



2º CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO & GÁS

DESENVOLVIMENTO DE PROCEDIMENTOS ALTERNATIVOS PARA A SOLDAGEM DE DUTOS.

Fernando Pellizzaro¹, Raul Gohr Junior²

¹ Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC, Trindade/ caixa postal: 246 –
Florianópolis-SC 88040-900, fepll@labsolda.ufsc.br

² Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC, Trindade/ caixa postal: 246 –
Florianópolis-SC 88040-900, rgj@labsolda.ufsc.br

Resumo – O projeto busca empregar variantes do processo MIG/ MAG, como alternativa à soldagem com eletrodos revestidos em tubos de aço API 5L - X 65 de 405,00 mm de diâmetro e 14,3 mm de espessura. Para tanto, partiu-se para o desenvolvimento de uma variante, denominada de curto-circuito controlado. Foi desenvolvido um programa de controle para instalação em uma fonte microprocessada, projetada e construída no LABSOLDA. Além da seleção das variáveis de soldagem, o programa também permite ao soldador a mudança na resposta da fonte, através de uma chave instalada na tocha. Com a introdução destes recursos é esperado obter uma boa melhoria no aspecto do reforço do passe de raiz em tubulações. Para os ensaios realizados na posição vertical descendente, a configuração das variáveis (corrente, tensão e velocidade de arame) se encontra em um nível satisfatório. Percebe-se ainda, que a velocidade de soldagem, a inclinação da tocha e o afastamento entre as peças têm grande influência sobre o reforço no passe de raiz, e ainda estão em estudo. Já se consegue alguns trechos com boa penetração, porém busca-se isto em toda a extensão da solda. Em uma próxima etapa, serão realizadas soldagens nas posições plana e sobre cabeça.

Palavras-Chave: processo MIG-MAG; curto-circuito controlado; passe de raiz.

Abstract – The project aims at the employment of variants of the MIG-MAG welding process as an alternative to the welding with covered electrodes on 405,00 mm diameter and 14,3 mm thickness API 5L - X 65 steel pipes. For this purpose, the development of a process variant has begun, the so called MIG/MAG with metal transfer by short-circuit and current control, or simply MIG/MAG with controlled short-circuit. A control program has been developed to be installed in a microprocessed welding source, projected and constructed in LABSOLDA. Aside from the welding variables selection, the program also permits to the welder a switching in the welding source response through a key installed on the torch. With the introduction of these resources it is expected to obtain an improvement over the aspect of the root pass weld in pipes. With respect to the tests performed in the vertical descending position, the variables configuration (amperage, voltage and wire speed) is in a satisfactory level. It was noticed that yet the welding speed, the torch inclination and the separation between the pieces have large influence over the root pass weld, and are still in study. Up to this moment, there has been some segments with good penetration, however this is desired on the whole welding extension. In a following stage, weldings in the plane position and overhead will be performed.

Keywords: MIG-MAG process, controlled short-circuit, root pass.

1. Introdução.

A necessidade de melhorar a qualidade, minimizar os custos e reduzir os tempos em obras de oleodutos faz com que se busquem novos processos de soldagem que atendam estes requisitos.

Com base nisto, vem sendo realizado um trabalho, conduzido no LABSOLDA, voltado ao desenvolvimento de procedimentos alternativos de reparo de oleodutos. O projeto busca empregar variantes do processo MIG/ MAG, como o curto-circuito controlado, como alternativa à soldagem com eletrodos revestidos (processo atualmente utilizado) de tubos de aço API 5L - X 60 de 168,3 mm de diâmetro e 12,7 mm de espessura de parede e aço API 5L - X 65 de 405,00 mm de diâmetro e 14,3 mm de espessura de parede.

