



Friction Stir Welding European Qualifications

## UC03 – Operação do processo Especialista e Engenheiro SFL

# 3. Supervisão da operação do processo de soldadura

- 3.1. Equipamento de navegação auxiliar
- 3.2. Equipamento híbrido auxiliar
- 3.3. Ações para resolver os problemas

## Supervisão da operação do processo de soldadura

- ✓ Para obter uma junta soldada sã, a supervisão é necessária durante todo o processo de soldadura
- ✓ Uma das possibilidades de evitar a ocorrência de defeitos consiste na aplicação de equipamento suplementar/auxiliar
- ✓ O equipamento auxiliar pode ser classificado em dois grupos básicos: navegação e híbridos

## 3.1. Equipamento de navegação auxiliar

O equipamento de navegação permite:

- Posição/profundidade correta da **penetração** da ferramenta de soldadura
- **Temperatura** durante o processo de soldadura

## 3.1.1 Controlo da profundidade (penetração da ferramenta de soldadura)

- O sensor de profundidade utiliza a força axial para manipular a profundidade do penetração da ferramenta de soldadura
- Os sensores a laser são utilizados como sinais de feedback para os controladores
- Resultados experimentais provaram que na aplicação de dispositivos auxiliares (sensores, sondas) e uma configuração correta da profundidade de penetração da ferramenta de soldadura, a ocorrência de defeitos como a falta de fusão na raiz e o rebarba em excesso reduziu drasticamente

### 3.1.1 Controlo da profundidade (penetração da ferramenta de soldadura)

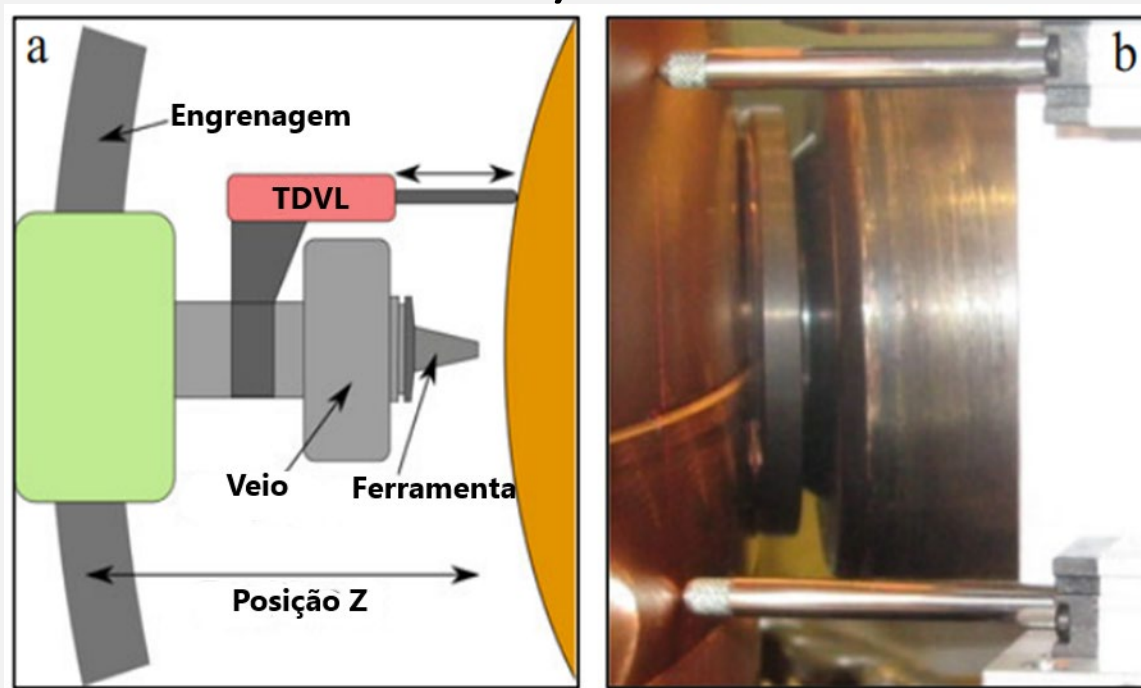
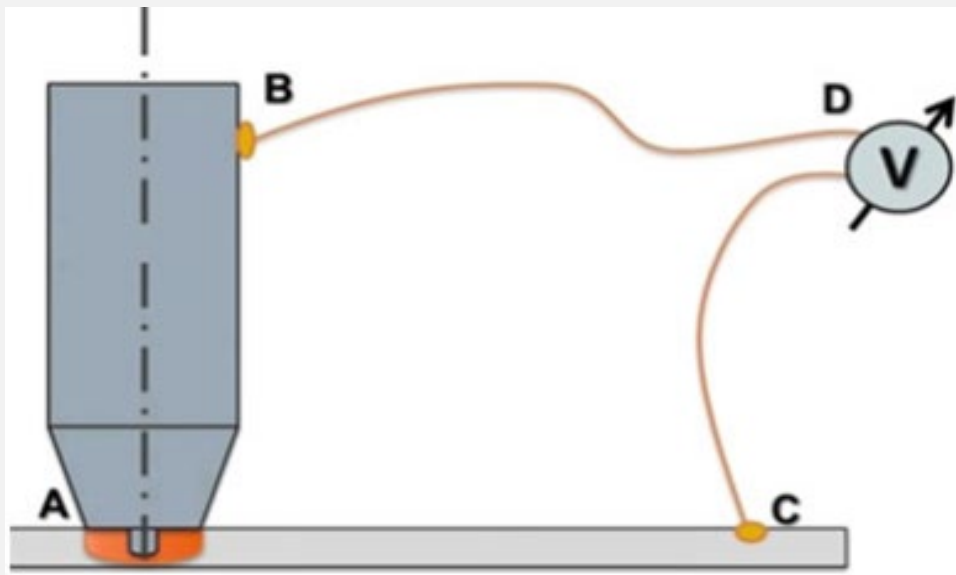


