



Friction Stir Welding European Qualifications

ESPECIALISTA (EFSW-S) E ENGENHEIRO (EFSW-E) EUROPEU DE SOLDADURA POR FRICÇÃO LINEAR



Cofinanciado pelo
Programa Erasmus+
da União Europeia



6. Manutenção

Scope:

6.1 Condições da placa de suporte

6.2 Tolerâncias para a placa de suporte

6.3 Condições da ferramenta

6.4 Tolerância para pino/ferramenta

6.5 Condições dos dispositivos de fixação/posicionamento

6.6 Tolerâncias dos dispositivos de fixação/posicionamento

6.1 Condições da placa de suporte

- Para realizar um processo de SFL adequadamente, a difusividade do material do material suporte é um fator importante.
- Os **materiais de alta difusividade térmica**, como o cobre puro, liga de alumínio resulta num aumento da taxa de extração de calor.
- Materiais com **menor difusividade térmica**, como amianto, cerâmicos, granito, etc., resultam numa menor taxa de transferência de calor.

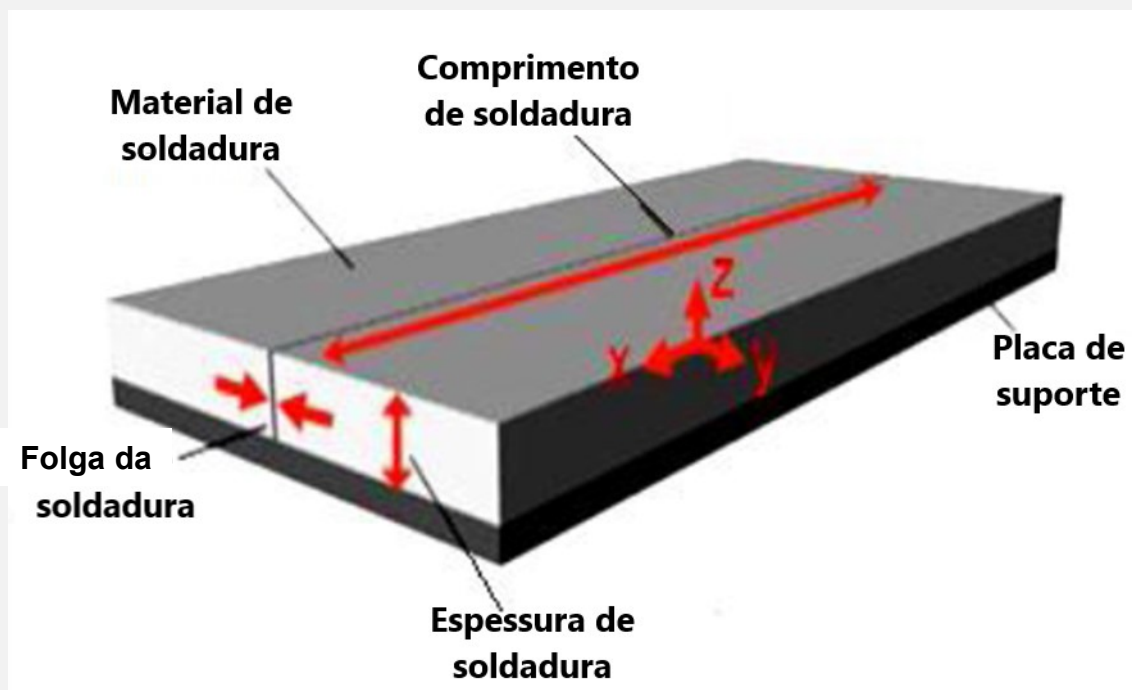
Nível de difusividade térmica para diferentes placas de suporte para o SFL

Material da placa de suporte	Difusividade térmica à temperatura ambiente [m ² /s]	Nível
Cobre	$1,1 \times 10^{-4}$	Alta
Alumínio	$0,9 \times 10^{-4}$	Alta
Amianto	$4,1 \times 10^{-5}$	Moderada
Aço não ligado	$1,1 \times 10^{-5}$	Moderada
Titânio comercialmente puro	7×10^{-6}	Baixa
Aço inoxidável (AISI 304)	4×10^{-6}	Baixa
mármore	$1,4 \times 10^{-6}$	Baixa
granito	$1,1 \times 10^{-6}$	Baixa

