

Consumíveis de Solda: Processo TIG

Daniel Santos^a, Luis Mion^b, Luiz Borges^c, Abel José Vilseke^d.

^a (Centro Universitário Opet – 80320-030 – Cidade: Curitiba – Estado: Paraná – País: Brasil), Av Getúlio Vargas, 902 – daniel-dred@hotmail.com.

^b (Centro Universitário Opet – 80320-030 – Cidade: Curitiba – Estado: Paraná – País: Brasil), Av Getúlio Vargas, 902 – luis.mion@hotmail.com.

^c (Centro Universitário Opet – 80320-030 – Cidade: Curitiba – Estado: Paraná – País: Brasil), Av Getúlio Vargas, 902 – luizhenrique12635@hotmail.com.

^d (Centro Universitário Opet – 80320-030 – Cidade: Curitiba – Estado: Paraná – País: Brasil), Av Getúlio Vargas, 902 – vilseke.aj@hotmail.com

Resumo

Este artigo é uma revisão da literatura que trata sobre o processo TIG e seus consumíveis, o processo foi introduzido na década de 30 na indústria aeronáutica direcionado a área militar para soldagem do alumínio e suas ligas. O processo produz uma solda limpa e de alta qualidade, como não é gerada escória, a chance de inclusão dela no metal de solda é eliminada e a solda não necessita de limpeza final. A respeito dos consumíveis, são todos os materiais empregados na deposição ou proteção da solda, são os eletrodos revestidos, varetas, arames sólidos e tubulares, fluxos, gases e anéis consumíveis. O principal consumível neste processo é o gás de proteção, é utilizado duas classes de gases: inerte (não é reativo em circunstâncias normais, ou seja, não participa da reação e não provoca o deslocamento do equilíbrio) e o reativo (a reatividade está relacionada com a avaliação que fazemos sobre a ocorrência ou não de uma reação entre substâncias é uma propriedade periódica não avaliada para os gases nobres). As varetas são materiais de adição cuja função principal é unir peças metálicas mantendo as mesmas características do metal de base, no Brasil a normatização é baseada na AWS (American Welding Society). Ela procura abranger a maioria dos consumíveis de soldagem, incluindo metais de adição e recentemente elaborada uma especificação própria para os gases de proteção.

Palavras chave: Soldagem, solda TIG, consumíveis de solda

Welding Supplies: TIG Process

Abstract

This article is a review of the literature on the TIG theme and its consumables, the process was introduced in the 1930s in the aeronautics industry aimed at the military area for welding aluminum and its alloys. The process produces a clean, high quality weld, as no slag is generated, the chance of it being included in the weld metal is eliminated and the weld does not require final cleaning. As far as consumables are concerned, all the materials used in the deposition or protection of the weld are coated electrodes, rods, solid and tubular wires, fluxes, gases and consumable rings. The main consumable in this process is the protection gas, two classes of gases are used:

inert (it is not reactive under normal circumstances, ie does not participate in the reaction and does not cause the displacement of the equilibrium) and the reactive (reactivity is related with the assessment we make of whether or not a reaction between substances is a periodic property not evaluated for noble gases). The rods are addition materials whose main function is to join metallic parts keeping the same characteristics of the base metal, in Brazil the standardization is based on AWS (American Welding Society). It seeks to cover most welding consumables, including addition metals and recently developed a specification for protective gases.

Key-words: Welding, TIG welding, welding consumables

1. INTRODUÇÃO

A soldagem é um dos processos de fabricação mais conhecidos no meio industrial, isso se deve ao fato de ter seu aspecto inconfundível: a alta emissão de luz e calor. O objetivo deste artigo é explicar detalhadamente o processo de soldagem TIG, bem como suas vantagens e limitações, além de exemplificar os materiais necessários para realizar tal atividade. O processo de soldagem tem como princípio a união localizada de materiais, similares ou não, de forma permanente. Existem duas categorias de processos de soldagem. A primeira utiliza-se de calor, aquecimento e fusão parcial das partes a serem soldadas, e é denominada processo de soldagem por fusão. A segunda se foca na deformação localizada das partes a serem unidas, com o auxílio de aquecimento dessas até uma temperatura inferior à temperatura de fusão, conhecida como processo de soldagem por pressão. Neste artigo vamos tratar de um tipo de soldagem que utiliza o arco elétrico para a fusão do material a ser soldado.

