

Copyright 2014, Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis - IBP

Este Trabalho Técnico foi preparado para apresentação na **Rio Oil & Gas Expo and Conference 2014**, realizado no período de 15 a 18 de setembro de 2014, no Rio de Janeiro. Este Trabalho Técnico foi selecionado para apresentação pelo Comitê Técnico do evento, seguindo as informações contidas no trabalho completo submetido pelo(s) autor(es). Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis, Sócios e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor(es) que este Trabalho Técnico seja publicado nos Anais da *Rio Oil & Gas Expo and Conference 2014*.

Resumo

Após a extração das reservas subterrâneas, o petróleo e seus derivados precisam ser transportados para as refinarias e posteriormente para o mercado. Para isso há a necessidade da construção de grandes extensões de tubulações, as quais são responsáveis pelo seu transporte. As tubulações são constituídas por vários tubos, com comprimentos variando geralmente entre 10 a 15 metros. Os tubos são unidos uns aos outros formando as chamadas linhas dutoviárias, ou dutovias. A união dos tubos na construção deste tipo de tubulação é realizada geralmente por processos de soldagem.

Atualmente a grande maioria dos procedimentos de soldagem desenvolvidos para esta aplicação é, ainda, bastante rudimentar, sendo realizados manualmente com o processo SMAW. Porém há, hoje, uma grande tendência da implementação de tecnologia para a otimização dos trabalhos que precisem de alta produtividade e eficiência. Esta tendência é bastante evidente também na construção de linhas dutoviárias com a utilização de processos de soldagem mais eficientes e da mecanização das operações.

Há uma busca crescente para o desenvolvimento de procedimentos de soldagem orbital em união de dutos inteiramente com o processo de soldagem GMAW, com manipuladores robóticos para o deslocamento automatizado da tocha de soldagem. Isso possibilita maior qualidade nos cordões de solda, parâmetros de soldagem mais otimizados, redução de tempos mortos entre passes de soldagem, uso de altas taxas de alimentação de arame e por consequência altos níveis de velocidade de soldagem. Todos estes fatores combinados a procedimentos de soldagem robustos tornam a soldagem mecanizada para a união de dutos uma solução mais eficiente quando comparada às que são empregadas atualmente em construções de linhas dutoviárias, onde a produtividade dos trabalhos desenvolvidos é fortemente dependente da experiência do soldador.

Por intermédio da análise das previsões de investimento da Petrobrás, sabe-se que haverá um aumento significativo do número de construções de dutovias no Brasil. Com o objetivo de contribuir para a constante expansão do setor, este trabalho propõe o desenvolvimento de um procedimento de soldagem orbital mecanizada para a soldagem de união de dutos, garantindo 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.

Abstract

After extraction of the reserves, oil and its derivatives needs to be transported to refineries and to the market. Is the need to develop large tracts of pipes, which are responsible for their transport. The pipes are composed of several tubes with lengths generally ranging between 10 to 15 meters, the tubes are joined to each other, forming pipelines. The union of the tubes in building this type of pipe is usually carried out by welding processes.

¹ Graduando do curso de Engenharia Mecânica – LABSOLDA/UFSC

² M. Eng – LABSOLDA/UFSC

³ Dr. Eng. – LABSOLDA/UFSC

⁴ Dr. Eng. – LABSOLDA/UFSC

Currently, the majority of welding procedures developed for this application is still fairly rudimentary and were performed manually using the process covered electrode. But there is now a major trend of implementing technology for the optimization of the jobs that require high productivity and efficiency. This trend is quite evident also in the construction of lines dutoviárias with the implementation of more efficient welding processes and the mechanization of operations.

There is a growing quest for developing procedures for orbital welding of pipes completely in union with the welding process MIG / MAG, with robotic systems for automated movement of the welding torch. This enables the highest quality weld beads, the optimized welding parameters, reduction of dead time between passes welding, using high wire feed rates and consequently high levels of welding speed. All these factors combined with robust welding procedures, make mechanized welding products for joining a more efficient compared to those currently employed in the construction of lines dutoviárias where the productivity of the work undertaken is strongly dependent on the experience of the welder.

