

PROCESSO TIG DE SOLDAGEM INDUSTRIAL: ESTUDO DA EFICÁCIA DO PROCEDIMENTO DE PURGA EM JUNTAS SOLDADAS EM AÇO INOXIDÁVEL 310

Francisco Egidio Felski

Leandro Friedemann

Rogério Razzini

Cristiane Luiza Salazar Garcia

Angelo Reck Neto

Faculdade SENAI Joinville, R. Arno Waldemar Dohler, 921 - Zona Industrial Norte, Joinville - SC, 89223-001

e-mails francisco_felski@estudante.sc.senai.br; leandro_friedemann@estudante.sc.senai.br;

rogerio_razzini@estudante.sc.senai.br; cristiane.garcia@edu.sc.senai.br; angeloneto@edu.sc.senai.br.

Resumo. O presente trabalho tem como objetivo estudar a influência do procedimento de purga durante a soldagem de aço inoxidável 310. Com base na literatura, a falta deste procedimento causa vários defeitos na região da junta soldada, podendo levar a trincas, ocasionando possível descarte da peça ou necessidade de retrabalho. Para tanto, foi testada a hipótese do uso de gás de purga durante a soldagem de modo a avaliar sua eficácia no processo de formação de trincas. Assim, foi realizado um estudo de caso em uma indústria do ramo de manutenção e soldas especiais. Para testar a hipótese levantada foi realizado um estudo com ensaio de dobramento com a finalidade de realizar uma análise comparativa. Após realizar o ensaio de dobramento os corpos de prova soldados sem o procedimento de purga apresentaram trincas na região da junta soldada de até 22mm, enquanto os corpos soldados com o procedimento não apresentaram defeitos fora do permitido em norma. Portanto, o objetivo deste trabalho foi alcançado, pois a parte experimental confirmou o que está descrito na literatura, o que forneceu subsídios para a tomada de decisão da indústria estudada.

Palavras chave: Soldagem Industrial. Processo TIG. Aço inoxidável. Procedimento de Purga.

1. INTRODUÇÃO

Os aços inoxidáveis possuem uma vasta aplicação na indústria, sendo amplamente utilizado em componentes tubulares, máquinas e equipamentos. Esta classe de material possui como característica principal a resistência a corrosão, além de ter uma excelente tenacidade, ductilidade e boa resistência mecânica. O principal processo utilizado para a união desse tipo de material é a soldagem. Porém, algumas recomendações presentes em normas e fichas técnicas devem ser seguidas, a fim de evitar problemas no acabamento superficial e estrutural do componente.

A partir do problema encontrado no processo de soldagem de uma determinada peça da empresa pesquisada, especializada em solda e manutenção industrial, localizada na região norte catarinense, foi desenvolvido o estudo aqui relatado. A peça em questão trata-se de uma coifa em aço inoxidável 310, utilizada para selar uma estufa de tratamento térmico de bobinas. A empresa relatou que a peça tem apresentado trinca na região da junta soldada, defeito que ocorre após o processo de soldagem, ainda no armazenamento dentro da empresa e também já no cliente.

Quando a trinca ocorre na empresa, há a necessidade de realizar um retrabalho para recuperar a peça, situação que gera muitos prejuízos, tanto financeiramente como produtivamente. Outro problema crítico é quando a peça trinca no cliente, pois, além dos problemas citados acima, gera todo um descontentamento. Na pior condição, o reparo dessa peça trincada pode parar a produção do cliente, podendo gerar multa.

Mediante a esses problemas surgiu a pergunta que motivou a elaboração desse trabalho: Como elaborar um procedimento eficaz para soldagem de aço inoxidável 310? Após realizar uma pesquisa bibliográfica detalhada sobre o assunto e consultar um especialista na área de soldagem, notou-se que a empresa pesquisada não utiliza a purga com gás inerte durante o processo de soldagem. A falta deste procedimento causa vários defeitos na região da junta soldada em aço inoxidável, podendo levar a trinca. Mediante a esse fato, a falta de purga durante o processo de soldagem é a hipótese a ser explorada neste trabalho.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como principal objetivo avaliar a influência do gás de purga na soldagem de aço inoxidável 310, e para responder de maneira mais eficaz a esse objetivo, elaborou-se os seguintes objetivos específicos: pesquisar referências bibliográficas sobre as principais causas e soluções para trincas na junta soldada em aço inoxidável; confeccionar corpos de prova para ensaios laboratoriais conforme a norma ASME IX; realizar ensaios laboratoriais para testar a hipótese levantada no trabalho; analisar os resultados obtidos nos ensaios conforme os critérios de aceitação da norma ASME IX (QW-163); desenvolver relatório com os resultados obtidos nos ensaios laboratoriais.

