

## PROCESSOS DE SOLDAGEM OXICOMBUSTÍVEL (OAW)

### Características do Processo

O processo de soldagem oxibombustível é um dos mais antigos processos de fusão. A soldagem se dá pela fusão de um ou mais metais de base, com ou sem material de adição, que são aplicados na junta a ser soldada por meio de uma chama proveniente da queima de uma mistura de gases. Esses gases passam por um dispositivo cuja fusão é dosá-los na proporção exata para a combustão. O dispositivo, chamado maçarico, deve ainda possibilitar que se produzam diferentes tipos de misturas necessárias para obter tipos de chama de acordo com os diferentes tipos de materiais.

As superfícies dos chanfros dos metais de base e o material de adição, quando presente, fundirão em conjunto formando uma poça de fusão única que, após o resfriamento, se comportará como um único material.

Para que ocorra a soldagem, é necessário tempo, calor e/ou pressão; com o tempo, o calor aplicado à peça fará uma fusão localizada onde, após o resfriamento, aparecerá a união dos metais; no caso da utilização de pressão, isto causa um forjamento localizado.

Todos os metais e ligas comercialmente conhecidos fundem-se em temperaturas abaixo dos 4000°C. As ligas de aço, que são os materiais de maior utilização comercial, fundem na faixa de 1500°C. Assim, mostra-se viável a execução de soldagem por meio das temperaturas e poder calorífico desenvolvidos pela combustão dos diversos gases.

A AWS (American Welding Society) define o processo oxicombustível como "grupo de processos onde o coalescimento é devido ao aquecimento produzido por uma chama, usando ou não metal de adição, com ou sem aplicação de pressão".

## PROCESSO TIG (TIG)

### Características do Processo

TIG é o processo de soldagem ao arco elétrico com proteção gasosa que utiliza eletrodo de tungstênio, um gás inerte, para proteger a poça de fusão. O nome TIG é uma abreviatura de Tungsten Inert Gas (gás inerte tungstênio), em que tungstênio é o material de que é feito o eletrodo e gás inerte refere-se ao gás que não reage com outros materiais. Na Alemanha, o processo TIG é conhecido como WIG, sigla de Wolfranium Inert Gas. O processo TIG apresenta variantes, tais como a soldagem TIG por pontos, TIG por corrente pulsada e TIG com arame quente ou "hot wire". O processo TIG também é conhecido por GTAW ou Gas Tungsten Arc Welding (soldagem a arco com gás tungstênio).

No processo TIG, o aquecimento é obtido por meio de um arco elétrico gerado com auxílio de um eletrodo não consumível de tungstênio o qual não deve se fundir para evitar defeitos ou descontinuidades no cordão de solda. O eletrodo e a poça de fusão são protegidos por uma atmosfera gasosa constituída de gás inerte, isto é, um gás que não reage com outros materiais, ou uma mistura de gases inertes, geralmente argônio ou hélio.

O processo TIG permite soldar materiais com ou sem metal de adição. Dependendo da aplicação da solda, é possível adicionar material à poça de fusão; nesse caso, o material deverá ser compatível com o metal de base. O processo TIG foi desenvolvido na década de 40 para soldagem de aços inoxidáveis e de ligas de alumínio e magnésio; atualmente, é utilizado para soldar praticamente todos os metais.

## PROCESSO MIG / MAG (GMAW)

### Características do Processo

MIG / MAG é a sigla de identificação dos processos de soldagem a arco elétrico que utilizam gases inertes ou misturas deles (MIG) e também gases ativos ou misturas de gases ativos e inertes (MAG) para proteger a poça de fusão e a região adjacente a ela contra os gases da atmosfera que possam prejudicar a soldagem. Esses processos também são conhecidos pela sigla SMAW – Gas Metal Arc Welding – soldagem a arco gás metal.

A principal característica dos processos MIG / MAG é a proteção gasosa que envolve a atmosfera adjacente à poça de fusão e que é proporcionada por gases inertes ou mistura deles, no caso do processo MIG, é por gases ativos ou misturas de gases ativos e inertes, no caso do processo MAG. Esses processos são utilizados para unir peças metálicas pelo aquecimento e pela fusão delas a partir de um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo metálico nu e a peça de trabalho.

## PROCESSO COM ELETRODO REVESTIDO (SMAW)

### Características do Processo

O processo de soldagem ao arco elétrico com eletrodo revestido, também conhecido como SMAW (Shielded Metal Arc Welding), consiste na abertura e manutenção de um arco elétrico entre o eletrodo revestido e a peça a ser soldada, de modo a fundir simultaneamente o eletrodo e a peça; o metal fundido do eletrodo é transferido para a peça, formando uma poça fundida que é protegida da atmosfera (O<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>) pelos gases de combustão do revestimento do eletrodo. O metal depositado e as gotas ejetadas do metal fundido recebem uma proteção adicional por meio do banho de escória, a qual é formada pela queima de alguns componentes do revestimento.

