Jurandir Primo

Tecnologia de Soldagem & Inspeção
AWS D1.1

Jurandir Primo
Copyright @ 2019
1ª edição – janeiro de 2020

Capa: Jurandir Primo – Sorocaba/SP

Primotech - Engineering Manuals

Primo, Jurandir

Soldagem – Caldeiraria – Equipamentos

Índice para pesquisas: Tecnologia de Soldagem, Sistemas e Processos Industriais

ISBN:

Livro no sistema de auto-publicação cuja edição, revisão, diagramação e capa foram selecionadas pelo próprio autor, para diminuir custos e facilitar a todos os interessados em engenharia e tecnologia.

O autor permite que todas as partes do livro possam ser copiadas ou reproduzidas para fundamentos educacionais, instrutivos e treinamento técnico.

Para adquirir esta ou outras publicações do autor, enviar solicitação para:

primotechcourses@hotmail.com

Conteúdo

I. INTRODUÇAO

II. PROCESSOS DE SOLDAGEM

III. PRINCIPAIS TIPOS DE JUNTAS

IV. TIPOS DE JUNTAS E PREPARAÇÃO PARA SOLDA

V. STANDARDS PARA POSIÇOES DE SOLDAGEM

VI. SIMBOLOGIA DE SOLDAGEM

VII. SOLDAGEM DE AÇOS INOXIDÁVEIS

VIII. SOLDAGEM DE AÇOS DE BAIXA LIGA

IX. SOLDAGEM DE TRILHOS, FUNDIDOS E FORJADOS

X. PROCEDIMENTOS DE INSPEÇÃO DE SOLDAGEM

XI. CLASSIFICAÇÃO BÁSICA DE ELETRODOS

XII. PROCEDIMENTOS DE SOLDAGEM:

XIII. TESTES HIDROSTÁTICOS E PNEUMÁTICOS

XIV. CERTIFICAÇÃO PARA INSPETORES DE SOLDA

XV. REFERENCIAS

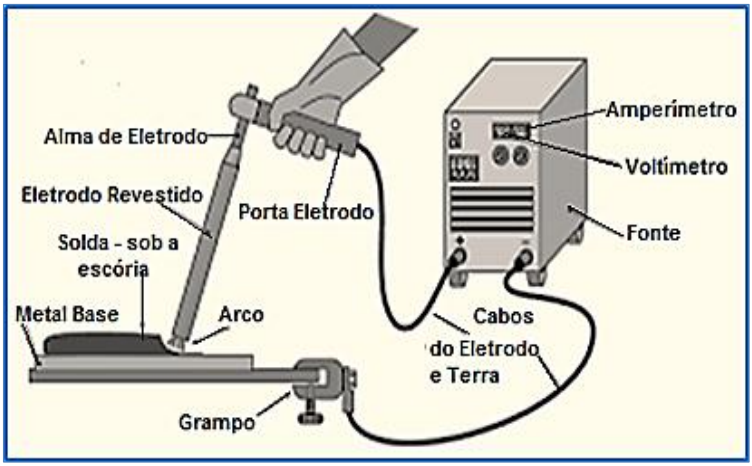
I. INTRODUÇÃO: Este manual é muito prático, para estudantes, soldadores, técnicos, inspetores de soldagem e engenheiros da maneira que qualquer um pode pesquisar algum assunto em tempo hábil para realizar um trabalho sem desperdiçar muito seu precioso tempo. Abrangemos aqui, apenas os principais processos de soldagem de fabricação, materiais e procedimentos de inspeção de acordo com o AWS D1.1 e o ASME IX, utilizados para projetos de construção, como: SMAW (Shielded Metal Arc), GMAW (Gas Metal Arc), GTAW (Gas Tungsten Arc), FCAW (Flux-Cored Arc), SAW (Submerged Arc), CAW (Carbon Arc), PAW (Plasma Arc Welding) e EGW (Electrogas Welding). Metalurgia aqui está limitada na seleção de processos de soldagem, materiais e procedimentos de inspeção para as aplicações de construção comuns. Para facilitar, descrevemos aqui, os procedimentos de soldagem mais comumente utilizados, conforme AWS D1.1.

