

Desenvolvimento e análise de Procedimentos de Soldagem Orbital Mecanizada por Intermédio de Manipulador Robótico para a União de Dutos

(Automated Procedure of Orbital Welding by robotic handler for union of pipes with the gmaw process)

Ramon Natal Meller¹, Fernando Costenaro¹, Renon Steinbach Carvalho¹, Regis Henrique Gonçalves e Silva, Jair Carlos Dutra

¹Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Mecânica / LABSOLDA, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, ramon@labsolda.ufsc.br

Resumo

O setor de petróleo e gás brasileiro, graças ao pesado investimento que vem recebendo nos últimos anos, encontra-se em fase de grande expansão. Para o transporte do petróleo e seus derivados e a distribuição dos mesmos ao mercado após seu processo de manufatura, a utilização de linhas dutoviárias torna-se necessária, devido à grande quantidade de produto que pode ser movimentada por tempo e ao baixo custo de sua aplicação e manutenção quando comparada a outros meios de transporte existentes.

Com o objetivo de contribuir para a constante expansão do setor de petróleo e gás brasileiro, este trabalho propõe o desenvolvimento de um procedimento de soldagem automatizado para a soldagem de união de dutos, o qual garanta a qualidade final dos cordões de solda gerados, com a consequente diminuição da necessidade de retrabalho, do tempo necessário para a conclusão dos projetos de construção e também dos gastos envolvidos. Para tanto foram realizados testes de soldagem nas posições vertical ascendente, sobre-cabeça e vertical descendente. Foram obtidos parâmetros de soldagem que geraram cordões de solda de boa qualidade para cada uma das posições citadas, comprovada posteriormente por ensaios mecânicos. Em seguida, foram realizados testes de soldagem orbital mecanizada em dutos a fim de avaliar os procedimentos em conjunto.

Os resultados obtidos nas soldagens fora de posição (posições diferentes da posição plana) e na soldagem orbital foram satisfatórios. Os cordões de solda possuem um bom aspecto visual e sem presença de possíveis falhas que comprometam a integridade do cordão.

Palavras-chave: Soldagem Orbital, Procedimento Mecanizado, Linhas Dutoviárias, Processo GMAW.

Abstract: The sector of oil and gas in Brazil, by the investment it has seen in the last years, is in expansion. For the transportation of oil and derivatives and also their distribution to the market after its manufacturing process, the use of pipelines becomes necessary due to the large amount of product can be moved by time and the low cost of their implementation and maintenance when compared to other existing means of transport.

With the intention of to contribute to the constant expansion of the Brazilian sector of oil and gas, this paper proposes to develop an automated welding procedure for the union of pipes through of the FCAW process, which guarantees the final quality of the weld produced with the consequent reduced of rework, reducing the time required for completion of construction projects and also the reduction of the expenses involved. Were made weldings in the positions vertical up, over-head and vertical down. Ideal welding parameters were defined that led to the weld beads of good quality, proved later by mechanical tests. From the parameters obtained for welding in the mentioned positions, tests have been developed in automated orbital welding products thus developing an automated procedure for welding union of pipes using the FCAW process.

The results obtained in the welding out of position (positions other than flat) and girth welding were satisfactory. The weld beads have good visual appearance and without the presence of possible failures that compromise the integrity of the cord.

Key-words: Girth Welding; Mechanized Procedure; Pipelines; GMAW Process.

1. Introdução

A soldagem, como processo de fabricação, tem papel essencial para o desenvolvimento tecnológico e industrial do país. A criação e utilização de tecnologias e métodos inovadores para a otimização dos trabalhos na indústria, proporcionando a diminuição do tempo despendido para a

realização dos serviços e o melhoramento das condições de trabalho, é muito importante para fazer do Brasil um país competitivo na concorrência com os demais países que têm empresas no setor.