2. PROCESSO TIG

No processo TIG (Tungsten Inert Gas) ou GTAW (Gas-Shielded Tungsten Arc Welding) um arco elétrico é formado entre um eletrodo de tungstênio não consumível e a peça de trabalho, a proteção para poça de fusão é fornecida por um gás ou uma mistura de gases inertes. Produz soldas de ótima aparência, exigindo pouca ou nenhuma limpeza após a operação. A capacidade de controlar a quantidade de calor a peça define este processo como ideal para soldagem de peças pequenas e de alta precisão e controle (AWS, 1991).

O processo TIG é uma variante do processo convencional que não necessita de equipamento especial. Sua principal característica é uma cobertura de fluxo que é aplicada na superfície a ser trabalhada. Enquanto o fluxo é vaporizado pela ação do arco, os ingredientes ativos são transferidos para zona do plasma. Assim é necessário pouco fluxo para afetar o arco (TIW,1995). O processo foi introduzido na década de 30 na indústria aeronáutica direcionada para a área militar para soldagem do alumínio e suas ligas. O eletrodo, o arco e a área em volta da poça de fusão da solda são protegidos por uma atmosfera protetora de gás inerte. Se um metal de enchimento é necessário, ele é adicionado no limite da poça de fusão. A soldagem TIG produz uma

solda limpa e de alta qualidade. Como não é gerada escória, a chance de inclusão dela no metal de solda é eliminada, e a solda não necessita de limpeza final.

Soldagem TIG pode ser usada para quase todos os metais e o processo pode ser manual ou automático. A soldagem TIG é largamente utilizada para solda com alumínio e com ligas de aço inoxidável onde a integridade da solda é de extrema importância. É também utilizada para juntas de alta qualidade em indústrias nucleares, químicas, aeronáuticas e de alimentos.

O processo conhecido como A-TIG (“Active Flux TIG Welding”) utiliza uma fina camada de fluxo na superfície do metal a ser soldado, os equipamentos e os consumíveis são os mesmos da soldagem TIG convencional. O calor do arco funde e vaporiza uma camada de fluxo que gera mudanças na poça de fusão e no arco elétrico proporcionando um aumento na velocidade de soldagem e penetração. As composições complexas e fluxos simples têm sido indicadas como capazes de criar cordões de soldas profundos.

A soldagem com fluxo ativo, indica que a camada apresente uma espessura uniforme para garantir a igualdade dos resultados e uma boa aderência ao material de base para resistir a força do arco no momento da soldagem (Marya, 2002).

A desvantagem nessa técnica está na propensão à formação de escória na superfície, podendo acarretar uma significativa queda no seu acabamento superficial. Para a soldagem em vários passes, a escória formada deve ser retirada para evitar a ocorrência de inclusões em passes futuros. Não podemos desconsiderar a possibilidade de contaminação em função das interações entre fluxo e o metal fundido (Paskell et al., 1997 e Modenesi et al., 2000). Na figura a seguir descreve-se em detalhes a poça de fusão e componentes.