O processo de soldagem de materiais com aço inoxidável requer uma série de cuidados, seguindo as recomendações da norma AWS D10.4 (1986). No qual, para este tipo de material o processo de soldagem mais utilizado é o processo TIG (Tungsten Inert Gas) - Soldagem por Gás Inerte de Tungstênio, na tradução livre -, por promover uma solda de alta qualidade (Galdino, 2014). O processo de soldagem TIG faz a união de peças metálicas através de aquecimento e fusão, produzido por um arco elétrico mantido entre um eletrodo não consumível de tungstênio e a superfície a ser soldada (Wainer, Brandi e Mello, 1992).

A poça do material fundido e o arco elétrico, durante o processo de soldagem, são protegidos da contaminação atmosférica por um fluxo de gás inerte, que pode ser utilizado argônio, hélio ou a mistura de ambos. A soldagem pode ser feita com ou sem material de adição, no qual esse processo pode ser executado de forma automática ou manual. O custo com os equipamentos necessários para o processo de soldagem TIG são altos, e sua produtividade é baixa, porém, a qualidade da solda é superior aos demais processos. Por esse motivo, a soldagem TIG é utilizada em materiais onde a qualidade é mais importante que a produtividade, tais como metais não ferrosos e aço inoxidável (Marques, Modenesi e Bracarense, 2007).

As trincas ocorrem por consequência do aquecimento não homogêneo do material, ou seja, há um aquecimento intenso e localizado na região soldada, o qual tende a dilatar, mas essa dilatação é dificultada pelas partes adjacentes com temperatura menor, gerando tensões de tração. Outro fator a se considerar é a mudança na microestrutura do material durante a soldagem, e a presença de elementos como o hidrogênio em particular, podem fragilizar a região e causar trincas (Marques, Modenesi e Bracarense, 2007). Os dois tipos mais comuns de trincas podem ser denominados de fissuração a quente e fissuração a frio.

O procedimento de purga define-se como o ato de substituir uma atmosfera indesejada (como o oxigênio presente na atmosfera, por exemplo) por um gás inerte que ofereça uma proteção gasosa para poça de fusão no processo de soldagem. Normalmente o argônio é o mais utilizado, por ser mais denso que o ar atmosférico e por ter um custo razoável. A consequência de não executar a purga durante o processo de soldagem de determinados metais, resulta em uma solda de qualidade inaceitável, podendo originar graves falhas como trincas na região soldada, gerando custos com reparo (Borges, 2019).

Para a soldagem de materiais cuja composição química apresenta afinidade com o oxigênio como as ligas de alumínio e aços inoxidáveis, a norma AWS D10.4 29 (1986) recomenda a aplicação de um gás de purga para proteger a poça de fusão contra oxidação. A norma ainda descreve que o gás de purga pode influenciar na tensão superficial e nas características da poça de fusão, propiciando melhor acabamento de superfície e diminuindo os potenciais ocorrências de trincas (Galdino, 2014).

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente trabalho iniciou-se com um levantamento das hipóteses de possíveis causadores de trinca na região da junta soldada de uma peça em aço inoxidável 310 (coifa) na empresa pesquisada. Para realizar esse levantamento e delimitar as principais causas com mais precisão, foram utilizadas ferramentas da qualidade como Diagrama de Causa e Efeito e Gráfico de Pareto. Após coletar todos os dados, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, assim como, uma consulta com um especialista em soldagem para elaborar as hipóteses. Mediante análise e discussão sobre o problema e os dados coletados, a hipótese a ser explorada neste trabalho é a falta do procedimento de purga com gás inerte durante o processo de soldagem.