Through the analysis of investment forecasts of Petrobras, it is known that there will be a significant increase in the number of constructions of pipelines in Brazil. Aiming to contribute to the constant expansion of the sector, this paper proposes the development of a mechanized orbital welding procedure for welding union of ducts, ensuring the final quality of weld beads produced, with consequent reduced need for rework, the time required for completion of construction projects and also the costs involved.

1. Introdução

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

A construção de linhas dutoviárias se encontra em constante expansão e recebe pesado investimento do governo, pois o petróleo e seus derivados precisam ser transportados até as refinarias e depois distribuídos ao mercado. Como em várias outras áreas de atuação no país, este tipo de trabalho é desenvolvido de forma bastante rudimentar.

A soldagem de união de dutos, principal trabalho realizado na construção de dutovias, é quase que em sua totalidade efetuada manualmente com o processo de soldagem SMAW. Um bom exemplo a ser citado é o da construção do gasoduto Bolívia-Brasil, que foi realizado com os eletrodos revestidos. O E6010 para o passe de raiz e o E8010-G para os demais passes de enchimento, todos realizados manualmente, conforme afirma Fedele (2002).

No meio internacional de pesquisa existem muitos avanços e trabalhos realizados com o objetivo de otimizar os procedimentos de soldagem efetuados na construção de linhas dutoviárias. O processo de soldagem GMAW é um dos mais empregados atualmente. Os cordões de solda realizados com este processo têm boa qualidade e eficiência e são muito mais uniformes na comparação com o eletrodo revestido (SMAW). O processo GMAW torna os trabalhos muito mais produtivos, com redução dos custos totais de projeto e diminuição do tempo necessário para a finalização dos mesmos. Como exemplos podem ser citadas as pesquisas com soldagem por intermédio do processo GMAW com duplo arame de Yapp (2011), onde dois arames são adicionados à poça de fusão no mesmo passe, possibilitando o dobro de deposição de material.

O processo de soldagem GMAW é um dos processos mais empregados para a soldagem de união de dutos e isso tem aumentado significativamente a produtividade dos trabalhos conforme Yapp e Blackman (2004). Como exemplo deste tipo de operação, pode-se citar Johnsen (1999) na construção de um gasoduto no Canadá, construído em condições climáticas severas, com temperaturas abaixo de zero, em meio à neve. São apontadas como vantagens da utilização do processo GMAW, por Johnsen (1999), em comparação com outros processos de soldagem:

- 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 junta e a necessidade de retrabalho diminui;
- O emprego do processo GMAW, usando arame maciço, ajuda a prevenir a fragilização ou a geração de trincas por hidrogênio.

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

Portanto, com o objetivo de contribuir para a otimização das soldagens efetuadas na construção de linhas dutoviárias, este trabalho propõe o desenvolvimento de um procedimento de soldagem com o processo GMAW mecanizado e a análise 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 retirada de Carvalho (2009). Isto

se tornou necessário devido à grande diferença da ação da força da gravidade na poça de fusão durante a soldagem orbital (soldagem onde o manipulador robótico percorre todo o perímetro do tubo, deslocando a tocha e realizando a soldagem). Foram obtidos parâmetros de soldagem de qualidade e após isso, foram iniciados os testes de soldagem de união em dutos, onde seus resultados serão demonstrados neste trabalho.

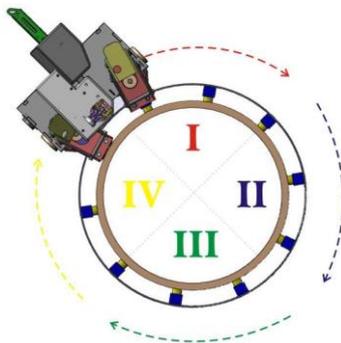


Figura 1. Posições de soldagem simuladas para a soldagem em dutos: I - plana; II - vertical descendente; III - sobre-cabeça e IV - vertical ascendente.