II. PROCESSOS DE SOLDAGEM:

Os principais processos de soldagem a arco utilizados na fabricação de aço carbono, aço inoxidável e aço ligado são:

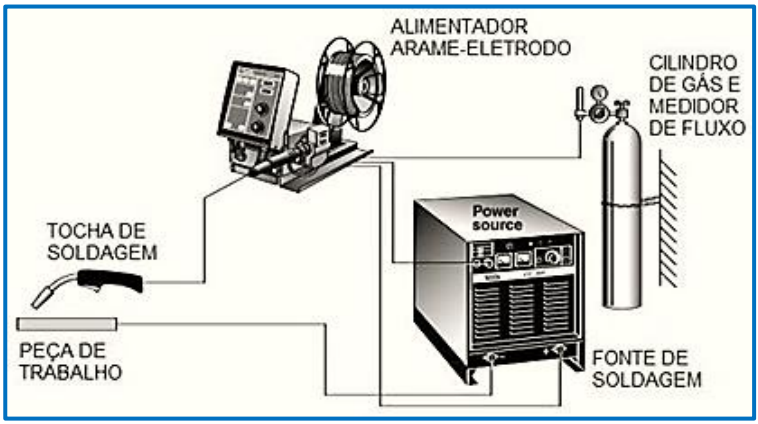
SMAW (Shielded Metal Arc Welding): Soldagem a Arco Elétrico com Eletrodo Revestido;
GMAW (Gas Metal Arc Welding): Soldagem a Arco Elétrico e Gas ou soldagem MIG/MAG, com arame sólido ou tubular.
GTAW (Gas Tungsten Arc Welding): Soldagem a Arco Elétrico e Gas com Eletrodo de Tungstênio ou soldagem TIG (Tungsten Inert Gas) - Eletrodo de Tungstênio a Gas Inerte.
FCAW (Flux-cored Arc Welding): Soldagem a Arco Elétrico com Fluxo. Há dois tipos FCAW-S e FCAW-G.
SAW (Submerged Arc Welding): Soldagem a Arco Elétrico Submerso, sob uma camada de fluxo em pó.
CAW (Carbon Arc Welding): Soldagem a Arco Elétrico de Carbono, solda entre a peça e um eletrodo de carbono não consumível.
PAW (Plasma Arc Welding): Soldagem a Arco Elétrico de Plasma (super alta temperatura), mas semelhante ao GTAW (TIG).
EGW (Electrogas Welding): Soldagem a Eletrogás. Solda vertical em uma só passagem, com as peças colocadas borda a borda.
ESW (Electroslag Welding): Soldagem a Escória Elétrica. Solda entre um eletrodo consumível e uma escória que cobre a superfície da solda.

SMAW - Soldagem a Arco Elétrico com Eletrodo Revestido: Também conhecido como MMA (Manual Metal Arc) ou solda com eletrodo, é um processo manual de soldagem que usa um eletrodo consumível revestido com um fluxo. A soldagem por eletrodo revestido pode empregar tanto correntes alternadas (CA) como contínuas (CC). A seleção da fonte de energia deve levar em conta a espessura do metal de base e os eletrodos que serão utilizados. Assim serão selecionados transformadores (CA), retificadores (CC), geradores (CC) ou inversores (CC) de acordo com a solda a ser realizada. À medida que a solda vai sendo colocada, o revestimento do eletrodo se desintegra, emitindo vapores que servem como gás de proteção e fornecendo uma camada de escória, que protegem a área de solda da contaminação atmosférica. Esse tipo de soldagem envolve uma fonte de corrente constante, um eletrodo revestido, porta eletrodo, garra negativa, cabos de solda, peça a ser soldada e os EPIs. Os eletrodos variam quanto aos seus revestimentos e podem ser celulósicos, rutílicos, básicos ou de altíssimo rendimento. As principais funções do revestimento são isolar a alma de aço do eletrodo, proteger o metal de solda do oxigênio e do nitrogênio do ar, que poder trazer defeitos na solda final, estabilizar e direcionar corretamente o arco elétrico e adicionar elementos de liga (como cromo, níquel, molibdênio e vanádio) ao metal de solda. A principal aplicação da Soldagem a Arco Elétrico com Eletrodo Revestido é soldar chapas de espessuras médias ou grossas e perfis estruturais.