## PROCESSO COM ARAME TUBULAR (FCAW)

### Características do Processo

O processo de soldagem ao arco elétrico com arame tubular, também conhecido por FCAW (Flux-Cored Arc Welding), utiliza um eletrodo metálico tubular, isto é, não sólido, com diversos formatos internos, e que contém um fluxo apropriado em seu interior para proteção do arco e do cordão. Em algumas situações, a soldagem com arame tubular também pode utilizar gás de proteção.

A soldagem com arame tubular com ou sem proteção gasosa pode ser semi-automática, em que o soldador controla a posição e o deslocamento da tocha, ou automática, quando a tocha é deslocada pela máquina. Nos primeiros tempos de utilização deste processo, os arames tinham um diâmetro grande e, por isso, a posição de soldagem era geralmente horizontal ou plana; com o desenvolvimento da fabricação dos arames tubulares com diâmetros cada vez menores, tornou-se possível soldar em qualquer posição e com qualquer tipo de junta.

A soldagem com arame tubular apresenta uma camada de escória que deve ser removida antes que um novo cordão seja executado. O tipo de arame utilizado condiciona a consistência e a aderência da escória; assim, existem escórias que se partem ao esfriar e se destacam facilmente do cordão, enquanto que outras aderem de tal modo ao cordão que precisam ser quebradas por meios mecânicos.

## PROCESSO POR ARCO SUBMERSO (SAW)

### Características do Processo

A soldagem por arco submerso, também conhecida por SAW (Submerged Arc Welding), é um processo automático no qual o calor é fornecido por um arco desenvolvido entre um eletrodo de arame sólido ou tubular e a peça-obra. Tanto o metal de base quanto a poça de fusão ficam totalmente submersos em um fluxo granuloso que garante a proteção contra os efeitos da atmosfera. O fluxo granuloso funde-se parcialmente, formando uma camada de escória líquida, que depois é solidificada.

Além das funções de proteção e limpeza do arco e do metal depositado, o fluxo na forma granular funciona como um isolante térmico, garantindo uma excelente concentração de calor que caracteriza a alta penetração obtida por meio do processo. Uma vez que fica completamente coberto pelo fluxo, o arco elétrico não é visível, e a solda se desenvolve sem faíscas, luminosidade ou respingos, que caracterizam os demais processos de soldagem em que o arco é aberto.

## PROCESSO POR ARCO PLASMA (PAW)

### Características do Processo

O processo de soldagem por arco plasma, também conhecido por PAW (Plasma Arc Welding), é aquele em que a fusão dos metais é provocada por um arco elétrico constritor, estabelecido entre um eletrodo de tungstênio e a peça de trabalho; esse arco está envolvido por uma atmosfera protetora proporcionada por dois fluxos de gases. O arco é chamado constrito ou constringido porque é limitado por um bocal que restringe o diâmetro do arco e aumenta a intensidade da fonte de calor. Um dos dois fluxos de gases, freqüentemente argônio, sai do bocal constritor e rodeia o eletrodo, sob a forma de um jato altamente aquecido, chamado plasma; o outro passa por um bocal externo, concêntrico ao bocal constritor, e funciona como proteção; este gás pode ser inerte ou uma mistura de gases inertes.

## PROCESSO POR ELETROESCÓRIA (EW)

### Características do Processo

A soldagem por eletroescória é um processo por fusão em que o calor gerado por efeito Joule é proveniente da passagem de corrente elétrica pelo eletrodo e pela escória eletrocondutora fundida. A poça de fusão e a camada de escória são mantidas na junta por sapatas refrigeradas que se movem progressivamente, para cima.

A soldagem por eletroescória foi desenvolvida pelos russos na década de 50 e utiliza a energia calorífica fornecida por uma corrente elétrica que passa pela escória líquida, a qual funde o metal de adição e as superfícies a serem soldadas. A escória é conseguida pela adição de um fluxo granuloso, adicionado durante o processo; a proteção da área de soldagem é feita pela escória que flutua sobre a poça de fusão.

## SOLDAGEM POR RESISTÊNCIA (RSW / RSEW / RPW / FW / UW / PEW)

### Características do Processo

A soldagem por resistência agrupa vários processos em que o calor de soldagem é gerado pela resistência a um fluxo de corrente elétrica que atravessa as partes a serem unidas. Estes processos são mais comumente utilizados para soldar juntas sobrepostas de chapas com diferentes espessuras.

