
 Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção 

**PRO3610 – Métodos e Meios de Produção**



**Principais Processos para o Design de Produtos**

Processos de Junção – Parte II

**Prof. Dr. Fausto L. Mascia**

Bibliografia: Ashby, M., Johnson, K. Materiais e Design. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011

1


 Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção 

**Processos de junção – Soldagem**

Processo de união entre duas superfícies de modo a formar uma junção que possua as propriedades mecânicas desejáveis ao fim que se destina a obra.



Com ou sem adição de material

Grande variedade de processos  
Aplicável a diversos materiais  
Operação manual ou automática  
Pode ser portátil  
Juntas podem ser isentas de vazamentos




2

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção





### Processos de junção – Soldagem



- Não pode ser desmontada
- Pode afetar microestrutura e propriedades das partes
- Pode causar distorções e tensões residuais
- Requer considerável habilidade do trabalhador
- Pode exigir operações auxiliares de elevado custo e duração (ex.: tratamentos térmicos).

3

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção



### Processos de junção - Soldagem

Principais técnicas

- Soldagem com eletrodo revestido
- Soldagem MIG
- Soldagem TIG
- Brasagem
- Soldadura
- Soldagem por ultrassom

4

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção






### Processos de junção – Soldagem com eletrodo revestido






5

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção

### Processos de junção – Soldagem com eletrodo revestido

- Soldagem manual a arco elétrico com metal (eletrodo revestido)
- Método mais empregado – baixo custo
- Limitado a ligas ferrosas
- Ampla variedade de geometrias de junção – flexibilidade de uso
- Baixo volume de produção – não pode ser automatizado;
- Quanto mais reta a linha de solda, melhor;
- A junção deve ser projetada para permitir acesso ao maçarico de soldar.

6



### Processos de junção – Soldagem com eletrodo revestido

Aços-carbono, aços de baixa liga e aços inoxidáveis;  
Ferros fundidos;  
Ligas de níquel

O fundente precisa ser removido em uma operação de limpeza em cada passe de solda;

Usado para unir peças de aço estrutural, tubulações, etc.  
Vapores gerados na soldagem, radiação da solda – riscos para a saúde do trabalhador.

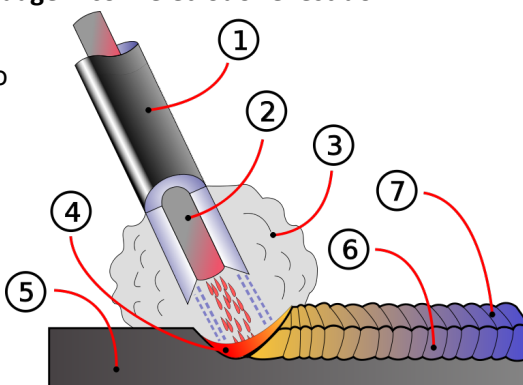
Processos substitutos – soldagem MIG e TIG

7



### Processos de junção - Soldagem com eletrodo revestido

- 1 - Revestimento de Fluxo
- 2 - Vareta (Alma)
- 3 - Gás de proteção
- 4 - Poça de fusão
- 5 - Metal base
- 6 - Metal de solda
- 7 - Escória solidificada



Um arco elétrico é formado entre uma vareta de material fundente consumível e o componente.

A camada de revestimento se decompõe e proporciona uma blindagem de gás;

A escória que se forma acima da poça de fusão impede que o material se oxide.

8

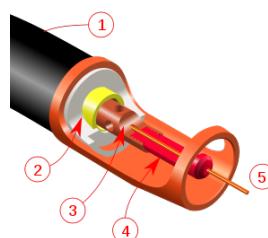


### Processos de junção – Soldagem MIG (Metal Inert Gas)

Soldagem por arco elétrico à gás de proteção – o eletrodo é um arame limpo (sem revestimento de fundente).

O fundente é substituído por uma corrente de gás inerte que se forma ao redor, originado entre o arame de soldar (eletrodo) e a peça (argônio, hélio, dióxido de carbono).

