



Soldagem

Processos: Eletrodo Revestido e TIG, MIG e Resistência Elétrica

Cadernos Técnicos Aperam - volume 2

Índice

Soldagem

:: 1.1 Energia de soldagem

:: 1.2 Diluição

:: 1.3 Soldabilidade

:: 1.4 Metal de adição para a soldagem de aços inoxidáveis

Processos de Soldagem

:: 2.1. Eletrodo Revestido ou SMAW (Shielded Metal Arc Welding)

:: 2.2. TIG OU GTAW (Gas Tungsten Arc Welding)

:: 2.3. MIG ou GMAW (GAS METAL ARC WELDING)

:: 2.4. Soldagem por resistência elétrica

Referências Bibliográficas





Soldagem

Soldagem pode ser definida como uma operação de junção que garante a continuidade entre as duas partes unidas. A solda ou a junta soldada é resultado dessa operação.

Diferentes processos de soldagem podem ser indicados para os aços inoxidáveis: Eletrodo Revestido, TIG, MIG, Resistência Elétrica, Arco Submerso, Laser e Plasma. Este caderno trata dos quatro primeiros: Eletrodo Revestido e TIG, MIG e Resistência Elétrica.

Os processos de soldagem e junção são essenciais em produtos manufaturados. A questão é determinar qual processo será utilizado para a melhor relação custo benefício. Não existe resposta pronta, pois inúmeras variáveis devem ser consideradas. Para o melhor desempenho da junta soldada, é importante conhecer cada processo e suas particularidades.

Uma junta soldada satisfatória depende da aplicação dos conceitos de energia de soldagem e de diluição, que serão apresentados a seguir.



1.1. Energia de Soldagem

Energia de Soldagem ou aporte de calor é a quantidade de calor adicionada a um material por unidade de comprimento linear. Para soldagem a arco elétrico utiliza-se a seguinte fórmula para cálculo da Energia de Soldagem:

$$E = \eta \frac{V \cdot I}{v} \text{ [J/mm]}$$

η - eficiência térmica (função do processo selecionado)
V - tensão [V]
I - corrente [A]
v - velocidade de soldagem [mm/s]

O valor da energia de soldagem está intimamente ligado aos parâmetros utilizados para a sua execução - com faixas de tensão e corrente elevadas, por exemplo, implica grande quantidade de calor. E a energia de soldagem depende muito do processo que será utilizado.

1.2. Diluição

A diluição pode ser definida como o percentual de metal de base que entra na composição química do metal de solda na soldagem por fusão, podendo variar desde valores muito baixos, como 0%, até 100%.

A seção transversal de uma junta soldada, mostrada na Figura 1, exemplifica esse conceito. Variações no valor da diluição podem ocorrer em função do procedimento utilizado, ou seja, do tipo de junta, do processo, da temperatura de pré-aquecimento, dos consumíveis e dos parâmetros elétricos adotados.

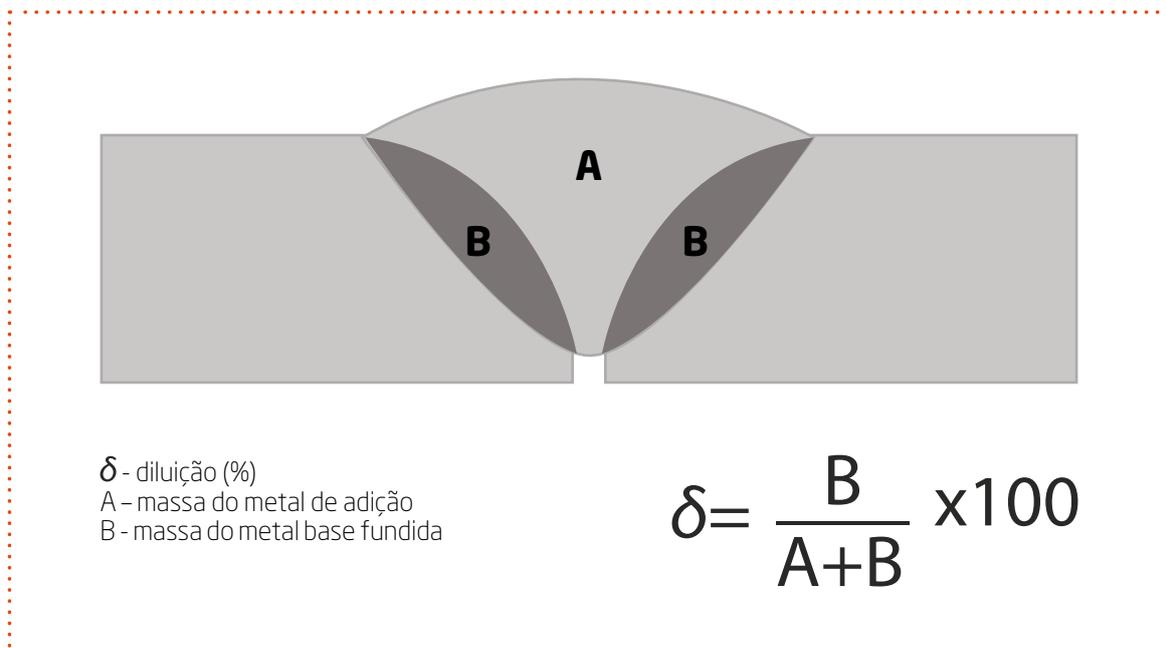
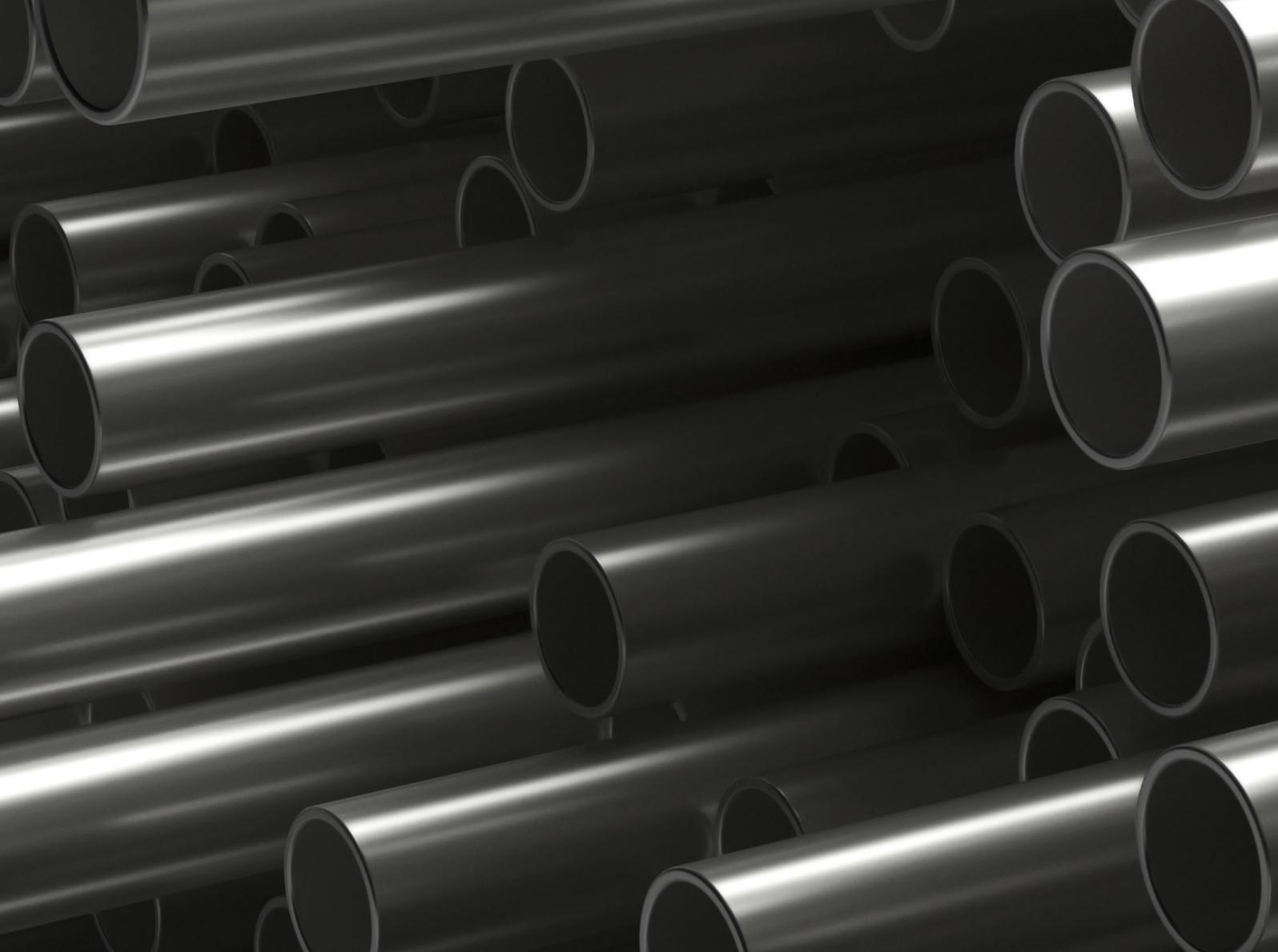


