

COMPARAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO CORDÃO DE SOLDA ENTRE SOLDAGEM TIG E ELETRODOS REVESTIDOS EM AÇO INOX

Tatyelle Cavalcante Silva¹

Warley Augusto Pereira²

RESUMO

A solda é uma operação que tem como finalidade unir duas peças ou mais. Com a industrialização e guerras mundiais, houve um grande desenvolvimento e avanço neste setor. Existem vários processos de solda; neste artigo, abordou-se dois processos bastante usados: solda TIG e solda com eletrodo revestido, ambas em aço inox. O objetivo foi verificar as dificuldades na soldagem manual de cada um destes processos e apresentar o comportamento do cordão de solda, tanto da geometria do cordão quanto do perfil macrográfico da zona fundida e da zona termicamente afetada. Verificou-se, também, o efeito da abertura do chanfro sobre a penetração em cada tipo de processo usado. Verificou-se que no processo TIG as dificuldades da soldagem se devem principalmente à utilização das duas mãos, pelo fato do fornecimento da energia e do material de deposição serem separados. No caso da soldagem com eletrodos revestidos, a dificuldade fica na abertura do arco e no controle da altura do arco devido à constante queima do eletrodo. Quanto aos aspectos geométricos, os cordões com eletrodos revestidos foram mais regulares do que na solda TIG e o perfil de penetração foi mais profundo na solda TIG. Quanto ao efeito da abertura do chanfro, as metalografias mostraram que a influência foi menor no processo TIG, visto que tanto com abertura da junta quanto sem abertura da junta a penetração foi completa. Na soldagem com eletrodo revestido, a junta sem abertura da raiz não permitiu penetração completa, enquanto que na junta com abertura da raiz a penetração foi completa.

Palavras-chave: Geometria do cordão. Fonte de soldagem. Parâmetros de soldagem. Propriedades mecânicas.

1 Graduando em Engenharia Mecânica pela Universidade de Rio Verde, Rio Verde, GO.

2 Orientador, Doutor em Engenharia Mecânica.

1. INTRODUÇÃO

A soldagem é considerada um método de união e recuperação de peças usando uma fonte de calor. Apesar de existir um número elevado de processos utilizados na união e recuperação de peças, a soldagem é um dos métodos mais utilizados hoje. Por um tempo, viu-se estagnada, tendo se desenvolvido radicalmente com a descoberta do arco elétrico por Humphrey Davy em 1801 e com a descoberta do acetileno por Edmund Davy, além do desenvolvimento de fontes produtoras de energia elétrica que possibilitaram o aparecimento dos processos de soldagem por fusão (MARQUES, MODENESI e BRACARENSE, 2005).

Atualmente são utilizados vários processos de soldagem, onde se estima haver mais de 50 destes nas indústrias, que estão em uma evolução contínua. Estes processos são utilizados para fabricar produtos e estruturas metálicas, entre outros. Pode-se afirmar que a cada dia fica mais difícil não haver uma peça ou estrutura soldada. Seu aperfeiçoamento e desenvolvimento são almejados com a evolução de equipamentos para a soldagem, além dos materiais a serem soldados visando obter uma boa soldabilidade (WAINER, BRANDI e HOMEM DE MELLO, 2002).

Sabendo-se o significado do termo soldagem, pode-se considerar importante seu estudo pelo fato de ser bastante utilizado por sua economia de material, rapidez em sua utilização e por ter simplicidade operacional, podendo ser utilizada em vários ambientes, tornando-se, assim, um processo que atende a um custo competitivo. A soldagem é o mais importante processo industrial de recuperação de peças metálicas, mas não se pode esquecer que é também um processo agressivo para o material soldado, levando a alterações estruturais de propriedades mecânicas próximo à região soldada (MODENESI, 2008).

Nesse artigo são abordados dois processos de soldagem, os processos GTAW e SMAW (TIG e eletrodo revestido), ambos aplicados na soldagem de aço inox. Para a aplicação na indústria alimentícia, entretanto, não deve existir escória por risco de contaminação, então, se este fosse o caso estudado, haveria a necessidade de eliminar a soldagem com eletrodo revestido. Neste trabalho foi analisada a geometria do cordão gerado em cada processo, possíveis dificuldades na realização da solda, que foi manual, as características das fontes de soldagem e como seus parâmetros afetam a qualidade da solda, sua macroestrutura e a área termicamente afetada.

