

Processo de Soldagem por Arco Submerso

Prof. Luiz Gimenes Jr.
Engº José Pinto Ramalho

INTRODUÇÃO

O processo de soldagem por arco submerso é um processo no qual o calor para a soldagem é fornecido por um (ou alguns) arco (s) desenvolvido (s) entre um (s) eletrodo(s) de arame sólido ou tubular e a peça obra. Como já está explícito no nome, o arco ficará protegido por uma camada de fluxo granular fundido que o protegerá, assim como o metal fundido e a poça de fusão, da contaminação atmosférica.

Como o arco elétrico fica completamente coberto pelo fluxo, este não é visível, e a solda se desenvolve sem faíscas, luminosidades ou respingos, que caracterizam os demais processos de soldagem em que o arco é aberto.

O fluxo, na forma granular, para além das funções de proteção e limpeza do arco e metal depositado, funciona como um isolante térmico, garantindo uma excelente concentração de calor que irá caracterizar a alta penetração que pode ser obtida com o processo.

PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO PROCESSO

Em soldagem por arco submerso, a corrente elétrica flui através do arco e da poça de fusão, que consiste em metal de solda e fluxo fundidos. O fluxo fundido é, normalmente, condutivo (embora no estado sólido, a frio não o seja). Em adição a sua função protetora, a cobertura de fluxo pode fornecer elementos desoxidantes, e em solda de aços-liga, pode conter elementos de adição que modificariam a composição química do metal depositado.

Durante a soldagem, o calor produzido pelo arco elétrico funde uma parte do fluxo, o material de adição (arame) e o metal de base, formando a poça de fusão.

A zona de soldagem fica sempre protegida pelo fluxo escorificante, parte fundido e uma cobertura de fluxo não fundido. O eletrodo permanece a uma pequena distância acima da poça de fusão e o arco elétrico se desenvolve nesta posição. Com o deslocamento do eletrodo ao longo da junta, o fluxo fundido sobrenada e se separa do metal de solda líquido, na forma de escória. O metal de solda que tem ponto de fusão mais elevado do que a escória, se solidifica enquanto a escória permanece fundida por mais algum tempo. A escória também protege o metal de solda recém-solidificado, pois este é ainda, devido a sua alta temperatura, muito reativo com o Nitrogênio e o Oxigênio da atmosfera tendo a facilidade de formar óxidos e nitretos que alterariam as propriedades das juntas soldadas.

Com o resfriamento posterior, remove-se o fluxo não fundido (que pode ser reaproveitado) através de aspiração mecânica ou métodos manuais, e a escória, relativamente espessa de aspecto vítreo e compacto e que em geral se destaca com facilidade.

O fluxo é distribuído por gravidade. Fica separado do arco elétrico, ligeiramente a frente deste ou concentricamente ao eletrodo. Esta independência do par fluxo-eletrodo é outra característica do processo que o difere dos processos eletrodo revestido, MIG-MAG e arame tubular. No arco submerso, esta separação permitirá que se utilize diferentes composições fluxo-aramé, podendo com isto selecionar combinações que atendam especificamente um dado tipo de junta em especial.

O esquema básico do funcionamento do processo pode ser visto na Figura - Componentes essenciais de um equipamento de arco submerso.

O processo pode ser semi-automático com a pistola sendo manipulada pelo operador. Esta porém não é a maneira que o processo oferece a maior produtividade. Esta é conseguida com o cabeçote de soldagem sendo arrastado por um dispositivo de modo a automatizar o processo.

Outra característica do processo de soldagem por arco submerso está em seu rendimento pois, praticamente, pode-se dizer que não há perdas de material por projeções (respingos). Possibilita também o uso de elevadas correntes de soldagem (até 4000 A) o que, aliado as altas densidades de corrente (60 a 100 A/mm²), oferecerá ao processo alta taxa de deposição, muitas vezes não encontradas em outros processos de soldagem. Estas características tornam o processo de soldagem por arco submerso um processo econômico e rápido em soldagem de produção. Em média, gasta-se com este processo cerca de 1/3 do tempo necessário para fazer o mesmo trabalho com eletrodos revestidos.

As soldas realizadas apresentam boa tenacidade e boa resistência ao impacto, além de excelente uniformidade e acabamento dos cordões de solda. Através de um perfeito ajustamento de fluxo, arame e parâmetros de soldagem, consegue-se propriedades mecânicas iguais ou melhores que o metal de base.

A maior limitação deste processo de soldagem é o fato que não permite a soldagem em posições que não sejam a plana ou horizontal. Ainda assim, a soldagem na posição horizontal só é possível com a utilização de retentores de fluxo de soldagem. Na soldagem circunferencial pode-se recorrer a sustentadores de fluxo como o que é apresentado na Figura - Exemplo de recurso para sustentação de fluxo.