Para comprovar a hipótese proposta deste projeto, realizou-se ensaio de dobramento em seis corpos de prova no laboratório da Faculdade de Tecnologia SENAI – Joinville/SC. Três corpos de prova foram soldados sem purga e os outros três com purga, para realizar uma análise comparativa dos resultados. A confecção e soldagem dos corpos de prova foi realizada em uma empresa de caldeiraria terceirizada. Todos os procedimentos, desde a confecção dos corpos de prova, análise dos resultados e critério de aceitação, foram realizados de acordo com as normas técnicas ASME IX e AWS

2.1. Materiais e equipamentos

Para elaboração do ensaio de dobramento foi confeccionado seis corpos de prova com as dimensões de 160x80x4,76mm, em aço inoxidável 310. O trabalho será realizado em uma empresa de caldeiraria terceirizada. Todo o procedimento será realizado seguindo as especificações da Norma ASME IX.

Para realizar o processo de soldagem dos corpos de prova, utilizou-se varetas de aço inoxidável 310 como material de adição e o gás Argônio para o procedimento de purga. Seguindo as especificações das normas ASME IX e AWS (AWS A5.32, AWS A5.9).

Para realizar o procedimento de purga durante a soldagem, foi necessário a confecção de um gabarito com dimensões de 180 x 150 x 60mm com um tubo de 19mm de diâmetro na arte central, com um corte longitudinal para a vazão do gás de purga.

Para realização da soldagem foram utilizados os seguintes parâmetros:

- Máquina de solda TIG Bambozzi, modelo TDC 435ED;
- Polaridade direta;

- Fonte de corrente contínua;
- Corrente de soldagem utilizada para o passe raiz é 80A, e para os demais passes de acabamento 100A;
- Posição de soldagem é a 1G;
- gás de proteção utilizado é o argônio;
- gás de purga utilizado é o argônio;
- Metal de adição com Ø 2,6 mm em aço inoxidável 130;
- Utilizado eletrodo tungstênio com 2% de tório.

3. APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para confeccionar os corpos de prova foi cortado uma chapa de aço inoxidável 310 em 12 partes com dimensões 80x80x4,76mm. Posteriormente foram realizados o acabamento e o chanfro em V na região a ser soldada com uma esmerilhadeira elétrica.

Para realizar o procedimento de purga durante a soldagem dos corpos de prova, foi confeccionado um gabarito com um tubo ligado ao cilindro de gás.

A soldagem foi realizada através do processo TIG. Utilizou-se varetas de aço inoxidável 310 como material de adição e gás Argônio de proteção para soldagem e para o procedimento de purga.

Seis corpos de prova foram soldados no total, sendo três deles sem procedimento de purga com gás de proteção durante a soldagem e três deles com o procedimento, a fim de verificar a influência da purga durante a soldagem.

3.1. ENSAIO DE DOBRAMENTO

Para realizar o ensaio de dobramento utilizou-se uma máquina universal de ensaios hidráulica Föhnle, modelo -ZI-380V60HZ, disponível no laboratório metalúrgico da Faculdade de Tecnologia SENAI Joinville/SC.

As dimensões dos apoios e do cutelo que exerce a força para o dobramento dos corpos de prova, segue as especificações da norma ASME IX (QB-466.2), conforme Figura 1. A severidade do ensaio foi de 180°, conforme Figura 3.