2. Materiais e Métodos

Para o desenvolvimento das atividades referentes ao trabalho foram necessários alguns equipamentos. Estes equipamentos foram utilizados nos testes experimentais e sem eles não seria viável o estudo demonstrado.

2.1. Bancada

As bancadas de testes das soldagens fora de posição (posições diferentes da plana), consistiram de uma mesa metálica posicionada verticalmente (Figura 2A) para os testes na vertical ascendente e descendente e de uma mesa metálica posicionada horizontalmente de cabeça para baixo (Figura 2B) para os testes de soldagem na sobre-cabeça. Em ambas foram fixados o trilho de movimentação do manipulador robótico e também os corpos de prova utilizados nos testes para a soldagem.



Figura 2. Bancadas para soldagem fora de posição.

Para os testes experimentais de soldagem orbital foram utilizadas tiras de todos ponteadas em um tubo fixado em um suporte especialmente projetado e construído para esta função, conforme verificado na Figura 3.

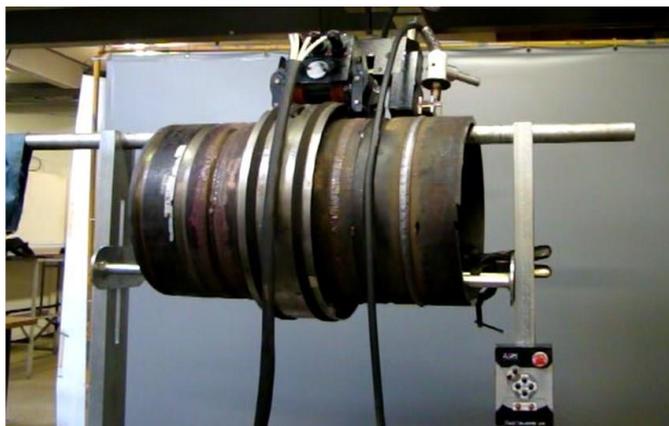


Figura 3. Suporte com os tubos para soldagem.

2.2. Fonte de Soldagem

Para todos os testes de soldagem (fora de posição e orbital), foi utilizada a fonte de soldagem eletrônica demonstrada na Figura 4.



Figura 4. Fonte de soldagem utilizada em todos os testes experimentais do trabalho.

A fonte de soldagem é composta além da estrutura demonstrada na Figura 4, por um cabeçote tracionador de arame, um sistema de refrigeração externo, uma tocha de soldagem e cabos de energia e mangueiras para condução do gás de proteção.

É muito importante salientar que a fonte de soldagem utilizada para todos os ensaios é de projeto e fabricação brasileiros, desenvolvimento do Laboratório de Soldagem da Universidade Federal de Santa Catarina (LABSOLDA).

2.3. Manipuladores robóticos

Para a movimentação automatizada da tocha de soldagem foram utilizados dois sistemas robóticos. Um para os testes de soldagem fora de posição e outro para os testes de soldagem orbital.

O manipulador robótico utilizado nos testes de soldagem fora de posição é dotado de dois eixos de movimentação. Ele é fixado em um trilho flexível que se adapta às mais variadas geometrias de superfície, sendo projetado principalmente para a soldagem de cascos de navio. Ele pode ser verificado na Figura 5.