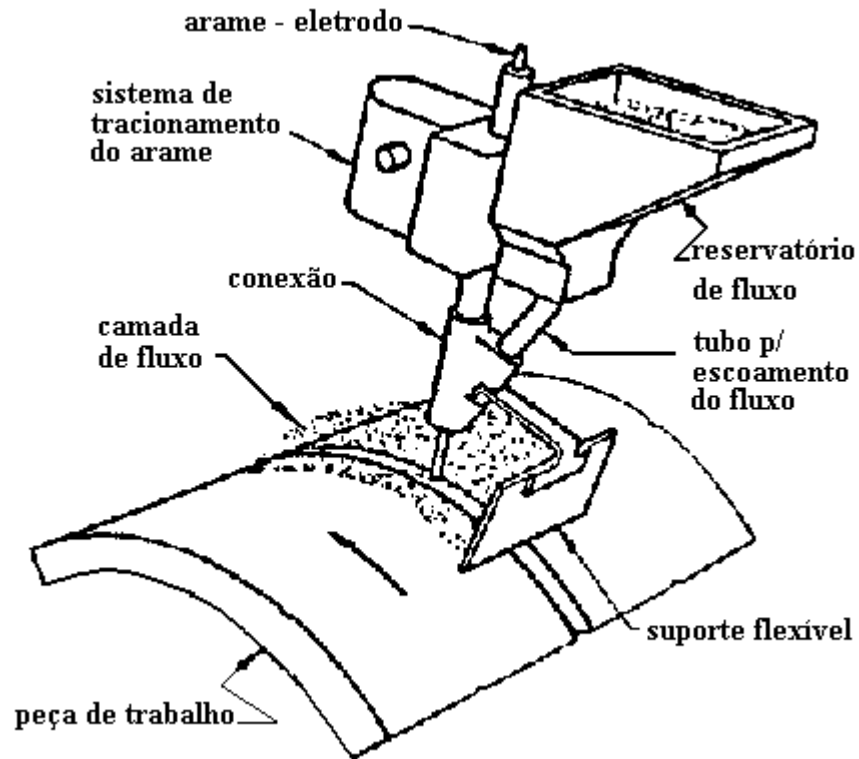


Figura1 - Exemplo de recurso para sustentação de fluxo

EQUIPAMENTOS

O equipamento básico para soldagem a arco submerso consiste de uma fonte de energia, uma tocha de soldagem, um alimentador de arame, um sistema de controle, um dispositivo para alimentação do fluxo, um par de cabos elétricos e uma garra para fixação do cabo a peça. Estes equipamentos podem ser vistos na figura 3 e são descritos em seguida:

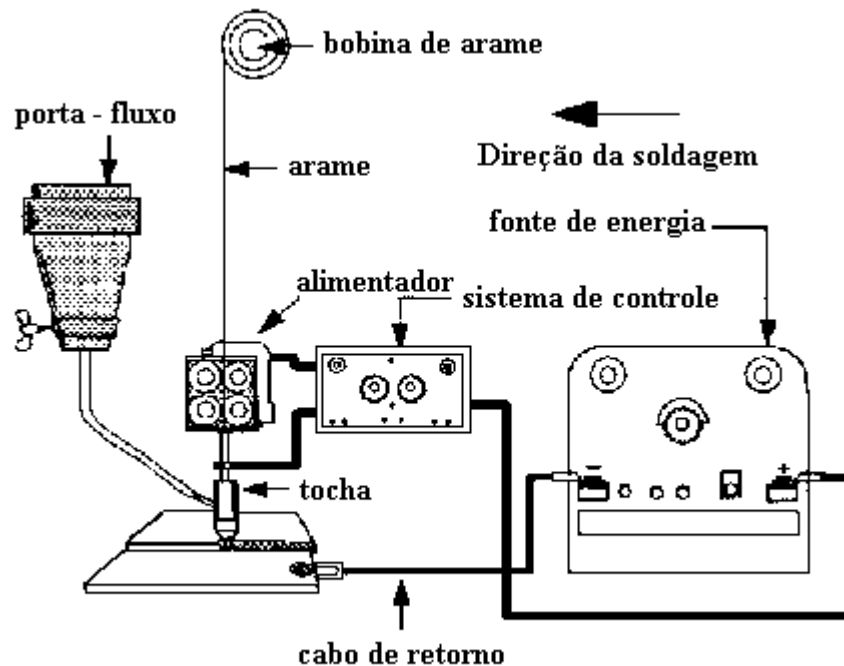


Figura 2 - Equipamento para soldagem a arco submerso

FONTES DE ENERGIA

Para a soldagem ao arco submerso, as fontes de energia podem ser de corrente contínua ou alternada, corrente ou tensão constante. Elas devem permitir trabalhos em altas amperagens com 100% de ciclo de trabalho. As faixas mais usuais de trabalho estão entre 400 e 1500 A, embora possa-se excepcionalmente trabalhar com correntes muito baixas (150 A) ou muito altas (4000 A).

As diferenças entre os tipos de corrente fornecidas pelas fontes refletem em diferenças nos cordões de solda que são apresentadas à seguir:

CA - Corrente Alternada

- permite melhor controle da forma do cordão, profundidade de penetração e velocidade de soldagem. Esta forma da corrente é também a que possibilita a melhor abertura de arco.

CC+ - Corrente Contínua Eletrodo Positivo

- Permite melhor penetração e controle do cordão

CC- - Corrente Contínua Eletrodo Negativo

- É a forma que apresenta a maior taxa de deposição. Conseqüentemente, apresentará menor penetração do que as duas outras formas anteriormente citadas. É a forma ideal para revestimentos e soldagem de chapas finas.

TOCHA DE SOLDAGEM

A tocha de soldagem consiste do bico de contato (de cobre e ligas) deslizante, um sistema para fixação do cabo de saída da fonte, e um suporte isolante. Os bicos de contato devem ser adequados para cada diâmetro de arame que se irá utilizar.

Deve-se sempre verificar a limpeza e o estado de conservação da tocha, principalmente em seu interior. Apesar de raro, podem acontecer esporádicos respingos que danificarão o bico de contato. Esta peça é responsável pela energização do arame, e se este contato não for bem feito poderá comprometer a qualidade do cordão de solda que está sendo executado.

ALIMENTADOR DE ARAME

O conjunto alimentador de arame consiste de um suporte para a bobina de arame que é utilizada para soldagem, um motor de corrente contínua com controlador de velocidade e um conjunto de roletes que servem para fazer a alimentação e auxiliar o endireitamento do arame.

Este conjunto é de vital importância para a qualidade da soldagem pois, como o mecanismo de deslocamento da tocha é completamente independente deste, uma falha na alimentação seria impossível de ser detectada durante a soldagem pois o movimento da tocha prosseguiria e o arco encoberto impossibilitaria a visualização do defeito.