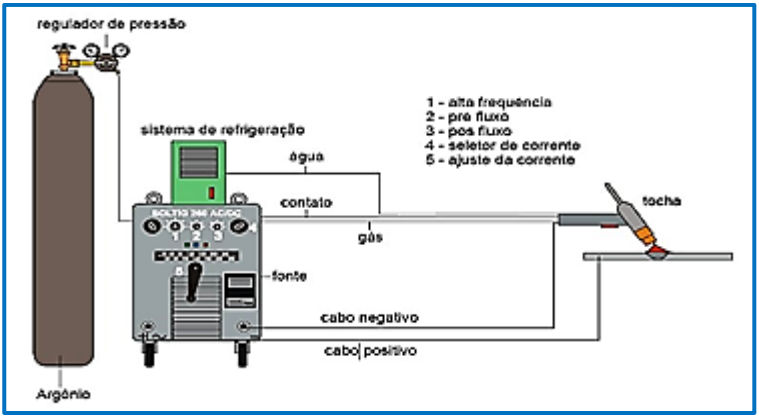


GMAW - Soldagem ao Arco Elétrico com Proteção Gasosa: Às vezes referido como MIG (**Metal Inert Gas**) ou MAG (**Metal Active Gas**), é um processo de soldagem a arco elétrico semiautomático ou automático no qual um eletrodo de fio consumível (polaridade +), direcionado a uma peça metálica (polaridade -), sob uma atmosfera de proteção gasosa, é alimentado através de carretel de soldagem. Uma fonte de alimentação de corrente direta ou de corrente alternada é usada. Existem quatro métodos primários de transferência de metal em GMAW, chamados Globular, Short-Circuiting, Spray e Pulsed-Spray, que tem propriedades distintas. Quando o arame consumível entra em contato com o metal de base, há o fechamento do circuito e a circulação de corrente elétrica entre o polo positivo e o negativo, os metais são aquecidos até a temperatura de fusão e o resultado é a chamada "*poça de fusão*" que efetua a coalescência dos metais. O processo de soldagem GMAW opera em D.C. (corrente direta) geralmente com o eletrodo de fio positivo. Isso é conhecido como "*polaridade reversa*". A "*polaridade reta*" raramente é usada devido à má transferência do metal derretido do eletrodo para a peça de trabalho. Correntes de soldagem de 50 A (amperes) até mais de 600 A são comumente usadas em tensões de soldagem entre 15V a 32V. Um arco estável é obtido usando energia de potencial constante (tensão) e uma velocidade constante de alimentação do fio.

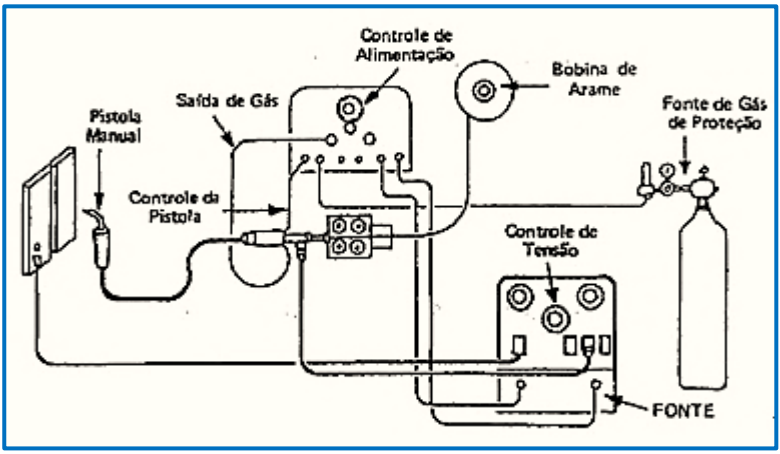
Esse processo ficou mais conhecido como MIG/MAG, ou seja, MIG (Metal Inert Gas), quando o gás de proteção utilizado para proteção da poça de fusão é inerte, ou MAG (Metal Active Gas), quando o gás de proteção da poça de fusão é ativo. Os gases de proteção podem ser neutros como o Argônio e o Hélio, ou moleculares como o CO_2, mas qualquer que seja usado tem como função primordial, a proteção da poça de fusão, expulsando os gases atmosféricos da região da solda, principalmente Oxigênio, Nitrogênio e Hidrogênio, que são prejudiciais à soldagem e causar defeitos na solda final. GMAW é usado extensivamente pela indústria de chapas finas metálicas e, por extensão, a indústria automobilística, que também usa frequentemente a Soldagem a Arco por Pontos, substituindo a antiga Soldagem de Resistência por Pontos. GMAW também é popular na soldagem automatizada, na qual os robôs manuseiam as peças de trabalho e a tocha de soldagem para acelerar o processo de fabricação.