Figura 3-1 a) Configuração do sensor de profundidade; b) 2 Transformadores diferenciais lineares

## 3.1.2 Controlo da temperatura na soldadura do processo SFL

- A temperatura é medida através de um sinal termoelétrico entre a ferramenta e o material soldado.
- O método TWT oferece uma medição de temperatura precisa sob a base da ferramenta e nas proximidades do centro da ferramenta.

## 3.1.2 Controlo da temperatura na soldadura do processo SFL



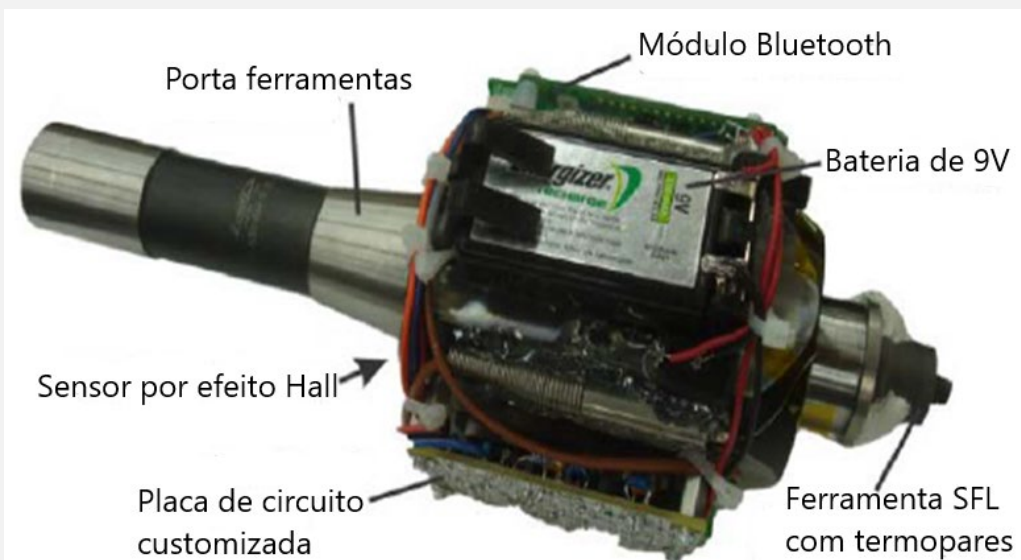
Configuração para calibração do método de medição de temperatura

O limite térmico entre a ferramenta de soldadura de aço e materiais soldados de liga de Al (A). Potenciais termoelétricos entre a ferramenta e o material soldado (B.C). A diferença na tensão é registrada (D)