2. Visita a uma Balsa de Lançamento de Dutos da Petrobrás.

Devido aos contatos mantidos com profissionais envolvidos diretamente em obras de montagem de dutos e ao grande interesse deles na pesquisa, foi realizada uma visita a uma balsa de lançamento de dutos, o que permitiu um melhor conhecimento do processo empregado (eletrodo revestido) e também confrontar as informações levantadas no laboratório com aquelas praticadas em campo (tipo do eletrodo, posição de soldagem, número de passes, principal defeito, tipo da tubulação e gargalos do processo).

Durante a visita estava em andamento a soldagem de uma tubulação API 5L- X65 de 405,00 mm de diâmetro e 14,3 mm de espessura de parede, empregando o eletrodo E6010 (4 mm de diâmetro) para o passe de raiz, o E8010-G, de 4 mm, para o passe quente e o E8010-G, com 5 mm de diâmetro, para os passes de enchimento e de cobertura. Devido à espessura, foi especificado um procedimento de soldagem nove passes para o preenchimento completo da junta. Identificou-se que as dificuldades observadas nos testes com os eletrodos celulósicos conduzidos no laboratório, como o aspecto do cordão, pouca escória e de difícil remoção, excesso de salpicos, mordeduras e arco instável, foram confirmados na balsa.

A soldagem de todos os passes é feita em quatro estações de trabalho, cada uma com dois soldadores e dois operadores de esmerilhadeira. Na primeira estação são soldados o passe de raiz e o passe quente, na segunda são soldados dois passes de enchimento, na terceira três de enchimento e na quarta dois de cobertura. A técnica empregada envolve o início da soldagem em um mesmo ponto na parte superior do duto, seguindo até chegar na parte inferior. Após realizar o passe, dois operadores de esmerilhadeira, também trabalhando em lados opostos, desgastam a parte superior do cordão para reduzir as mordeduras e os salpicos antes do início da soldagem do próximo passe.

3. Soldagem de Duto API 5L- X65 de 405,00 mm pelo Processo MIG/ MAG.

Pelo interesse destes profissionais na pesquisa desenvolvida, foram enviadas para o laboratório seis amostras do tubo API 5L-X65 de 405,00 mm de diâmetro e 14,3 mm de espessura de parede solicitando que fosse realizado um procedimento para a soldagem MIG/MAG deste tipo de tubulação.

Nas amostras enviadas foi preparada junta com chanfro em “V - 60°” para a condução de depósitos na posição vertical descendente, como se observa na figura 1. Nestes ensaios, a tubulação foi fixada em posição semelhante a que é utilizada na balsa, isto é, com o tubo fixo na horizontal, com sua parte inferior a uma altura de aproximadamente 900 mm do chão, permitindo que o soldador tenha acesso a toda extensão da junta a ser soldada. Foi utilizado para as soldagens o gás CO₂ e arame sólido ER70S-6 de 1,2 mm de diâmetro.



Figura 1. Montagem de duto API 5L- X65 de 405,00 mm de diâmetro.

Os testes conduziram a um procedimento onde:

- A – O primeiro passe, denominado como passe de raiz, é soldado com transferência por curto-circuito, devido a melhor combinação entre velocidade de soldagem e geometria do verso do passe de raiz;
- B – No passe quente e nos passes de enchimento, foi empregado a transferência por projeção axial (corrente pulsada) por permitir uma boa fusão das bordas laterais da junta;
- C – Nos passes de cobertura, foi utilizado o modo de transferência por curto-circuito devido ao melhor aspecto visual dos depósitos.

Foram obtidos bons resultados no que se refere ao acabamento do cordão e no número de passes necessários ao preenchimento (07 passes). Comparativamente a soldagem com eletrodos revestidos, a menor quantidade de passes e o bom acabamento em todos os cordões, o que dispensa operações de remoção de material através de esmerilhadeiras, indica a possibilidade de uma considerável redução do tempo de operação com a soldagem pelo processo MIG/ MAG.

Como aspecto indesejável identificado, torna-se necessário otimizar as dimensões da junta para eliminar o problema da falta de penetração do passe de raiz. Também para sanar esta dificuldade esta sendo desenvolvido o processo MIG-MAG por curto-circuito controlado.

