



Friction Stir Welding European Qualifications

## UC04 – Pós-processamento Especialista e Engenheiro SFL

# 4. Pós-processamento

4.1. Inspeção Visual

4.2. Imperfeições e defeitos

4.3. Causas de imperfeições/defeitos

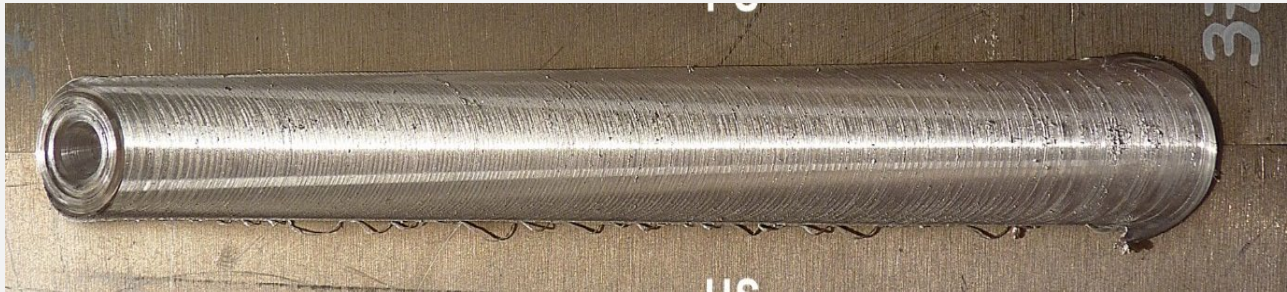
## 4. Pós-processamento

- A vantagem do processo SFL com parâmetros otimizados em comparação com outros processos clássicos de soldadura consiste no facto de que, após a conclusão do processo de soldadura, não é necessário executar as seguintes operações:
  - desbaste
  - limpeza
  - Tratamento térmico das juntas soldadas
- Para garantir a qualidade da junta soldada após a soldadura, a inspeção visual é o primeiro ensaio a ser realizado.

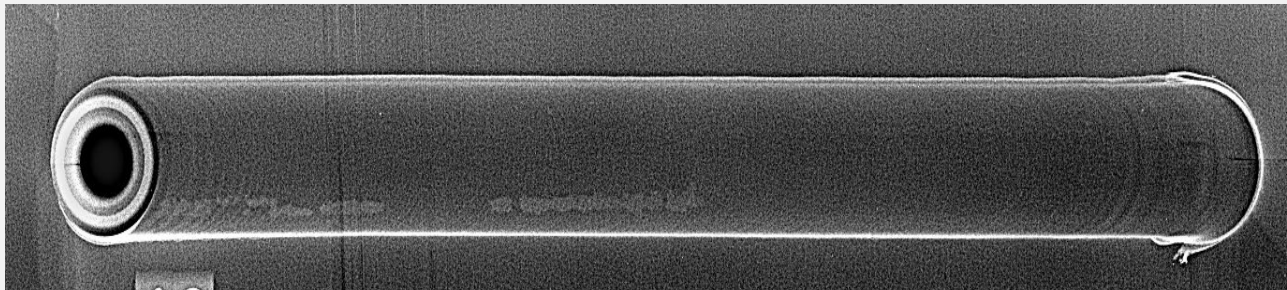
## 4.1 Inspeção visual

- Inspeção visual da qualidade da junta soldada é necessária durante todo o processo de soldadura.
- A fixação do material soldado e da ferramenta de soldadura deve ser inspecionada visualmente antes do início do processo de soldadura.
- No caso de inspeção visual incorreta antes e durante o processo de soldadura, podem ocorrer diferentes imperfeições / defeitos