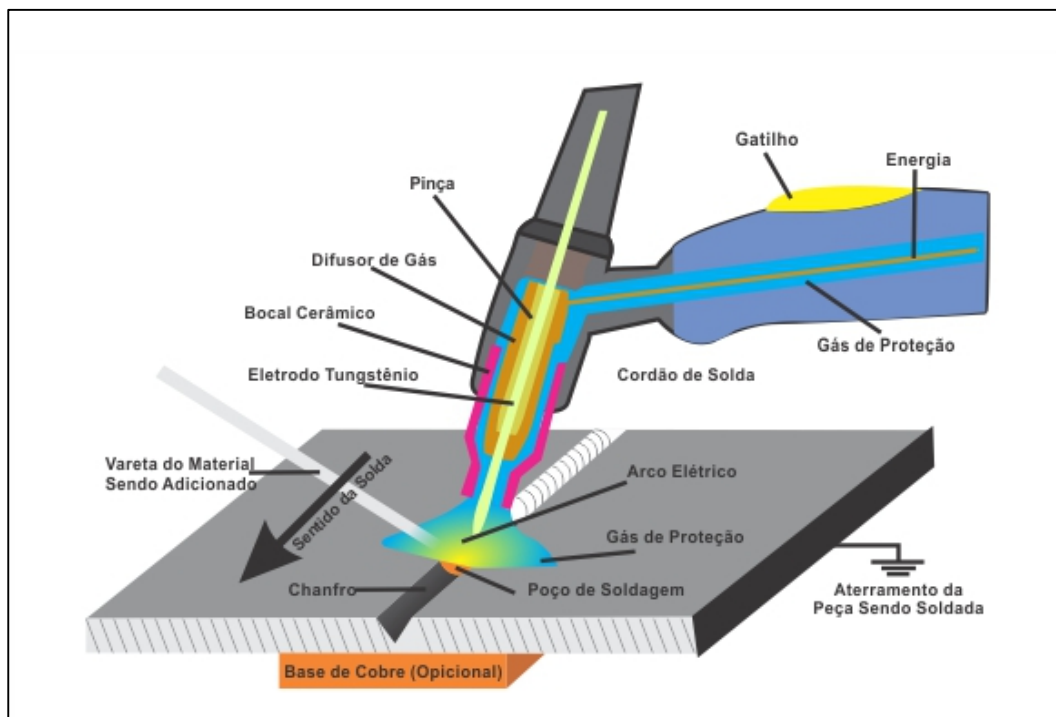


Figura 1 – Detalhes da poça de fusão.
Fonte: DBC Oxigênio (2014).

2.1 Vantagens

- Ótimo controle da poça de fusão;
- Excelente acabamento;
- Boa qualidade das propriedades mecânicas;
- Não apresenta escória, respingos ou fumos de soldagem;
- Possibilidade de soldagem de chapas muito finas;
- Soldagem de inúmeras ligas (aço, níquel, inoxidáveis, titânio e até mesmo ouro);
- Processo que viabiliza a estanqueidade;
- Determinados procedimentos não necessitam de material de adição.

2.2 Desvantagens

- Baixas taxas de deposição;
- Necessidade de maior experiência do soldador;
- Dificuldade de manter proteção adequada em áreas com vento;
- Tolerância a contaminantes reduzida.
- Custo dos equipamentos mais alto e produtividade menor.

3. CONSUMÍVEIS NO PROCESSO DE SOLDAGEM TIG

A definição de consumíveis pela Terminologia de Soldagem é todos os materiais empregados na deposição ou proteção da solda. São os eletrodos revestidos, varetas, arames sólidos e tubulares, fluxos, gases e anéis consumíveis.

Para seleção dos consumíveis, deve-se ter o conhecimento do processo de soldagem que será utilizado, cada processo define os consumíveis que serão empregados. Os principais fatores que devem ser analisados são:

- Metal base;
- Geometria da junta;
- Espessura da peça;
- Posição de soldagem;
- Fonte de energia;
- A produtividade;
- A habilidade do soldador.

3.1 Gases

Um dos aspectos para se saber acerca do processo de solda TIG é quais os tipos de materiais que são soldáveis por esse processo. É definido que a maioria dos metais podem ser soldados pelo processo de solda TIG, porém, para obtenção de um bom resultado é necessário conhecer o material e o tipo de gás de proteção eficaz para cada um deles. Neste processo de soldagem é utilizado duas classes de gases: "Inertes" e "Reativos", normalmente em misturas cuidadosamente estabelecidas para fornecer um ganho significativo ao processo de soldagem, variando para cada tipo de material.

3.1.1. Gases Inertes

A. Argônio

Peso Atômico = 40 (Monoatômico Pesado);
Alto poder ionizante (Melhora a abertura de arco);
Obtido pela liquefação do ar e purificado a 99,99%;
Ar + O₂ (1 a 5%) = Melhora a estabilidade do arco;
Ar + CO₂ (8 A 25%) = Melhora a estabilidade do arco.

Gás comumente utilizado para o processo de soldagem TIG aos materiais base, o argônio é quimicamente inerte, é adequado para a soldagem de metais reativos ou refratários. Possui condutividade térmica e baixo potencial de ionização, como resultado tem uma baixa transferência de calor para as áreas externas do arco.