Algumas conclusões para a condição da placa de suporte:

- Materiais de difusividade térmica extremamente altos, como cobre e alumínio, **não são adequados como placas de suporte**, pois resultam numa taxa de transferência excessiva de calor na parte inferior das peças.
- A placa de suporte de baixa difusividade térmica **é adequada para reduzir a necessidade de energia** e tornar o processo da FSW mais eficiente em termos energéticos.
- A escolha apropriada da placa de suporte é **mais importante durante o SFL de chapas mais finas**.

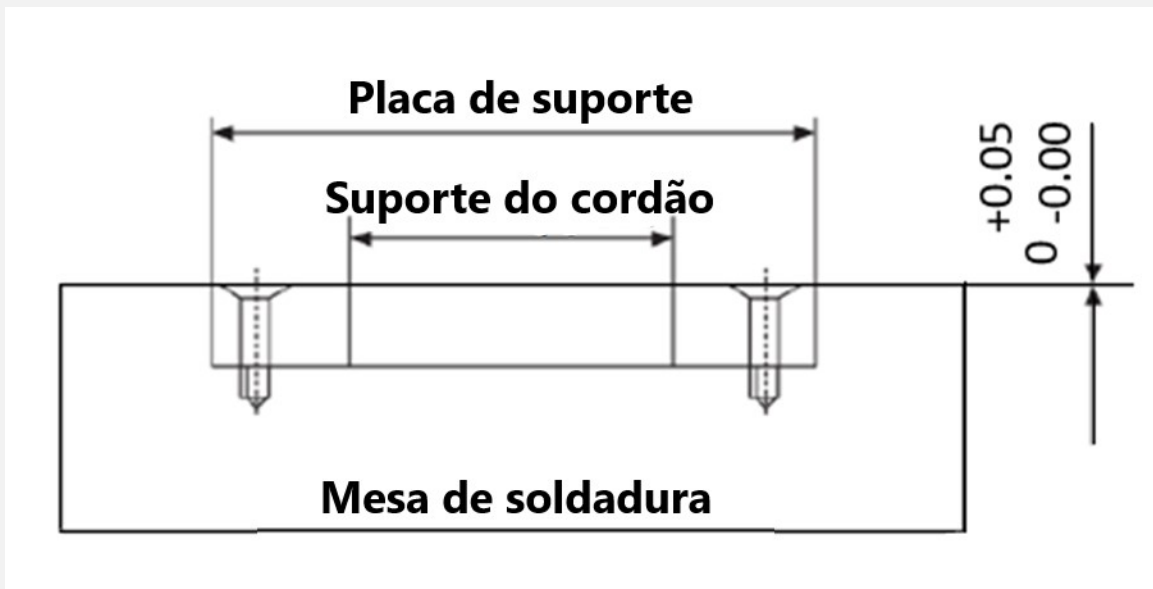
6.2 Tolerâncias para a placa de suporte



Tolerância do material base no SFL

- Uma **folga de 10% da espessura da soldadura é tolerável** sem que a qualidade da soldadura seja afetada (na direção do eixo y).
- A placa de suporte recebe uma proporção do calor transferido pelo *nugget* de soldadura e, portanto, **não deve deformar** sob o calor aplicado.
- Para garantir que não haja deflexão ou folga entre a soldadura e a placa de suporte, **um rolete pode conduzir a ferramenta aplicando uma força constante** para empurrar o material para a placa de suporte.

- A placa de suporte deve estar num plano absoluto. **As tolerâncias da superfície ondulada da placa de suporte estão limitadas a 0,1 mm.**
- A placa de suporte deve estar **ao mesmo nível que a mesa de soldadura**, para que não haja diferenças entre as peças a soldar.