## 4.1 Visual Inspection

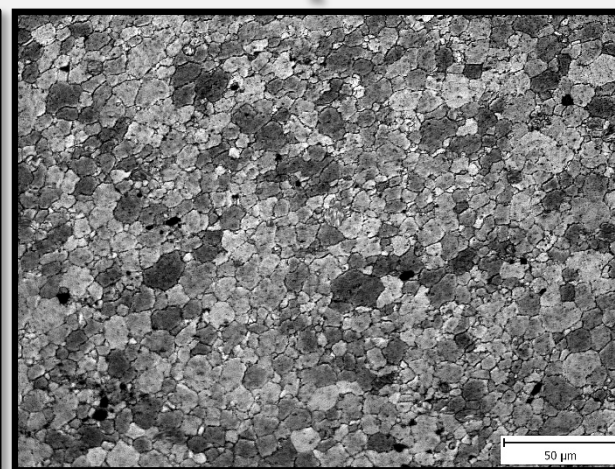
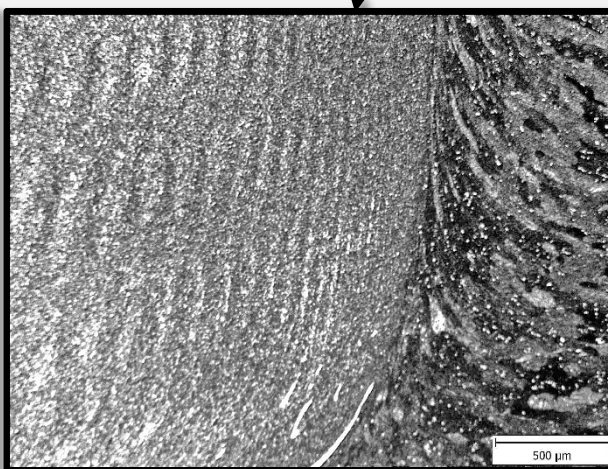
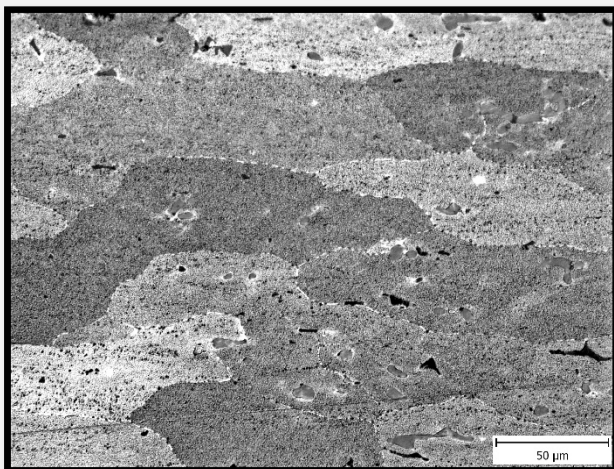
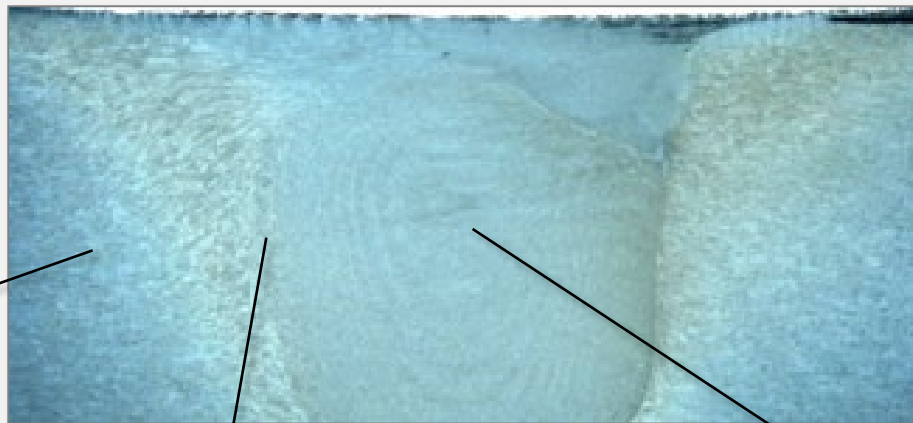