Figura 1 - Diluição em uma junta soldada



1.3 Soldabilidade

A definição de soldagem tem relação direta com o conceito de soldabilidade, que pode ser explicada como a facilidade de obtenção de uma junta soldada. Muito abrangente, a soldabilidade pode ser subdividida em três subconceitos:

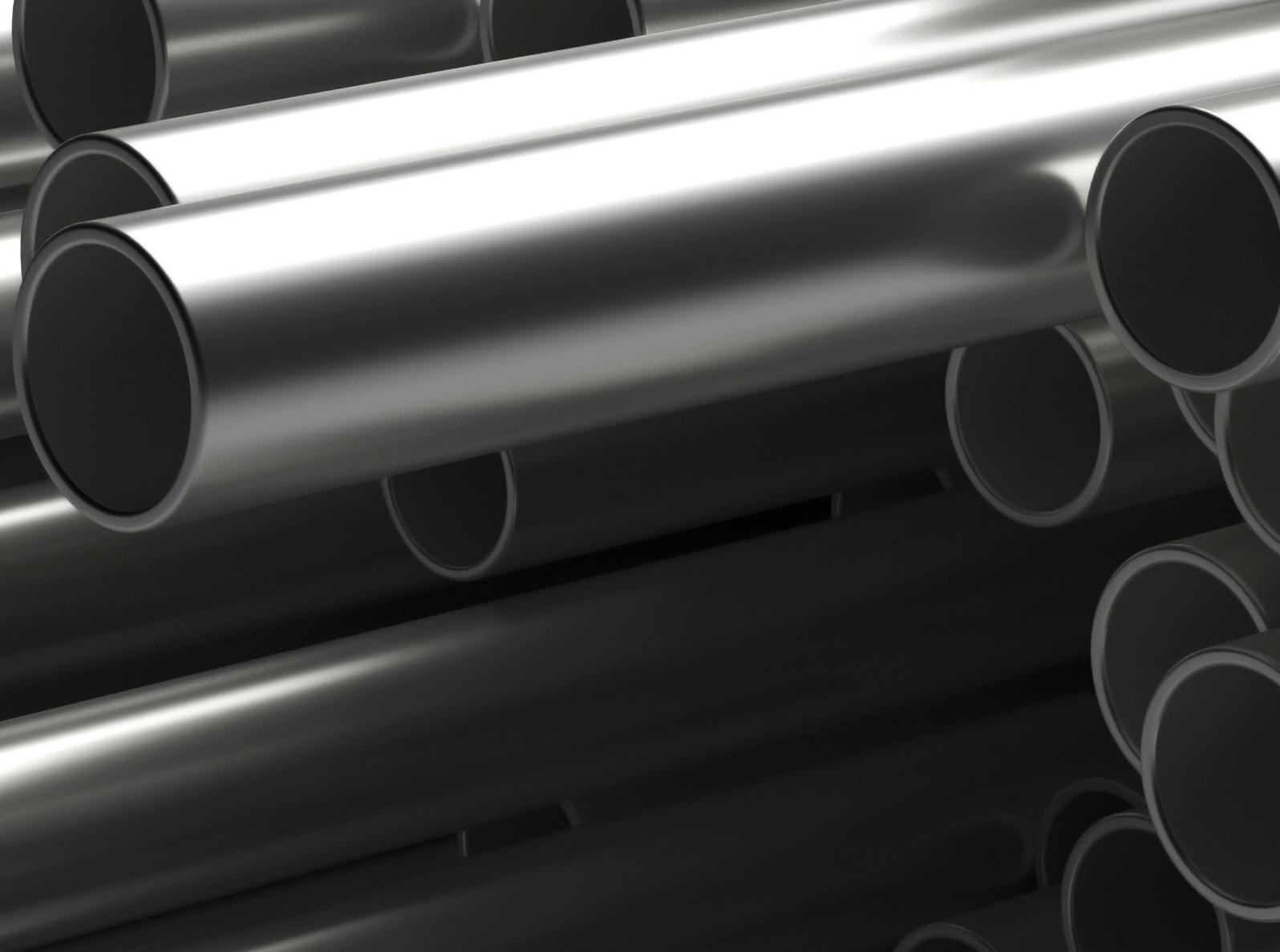
Soldabilidade Operacional: Está associada à fabricação das juntas do equipamento. Esse aspecto da soldabilidade diz respeito às particularidades do processo, à habilidade do soldador nas diversas posições e materiais, às características do material a ser soldado e à versatilidade do processo de soldagem.

Soldabilidade Metalúrgica: Envolve transformações de fase que ocorrem no material durante o aquecimento, a fusão, a solidificação e o resfriamento. A soldabilidade metalúrgica

depende da natureza do material e da transferência de calor na junta soldada.

Soldabilidade em Serviço: Pela definição de soldabilidade, a aplicação em serviço é o objetivo final da escolha dos materiais e do procedimento correto para o produto que está sendo projetado e construído. Caso ocorra algum erro na especificação dos materiais envolvidos, na fabricação ou no procedimento, o equipamento pode ter falha prematura em serviço.

Resumindo: A soldabilidade envolve aspectos metalúrgicos que podem afetar a qualidade da junta soldada requerendo procedimentos operacionais que exigem habilidades do soldador.