GTAW - Soldagem a Arco Elétrico e Gas: Também conhecido como TIG (Tungsten Inert Gas) é um processo de soldagem a arco elétrico que usa um eletrodo de tungstênio não consumível. O eletrodo de tungstênio e a área de solda são protegidos da contaminação atmosférica por um gás inerte, normalmente argônio. Normalmente um metal de enchimento é usado, embora algumas soldas conhecidas como soldas autógenas, não o exijam. É usado com uma fonte de alimentação de soldagem de corrente constante, através de uma coluna de gás conhecido como plasma, ou seja, um gás que teve os seus elétrons desenvolvidos devido a um grande aumento em sua energia. A MIG pode soldar metais espessos mais rapidamente que uma solda TIG, mas esta, pode ser uma boa opção para chapas finas e aço inoxidável.



FCAW - Soldagem a Arco Elétrico com Arames Tubulares: Semelhante ao GMAW, é um processo de soldagem a arco elétrico semiautomático ou automático que requer um eletrodo sólido ou tubular contínuo (flux-cored). O fio oco é usado com um fluxo para gerar a proteção necessária contra a atmosfera externa de oxigênio e nitrogênio que prejudicam a qualidade da solda. A área de solda e do arco elétrico são protegidos da contaminação atmosférica por estarem submersas em uma manta de fluxo granular fusível composto por cal, sílica, óxido de manganês, flúor de cálcio e outros compostos. Existem dois tipos de eletrodos de arame flux-cored: auto-blindados e protegidos a gás. Como o nome indica, o arame auto-blindado não requer gás, mas o tipo de arame protegido a gás, requer um gás de proteção externo. Os eletrodos de arame com fluxo protegidos a gás funcionam bem quando soldam metais mais grossos e para soldar aplicações fora de posição. A remoção da escória é fácil com este tipo de fio.



Existem dois tipos de processos: O FCAW-S (eletrodo com núcleo de fluxo auto-protegido) e o FCAW-G (eletrodo com núcleo de fluxo protegido a gás). O FCAW-S, que usa arames com núcleo de **fluxo auto-protegidos**, são comumente chamados de fios Innershield®, frequentemente descritos como "*um eletrodo que fica de dentro para fora*". Assim como os eletrodos revestidos, dependem apenas do sistema de escória e dos gases produzidos por reações químicas no arco para proteger o metal fundido da atmosfera externa. O FCAW-G, que usa ara-

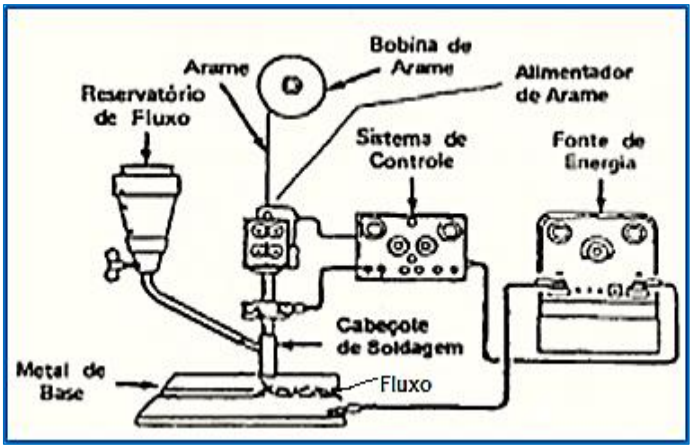
mes com núcleo de fluxo com **proteção a gás**, são chamados de fios Outershield® ou UltraCore® e usam um **gás de proteção** para blindar o arco da atmosfera externa. Os dois tipos mais comuns de **gás de proteção** usados são 100% de dióxido de carbono (CO2) ou uma mistura de 75 a 85% de argônio (Ar) + CO2 (sendo 75% Ar / 25% CO2 o mais popular). Assim como FCAW-G, os ingredientes do FCAW-S também produzem uma escória, que adicionam os elementos de liga desejados ao metal de solda.

Nota: A maior diferença entre FCAW e GMAW é que no FCAW o arame flux-cored tipo G ou S produz uma escória para proteger a solda. GMAW usa arame sólido, sem gas de proteção, mas não é recomendado em locais de muito vento. FCAW não pode ser usado em chapas finas. Como o processo MIG é alimentado por rolo de arame de 15 quilos, a capacidade produtiva se torna maior que FCAW. O processo TIG, é feito com varetas de 1 metro. O processo SMAW, utiliza eletrodos revestidos, cujo comprimento médio é de 350 milímetros.