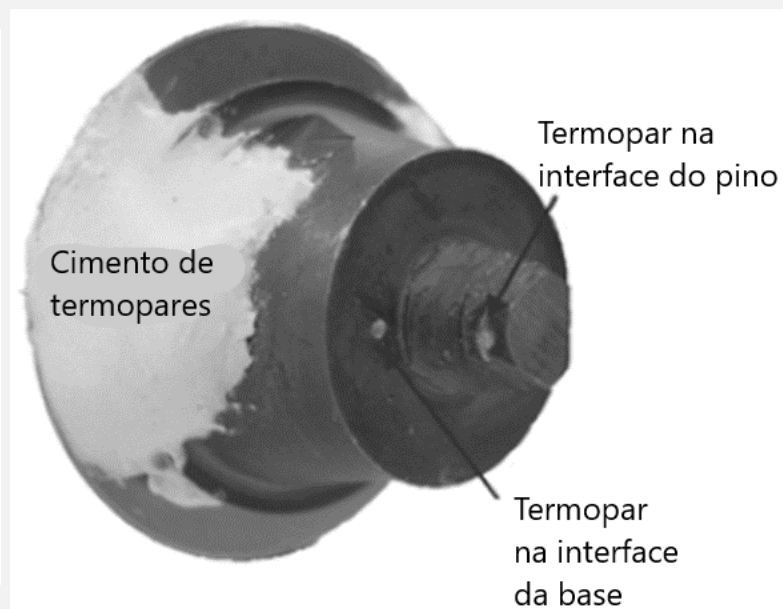
## 3.1.2 Controlo da temperatura na soldadura do processo SFL

- Outra forma de melhorar o fabrico de soldaduras de qualidade consiste na medição da temperatura com o auxílio da transferência de dados sem fio.
  - Os termopares são inseridos na ferramenta de soldadura junto com o sistema sem fio para transferência de dados.
  - Os termopares devem estar situados de maneira que fiquem o mais próximo possível do limite entre o material soldado e a ferramenta de soldadura.

## 3.1.2 Controlo da temperatura na soldadura do processo SFL



a)



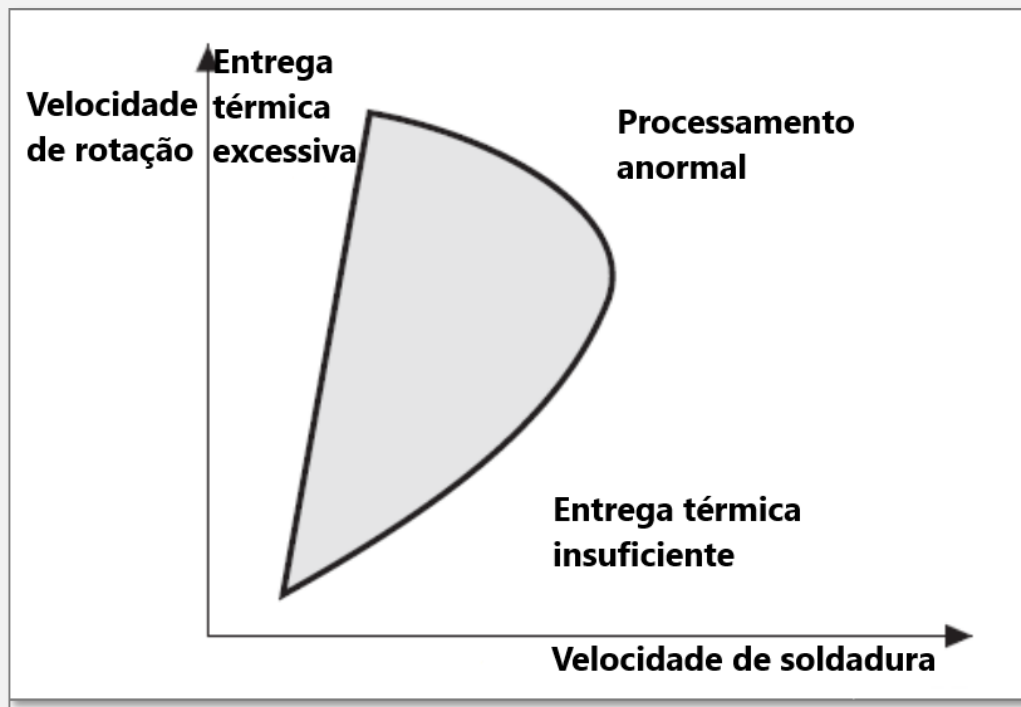
b)

(a) Porta-ferramentas para distribuição de termopares no processo SFL; (b) Distribuição detalhada de termopares

## 3.2 Problemas que ocorrem no SFL

- Os parâmetros principais do processo SFL incluem a **velocidade de soldadura e revoluções da ferramenta de soldadura**.
- Os parâmetros principais de soldadura fornecerão calor suficiente ou insuficiente para plastificar o material soldado.
- Os problemas que ocorrem durante o processo de soldadura estão intimamente relacionados com a seleção adequada de **parâmetros de soldadura**.