1.4 Metal de adição para a soldagem de aços inoxidáveis

Combinação de metal de base	301, 304	304L	310	316	316L	317	321	410, 420	430	Aços Carbono	Aços Carbono baixa liga ou Cr-Mo
301, 304	308	308	308	308	308	308	308	309	309	309	309
304L		308L	308	308	308	308	309	309	309	309	309
310 ^(a)			310	316	317	308	309	309	309	309	309
316				316	316	316	308	309	309	309	309
316L					316L	316	316L	309	309	309	309
317						317	308	309	309	309	309
321							347	309	309	309	309
410, 420								309 ^(d) 410	430 ^(b)	309 ^(d) 410 ^(b,c)	410 ^(b)
430									430	430 ^(b,c)	430 ^(b)

Nota: Esta tabela deve ser utilizada como referência. Para mais esclarecimentos, consulte a Aperam.

Legenda: (a) Suscetível a trinca de solidificação; (b) no caso de ser aceito um depósito completamente austenítico, pode-se utilizar 309 ou 310; (c) consumíveis de aço carbono podem ser empregados, desde que a peça seja pré-aquecida e que haja um controle de hidrogênio; (d) para 410 baixo carbono (<0,03%C).

Processos de Soldagem

Todos os aços inoxidáveis são soldáveis, mas definir adequadamente o processo a ser utilizado é essencial para obter a máxima durabilidade do equipamento que está sendo produzido.

2.1. Eletrodo revestido ou SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)

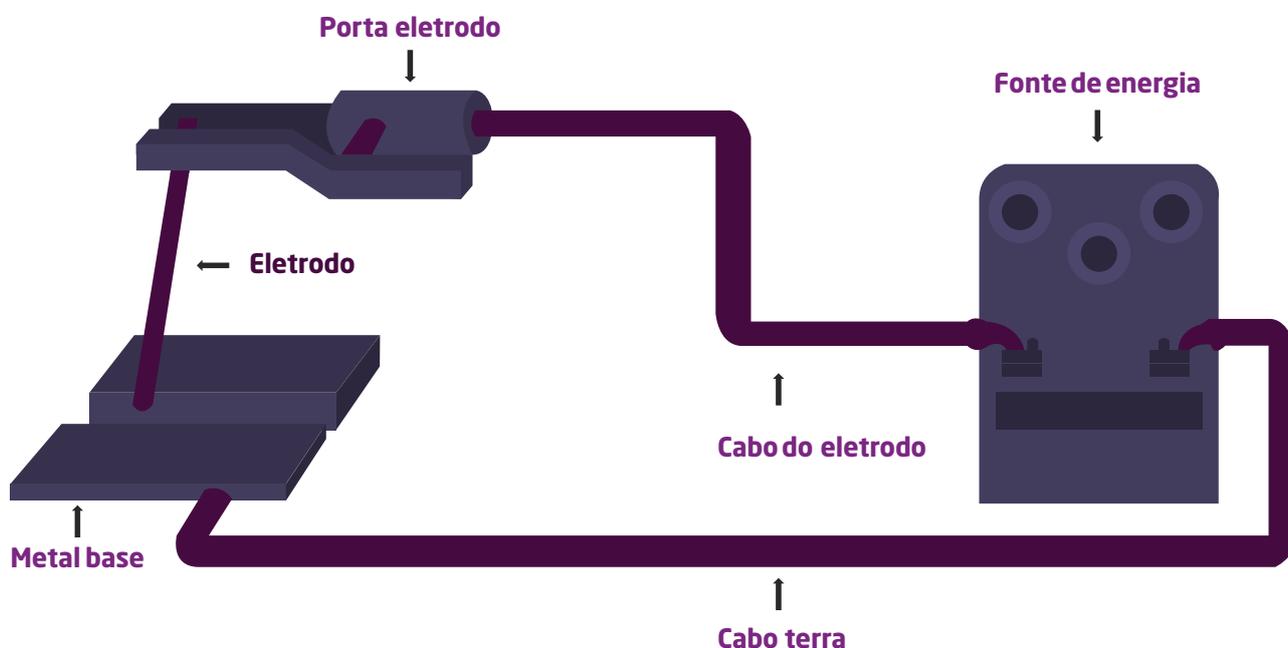
O processo por eletrodo revestido é o mais versátil de todos. Pode ser usado em todos os tipos de juntas e em todas as posições: plana, sobrecabeça, vertical ou horizontal.

Apesar de não ser necessariamente o mais eficiente, é o mais simples e barato. Por suas características, não é o mais indicado na maioria das aplicações que requerem uma soldagem mecanizada com alta produtividade e alta qualidade.

A soldagem dos aços inoxidáveis ferríticos e martensíticos pelo processo de eletrodo revestido é similar à soldagem dos aços carbono. Para uma junta soldada de boa qualidade é essencial selecionar e/ou ajustar adequadamente os parâmetros de soldagem: o tipo e o diâmetro do eletrodo, a polaridade e o valor da corrente de soldagem, o comprimento do arco, a velocidade de soldagem e a técnica de manipulação do eletrodo.

Equipamentos necessários:

- Fonte de energia (CC ou CA)
- Alicates para fixação dos eletrodos
- Cabos de interligação
- Pinça para ligação à peça
- Equipamento de proteção individual
- Equipamentos para limpeza da solda

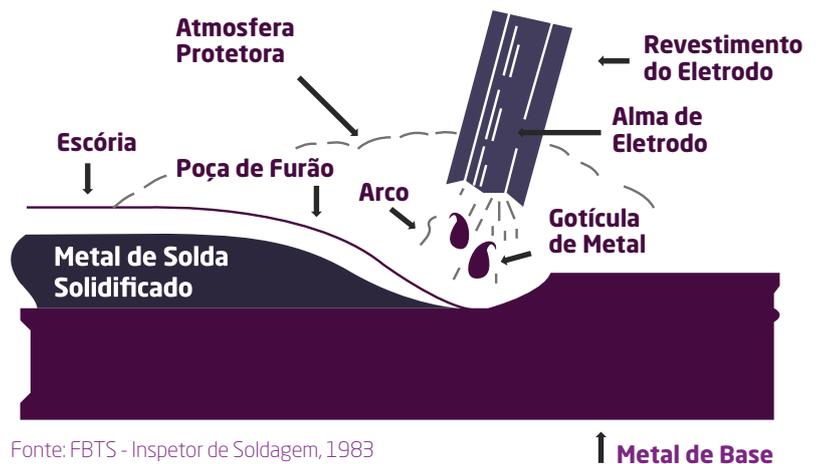


Fonte: FBTS - Inspetor de Soldagem, 1983.

Figura 2 - Equipamento de soldagem com eletrodo revestido.

Processo de soldagem:

No processo de soldagem manual por eletrodo revestido, o arco é estabelecido entre o eletrodo consumível e o material que está sendo soldado, conforme mostrado na figura 3. O eletrodo é formado por uma alma metálica revestida por um material fundente. Durante a soldagem, uma série de funções é desempenhada pelo revestimento consumido e pelo metal de adição, como a estabilização do arco, a proteção do metal fundido pela formação de escória e de gases e a adição de elementos de liga e de desoxidantes à poça de fusão.



Fonte: FBTS - Inspetor de Soldagem, 1983

Figura 3 - Processo de soldagem com eletrodo revestido.

