

CENTRO UNIVERSITARIO ASSIS GURGACZ
JOÃO VITOR CAMARGO GARCIA

ANÁLISE DOS MÉTODOS DE SOLDAGEM EM TUBULAÇÃO DE AÇO
CARBONO GALVANIZADO COM O DIÂMETRO DE 4 POLEGADAS,
UTILIZANDO SOLDA TIG

CASCABEL
2018

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
JOÃO VITOR CAMARGO GARCIA

ANÁLISE DOS MÉTODOS DE SOLDAGEM EM TUBULAÇÃO DE AÇO
CARBONO GALVANIZADO COM O DIÂMETRO DE 4 POLEGADAS,
UTILIZANDO SOLDA TIG

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Professor Orientador: Me. ENG. MEC.
Sergio Henrique Rodrigues Mota

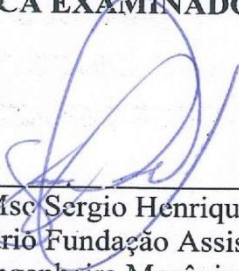
CASCADEL
2018

CENTRO UNIVERSITARIO ASSIS GURGACZ
JOÃO VITOR CAMARGO GARCIA

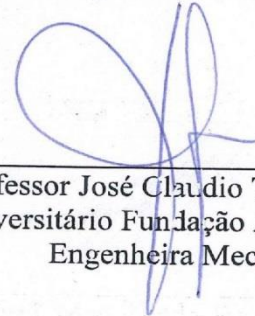
ANÁLISE DOS MÉTODOS DE SOLDAGEM EM TUBULAÇÃO DE AÇO
CARBONO GALVANIZADO COM O DIÂMETRO DE 4 POLEGADAS,
UTILIZANDO SOLDA TIG

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Mecânica, da FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob orientação do Professor Sergio Henrique Rodrigues Mota.

BANCA EXAMINADORA



Orientador Prof. Msc. Sergio Henrique Rodrigues Mota
Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz– FAG
Engenharia Mecânica



Professor José Claudio Terra Silveira
Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz– FAG
Engenharia Mecânica



Professora Me. Roberson Roberto Parizotto
Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz– FAG
Engenharia Mecânica

Cascavel, 05 de Dezembro de 2018.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, à minha avó e à minha namorada, pelo amor e compreensão, servindo de motivação nesta fase muito importante.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, pela força em minha vida.

À minha mãe, por me auxiliar nas muitas vezes em que tive dúvidas durante toda a minha jornada; à minha namorada, por entender minhas ausências e me apoiar; à minha avó, pelas palavras de conforto e de motivação no decorrer desta caminhada.

À empresa Gás Metal Montagens, principalmente ao seu proprietário, Gilson Geronimo Lorenzi, por viabilizar a realização da pesquisa, disponibilizando o seu espaço, seus equipamentos, motivando-me e transferindo-me conhecimento.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo realizar uma pesquisa de campo experimental comparativa entre duas possibilidades de processos de soldagem. Aplicou-se o processo de soldagem em tubulações NBR 5580 de linha leve galvanizada de quatro polegadas, comparando-se a penetração de junta soldada com chanfro bisel e de junta seca sem chanfro. Utilizou-se o processo de solda TIG com vareta ER70S-3 tigrod 12.60 e uma espessura de 2,4 milímetros, comparando a penetração em cada tipo de junta soldada, empregando inspeção visual, não destrutiva, realizada em seis corpos de provas, sendo três corpos soldados com o tipo de junta com chanfro bisel e os outros três com tipo de junta seca. Após a soldagem, observou-se se o método de junta seca poderia substituir o método com junta chanfrada mantendo as mesmas características. Assim, pode-se avaliar as reduções de custo, oriundas da redução do tempo de preparo dos chanfros das juntas, quando comparado com uma junta seca não chanfrada.

Palavra-chave: Solda TIG. Tipo de Junta. Análise da Solda. Penetração da Solda.

ABSTRACT

This work aims to perform a comparative experimental field research between two possibilities of welding processes. This process was applied in four inch galvanized lightline NBR 5580 pipes, comparing the penetration of the bevel groove welded joint with the non-grooved dry joint. The TIG welding process was used with ER70S-3 tigrod rod 12.60 with 2.4 mm thick, comparing the penetration in each type of welded joint, utilizing a non-destructive visual inspection performed in six test bodies, on which three of them were welded with the bevel groove type and the other ones with the dry joint type. After welding, it was observed if the method of dry joint could replace the method of grooved joint keeping the same characteristics. Thus, the cost reductions, resulting from the reduction of the preparation time of the grooves of the joints when comparing to a non-grooved dry joint, could be evaluated.

Keyword: TIG Welding. Joint Type. Welding Analysis. Welding Penetration.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tipos de chanfro.....	13
Figura 2 – Falta de penetração (esquemática).....	16
Figura 3 – Penetração excessiva (esquemática).....	17
Figura 4 – Ângulo do bisel.....	22
Figura 5 – Excesso de pentração na soldagem.....	24
Figura 6 – Parte analisada do grupo 1.....	25
Figura 7 – Parte analisada do grupo 2.....	26
Figura 8 – Penetração da solda peça 1 do grupo 1.....	27
Figura 9 – Penetração da solda das peças 2 e 3 do grupo 1.....	28
Figura 10 – Penetração da solda da peça 1 do grupo 2.....	29
Figura 11 –Falta de penetração da solda da peça 2 do grupo 2.....	30
Figura 12 –Falta de penetração da solda da peça 3 do grupo 2.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A– Corrente

a.C – Antes de Cristo

EPI – Equipamento de Proteção Pessoal

Kg – Quilograma

mm – Milímetro

NBR – Norma Brasileira

NQA – Nível de Qualidade Aceitável

TIG – Gás Inerte de Tungstênio

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA.....	10
1.2 JUSTIFICATIVA.....	11
1.3 OBJETIVO GERAL.....	12
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
2.1 SOLDA TIG.....	13
2.2 TIPOS DE CHANFRO.....	13
2.3 ANÁLISE DE SOLDA.....	15
2.4 PENETRAÇÃO DA SOLDA.....	16
3. METODOLOGIA.....	19
3.1 MATERIAL.....	19
3.2 MÉTODOS.....	19
3.3 ORÇAMENTO FINANCEIRO.....	20
4. RESULTADO E DISCUSSÕES.....	21
4.1 MANIPULAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA.....	21
4.2 SOLDAGEM.....	22
4.3 ANÁLISE DOS CORPOS.....	24
5. CONCLUSÃO.....	32
6. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.....	33
BIBLIOGRAFIA.....	34