Tolerância da placa de suporte para mesa de soldadura [mm]

6.3 Condições das ferramentas

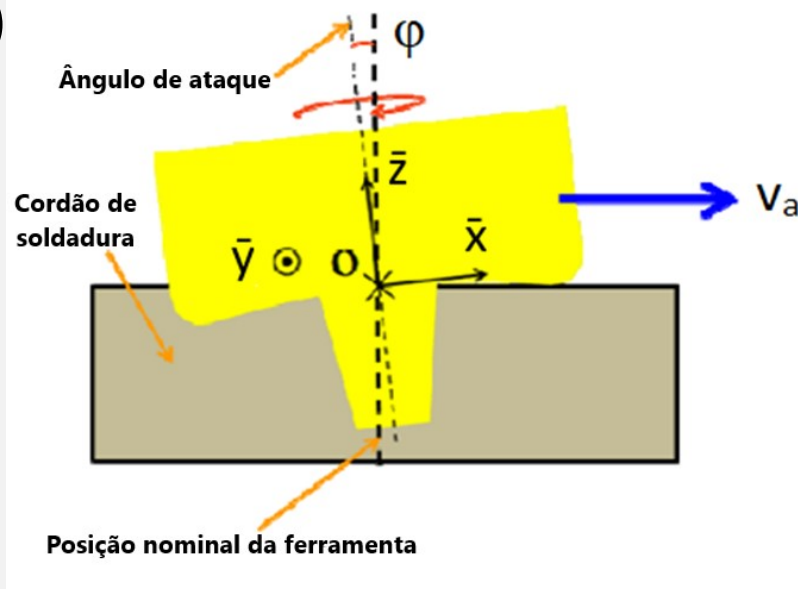
- A seleção do material da ferramenta de soldadura **é uma consideração importante** no desenvolvimento bem-sucedido do processo SFL.
- A **rotação e a translação** da ferramenta através da peça de trabalho resulta no seu desgaste.
- **Difusão e abrasão** são os mecanismos de desgaste esperados.
- A reação do material da ferramenta com **o ambiente em seu redor**, incluindo tanto a peça de trabalho quanto os gases circundantes, também deve contribuir para o desgaste da ferramenta.

- A seleção dos materiais da ferramenta é mais desafiante para a SFL de **ligas de alta temperatura** (aços, ligas de níquel, ligas de titânio).
- Para todos os materiais de ferramentas de alta temperatura, **o desgaste e a reatividade ao oxigénio** são os mais importantes.
- O desgaste por abrasão é significativo **na presença de fases secundárias mais duras** no material base, como em compósitos com matriz metálica de alumínio.
- Comparado com a base da ferramenta, **o pino da ferramenta** sofre desgaste e deformações muito mais severas e **as falhas ocorrem quase sempre no pino**.
- Menor velocidade de soldadura, pré-aquecimento do material de base e utilização de uma eficiente proteção com gás inerte podem **reduzir o desgaste da ferramenta**.