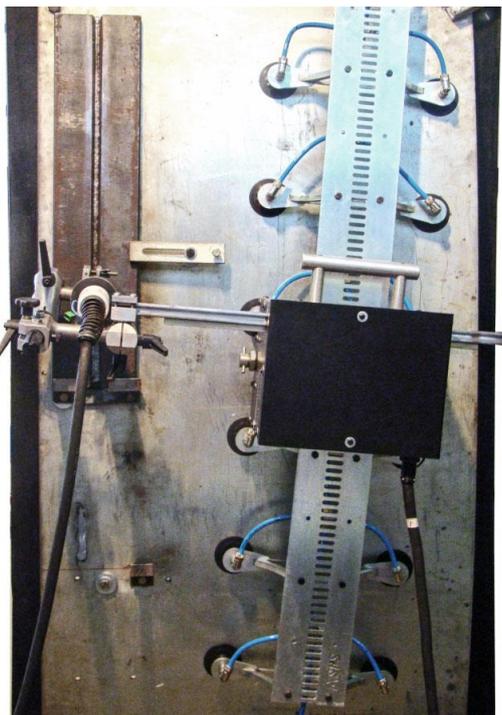


Figura 5. Manipulador robótico utilizado nos testes de soldagem fora de posição.

Já o manipulador robótico utilizado nos testes de soldagem orbital possui quatro graus de liberdade, sendo que três deles são lineares e um é rotacional, posicionado na ponta do “braço” onde é fixada a tocha de soldagem. Este manipulador foi especialmente projetado e construído para desenvolvimentos de soldagem orbital. Ele pode ser verificado na Figura 6.



Figura 6. Manipulador robótico utilizado nos testes de soldagem orbital.

É importante salientar que os dois manipuladores robóticos, assim como a fonte de soldagem já mencionada anteriormente neste trabalho são fruto de desenvolvimentos inteiramente realizados no LABSOLDA. Isto torna possibilita uma maior flexibilidade com relação aos equipamentos utilizados nos testes, porque eles podem ser alterados ou remodelados para funções especiais necessárias nos trabalhos.

2.4. Proteção Gasosa da Soldagem

Em todas as soldagens realizadas no desenvolvimento do trabalho em questão foi utilizado o gás de proteção C25 que é composto por argônio e 25% de dióxido de carbono.

2.5. Arame de Adição

O arame eletrodo utilizado para todos os testes de soldagem foi o ER70S-6, largamente utilizado na indústria nos mais diversos tipos de trabalho. O diâmetro do arame é 1,2 milímetros.

2.6. Geometria da Junta

Todos os corpos de prova dos testes experimentais, sendo eles de soldagem fora de posição (chapas retas) ou de soldagem orbital (tubos), tiveram a mesma geometria de junta a ser soldada. Tal geometria pode ser verificada na Figura 7.

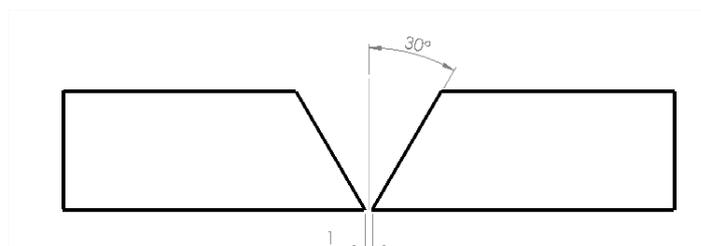


Figura 7. Geometria da junta a ser soldada.

Esta configuração de junta foi definida através de uma série exaustiva de testes experimentais para a busca da melhor abertura entre chapas possível para a utilização do processo CCC para a soldagem da raiz, além é claro, da definição de um ângulo de abertura otimizado que seja o mais restrito possível de maneira que seja necessária a menor quantidade de material de adição possível, sem que ocorram problemas na soldagem.

3. Testes experimentais

Para o desenvolvimento de um procedimento de soldagem eficiente, baseado em experiências anteriores de trabalhos realizados no LABSOLDA, optou-se por efetuar o passe de raiz com o processo CCC (curto circuito controlado) existente na fonte utilizada para o desenvolvimento do trabalho. Este processo consiste de um processo GMAW a curto-circuito e com controle de corrente. Geralmente o processo GMAW convencional possui elevada quantidade de respingos, além de ser de difícil utilização no passe de raiz em juntas abertas, pois geralmente causa a fusão demasiada das bordas da junta e o rompimento da poça metálica, causando escorrimento de material, a extinção do arco e defeitos comprometedores para o cordão de solda.