## 3.2 Problemas que ocorrem no SFL



Gama de parâmetros de soldadura adequados  
para o processo SFL

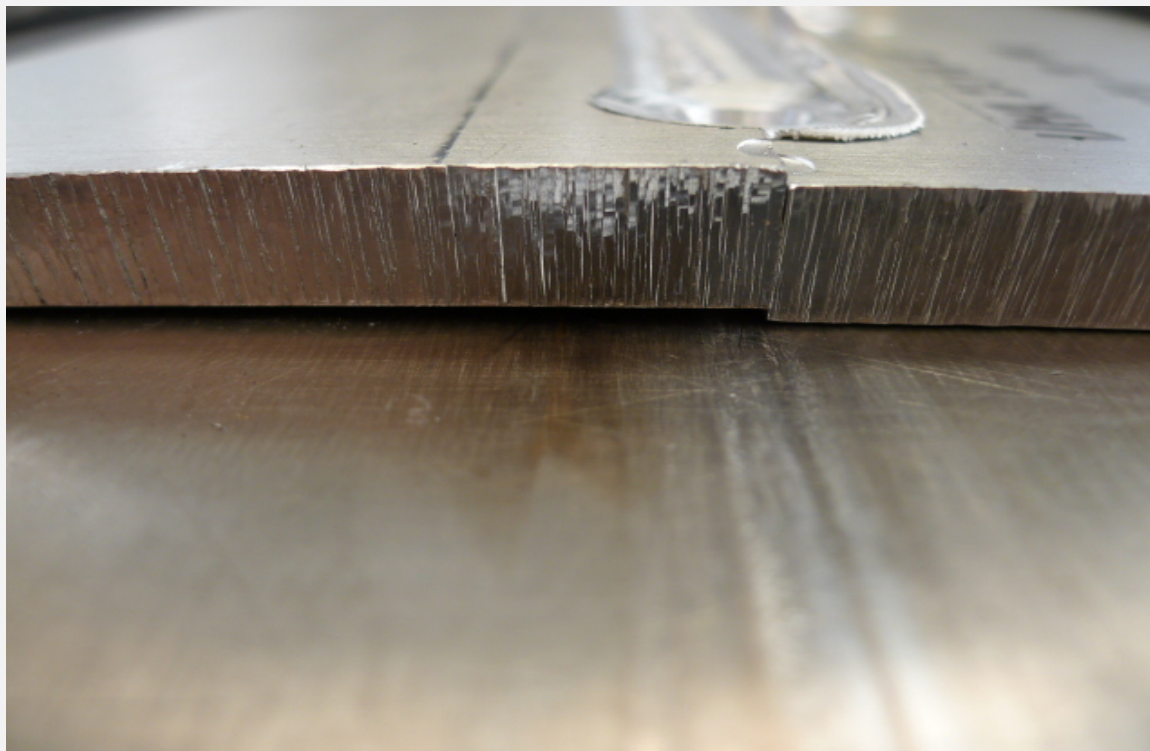
## 3.2.1 Problemas básicos mais comuns e ações para resolve-los

- Os defeitos formados no processo de soldadura são classificados como: Defeitos **superficiais** ou **internos**
- Os defeitos superficiais que podem ser observados a olho nu incluem:
  - Rebarba excessiva
  - Canal contínuo ao longo da linha de soldadura
  - Ferramenta de soldadura desgastada/danificada.
- Os defeitos internos que não podem ser observados a olho nu (durante o processo de soldadura), como mau processamento da raiz – kissing bond, cavidades subsuperficiais e fissuras podem ser detetados apenas pelas técnicas destrutivas após o término da operação de soldadura.