A falha mais comum que pode vir a ocorrer com o alimentador, é o atrito na roldana onde a bobina de arame apoia-se, e com isto a velocidade de alimentação será inferior a desejada

ALIMENTADOR E RECUPERADOR DE FLUXO

Estes conjuntos não tem nenhuma relação, e alguns equipamentos não apresentam o sistema de recuperação, que deve ser feito em separado.

O alimentador de fluxo é composto por um recipiente porta fluxo, mangueiras condutoras e um bocal de saída. Este bocal pode ser concêntrico com a tocha de soldagem ou estar colocado ligeiramente à frente desta.

Os sistemas para recuperação do fluxo são dispositivos que aspiram o fluxo fundido durante a operação de soldagem e devolvem ao porta fluxo ou a um recipiente de armazenamento. É recomendado que o reaproveitamento não seja feito diretamente, e sim após limpeza (peneira) para separar alguma impureza que eventualmente tenha sido aspirada junto. É possível também que estes dispositivos apresentem sistemas de aquecimento que servirão para manter o fluxo numa temperatura adequada, evitando assim problemas de umidade no fluxo.

SISTEMA DE CONTROLE

O sistema de controle permite o ajuste dos diversos parâmetros de soldagem, como por exemplo: velocidade de alimentação do arame, velocidade de deslocamento da tocha (ou da peça, conforme o caso), corrente e tensão de soldagem, etc. Estes vários controles podem estar em um único painel, ou espalhados pelos diversos elementos do sistema de soldagem.

É a parte que consideramos o "coração" do equipamento de soldagem. Deve ser sempre manipulado com cuidado, especialmente, quando transportado, devido ao grande número de componentes eletro-eletrônicos que se encontram em seu interior.

CABOS ELÉTRICOS

O processo necessita de cabos elétricos flexíveis. Os cabos transportam a corrente elétrica da fonte de energia ao porta-eletrodo (cabo de soldagem), e da peça de trabalho para a fonte de energia (cabo de retorno) para possibilitar a soldagem.

Os cabos podem ser de Cobre ou de Alumínio, devem apresentar grande flexibilidade de modo a facilitar o trabalho em locais de difícil acesso. É necessário que os cabos sejam cobertos por uma camada de material isolante, que deve resistir entre outras coisas à abrasão, sujeira e um ligeiro aquecimento que será normal devido a resistência à passagem da corrente elétrica.

Os diâmetros dos cabos dependem basicamente dos seguintes aspectos:

- Corrente de soldagem,
- Ciclo de trabalho do equipamento,
- Comprimento total dos cabos do circuito.

CABEÇOTE DE SOLDAGEM

O cabeçote para soldagem mecanizada geralmente consiste em uma "tartaruga", ou seja, um carro que suporta a tocha e é acionado por um motor de corrente contínua, que permite a variação da velocidade. Este carro, normalmente, se desloca por um trilho colocado sobre a peça ou um suporte no qual são montados o alimentador de arame, o alimentador de fluxo e a tocha de soldagem.

Em alguns casos, o cabeçote pode ficar parado enquanto a peça é movimentada por posicionadores ou viradores, como por exemplo na soldagem de tubos.

CONSUMÍVEIS

Consumíveis para a soldagem a arco submerso, descontados os bocais e bicos de contato, cujo consumo é pequeno, resumem-se unicamente aos fluxos e ao arame-eletrodo.

FLUXOS

Os fluxos tem várias funções na soldagem a arco submerso. Entre elas se destacam: estabilizar o arco, fornecer elementos de liga para o metal de solda, proteger o arco e o metal aquecido da contaminação da atmosfera, minimizar impurezas no metal de solda e formar escória com determinadas propriedades físicas e químicas que podem influenciar o aspecto e o formato do cordão de solda, sua destacabilidade, e a ocorrência de defeitos.

Os fluxos são compostos por uma mistura de óxidos e outros minerais, podendo ainda conter ferroligas. Quanto às suas características químicas, podem ser classificados como ácidos, neutros ou básicos. Esta classificação se baseia na quantidade relativa de óxidos básicos e óxidos ácidos que o fluxo contém. De um modo geral, os fluxos de maior basicidade tendem a reduzir os teores de Oxigênio, Enxofre, e Fósforo no metal depositado, melhorando assim as propriedades mecânicas, em especial a resistência à fratura frágil.

Em relação a capacidade de alterar a composição química do metal de solda, os fluxos podem ser classificados como ativos ou neutros. Os ativos são os que podem transferir quantidades significativas de um ou mais elementos de liga para a poça de fusão, tendo uma participação efetiva na composição do metal depositado. Assim, este tipo de fluxo permite depositar aços ligados utilizando-se de eletrodos de aço ao Carbono. No caso de se utilizar esta técnica deve-se controlar minuciosamente os parâmetros de soldagem pois variações nos parâmetros, principalmente na tensão, podem alterar substancialmente a composição química do material depositado. No caso de se utilizar fluxos neutros este problema é extremamente minimizado.

De acordo com o processo de fabricação os fluxos podem ser divididos em: aglomerados, fundidos e misturados.

Fluxos aglomerados

São constituídos de compostos minerais finamente moídos como óxidos de Manganês, Silício, Alumínio, Zircônio ou Cálcio e desoxidantes como Ferro-Silício, Ferro-Manganês ou ligas similares. A estes ingredientes é adicionado um agente aglomerante, normalmente silicato de Sódio ou Potássio. O produto agregado é granular e é finamente sinterizado em temperatura da ordem de 600 a 900°C.

Fluxos fundidos

São constituídos dos mesmos compostos minerais citados anteriormente. Estes ingredientes são então fundidos em forno para formar um "vidro metálico". Após o resfriamento, o vidro é então reduzido a partículas granulares, cujas dimensões são as requeridas para assegurar características apropriadas para a soldagem.

Fluxos misturados

Como o próprio nome indica, trata-se de uma mistura mecânica de dois ou mais tipos de fluxos, em proporções selecionadas de forma a se obter a propriedade definida. A grande desvantagem deste tipo de fluxo é a não garantia de uma perfeita uniformidade e a possibilidade de segregação de componentes, quer na embalagem, quer na manipulação.