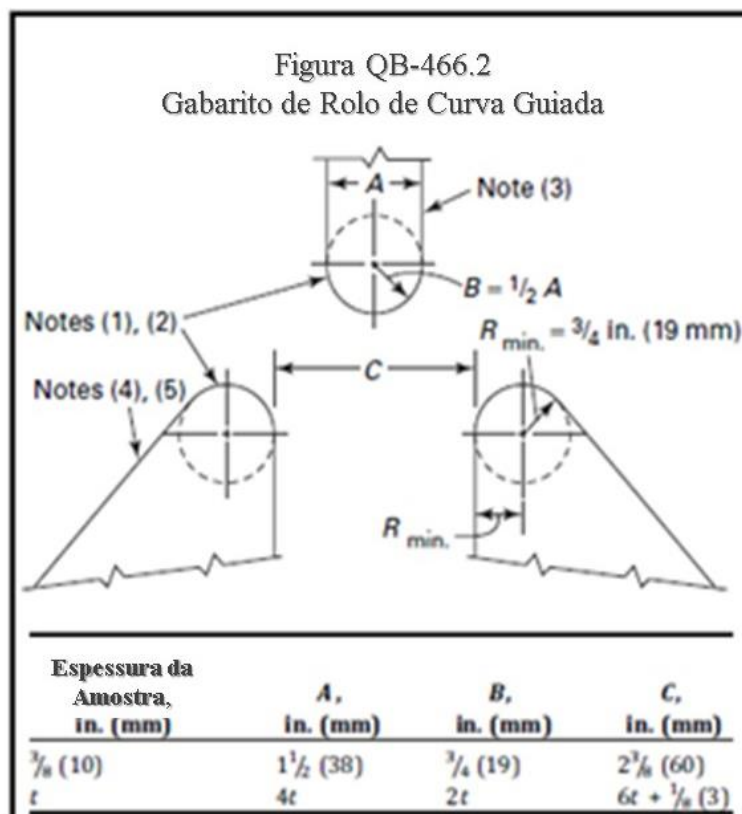


Figura 1. Dimensões dos apoios e do cutelo para ensaio de dobramento de acordo com a norma ASME IX. (ASME IX, 2019, p.271).

3.2. ANÁLISE DOS CORPOS DE PROVA

Nesta seção serão apresentadas as análises comparativas entre os corpos de prova após a soldagem e ensaio de dobramento. Demonstra-se a qualidade superficial do cordão de solda e os valores das trincas obtidas após realizar o ensaio de dobramento.

3.2.1. Análise do acabamento superficial da junta soldada

