

## CAPÍTULO V – PROPOSTA DE MELHORIA NO PROCESSO DE SOLDAGEM MIG/MAG DO AÇO ABNT 1020 COM AUXÍLIO DE UMA BASE DE CERÂMICA CORDIERITA

<JONATAN ALEX MONTEIRO><sup>1</sup>  
<ADRIANA GISELI LEITE CARVALHO><sup>2</sup>  
<LUCAS RAMINELLI><sup>3</sup>  
<APARECIDO SERAPIÃO DOS SANTOS><sup>4</sup>

**Resumo:** Para efetivação de um processo de soldagem se leva em conta, tempo, material e processo de trabalho de forma que este unido possa ter uma excelência. A presente pesquisa demonstrará o que a utilização de soldagem unilateral com o auxílio do banking de cerâmica cordierita, largamente utilizada nas indústrias como um artifício que visa à união localizada de materiais, similares ou não, e forma a união permanente das peças, também pode ser utilizada na fabricação de peças de pequeno porte, neste caso se torna viável a utilização da mesma para aumentar a produtividade e reduzir tempo e alguns consumíveis usados no processo. O resultado da presente pesquisa leva em conta a investigação do processo, o experimento de soldagem em corpos de prova e a realização de ensaios destrutivos e não destrutivos, com o intuito de realizar a comprovação do resultado, ainda com necessidade de mais investigação, da importância da utilização da soldagem unilateral com o auxílio do banking de cerâmica cordierita para facilitar algumas situações no processo de soldagem.

**Palavras-chave:** Aço Carbono. Cerâmica Cordierita. Soldagem MIG/MAG.

**Abstract:** For the accomplishment of a process of welding in leads, counts, time, material and work process in a way that is able to have excellence. The present research demonstrated that it is a unilateral welding utilization with the help of ceramics cordierite, widely used in industries as a service that aims to perform an audit of materials, similar or not, and forms a permanent

---

<sup>1</sup><Jonatan Alex Monteiro; Faculdade de Tecnologia SENAI de Londrina; jonatanalexmonteiro@outlook.com>.

<sup>2</sup><Docente Mestre; Faculdade de Tecnologia SENAI de Londrina; adriana.carvalho@fiepr.org.br>.

<sup>3</sup><Técnico em Eletrotécnica; Senai de Londrina; lucas.raminelli@hotmail.com>.

<sup>4</sup><Docente Especialista; Faculdade de Tecnologia SENAI de Londrina; aparecido.serapiao@sistemafiepr.org.br>.

union of parts, also it can be used in making sized pieces, in this case it becomes feasible to use it to increase productivity and do the same and some consumables used in the process. The result of this research is the origin of a research on the process of acquisition of evidences and the accomplishment of destructive and non-destructive tests, with the intention of accomplishing the proof of the result, and still of demanding more investigation, of the importance of the Use the welding unilateral with the help of the ceramic database to facilitate some situations in the welding process.

**Keywords:** Carbon Steel. Ceramic Cordierita. Welding Mig / Mag.

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente as empresas estão buscando melhorias significativas que mudem o contexto para uma produção com menos erros e mais rápida, de forma a oferecer produtos de melhor qualidade por um preço adequado, desta forma mantendo-se no mercado competitivo. Qualidade, custos e prazos são alguns dos fatores primordiais para uma empresa tornar-se fornecedora de um determinado produto e até manter este produto no mercado.

Na área industrial, específico em empresas voltadas para mecânica industrial, em um processo produtivo um dos setores que merece destaque é o de soldagem. Segundo (ANDRADE, 2007, p.23) “soldagem é um processo de união que produz a coalescência dos materiais pelo aquecimento dos mesmos até a temperatura de soldagem, e com ou sem o uso de metal de adição.” Em diversos casos este processo significa boa parte dos custos de fabricação de um produto, e por isso também devem ser alvo de constante melhoria.

Este processo é muito antigo, criado pelo homem no início do século XIX, e que foi melhorado com os ferreiros na confecção e conserto de armas por meio da forja, durante muitos séculos. De acordo com Ferreira (2014), a soldagem manteve-se inalterada neste período, desde então passou a evoluir através de novas tecnologias, partindo do arco elétrico (eletrodo revestido), que foi um dos primeiros processos de soldagem a ser criado pelo homem. Devido a grande demanda das indústrias na produção de produtos metálicos, teve que se inovar e descobrir novas tecnologias para unir juntas, como o procedimento de soldagem a gás, MIG/MAG, TIG, arco submerso, entre outros.