Principais características do processo:

Tipo de Operação:

- Manual

Características

- Taxa de deposição: 0,5 a 5,0 Kg/h
- Espessuras soldáveis: > 1,00mm
- Posições de soldagem: depende do tipo do revestimento
- Diluição: 10 a 30%
- Tipo de junta: todas
- Faixa de corrente: 50 a 300 A.

Vantagens:

- Baixo custo do equipamento
- Versatilidade
- Soldagem em locais de difícil acesso
- Disponibilidade de consumíveis no mercado

Limitações

- Baixa produtividade devido à taxa de deposição
- Necessidade de remoção de escória
- Dependente da habilidade do soldador
- Produção de fumos e respingos
- Qualidade do cordão de solda, em geral, inferior aos processos TIG, plasma e MIG
- Não automatizável

Segurança

- Proteção ocular
- Emissão de radiação ultravioleta
- Risco de choque elétrico
- Inalação de gases e fumos provenientes da atmosfera gerada pela decomposição do revestimento
- Queimaduras produzidas por respingos ou escória em alta temperatura



Condições de soldagem para aços inoxidáveis:

Espessura (mm)	Passo N/A	Diâmetro eletrodo	Corrente de soldagem (A)	Velocidade de avanço (mm/s)
Soldas de topo, posições plana e horizontal				
1	1	1,98	40	6
2	1	2,38	60	5
3	1	3,18	85	4
5	1	3,97	125	3
6	1	3,97	125	3
	2	4,76	160	3
9	1	3,97	125	3
	2	4,76	160	3
	3	4,76	160	3
13	1 a 2: como para 9 (mm)	6,35	240	1
	3 e 4:			
19	1 a 2: como para 9 (mm)	6,35	240	1
	3 a 6:			
25	1 a 2: como para 9 (mm)	6,35	240	1
	3 a 10:			
Soldas de topo, posições vertical e sobrecabeça				
1 (Nota)	1	1,98	35	8
2 (Nota)	1	2,38	50	6
3	1	3,18	75	3
5	1	3,97	110	2
6	1 e 2	3,97	110	2
Nota: Soldar na vertical descendente. Para as demais espessuras, soldar na ascendente.				
Soldas de filete, posições plana e horizontal				
1	1	1,98	40	6
2	1	2,38	60	6
3	1	3,18	85	6
5	1	3,97	120	4
6	1	4,76	160	3
9	1	6,35	240	2
Soldas de filete, posições vertical e sobrecabeça				
1	1	1,98	40	6
2	1	2,38	60	6
3	1	3,18	90	6
5	1	3,97	125	4
6	1	4,76	170	3
9	1	4,76	175	3
	2	4,76	175	3

Observações: Geometrias de juntas semelhantes aos para aços-carbono
 Chanfro em V (60°) simples para espessuras ≤ 6mm
 Chanfro em V (60°) duplo para espessuras ≥ 6mm
 Espessuras > 25 mm requerem chanfro em U

2.2.TIG ou GTAW (Gas Tungsten Arc Welding)

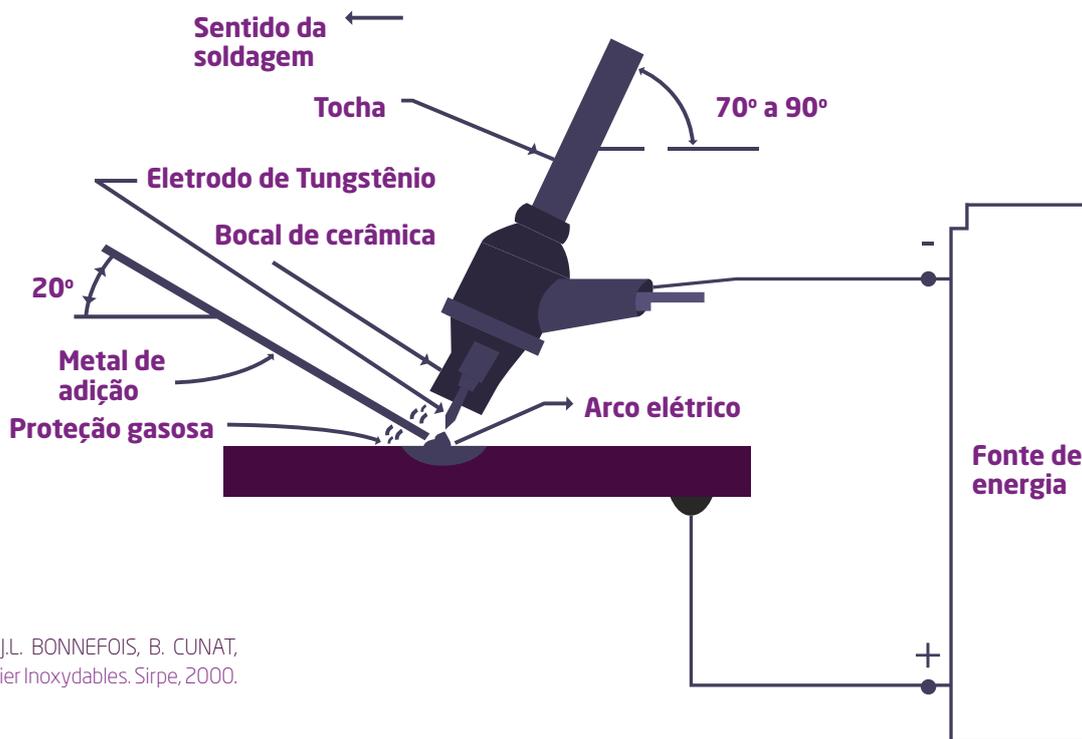
O processo de soldagem TIG é muito versátil e pode ser utilizado em todas as posições. É particularmente indicado em soldagem de seções finas, devido ao calor muito concentrado do arco. Em geral, não é recomendado para espessuras acima de $\frac{1}{4}$ in (6,35 mm) por causa da velocidade relativamente baixa.

Os gases de proteção inertes utilizados são argônio e hélio, ou uma mistura contendo os dois. Mas para soldagem dos aços inoxidáveis austeníticos pode-se aplicar o hidrogênio na mistura gasosa. O hidrogênio melhora ligeiramente a estabilidade do arco e aumenta o grau de penetração da solda. A sua utilização na soldagem de outros tipos de aços inoxidáveis pode fragilizar a junta.

Equipamentos necessários:

- Mesa de soldagem
- Fonte de energia (CC ou CA, dependendo do material a ser soldado) tipo corrente constante
- Cabos
- Tocha
- Eletrodo de tungstênio
- Fonte de gás de proteção com regulador de vazão
- Ferramentas
- Equipamentos de segurança

Esquema do processo:



Fonte: MOIRON, J.L. BONNEFOIS, B. CUNAT, P.J., Souder Les Acier Inoxydables. Sirpe, 2000.

Figura 4 - Processo de soldagem TIG.

Neste processo, o arco elétrico é estabelecido entre a peça e um eletrodo de tungstênio não consumível. O metal de adição pode ou não ser necessário, dependendo da configuração e das dimensões da junta.