Os dois tipos de solda citados fazem parte dos processos de soldagem por fusão, em que as partes soldadas são fundidas com energia elétrica. O processo de soldagem por fusão sempre utiliza um meio de proteção pelo fato de haver reação do material com a atmosfera (OKUMURA; TANIGUCHI, 1982).

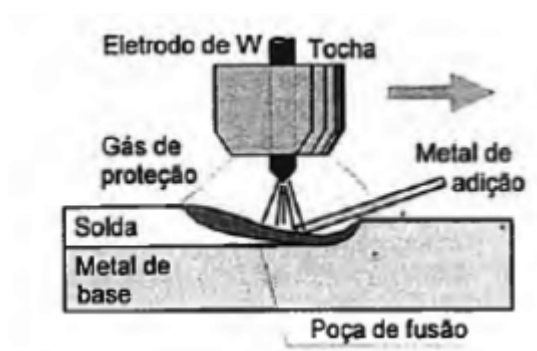
De acordo com Machado (1996), o nível dessas reações químicas depende de muitos fatores, como o tipo de consumível (revestimentos de eletrodos, gás de proteção e fluxo de arame) e os parâmetros de soldagem (tensão, corrente e velocidade de soldagem, entre outros).

As soldas GTAW (TIG) e SMAW (eletrodos revestidos) são as que contêm alimentação descontínua do arame de adição. De uma forma geral, esse processo de alimentação descontínua utiliza-se das fontes de corrente constante, embora a corrente ajustada normalmente não se mantenha constante durante o processo de soldagem. Esses processos costumam ser realizados manualmente e, com isso, o comprimento do arco e a tensão de soldagem variam no processo, provocando cordões com aspectos variáveis ao longo da solda (WELDING Handbook, 1976).

A solda TIG é um processo em que a união das peças é feita por meio de um arco elétrico que possui proteção gasosa e com eletrodo não consumível de tungstênio, que produz aquecimento e fusão das partes unidas. O eletrodo de tungstênio não deve ser fundido para que não haja defeitos e discontinuidades no cordão. Neste processo, os gases de proteção da poça de fusão e do arco são o argônio (Ar) e o hélio (He), ou a mistura deles. Esse tipo de soldagem pode ser feito com ou sem a adição de metal. Hoje, ele é utilizado para soldar quase todos os metais (MARQUES, MODENESI e BRACARENSE, 2005).

A Figura 1 mostra esquematicamente o processo de soldagem TIG.

FIGURA 1 – Processo de soldagem TIG



Fonte: Marques, Modenesi e Bracarense (2005).

Suas principais vantagens são que apresentam cordões de solda de alta qualidade, sem escória e sem respingos, emprega-se em todas as posições e tipos de juntas e é a mais adequada para soldar metais de pequena espessura ou apenas no passe raiz. Uma de suas desvantagens é que seu trabalho só pode ser realizado em local coberto, devido à interferência de ventos sobre o arco elétrico, e também gera pouca produtividade para soldar chapas grossas, por ser um processo essencialmente manual (SENAI - PE, 2001).

A tensão do arco, a corrente de soldagem, a velocidade de avanço e o gás de proteção são as variáveis que determinam a solda TIG, mas elas não agem de modo independente. Utiliza-se o hélio e o argônio como gás de proteção, porém o argônio é o mais utilizado devido às suas características, que possibilitam arco mais suave, baixo custo e maior disponibilidade, entre outros. Quando se utiliza o hélio como gás de proteção, consegue-se alcançar uma solda com mais penetração, pois este gás possui maior potencial de ionização. Nesse processo de proteção pode-se afirmar que sua maior característica é a densidade dos gases; neste caso, o argônio possui maior densidade do que o hélio (QUITES e DUTRA, 1979).

A corrente de soldagem controla a penetração da solda, mas também afeta a tensão do arco, considerando que o aumento na corrente faz aumentar também a tensão do arco que é utilizada para controlar o processo. Nesse processo, deseja-se utilizar o arco com menor comprimento possível e seu comprimento afeta diretamente a largura da poça. A penetração e a largura também são afetadas pela velocidade de avanço: se aumentar a velocidade de alimentação, surge uma solda com menor penetração; se diminuir a velocidade, aumenta a penetração. Outro parâmetro importante é a maneira como o material de adição é alimentado, que pode ser de forma manual (mais comum) ou automática, usando um cabeçote alimentador de solda MIG/MAG (MACHADO, 1996; FONSECA, 2004).