4. O Processo MIG-MAG com Curto-Circuito Controlado.

O curto-circuito controlado é uma forma de se obter a transferência por curto-circuito com níveis baixos de salpicos. O curto-circuito convencional, na maioria das aplicações, utiliza uma fonte de soldagem com característica estática de tensão constante (controle da tensão do arco), resultando numa forma de onda característica. Já no curto-circuito controlado, não existe nenhum padrão de forma de onda definida, o que existe são algumas propostas de formas de ondas que dependem de cada técnica de controle utilizada.

Todas as técnicas baseiam-se na redução da corrente no instante final ou inicial do curto-circuito, ou em ambos, instantes estes apontados como críticos em relação a produção de salpicos. Devido a estas técnicas serem pouco difundidas até o presente momento, quase não existem informações referentes aos valores que a corrente assume nos diferentes estágios da transferência metálica, bem como sobre a influência do tipo de tecnologia empregada na estrutura de potência que fornece a corrente de soldagem, e ainda sobre as limitações, vantagens e desvantagens em relação a outras modalidades de transferência metálica.

Quando a quantidade de salpicos gerada durante a solda é elevada, além dos gastos adicionais para removê-los, tem-se uma situação onde o soldador está sujeito a um maior desconforto e a uma maior dificuldade de visualização da poça de soldagem, que pode induzir o mesmo a produzir uma solda com defeitos.

5. Desenvolvimento da Transferência por Curto-Circuito Controlado.

Como a soldagem do passe de raiz com o processo MIG/ MAG operando no modo de transferência curto circuito convencional não apresentou os resultados desejados, partiu-se para o desenvolvimento de uma variante, denominada de curto circuito controlado. Para tanto, foi desenvolvido um programa de controle para instalação em uma fonte microprocessada, projetada e construída no LABSOLDA. Além da seleção das variáveis de soldagem, o programa também permite ao soldador a mudança na resposta da fonte, através de uma chave instalada na tocha, ao longo do perímetro de soldagem dos dutos. Isto porque a dinâmica de resposta da fonte que permite as condições mais estáveis para a soldagem do topo do tubo (posição plana) são diferentes daquela empregada na parte inferior deste (posição sobre cabeça). Desta forma, com o acionamento da chave, o soldador tem uma condição de soldagem mais favorável dada a manutenção de um arco mais estável, independente do ponto do tubo que esta sendo soldado. Com a introdução destes recursos é esperado obter uma boa melhoria no aspecto do reforço do passe de raiz em tubulações.

5.1. Configuração de uma Tocha MIG/MAG Específica para Soldagem de Dutos.

Com o objetivo de melhorar a estabilidade do arco e a condução da tocha e da solda, foram feitas alterações no bico e bocal de uma tocha convencional, mostrada na figura 2. Pode-se observar através da figura 3, que o bocal foi reduzido permitindo que o bico sobressaia em 4 mm, ficando mais próximo do chanfro no momento da soldagem, garantindo uma condução mais cômoda e precisa por parte do soldador, principalmente para a realização de tecimentos. Conseguiu-se com isto além da maior estabilidade do arco, um melhor aspecto do cordão.



Figura 2. Tocha original.



Figura 3. Tocha adaptada.

5.2. Testes Iniciais do Programa e da Nova Tocha.

Realizaram-se ensaios para adaptar o soldador a nova configuração da tocha e também para testar o novo programa em condições reais de soldagem.

Com as alterações na tocha, foram alcançados os resultados desejados como: 1- melhora na estabilidade do arco, 2- condução da tocha mais fácil, principalmente para a realização de tecimentos e controle do passe de raiz.

O programa respondeu bem, pode-se observar melhora na estabilidade do arco soldando sobre cabeça.

Após estas verificações foram realizados os primeiros ensaios em corpos de prova na posição vertical descendente.

6. Otimização dos corpos de prova.

Durante os ensaios surgiu a necessidade de corpos de prova mais práticos, que fossem leves, menores em uma de suas dimensões, mas sem prejudicar as medidas do chanfro. Teriam também que ser baratos e rápidos para se preparar.