Principais características do processo:

Tipo de Operação:

- Manual ou automática

Características

- Taxa de deposição: 0,2 a 1,5 Kg/h
- Espessuras soldáveis: 0,1 a 6,0 mm
- Posições de soldagem: todas
- Diluição: 2 a 20% com adição
- Tipo de junta: todas
- Faixa de corrente: 10 a 300 A

Vantagens:

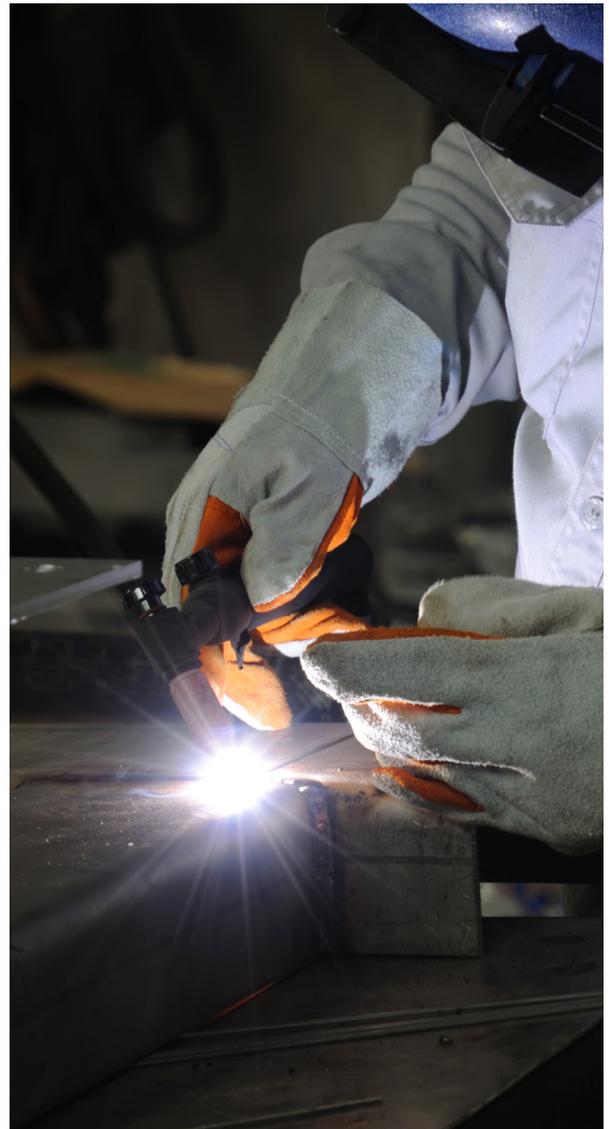
- Soldas de excelente qualidade
- Acabamento do cordão de solda
- Menor aquecimento da peça a ser soldada
- Baixa sensibilização à corrosão intergranular
- Ausência de respingos
- Pode ser automatizado

Limitações

- Dificuldade de utilização em presença de corrente de ar
- Inadequação para soldagem de chapas com mais de 6,35 mm de espessura
- Produtividade baixa devido à taxa de deposição
- Custo
- Processo dependente da habilidade do soldador, quando não automatizado

Segurança

- Proteção ocular
- Emissão intensa de radiação ultravioleta
- Risco de choque elétrico



Valores recomendados para a soldagem de aços inoxidáveis

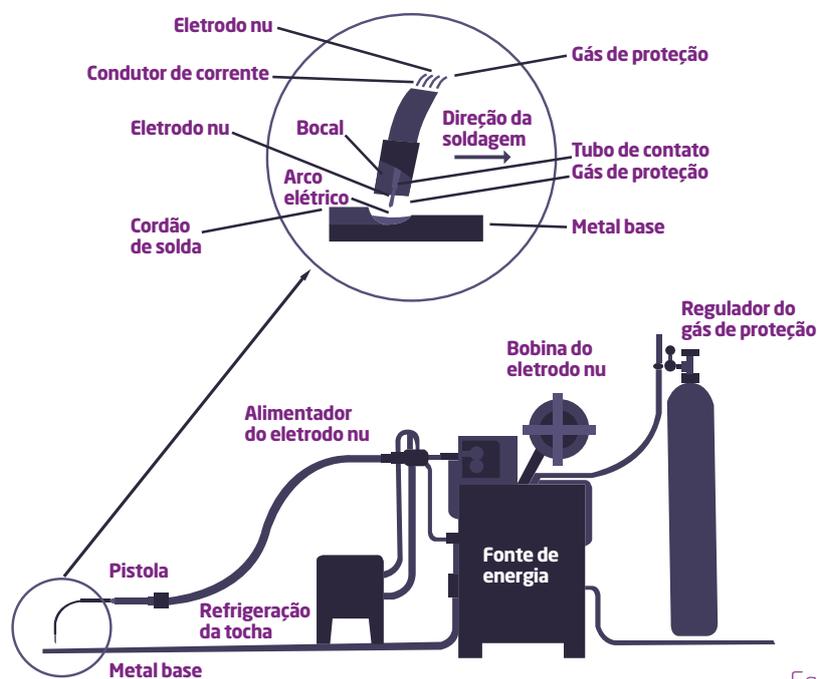
Espessura (mm)	Tipo de junta	Diâmetro do eletrodo (mm)	Diâmetro do metal de adição (mm)	Corrente (A)	Vazão de argônio (l/min)	Número de passes	Velocidade de soldagem (cm/min)
0,6	sem chanfro sem abertura	1,0	---	15 - 25	3	1	30 - 40
0,8		1,0	---	15 - 30	3	1	30 - 40
1,0	sem chanfro com abertura	1,0	1,0	25 - 60	4	1	25 - 35
1,5		1,5	1,5	50 - 80	4	1	25 - 35
2,0		1,5	1,5 - 2,0	80 - 110	4	1	25 - 35
3,0		2,0	100 - 150	4	1	25 - 35	
4,0	chanfro em V	2,0	2 - 3	120 - 200	5	1	25
5,0		3,0	3	200 - 250	5	1	25
6,0		3,0	3 - 4	200 - 250	6	2	25
		4					

Fonte: WAINER, E.; BRANDI, S.D.; "Soldagem: Processos e Metalurgia". 2ª ed. Mello, F.D.H., 1992.

2.3.MIG ou GMAW (Gas Metal Arc Welding)

A soldagem MIG usa o calor de um arco elétrico entre um eletrodo nu, alimentado de maneira contínua, e o metal de base. O calor funde o final do eletrodo e a superfície do metal de base para formar a solda. A proteção do arco e da poça de solda fundida vem de um gás alimentado externamente, que pode ser inerte, ativo ou uma mistura de ambos.

As vantagens da soldagem MIG são inúmeras: é mais rápida que a soldagem por eletrodo revestido, pois o metal de adição é alimentado continuamente; e não gera escória, o que contribui para reduzir a ocorrência de defeitos na junta soldada. Mas há limitações a considerar: além do maior custo do equipamento, o processo é muito sensível à variação dos parâmetros elétricos de operação do arco de soldagem. A soldagem MIG também não deve ser executada em presença de corrente de ar, pois pode comprometer a proteção gasosa do arco.