Quanto ao tipo de eletrodo utilizado na solda TIG, usa-se o de tungstênio, por ter maior ponto de fusão e também por ser termoiônico, facilitando a emissão dos elétrons e auxiliando a estabilidade do arco (SENAI - PE, 2001).

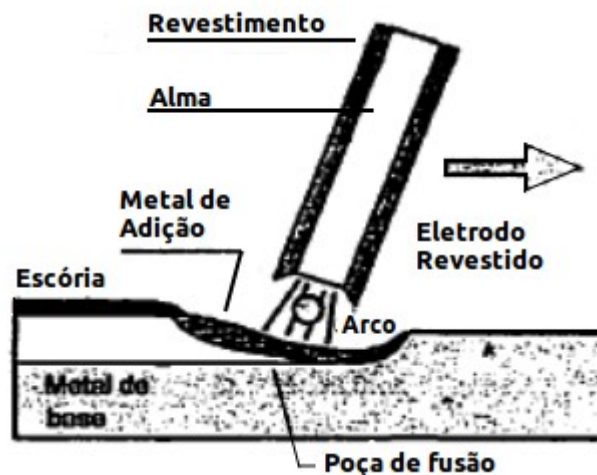
O processo de soldagem com eletrodos revestidos é considerado o primeiro método que obteve aceitação como método produtivo e com qualidade, e é o responsável pela expansão da soldagem. O eletrodo, que é consumível, consiste em uma alma revestida por diversos compostos químicos e minérios (estabilizadores de arco, geradores de gases

protetores e desoxidantes), permitindo que o arco se mantenha, e também protege o material das reações com a atmosfera (MACHADO, 1996).

Esse tipo de solda opera com corrente contínua (conforme sua estabilidade do arco) ou alternada. A fonte utilizada para esse tipo de soldagem é o transformador para corrente alternada. Já em relação a corrente contínua, utiliza-se unidades geradoras, transformadoras-retificadoras ou inversoras. Pode-se afirmar que esse processo é o mais utilizado, mesmo não sendo o mais eficiente, pois é um dos mais baratos. Uma de suas importantes características é que a tensão do arco não é controlável, pois a distância do eletrodo e peça soldada é feita pelo soldador (MARQUES, MODENESI e BRACARENSE, 2005).

A Figura 2 mostra esquematicamente o processo de soldagem com eletrodos revestidos.

FIGURA 2 – Processo de soldagem com eletrodos revestidos



Fonte: Marques, Modenesi e Bracarense (2005).

O tipo e diâmetro do eletrodo, a polaridade, a intensidade de corrente, o comprimento do arco, a velocidade de soldagem e o manuseio do eletrodo são os parâmetros a considerar neste tipo de soldagem. A faixa de corrente ideal é indicada pelo diâmetro do eletrodo, seu tipo e espessura, levando em conta o tipo e a espessura do metal a ser soldado, como também a posição da solda. As posições horizontal, vertical ascendente ou descendente e sobrecabeça exigem eletrodos de diâmetro pequeno, pois a manutenção da poça de fusão sem seu escoamento é mais difícil nessas posições. Além da posição de soldagem, a poça de fusão é influenciada pela polaridade, que também afeta a transferência e estabilidade do arco. O revestimento pode ser danificado por correntes fora do padrão citado pelo fabricante, fazendo

com que a resistência mecânica diminua, formando respingos (NERIS, 2013).

Para determinar a intensidade da corrente, deve-se levar em consideração a posição de soldagem, sendo que para as posições verticais e sobrecabeça são mais indicados menores valores de corrente, enquanto que para a posição plana, pode-se usar valores mais altos de corrente. O volume da poça de fusão e a penetração do metal são controlados pela corrente da solda, ou seja, quando a corrente aumenta, a poça de fusão e a penetração também aumentam. Mantendo-se o comprimento do arco constante, consegue-se obter uma boa solda e, neste caso, esse controle é feito pelo soldador. Um arco longo promove muitos respingos e deixa a poça de fusão desprotegida, já um arco muito curto faz o eletrodo se colar na peça. Saber lidar de maneira adequada com o eletrodo é muito importante; por esse motivo, neste trabalho foi usada uma máquina automática para a soldagem com eletrodos revestidos. O revestimento é responsável tanto pela estabilização do arco quanto para evitar contaminações da atmosfera no cordão (SENAI,1997).