1. INTRODUÇÃO.

A soldagem tem muita importância no processo de fabricação; também tem um uso significativo nas montagens em campo, como na instalação de tubos. No entanto, para que a solda seja realizada, é preciso selecionar o tipo de chanfro a fim de que seja realizado o procedimento de soldagem. Cada vez mais, nas montagens, há uma busca por melhoria de execução, como a rapidez e o baixo custo para a realização; por isso, buscam-se métodos alternativos para a que seja realizado a solda em tubo.

Com isso, há escolha do tipo de junta busca, acelerar o processo de soldagem e diminuir o custo da sua realização, levando-se em consideração o alto desempenho da solda TIG, como sua qualidade e concentração de calor. Porém, mesmo com seu alto desempenho, a análise da solda executada é muito importante para identificar alguma descontinuidade, falta de contração na solda.

A pesquisa de campo experimental obteve os dados através de conhecimento empírico, comparando suas semelhanças e diferenças; logo, fez-se uma pesquisa de cunho quantitativo e qualitativo, pois os dados alcançados pela pesquisa irão aportar, além de dados numéricos, também experiências individuais.

1.1 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA

No processo de soldagem de uma tubulação, o principal objetivo é não obter vazamento; em vista disso, existem vários métodos de união soldada, conforme a norma N – 1438 da Petrobras, que recomenda a soldagem em tubulação com o tipo de junta V. Nesse caso, o tubo deve ser chanfrado para conseguir melhor penetração.

No entanto, o custo da soldagem e o tempo para realizar a solda com o tipo de junta recomendado pela norma são maiores que para o tipo de junta seca, já que os projetos executados, a cada dia que passa, buscam agilidade e menor tempo de montagem.

Por esse motivo, no desenvolvimento da análise foi utilizada uma tubulação NBR 5580, da linha leve galvanizada de quatro polegadas; serão cortados 6 corpos de provas com medidas padrões de 100 mm de comprimento, sendo 3 corpos soldados com junta seca e 3 corpos com junta em V, levando-se em conta que o aparelho solda é o mesmo, mantendo os mesmo parâmetros de amperagem para todos os corpos de prova. Dessa forma, analisou-se

qual obteve melhor penetração na junta, sabendo que a junta com chanfro em V indicada pela norma pode ser substituída, na montagem, por uma junta seca.

1.2 JUSTIFICATIVA

O processo de soldagem é recente; entretanto, há vestígios do processo de soldagem por volta de 4000 a.C, na Pérsia. Segundo os autores (MARQUES, MODENSI e BRACARENSE, 2011),

A soldagem foi utilizada, na antiguidade e na Idade Média, para a confecção de armas, mas esse processo teve uma grande queda em sua utilização a partir dos séculos XII e XIII, quando foi substituído pelo processo de fundição, com o desenvolvimento dos altos fornos e por outros processos de união rebitada e parafusada.

Contudo, mesmo com a queda da utilização, o processo de soldagem manteve-se como segunda opção no processo de fabricação até o século XIX, período pelo qual o processo de soldagem teve mudanças radicais com a descoberta do arco elétrico devido às experiências do Sir Humphrey Davy (1801-1806), quando apareceu o processo de soldagem por fusão e a descoberta do acetileno.

Apesar dessas descobertas, o processo de soldagem ainda era apenas para reparos e só passou a ser utilizado intensamente após a explosão da primeira guerra mundial. Hoje, existem mais de 50 tipos de processo de soldagem, sendo um dos processos mais importantes para a união permanente de metais.

O método de soldagem TIG foi patenteado no fim dos anos 20, mas teve maior utilização e foi comercializado a partir do ano 1942, nos Estados Unidos, principalmente para utilização de soldagem em liga de magnésio de assentos de aviões, no início usando gás hélio com uma corrente contínua devido à dificuldade de manter o arco elétrico estabilizado. Conforme (WAINER, BRANDI e MELLO, 2010).

De acordo com as condições dos processos de soldagem em tubos, são utilizados chanfros como meio de obter maior fundição da solda com o tubo; porém, a realização dos chanfros (bisel) em um processo de montagem da tubulação requer tempo e custo elevados. Por meio desta análise, compara-se o processo de soldagem sem chanfro e com chanfro (bisel), obtendo-se uma análise para uma busca de melhor penetração, antecipando o processo de realização da solda, com um melhoramento de tempo, obtendo-se, assim, a mesma característica de vedação. Além disso, é mais prático para execução de montagem.

Por meio desta análise, novas pesquisas acadêmicas podem ocorrer, para o melhoramento do processo de soldagem em tubos. Novos estudos podem propiciar que o processo se torne mais rápido, mais barato e com menor gasto de material, para, assim, melhorar a execução e novas técnicas de soldagem, já que essa área de soldagem ainda possui algumas particularidades.

1.3 OBJETIVO GERAL

Pretende-se comparar dois tipos de juntas em uma tubulação NBR 5580 de aço carbono galvanizado da linha leve com o diâmetro de quatro polegadas.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar a penetração da solda em dois tipos de junta, aplicando-se o tipo de junta com chanfro em V e a junta sem chanfro, em uma tubulação NBR 5580 de aço carbono galvanizado da linha leve com o diâmetro de quatro polegadas, utilizando-se o processo de solda TIG.

