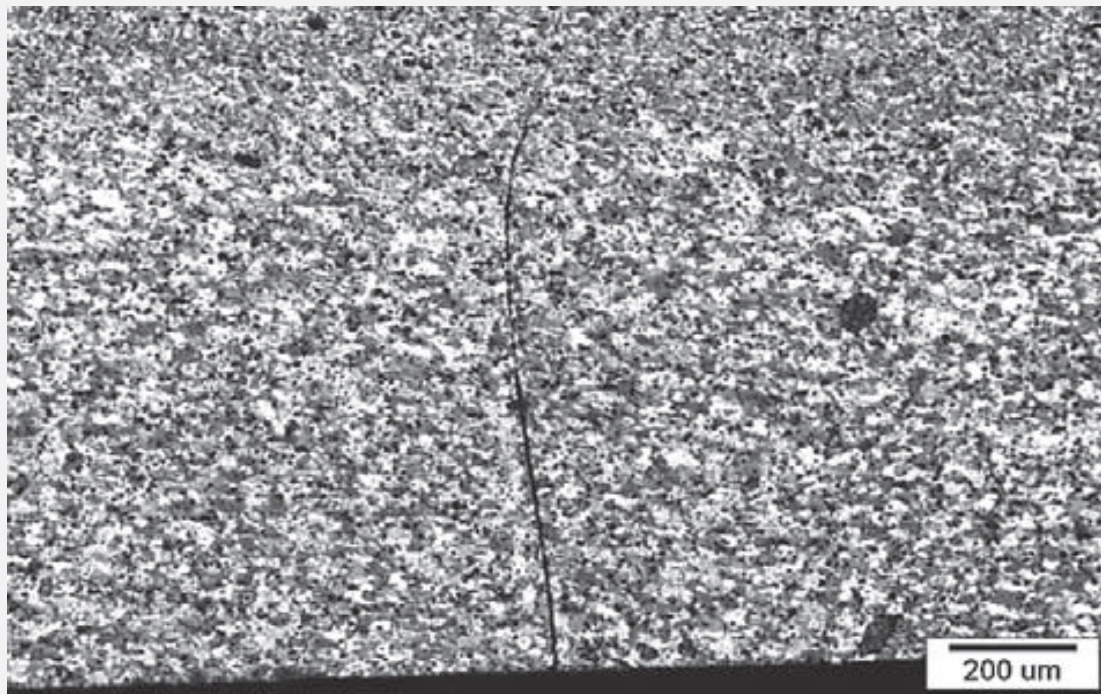
nezadostno mešanje korena zvarnega spoja

## 4.3 Vzroki za pomanjkljivosti in napakes



Mikrostruktura zvarnega spoja - pomanjkanje korenske fuzije v vrsti jekla  
S235JRC + N

## 4.3 Vzroki za pomanjkljivosti in napak



Mikrostruktura zvarnega spoja - pomanjkanje korenske fuzije Al zlitine vrste 5083

## 4.3 Vzroki za pomanjkljivosti in napak

- Med naslednjih osnovnih pomanjkljivosti in napak, lahko omenimo razpoke.
- Eksperimentalno smo dokazali, da se razpoka ki se začne iz korena zvarnega spoja z valovito defektov povzroči pretrganje zvarnega spoja pri nateznem preizkusu.
- Za izogibanje razpok v varjenih spojih, velja v primeru pomanjkanja korenskega fuzije. Zato je potrebno zagotoviti zadostno vnašanje toplote, ki jo podpira pravilno mešanje materiala.

## 4.3 Vzroki za pomanjkljivosti in napak



Opređeljena razpoka v zvarnem spoju po upogibnem preskusu

## Sklepi

- Učinkovit izbor varilnih parametrov (varjenje hitrosti in vrtljajev varilnega orodja) za FSW postopek odpravlja zmanjšanje omenjenih napak, kar znatno prispeva k izboljšanju mehanskih lastnosti zvarnih spojev.