A classificação do tipo de eletrodo normalmente é feita pelo tipo de consumível, por sua composição química, pelas propriedades mecânicas proporcionadas, pelas posições de soldagem e pelos tipos e polaridade de corrente. As principais normas reguladoras na área de soldagem usadas no Brasil são ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e ASME II Part C (American Society of Mechanical Engineers - Sociedade Americana dos Engenheiros Mecânicos), sendo que ambas seguem a AWS (American Welding Society - Sociedade Americana de Soldagem) (ESAB, 2015).

É importante lembrar que um dos seus conceitos fundamentais leva em consideração que o material de adição (material de enchimento do processo) precisa ser da mesma natureza do material de base (partes a serem unidas) na soldagem por fusão (CUNHA, 1989; GAREIS, 1994; WAINER et al., 1992).

Os fatores que influenciam a taxa de deposição são o diâmetro do eletrodo, a intensidade da corrente, o tipo de material a ser depositado e a tensão do arco. Pode-se dizer que taxa de deposição é a quantidade de metal fundido por unidade de tempo (MODENESI, PAULO JOSÉ, 2003).

Neste trabalho, os testes foram realizados em aço inox austenítico, um metal presente no cotidiano das pessoas pela praticidade, versatilidade e beleza visual dada pelos seus acabamentos, apresentando um grande desempenho com suas resistências, conquistando seu espaço no mercado de trabalho. O inox austenítico é composto por ferro, carbono, cromo,

níquel, silício e manganês, podendo também ter elementos como o nióbio e o molibdênio. Dentre esses elementos, o cromo é o mais importante para que se obtenha uma alta resistência à corrosão, devido à formação de um óxido protetor, também conhecido como camada passiva, que faz com que não ocorra a oxidação em ambientes normais, protegendo o metal da agressividade gerada pelo contato com a atmosfera. Estes aços inoxidáveis são tenazes e dúcteis, com boa resistência mecânica e principalmente à corrosão em altas temperaturas, além de terem boa capacidade de endurecimento por deformação plástica e boa soldabilidade (PAREDES, 2011).

O objetivo deste trabalho é comparar os aspectos geométricos e macroscópicos dos cordões de solda, além das características operacionais dos processos TIG e eletrodo revestido na soldagem manual em aço inoxidável austenítico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Nesta pesquisa, foram utilizados 8 corpos de prova de aço inoxidável com espessura de 2,5 mm e com dimensões de 4X4 cm.

Na solda TIG, utilizou-se 1 unidade de eletrodo não consumível de tungstênio (apontado no esmeril para melhorar a abertura do arco). Utilizou-se como material de adição uma vareta de aço inoxidável austenítico com 2 mm de diâmetro e argônio como gás de proteção. Já na solda com eletrodo revestido, utilizou-se 1 unidade de eletrodo revestido AWS-E308-17, com 2,5 mm de diâmetro.

No corte das peças soldadas para a análise macrográfica, utilizou-se uma cortadora de amostras refrigerada à água, e o acabamento das peças com lixa. No ataque químico para a análise macrográfica, foi utilizado o reagente Vilella (5 ml HCl + 2 g ácido pícrico + 100 ml álcool etílico).

Todo o procedimento de soldagem e análise macrográfico foi realizado no laboratório de Materiais e Processos de Fabricação da faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade de Rio Verde – UniRV.

No procedimento de soldagem dos corpos de prova pelos dois processos estudados, foram realizadas as soldas para a união de duas peças, com dois testes para cada tipo de solda, sendo que duas peças foram soldadas totalmente unidas, sem abertura de raiz, e duas peças

com abertura de raiz de 1,25 mm. As peças foram fixadas por grampos fixadores em uma mesa de maneira plana (niveladas).

Na solda TIG, os dois testes foram realizados com material de adição com uma corrente contínua de 60 A, e polaridade negativa no eletrodo. Utilizou-se eletrodo de tungstênio com 2% de tório. Como gás de proteção, utilizou-se argônio puro. A vazão do gás foi ajustada para 10 litros por minuto. A soldagem foi realizada manualmente para simular uma condição real de soldagem e para que fosse possível analisar as dificuldades inerentes de cada um dos dois processos estudados.

A soldagem foi iniciada com a abertura do arco elétrico em uma das extremidades da junta a ser soldada, e após a estabilização do arco e a formação da poça de fusão, a tocha foi deslocada ao longo da junta, conduzindo-se a poça de fusão à frente do arco e inserindo nessa poça de fusão o metal de adição até o fim da junta, cessando, a seguir, o arco.