## 3.2.1 Problemas básicos mais comuns e ações para resolve-los

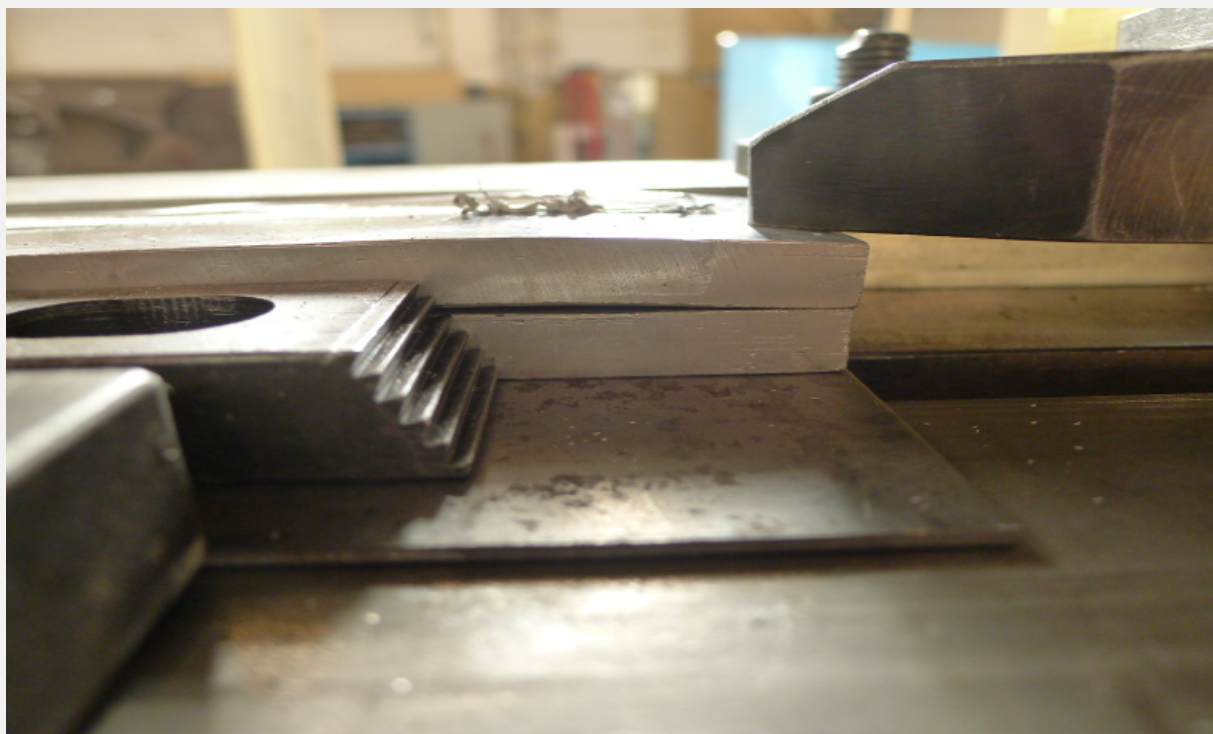
- Na penetração inicial da ferramenta de soldadura no material soldado, pode ocorrer o **afastamento da chapas soldadas** do mecanismo de fixação, o que resulta em folga indesejável, causando o processamento não uniforme.
- A **fixação inadequada** de chapas soldadas pode causar a distorção do material soldado adequado.
- Em caso de ocorrência de tal problema, é necessário ajustar a profundidade de penetração da ferramenta de soldadura e/ou taxa de penetração da ferramenta de soldadura.
- Na maioria dos casos, é suficiente apertar os parafusos de fixação folgados, servindo para fixar o material soldado no suporte de soldadura (mesa).

