

## Processo de Soldagem por Difusão

Prof. Luiz Gimenes Jr.  
Prof. Marcos Antonio Tremonti

### **INTRODUÇÃO**

O processo de Soldagem por difusão é utilizado para unir materiais :

- iguais,
- com composição química semelhante
- ou dissimilares, predominantemente os metálicos.

O processo foi desenvolvido originalmente para ser aplicado na construção de peças para a indústria aeronáutica e espacial, hoje outras áreas já fazem uso desta tecnologia.

Preferencialmente este processo é aplicado onde a união, através dos processos de Soldagem convencionais destaca-se os processos por fusão a arco elétrico, não seria possível.

Como exemplo pode-se destacar a Soldagem de secções transversais com revestimentos anticorrosivos, ou a união de materiais diferentes os quais seriam incompatíveis metalurgicamente como o aço e o alumínio.

A Soldagem com por este processo, confere alta qualidade à junta podendo alcançar aproximadamente os valores de resistência mecânica do material de base.

### **TECNOLOGIA DO PROCESSO**

Os parâmetros de Soldagem que devem ser considerados são:

- Temperatura
- Pressão
- Tempo de contato entre as peças
- Deformação das superfícies de contato
- Qualidade superficial (rugosidade superficial e as condições de limpeza)
- Atmosfera Protetora

A seqüência de soldagem e a interligação entre os materiais, esta demonstrado na Figura DFW 01.

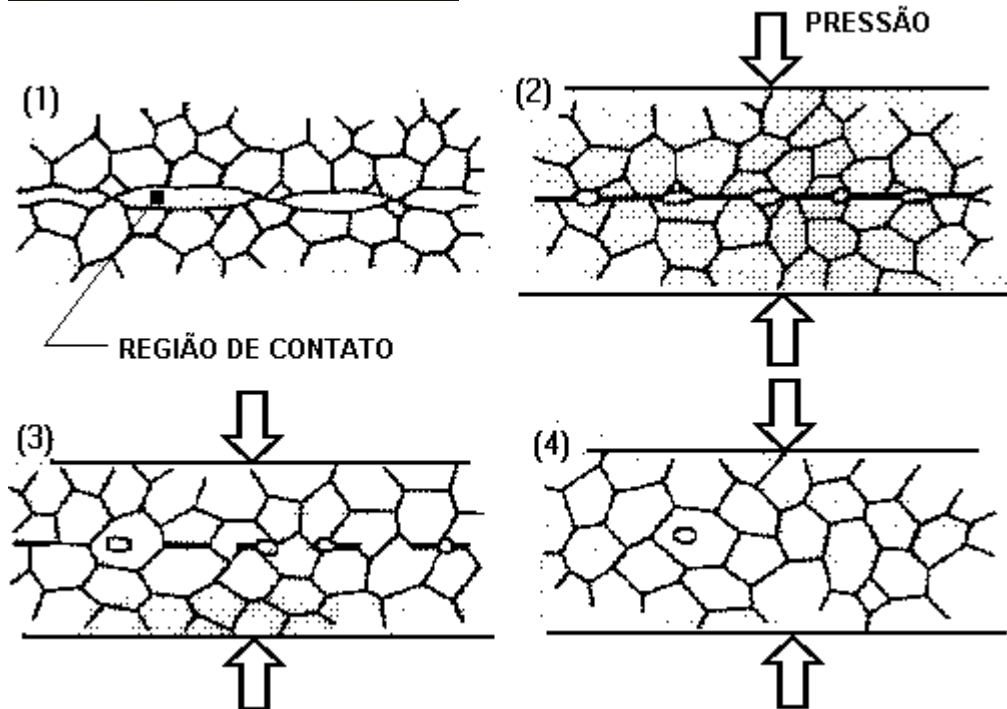


Figura 1

(1) Coloca-se as peças em contato, atentar para a rugosidade superficial, pois vários pontos não estão em contato.

(2) Uma certa pressão e elevação temperatura são aplicadas a superfície, provocando deformações plásticas, a área de contato aumenta.

(3) O tempo de permanência na temperatura e pressão, que podem estar aliadas á uma atmosfera protetora, favorece a difusão atômica entre as superfícies.

(4) Estágio final onde praticamente são eliminadas todas as descontinuidades encontradas no processo inicial, e soldagem é completada.

Neste processo de Soldagem que se caracteriza por ser feita no estado sólido, as temperaturas de processo ficam abaixo da linha de Solidus ou acima da temperatura de recristalização da liga, na média em  $0,7 \cdot T_s$  (em Kelvin).

A temperatura que junto com a pressão, é a variável que mais afeta o processo de Soldagem, promove um rompimento das camadas de óxido, promovendo uma interferência na estrutura cristalina do material, contribuindo para uma orientação favorável dos íons que é necessário para a difusão.

As temperaturas podem atingir  $1000 \text{ }^\circ\text{C}$  ou mais favorecendo a ligação entre inoxidáveis ou refratários.