Os fluxos para soldagem a arco submerso são disponíveis em uma variedade de tamanhos.

A escolha da partícula do fluxo para uma particular aplicação de soldagem, depende da corrente a ser usada, do tipo de fluxo a ser utilizado, da velocidade de soldagem e do tipo de solda que será realizada.

Os fluxos de menores dimensões são desejáveis para as mais altas correntes de soldagem porque eles propiciam superfícies de solda mais largas e planas. Para superfícies pouco limpas, como por exemplo contaminadas por óleos, graxas ou ferrugem. As maiores dimensões devem ser preferidas porque são mais permeáveis e liberam mais facilmente os gases provenientes da poça de fusão durante a operação de soldagem.

O tamanho da partícula do fluxo afeta o nível de corrente que pode ser usada. Em geral, uma corrente mais alta pode ser empregada com um fluxo fino porque obtém-se um arco mais estável e soldas mais uniformes e saudáveis. Correntes muito altas para um determinado tamanho de partícula podem causar instabilidade de arco.

ARAMES-ELETRODOS

Os eletrodos são normalmente arames sólidos, fornecidos na forma de carretéis ou bobinas, com diferentes tamanhos, que variam conforme o tipo e quantidade de soldas a realizar.

Os arames são produzidos por trefilação, e normalmente apresentam um revestimento especial de cobre, semelhante ao utilizado nos arames para o processo de soldagem MIG-MAG, que terá a função de protegê-lo contra a oxidação.

Em alguns casos pode-se ter aplicações onde os arames são fornecidos em formatos diferentes do usual. Entre estas formas as mais conhecidas são: a forma de fitas e os arames tubulares.

ESPECIFICAÇÕES AWS PARA CONSUMÍVEIS P/ ARCO SUBMERSO

A AWS (American Welding Society - o equivalente a nossa ABS - Associação Brasileira de Soldagem) possui duas especificações relacionadas diretamente com consumíveis para soldagem para o processo arco submerso:

A 5.17-80 - que trata de arames de aço doce e fluxos para soldagem a arco submerso.

A 5.23-80 - que especifica eletrodos de aço de baixa liga e fluxos para soldagem a arco submerso.

Em ambas as especificações, a designação de um fluxo é sempre feita em combinação com um dado eletrodo. Assim, um mesmo fluxo (F) pode ser designado como F6A2-EXXX ou F7A4-EXXX, de acordo com o eletrodo (E) utilizado.

Os arames são especificados com base em sua composição química, sendo divididos em três grupos: Baixo (L), médio (M) e alto (H) teor de Manganês. Dentro de cada grupo, os arames podem ter diferentes teores de Carbono, e teor de Silício baixo ou alto (K). De uma forma geral, os arames com maiores teores de Carbono, Manganês e Silício favorecem a deposição de cordões com maior resistência e dureza. O Silício aumenta a fluidez da poça de fusão, melhorando o formato dos cordões depositados com elevadas velocidades de soldagem.

Embora o sistema de classificação de consumíveis para arco submerso da especificação AWS A 5.23 seja similar ao AWS A 5.17, ele apresenta maior grau de complexidade, envolvendo maiores valores de resistência mecânica (até 825-965 Mpa) para o metal depositado, alongamentos variados, requisitos de impacto a temperaturas mais baixas e separação em grupos segundo a composição química.

As propriedades reais de um metal depositado por uma dada combinação eletrodo-fluxo dependem do procedimento de soldagem específico utilizado em uma determinada aplicação. Por outro lado, existe um número relativamente alto de consumíveis produzidos pelos fabricantes, muitos deles desenvolvidos para situações especiais, que não foram enquadrados nas especificações usuais.

Assim, a seleção final de uma combinação eletrodo-fluxo é geralmente feita com base na soldagem de corpos de prova de qualificação, segundo a norma aplicada para o caso, e na avaliação ou medida das propriedades de interesse desta solda.

CONSERVAÇÃO DOS CONSUMÍVEIS

Os arames devem ser protegidos com uma fina camada de cobre, para aumentar sua resistência a oxidação. O principal cuidado deverá mesmo ser a conservação dos fluxos.

Os fluxos, por serem materiais que absorvem umidade com certa facilidade, devem sempre ser armazenados em condições especiais, com temperatura e umidade relativa do ar controlada.

As condições ideais de armazenamento (temperatura e umidade relativa do ar) devem ser informadas pelo fabricante.

VARIÁVEIS

As variáveis existente no processo arco submerso podem ser divididas em tres grupos:

Variáveis pré-determinadas

- Tipo e espessura do metal de base e propriedades requeridas para o metal de solda.

Estas variáveis são determinadas na fase de projeto, e normalmente não podem ser alteradas posteriormente.

- Tipo do equipamento, projeto da junta, posicionamento peça-eletrodo.

Estas variáveis são decididas na fase inicial da produção e, em alguns casos, são determinadas em função da disponibilidade de equipamentos.

Variáveis primárias

Corrente, tensão, velocidade de soldagem, polaridade, combinação eletrodo-fluxo, diâmetro do arame, e extensão livre do eletrodo, distribuição do fluxo e profundidade.

CORRENTE DE SOLDAGEM

A corrente atua diretamente na taxa de fusão do eletrodo, na profundidade de penetração e na quantidade do metal de base fundido (diluição).

Se a corrente é muito alta para uma dada velocidade de soldagem, o excesso de penetração tende a furar (vazar) o metal de base. Altas correntes produzem um reforço de solda excessivo, cujas tensões de contração induzem a maiores distorções.

É importante que a corrente escolhida esteja dentro das faixas recomendadas para o diâmetro do eletrodo que será utilizado. A tabela Diâmetro do eletrodo x corrente apresenta valores que servem de referência para a soldagem de aço com baixo teor de Carbono.