Ausência de fundente e escória;  
Arame de soldar – bobina

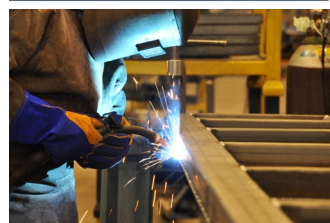
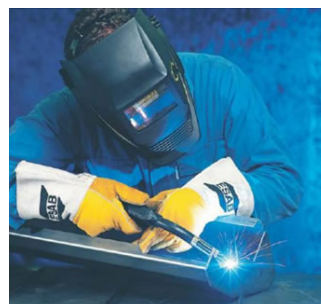


9



### Processos de junção – Soldagem MIG

- Soldas de alta qualidade em alumínio, magnésio, titânio, aço inoxidável.
- Processo mais rápido em relação ao eletrodo revestido;
- Processo passível de mecanização;
- Indispensável em metais não ferrosos
- Riscos para a visão – radiação proveniente da solda.
- Riscos inalação de vapores.
- Processo mais caro e menos portátil (necessita gás)



10

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção

PRO

### Processos de junção – Soldagem MIG

Solda MIG/MAG. (1) Direção de trabalho, (2) Tubo de contato, (3) Arame consumível, (4) Gás de proteção, (5) Poça de fusão, (6) Solda solidificada, (7) Peça de Trabalho.

11

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção

PRO

### Processos de junção – Soldagem TIG (Tungsten Inert Gas)

Mais limpo, mais preciso e mais caro;  
Processo parecido com a soldagem MIG – eletrodo de tungstênio;  
Indicado para chapas finas;  
Processo manual ou automatizado;






12

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção

PRO

### Processos de junção – Soldagem TIG (Tungsten Inert Gas)

- Soldas de elevada qualidade;
- Requer capacitação do soldador
- Muito empregado em processos automatizados
- Indústria automobilística, aeroespacial, nuclear, geração de energia, etc.
- Riscos e cuidados: mesmos que os com eletrodo revestido e MIG;




13

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção

PRO



### Processos de junção – Brasagem

- Os componentes da união não toleram temperaturas elevadas.
- Um metal de baixa temperatura de fusão é fundido; escorre para o espaço entre as peças que serão unidas por capilaridade e se solidifica;
- A solda (arame, folha ou pó) é fundida com um maçarico – aquecimento por indução.


14

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção





### Processos de junção – Brasagem

- Pode unir materiais diferentes
- Baixo custo – indicado para pequenos lotes
- Gera vapores – alguns fundentes são tóxicos.



15

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção



### Processos de junção – Soldadura (brasagem a baixa temperatura)

Usa ligas que se fundem abaixo de 450°C (estanho, zinco).

Menor resistência que a brasagem  
Montagem de equipamentos eletrônicos, conexões elétricas, joalheria.

Baixo custo – indicado para pequenos lotes  
Gera vapores de metais pesados – problemas ambientais e saúde.

16





## Processos de junção – Soldadura à gás quente

### Método para unir termoplásticos

Uma corrente de ar quente (200 a 300°C) direcionada à área de junção e uma haste de mesmo termoplástico do substrato.

Processo lento – não indicado para produção em massa.

União de polietileno, PVC, polipropileno, acrílico, misturas de ABS e outros termoplásticos.

Baixo custo


17




## Processos de junção – Soldadura à gás quente – termoplásticos



18



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção



### Processos de junção – Soldadura por ultrassom


Proporciona soldas rápidas, fortes e limpas.  
Aplicação: polímeros e metais;

Indicado para junções topo e sobreposição, principalmente películas e chapas.


Ocorre aumento de temperatura na superfície (abaixo da temperatura de fusão do material). A rápida reversão de tensão rompe os contaminantes superficiais, e a plasticidade local cria a ligação.

Processo totalmente limpo.

19



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção



### Processos de junção – Soldadura por ultrassom

Tempos de processo curtos – da ordem de 3 segundos e temperaturas baixas (menor dano ao material);

Indicado para a junção de materiais finos

Espessura máxima para metais é 1mm.

Capacidade – até 1.000 peças por hora.

20



### Processos de junção – Soldadura por ultrassom

#### Aplicações:

Polímeros – indústria automotiva, têxtil, eletrodomésticos, equipamentos médicos, brinquedos.

Montagens típicas: lanternas seladas (veículos)

painéis decorativos com placas coloridas.



Metais: contatos bimetálicos (microcircuitos elétricos)