Uma temperatura de processo alta demais leva ao aumento do grão e, por conseguinte, à queda da resistência. O processo de geração do calor é feito por energia elétrica que pode ser na forma de:

- indução,
- resistência ou
- alta frequência.

A pressão de soldagem, que pode ser aplicada pelos processos hidráulicos, pneumáticos ou mesmo mecanicamente, gira em torno de 1 até 30 N/m<sup>2</sup>. Em conjunto com o calor serve para provocar uma deformação plástica nas superfícies rugosas. Após esta fase o contato das superfícies aumenta, possibilitando a união do material

O tempo de Soldagem pode variar desde 10 minutos até várias horas. Existe uma relação inversa entre o tempo e temperatura, ao aumentar a temperatura de soldagem diminui-se o tempo de soldagem, e vice-versa.

As exigências quanto ao estado de superfície na união, no que diz respeito a qualidade da superfície ( $R_t = 1$  até  $6 \mu\text{m}$ ), são desvantagens do processo.

A limpeza das superfícies de união, após uma usinagem fina, é feita por decapagem química. Gorduras e óleos são removidos com álcool, acetona ou tricloretileno, com ação de ultra-som.

Para a Soldagem de materiais metálicos, pode-se usar vácuo como atmosfera de proteção, a qual deve ser mantida durante o processo de união, de baixa à média de  $10^{-3}$  até  $10^{-6}$  Torr. Além do vácuo, pode se trabalhar também com gás de proteção, argônio ou hélio, ou em banho de sal ( $\text{BaCl}_2$ ).

### **VANTAGENS DO PROCESSO**

- Não modificar o estado do material.
- Montagens de grandes superfícies.
- Menores deformações quando comparados a solda por fusão.
- Montagens complexas, próximo ao estágio final.
- Juntas múltiplas em uma só operação.
- União de metais e materiais considerados não soldáveis ou de difícil soldabilidade por fusão ( cerâmicas, ligas refratárias )

· União de metais dissimilares sob o aspecto metalúrgico ( Aços austeníticos com liga de alumínio )

O custo do investimento inicial e a não aplicação para produção em grande escala são fatores importantes quanto a limitações.

### MATERIAIS BASE

A grande maioria dos metais podem ser soldados por este processo, algumas combinações estão indicadas na Tabela DFW 01 para alguns metais mais empregados.

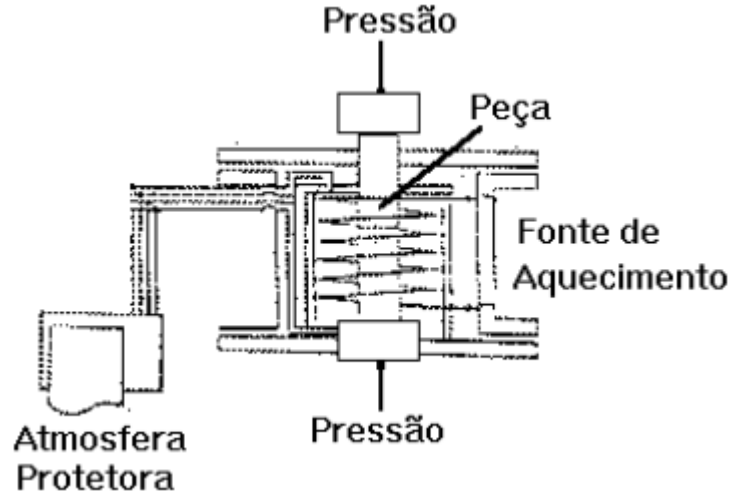
**Tabela DFW 01 soldabilidade por difusão**

MATERIAL	Ferro fundido	Aço Carbono	Aço ferramenta	Aço CrNi	Alumínio	Cobre	Níquel	Titânio	Molibdênio	Tungstênio	Zircônio	Niobo	Tântalo
Tântalo					•						⊗	•	⊗
Niôbio		•				⊗		•	•	•	⊗	⊗	
Zircônio				•	•						•		
Tungstênio						•			•	♦			
Molibdênio		•		♦		•		•	♦				
Titânio		•		•		♦	⊗	♦					
Níquel					⊗	⊗	♦						
Cobre		•		•	•	♦							
Alumínio	⊗			•	♦								
Aço CrNi		♦		♦									
Aço ferramenta		•	♦										
Aço Carbono	•	♦											
Ferro fundido	⊗												

- ♦ - Excelente
- - Aceitável
- ⊗ - Difícil
- - Não foi examinado ou não existem resultados

## **EQUIPAMENTOS**

Um sistema simplificado é mostrado na Figura DFW 02



*Figura 2 Esquema simplificado de um dispositivo de soldagem por difusão*

## **BIBLIOGRAFIA**

Welding Handbook vol 2 8 edition 1991

Curso de Especialização para Engenheiros na Área de Soldagem

Processos Especiais de Soldagem SENAI/FBTS – 1995

Luiz Gimenes Jr. e Marcos Antonio Tremonti

Difusão: Um processo que solda metais sem derretê-los

A. Neau e L. Primot

Maquinas e Metais Set/91