A corrente elétrica é conduzida até a junta por um par de eletrodos e a resistência das peças a passagem da corrente elétrica gera o aquecimento da superfície a ser soldada. Os eletrodos fixam as peças por meio de pressão, a fim de garantir um ótimo contato elétrico e conter o metal fundido na junta. As superfícies da junta devem estar limpas, de modo a obter um perfeito contato elétrico e produzir uma solda perfeita com dimensão uniforme.

Uma importante característica da soldagem por resistência é o rápido aquecimento que ela produz. Para unir peças por resistência em um tempo muito curto, é necessário haver altas correntes para aquecer e fundir as partes. O tempo para fazer uma simples solda por resistência é de fração de segundo.

A soldagem por resistência é um dos métodos mais utilizados para unir metais, pois serve para variadas espessuras, formas e tipo de material, além de que o equipamento, com pequenas modificações, pode ser adaptado para soldar várias peças diferentes.

Utiliza-se a soldagem por resistência nas indústrias de automóvel, de eletroeletrônicos, na fabricação de eletrodomésticos, de tubulações, de equipamento ferroviário e esportivo, entre outras.

## SOLDAGEM DE PINOS (SW)

### Características do Processo

A soldagem de pinos, conhecida em inglês pelo nome de “Stud Welding” (SW), é um processo de soldagem de arco elétrico que une pinos ou peças semelhantes por meio de aquecimento e fusão do metal de base a partir da ponta do pino, seguido de imediata pressão, para melhor união e solidificação. Energia elétrica e força são transmitidas através de um porta-pinos colocado num dispositivo de elevação envolto por um anel de cerâmica, com as funções de proteger contra respingos e contaminação atmosférica, e de conter o metal líquido.

## SOLDAGEM POR FEIXE DE ELÉTRONS (EBW)

### Características do Processo

A soldagem por feixe de elétrons, conhecida também pela sigla EBW – Elétron Beam Welding – é um processo chamado de alta intensidade porque uma grande quantidade de energia é emitida em curto espaço de tempo, de modo que o impacto dos elétrons sobre o material a ser trabalhado produz calor. Devido as diferentes possibilidades de aplicar o calor sobre a peça, convergindo-o ou espalhando-o por meio de mecanismos ópticos, é possível utilizar o feixe eletrônico de diferentes formas, como por exemplo: soldagem, corte, tratamento superficial e micro-usinagem. É importante destacar, porém, que os processos de corte, tratamento superficial e micro-usinagem por feixe de elétrons ainda não competem técnica e economicamente com os outros existentes. Por enquanto, o feixe de elétrons é utilizado quase que unicamente em soldagem.

## SOLDAGEM A LASER (LBW)

### Características do Processo

A palavra LASER é a sigla da descrição do processo em inglês: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, que se traduz por amplificação da luz através da emissão estimulada de radiação. Em uma rápida definição, podemos dizer que o laser é um feixe de radiação produzido por um dispositivo.

O desenvolvimento do feixe foi impulsionado pela sua capacidade de se propagar no ar com pouca divergência, orientando-se por óptica, e sem perder ou alterar suas características físicas. Existem hoje vários tipos de feixes laser, que vão do sólido ou gasoso, com comprimentos de onda na faixa do infravermelho (IF) até o ultravioleta (UV).

Devido à quantidade de radiação laser, sua utilização em soldagem possibilita a obtenção de determinadas características impossíveis de serem obtidas por outros processos, tais como elevadíssimas velocidades de soldagem, ausência de contato entre fonte de calor e peça a soldar, baixa entrega térmica, pouca distorção e pequenas zonas afetadas pelo calor.

## SOLDAGEM POR DIFUSÃO (DFW)

### Características do Processo

A soldagem por difusão é um processo que liga materiais por meio de aplicação simultânea de pressão e calor. Quando ocorre deformação plástica por ação de calor, as camadas de átomos que compõem a estrutura cristalina do metal vibram e se movimentam em várias direções, ocupando lugares diferentes nos planos cristalinos; a essa movimentação dá-se o nome de difusão. Uma temperatura definida é aplicada na região de soldagem ou em toda a peça, durante certo tempo, resultando em uma deformação plástica localizada. O contato entre as superfícies provoca difusão dos átomos, que se movimentam pelo interior das superfícies, promovendo a ligação perfeita das partes.

A operação pode ser feita no vácuo, sob proteção de gás ou fluido e, de preferência, sem material de adição. O processo por difusão é utilizado para unir materiais com composição química semelhante ou materiais dissimilares, predominantemente os metálicos, e foi desenvolvido originalmente para ser aplicado na construção de peças para a indústria aeronáutica e espacial; hoje em dia, outras áreas já fazem uso desta tecnologia.