Junta soldada sã



Radiografia da junta soldada

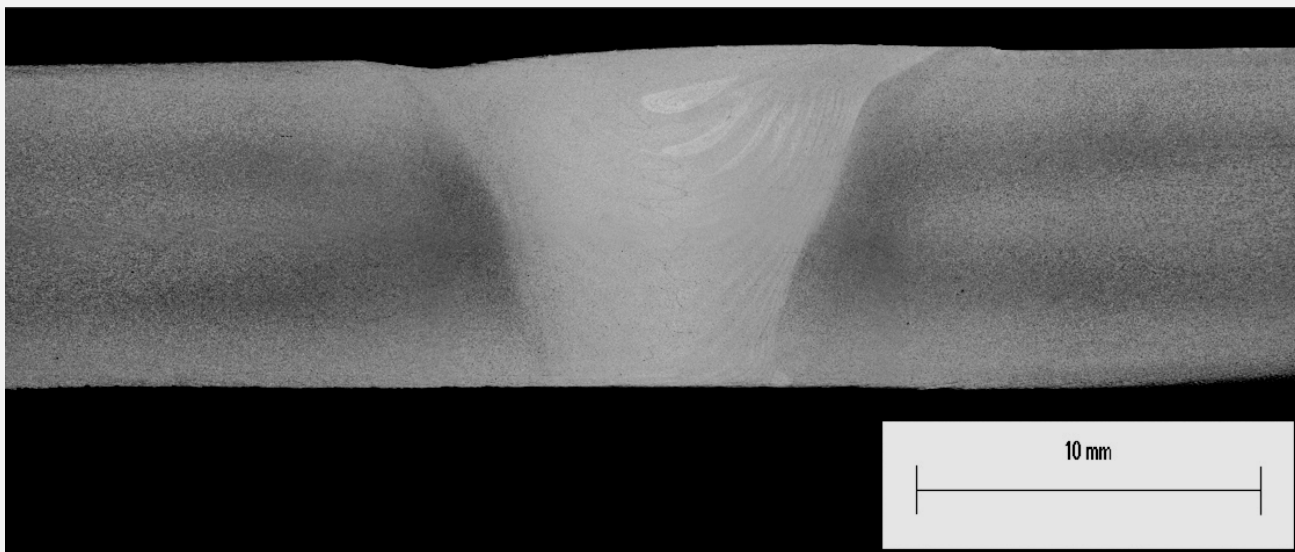
## 4.1 Visual Inspection



### Junta soldada sã

Microestrutura de grão fino poliédrico da liga de Al (EN AW 5083 H111) com propriedades de resistência superiores

## 4.1 Visual Inspection



**Junta soldada ã** – macroestrutura da junta soldada da liga Al EN AW 6005 T6

Soldada utilizando os seguintes parâmetros:

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

## 4.2. Imperfeições e defeitos

- Para determinar a qualidade das juntas soldadas em relação às imperfeições e defeitos internos, é necessária a aplicação de técnicas destrutivas.
- O calor fornecido durante a soldadura SFL exerce a tendência de criar as condições que causam as transformações microestruturais como: recristalização, crescimento de grãos e dissolução de precipitados.
- Tais transformações microestruturais ocorrem a diferentes temperaturas para diferentes materiais e dependem da composição química dos materiais soldados.

## 4.3 Causas de imperfeições/defeitos

As imperfeições internas que ocorrem mais frequentemente no SFL podem incluir :

- Cavidade
- Raiz insuficientemente processada
- Fissuras

No caso do **calor** fornecido pelo processo de soldadura ser **insuficiente** para plasticizar o material soldado, as imperfeições chamadas de **cavidades** ocorrem em juntas soldadas.

Embora velocidades de soldadura mais altas aumentem a produtividade das juntas soldadas, **velocidades muito altas** levam à formação de **vazios subsuperficiais** da junta soldada e/ou no lado de avanço na limite da junta soldada.

In case when **insufficient heat** needed for plasticizing of welded material is supplied to welding process, the imperfections called the **voids** occur in welded joint.