Equipamento de soldagem MIG

Principais características do processo:

Tipo de Operação:

- Semiautomática ou automática

Características

- Taxa de deposição: 1 a 15 Kg/h
- Espessuras soldáveis: 1,5 mm mínimo na soldagem automática e 3,0 mm na soldagem semiautomática
- Posições de soldagem: todas (depende da regulagem do equipamento)
- Diluição: 10% a 30%
- Tipo de junta: todas
- Faixa de corrente: 60A a 400A

Vantagens:

- Facilidade de operação
- Alta produtividade
- Processo automatizável
- Baixo custo

- Não forma escória
- Cordão de solda com bom acabamento
- Gera pouca quantidade de fumos
- Soldas de excelente qualidade.

Limitações

- Regulagem do processo bastante complexa
- Não deve ser utilizado em presença de corrente de ar
- Posição de soldagem limitada
- Produção de respingos
- Manutenção mais trabalhosa

Segurança

- Proteção ocular
- Emissão intensa de radiação ultravioleta
- Risco de choque elétrico
- Queimaduras produzidas por respingos em alta temperatura

Valores recomendados para a soldagem de aços inoxidáveis

e (mm)	Velocidade de alimentação do eletrodo nu (m/min) (1)	Modo de transferência (2)	Distância bocal bico de contato (mm) (3)	Corrente (A)	Tensão (V)	Velocidade de soldagem (Cm/min)	Passes
6,4	3,2 8,2	cc spray	+ 4 - 5	120 - 130 220 - 240	16 30	15 - 20 25 - 30	1º 2º
9,5	3,8 8,7	cc spray	+ 4 - 5	140 - 150 230 - 250	16 30	12 - 18 15 - 20	1º 2º
12,7	3,8 8,7 9,3	cc spray	+ 4 - 5 - 5	140 - 150 230 - 250 240 - 260	16 30 31	15 - 20 20 - 25 15 - 20	1º 2º 3º

Fonte: WAINER, E.; BRANDI, S.D.; "Soldagem: Processos e Metalurgia". 2ª ed. Mello, F.D.H., 1992.

Observações:

- Diâmetro do eletrodo nu: 1,2 mm.
- Uso de argônio +2% oxigênio como gás de proteção, tanto para transferência por curto circuito quanto spray.
- Sinal + indica distância para fora do bocal.
Sinal - indica distância para dentro do bocal.

Não esquecer da purga com argônio, para evitar a oxidação do passe da raiz.



Mecanismos de transferência metálica

Na soldagem com eletrodos consumíveis, o metal fundido na ponta do eletrodo tem que se transferir para a poça de fusão. O modo de ocorrência dessa transferência é muito importante na soldagem GMAW, pois afeta muitas características do processo, como a quantidade de gases (principalmente hidrogênio, nitrogênio e oxigênio) absorvidos pelo metal fundido, a estabilidade do arco, a aplicabilidade do processo em determinadas posições de soldagem e o nível de respingos gerados. De modo geral pode-se considerar que existem quatro formas básicas de transferência de metal de adição do eletrodo para a peça: transferência por curto-circuito, transferência globular, transferência por spray ou por pulverização axial e transferência por arco pulsante.

A transferência metálica pode ocorrer de diferentes formas e vai variar, principalmente, em função da corrente utilizada para a soldagem. No processo de soldagem MIG, um dos parâmetros a ser observado é a corrente de transição. Abaixo dela, a transferência metálica ocorre em forma de grandes gotas que se destacam do eletrodo pela força da gravidade. Acima dessa corrente, as gotas são lançadas através do arco e são extremamente pequenas e seu número bastante elevado.

Transferência por curto circuito

Na soldagem com transferência por curto circuito são utilizados arames de diâmetros na faixa de 0,8 a 1,2 mm, e aplicados pequenos comprimentos de arco (baixas tensões) e baixas correntes de soldagem, sendo por isto um processo de energia relativamente baixa, o que restringe seu uso para espessuras maiores. É obtida uma pequena poça de fusão de rápida solidificação.

Essa técnica é particularmente útil para a soldagem de materiais de pequena espessura em qualquer posição, para materiais de grande espessura nas posições vertical e sobrecabeça e para o enchimento de largas aberturas. A soldagem por curto circuito também deve ser empregada quando se tem por requisito uma distorção mínima.

Este modo de transferência caracteriza-se por uma grande instabilidade do arco, podendo apresentar a formação intensa de respingos. A quantidade de respingos pode ser limitada pela seleção adequada de parâmetros de soldagem e ajuste da fonte de energia.

A tabela ao lado ilustra a faixa de corrente ótima para a transferência de metal por curto circuito para vários diâmetros de arames. Estas faixas podem ser ampliadas dependendo do gás de proteção selecionado.

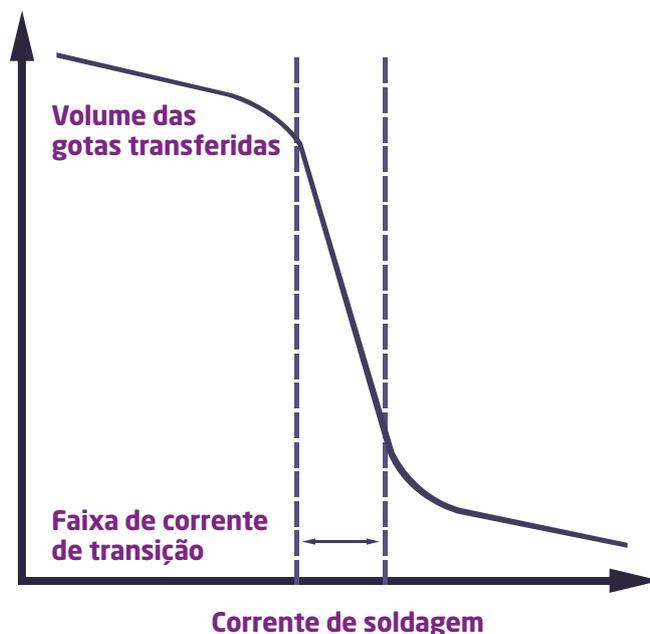


Tabela de faixa ótima de corrente de curto circuito para vários diâmetros de arame

Diâmetro do arame		Corrente de soldagem (A)	
pol (")	mm	mínima	máxima
0,030	0,76	50	150
0,035	0,89	75	175
0,045	1,10	100	225

Transferência por spray

À medida em que se aumenta a corrente de soldagem, diminui o diâmetro médio das gotas de metal líquido que se transferem para a peça, até que, acima de uma certa faixa, há uma mudança brusca no modo de transferência, que passa de globular para "spray".

A transferência por spray só ocorre com elevadas densidades de corrente e quando se usa argônio ou misturas ricas em argônio como gás de proteção. A tabela da página 17 mostra alguns valores da corrente de transição.

Corrente de transição globular/ spray para aços inoxidáveis

Material	Diâmetro Arame (mm)	Gás de Proteção	Corrente Transição (A)
Aço Inoxidável	0,89	Argônio + 2% Oxigênio	170
	1,10		225
	1,60		285

O arco é muito estável, de forma bem definida e se estabelece do arame para a poça de fusão. Com a transferência por spray a taxa de deposição pode chegar a 10 kg/h. Essa técnica de soldagem é geralmente empregada para unir materiais de espessura 2,4 mm ou superiores. Devido ao tamanho elevado da poça de fusão, de difícil controle, o processo de arco em spray fica restrito à soldagem na posição plana. Como essa transferência só é possível em correntes elevadas, ela não pode ser usada na soldagem de chapas finas.