Tabela - Diâmetro do eletrodo x corrente

Diâmetro do arame		Faixa de corrente
pol.	mm	A
5/64	2.0	200 - 600
3/32	2.4	230 - 700
1/8	3.2	300 - 900
5/32	4.0	420 - 1000
3/16	4.8	480 - 1100
7/32	5.6	600 - 1200
¼	6.4	700 - 1600
5/16	8.0	1000 - 2500
3/8	9.5	1500 - 4000

Correntes muito elevadas conduzem a um cordão muito alto e estreito com possibilidade de mordeduras. Correntes muito baixas, por outro lado, produzem pouca penetração, risco de falta de fusão e arco instável.

TENSÃO NO ARCO (VOLTAGEM)

A tensão influencia o formato da secção transversal do cordão e sua aparência externa. Mantendo-se os demais parâmetros constantes, pode-se verificar visualmente o efeito da variação da tensão no cordão de solda. A figura Efeito da Tensão nas características do cordão de solda exemplifica isto.

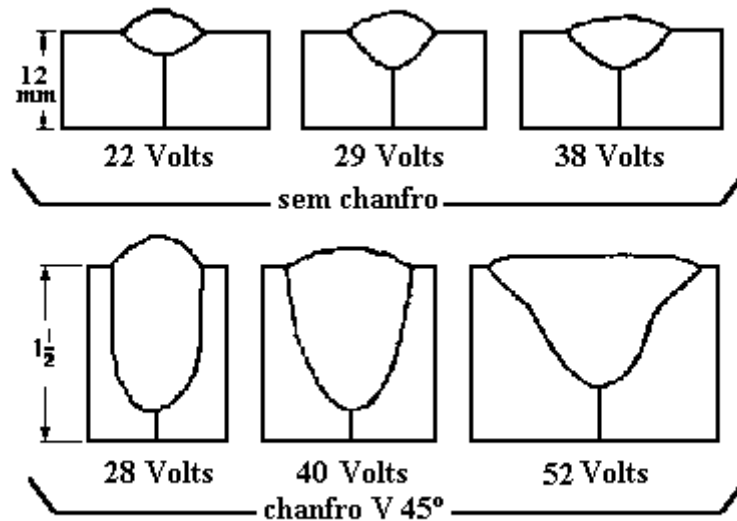


Figura 3 - Efeito da Tensão nas características do cordão de solda

Um aumento na tensão resultará em um cordão mais largo, mais baixo e maior consumo de fluxo. Além disso, pode também aumentar o teor de elementos de liga provenientes dos fluxos. Isto pode ser utilizado como vantagem para elevar o teor de liga do depósito quando se utilizam fluxos ligados ou especialmente para revestimentos resistentes à abrasão. Por outro lado, esta prática pode diminuir a ductilidade do material e aumentar a sensibilidade à trincas, principalmente nos casos de solda multipasse.

Um aumento excessivo na voltagem produzirá um cordão em forma de chapéu, que é susceptível a trincamento. Além disso, pode também causar dificuldade na remoção da escória, aumentar a susceptibilidade a trincas e aumentar descontroladamente o teor de liga do metal depositado.



Figura 4 - Cordão em forma de chapéu devido ao excesso de Tensão

É importante observar que este mesmo formato do cordão apresentados nesta figura Cordão em forma de chapéu devido ao excesso de Tensão, pode ter outra causa como por exemplo a baixa velocidade de soldagem.

Na figura Efeito da alta Tensão em soldas de filetes, é apresentado o efeito das altíssimas voltagens na soldagem de filetes.

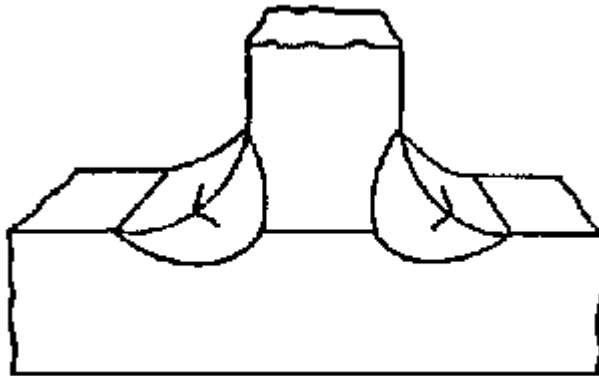


Figura 5 - Efeito da alta Tensão em soldas de filetes

Quando a tensão está em valor menor do que o recomendado, pode ser útil para se obter penetração em chanfros profundos e para resistir melhor ao sopro magnético. Porém, os cordões produzidos serão estreitos e altos, e a remoção de escória será ligeiramente mais difícil do que o normal.

VELOCIDADE DE SOLDAGEM

A velocidade de soldagem controla principalmente o tamanho do cordão e a penetração. Já que a amperagem está relacionada com a velocidade de soldagem, duas considerações devem ser feitas:

Em soldas de único passe, temos de ajustar a velocidade e a corrente para se conseguir a penetração adequada sem que ocorra o transpasse da junta ("vazamento").

Velocidades de soldagem excessivamente altas aumentam a tendência a mordeduras, porosidades, trincas e cordões com formato não uniforme. Velocidade de soldagem excessivamente baixas produzirão cordões sujeitos a trincas e poças de fusão excessivamente largas, resultando num cordão áspero e com possíveis inclusões de escória.

DIÂMETRO DO ELETRODO

De uma forma geral, mantendo-se todos os outros parâmetros constantes, uma diminuição no diâmetro do eletrodo acarretará uma maior penetração, cordões mais altos e estreitos e uma maior taxa de deposição.

Para um valor de corrente igual, a mudança para um diâmetro de arame maior permite uma melhor ligação de juntas mal ajustadas.

Eletrodos mais finos possibilitam melhor abertura e reignição do arco, principalmente quando se trabalha em corrente alternada.