Confrontar os dados apurados, avaliando-se qual teve a melhor penetração no processo de soldagem, tendo em vista a otimização e a substituição da junta com chanfro.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 SOLDA TIG

A descoberta do arco elétrico foi possível por meio de experiência do Sir Humphrey Davy, e o processo de soldagem teve uma mudança significativa, após a descoberta. No processo de fabricação, devido à utilização de chapas, o processo de solda teve mudanças para suprir as necessidades dos novos processos, segundo (MARQUES, MODENSI e BRACARENSE, 2011).

O arco elétrico inicialmente era utilizado com eletrodo de aço carbono; no entanto, no ano de 1890, Coffin teve a ideia de utilizar o arco elétrico dentro de gás inerte, mas teve dificuldade de soldar materiais não ferrosos, pois a porosidade da solda ainda existia; então, a solda era de má qualidade. Em 1941 começou-se a utilizar eletrodos de tungstênio e gás hélio para a proteção do local soldado, sendo denominada TIG (Gás Inerte de Tungstênio). Por isso, a solda foi considerada perfeita para aço liga e matérias não ferrosas. De acordo com (GUIAS & TUTORIAIS DA DBC OXIGÊNIO, 2014).

Os equipamentos utilizados para soldagem manual TIG são a fonte de energia para realizar o arco elétrico e o reservatório de gás para soldagem, que são cilindros com reguladores de vazão e a tocha TIG, responsável por segurar o eletrodo de tungstênio e também proteger a região em que é realizada solda com o gás. Para (WAINER, BRANDI e MELLO, 2010).

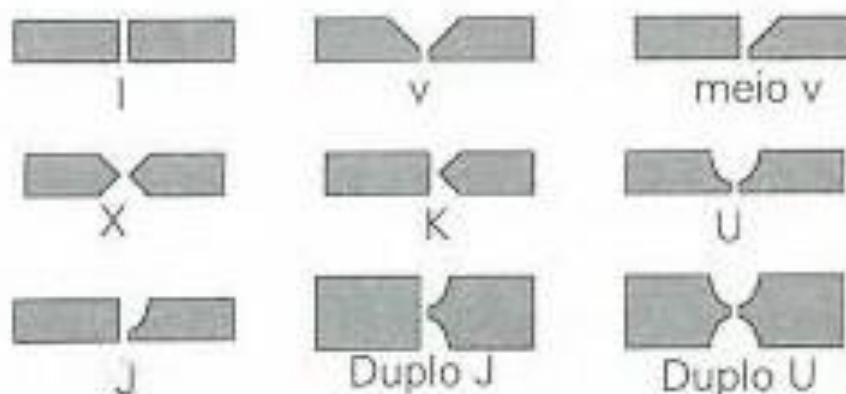
Também trazem as vantagens que o processo de soldagem TIG proporciona, como solda de alta qualidade, fonte de calor concentrada, evitando distorções, solda da maioria dos metais e ligas, poça de fusão calma. Entretanto, as limitações ainda existem no processo, como a baixa taxa de deposição, impossibilidade de soldagem em locais com corrente de ar e a alta radiação ultravioleta, além da possibilidade de inclusão de tungstênio, conforme (WAINER, BRANDI e MELLO, 2010)

2.2 TIPOS DE CHANFRO

Devido a algumas limitações no processo de solda TIG, o soldador deve ser qualificado e saber utilizar os tipos de chanfro para uma boa solda, como mostra na figura 1. A escolha da junta leva em consideração a preparação do chanfro, como o tempo de preparo,

economia de material depositado na junta para uma boa fundição, assim como o ambiente deve ser apropriado à solda que irá ser realizada, conforme (WAINER, BRANDI e MELLO, 2010).

Figura 1 – Tipos de chanfro



Fonte: Marques, Modensi e Bracarense, (2011)

O tipo de chanfro utilizado para o processo de solda TIG em tubulação é o tipo V, chamado, também, de chanfro bisel, em que há maior penetração do material depositado, porém maior tempo de execução do bisel. Se não for executado de maneira correta, o soldador passará por dificuldade na soldagem, como, por exemplo, o desalinhamento da tubulação, segundo (FERREIRA, MORAIS, *et al.*, 2017).

De acordo com Modenesi (2008), o tipo de solda topo com junta sem o chanfro (com fresta) tende a ser a mais difícil de execução, mas o processo se torna mais rápido. Conforme o autor aponta, o tipo de junta diferente do sem chanfro ou junta I, normalmente vai levar em consideração o tipo de penetração que deseja utilizar e as necessidade de se aplicar o material no processo de soldagem.

Os chanfros em I ou sem chanfro são utilizados quando as condições de soldagem permitem a penetração adequada e utilizada em soldagem de pequenas espessuras, pois não necessitam de uma usinagem ou um corte mais elaborado. Esse tipo de preparação tende a ser de menor custo e menor gasto de tempo na hora do preparo, quanto a soldagem com o processo de sem chanfro bisel ou o chanfro I não obtém a penetração desejada, é preciso optar por outro método de juntas. Conforme os autores (MARQUES, MODENSI e BRACARENSE, 2011).

A união sem chanfro bisel é um método que prejudica muito o desempenho de uma junta soldada, apesar de parecer que o melhor é manter a parte que irá ser soldada o mais próxima possível. Em soldas sem chanfro, o uso desse conceito leva soldas que não penetram por inteiro, gerando uma falta de fusão na sua raiz. Diante do que expõe (FERREIRA, MORAIS, *et al.*, 2017).

A descontinuidade dimensional ocorre por causas práticas, principalmente pela culpa das juntas que estão livres, já que pode ocorrer movimento na hora da soldagem. A seleção incorreta da junta também é um grande fator da descontinuidade; assim, a escolha correta da junta é um fator muito importante, porém, a sequência de soldagem tem muitas considerações, conforme os autores (MARQUES, MODENSI e BRACARENSE, 2011).