O petróleo e seus derivados precisam ser locomovidos até as refinarias e também ser distribuídos ao mercado. Por isso, a construção de linhas dutoviárias está em constante expansão e necessita de uma maior produção. Entretanto, a construção de dutos ainda é desenvolvida de forma bastante rudimentar

A soldagem de união de dutos é, quase que em sua totalidade, efetuado manualmente, com o processo de soldagem por eletrodos revestidos (ER). Isto pode ser justificado pela disponibilidade de soldadores capacitados e pela eficiência já comprovada por vários anos de sua utilização. Um exemplo é a construção do gasoduto Bolívia-Brasil, que foi realizado com os eletrodos revestidos (E6010) para o passe de raiz e o (E8010-G) para os demais passes de preenchimento [1].

No meio internacional de pesquisa existem muitos avanços e trabalhos realizados com o objetivo de otimizar os procedimentos de soldagem na construção de linhas dutoviárias. O processo de soldagem MIG/MAG é um dos processos mais empregados atualmente. As grandes vantagens desse processo são cordões de qualidade e a facilidade de automatização, tornando os trabalhos muito mais produtivos, com redução dos custos totais de projeto e diminuição do tempo necessário para a finalização dos mesmos. Como exemplo, podem ser citadas as pesquisas com soldagem por intermédio do processo MIG/MAG com duplo arame, onde dois arames são utilizados no mesmo passe de soldagem [8].

Na visão de Yapp e Blackman [2], o processo de soldagem MIG/MAG é o processo mais empregado para a soldagem de união de dutos de grandes diâmetros e isso tem aumentado significativamente a produtividade. Como exemplo deste tipo de operação, pode-se citar a construção de um gasoduto no Canadá, construído em condições severas de clima, com temperaturas negativas, em meio à neve [3]. São apontadas como vantagens da utilização do processo MIG/MAG na comparação com outros processos de soldagem [3]:

- O tempo para completar a soldagem de uma junta (do passe de raiz até o reforço) passa a ser contado em minutos ao invés de horas;
- As soldas são mais consistentes e uniformes ao longo da linha e a necessidade de retrabalho diminui.

As vantagens citadas, somadas à carência de soldadores qualificados para este tipo de trabalho transformam a soldagem mecanizada de dutos em um meio eficaz para conseguir produtividade em um setor tão importante.

É com o objetivo de contribuir para a otimização das soldagens efetuadas na construção de linhas dutoviárias, aumentar a produtividade e favorecer melhor condição aos trabalhadores que desenvolvem serviços neste meio, que este trabalho propõe o desenvolvimento de procedimentos de soldagem mecanizados, no que diz respeito à condução da tocha de soldagem, e também à análise dos resultados e da qualidade dos cordões de solda obtidos.

Para tanto, inicialmente foram desenvolvidos testes de soldagem fora de posição, nas posições vertical ascendente, vertical descendente e sobre-cabeça, conforme demonstrado na Figura 1 [5]. Estes ensaios foram necessários devido à grande diferença da ação da força da gravidade durante a soldagem orbital (soldagem onde o manipulador robótico percorre em redor dos dutos, deslocando a tocha e realizando a soldagem de união), uma vez que a poça de fusão é composta por material de adição líquido. Foram obtidos parâmetros de soldagem de qualidade. Em seguida, foram iniciados os testes de soldagem de união em dutos, no qual os resultados serão demonstrados neste trabalho.

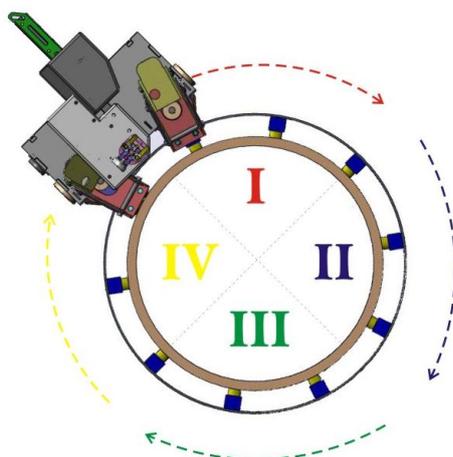


Figura 1. Posições de soldagem simuladas para a soldagem em dutos [5]: I - plana; II - vertical descendente; III - sobre-cabeça e IV - vertical ascendente.