B. Hélio

Peso Atômico = 4 (Monoatômico Leve);
Obtido através do gás natural;
Condutividade térmica elevada, exige alta tensão do arco;
Indicado para soldagem CC;
Arco gerado tem mais calor (Indicado para espessuras elevadas).

Comumente utilizado para soldagem em materiais não ferrosos. O Hélio tem um ótimo potencial de ionização e boa condutividade elétrica, fornece um cordão com maior largura, boa molhagem na margem da solda, e garante um aporte de calor maior do que o argônio puro. O potencial de ionização pode criar dificuldades para iniciar o arco, indica-se o uso de alta frequência para abertura de arco. Pelo seu baixo peso atômico ele é mais leve do que o ar, por isso indica-se vazões de gás mais elevadas, o gás puro promove transferência globular, é raramente utilizado para MIG/MAG, exceto para soldagem de cobre puro.

3.1.2. Gás Reativo – Redutor

A. Hidrogênio

Número atômico = 1;
Massa atômica = 1,0 u;
O hidrogênio é o elemento menos denso;
Adicionado ao Ar ou Hélio para aumentar a temperatura do arco elétrico.

É um gás diatômico, utiliza-se em misturas com concentrações inferiores a 10%, assim favorecendo uma boa penetração. É utilizado principalmente na soldagem de aços inoxidáveis austenítico para promover a remoção de óxido e aumentar o aporte de calor. Como acontece a todas as moléculas diatômicas, esta tem alto poder

de aquecimento, deve ser utilizado com precaução, pois não é adequado para os aços ferríticos ou martensíticos por causa de problemas de trincas a frio. A tabela a seguir descreve as misturas de gases mais utilizadas:

Gás (Mistura)	Alumínio	Inox	Aço	Cobre
He	X			X
Ar	X	X	X	X
Ar + H ₂	X	X		
Ar + He		X		X

Tabela 1 – Gases comumente utilizados no processo TIG.
Fonte: Adaptado de ESAB consumíveis de Solda.

4. VARETAS – PROCESSO TIG

Material de adição cuja função principal é unir peças metálicas mantendo as mesmas características do metal base. Diferente da soldagem MIG/MAG, o processo TIG possui um caráter artesanal, a adição da vareta é feita manualmente, a quantidade de material depende do soldador, apesar de mais lenta, a qualidade de acabamento é insuperável. A escolha é feita de acordo com o metal a ser soldado, são aplicadas varetas de ligas semelhantes ao metal base, porém há diversas situações onde a aplicação de materiais de maior resistência à impacto, atrito ou abrasão, como em revestimento de aços ferramenta.

4.1 Tipos de vareta para solda TIG disponíveis

Relação das principais ligas que comercializadas:

- a. Aço inox (308L, 309L, 310, 312, 316L)
- b. Aço carbono (ER70S3)
- c. Alumínio (4043, 5356)
- d. Aços não ligados ER70S-3
- e. Ferro Fundido (NiFe, NiCi, NiCu Monel)
- f. Latão
- g. Cobre
- h. Prata
- i. Phoscooper
- j. Stellite 6 (CoCr A)
- k. Titânio

A vareta possui aproximadamente 100 cm de comprimento e são comercializadas em diâmetros que variam de 0,5 mm a 5,0 mm de espessura, a escolha do diâmetro da vareta interfere na taxa de deposição do material durante a solda, uma vareta de maior diâmetro proporcionará uma taxa de deposição superior às de menor diâmetro, mas deve-se considerar o fato de ser um processo artesanal no qual o soldador pode adicionar a quantidade de material ao seu modo.

4.2 Principais varetas utilizadas

A. 308L

É indicada para soldagem com baixo teor de carbono, também é indicada para aços similares, esta liga apresenta resistência à corrosão em geral e devido a seu baixo teor de Carbono é especialmente resistente à corrosão intergranular, usada na indústria química e alimentícia, bem como na soldagem de tubulações e evaporadores. Não é indicado para ambientes com enxofre. As tabelas a seguir descrevem as principais características do material:

Propriedades Típicas de Tensão	
(As welded)	
Alongamento	36%
Resistencia à Tração	580 Mpa
Limite de Escoamento	440 Mpa

Tabela 2 – Propriedades de tensão: 308 L.
Fonte: Adaptado de ESAB consumíveis de Solda.