No processo GMAW convencional a fonte é comandada em tensão. Assim, ao se regular uma tensão de referência para uma mesma velocidade de alimentação de arame, a fonte irá fornecer uma corrente que está livre para agir e variar, conforme o comportamento da transferência metálica. Em uma transferência por curto-circuito, onde as forças eletromagnéticas não tem valor suficiente para expelir a gota antes que ela toque a peça (a transferência metálica ocorre por meio de toques periódicos do arame na peça), o comportamento da corrente se dá conforme a Figura 8.

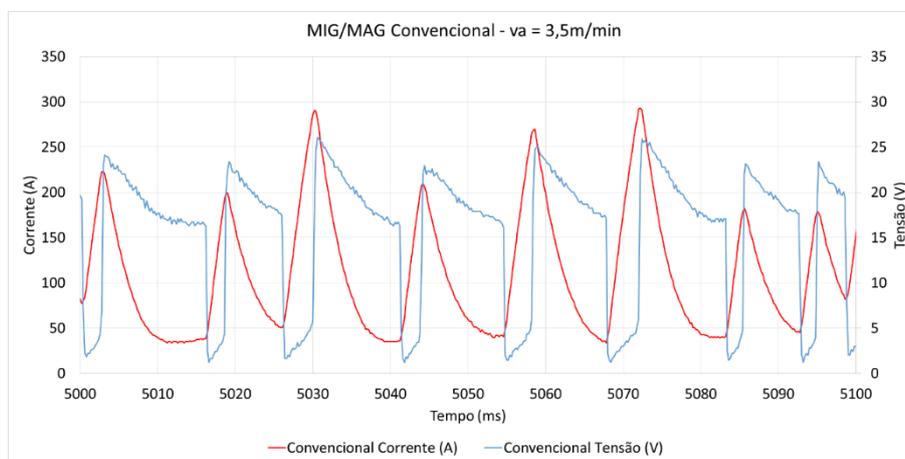


Figura 8. Oscilogramas reais da corrente e tensão para transferência metálica por curto-circuito convencional.

No entanto, a corrente é a variável mais importante no papel de fundir o arame eletrodo e, como pode ser visto na Figura 8, esta sofre uma grande variação, promovendo variações da energia e, por consequência, variações na fusão do arame.

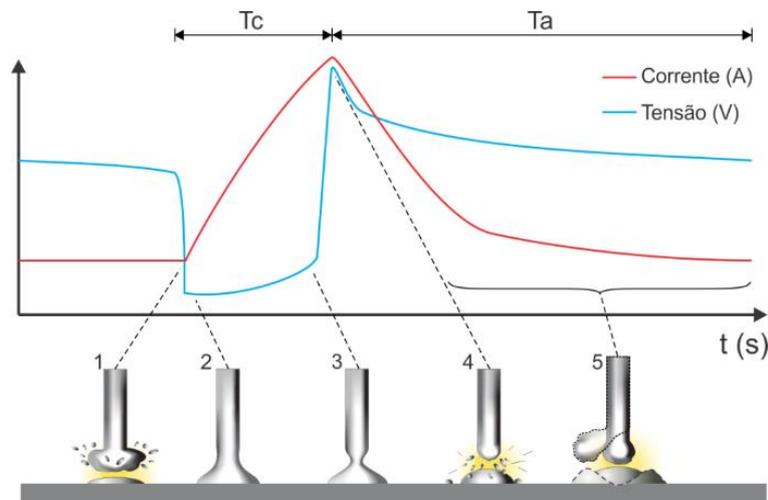


Figura 9. Comportamento da Tensão e da Corrente para o processo GMAW em transferência por curto-circuito convencional (T_c : tempo de curto e T_a : tempo de arco).