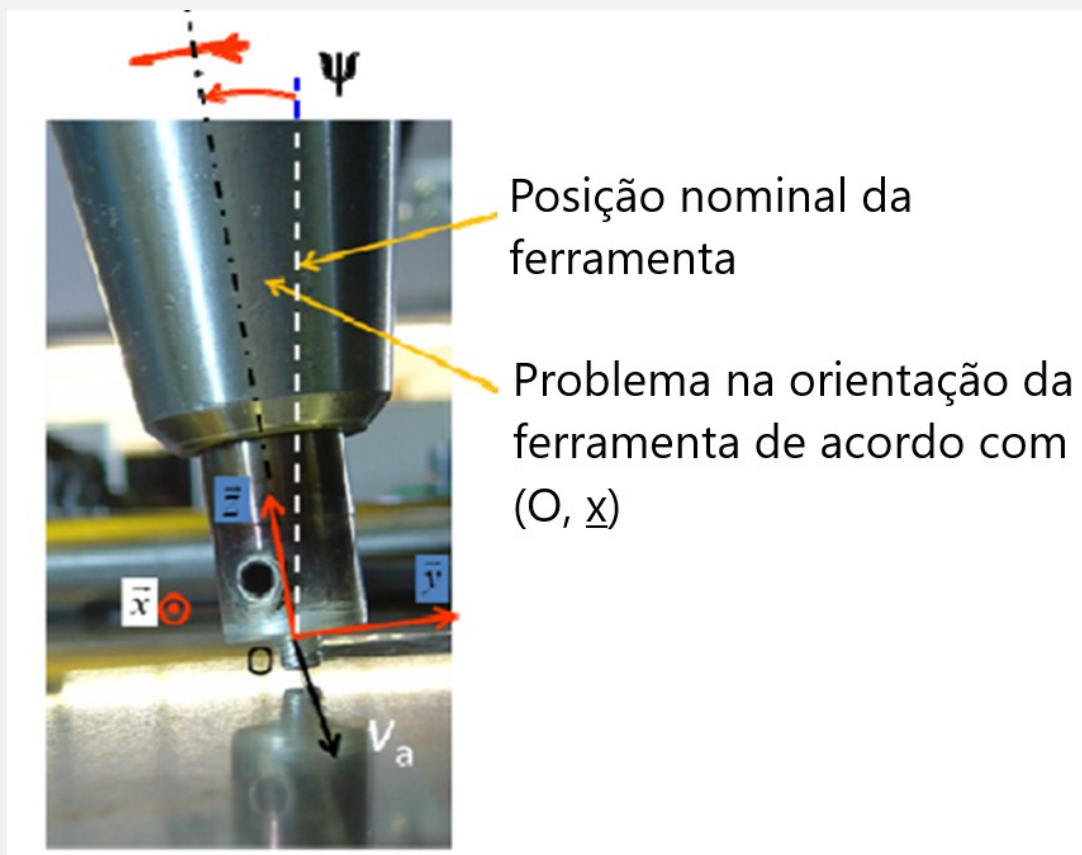
6.4 Tolerância para pino/ferramenta

Normalmente, são possíveis três tolerâncias diferentes para a ferramenta SFL:

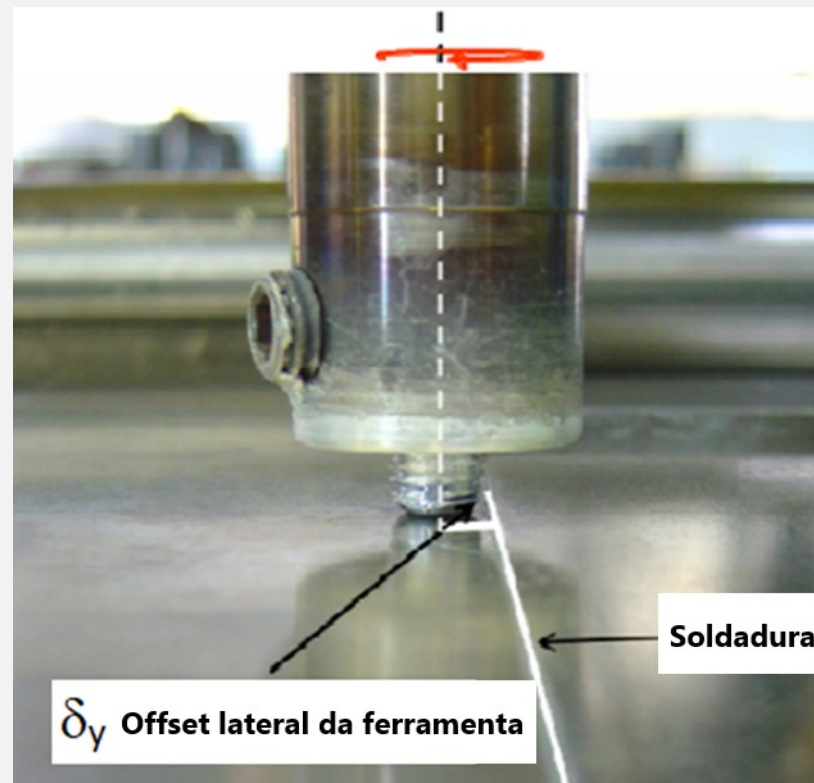
- **Ângulo de ataque principal φ** entre o eixo vertical ideal da rotação da ferramenta z e o eixo de rotação real (este ângulo deve ser nominalmente $> 0^\circ$)