Na soldagem com eletrodo revestido, a corrente utilizada foi de 50 A, em corrente contínua e polaridade positiva do eletrodo. O procedimento de soldagem foi semelhante ao da soldagem TIG, ou seja, o arco foi aberto no início da junta e conduzido até o final, com seu preenchimento. Em ambos os tipos de soldagem foi usada uma fonte inversora de soldagem.

Após vários testes realizados, encontramos a corrente exata para cada tipo de solda, tendo assim diferenças de corrente de soldagem entre os dois processos porque se visou a soldagem com condições mais estáveis do arco para cada processo.

Após a união das peças, totalizou-se 4 corpos de prova para análise. Depois das soldas, os corpos foram fotografados para registrar o tipo de perfil do cordão de solda em quatro posições diferentes. Cada solda teve seu cordão medido em largura e altura com um paquímetro em três pontos diferentes para que fosse tirada uma média destas medidas. Logo após as medições, as amostras foram submetidas ao corte da seção transversal do cordão de solda, seguido de lixamento com uma lixa 220, para que as imperfeições deixadas pelo disco de corte não interferissem no ataque químico. Esse ataque químico foi realizado para que se revelasse o perfil do cordão de solda e a zona termicamente afetada, e as amostras foram novamente fotografadas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Levando em consideração as dificuldades de ambos os métodos de soldagem, como o fato de que a solda TIG ser mais indicada para soldagem de peças com espessuras finas, e que sua manipulação é mais difícil devido ao fornecimento de metal de adição e do arco elétrico ser feito separadamente em cada mão, houve dificuldade em encontrar os parâmetros ideais e também manter o arco com uma distância considerável, evitar que o eletrodo tivesse contato com a peça e com o material de adição, evitando seu desgaste, ajustar manualmente a velocidade de soldagem adequada para obter boa profundidade sem perfuração da peça, entre outras. Na solda com eletrodo revestido, as maiores dificuldades foram manter o comprimento do arco (devido ao encurtamento de eletrodo durante sua queima), encontrar a velocidade de avanço adequada e controlar a profundidade de penetração através do controle da velocidade de soldagem, da inclinação do eletrodo e da corrente de soldagem usada. Tais dificuldades, em ambos os processos, dificultaram a qualidade da solda, principalmente para soldadores menos experientes.

A Tabela 1 mostra os resultados das medições realizadas no cordão de solda em três pontos distintos, em cada um dos testes realizados.

TABELA 1 – resultados da largura e altura do cordão de solda em três pontos diferentes.

Soldas	Perfil (mm)	Pontos medidos		
		1	2	3
TIG (sem folga)	Largura	6,00	6,5	9,00
	Altura	3,5	3,00	1,25
TIG (folga = 1,25 mm)	Largura	8,00	7,00	9,00
	Altura	1,15	1,00	0,5
Eletrodo Revestido (sem folga)	Largura	11,00	10,6	11,3
	Altura	1,00	1,00	1,00
Eletrodo Revestido (folga = 1,25 mm)	Largura	8,00	10,15	10,00
	Altura	1,15	1,00	1,15

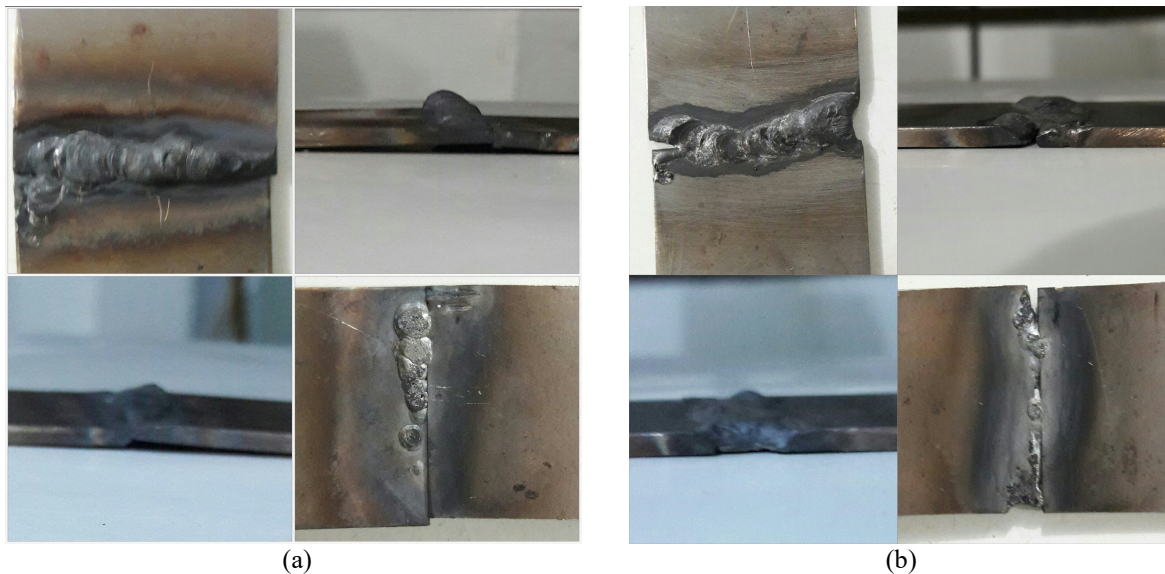
Fonte: Próprio autor.