## 3.2.1 Problemas básicos mais comuns e ações para resolve-los



**Elevação de material soldado devido a uma insuficiente força de aperto no material - Junta de topo-a-topo**

## 3.2.1 Problemas básicos mais comuns e ações para resolve-los

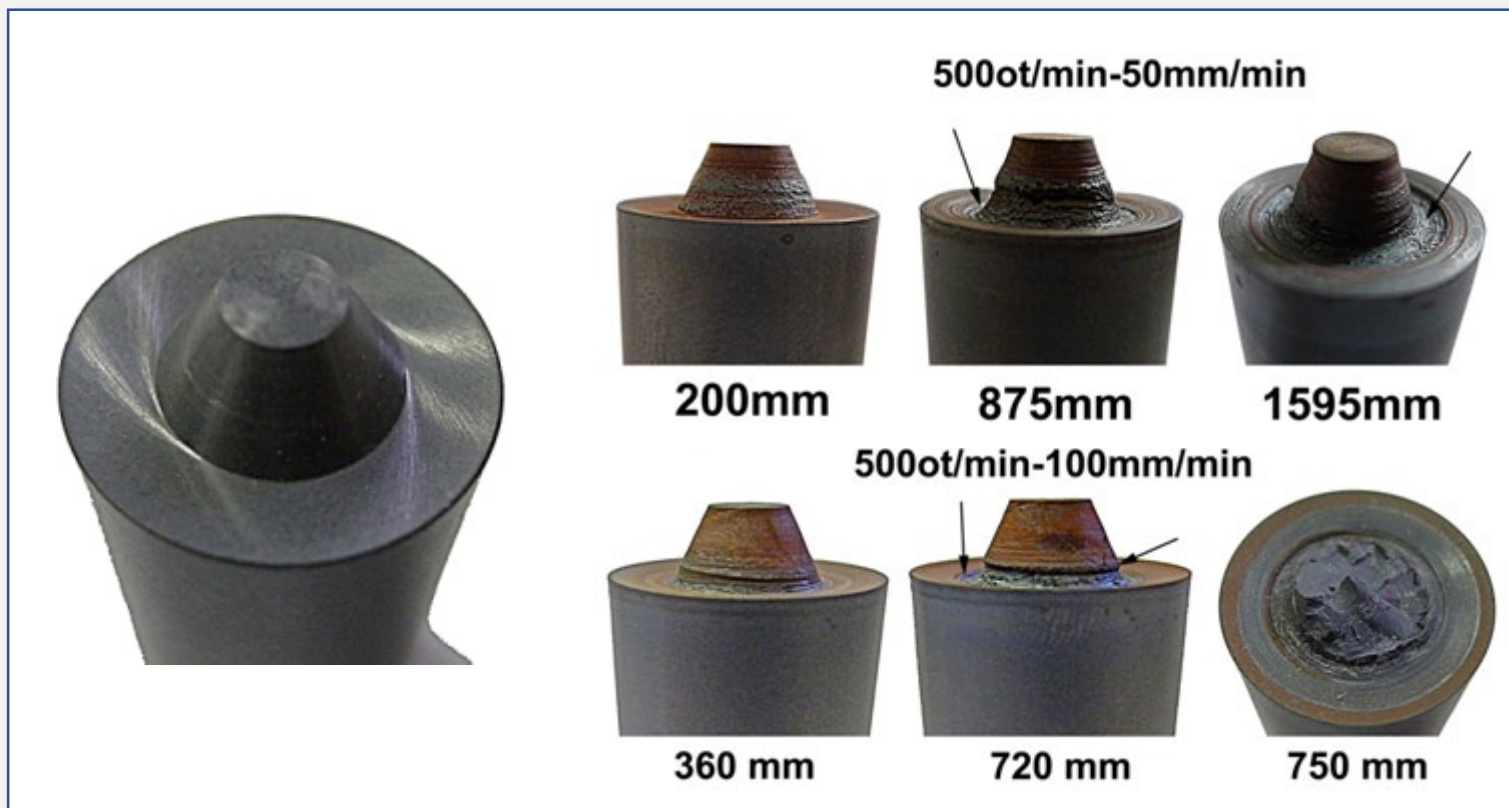


Elevação de material soldado devido a uma força de aperto insuficiente no material - Junta sobreposta

## 3.2.1 Problemas básicos mais comuns e ações para resolve-los

- O desgaste da ferramenta de soldadura pode ser afetado pela profundidade de penetração da ferramenta de soldadura, velocidade de soldadura e revoluções da ferramenta de soldadura.
- Velocidade de soldadura e revoluções da ferramenta de soldadura insuficientes, o material soldado é colado na ferramenta de soldadura, o que resulta em material soldado insuficientemente processado.
- A única maneira de evitar o desgaste da ferramenta de soldadura consiste em otimizar os parâmetros de soldadura, como a velocidade de soldadura, revoluções e geometria da ferramenta de soldadura.