2. Materiais e Métodos

2.1 Bancada, Equipamento e Consumíveis

A bancada de ensaios das soldagens fora de posição é composta pela fonte de soldagem (Figura 2A-1) [4], a qual foi empregada durante todos os ensaios de soldagem nas posições vertical ascendente, vertical descendente, sobre-cabeça e orbital e pelo manipulador robótico (Figura 2B-2) [5], sendo que o mesmo foi utilizado nos ensaios executados de forma mecanizada.

Em todos os ensaios de soldagem fora de posição tomou-se como base o mesmo corpo de prova padrão, constituído por chapas de aço carbono com dimensões de 200 x 75 x 16 mm. Posteriormente, estas chapas foram cortadas com processo oxicorte e lixadas de modo a se ter uma junta em “V” com as dimensões indicadas na Figura 2B. Os corpos de prova utilizados na soldagem orbital foram dutos de 16 polegadas de diâmetro de 3/8 polegadas (9,5 mm) de espessura de parede. Como gás de proteção empregou-se uma mistura de 75% de argônio e 25% de dióxido de carbono.

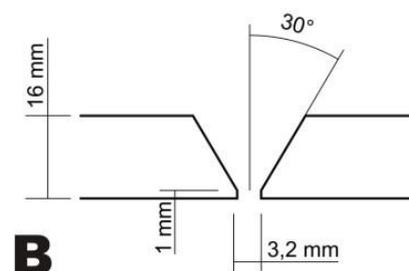


Figura 2. Em (A) bancada de ensaios experimentais de soldagem na vertical e em (B) dimensões da junta “V” dos corpos de prova.

Na Figura 3 demonstra-se o suporte de fixação dos dutos utilizados nos testes de soldagem orbital e cordões de solda obtidos nos mesmos. O suporte foi especialmente projetado para a fixação dos corpos de prova para a soldagem orbital, sendo facilmente desmontável para transporte.