Outro inconveniente da liberdade de ação da corrente está nos momentos do contato da gota com a peça (Figura 9 - instante 1) e no momento do rompimento da ponte metálica e reabertura do arco (Figura 9 - instante 4), que podem promover uma grande geração de respingos. No instante 1 pode haver uma repulsão da gota porque a corrente aumenta muito rapidamente, possibilitando em muitas ocasiões um rompimento da ponte de contato, pois esta é ainda muito tênue. Com este rompimento, há uma modificação brusca do equilíbrio do sistema, havendo material expelido para fora. No instante 4, caracterizado pela reabertura do arco, ou seja quando a ligação entre a gota fundida e a peça é desfeito, a intensidade da corrente é muito elevada, causando explosões. Também é uma situação que propicia o lançamento de líquido para longe, sendo mais um ponto de formação de respingos e instabilidades.

Para sanar os inconvenientes da transferência por curto-circuito convencional, foi desenvolvida a versão do GMAW, denominada CCC. Nela, a corrente não é mais uma grandeza consequente, mas sim é a grandeza que controla o processo, ou seja, é a variável cujo comportamento é ditado por regras previamente estabelecidas. Estas regras atuam primordialmente nos instantes 1 e 4, anteriormente evidenciados na Figura 9. Fundamentalmente, o que acontece é a redução da corrente, em relação ao processo GMAW convencional, nos dois instantes, conforme é evidenciado na linha em verde e pelos dois retângulos vermelhos da Figura 10.

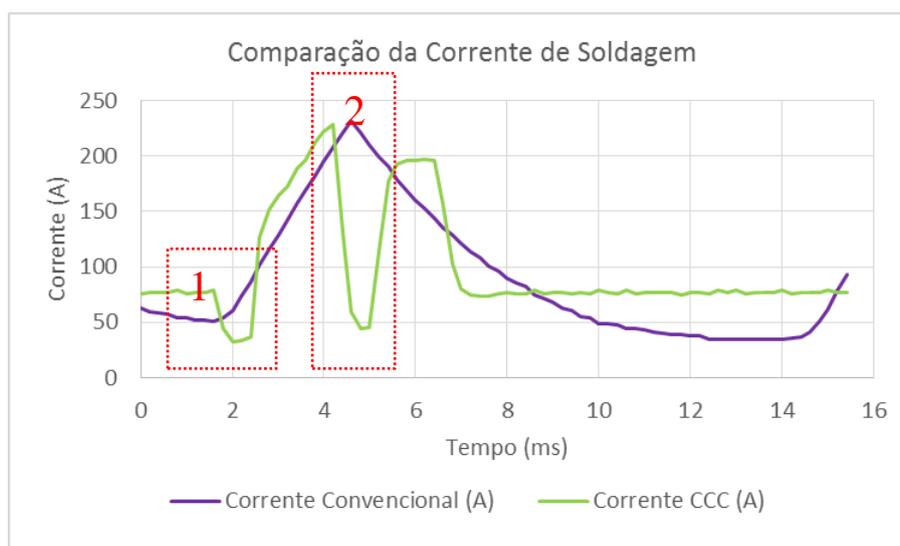


Figura 10. Comparação da Corrente de Soldagem entre o processo CCC e o GMAW convencional.

O comando para a redução da corrente no instante 1 (Figura 10) é em função da leitura do valor da tensão, pois esta indicará valores próximos a zero quando ocorre um curto-circuito, que é o caso do referido instante. A manutenção de um valor baixo de corrente durante determinado tempo, permite que a gota se assente por tensão superficial na poça metálica, criando uma ligação muito mais estável. Somente depois disso é que a corrente é conduzida a um valor devidamente elevado a fim de que se obtenha um Efeito Pinch (constricção da área transversal do arame próximo à região do curto-circuito) adequado para o estrangulamento da ponte líquida e a consequente transferência de uma porção de material (uma gota de metal fundido).