## 3.2.1 Problemas básicos mais comuns e ações para resolve-los



Ferramenta de soldadura desgastadas constituída por Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>

## 3.2.1 Problemas básicos mais comuns e ações para resolve-los

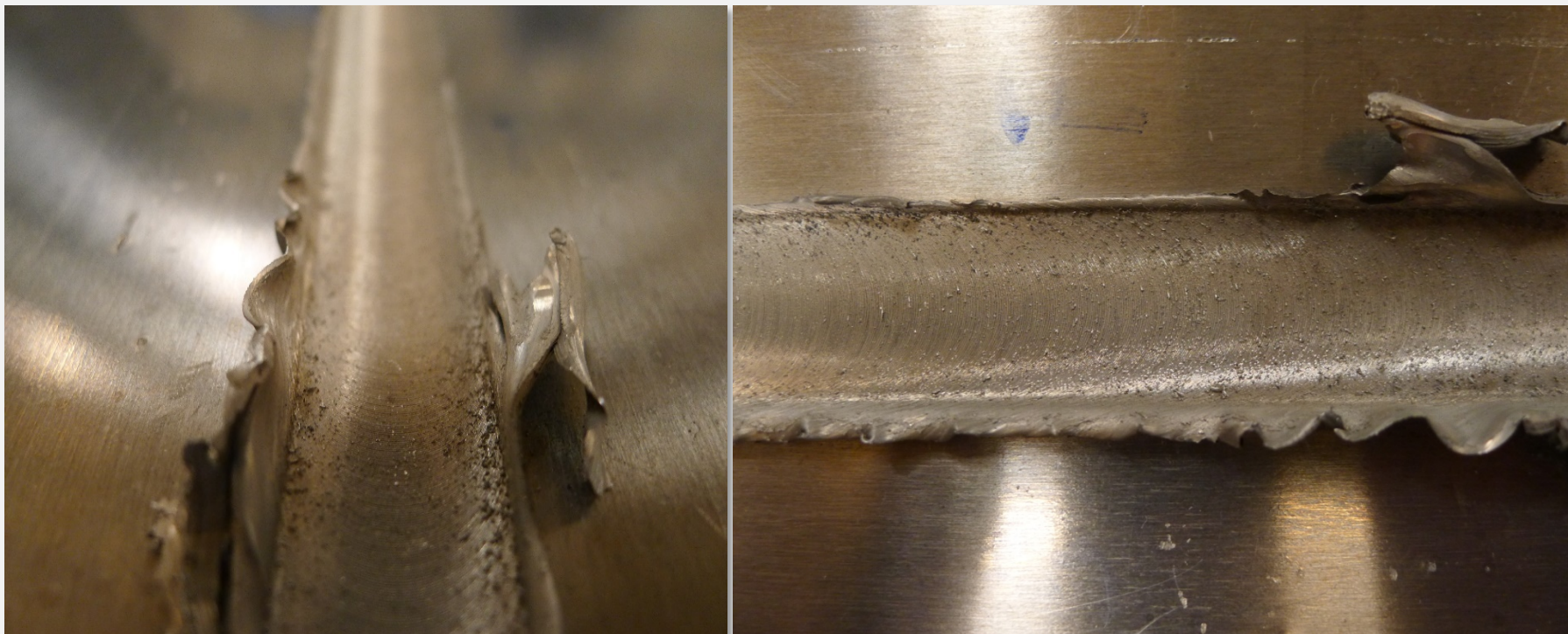


Ferramentas de soldadura desgastadas constituídas pelo aço 19554 (H13)

## 3.2.1 Problemas básicos mais comuns e ações para resolvê-los

- Uma não-conformidade frequente (defeito) que ocorre durante o processo de soldadura consiste no fato de que a ferramenta de soldadura força a saída de uma grande quantidade de material soldado da superfície, causando assim a sua redução.
- Este defeito é designado como rebarba excessiva.
- A principal causa da formação excessiva de rebarba consiste na penetração excessiva da ferramenta de soldadura na direção da espessura do material soldado.
- No caso de forçar a saída de material soldado da superfície, é suficiente movimentar a ferramenta de soldadura axialmente para cima.
- A junta soldada com rebarba excessiva parece uma aparência inaceitável, embora as propriedades de resistência da junta soldada possam ser aceitáveis em vários casos.