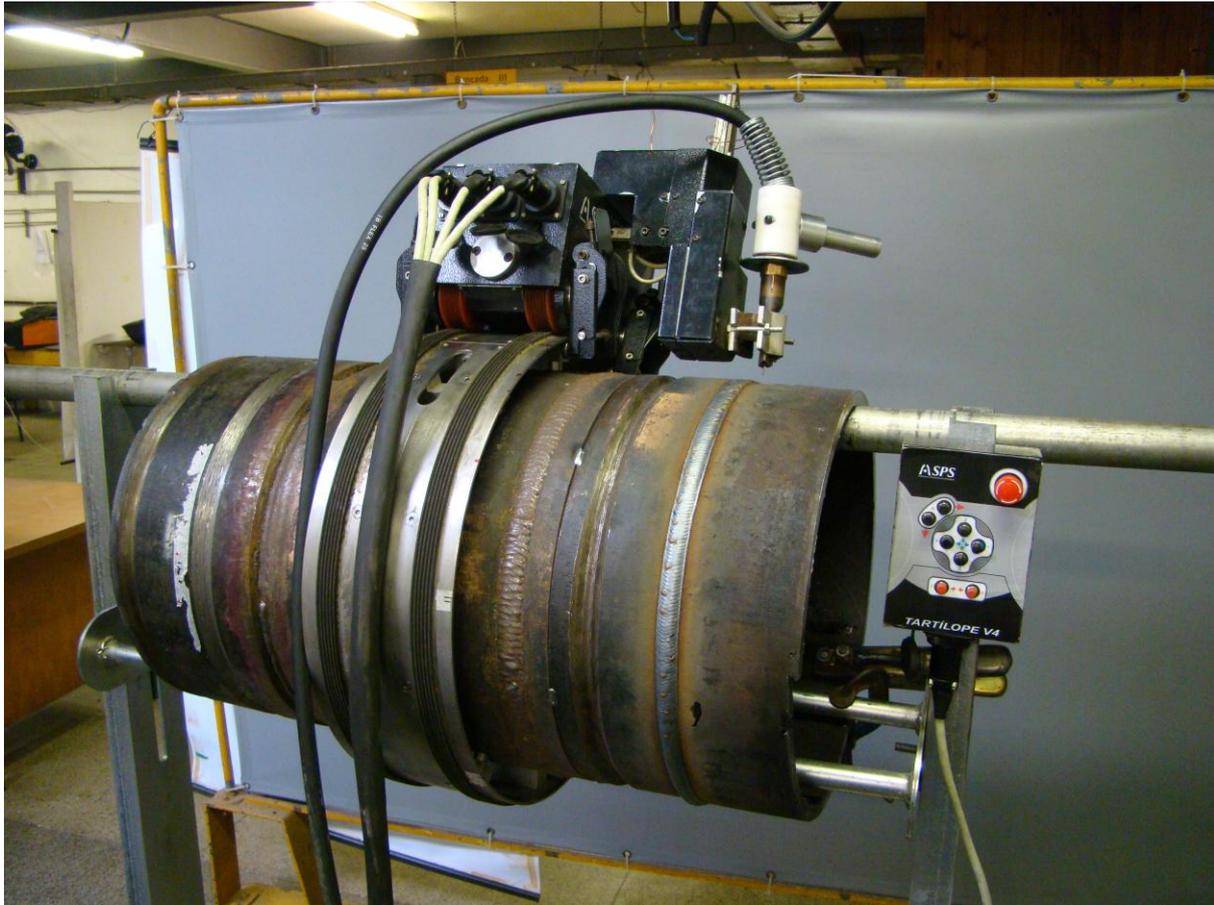


Figura 3. Suporte de dutos para a realização dos testes de soldagem orbital.

2.2 Procedimentos Experimentais

Inicialmente, foram realizadas soldagens de forma manual nas posições vertical ascendente, vertical descendente e sobre-cabeça, para que se tivesse um ajuste preliminar dos principais parâmetros de soldagem (tensão de soldagem, velocidade de alimentação do arame, velocidade de soldagem e vazão de gás de proteção). Durante estes testes, foram observados detalhes práticos relacionados com a soldagem (movimentos realizados pelo soldador e ângulo de ataque da tocha) para que, mais tarde, fossem reproduzidos com o sistema de deslocamento automatizado de tocha.

Com os procedimentos de soldagem manual finalizados, foram iniciadas as soldagens com o sistema mecanizado de deslocamento de tocha nas posições vertical ascendente, descendente e sobre-cabeça. A principal preocupação nesta etapa foi obter cordões de solda uniformes, de bom aspecto superficial, isentos de falhas (mordeduras, falta de penetração, trincas e porosidades) e sem que ocorresse o escorrimento do metal de adição, que se encontra em estado líquido, durante a soldagem. Para tanto, foi analisada a melhor forma de realizar cada passe de solda no preenchimento da junta, por intermédio da definição das condições e parâmetros de soldagem obtidos durante os testes em todas as posições.

Para a avaliação da qualidade dos cordões de solda, foram realizados, além da inspeção visual, ensaios não destrutivos como líquido penetrante (que evidencia defeitos superficiais) e raio-X (que detecta defeitos no interior do cordão de solda). E depois, os corpos de prova foram seccionados transversalmente ao seu comprimento e foi realizado ensaio metalográfico, para detectar defeitos como falta de fusão nas laterais do cordão de solda, trincas e mordeduras.

Por fim, após a obtenção de cordões de solda de qualidade nos testes fora de posição, os resultados foram utilizados para na soldagem orbital mecanizada nos dutos.