Though the higher welding speeds enhance the productivity of welded joints, **too high speeds** lead to formation of **voids under the surface** of welded joint and/or on the advancing side at the fringe of welded joint.

## 4.3 Causas de imperfeições/defeitos

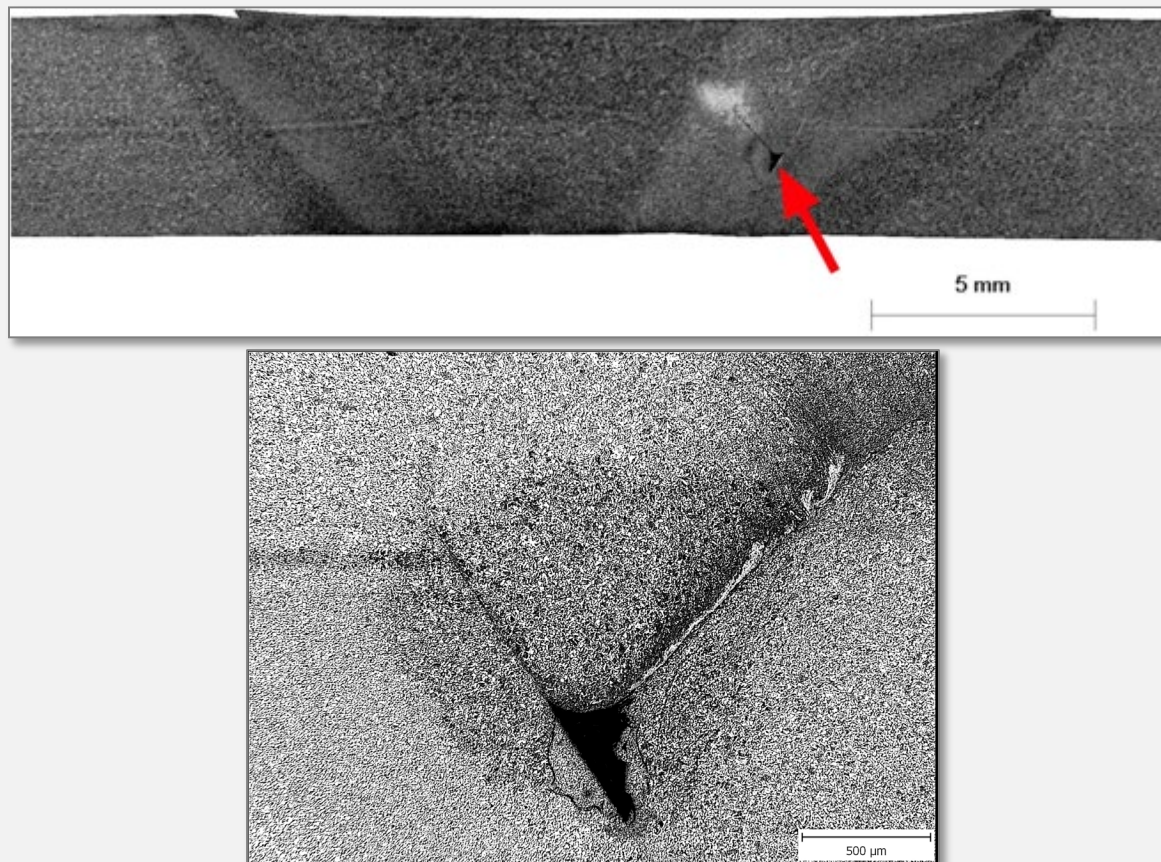
- Para manter o calor necessário para a soldadura, é necessário reduzir a velocidade de soldadura, o que melhora plasticização do material soldado.
  - Os resultados experimentais mostraram que a zona onde as cavidades ocorreram aumentou significativamente com o aumento da velocidade de soldadura.
  - Também foi comprovado que o aumento do diâmetro da base da ferramenta, entra maior volume de calor no processo, causando melhor plasticização do material e, evita assim **a ocorrência de vazios na junta soldada.**