## 3.2.1 Problemas básicos mais comuns e ações para resolve-los

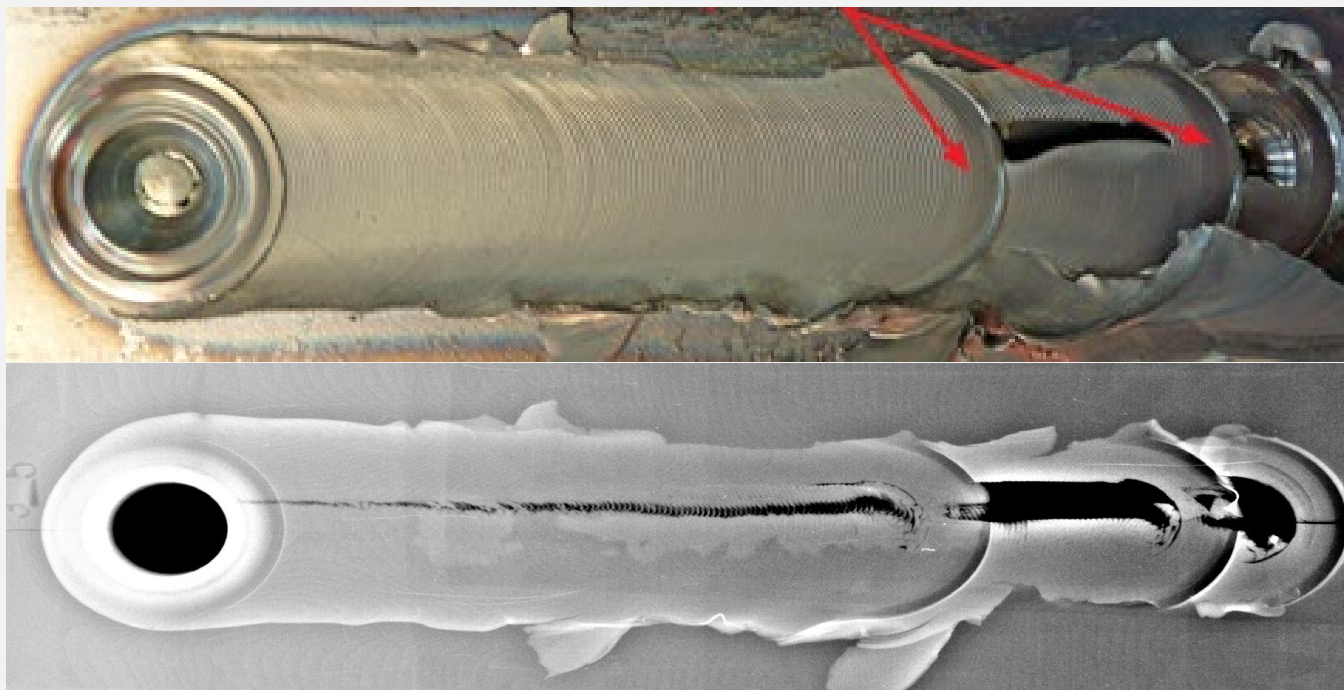


Junta de soldadura com rebarba excessiva

## 3.2.1 Problemas básicos mais comuns e ações para resolve-los

- A aplicação de uma velocidade de soldadura elevada, ocorre o problema de processamento insuficiente do material soldado.
- Na ocorrência de tal problema, uma cavidade contínua longitudinal é formada na superfície do material soldado.
- Em tal caso, é necessário ajustar os parâmetros de soldadura, principalmente a velocidade de soldadura e utilizar uma geometria adequada da ferramenta de soldadura.

## 3.2.1 Problemas básicos mais comuns e ações para resolve-los



Canal contínuo longitudinal

## 3.2.1 Problemas básicos mais comuns e ações para resolve-los

- Outro problema é que, no final da soldadura, a marca da ferramenta de soldadura permanece no material soldado.
- Esta questão é resolvida com a adição de uma placa sacrifício - um material adicional no qual a ferramenta de soldadura passará durante o processo de soldadura.

## 3.2.1 Problemas básicos mais comuns e ações para resolve-los



Marca da ferramenta de soldadura sem uma placa sacrifício

## 3.2.1 Problemas básicos mais comuns e ações para resolve-los

- Durante a soldadura de aços, as altas temperaturas podem causar a colagem de material soldado na placa de suporte (mesa).
- Para evitar este problema, uma camada contínua de pó (por exemplo, o pó de NCBP) é depositada no suporte de soldadura, impedindo a aderência.

## Conclusões

- ✓ Como no caso de todas as tecnologias de soldadura, também no caso do processo SFL as precauções da Segurança e Saúde no Trabalho (SST) não devem ser negligenciadas.
- ✓ No caso de violar as precauções do SST, os seguintes perigos podem ameaçar: cortes, queimaduras, danos oculares e do rosto.
- ✓ A produção de uma junta soldada são evitando os problemas acima mencionados, seja com a aplicação do equipamento auxiliar ou sem, só é possível otimizando os parâmetros de soldadura.