Transferência Globular

Quando a corrente e a tensão de soldagem são aumentadas para valores acima do máximo recomendado para a soldagem por curto circuito, a transferência de metal começa a tomar um aspecto diferente. Essa técnica de soldagem é comumente conhecida como transferência globular, na qual o metal se transfere através do arco.

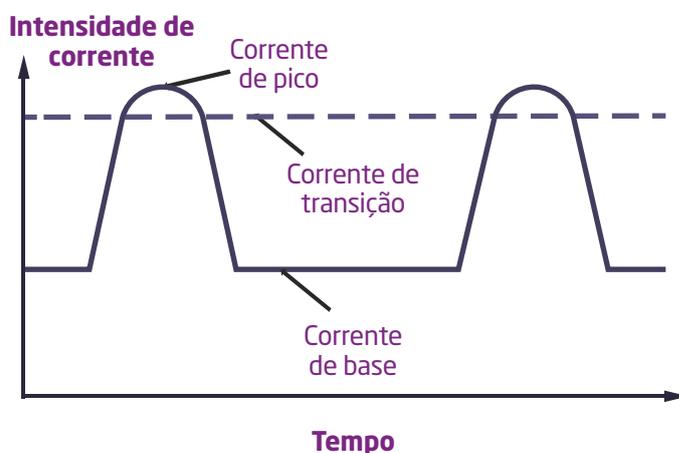
A soldagem por transferência globular ocorre com baixas densidades de corrente e na presença de qualquer tipo de gás de proteção. O metal se transfere para a poça como glóbulos. O diâmetro médio desses glóbulos tende a diminuir com o aumento da corrente, podendo ser maior ou menor que o diâmetro do eletrodo. Os glóbulos se transferem para a poça sem muita direção e o aparecimento de respingos é relativamente elevado. Como as gotas de metal fundido se transferem principalmente por ação da gravidade, sua utilização é limitada à posição plana.

A transferência globular pode causar problemas como falta de penetração, falta de fusão e/ou reforço do cordão de solda excessivo.

Transferência por Arco Pulsado

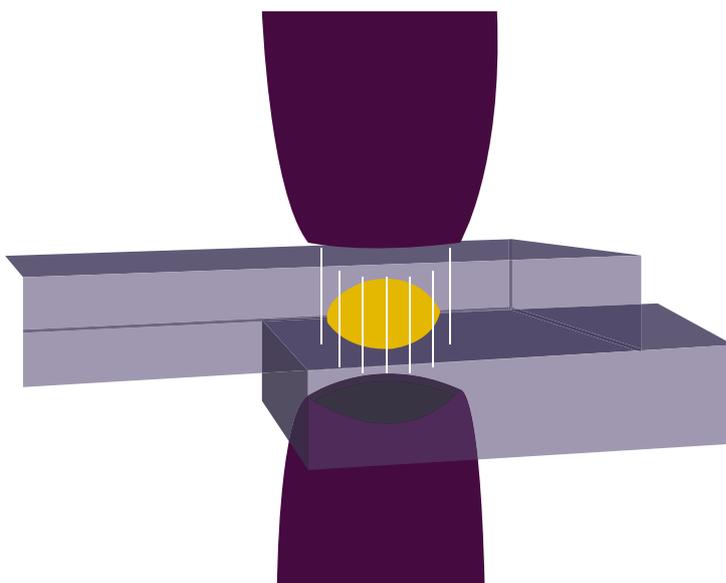
A transferência pulsada é uma variação da transferência em spray, conseguida pela pulsação da corrente de soldagem em dois patamares, um inferior à corrente de transição, denominada "corrente de base", outro superior a esta corrente, conhecida como "corrente de pico", de modo que durante o período de tempo em que a corrente é baixa, uma gota se forma e cresce na ponta do eletrodo e é transferida quando o valor da corrente é elevado. Geralmente é transferida uma gota durante cada pulso de corrente alta. Valores comuns de frequência ficam entre 60 e 120 pulsos por segundo.

Como a corrente de pico fica na região de arco em spray, a estabilidade do arco é similar à soldagem em spray convencional. O período de baixa corrente mantém o arco aberto e serve para reduzir a corrente média. Assim, a técnica pulsada em spray produzirá um arco em spray com níveis de correntes mais baixos que os necessários para a soldagem em spray convencional. A corrente média mais baixa permite soldar peças de pequena espessura com transferência em spray usando maiores diâmetros de arame que nos outros modos. A técnica pulsada em spray também pode ser empregada na soldagem fora de posição de peças de grandes espessuras.



2.4. Soldagem por resistência elétrica

Na soldagem por resistência elétrica, o calor é gerado através da passagem de corrente entre dois eletrodos de cobre, não consumíveis. Quando se aplica pressão com os eletrodos, em conjunto com a passagem de corrente, ocorre a fusão entre as chapas na face comum entre elas. A soldagem por resistência apresenta algumas variantes, entre elas a soldagem por ponto e por costura.



Principais características do processo:

Tipo de Operação:

- Automática

Características

- Velocidade de soldagem: 0,1 segundo por ponto, 10 cm/segundo por costura
- Espessuras soldáveis: 0,1 mm a 3,0 mm
- Posições de soldagem: todas (depende da geometria da peça e da flexibilidade do equipamento)
- Diluição: 100%
- Tipo de junta: sobreposta
- Faixa de corrente: 1.000A a 50.000A

Vantagens:

- Soldagem de chapas muito finas

- Facilidade de operação
- Velocidade do processo elevada
- Facilidade para automação
- Não depende da habilidade do soldador

Limitações

- Não aceita peças pesadas nem com formatos muito complexos
- Custo elevado do equipamento e da manutenção
- Demanda de energia elétrica durante a soldagem

Segurança

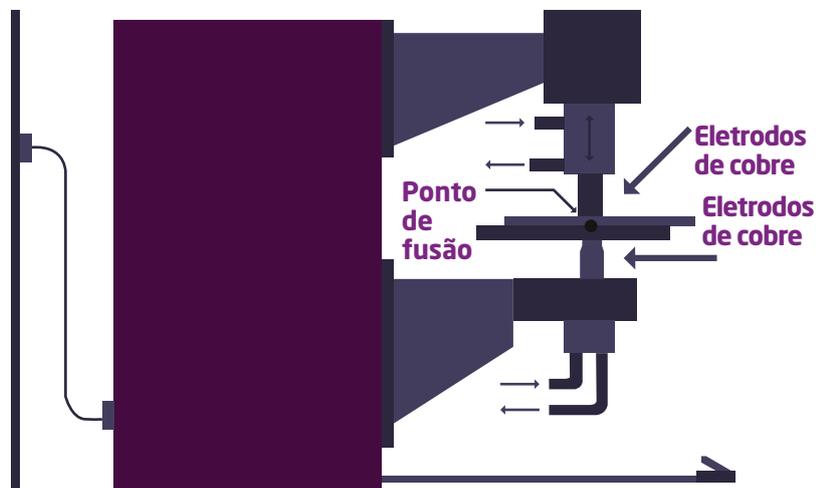
- Risco de choque elétrico
- Risco de acidentes no posicionamento das peças antes da soldagem, no caso de operação manual

Soldagem por ponto

A soldagem por pontos é a mais utilizada dentre os processos de soldagem por resistência elétrica. Pode ser considerada uma alternativa econômica para antigas uniões aparafusadas ou rebetadas. Como essas últimas, também exige sobreposição e emprego de força no plano de união (cisalhamento).