Um dos processos mais utilizadas dentro da indústria pelo seu elevado índice de produção e por se adequar facilmente pelo processo de mecanização é a MIG/MAG, que consiste na utilização de um arame consumível, na busca de fundição mantendo a extremidade com arco elétrico como fonte de calor sob uma proteção de gás inerte ou da mistura de outros gases (Scott, Ponomarev, 2008).

Entre os diversos processos de soldagem observa-se uma constante busca de melhoria no processo através de adequações como dispositivos auxiliares, gabaritos, etc. Novos componentes são importantes para que haja o aperfeiçoamento do mesmo. Muitas vezes se faz necessário à utilização de dispositivos e cuidados que em um processo normal não teria desta forma garantindo a qualidade.

Considerando diversas geometrias e dimensões de componentes que são submetidos à soldagem em determinadas situações e aonde não existe a possibilidade de virar a peça devido sua proporção de peso, tamanho ou formas complexas, ou por não haver espaço suficiente para soldagem dos dois lados da peça tem-se a necessidade de utilizar a soldagem unilateral, que é uma técnica onde os cordões de solda são aplicados somente em um lado da peça.

Um dos tipos de soldagem unilateral utiliza o suporte de cerâmica cordierita, que apresenta um custo-benefício muito interessante, pode ser utilizada como um facilitador no processo de soldagem (ANDRADE, 2007). Este tipo de cerâmica suporta um elevado índice de aplicação de calor na poça de fusão, não se fundindo com o material de adição (ALMEIDA, 2009).

Os materiais cerâmicos são “inorgânicos usados pelo homem desde os tempos pré-históricos. Resultam do aquecimento, temperaturas elevadas, com ou sem pressão, de mistura de argilas com óxido de alguns metais” (MANO, 2011, p.51).

O suporte de cerâmica cordierita pode ser utilizado na soldagem de diversos tipos de materiais, entre eles o aço carbono ABNT 1020 que é um dos aços mais comuns utilizados devido a sua excelente relação de custo e benefício.

Partindo dos pressupostos acima, a análise deste trabalho será realizada através de experimentos, em que corpos de prova serão submetidos ao processo de soldagem MIG/MAG, utilizando o arame tubular, em chapa de aço carbono ABNT 1020 com o auxílio do material cerâmico cordierita. Também contará com a realização de ensaios destrutivos e não destrutivos a fim de analisar os defeitos que podem vim a ocorrer no cordão de solda.

## 2. Fundamentação teórica

### 2.1 Processos de soldagem

Este processo é muito antigo, criado pelo homem no início do século XIX, e que foi melhorado com os ferreiros na confecção e conserto de armas por meio da forja, durante muitos séculos. Assim percebe-se que se encontra o desenvolvimento de soldagem em remotos lugares em diversas localidades no tempo e região. Deste modo sendo utilizados no processo de desenvolvimento das armas, equipamentos e utilitários (FERREIRA, 2013).

No quadro 1 será apresentado um breve histórico sobre a evolução dos processos de soldagem.

Quadro 1: Histórico sobre a evolução dos processos de soldagem

Ano	Histórico
Pré historia – idade media	Soldagem por forjamento
1809	Arco elétrico
1885	1º Patente Inglesa
1890	Eletrodo Nu
1907	Eletrodo revestido
1926	Processo de soldagem TIG (Tungsten Inert Gás)
1948	MIG (Metal Active Gás)
1953	MAG (Metal Inert Gás)
1954	Arame tubular
1957	Plasma
1960	Laser
Atualmente	Mais de 50 tipos de processos de soldagem

Fonte: SANCHES. (2010)

Devido à alta demanda das indústrias por produtos metálicos e pelo o aumento da produção, teve-se a necessidade de se inovar e descobrir novas tecnologias. Uma das soldas que atualmente vem se destacando é a MIG/MAG (metal inerte gás) e (metal ativa o gás). Por produzir soldas de alta qualidade com o procedimento adequado e podendo ser utilizada em todas as posições, com o intuito de unir materiais de várias espessuras, ferrosos ou não ferrosos (POEPCKE, 2013).

Para se obter um procedimento adequado, a solda MIG/MAG necessita levar em considerações as variáveis do processo, que pode ser

identificado como o “metal de base a ser soldado, intensidade da corrente, tensão e comprimento do arco, velocidade de soldagem, gases de proteção, diâmetro do eletrodo e posição da tocha, seus tipos e vazão” (POEPCKE, 2013. pág.265).