3. Resultados e Discussão

Com os parâmetros obtidos nos testes de soldagem fora de posição, foi possível obter os cordões de solda mostrados na Figura 4. Nesta figura em (A) tem-se o aspecto superficial de um cordão de solda obtido. Já em (B) e (C) tem-se os resultados do ensaio de líquido penetrante e raio-X, respectivamente. Estes não evidenciaram quaisquer falhas ao longo do cordão, tanto superficial quanto internamente.

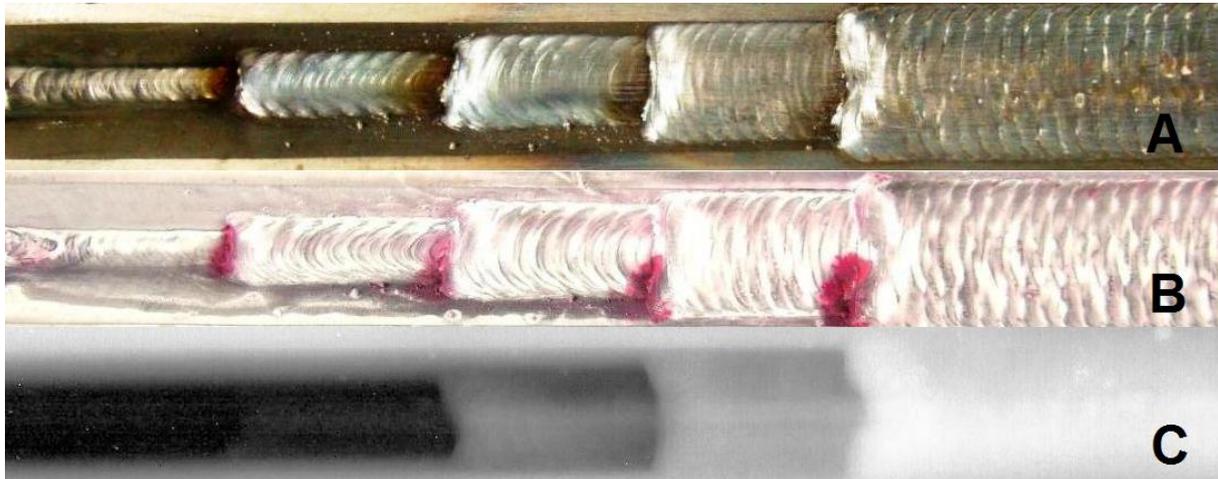


Figura 4. Cordões de solda realizados na posição vertical ascendente com resultados dos ensaios de líquido penetrante e de raios-X.

Na figura 5 está demonstrado o aspecto do cordão de solda internamente, por intermédio da realização de uma macrografia (corte transversal ao comprimento do cordão de solda, polido e atacado com produtos químicos). Na imagem não é possível constatar a presença de nenhum tipo de defeito, como por exemplo, falta de fusão nas laterais, porosidades ou trincas. O desalinhamento do ultimo cordão deve-se ao fato do desalinhamento entre as chapas durante a soldagem.



Figura 5. Exemplo de macrografia de um dos cordões de solda realizados nos testes experimentais.

Por intermédio da análise visual e dos resultados obtidos nos ensaios mecânicos (destrutivos e não-destrutivos) efetuados nos cordões realizados, nenhum tipo de falha comprometedora foi evidenciada.

A Figura 6 apresentação aspecto superficial do último cordão da soldagem orbital mecanizada. Foram efetuados 3 cordões, considerando também o passe de raiz para o preenchimento completo da junta, no qual é possível observar a excelente qualidade do cordão de solda obtido



Figura 6. Cordão de solda realizado nos testes de soldagem orbital.

4. Conclusões

Este trabalho se concentrou no desenvolvimento de parâmetros para a soldagem de preenchimento de uma junta em “V” em chapas planas, fora de posição e em dutos. Foi possível verificar que a maior dificuldade neste tipo de procedimento está em manter a poça de fusão estável, de maneira que não ocorra o colapso da mesma, o que resulta em respingos grosseiros e o escorrimento do metal líquido durante a soldagem.