Na primeira peça soldada pelo processo TIG sem folga na raiz da junta, a largura do cordão se manteve estabilizada até o segundo ponto, perdendo a estabilidade no terceiro e com a altura considerada elevada, pois taxa do material de adição acabou saindo do padrão tornando-se alta sem atingir profundidade considerável, com deposição elevada (Figura 3a).

Na segunda peça, também soldada pelo processo TIG, porém com folga na raiz da junta de 1,25 mm, o cordão de solda se estabilizou praticamente em todo seu percurso, mantendo sua largura e com a altura mais baixa e plana, além do metal depositado ter sido

mais distribuído sem se acumular em alguma região da junta, como ocorreu no primeiro caso. Além disso, a penetração foi mais completa, como pode ser observado na parte posterior da junta, apresentada na Figura 3(b).

Figura 3 – Corpos de prova de aço inoxidável unidos por solda TIG: (a) sem abertura na raiz; (b) com abertura na raiz



Fonte: Próprio autor

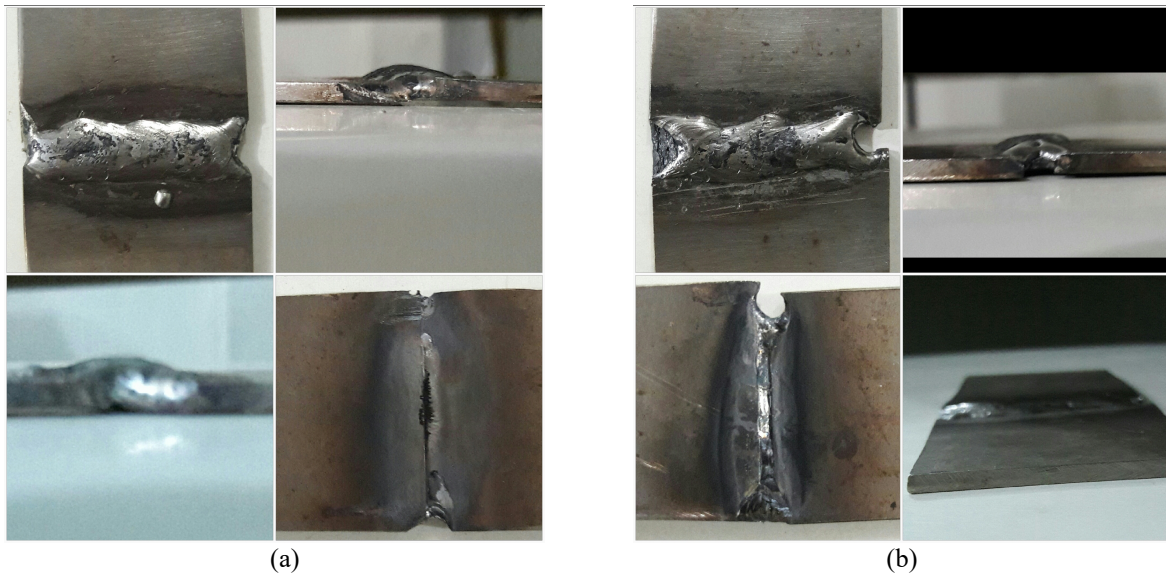
No caso dos testes realizados com eletrodo revestido, o primeiro foi realizado com junta sem abertura da raiz. Como pode ser visto na Figura 4 (a), tanto a largura como a altura do cordão ficaram mais regulares (pelo fato de que a solda realizada se manteve o arco estabilizado), quando comparadas com aquelas apresentadas na soldagem TIG no mesmo tipo de junta. Em todos os pontos medidos, a altura e principalmente a largura mantiveram suas dimensões quase constantes, porém, a profundidade do material depositado não foi satisfatória.