Teste Charpy com 100% Argônio	
Temperatura de teste (Como Soldado)	Resultados (Como Soldado)
20 °C	170 J
-80 °C	135 J
-196 °C	90 J

Tabela 3 – Teste com 100% Argônio.
Fonte: Adaptado de ESAB consumíveis de Solda.

Composição Química	
100% Ar - Mo	< 0.30 %
100% Ar - Cu	< 0.30 %
100% Ar - Si	0.50 %
100% Ar - Ni	10%
100% Ar - Mn	1.80 %
100% Ar - C	< 0.03 %
100% Ar - Cr	20.30 %

Tabela 4 – Composição Química 308 L.
Fonte: Adaptado de ESAB consumíveis de Solda.

B. 4043

Apresenta como principal elemento o silício, que confere ao alumínio leve redução do seu ponto de fusão, garante boa soldabilidade e um cordão de solda homogêneo, não é indicada para ligas ricas em magnésio e peças que serão anodizadas. As tabelas a seguir descrevem as principais características do material:

Propriedades Típicas de Tensão	
<i>(As welded)</i>	
Alongamento	18%
Limite de Tração	124 Mpa
Limite de escoamento	55 Mpa

Tabela 5 – Propriedades de tensão: 4043.
Fonte: Adaptado de ESAB consumíveis de Solda.

Composição Química	
Manganês	0.01 %
Cobre	0.02 %
Zinco	0.01 %
Titanio	0.01 %
Silício	5.00 %
Alumínio	Rem %
Ferro	0.14 %

Tabela 6 – Composição Química 4043.
Fonte: Adaptado de ESAB consumíveis de Solda.

C. ER70S-3

Vareta sólida, cobreada, classe AWS A5.18, é utilizada na fabricação de vasos de pressão, no segmento naval e offshore (construção em geral), devido a sua qualidade que possibilita cordões de solda isentas de poros, trincas e fissuras, além do baixo índice de respingo. As tabelas a seguir descrevem as principais características do material 003A

Propriedades Típicas de Tensão		
<i>(As welded)</i>		
Alongamento	26%	-
Gás de Protecção	Ar (I1) EM	Ar (I1) AWS
Limite de Escoamento	420 MPa	-
Resistência á Tração	515 MPa	-

Tabela 7 – Propriedades de tensão: ER70S-3.
Fonte: Adaptado de ESAB consumíveis de Solda.

Teste Charpy		
<i>(As welded)</i>		
Gás de Protecção	Ar (I1) EM	Ar (I1) AWS
Temperatura de teste	- 30 °C	- 18° C
Resistência à Tração	90 J	-

Tabela 8 – Teste Charpy com Argônio.
Fonte: Adaptado de ESAB consumíveis de Solda.

Composição Química	
Manganês	1.1 %
Carbono	0.1 %
Sílicio	0.6 %

Tabela 9 – Composição Química ER70S-3.
Fonte: Adaptado de ESAB consumíveis de Solda.

5. NORMAS TÉCNICAS APLICÁVEIS

As Organizações Privadas ou Governamentais desenvolvem normas técnicas que se aplicam a áreas de engenharia de interesse, entre elas:

- a. - ASME - American Society for Mechanical Engineers;
- b. - API - American Petroleum Institute;
- c. - AWS – American Welding Society;
- d. - ASTM – American Society for Testing and Materials;
- e. - AISI – American Iron and Steel Institute;
- f. - ANSI – American National Standards Institute;
- g. - ISO – International Organization for Standardization.

No Brasil se aplica as normas técnicas de procedência americana. A norma aplicada a consumíveis de soldagem é a AWS, ainda acrescidas de especificações internas, como é o caso, de serviços ou projetos Petrobrás. Normas principais de projeto que empregam soldagem como, por exemplo, a API para construção de tubulação, ASME para construção de vasos de pressão e caldeiras, a AWS para a construção de pontes.

Quando utilizar um consumível de soldagem classificado pela Norma elas se asseguram pela qualidade do projeto. Dessa forma estas organizações se especializam nas suas áreas e fazem todos os assuntos referentes a consumíveis de soldagem sejam tratados pela AWS. As especificações AWS para consumíveis de soldagem são iguais as ASME, apenas que a AWS trata especificações como “A5” e o ASME II parte C, seção do ASME referente a consumíveis de soldagem como SFA 5.