## 4.3 Causas de imperfeições/defeitos



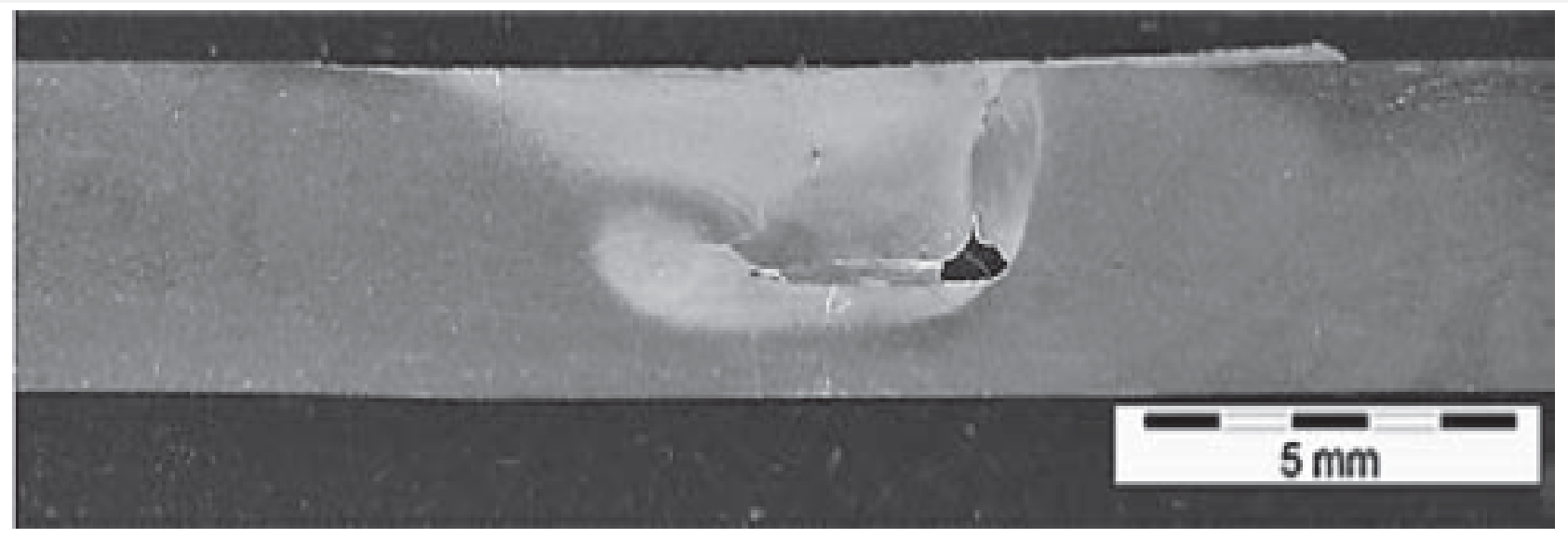
Cavidade longitudinal na junta soldada  
constituída por Al puro  
10 mm de espessura

## 4.3 Causas de imperfeições/defeitos



Macro and microestrutura de uma cavidade na junta soldada

## 4.3 Causas de imperfeições/defeitos



Macroestrutura de uma cavidade na junta soldada constituída por uma liga de AlSi12

## 4.3 Causas de imperfeições/defeitos

- Outra questão relativa ao campo dos defeitos internos consiste no **insuficiente processamento da raiz**.
- Esse defeito é designado como *kissing bond*/falta de fusão na raiz.
- Tais defeitos são formados devido à insuficiente entrega térmica e/ou devido à rotura incompleta das camadas de óxido da superfície.
- Uma outra causa para a formação de defeitos pode consistir num comprimento de pino insuficiente e a profundidade de penetração da ferramenta de soldadura em relação à espessura do material soldado.