2.3 ANÁLISE DE SOLDA

É grande a importância da análise da solda e do processo de soldagem, para garantia da preparação adequada da junta, além de detectar a descontinuidade e a falta de deposição de materiais e formação de trincas nas soldas. Todavia, um dos grandes problemas para a análise de solda é o acesso restrito, podendo ser somente inspecionada visualmente com auxílio de videoscópio; porém, na pior situação, a descontinuidade da solda é detectada somente com ensaio de Raios-X (FERREIRA, MORAIS, *et al.*, 2017).

A inspeção de solda passou a ter grande importância após a década de 1960, pois o processo de soldagem ganhou o lugar de mais um processo de união de metais, a rebiteagem. Nesse processo, os funcionários que trabalhavam na construção de navios ficavam quase surdos com o barulho de marteladas que eram dadas nos rebites. Nos dias de hoje, os estaleiros fabricam grandes componentes com placas para os cascos e os conveses dos navios, sendo todos soldados. Devido aos regulamentos rigorosos, as soldas devem passar por um processo de inspeção com ensaios não destrutivos, como orienta (MECÂNICA INDUSTRIAL, 2018).

Como se pode observar, a inspeção da solda é de grande importância; no entanto, a inspeção de ajuste um pouco menos ressaltada é um dos métodos essenciais para antes e depois da solda, uma vez que traz um grande ganho no tempo de montagens como também evita desvios indesejados, diminuindo os retrabalhos, de acordo com (FERREIRA, MORAIS, *et al.*, 2017).

Deve-se ressaltar que a inspeção de solda possui vários métodos de ensaios não destrutivos, como, por exemplo, inspeção radiográfica, inspeção de partículas magnéticas, testes ultrassônicos e líquidos penetrantes. Nas técnicas de soldagem que precisam de uma análise muito detalhada, utiliza-se, como ensaio, a inspeção radiográfica; já o ensaio ultrassônico tem a capacidade de detectar irregularidades na superfície e na parte interna da área soldada. O ensaio de líquidos permanentes é uma ação em que um fluido na forma de corante fluorescente, ao ser aplicado na solda, tem a função de tornar visíveis possíveis imperfeições existentes, de acordo com (MECÂNICA INDUSTRIAL, 2018).

Ao inspecionar uma solda, percebe-se que ela é muito simples e exerce grande importância no cotidiano, como, por exemplo, soldas realizadas nos chassis de carros e pontes, mas também em vasos de pressão, menos usuais no cotidiano. A solda tem responsabilidade em equipamentos que suportam grandes cargas e pressões; por isso, a grande importância de inspecionar uma solda e descobrir alguma imperfeições, evitando-se o risco de acidentes causados por soldas mal feitas e que não passaram por um processo de inspeção, como explica (LUZ, 2013).

A inspeção das juntas deve seguir de acordo com os requisitos das normas do projeto e de fabricação e montagem do equipamento; além disso, o desempenho dos soldadores deve ser controlado e haver um documento de controle de desempenho desses trabalhadores e os resultados obtidos com os ensaios devem ser interpretados de acordo com a junta escolhida pelo projeto. Conforme (COMISSÃO DE NORMALIZAÇÃO TÉCNICA, 2002).

Devem ser seguidos os procedimentos de inspeção, estabelecendo-se o nível de qualidade aceitável – NQA, que corresponde ao que pode ser máximo e mínimo como defeito, podendo ter uma tolerância de qualidade; no caso da solda, o mínimo considerável de penetração. Segundo a (ABNT, 1989).

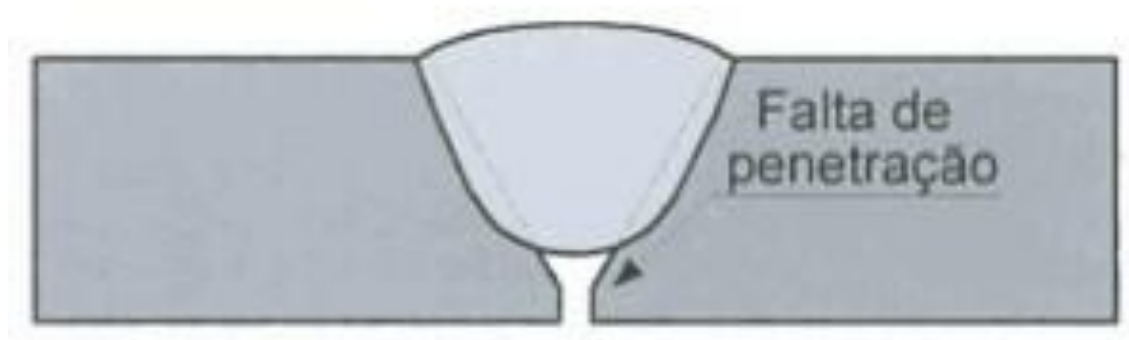
2.4 PENETRAÇÃO DA SOLDA

A descontinuidade de uma solda é tudo de anormal que possa levar a ser uma junta bem feita, pode ser considerado um fator de alto risco a longo e médio prazos. Caso a junta desempenhe uma grande responsabilidade, de maneira que necessite de ações corretivas, o alto custo para a correção das descontinuidade força a evitar o mal desempenho. De acordo com (MARQUES, MODENSI e BRACARENSE, 2011).

Demonstram três categorias de descontinuidades: dimensionais, estruturais e inadequadas. Na categoria estruturais, a descontinuidade na micro ou macroestrutura da área da junta soldada, que pode ser ligada à falta de material ou até mesmo ao excesso de material estranho, pode ser considerada grave dependendo do tipo da descontinuidade, da extensão e da geometria presentes na junta. Demonstram os autores (MARQUES, MODENSI e BRACARENSE, 2011).

Dentro da categoria da descontinuidade estrutural, acontece a falta de penetração e a dificuldade de se fundir e encher completamente a raiz da junta, como mostra a figura 2. Isso pode ocorrer por diversos fatores, como o mau manuseio da tocha, junta mal dimensionada, regulagem da corrente insuficiente, alta velocidade na hora da soldagem ou a espessura errada do eletrodo. Tais fatores podem reduzir a seção útil da solda e a concentração de tensões, e pode ser evitada com a escolha correta da junta, que é a utilização de procedimento de soldagem correto, segundo (MARQUES, MODENSI e BRACARENSE, 2011).