A AWS procura abranger a maioria dos consumíveis de soldagem, incluindo metais de adição e recentemente elaborada uma especificação própria para os gases de proteção. As especificações agrupam os metais de adição pelo seu tipo ou composição química do metal depositado ou processo de soldagem. Além de classificar os consumíveis determinam que os consumíveis atendam a requisitos de:

- a. - Fabricação;
- b. - Sistemas de unidades Internacional
- c. - Ensaio para consumível
- d. - Propriedades mecânicas do metal depositado;
- e. - Sanidade do metal depositado – exame radiográfico.
- f. - Embalagem;
- g. - Identificação;
- h. - Certificação;
- i. - Garantias e Validade.

A classificação permite com uma simples identificação fornecer informações sobre propriedades mecânicas, composição química, tipo de revestimento e características como o tipo de corrente de soldagem a ser utilizado. Os seguintes prefixos são utilizados nas classificações AWS:

- E** – (ELECTRODE) Eletrodo para soldagem a arco elétrico;
- R** – (ROD) Vareta para soldagem a Oxi-gás;
- ER** – Vareta na soldagem a arco elétrico;
- F** – (FLUX) Fluxo para soldagem a arco submerso;
- Q** – Fita para soldagem a arco elétrico;
- C** – (COMPOSITE) Eletrodo composto para a soldagem a arco elétrico;
- T** – (TUBULAR) Eletrodo tubular para a soldagem com processo arame.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dado o amplo uso dos processos de soldagem podemos notar o porquê de tantas normas regulamentadoras, afinal sem elas não teríamos tanta confiabilidade no processo. O processo TIG tem várias vantagens, entre elas a possibilidade de soldar alumínio e seu acabamento superficial pós-solda que não necessita retrabalho, além disso, ela se destaca por sua abrangência de materiais, podendo soldar desde aços comuns e inoxidáveis, até ligas metálicas específicas, outro fator importante é a ausência de sujeiras, fumos e respingos, sendo este o motivo de sua ampla utilização na indústria alimentícia. Porém seu custo é alto e necessita de um soldador experiente para realizar a solda, portanto seu uso deve ser avaliado ponderando as vantagens e desvantagens em cada caso.

7. REFERÊNCIAS

ALUSOLDA. Consumíveis para Soldagem: Varetas de Solda TIG, Disponível em: <<https://www.alusolda.com.br/loja/produtos/consumiveis-para-soldagem/varetas-de-solda-tig/pagina/2/>> acesso em: 29 de abril de 2019.

Apostila FBTS – Inspetor de Soldagem, 1990.

AWS - American Welding Society, Gas Tungsten Arc Welding, Welding Handbook, 8th ed., vol. 2, pp. 73 – 107, 1991.

CANTO, T. Inspeção de Soldagem: Consumíveis de Soldagem, Disponível em: <<https://slideplayer.com.br/slide/49872/>> acesso em: 27 de abril de 2019.

CIG. Vareta para solda TIG, disponível em: <<http://cigsoldas.com.br/vareta-para-solda-tig/>> acesso em: 29 de abril de 2019.

ESAB. Processo de Soldagem – TIG, Disponível em: <https://www.esab.com.br/br/pt/education/blog/processo_soldagem_tig_gtaw.cfm> acesso em: 27 de abril de 2019.

Livro Soldagem a Arco Submerso – Coleção Soldagem, 2000.

MARYA, M. Theoretical and Experimental Assessment of Chloride Effects in the A-TIG Welding of Magnesium, International Institute of Welding Document, Copenhagen, Denmark, 13 p. , 2002.

MODENESI, J. P., APOLINÁRIO, E. R., TIG Welding with single-component fluxes, Journal of Materials Processing Technology, p.260-265, 2000.

PASKELL, T., LUNDIN, C. & CASTNER, H., GTAW Flux Increases Weld Joint Penetration, Welding Journal, v.76, n.4, p.57–62, 1997.

TWI, The Welding Institute, An Evaluation of the ATIG Welding Process, 1995.