- **Ângulo de ataque lateral ψ** entre o eixo vertical ideal da rotação da ferramenta z e a orientação da ferramenta de acordo com o eixo x (este ângulo deve ser 0°)



- **Offset lateral da ferramenta δ_y** entre o cordão de soldadura ideal (folga) entre duas peças de trabalho e o caminho longitudinal atual da ferramenta

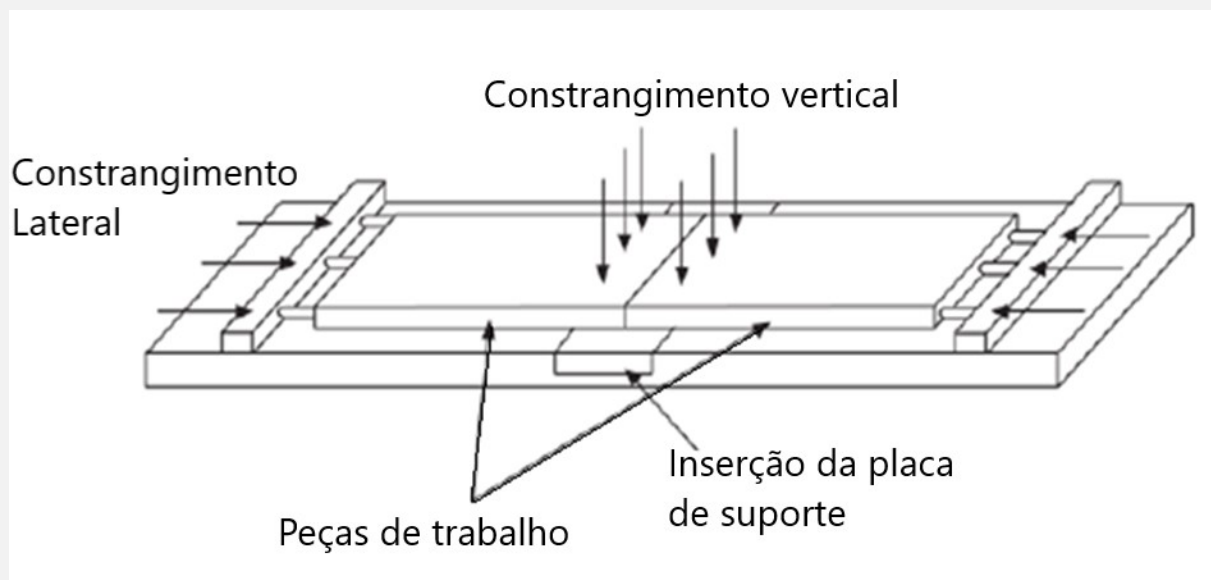


Influência na qualidade da soldadura SFL devido a posições inadequadas da ferramenta:

- Ferramenta muito inclinada na direção do ângulo de ataque principal φ também conduz à **penetração incompleta** da soldadura.
- Se o ângulo de ataque principal φ for quase 0° (perpendicular ao plano do material de base), a penetração da ferramenta aumenta levando à **penetração excessiva**.
- Se o ângulo de ataque lateral ψ não for igual a 0° , isso levará a uma **diminuição de espessura** do componente de trabalho num dos lados e uma rebarba excessiva no outro lado.
- Dependendo dos parâmetros do processo SFL e da geometria da ferramenta, **boas soldaduras podem ser obtidas por tolerâncias** do ângulo de ataque principal $\pm 1^\circ$, ângulo de ataque lateral $\pm 2^\circ$ e offset lateral ± 2 mm.