EXTENSÃO DO ELETRODO

Quanto maior a extensão livre de eletrodo, maior será a taxa de fusão e conseqüentemente a taxa de deposição. No desenvolvimento de um procedimento de soldagem, a prática recomenda um valor básico de 8 vezes o diâmetro do eletrodo. A partir daí, modifica-se este comprimento de forma a se otimizar os resultados.

O aumento da extensão do eletrodo adiciona, efetivamente, um elemento de resistência ao circuito elétrico de soldagem e provoca naturalmente, uma queda de tensão, acarretando uma mudança na forma do cordão (diminui a penetração e largura e aumenta a convexidade). Assim, um aumento na extensão livre de arame deverá ser acompanhado de um re-ajuste na tensão de forma a se manter o cordão sem indesejáveis modificações.

A taxa de deposição pode ser aumentada na faixa de 25% com aumentos da extensão livre de arame, mantendo-se a mesma corrente de trabalho. Entretanto a mudança para uma grande extensão tem um efeito aproximadamente similar ao da mudança de CC+ para CC- . O aumento na taxa de deposição é acompanhado por uma diminuição na penetração. Deve-se então observar, cuidadosamente, em função de cada tipo de obra, o efeito que será mais benéfico ou econômico.

A prática sugere as extensões máximas para eletrodos de aço ao Carbono, como recomendado na tabela Extensão de eletrodos recomendadas.

Tabela - Extensão de eletrodos recomendadas

<i>Diâmetro do eletrodo</i>	<i>Extensão</i>
2.0 , 2.4 e 3.2 mm	75 mm (3")
4.0 , 4.8 e 5.6 mm	125 mm (5")

LARGURA E ALTURA DA CAMADA DE FLUXO

Se a camada de fluxo for muito alta, o arco fica muito confinado e os gases tem dificuldade de sair. O aspecto superficial do cordão é irregular. Por outro lado, se a camada for muito rasa, o arco não ficará completamente submerso no fluxo, podendo vir a causar centelhamentos e respingos.

A aparência do cordão também ficará comprometida, assim como a integridade do interior da solda, uma vez que poderá ocorrer a contaminação pelo ar atmosférico.

EFEITO DA POLARIDADE

O eletrodo em polaridade reversa (CC+) produz uma melhor penetração e um cordão mais perfeito, enquanto que quando conectado na polaridade direta (CC-), proporcionará uma maior taxa de deposição com diminuição da penetração.

Assim, o eletrodo positivo é normalmente o mais utilizado, sendo que o eletrodo negativo terá sua aplicação em revestimentos ou aços de baixa soldabilidade onde é desejável reduzir a diluição.

TÉCNICAS

O conhecimento das variáveis é de grande importância; principalmente as variáveis primárias, que servem para a obtenção de um procedimento de soldagem adequado em termos de qualidade e produtividade.

O projeto da junta depende: da espessura e tipo do metal de base, tipos de junta e códigos que estão sendo utilizados. Juntas de topo, em chapas de até 8 mm de espessura, podem ser soldadas sem chanfro e sem abertura de raiz. Com aberturas da ordem de 10% da espessura podem ser soldadas juntas de até 15 mm. Nestes casos deve-se usar cobre-junta. Além de permitir maior penetração, a abertura entre as peças afeta também o perfil do cordão, e em particular a altura do reforço.

A soldagem de peças mais espessas pode exigir tanto a soldagem com mais de um passe quanto a abertura de chanfros, para garantir a penetração total. Finalmente, a soldagem mecanizada exige, em geral, melhor preparação das juntas, já que irregularidades na preparação poderiam levar a soldas não uniformes.

Para execução de soldas com o processo arco submerso com equipamento mecanizado, é apresentado, a seguir a lista de operações necessárias:

- Preparação da junta: usinagem, posicionamento das partes, colocação do cobre junta e das placas de abertura e extinção do arco, limpeza, fixação das partes, etc.
- Alinhamento da direção de deslocamento do equipamento com a direção da junta.
- Posicionamento do cabeçote no local de início da operação.
- Abertura do arco. A forma como o arco é aberto é importante para se evitar sobrecarga na fonte, no caso de equipamentos com fontes do tipo tensão constante, ou o agarramento do eletrodo na poça de fusão. A abertura do arco pode ser facilitada pela colocação de uma pequena quantidade de lã de aço ("Bom Bril") entre o eletrodo e a peça. O corte do eletrodo numa forma pontiaguda também pode ser utilizado para este mesmo fim. Alguns equipamentos podem vir dotados de sistemas especiais para a abertura do arco.
- Supervisão da operação, incluindo a verificação e eventual correção dos parâmetros de soldagem e alinhamento do cabeçote e controle da velocidade de soldagem.
- Extinção do arco no final da junta.
- Por último e muito importante: limpeza da camada de escória e, se for o caso, preparação para a deposição dos passes seguintes

O processo arco submerso pode ter a adição de mais de um arame-eletrodo, Costuma-se chamar de arame quente quando este está energizado por uma ou mais fontes de energia, ou frio , que consiste na adição simples do arame na poça de fusão.

O processo de soldagem a arco submerso admite diversas variações, que tem por objetivo aumentar a produtividade e facilitar certas operações específicas. Algumas destas variações são apresentadas à seguir.

TWIN ARC

Neste caso trabalha-se com dois ou mais eletrodos, utilizando-se uma ou mais fontes de energia, soldando simultaneamente. Este processo fornece menor penetração, baixa diluição e alta taxa de deposição, sendo utilizado, normalmente para execução de revestimentos e soldagem de chanfros largos com mata-junta.