Conforme a Figura 6, nota-se uma grande diferença na qualidade superficial do cordão de solda entre os corpos de prova. O corpo de prova soldado sem o procedimento purga (Figura 2a) apresentou defeitos na junta soldada, resultado da reação da poça de fusão com o oxigênio presente na atmosfera, consequentemente, tais defeitos comprometem a integridade da junta soldada. Já o corpo de prova soldado com o procedimento de purga (Figura 2b) apresentou uma solda de boa qualidade superficial, pois não ocorreram defeitos aparentes nas amostras.

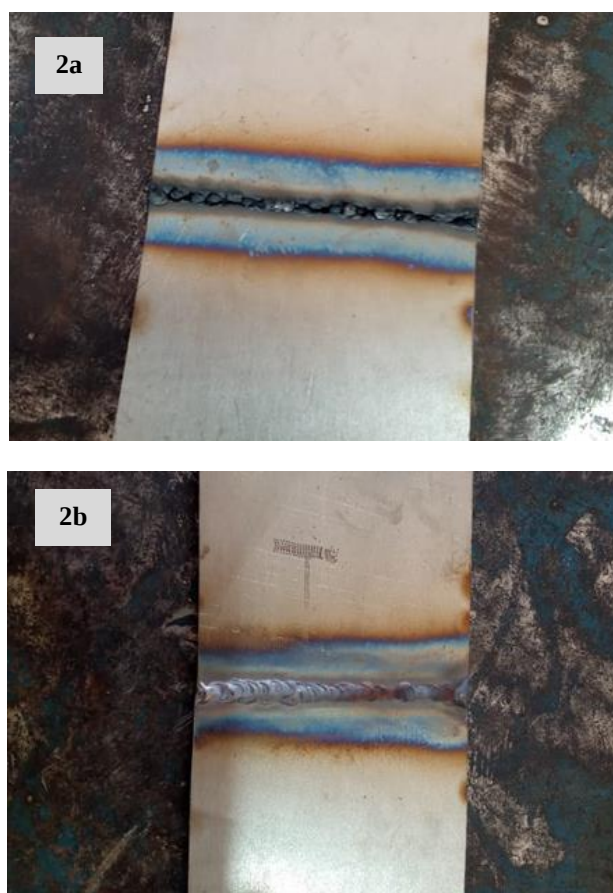
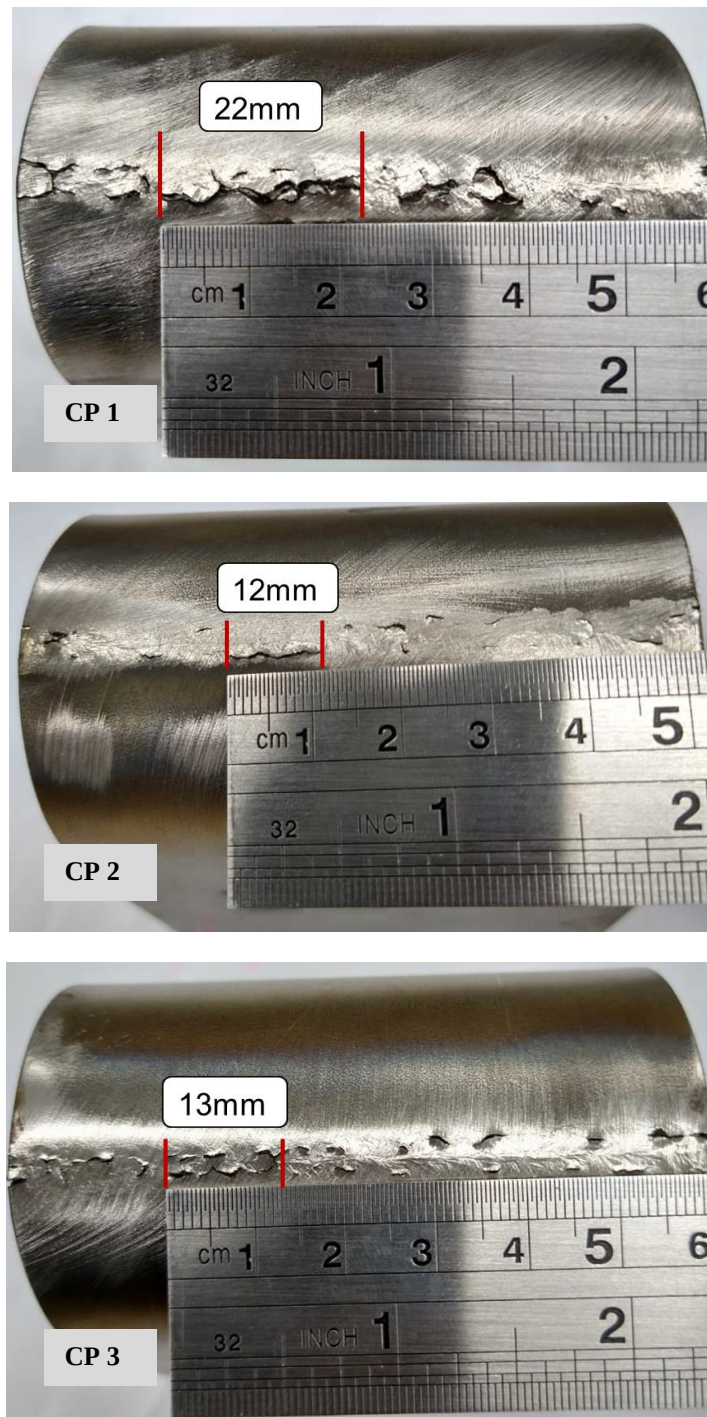