## SOLDAGEM POR ATRITO (FRW)

### Características do Processo

A soldagem por atrito, também conhecida como soldagem por fricção, utiliza o atrito para gerar calor. Há muito tempo sabe-se que o atrito gera calor, mas o registro sobre sua utilização para unir metais é conhecido a partir de 1891, quando a primeira patente sobre a utilização de calor obtido por atrito para união de cabos de aço foi utilizada nos Estados Unidos da América.

Em 1929 foi registrada a primeira patente alemã; de 1941 a 1944 a Inglaterra desenvolveu e registrou uma série de patentes sobre este processo e em 1956 a antiga União Soviética também registrou seu desenvolvimento. A partir daí, outros países desenvolvidos industrialmente estudaram e aprimoraram o processo de soldagem por atrito, a fim de ampliar e melhorar sua aplicação.

A soldagem por atrito oferece a possibilidade da soldagem de materiais dissimilares, com pontos de fusão diferentes, pois a soldagem não resulta de fusão e sim de caldeamento. No caso de materiais com baixo coeficiente de atrito, a soldagem fica difícil e no caso de ferros fundidos existe ainda um agravante, a grafita, que tem ação lubrificante. Isso também ocorre com os aços ao sulfeto de manganês, que apresentam uma fase distinta e quebradiça na estrutura.

## SOLDAGEM POR ULTRA-SOM (USW)

### Características do Processo

A soldagem por ultra-som tem como objetivo unir peças por meio de vibrações mecânicas na faixa ultra-sônica, associadas a aplicação de pressão. Este tipo de soldagem serve tanto para soldar metais quanto termoplásticos, além de materiais não ferrosos, vidro ou mesmo cerâmica; a diferença entre a soldagem de metais e a de termoplásticos é que no caso dos metais, a soldagem acontece no estado sólido, sem fusão do material de base, enquanto que o caso dos termoplásticos, existe a fusão dos materiais. A soldagem por ultra-som produz uma solda limpa, de alta qualidade, não requer material de adição e tem um consumo baixo de energia.

## SOLDAGEM POR EXPLOSÃO (EXW)

### Características do Processo

A soldagem por explosão é um processo de soldagem no estado sólido a partir da deformação plástica superficial de metais, motivada pela colisão de uma peça lançada em alta velocidade contra outra, por detonação calculada de um explosivo. Esta colisão é muito violenta e libera um jato metálico formado a partir do impacto pontual entre as partes que serão soldadas. O jato retira a película superficial do metal, fazendo uma espécie de decapagem que libera as superfícies de óxidos e impurezas. Neste instante, as superfícies novas são fortemente comprimidas umas contra a outra, pela ação do explosivo.

## BRASAGEM

## (IRB / TB / FB / IB / RB / DB)

### Características do Processo

A brasagem é um processo de soldagem originado da solda forte. Solda forte, também conhecida por “Brazing” é a soldagem em que o metal de adição apresenta temperatura acima de 450°C, mais inferior a temperatura de fusão do metal de base. A solda forte da origem a brasagem e a soldabrasagem ou solda brasada. Existe outro método de soldagem, conhecido como solda branda ou fraca, em que o metal de adição tem o ponto de fusão abaixo de 450°C.

Segundo definições da AWS – Associação Americana de Soldagem, a abrasagem reúne um grupo de processos de união que liga metais pelo aquecimento adequado e pelo uso de metal de adição com temperatura de fusão mais baixa do que a temperatura “solidus” do metal de base; o metal de adição preenche a junta por capilaridade. Neste tipo de união, o metal de base nunca se funde e é este fato que diferencia a brasagem de outros processos de soldagem por fusão.

A capilaridade ou ação capilar é a capacidade que um metal em estado líquido apresenta de preencher espaços existentes entre os grãos das peças a soldar. No processo de brasagem não é necessário trabalhar o perfil das peças, pois estas não se fundem. O que vai unir as peças é o metal de adição, este sim, fundido, que penetra pelos espaços existentes entre elas.

A brasagem de qualidade vale-se da propriedade de molhagem do metal de adição sobre o material a ser brasado. A molhagem é a ação de espalhar o metal líquido sobre a superfície sólida. Para que ocorra a molhagem entre uma superfície sólida e um líquido, é importante que exista alguma afinidade entre os dois materiais e que as faces a serem unidas estejam perfeitamente limpas de graxa e óxidos. A limpeza pode ser feita por decapagem química ou mecânica.