ARCO TWIN

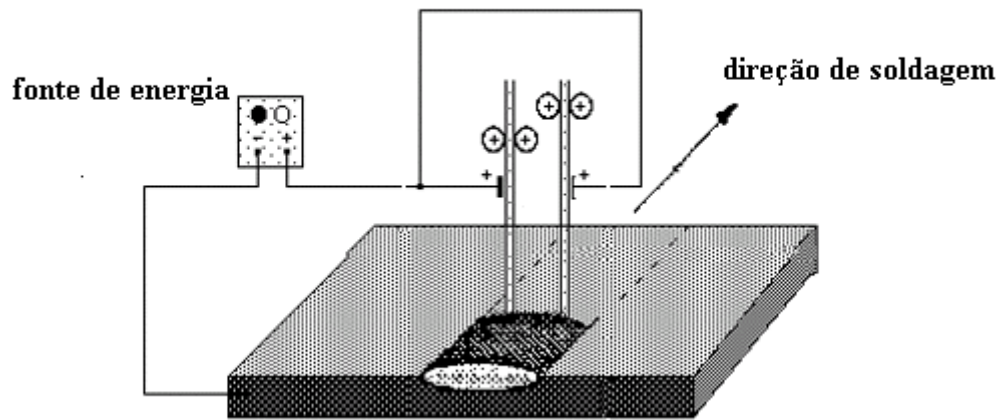


Figura 6 - Configuração "TWIN" ideal para revestimentos

TANDEM ARC

Com esta configuração temos dois ou três eletrodos soldando em linha e simultaneamente. Cada um pode ter sua fonte de energia e controles em separado. devido a problemas de efeitos de campos magnéticos, os eletrodos que são "rebocados" possuem fontes de corrente alternada. É muito comum que o eletrodo "guia" seja CC+ para garantir melhor penetração, e os demais eletrodos de CA para garantir o enchimento e melhor acabamento do cordão. (figura 9)

ARCO TANDEM

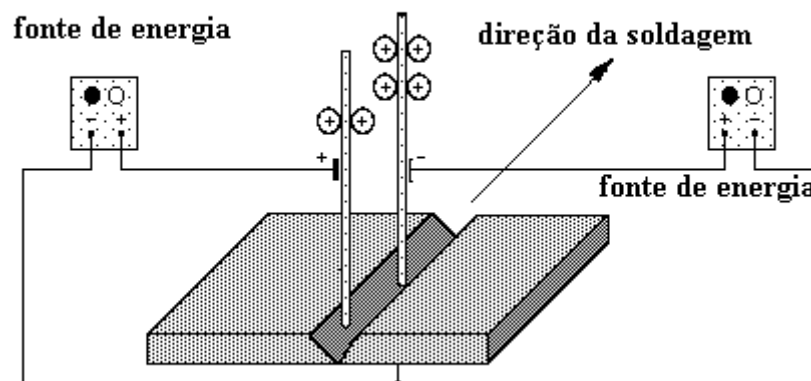


Figura 7 - Configuração "TANDEM" ideal para maior deposição

Aqui o arame é substituído por uma fita metálica. Normalmente a espessura desta fita é da ordem de 0,5 mm e com largura de 30 a 120 mm.

Para trabalhar com esta configuração, são necessárias apenas algumas alterações no equipamento de arco submerso normal.

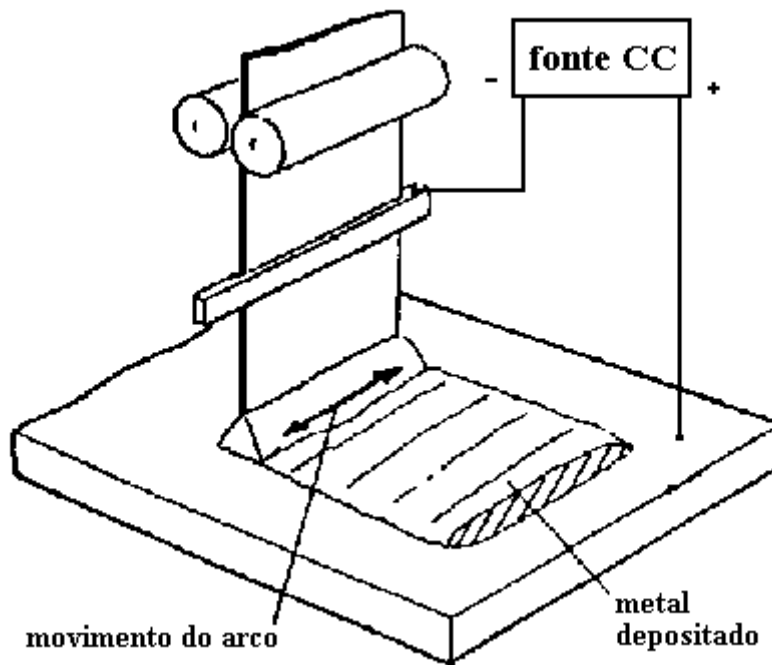


Figura 8- Técnica de revestimento por fita

Nesta forma a diluição é muito baixa e os cordões tem aproximadamente a largura da fita, o que faz com que o processo seja um dos melhores para revestimentos de grandes áreas.

ARCO SUBMERSO COM ADIÇÃO DE PÓ METÁLICO

Nesta técnica deposita-se antes do fluxo uma camada de pó metálico (o mais usual é se utilizar pó de ferro), que terá como função aumentar a taxa de deposição.