Para que isto não ocorra, é importante que se combine velocidade de soldagem, padrão de tecimento e regulagem da fonte de soldagem de maneira adequada. A utilização de parâmetros não adequados, como por exemplo, velocidades de soldagem muito baixas com relação à alimentação de arame utilizada, poderia causar o escorrimento do metal de adição líquido da poça de fusão. Este objetivo foi alcançado e demonstrado nas figuras do trabalho. Apesar de estarem restritos a apenas um tipo de junta (chanfro em “V”), os procedimentos contidos neste artigo podem facilmente servir como base para outras geometrias de junta.

Com os parâmetros obtidos para cada situação, foi possível produzir cordões de solda de boa qualidade. Os cordões de solda foram submetidos a ensaio radiográfico e nenhum tipo de falha comprometedora foi evidenciado.

Por fim, como objetivos futuros desta linha de pesquisa estão: a otimização das velocidades de soldagem empregadas, analisando métodos diferentes a ser empregados ao passe de raiz e demais passes de enchimento (como, por exemplo [9], a qual trata de um processo em que os curtos circuitos que ocorrem durante a soldagem com baixa corrente no processo MIG/MAG são amenizados com o controle da corrente), a comparação entre soldagem na vertical ascendente e descendente nos dutos, a realização de ensaios de tração e dobramento dos cordões, a otimização dos equipamentos utilizados nos testes experimentais de soldagem, além da utilização de outros tipos de arame de adição.

5. Agradecimentos

Um trabalho como o aqui apresentado, que envolve várias ciências e tecnologias, não poderia ser executado somente pelos autores citados. Ele engloba toda uma equipe pertencente ao LABSOLDA, constituída de técnicos, bolsistas de graduação, mestrandos, doutorandos e pessoas de renome no meio nacional na área de pesquisa com soldagem. A todos um grande agradecimento.

Também à ANP, pela bolsa de pesquisa que tornou possível a realização deste trabalho e à FINEP que auxiliou financeiramente para a viabilização da pesquisa.

6. Referências Bibliográficas

- [1] FEDELE, R. Soldagem de Tubulações: Metalurgia, Procedimentos e Desafios, Metalurgia e Materiais, v.58, n.521, Maio 2002.
- [2] D. YAPP; S. A. BLACKMAN. Recent Developments in High Productivity Pipeline Welding, Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, vol.26, n.1, Março 2004.
- [3] JOHNSEN, M. R. U.S. Pipeline Industry Enters New Era, Welding Journal, vol.78, n.11, p.37-41, Novembro 1999.
- [4] IMC SOLDAGEM, MTE DIGITEC 450/600. Disponível em: <<http://www.imc-soldagem.com.br/mte.html>>. Acesso em: 15 de junho de 2010.
- [5] CARVALHO, R.S. Robô CNC para a automação da soldagem MIG/MAG em posições e situações de extrema dificuldade. 2009. 121 f.. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- [6] MELLER, R. N., Análise comparativa entre o Arame Maciço e o Tubular no Processo de Soldagem MIG/MAG - Posição Vertical Ascendente. XXXVI CONSOLDA, Recife PE, outubro de 2010.
- [7] MELLER, R. N. Elaboração de Parâmetros Para A Soldagem Orbital Automática Na Construção De Dutos De Petróleo E Gás. XVII CREEM, Viçosa MG, Agosto de 2010.
- [8] YAPP, D., LIRATZIS, T. Development of High Productivity Girth Welding, 1st IIW European-South American School of Welding and Correlated Processes, May, Ouro Preto – Brazil.
- [9] SILVA, R, H, G, S, DUTRA, J. C.; GOHR J, R.; OLIVEIRA, M. A.; Soldagem MIG/MAG Em Curto-Circuito Controlado (CCC) Aplicada ao Passe de Raiz. In: XXX CONSOLDA, 2005, São Paulo - SP.