O momento da segunda redução da corrente é um pouco mais difícil de ser determinada, pois se trata não de um evento acontecido, mas de um evento premeditado. O momento em que o arco será novamente aberto e a corrente deverá ser reduzida antes que isto ocorra. Então, os vários fabricantes de equipamentos deste tipo de tecnologia utilizam regras idênticas, mas não necessariamente iguais. Uma das tecnologias utiliza a derivada da tensão, pois esta retrata o comportamento da ligação metálica do eletrodo com a peça. Quando esta ligação se torna tênue, a queda de tensão se acentua e isto é o indicativo de que a corrente deve ser reduzida.

Na Figura 11 são apresentados os oscilogramas reais de corrente e tensão para o processo CCC. Devido à maior estabilidade deste tipo de transferência e uma potência do arco um pouco maior, os resultados obtidos na soldagem de passes de raiz são melhores do que os obtidos com o processo GMAW convencional. Isto é uma realidade, tanto em operações manuais, como em mecanizadas, como, por exemplo, em soldagens orbitais de tubulações, objetivo deste trabalho. O processo CCC permite que essa soldagem seja realizada mais facilmente com raiz aberta (*open root*), ou seja, sem a necessidade da utilização de backing para aporte do material na raiz.

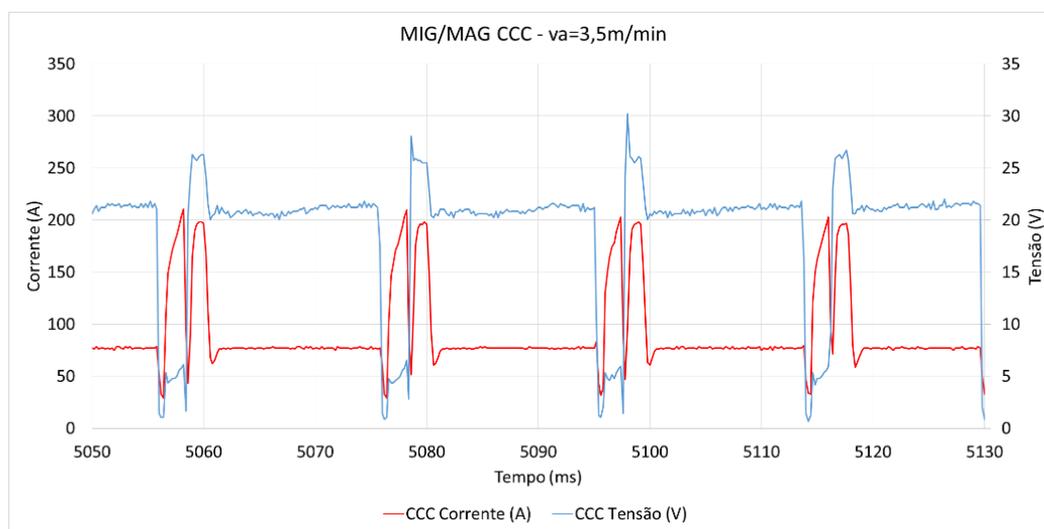


Figura 11. Oscilogramas reais da corrente e tensão para o Processo CCC.

Inicialmente, foram realizadas soldagens de raiz com o CCC e enchimento com GMAW convencional manualmente nas posições vertical ascendente, vertical descendente e sobre-cabeça, para que se tivesse um ajuste preliminar dos principais parâmetros de soldagem (tensão, velocidade de alimentação de arame, velocidade de soldagem e vazão de gás de proteção). Durante estes testes, foram observados detalhes práticos realizados pelo soldador (tecimento e ângulo de ataque da tocha) para que mais tarde, os mesmos pudessem ser reproduzidos com o sistema de deslocamento automatizado da tocha.

Com os procedimentos de soldagem manuais finalizados, foram iniciadas as soldagens com o sistema mecanizado de deslocamento de tocha nas posições: vertical ascendente, vertical 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), 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 do ajuste das condições e parâmetros de soldagem 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).