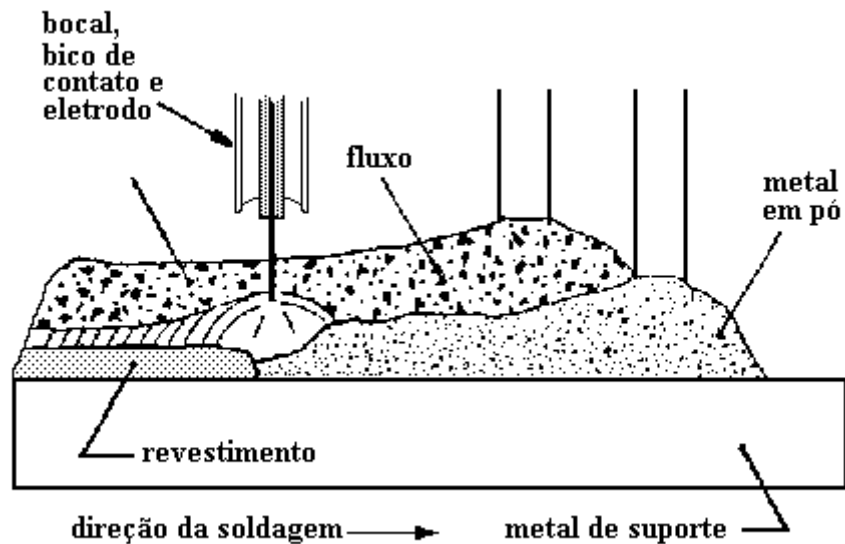


Figura 9 - Soldagem com a adição de pó metálico

O princípio de funcionamento é semelhante ao utilizado no processo de soldagem com eletrodos revestidos, com adição de pó de ferro no revestimento, ou seja, o arco elétrico fundirá o arame, o metal base e o pó formando uma junta única.

CARACTERÍSTICAS

Como em qualquer outro tipo de trabalho, o objetivo sempre é a máxima qualidade. Porém, algumas vezes certos incidentes podem "desviar a rota" do trabalho correto. À seguir são apresentados os principais defeitos de soldagem com o processo arco submerso.

Durante a soldagem a arco submerso pode ocorrer a formação de trincas de solidificação devido a diluições elevadas e/ou poças de fusão muito grandes, que são comuns neste processo. Estas discontinuidades são mais comuns na soldagem de aços com teores de Carbono e Enxofre mais elevados e quando a secção transversal de zona fundida apresenta um formato desfavorável, como por exemplo, alta razão penetração/largura.

POROSIDADE

Causas predominantes

- altura do depósito de fluxo insuficiente
- excesso de Enxofre ou sulfetos no metal de base
- fluxo úmido

Soluções práticas

- corrigir alimentação do fluxo
- trocar o metal base / passar para fluxo ativo
- Fazer a correta ressecagem e manutenção do fluxo (na ausência de procedimento específico da empresa, utilizar 250 a 300°C / 2 hs).

TRINCAS

Causas predominantes

- solda côncava
- composição do metal base
- largura do cordão
- alta diluição
- fluxo úmido
- excesso de Enxofre ou Fósforo no metal base

Soluções práticas

- corrigir os parâmetros de soldagem
- trocar o metal base / usar arame apropriado
- corrigir a voltagem
- corrigir a amperagem
- ressecar fluxo
- utilizar arames com alto teor de Manganês

MORDEDURAS

Causas predominantes

- parâmetros elétricos inadequados
- ângulo do arame incorreto

Soluções práticas

- buscar os parâmetros de soldagem adequados
- corrigir a posição do bocal

INCLUSÕES DE ESCÓRIA

Causas predominantes

- baixa corrente
- posição do arame
- falta de limpeza após cada passe

Soluções práticas

- alterar o valor da corrente para um maior
- corrigir a posição do bocal
- fazer após cada passe a limpeza com "picão" e escova ou martelete

VAZAMENTO DE METAL LÍQUIDO

Causas predominantes

- corrente excessiva
- ângulo de chanfro muito aberto
- dimensões de nariz insuficientes
- espaçamento excessivo
- falta de cobre-junta

Soluções práticas

- utilizar valor adequado de corrente
- executar o chanfro (ou montagem do) com valores adequados
- ídem acima
- ídem acima
- utilizar cobre junta ou soldar sobre uma base com grande massa

PENETRAÇÃO INADEQUADA

Causas predominantes

- corrente inadequada
- tensão inadequada
- espaçamento incorreto

Soluções práticas

- aumentar corrente (p/ aumentar penetração)
- diminuir corrente (p/ diminuir penetração)
- aumentar tensão (p/ aumentar penetração)
- diminuir tensão (p/ diminuir penetração)
- ângulo de chanfro muito aberto

REFORÇO DE SOLDA ESTREITO

Causas predominantes

- largura do depósito de fluxo insuficiente
- tensão insuficiente

Soluções práticas

- utilizar um bocal adequado para a saída do fluxo
- aumentar o valor da tensão

REFORÇO DE SOLDA COM SOBREPOSIÇÃO

Causas predominantes

- corrente muito elevada
- velocidade de soldagem muito baixa
- tensão insuficiente

Soluções práticas

- diminuir o valor da intensidade da corrente
- utilizar uma velocidade de soldagem um pouco maior
- aumentar o valor da tensão

REFORÇO DE SOLDA IRREGULAR

Causas predominantes

- altura do depósito de fluxo muito grande

Soluções práticas

- diminuir a altura do depósito de fluxo

REFORÇO DE SOLDA INSUFICIENTE

Causas predominantes

- intensidade de corrente insuficiente
- tensão insuficiente
- velocidade de soldagem muito elevada
- peça-obra não nivelada

Soluções práticas

- aumentar o valor da tensão ou intensidade da corrente
- reduzir a velocidade de soldagem
- nivelar a peça a ser soldada

BIBLIOGRAFIA

MARQUES, P. V. Tecnologia da Soldagem
Universidade Federal de Minas Gerais - 1ª edição - 1991

IBQN Soldagem I - Processos de soldagem
apostila do curso de formação de supervisores técnicos independentes
abril 1987

QUITES, A - Tecnologia da soldagem a arco voltagem

FATEC Processos Usuais de soldagem II - Teoria e Prática
Apostila do curso superior de tecnologia de soldagem

AWS Welding Handbook eight edition - volume 2 -Welding process

PENCHE, C. Soldeo por arco submergido com arcos múltiplos
Sesiones Hispano-Portuguesas de Soldadura Madrid - 1979

SENAI Manual de soldagem ao arco elétrico - SENAI- SP - 1976

LINCOLN, ELETRIC Co. The Procedure Handbook of arc welding 20 edição 1970.