Figura 2 – Falta de penetração (esquemática)



Fonte: Marques, Modensi e Bracarense, (2011)

A penetração está diretamente ligada à corrente de soldagem, pois, caso haja o aumento ou a diminuição da corrente afetando na penetração do material de deposição com o material base, mais pode ser observado que mesmo sem a alteração da corrente pode ocorrer a falta de penetração. Segundo (SIMON, LORIS, *et al.*, 2012).

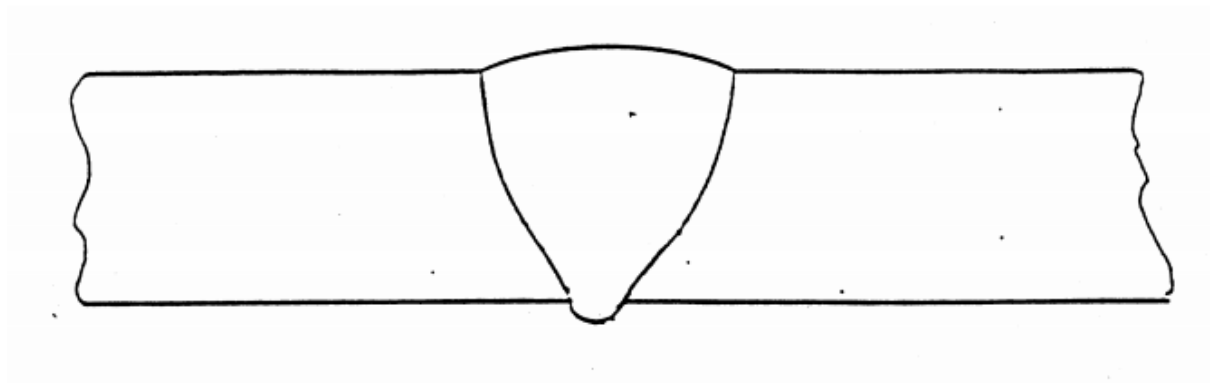
Um dos fatores mais importantes, quando se fala de solda em tubos, é a penetração. Uma boa penetração ocorre quando a solda atravessa por completo a espessura da junta; no entanto, é comum ocorrer a penetração insuficiente durante o processo de soldagem, no

momento em que está sendo realizada, e a abertura da raiz começa a se fechar, causando um impedimento para que a poça de fusão consiga se fundir com o material. Um dos métodos para que isso possa ser evitado é diminuir a velocidade de soldagem. Conforme a (ESAB, 2003).

Já o excesso de penetração, que pode ser chamado como reforço excessivo na raiz, acontece devido à grande abertura da raiz, que causa dificuldade para controlar a poça de fusão por causa da fluidez. Para que possa ser evitado esse problema de penetração, indica-se o aumento da velocidade no processo de soldagem, segundo (ESAB, 2003).

Para Comissão de Normalização Técnica, (2003), a penetração excessiva nada mais é do que o metal em excesso na região soldada, de modo que esse material ultrapassa os limites da raiz da solda, causando a penetração excessiva e acarretando alguns defeitos. Um deles acontece quando se ultrapassa o limite; dependendo da quantidade, isso pode vir a acarretar aumento na turbulência dos fluidos que estão sendo transportados, o aumento da pressão por conta da diminuição da passagem. Por isso, a penetração da solda possui grande importância e os dois tipos de penetração devem ser evitados.

Figura 3 – Penetração excessiva (esquemática)



Fonte: Petrobras N- 1738

3. METODOLOGIA

3.1 MATERIAL

Os materiais consumíveis utilizados na análise são 1 metro e 20 centímetros de tubulação NBR 5580, da linha leve com o diâmetro de quatro polegadas, 1 kg de varetas ER70S-3tigród 12.60 e uma espessura de 2,4 milímetros, 3 discos de corte fino, 1 disco de desbaste, 1 escova rotativa, e um cilindro de argônio.

Já o material não consumível empregado na pesquisa é um aparelho de solda inversora ESAB, esmerilhadeira angular 4.1/2”, equipamentos de proteção individual (EPI) utilizados pelo soldador, jaleco, máscara de solda, avental de raspa, luva de vaqueta, mangote de raspa para soldador, perneira de raspa para soldador e kit para fixar tubo.

3.2 MÉTODOS

O desenvolvimento desta pesquisa deverá ser iniciado através da preparação dos corpos de prova que serão soldados, conforme a análise; serão, também, utilizados 6 corpos de prova, tendo em vista a utilização de 3 para ser soldados com o tipo de junta seca ou junta sem chanfro e os outro 3 para serem soldados com a tipo de junta com chanfro em V. A preparação do corpo de prova deve ser feita da seguinte maneira: o corte com os pares a serem soldados; neste caso, todos os 10 pares a serem soldados deverão ser cortados com o mesmo tamanho de 100 milímetros de comprimento.

O próximo processo, após o corte dos corpos de prova, será a preparação do local que será soldado; os 3 pares que serão soldados com o tipo de junta seca para análise devem passar por um processo manual de retirada do galvanizado da tubulação que será feita com a esmerilhadeira com disco de desbaste.

Porém, nos corpos que passaram pelo processo de soldagem utiliza-se junta com chanfro em bisel em V; além da retirada do galvanizado, deve ser feito o chanfro com um ângulo de 30 graus.

Após esses procedimentos de preparação dos corpos, será iniciado o processo de soldagem, que deverá começar com os corpos com a junta seca e depois os com junta chanfrada, sendo realizado todo o processo com o mesmo soldador, mesmo equipamento e

parâmetros de corrente da máquina, não sendo consideradas as condições ambientais como umidade.

