
 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

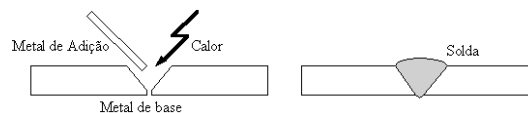
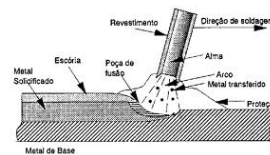


### Processos de junção Soldagem com eletrodo revestido

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

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

PRO

### 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.

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

PRO

### 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

10



### Processos de junção – Soldagem MIG

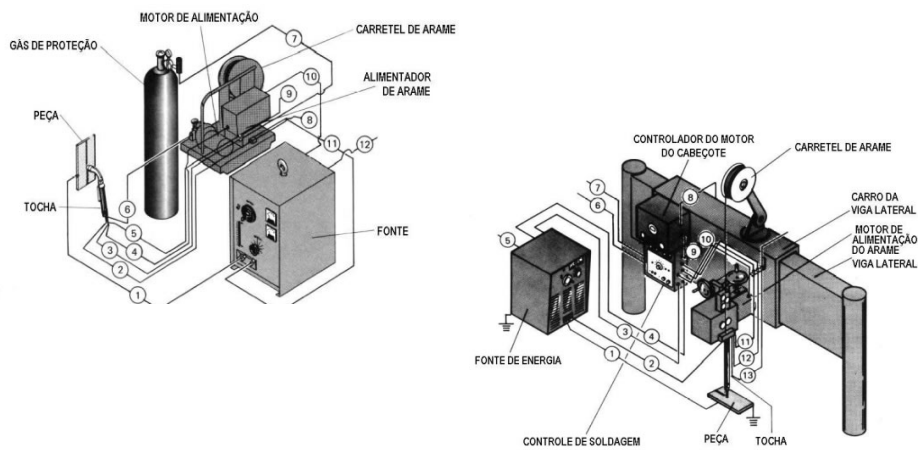
- Soldas de alta qualidade em alumínio, magnésio, titânio, aço inoxidável.
- Processo mais rápido em relação ao eletrodo revestido;
- Processo passível de mecanização;
- Indispensável em metais não ferrosos
- Riscos para a visão – radiação proveniente da solda.
- Riscos inalação de vapores.
- Processo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



11



### Processos de junção – Soldagem MIG



12

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;




13

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;




14



### 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.

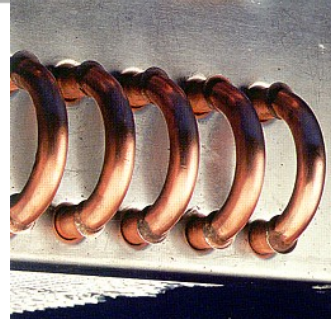


15




### Processos de junção – Brasagem

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




16





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.

17



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



**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

18

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






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



19

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.

20



### 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.

21



### 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)

22