Entre essas variáveis destacam-se os gases de proteção que possui o intuito de proteger a poça de fusão contra os gases presentes no meio ambiente. O próprio gás de proteção pode também ter comportamento de reação no metal de solda. Por isso eles são classificados como Inertes ou ativos. Os gases Inertes são aqueles que não reagem quimicamente com o metal de solda os mais utilizados comercialmente são o Hélio e o Argônio. Enquanto os ativos mais utilizados são Dióxido de carbono e CO<sub>2</sub>. (SCOTTI; PONOMAREV, 2008).

Uma grande inovação desse processo foi à invenção do arame tubular, que teve o objetivo de aumentar a produtividade das empresas, devido à facilidade de poder soldar em diferentes tipos de posições e ângulos.

Foi desenvolvido para melhorar as características da soldagem utilizando o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) como gás de proteção. Deste modo tendo um arco estável e um baixo nível de respingo com o intuito de reduzir o custo de produção. (FORTES; 2004).

O processo de soldagem necessita de uma fonte de calor para fundir o material de base (peça) com material de adição, cria-se uma zona termicamente afetada (ZTA) pelo calor, deste modo mudando as propriedades mecânicas entre o material de base com o material de adição.

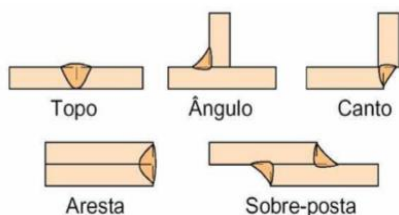
O ideal seria que a zona afetada pelo calor tivessem exatamente as mesmas propriedades que o metal de base, mas isso não é possível, porque os processos de fabricação de peças e/ou componentes que antecedem os processos de soldagem influenciam diretamente na soldabilidade. Materiais conformados sempre apresentam uma maior resistência que os materiais que são fundidos (FORTES; 2004).

Deste modo se torna necessário ter um cuidado especial com a zona termicamente afetada, porque é uma área que á uma probabilidade para ocorrer descontinuidades, deste modo é necessário verificar essa região com alguns ensaios, entre eles estão os ensaio destrutivos e não destrutivos que possui o intuito de analisar os defeitos que podem vim a ocorrer no cordão de solda.

## 2.2 Juntas e Chanfros de Soldagem

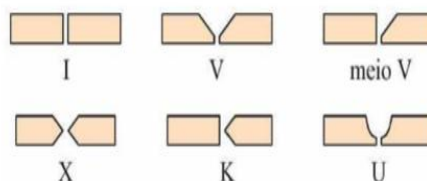
Segundo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (2013, p.464) “Junta é a região onde duas ou mais peças são soldadas” Para poder haver uma boa união das juntas é necessário preparar o material limpando para não haver defeito no cordão, e dependendo de sua espessura o material deve ser chanfrado, deste modo facilitando o acesso do eletrodo, da tocha, ou do cabeçote de soldagem. A figura 1 (a) apresenta algumas juntas de soldagem e a figura 1 (b) apresenta alguns tipos de chanfros.

Figura 1 (a) - Juntas de soldagem



Fonte: MODONESI. (2008)

Figura 1 (b) - Chanfros de soldagem



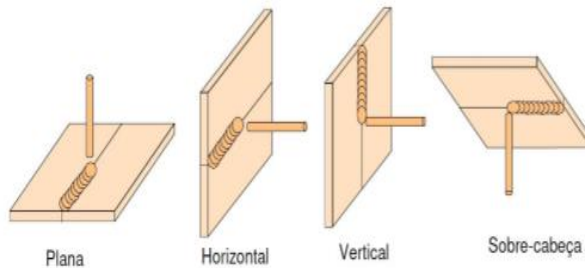
Fonte: MODONESI. (2008)

No processo de soldagem há vários tipos de juntas e chanfro, sendo muito utilizados para dar uma melhor fixação no material, com o intuito de melhorar a qualidade e minimizar os defeitos que podem vir a ocorrer.

## 2.3 Posições de Soldagem.

No processo de fabricação das peças as situações em que a soldagem tem que ser realizadas nas peças já montadas e a movimentações das peças é muito delicado devido a sua proporção de tamanho, peso ou formas complexas (ANDRADE, 2007). A figura 2 apresenta as posições de soldagem.