Optou-se então por construí-los a partir de barras maciças com perfil retangular de 50,8 x 12,7 mm, ao invés de se usar chapas como de costume. Com o objetivo de avaliar as vantagens ou desvantagens da substituição foi feito um estudo de viabilidade econômica, para isto foi considerada a confecção (corte na dimensão e chanfro) de 15 corpos de provas de 50,8 x 12,7 x 200 mm.

Foi pesquisado o preço dos materiais. As barras são 41% mais baratas em relação à chapa para fazer a quantidade estipulada de peças. Para cortar nas dimensões e fazer o chanfro, foi considerando o processo de oxicorte. Levantou-se o preço dos gases (acetileno e oxigênio), foi calculado o consumo e verificado que para as barras a quantidade de gases consumida é 52 % menor. Com isto chegou-se a conclusão que a substituição é economicamente viável.

Foram construídos alguns corpos de provas com barras para a realização de ensaios. Além das vantagens econômicas citadas acima, tem-se ainda, um tempo de preparação muito menor e facilidade no manuseio.

7. Ensaios na Posição Vertical Descendente.

Para os ensaios realizados na posição vertical descendente, a configuração das variáveis (corrente, tensão e velocidade de arame) se encontra em um nível satisfatório. Percebe-se ainda, que a velocidade de soldagem, a inclinação da tocha e o afastamento entre as peças têm grande influência sobre o reforço no passe de raiz (mostrado nas figuras 4 e 5), e ainda estão em estudo. Já se consegue alguns trechos com boa penetração, porém busca-se isto em toda a extensão da solda.



Figura 4. Aspecto do cordão com boa penetração (vista inferior).



Figura 5. Aspecto do cordão com penetração insuficiente (vista inferior).

Em comparação com ensaios realizados na mesma posição utilizando o processo de eletrodo revestido para a realização do passe de raiz, verifica-se o seguinte:

- 1- No processo de eletrodo revestido, o cordão apresenta mordeduras na maioria da sua extensão, conforme mostra a figura 6. A quantidade de salpicos é alta. O aspecto do cordão é ruim, necessitando de esmerilhamento a fim de deixar uma superfície mais regular para o segundo passe ser dado.
- 2- No processo MIG por curto-circuito controlado, o cordão não apresenta mordeduras. A quantidade de salpicos é baixa. Pode-se observar na figura 7 que o aspecto do cordão é bom, sendo que não necessita de esmerilhamento para fazer o segundo passe.



Figura 6. Aspecto do cordão (vista superior) feito pelo processo de eletrodo revestido.



Figura 7. Aspecto do cordão (vista superior) feito pelo processo MIG curto-circuito controlado.

8. Próximas Atividades.

Em uma próxima etapa, serão realizadas soldagens nas posições plana e sobre cabeça. Será feito um estudo sobre a influência da velocidade de soldagem, inclinação da tocha e afastamento das peças, sobre o reforço do passe de raiz para as diferentes posições acima citadas.

Após definir as variáveis acima para os corpos de prova de barra, serão soldadas tubulações. Sendo positivos os resultados alcançados na soldagem de tubos, será testado o procedimento em balsa na soldagem de oleodutos.

9. Conclusões.

Os trabalhos conduzidos até o presente permitiram desenvolver um novo procedimento para a soldagem MIG/MAG de dutos API X-65, a transferência por curto-circuito controlado. Apesar dos bons resultados até o momento, serão necessários mais ensaios para aumentar o reforço do passe de raiz. Esta melhoria é fundamental, pois é o fator decisivo na adoção do processo MIG/MAG para a soldagem de dutos.

10. Referências.

GOHR, RAUL J. Novos Métodos de Controle da Soldagem MIG-MAG. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

New Lessons in Arc Welding. The Lincoln Electric Company, Sec. 7.14 e 7.15, Cleveland, Ohio, 1982.