## 4.3 Causas de imperfeições/defeitos

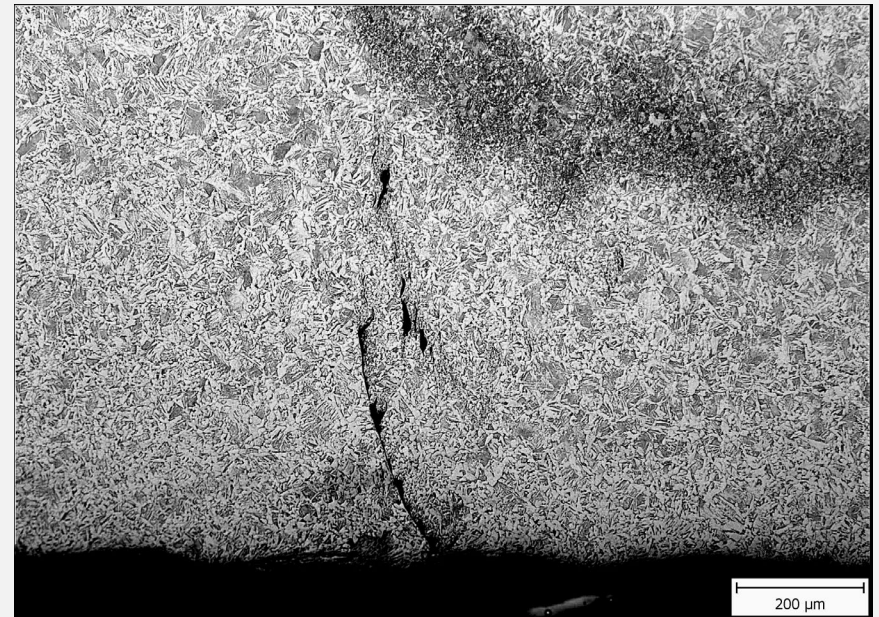
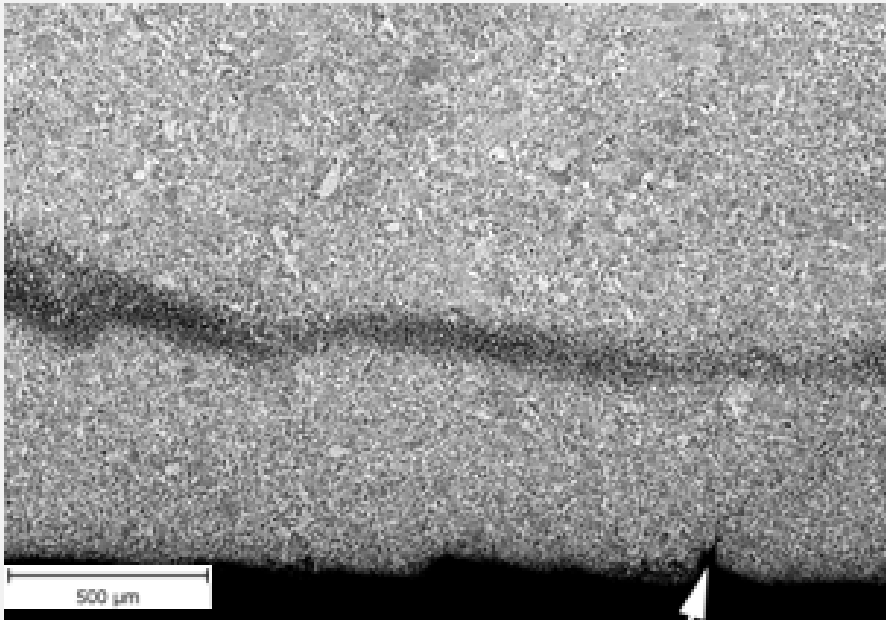
- A uma velocidade de rotação elevada, uma entrega térmica suficiente é fornecida à junta que suporta o correto processamento de material soldado com uma distribuição ampla e dissipada de partículas.
- O tamanho médio de grão na zona de processamento é reduzido com o aumento da velocidade de soldadura e/ou velocidade de rotação da ferramenta de soldadura.
- O controle da velocidade de rotação da ferramenta de soldadura permite uma significativa supressão da ocorrência de defeitos.