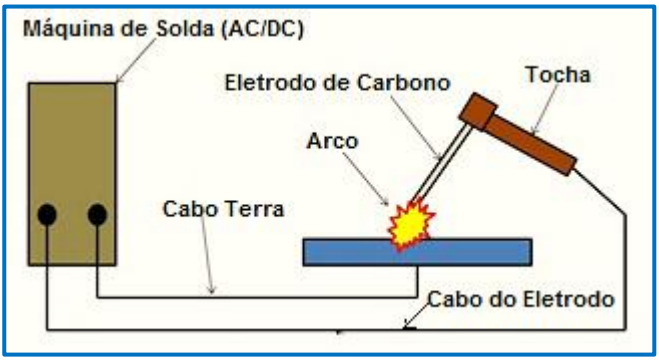
SAW - Soldagem a Arco Elétrico Submerso: O processo consiste em criar uma junta soldada entre componentes de aço usando um arco elétrico submerso sob uma camada de fluxo em pó, comumente usado em indústrias onde chapas de aço espessas estão envolvidas ou onde soldas longas em vigas e perfis estruturais são necessárias. A soldagem SAW é também geralmente usada como a soldagem principal na fabricação de tubos. Nesse processo, durante a soldagem, o arco elétrico fica submerso sob um tipo escolhido de fluxo, que começa a se depositar na junta a ser soldada. A parte superior do fluxo, que é visível, que permanece granular (inalterada) retorna para o silo de fluxo que fica no alto, para ser reutilizada. O fluxo derretido torna-se escória, e deve ser removido após a soldagem. O fluxo pode consistir de fluoretos de cálcio e óxidos de cálcio, magnésio, silício, alumínio e manganês e elementos de liga, que podem ser adicionados conforme requisitos.

Fluxo com partículas finas é recomenda para materiais espessos e fluxo com partículas grossas são recomendados para soldar materiais de menor espessura. O eletrodo é continuamente alimentado sobre a peça a ser soldada a uma velocidade predeterminada. Em conjuntos de soldagem semi-automáticos, a cabeça de soldagem é movida manualmente longo da peça. Na soldagem automática, uma unidade separada

move a cabeça de soldagem sobre a peça. Os eletrodos podem ser de alto carbono, liga especial, aço inoxidável, cobre e níquel. Os eletrodos são geralmente revestidos de cobre para evitar oxidação e aumentar a condutividade elétrica, comumente disponíveis em comprimentos retos e bobinas. Os diâmetros podem ser de 1,6, 2,0, 2,4, 3, 4,0, 4,8 e 6,4 mm. As correntes para soldar com eletrodos de diâmetro de 1,6, 3,2 e 6,4 mm são 150-350, 250-800 e 650-1350 Amps, respectivamente.



CAW - Soldagem a Arco Elétrico de Carbono: É um processo que produz a coalescência de metais aquecendo-os com um arco entre um eletrodo de carbono não consumível (grafite) e a peça de trabalho. Foi um dos primeiros processos de soldagem a arco elétrico já desenvolvido, mas atualmente é muito pouco usado, tendo sido substituído pelo Twin Carbon Arc Welding (Soldagem a Arco de Carbono Duplo) e outras variações. O eletrodo de soldagem a arco de carbono é usado para produzir um arco elétrico entre um eletrodo e os materiais que estão sendo soldados. Este arco produz temperaturas extremas acima de 3.000°C. A esta temperatura, os metais separados formam uma ligação e ficam soldados. Ao contrário do CAW, a Soldagem a Arco de Carbono Duplo (TCAW) o arco é mantido entre dois eletrodos de carbono em um suporte especial. Os dois eletrodos se tocam momentaneamente, depois se separam e, um arco é estabelecido. Após o arco ficar estabelecido, a soldagem pode ser realizada da mesma forma que no processo de soldagem TIG.



PAW - Soldagem a Arco Elétrico de Plasma: É um processo de soldagem de arco semelhante ao Gas Tungsten Arc Welding (GTAW ou TIG), também usa um eletrodo de tungstênio não consumível e um arco constrito através de um bocal de cobre de furo fino. A chama do arco do gas plasma é forçada através desse bocal de cobre que regula o arco, e o gas plasma sai do orifício em extremas altas velocidades (aproximando-se da velocidade do som) e a uma temperatura que se aproxima de 20.000°C. A soldagem a arco de plasma é muito mais avançada em relação ao processo GTAW. A principal diferença é que no PAW, ao posicionar o eletrodo dentro do corpo da tocha, o arco de plasma pode ser separado do envelope de gás de proteção.