A Figura 4(b), com soldagem por eletrodo revestido e junta com abertura de raiz de 1,25 mm, mostra que o comportamento do perfil superficial do cordão foi bastante semelhante ao apresentado na Figura 4(a). Porém, neste caso a profundidade de penetração foi completa.

Após as análises visuais das peças e medições da largura e altura dos cordões, os corpos de prova foram cortados ao meio, passando a área cortada por lima, para retirar as rebarbas, e por lixas, para retirar os riscos do disco de corte. Após o lixamento foi feito o ataque químico, com a intenção de observar a zona fundida e a zona termicamente afetada e, desta forma, verificar o perfil de penetração e o tamanho da zona afetada pelo calor em cada

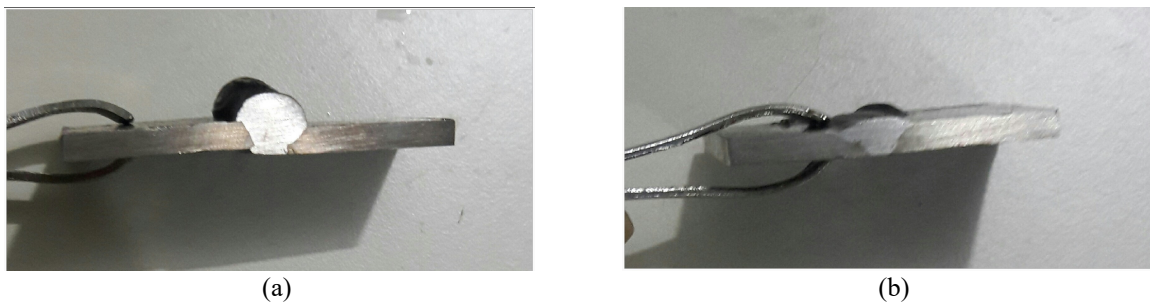
um dos testes realizados. A Figura 5 mostra o perfil de penetração nos corpos de prova soldados com TIG, com junta sem abertura de raiz (a) e com abertura de 1,25 mm (b).

Figura 4 – Corpos de prova de aço inoxidável unidos por solda com eletrodo revestido: (a) sem abertura na raiz; (b) com abertura na raiz



Fonte: Próprio autor

Figura 15 – Macrografia dos corpos de prova soldados com TIG: (a) sem abertura da junta; (b) com abertura da junta de 1,25 mm



Fonte: Próprio autor

Nos casos apresentados na Figura 5, pode-se observar que a área termicamente afetada é praticamente a mesma; porém, na soldagem TIG com uma abertura de raiz de 1,25 mm, a altura do cordão de solda diminuiu consideravelmente.

No caso da soldagem com eletrodos revestidos, a profundidade de penetração e a área termicamente afetada da solda na junta sem abertura de raiz mostraram-se baixas, chegando

apenas até ao meio da peça como pode ser observado na Figura 6 (a). Quando a abertura de raiz foi de 1,25 mm, a penetração aumentou significativamente Figura 6 (b), porém foi menor que no caso da solda TIG.

Figura 26 – Macrografia dos corpos de prova soldados com eletrodo revestido: (a) sem abertura da junta; (b) com abertura da junta de 1,25 mm



Fonte: Próprio autor

CONCLUSÕES

A partir dos testes e das amostras realizadas, foi possível chegar às seguintes conclusões:

- no processo TIG, as dificuldades da soldagem se devem ao uso simultâneo das duas mãos, visto que o fornecimento da energia através do arco elétrico pela tocha de soldagem fica em uma das mãos e a alimentação do material de deposição é feita pela outra mão;
- na soldagem com eletrodos revestidos, a dificuldade ficou na abertura do arco, que é um pouco mais difícil devido ao tipo de elemento ionizante, e no controle da altura do arco devido à queima contínua do eletrodo, forçando o soldador a deslocar o porta eletrodos na direção da solda enquanto desloca o mesmo ao longo da junta;
- a abertura do chanfro influenciou a penetração do cordão na junta. Porém, a influência foi maior na soldagem com eletrodos revestidos, que gerou perfis de penetração bem distintos entre a soldagem com abertura da raiz e sem a abertura. No caso da soldagem TIG, a influência foi bem menor e a penetração foi completa nos dois casos;
- quanto aos aspectos geométricos, altura e largura do cordão, os cordões com eletrodos

revestidos foram mais regulares do que na solda TIG, que apresentou cordões com muita variação, principalmente na altura;

- o perfil de penetração foi mais profundo e mais largo na solda TIG, embora a solda tenha sido realizada com uma corrente média, 10 amperes maior.