Após todos os corpos estarem soldados, será iniciada a inspeção da penetração da solda, de maneira inicial e será feita uma análise em todos os corpos através de uma inspeção visual da solda, descartando-se, caso haja um reforço de raiz sobressalente. Após a inspeção visual, será iniciada a inspeção destrutiva, em que será cortada uma parte da área que foi soldada para que se possa ver as duas peças unidas pela parte interna e analisar qual teve a melhor penetração. Isso será avaliado observando-se qual junta possui um maior número de peças com uma penetração adequada.

No processo final de avaliação da penetração, será seguida a norma N- 1738 da Petrobrás, analisando-se em qual tipo de penetração as juntas soldadas se encaixaram, buscando qual dos dois tipos de junta teve melhor desempenho.

3.3 ORÇAMENTO FINANCEIRO

Os gastos gerados pela pesquisa serão de aproximadamente R\$ 200,00, assim divididos: R\$100,00 de combustível para deslocamento durante a pesquisa; disco de corte, R\$22,20 por 10 unidades; disco de desbaste, R\$17,75 por 5 unidades; escova rotativa por R\$ 9,78 centavos 1 unidade; e R\$50,00 para gastos inesperados que ocorram durante a pesquisa.

Os equipamentos, como esmerilhadeira e máquina de solda, utilizados para a soldagem, serão emprestados, sem custo, pela empresa Gás Metal Montagens. Já os elementos consumíveis, como gás para realização da solda, vareta de aço carbono e a tubulação utilizada serão doados pela mesma empresa, a qual também disponibilizará um soldador para auxiliar na pesquisa.

4. RESULTADO E DISCUSSÕES

4.1 MANIPULAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foi necessária a preparação dos corpos de provas que foram soldados para que seja feita a análise. O primeiro passo é o corte da tubulação em pequenos corpos de prova, com uma medida pré-estipulada de 100 mm de comprimento, tratando-se de 12 unidades com esse comprimento, utilizando-se disco de corte fino de 4.1/2 polegadas.

O segundo passo foi a realização da preparação das juntas, no tipo de junta bisel V na elaboração do bisel com um ângulo de 30° graus, conforme a figura 4, e a retirada do galvanizado nas partes externa e interna, realizada com a esmerilhadeira, utilizando-se disco de desbaste e retífica manual com rebolo de pedra. No tipo de junta seca, por outro lado, fez-se apenas a retirada da galvanização interna e externa, promovendo um acabamento de corte, utilizando-se os mesmos equipamentos usados anteriormente. Após todos esses processos, realizou-se a limpeza dos corpos de prova com solvente para que não haja resíduos de aço na realização da solda, não havendo manipulação na hora da produção do processo.

Após a preparação das juntas dos corpos de provas, eles foram separados em dois grupos: grupo 1, para identificar os corpos de prova que foram soldados com o tipo de junta com chanfro bisel; posteriormente, o grupo 2 aos corpos de prova que pertencem ao tipo de junta seca. E dentro de cada grupo, os corpos foram enumerados de 1 a 3, para facilitar a identificação e a ordem em que cada corpo foi soldado.

Assim, procurou-se alcançar o objetivo da pesquisa de campo experimental, para que se possa analisar se o tipo de junta sem chanfro pode ser inserida nas montagens de tubulações em campo, conservando as mesmas características de penetração, conforme a norma N – 1738. Esta sugere que a soldagem em uma tubulação deve ser realizada com o tipo de junta topo com chanfro bisel; caso haja a mesma característica de penetração, deve ser feita a substituição do que sugere a norma para o novo tipo de junta sem chanfro, visando à potencialização das montagens de tubulação com ligação soldada.

Figura 4 – Ângulo do bisel



Fonte: Próprio autor, 2018.

4.2 SOLDAGEM

As soldagens realizadas nos corpos de provas foram feitas na empresa Gás Metal Montagens, utilizando-se varetas ER70S-3 tigrod 12.60 com um diâmetro de 2,4 milímetros, mantendo os mesmo parâmetros de corrente do equipamento. Então, foi utilizada 70 A para a realização da soldagem, sendo que a solda foi executada pelo mesmo soldador, para que se conservasse a mesma qualidade de solda.

Para a execução, foi utilizado um suporte para a fixação e para manter os tubos alinhados e espaçados, como indica o material pesquisado para a realização de solda em tubulação. O uso desse suporte também foi utilizado para facilitar que o soldador executasse os pontos de solda para iniciar a soldagem dos corpos.

Após as peças terem passado pela etapa de ponteamento com o auxílio do suporte, este foi retirado para que se desse início ao processo de soldagem. Como o foco da pesquisa é buscar a influência da junta referente à penetração da solda, somente a raiz da solda foi realizada para o estudo da penetração, comparando-se os dois grupos de juntas. Essa junta

soldada foi realizada com inversora LHN 220i PLUS, da marca ESAB, utilizando-se um eletrodo de tungstênio não consumível com diâmetro de 2,4 mm, e um bocal de cerâmica de número 5 para a tocha.

Para a execução da raiz, simulou-se que o tubo fosse um relógio, e a soldagem se iniciou na marca do meio dia e foi terminada na marca das três horas; iniciou-se novamente às seis horas e foi até às nove horas, para que fosse iniciada novamente na marca do meio dia. Dando início à solda, foi aplicada a esmerilhadeira com disco de desbaste para chanfra a solda feita anteriormente, após isso a solda novamente é iniciada na marca de meio dia, porém com o sentido anti-horário e termina na marca de nove horas, o mesmo processo de chanfrar a solda com a esmerilhadeira é realizado na marca das três horas, para que seja executado o espaço que ainda não foi preenchido. Esses processos foram realizados em todos os corpos de prova.

Após a soldagem de todos os corpos, foi utilizada a esmerilhadeira com escova rotativa na região da solda para a retirada de impurezas geradas durante o processo de soldagem, obtendo-se, assim, uma visualização menos obscura.