Figura 2. (2a) corpo de prova soldado sem procedimento de purga, (2b) corpo de prova soldado com procedimento de purga (Dados do estudo).

3.2.1. Análise dos corpos de prova sem procedimento de purga

Conforme demonstra a Figura 3, todos os corpos de prova soldados sem o procedimento de purga – corpos de prova 1, 2 e 3 - apresentaram trinca superior ao permitido na norma ASME IX (3mm), após realizar o ensaio de dobramento com severidade de 180°. O corpo de prova 01 foi o que apresentou o pior resultado, com trincas profundas de até 22mm, o corpo de prova 02 apresentou trincas de até 12mm e o corpo de prova 03 apresentou trincas de até 13mm.



Legenda: CP – Corpo de Prova.

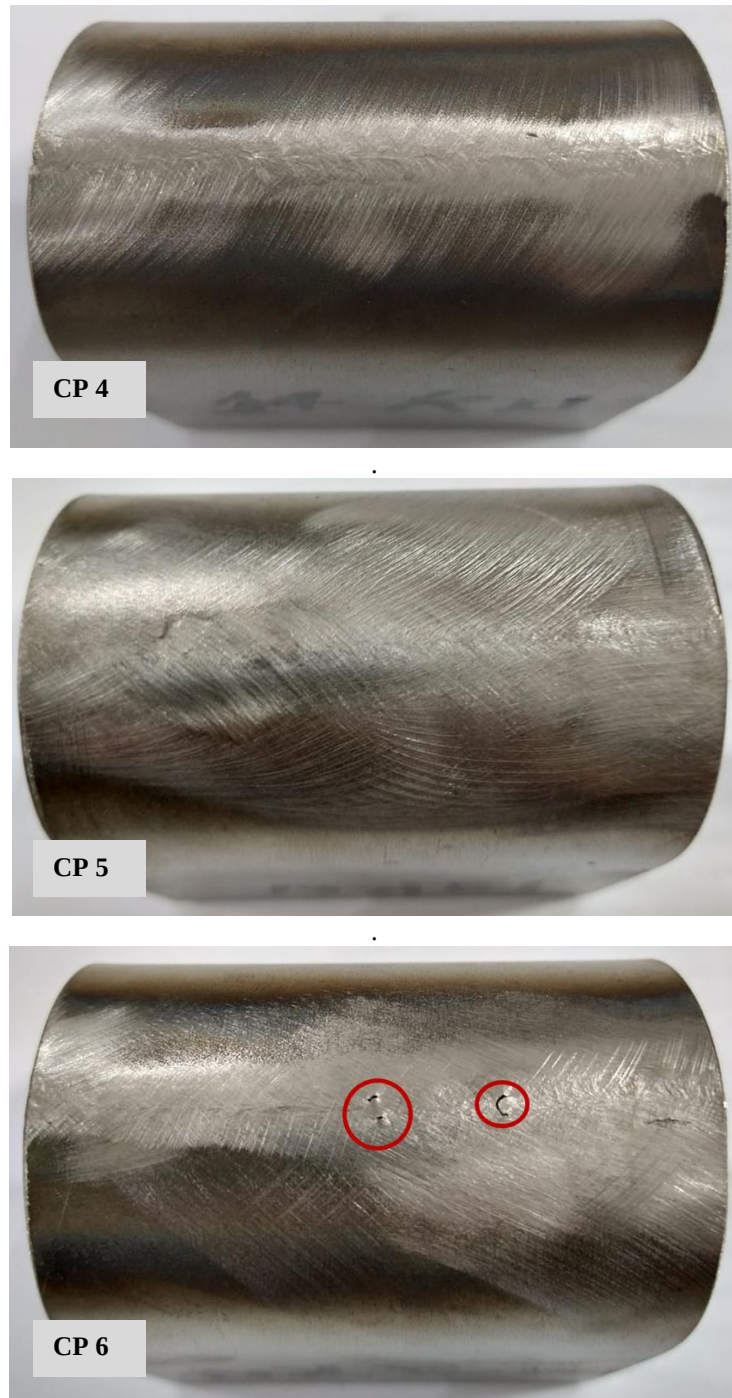
Figura 3. Corpos de prova soldados sem procedimento de purga após ensaio de dobramento (Dados do estudo)

Diante dos resultados obtidos com os testes realizados, é possível evidenciar que a falta do uso da purga no processo de solda leva a falhas aparentes no produto finalizado. Como evidenciado ao longo do trabalho, tais falhas levam a danos diretos e indiretos ao processo produtivo e indústria como um todo.

3.2.2. Análise dos corpos de prova com procedimento de purga

Os corpos de prova soldados com o procedimento de purga apresentaram um resultado satisfatório mediante os parâmetros de análise, como demonstra a Figura 4. Os corpos de prova 4 e 5 não apresentaram qualquer defeito ou trincas

aparentes, já o corpo de prova 6 apresentou pequenas falhas na região da junta soldada. Trata-se de pequenas fissuras, porém, com dimensões inferiores a 3mm, aprovando o corpo de prova conforme a norma ASME IX.



Legenda: CP – Corpo de Prova

Figura 4. Corpos de prova soldados com procedimento de purga após ensaio de dobramento (Dados do estudo)

Diante dos resultados obtidos com os testes realizados, é possível evidenciar que a realização da purga no processo de solda pode ampliar a possibilidade de sucesso dele.

5. CONCLUSÃO

A soldagem é amplamente utilizada na fabricação de máquinas e equipamentos, assim como na área de manutenção. Porém, determinados tipos de materiais, como o aço inoxidável por exemplo, requer uma série de cuidados e recomendações a serem seguidas para evitar defeitos como trincas e porosidade.

Portanto, o objetivo de avaliar a influência do procedimento de purga com gás inerte durante o processo de soldagem foi alcançado com sucesso. Após realizar os ensaios de dobramento nos corpos de prova ficou evidente que a falta do procedimento de purga durante a soldagem de aço inoxidável 310 causa vários defeitos na região da junta soldada, podendo levar a trincas, conforme demonstra as Figuras 2a e 3. Resultados que comprovam o que está descrito na literatura.