COMPARISON OF THE CHARACTERISTICS OF THE WELD BEAD BETWEEN TIG WELDING AND COATED ELECTRODES IN STAINLESS STEEL

ABSTRACT

Welding is a procedure that joins two parts or more. There was a great development of this sector with industrialization and the World Wars. There are a lot of welding processes; in this study, two of the most used were addressed: TIG welding and coated electrode welding, both in stainless steel. The aim of this study was to verify the difficulties in manual welding of each of these processes, and present the behavior of the weld bead, both for the bead geometry and the micrographic profile of the melted zone and the thermally affected zone. The effect of the chamfer opening on the penetration in each type of process used was also verified. It was confirmed that, in the TIG process, the welding difficulties are due to the use of both hands, because energy and deposition material supplies are made separately. As for welding with coated electrodes, the difficulty lies on the arc opening and the arc height control, due to the constant electrode burnout. As for the geometric aspects, the beads with coated electrodes were more regular than in the TIG welding, and the penetration profile was deeper in TIG welding. As for the effect of chamfer opening, metallographies showed that there was less influence on TIG process since, both with and without opening of the joint, the penetration was complete. In coated electrode welding, the joint without root opening did not allow complete penetration, while it was complete in the joint with root opening.

Keywords: Bead geometry. Welding source. Welding parameters. Mechanical properties.

REFERÊNCIAS

CUNHA, Lélis José G. da, “**SOLDA: Como, Quando e Por Quê**”, 2. Ed. – Luzzato, Ed., Porto Alegre, Brasil, 1989, 260 p.

Eletrodos Revestidos OK. Consultado em 08 de maio de 2015.

FONSECA, A. S. da. **Soldagem TIG**. SENAI – Centro de Formação Profissional “Aloysio Ribeiro de Almeida”. Varginha -Minas Gerais. 2004.

GAREIS, Bernardo. “**A soldagem, simples como ela é**”. Ed. SACTES, Recife, Brasil, 1994,223p.

MACHADO, I. G. **Soldagem & técnicas conexas: processos**. Porto Alegre, 1996.

MARQUES, P. V.; MODENESI, P. J.; BRACARENSE, A. Q. **Soldagem – Fundamentos e Tecnologia**. Editora UFMG, Belo Horizonte, 2005, 362p.

MODENESI, P. J. **Introdução à Física do Arco Elétrico e sua Aplicação na Soldagem dos Metais**. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais. Belo Horizonte, fevereiro de 2008.

MODENESI, P. J. Classificação e Utilização de Processos de Soldagem. Disponível em: <www.infosolda.com.br> Acesso em: 15 out. 2004.

NERIS, M. M. **Soldagem**. [São Paulo]: CPS/CETEC, 2012. 51 p. Disponível em: Acesso em: 5 dez. 2013.

OKUMURA, T.; Taniguchi, C. **Engenharia de soldagem e aplicações**. Rio de Janeiro: LTC 1982.

PAREDES, R. S. C. **Aços Inoxidáveis – Metalurgia e Soldabilidade**. UFPR, 2011.

QUITES, A.M., DUTRA. J.C. **Tecnologia de soldagem a arco voltaico**. Florianópolis, Edene, 1979, p. 174-86.

SENAI. DR. PE. **Tecnologia de solda – processo tig e eletrodo revestido**. Recife, SENAI.PE/DITEC/DET, 2001. 49 p. il.

SOLDAGEM – Coleção tecnológica - SENAI - 1ª ed., São Paulo, 1997, p. 373ª 385.

WAINER, E. et al. **Soldagem – Processos e Metalurgia**. Ed. Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 1992, 494 p.

WAINER, E.; BRANDI, S. D.; HOMEM DE MELLO, F. D. **Soldagem: processos e metalurgia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2002. 494 p.

WELDING HANDBOOK - Vol. 1, 7ª Edição, American Welding Society, Miami, Fl. 1976.