Durante o processo de soldagem, verificaram-se vários pontos positivos e negativos nos dois tipos de juntas. Um dos pontos positivos com o tipo de junta de topo seca foi a diminuição do tempo e do custo para realização, por não ser necessária a preparação da peça com o bisel, havendo aumento de custo com maior número de materiais utilizados. Porém, se o corte não for executado de maneira correta, torna-se inviável, havendo que dar o acabamento no corte para que não haja espaço excessivo entre as peças na hora da soldagem, dificultando o preenchimento da junta.

O processo de soldagem do grupo 1 com o método de junta com chanfro apresenta fatores negativos semelhantes aos do grupo 2, como, por exemplo, a execução do corte desalinhado obtendo-se espaçamento entre as peças maior que o estipulado para a efetuação da solda. Outro fator negativo é a produção do chanfro, visto que sua execução leva um tempo considerável para que seja efetuado de maneira uniforme, de acordo com o que foi visto posteriormente.

Outra condição semelhante envolvendo a produção do chanfro ocorre no momento de sua realização na tubulação, sendo feito um chanfro de parede fina, e quando for realizada a solda pode haver o excesso de penetração, como mostra a figura 5. Isso pode ocorrer por se tratar de um processo manual, mas também pode ocorrer pelo descuido do soldador na

realização do processo de soldagem ou se exceder na adição do material, causando o excesso de penetração.

Figura 5 – Excesso de penetração na soldagem



Fonte: Próprio autor, 2018.

4.3 ANÁLISE DOS CORPOS

Após a realização da soldagem, foi escolhida, de maneira aleatória, uma faixa do cordão de solda para realizar a análise. O corte da peça foi executado no sentido longitudinal ao tubo, analisando-se, dessa forma, somente a faixa escolhida, como demonstram as figura 6 e 7 abaixo.

Figura 6 – Parte analisada do grupo 1



Fonte: Próprio autor, 2018.

Figura 7 – Parte analisada do grupo 2



Fonte: Próprio autor, 2018.

Após a execução dos cortes das peças, como mostram as figuras acima, iniciou-se a análise dos cordões de solda na parte interior da tubulação para avaliar a penetração; deu-se início à análise visual das peças do grupo 1.

Nesse caso, foi verificado que na peça 1 do grupo 1, utilizando-se o tipo de junta com chanfro bisel, que deu início à soldagem, houve boa penetração, conforme a norma N-1738 e a N -1438. Porém, por ser a primeira solda realizada pelo soldador, no dia da soldagem percebeu-se uma descontinuidade na largura do cordão, que não interferiu na penetração adequada, de acordo com a figura 8. Atendendo-se a apostila de soldagem de tubulação, material disponibilizado pela fabricante do equipamento e do eletrodo de deposição que sugere uma penetração de 1,6 milímetros de reforço da raiz, a peça 1 teve uma penetração aproximada à sugerida pelo material.

Figura 8 – Penetração da solda peça 1 do grupo 1



Fonte: Próprio autor, 2018.

Já nas peças 2 e 3 do grupo 1, a penetração teve uma grande relevância, tal qual a anterior, possuindo uma continuidade maior na largura do cordão, mas uma penetração praticamente idêntica nos dois corpos, como se pode observar na figura 9. Só não houve uma penetração idêntica, pois a peça 3 teve um leve desalinhamento não percebido na hora da soldagem, até mesmo uma tensão gerada pelo processo de soldagem; portanto, a utilização do chanfro tem grande relevância no processo de soldagem em tubos, conforme os autores (Ferreira, Morais, Sampaio, & Morais, 2017).

Figura 9 – Penetração da solda das peças 2 e 3 do grupo 1



Fonte: Próprio autor, 2018.

A análise seguinte, realizada no grupo 2, que se refere ao tipo de junta seca sem chanfro, iniciou-se com estudo da peça de número 1 do grupo 2, a qual foi a primeira do grupo a ser soldada. Pode-se perceber que o cordão de solda teve uma boa penetração, como se pode observar na figura 10, atendendo os mesmos parâmetros que a norma N – 1738 e N – 1438, atingido 1,6 milímetros de reforço de raiz, como sugere a apostila de soldagem de tubulação. Entretanto, esse resultado só foi possível em razão de ser a primeira solda realizada desse grupo, e o eletrodo de tungstênio ter acabado de ser afiado; dessa forma, a poça de fusão alcançou melhor penetração, visto que o eletrodo bem afiado empurra a poça gerada pelo processo, obtendo-se uma penetração considerável e permitindo, assim, uma subestação.

Figura 10 – Penetração da solda da peça 1 do grupo 2



Fonte: Próprio autor, 2018.

No entanto, o eletrodo de tungstênio vai se desgastando ou gerando resíduos em si mesmo durante o processo de soldagem e acaba perdendo a ponta bem afiada; consequentemente, sua penetração diminui durante o período da execução do cordão de solda na junta.

Isso pode ser visto nas peças 2 e 3 do grupo 2, pois o eletrodo não foi afiado para a execução das duas peças posteriores. Dessa forma, de acordo com os corpos cortados para a realização da análise da solda foi constatada a falta de penetração, de acordo com as figuras 11 e 12.

Figura 11 – Falta de penetração da solda da peça 2 do grupo 2



Fonte: Próprio autor, 2018.

Figura 12 – Falta de penetração da solda da peça 3 do grupo 2



Fonte: Próprio autor, 2018.

Como se pode verificar nas imagens acima, há alguns pontos com falta grave de penetração, de acordo com os autores (Ferreira, Moraes, Sampaio, & Moraes, 2017). Eles explicam que a falta de penetração grave é gerada quando é utilizado tipo de junta seca sem espaço entre os tubos soldados. Já na análise da junta realizada na pesquisa, ela foi executada com espaço entre elas, e foi possível observar que, mesmo realizando a solda com espaço, em alguns pontos a penetração é quase mínima. Também se pode observar que algumas partes possuem penetração, mas a solda no interior do tubo parece ser feita por pontilhamentos.