Evidenciou-se que a realização deste trabalho foi de grande importância, pois com base nas informações coletadas e os resultados obtidos com os ensaios, pode-se elaborar um procedimento de soldagem eficaz para aço inoxidável 310, beneficiando empresas similares a que foi estudada neste trabalho, onde foram observados uma série problemas em seu procedimento de soldagem de aço inoxidável.

Outra questão importante que vale ressaltar, é que apesar da eficácia do procedimento de purga para soldagem de aço inoxidável estar descrita em várias literaturas e normas técnicas, ainda há empresas que não executam tal procedimento. Os fatores para tal situação pode ser múltiplos, mas com base na análise feita dos dados, a resposta pode estar no fato que para executar o procedimento de purga é necessário uma estrutura mais complexa para injetar o gás de purga, além do aumento do tempo para realizar a soldagem e o custo extra com gás, aumentando assim o custo final da operação. Porém mediante aos transtornos causados com o reparo das peças e a perda na confiabilidade com os clientes, a utilização do processo recomendado poderá agregar maior qualidade nas soldas, evitando problemas de campo bem como desgaste com o cliente.

Deixa-se como sugestão para trabalhos futuros a realização de ensaios como a metalografia, com o objetivo de avaliar as mudanças na estrutura do material após realizar a soldagem, pois o resultado alcançado neste trabalho com o ensaio de dobramento serviu apenas para provar a influência, e consequentemente a eficácia do procedimento de purga durante a soldagem de aço inoxidável 310.

4. REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS, 2019. ASME BPVC. IX - 2019: ASME Boiler and Pressure Vessel Code. ASME, New York.
- AWS, American Welding Society, 1986. AWS D10.4/-86: Recommended Practices for Welding Austenitic Chromium-Nickel Stainless Steel Piping and Tubing. AWS, Miami.
- Borges, T. L., 2019. *Estudo do uso de atmosfera de proteção interna em tubos de aços inoxidáveis AISI 304L no processo de soldagem TIG*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação), Curso de Curso Superior de Tecnologia em Fabricação Mecânica, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Instituto Federal de Educação, Jaraguá do Sul.
- Galdino, L. G., 2014. *Influência do gás de purga na formação da raiz do cordão de solda em tubos de aço inoxidável AISI 304*. 2014. 173 f. Tese (Doutorado) - Curso de Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- Marques, P. V.; Modenesi, P. J.; Bracarense, A. Q., 2007. *Soldagem: fundamentos e tecnologia*. 2ª ed. UFMG, Belo Horizonte.
- Wainer, E., Brandi, S. D. e Mello, F. D. H. de., 1992. *Soldagem: processos e metalurgia*. Edgard Blücher Ltda, São Paulo.

5. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

TIG INDUSTRIAL WELDING PROCESS: STUDY OF THE EFFICACY OF THE PURGE PROCEDURE ON STAINLESS STEEL JOINTS 310

Francisco Egidio Felski

Leandro Friedemann

Rogério Razzini

Cristiane Luiza Salazar Garcia

Angelo Reck Neto

Faculdade SENAI Joinville, R. Arno Waldemar Dohler, 921 - Zona Industrial Norte, Joinville - SC, 89223-001

e-mails francisco_felski@estudante.sc.senai.br; leandro_friedemann@estudante.sc.senai.br;

rogerio_razzini@estudante.sc.senai.br; cristiane.garcia@edu.sc.senai.br; angeloneto@edu.sc.senai.br

Abstract. *The present work aims to study the influence of the purging procedure during the welding of 310 stainless steel, because based on the literature, the lack of this procedure causes several defects in the welded joint region, which can lead to cracks, causing possible disposal of the part or need to rework. For this purpose, the hypothesis of using purge gas during welding was tested in order to evaluate its effectiveness in the crack formation process. Thus, a case study was carried out in the industry of maintenance and special welds. To test the hypothesis raised, an experimental study was performed with a folding test, in order to carry out a comparative analysis. The entire process of making, welding and analyzing specimens followed the specifications of ASME IX and AWS D10.4 29 (1986). After carrying out the bending test, the specimens welded without the purging procedure showed cracks in the welded joint region of up to 22mm, while the bodies welded with the procedure did not present defects outside of the norm allowed. Therefore, the objective of this work was successfully achieved, as the experimental part confirmed what is described in the literature.*

Keywords: TIG process. Stainless steel. Purge.

RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.