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

4. Resultados e Discussões

Nos testes de soldagem fora de posição, foi possível obter cordões de solda de excelente qualidade, como os demonstrados na Figura 12, referentes à posição vertical ascendente. O mesmo nível de qualidade foi obtido nos testes realizados nas posições vertical descendente e sobre-cabeça. Na Figura 12, em (A) tem-se o aspecto superficial de um corpo de prova soldado em 6 passes (a raiz foi sobreposta pelo segundo passe). Já em (B) e (C) tem-se os resultados dos ensaios de líquido penetrante e raio-X, respectivamente.

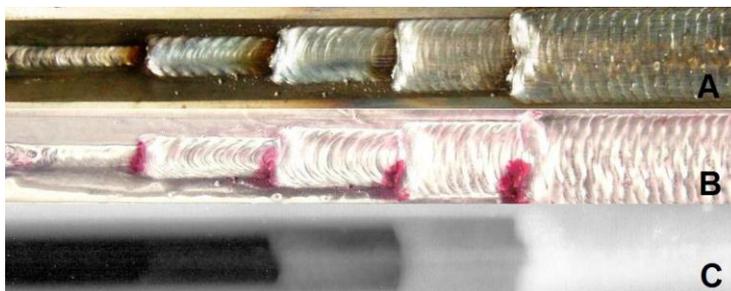


Figura 12. Cordões de solda realizados na posição vertical ascendente (A) com resultados dos ensaios de líquido penetrante (B) e de raios-X (C).

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

Na Figura 12 não é possível verificar o passe de raiz, pois ele foi sobreposto pelo segundo passe de solda realizado. Porém o passe de raiz efetuado com o processo CCC pode ser verificado na Figura 13.



Figura 13. Passe de raiz efetuado com o processo CCC.

O passe de raiz realizado com o processo CCC funciona muito bem apenas para as posições plana, sobre-cabeça e vertical descendente, não sendo adequado na vertical ascendente, devido a questões inerentes ao processo. Logo o passe de raiz na soldagem orbital, não pôde ser realizado na vertical ascendente, sendo então realizado em duas etapas (duas metades soldadas individualmente) iniciando a soldagem na parte superior do tubo e finalizando-a na parte inferior.

O resultado do passe de raiz soldado com o processo CCC pode ser verificado na Figura 14.



Figura 14. Aspecto do passe de raiz soldado no tubo com o processo CCC.

Posteriormente ao passe de raiz foram efetuados os passes de enchimento que resultaram na Figura 15, que demonstra o aspecto superficial do último cordão de solda efetuado no tubo. 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 15. Aspecto visual do último cordão de solda efetuado para o fechamento da junta.

5. Conclusões

Este trabalho se concentrou no desenvolvimento de parâmetros para a soldagem orbital de preenchimento de uma junta em “V” em tubos. 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. 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, como por exemplo chanfros “U”.

Com os parâmetros obtidos para cada situação, foi possível produzir cordões de solda de boa qualidade. Os cordões de solda foram submetidos a ensaios radiográficos 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, 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.

6. 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 e internacional na área de soldagem. A todos um grande obrigado.

7. Referências

- FEDELE, R. Soldagem de Tubulações: Metalurgia, Procedimentos e Desafios, Metalurgia e Materiais, Maio 2002.
- YAPP, D.; BLACKMAN, S. A. Recent Developments in High Productivity Pipeline Welding, Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, vol.26, n.1, Março 2004.
- JOHNSEN, M. R. U.S. Pipeline Industry Enters New Era, Welding Journal, vol.78, n.11, p.37-41, Novembro 1999.
- IMC SOLDAGEM, MTE DIGITEC 450/600. Disponível em: <<http://www.imc-soldagem.com.br/mte.html>>.
- Acesso em: 15 de junho de 2010.

- 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.
- 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.
- MELLER, R. N. Elaboração de Parâmetros Para A Soldagem Orbital Automática Na Construção De Dutovias De Petróleo E Gás. XVII CREEM, Viçosa MG, Agosto de 2010.
- 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.
- 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.