## 4.3 Causas de imperfeições/defeitos



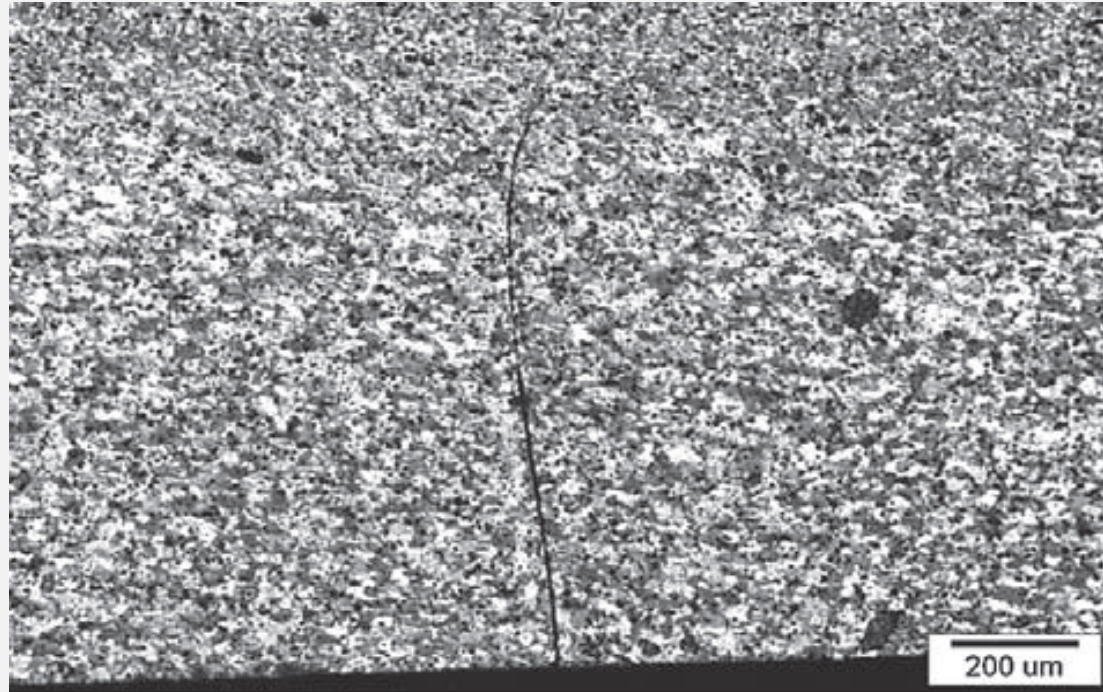
Raiz insuficientemente processada da junta soldada

## 4.3 Causas de imperfeições/defeitos



Microestrutura da junta soldada – a falta de fusão na raiz no aço tipo S235JRC+N

## 4.3 Causas de imperfeições/defeitos



Microestrutura da junta soldada – sa falta de fusão na raiz numa liga Al5083

## 4.3 Causas de imperfeições/defeitos

- Entre seguintes imperfeições e defeitos básicos, as fissuras podem ser referidas.
- Foi provado experimentalmente que a fissura iniciada a partir da raiz da junta soldada através da linha de defeito ondulado causou a ruptura da junta soldada durante o teste de tração.
- Para evitar as fissuras nas juntas soldadas, o mesmo é válido para o caso da falta de fusão na raiz. É necessário garantir uma entrega de calor suficiente, o que suporta um processamento correto do material soldado.

## 4.3 Causas de imperfeições/defeitos



Fissura identificada na junta soldada após o teste de dobragem

## Conclusões

- Uma seleção eficiente de parâmetros de soldadura (velocidade de soldadura e velocidade de rotação) para o processo SFL elimina a formação dos defeitos mencionados, o que contribui significativamente para uma melhoria das propriedades mecânicas das juntas soldadas.