Desse modo, o processo de soldagem realizada em uma tubulação com o método de junta seca mostrou que uma linha de montagens de tubos torna-se irrelevante, pois não atenderá os objetivos de penetração, a menos que em toda solda realizada o eletrodo de tungstênio seja bem afiado.

Porém, com o tempo gasto para desmontar a tocha para afiar o eletrodo, acaba se tornando inviável, no caso de um processo de soldagem com a junta seca e ainda o eletrodo de tungstênio for afiado pode ocorrer no cordão a falta de penetração .

De certo modo, ainda torna-se viável a soldagem de tubulação com o tipo de junta com chanfro bisel, atendendo a todas as características para uma boa penetração; inclusive, o tipo de junta com chanfro atende a todos os outros requisitos para um ótimo cordão de solda. Assim, o tipo de junta seca não possuiu penetração suficiente para substituir a junta com chanfro utilizada pela norma para soldagem em tubos.

5. CONCLUSÃO

Neste trabalho, foi desenvolvida uma análise comparativa entre dois métodos de juntas para a soldagem de tubulação, buscando aperfeiçoar as montagens de tubulação com ligações soldadas, a fim de melhorar o tempo e o custo para execução. Realizando-se uma análise da penetração nos dois tipos de juntas, avalia-se se o tipo de junta seca pode substituir a junta com chanfro.

A análise apresentou a falta de penetração no tipo de junta seca sem chanfro na maior parte do cordão soldado. Entretanto, para obter-se uma penetração desejada conforme a norma, o tipo de junta sem chanfro acaba se tornando inviável, pois o tempo gasto para preparação do chanfro acaba se igualando ao da retirada do eletrodo de tungstênio para afiá-lo, não conseguindo alcançar os objetivos de uma boa penetração no tipo de junta seca como a junta com chanfro bisel. Portanto, não foi possível substituir a junta indicada na norma pelo tipo de junta seca sem chanfro, como foi recomendado ao longo desta pesquisa.

O método de análise utilizado para obter os resultados apresentados ocorreu por meio do método de análise visual do cordão de solda em todos os corpos soldados, separados por dois grupos: o grupo 1 correspondendo à tubulação soldada com o tipo de junta com chanfro bisel, e o grupo 2 com o tipo de junta seca sem chanfro.

6. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Para o seguimento desta pesquisa, podem-se refazer os estudos, analisando-se outros tipos de juntas em tubulações a fim de alcançar a melhoria de montagens, mantendo as mesmas características sugeridas pela norma. Também se pode avaliar o melhor processo de soldagem em uma tubulação, comparando-se os tipos de soldagens, além de analisar o custo da solda, comparando-se o processo de soldagem TIG à soldagem de eletrodo revestido, mostrando qual é a mais viável para a montagem.

BIBLIOGRAFIA

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR- 5427: Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos**. Rio de Janeiro. 1985.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR- 5426: Planos de amostragem e procedimentos**. Rio de Janeiro. 1989.

COMISSÃO DE NORMALIZAÇÃO TÉCNICA. **N-133: Soldagem: Inspeção**. Rio de Janeiro. 2002.

COMISSÃO DE NORMALIZAÇÃO TÉCNICA. **N - 1438: Soldagem**. Rio de Janeiro. 2003.

COMISSÃO DE NORMALIZAÇÃO TÉCNICA. **N- 1738: Descontnuidades em Juntas Soldadas, Fundidos, Forjados e Laminados**. Rio de Janeiro. 2003.

ESAB. **SOLDAGEM DE TUBULAÇÕES**. [S.l.]: ASSISTÊNCIA TÉCNICA CONSUMÍVEIS, 2003.

FERREIRA, Ivair de Oliveira et al. **TÉCNICAS E CUIDADOS NA SOLDAGEM DE TUBOS**. Universidade de Ribeirão Preto. Ribeirão Preto. 2017.

GUIAS & TUTORIAIS DA DBC OXIGÊNIO. História do processo de soldagem TIG. **Guias Oxigênio**, 2014. Disponível em: <<http://guias.oxigenio.com/historia-do-processo-de-soldagem-tig>>. Acesso em: 17 maio 2018.

LIMA, Erasmo. Análise econômica na soldagem. **Infosolda**, 2006. Disponível em: <<http://www.infosolda.com.br/download/12ddm.pdf>>. Acesso em: 23 julho 2018.

LUZ, Gelson. Por que precisamos inspecionar a solda? **gelson luz**, 2013. Disponível em: <<https://gelsonluz.com/inspetor-de-soldagem/>>. Acesso em: 20 Maio 2018.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas S. A., 2003.

MARQUES, Paulo Villani; MODENSI, P. J.; BRACARENSE, A. Q. **Soldagem Fundamentos e Tecnologia**. Belo Horizonte: UFMG, 2011.

MECÂNICA INDUSTRIAL. Inspeção de soldagem usando técnicas de teste não destrutivo (NDT). **Mecânica Industrial**, 2018. Disponível em: <<https://www.mecanicaindustrial.com.br/inspecao-de-soldagem-usando-tecnicas-de-ensaio-nao-destrutivo-ndt/>>. Acesso em: 20 Maio 2018.

MODENESI, Paulo José. **Descontinuidade e Inspeção em Juntas Soldadas**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2001.

MODENESI, Paulo José. Terminologia Usual de Soldagem e Símbolos de Soldagem. **Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais**, Julho 2008. Disponível em: <<http://demet.eng.ufmg.br/wp-content/uploads/2012/10/terminologia.pdf>>. Acesso em: 20 Maio 2018.

SIMON, Fabiana Camila et al. ANÁLISE PRÁTICA DE PENETRAÇÃO DE SOLDA EM AÇO 1045. **DOCPLAYER**, 2012. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/1326641-Analise-pratica-de-penetracao-de-solda-em-aco-1045.html>>. Acesso em: 02 set. 2018.

WAINER, Emílio; BRANDI, S. D.; MELLO, F. D. H. **Soldagem Processo e Metalurgia**. São Paulo, SP: Edgard Blucher Ltda, 2010.