Figura 2-posições de soldagem



Fonte: MODONESI. (2008)


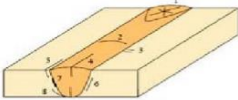

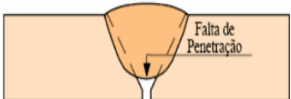
Com essas dificuldades encontradas, nem sempre é possível posicionar a peça na posição mais adequada para o soldador, deste modo é necessário realizar a soldagem em diversas posições.

## 2.4 Defeitos de Soldagem.

Os defeitos ou discontinuidades podem ser considerados “como qualquer interrupção ou homogeneidade nas propriedades físicas, mecânicas ou metalúrgicas do material ou da solda”. (SANCHES,2010.pag.42).

No processo de soldagem existem vários tipos de defeitos, alguns dos principais deles que normalmente acontece na fabricação de peças são: falta de fusão, porosidade, mordedura e trincas, no quadro 2 estes defeitos serão demonstrados.

Quadro 2: Alguns defeitos de soldagem

Defeito	Ilustração	Principais Causas
Porosidades		Contaminações de sujeira, oxidação e umidade, na superfície do metal de base e consumíveis de soldagem. As peças com poros deixam a solda frágil e sem resistência, muitas vezes esse problema ocorre no interior da solda e não pode ser descobertos através de inspeção visual.
Trincas		São consideradas graves por serem fortes concentradores de tensão elas podem-se formar durante ou logo após a soldagem ou em operações subsequentes a soldagem e podem acontecer a quente ou a frio.
Mordedura		Gera um enfraquecimento da junta soldada, com isso Prejudicando o acabamento e a resistências da solda, atuando como ponto para início de trincas e facilitando para o processo corrosivo do material soldado.
Falta de Fusão		Falta de fusão geralmente ocorre entre os passes de solda ou na raiz da solda, deste modo ocasionando redução significativa da resistência da Solda e servindo como Ponto para um possível início de trincas.

Fonte: Adaptado de SANCHES. (2010)

Para evitar os defeitos que podem vir a ocorrer no processo de soldagem é necessário ter alguns cuidados, entre eles estão à limpeza adequada da superfície a onde será realizado o cordão de solda, verificar se na peça a soldar possui tinta graxa ou umidade, na hora da solda manter uma distancia adequada entre a peça e o bocal, manter os eletrodos ou arames em estufas com a temperatura adequada etc. Esses cuidados são de suma importância para conseguir soldas de boa qualidade.

## 2.5 Aços e suas ligas.

Normalmente nas Indústrias, a soldagem MIG/MAG é utilizada para soldar diversos materiais, entre eles o aço carbono, que é um dos materiais mais comum e utilizado, devido a sua boa soldabilidade. Existem diferentes tipos de aço no mercado e isso depende da quantidade de carbono ou outros elementos que são adicionados. “Os aços maquinas contem uma baixa quantidade de carbono 0,10% á 0,20% e é facilmente trabalhado. Já o aço ferramenta contém uma quantidade de carbono igual ou maior de a, 60% quanto maior a quantidade de carbono maior a resistência ao desgaste” (GEARY; MILLER, 2013 PAG 76).

O aço ABNT 1020 é um aço carbono que contém 0,2%C e “possui excelente plasticidade e soldabilidade, após a cementação é normalmente utilizado em componentes mecânicos de uso como engrenagens, eixo, virabrequins, pinos guia catracas, etc.” (GERDAU, 2011, p.4). O aço 1020 é um dos materiais mais utilizados dentro das indústrias devido sua excelente relação de custo e beneficio deste modo se tornando um processo alternativo para ser utilizado.

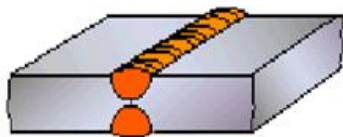
## 2.6 Soldagem Unilateral

Soldagem Unilateral pode ser definida como o processo de união de juntas, assim exigindo a penetração total do procedimento de soldagem, deste modo sendo soldado apenas de um lado da peça, com o intuito de realizar (Raiz, Enchimento e acabamento) e apenas utilizada em chapas com a espessura acima de 4 mm (ANDRADE, 2007).

No procedimento de soldagem á alguns passos a ser seguido para se realizar uma solda de boa qualidade, deste modo é necessário preparar a junta de solda, executar o primeiro passe de soldagem de um lado da peça, preencher o chanfro com passes de solda e realizar cordões de acabamento, após serem concluídas essas etapas é necessário virar a peça, para realizar o procedimento de goivagem (retirando o material de base que não se fundi com o material de adição) com o auxílio do eletrodo de grafite ou a própria lixadeira, com isso retirando os defeitos e preparando o material para poder receber o cordão de acabamento do lado oposto (ANDRADE, 2007).