As peças a serem unidas têm que se sobrepor no lugar da soldagem. A partir daí, são pressionadas pelos eletrodos no local e chegam à temperatura de fusão em decorrência do aquecimento localizado devido a resistência à passagem de corrente elétrica.

Os eletrodos são pressionados sobre as peças por meio de força pneumática ou hidráulica, assim é conseguida uma boa aderência entre as chapas no lugar de contato. Com a força do eletrodo é fechado o circuito da corrente, origem do rápido aquecimento do local da soldagem.



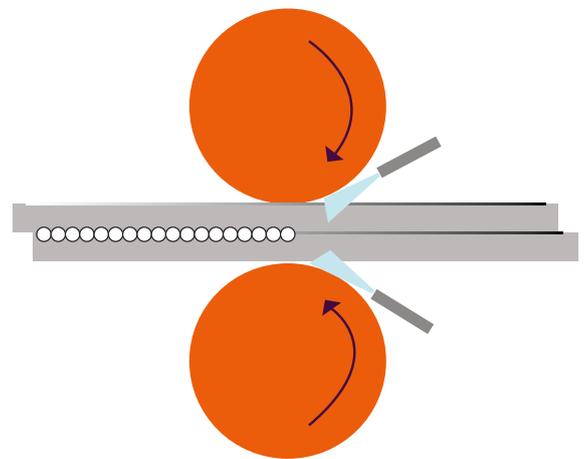
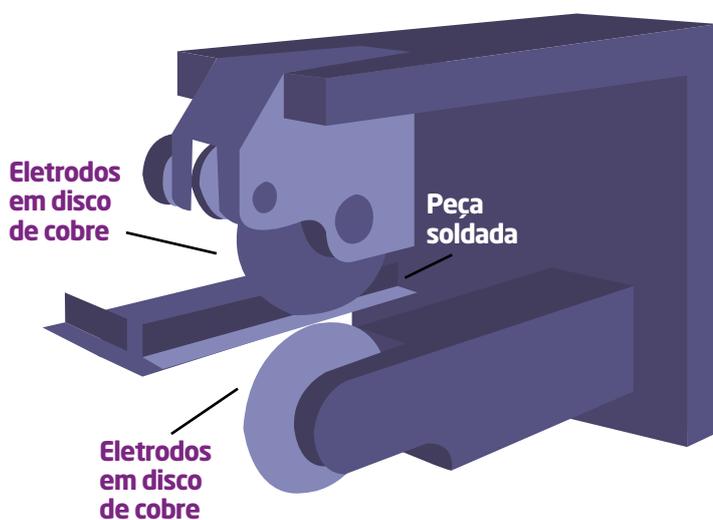
Soldagem por costura

A soldagem por costura é uma variante do processo de resistência elétrica, na qual eletrodos na forma de rolos são usados para transmitir a corrente e forçar a peça de trabalho. Normalmente, um dos eletrodos é usado como agente motor para alimentação da peça de trabalho. As correntes podem ser alternadas ou contínuas, e a soldagem pode ser executada continuamente, ao longo ou ao redor da peça.

Nesse processo, o qual o calor gerado pela resistência do fluxo de corrente elétrica no metal, combinado com a pressão, produz a costura soldada, que consiste em uma série de pontos de solda. Dois eletrodos circulares girando são usados para fornecer corrente, força e refrigeração.

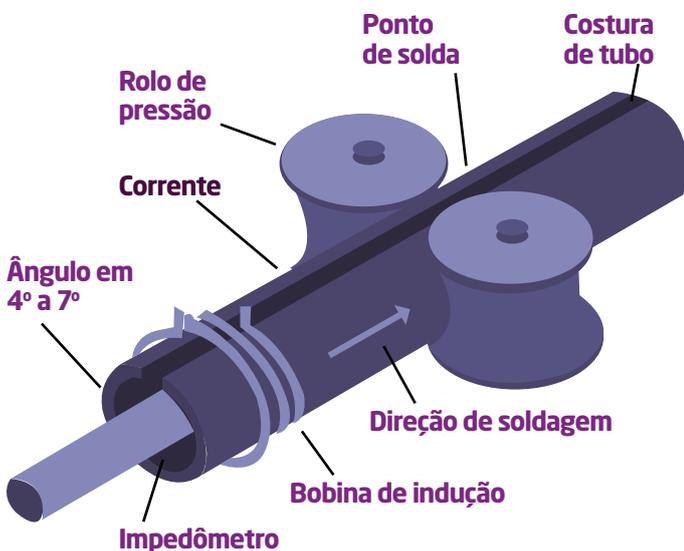
A soldagem por costura exige correntes muito maiores que a soldagem por pontos, já que uma parcela maior da corrente elétrica circula pela região já soldada. A força do eletrodo permanece constante durante toda a operação de soldagem.

Este processo é usado principalmente para juntas contínuas impermeáveis a gases e líquidos, em aplicações como tanques de combustível para automóveis, extintores de incêndio, fabricação de tubos, etc.



Soldagem ERW (Electrical Resistance Welding)

Muito utilizada para a produção de tubos com costura, é uma variante do processo de soldagem por resistência elétrica que utiliza alta frequência. As superfícies que serão soldadas são mecanicamente pressionadas para que ocorra a fusão entre elas. O resultado é uma solda de alta qualidade, principalmente devido à expulsão da zona fundida, o que elimina possíveis problemas que podem ocorrer na região.



Vantagens:

- Alta produtividade devido à alta velocidade de soldagem do equipamento
- Pode ser feita em presença de corrente de ar

Limitações

- Não é adequada para baixas velocidades
- Processo contínuo

3. Referências Bibliográficas

1. PECKNER, D. BERNSTEIN, I.M. Handbook of Stainless Steel. McGraw-Hill, 1977.
2. ASM Handbook "Welding, Brazing and Soldering" . ASM International, 1993
3. ZEEMANN, A. Diluição. Site: www.infosolda.com.br
4. BRANDI, S. Et alii (Coordenação). "Soldagem - Processos e Metalurgia", Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 1992.
5. ASM Handbook "Welding, Brazing and Soldering" Cap." Shielded Metal Arc Welding". ASM International, 1993.
6. MODENESI, P., Técnica Operatória da Soldagem SMAW. Site: www.infosolda.com.br.
7. MOIRON, J.L. BONNEFOIS, B. CUNAT, P.J., Souder Les Acier Inoxydables. Sirpe, 2000.
8. LANCASTER, J.F., "The Physics of Welding" International Institute of Welding 2ª ed., 1986.
9. MARQUES, P.A., "Tecnologia da Soldagem", Belo Horizonte, Esab, 1991.
10. SCOTTI, A CLARK, D.E. & KENNEY, K., "Mapeamento da Transferência Metálica em MIG com Aço Inoxidável", 1999.
11. FERRARESI, V.A, FIGUEIREDO, K.M., "Mapas de Transferência Metálica na Soldagem de Alumínio", 2001.
12. BRACARENSE, A. "Processo de soldagem por resistência", Site: www.infosolda.com.br





aperam