6.5 Condições dos dispositivos de fixação/posicionamento

- As **forças de aperto verticais e laterais** exatas dependem do material de base, do pino da ferramenta, da geometria da peça de trabalho, do tipo de junta de soldadura e do planeamento da soldadura.

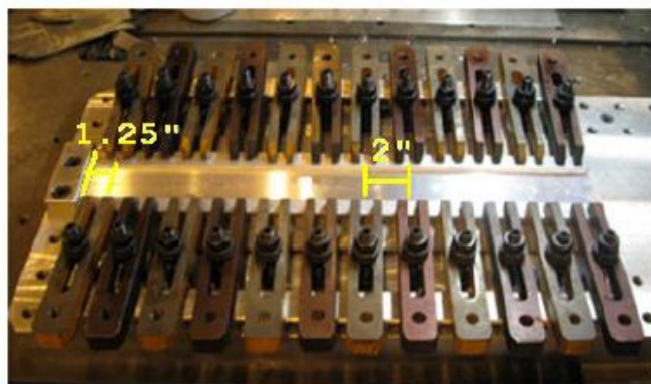


Requisitos de fixação do SFL convencional

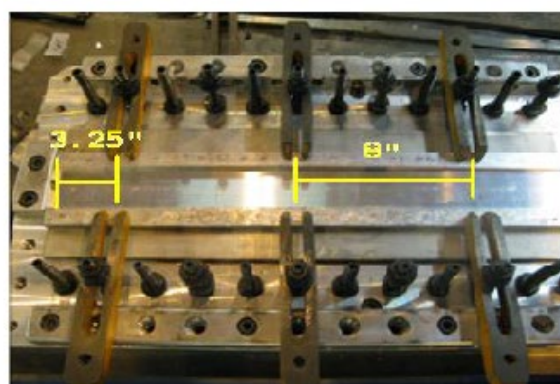
- O requisito para restringir a peça de trabalho contra a placa de apoio (constrangimento vertical) **dificulta a fixação de peças de trabalho muito finas e grandes.**
- O requisito para restringir o afastamento lateral da junta de soldadura (constrangimento lateral) pode ser **difícil para peças muito espessas.**

6.6 Tolerâncias dos dispositivos de fixação/posicionamento

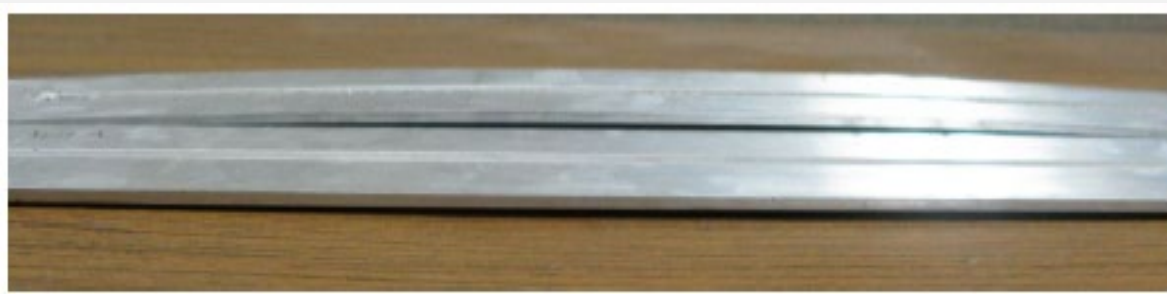
- O aumento da força de fixação limita a distorção, mas acima de um certo limiar tem consequências enfraquecedoras.
- Distorção está numa próxima ligação com as tolerâncias da peça de trabalho.
- Três parâmetros principais que afetam o nível de distorção da peça de trabalho:
 - Velocidade de rotação da ferramenta
 - Passo de fixação
 - Força de aperto



Elevado passo de fixação



Baixo passo de fixação



Acima: Maior distorção (Baixo passo de fixação, baixa força de aperto)

Abaixo: Menor distorção (Alto passo de fixação, alta força de aperto)



Cofinanciado pelo
Programa Erasmus+
da União Europeia



Friction Stir Welding European Qualifications

Obrigado pela vossa atenção