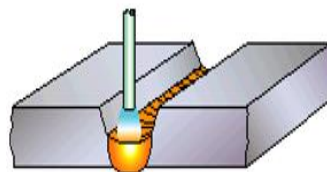
A figura 3 (a) apresenta o procedimento de soldagem convencional e a figura 3 (b) apresenta o procedimento utilizando a base de cerâmica cordierita.

Figura 3 (a) – Soldagem convencional



Fonte: Andrade (2007)

Figura 3 (b)- Soldagem com a base de cerâmica



Fonte: Andrade (2007)

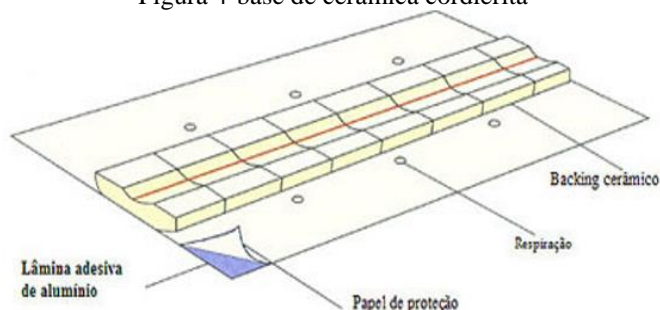
A vantagem do processo utilizando à cerâmica cordierita é que não a necessidade de virar a peça para realizar o procedimento de soldagem do lado oposto então as duas ultimas etapas do processo não precisa ser executadas deste modo evitando desperdício de tempo, material, gás de proteção, consumíveis utilizados e horas do soldador (ANDRADE, 2007).

## 2.7 Cerâmica Cordierita

O suporte de cerâmica cordierita “consiste na mistura de um material refratário (Cordierita), aglomerante (Silicato de Sódio) e água. Após a adição dos componentes é necessário prensar o material e levar ao forno, aquecendo aproximadamente a 1100oC” (ALMEIDA ET AL. P.1 2012).

A cerâmica cordierita apresenta uma excelente composição “é um material refratário que pode ser utilizado como ponto de fusão nas soldas”. (ALMEIDA ET AL. P.1 2009). Este processo suporta um elevado índice de calor com isso não se fundindo com o material que vem a ser depositado. Proporciona uma excelente qualidade no processo de soldagem, permitindo uma boa realização do cordão de raiz, são utilizadas principalmente em soldagens mais pesadas, em caldeirarias, industriais navais, estruturas e perfis em gerais. Podendo ser utilizada em alguns processos de solda, MIG/MAG, Arco Submerso, Eletrodo Revestido e Arame tubular (ANDRADE, 2007). Figura 4 define as características que possui a base de cerâmica cordierita.

Figura 4-base de cerâmica cordierita



Fonte: Andrade. (2007)

Aplicado através de uma fita adesiva, na parte inferior da junta a ser soldada, sendo de fácil e rápida aplicação. Assim percebem-se alternativas e possibilidades de melhorias, utilizando o backing de cerâmica cordierita no processo de soldagem.

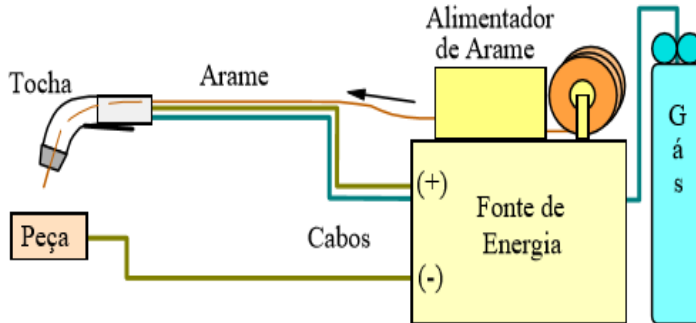
### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste tópico serão apresentadas algumas informações sobre os materiais e métodos empregados no desenvolvimento deste trabalho. Além da pesquisa bibliográfica, a realização de experimentos no laboratório da Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina possibilitou a realização de análises do processo, bem como a execução de alguns ensaios.

#### 3.1 Processo

Para um melhor entendimento sobre o processo, ele consiste de uma fonte de energia corrente contínua (CC) ou corrente alternada (A), é composto por uma tocha, em seu interior está localizado o (bico de contato) que possui a finalidade de direcionar o material de adição e transmitir a corrente elétrica ao arame. O alimentador é composto basicamente de um motor, que possui um sistema de controle de velocidade e rolos para impulsão do arame. O gás de proteção utilizado tem a finalidade de proteger a poça de fusão contra os gases presentes no meio ambiente. A figura 5 ilustra processo de soldagem MIG/MAG.

A figura 5- Processo MIG/MAG



Fonte: MODENESEI; MARQUES. (2006)

O metal de adição pode ser transferido para a poça de fusão por três diferentes tipos de regulagem, por spray, globular ou curto- circuito, isso depende muito dos parâmetros operacionais tais como o nível de corrente, polaridade, diâmetro e composição do arame e o gás de proteção utilizado. (MODENESEI; MARQUES, 2006).

### 3.2 Equipamentos e os Consumíveis do Processo

Realizou-se a soldagem com o procedimento MIG/MAG, modelo utilizado foi a maquina ESB SMASHWELD 318 TOP FLEX, material adição utilizado no processo foi o arame tubular E71T-1C com o diâmetro 1.2 Figura 6-apresenta a maquina e o arame utilizado no processo.

Figura 6-Máquina e o arame utilizado



Fonte: O autor




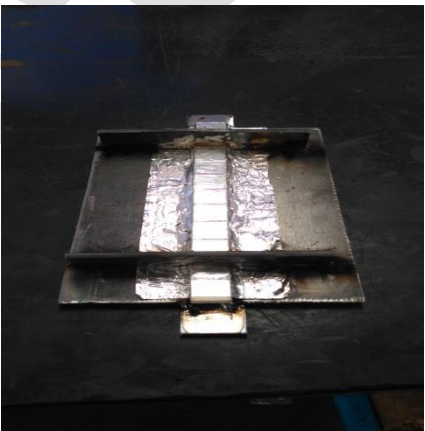
Utilizou-se o gás ( $\text{CO}_2$ ) com a vazão de 13 l/min. sem mistura de outros gases como proteção, com o objetivo de proteger a poça de fusão contra os gases presentes no meio ambiente.

### **3.3 Corpos de Prova**

Para este trabalho utilizou-se corpos de prova de aço carbono ABNT1020, o material foi cortado em chapas com a dimensão de 250x100x9, 58 mm. E realizou-se o chanfro em V, com o ângulo de  $45^\circ$  para facilitar o acesso da região da solda. Abertura da raiz do corpo de prova foi de 3 mm, o corpo de prova utilizando a cerâmica cordierita foi de 5 mm. O material foi limpo com o auxílio da lixadeira deste modo reduzindo a possibilidade de defeito no cordão de solda. No quadro 3 demonstra a montagem dos corpos de prova sem a utilização da base de cerâmica cordierita, e utilizando a base cerâmica cordierita.

No quadro 3 será demonstrada a vista superior e inferior dos corpos de prova que foram soldados pelo processo MIG/MAG.

Quadro 3: Vista Superior e Inferior Corpos de Prova

Processo	Vista Superior	Vista Inferior
Sem a base de cerâmica cordierita		
Com a base de cerâmica cordierita		

Fonte: O autor

Dispositivos auxiliares foi utilizados na montagem e ponteados na parte inferior dos corpos de prova, com o intuito de permitir que durante a soldagem a abertura da raiz permanessa constante e minimize as distorções causadas pela soldagem.

### 3.4 Base de Cerâmica Cordierita

Utilizou-se a base de cerâmica cordierita em um corpo de prova com o intuito de fazer a comparação entre os processos, a cerâmica utilizada foi a cerâmica côncava 6 mm com a dimensão de 250x24x8mm.

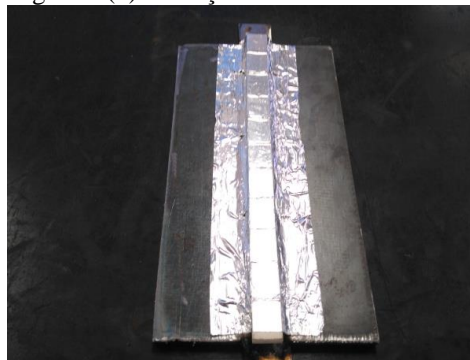
A figura 7 (a) apresenta a base de cerâmica e a figura 7 (b) apresenta a fixação da base de cerâmica na parte inferior do corpo de prova

Figura 7 (a) – base de cerâmica



Fonte: O autor

Figura 7 (b) – fixação da base de cerâmica



Fonte: O autor

A Fixação da cerâmica cordierita na parte inferior do corpo de prova facilitou o processo de soldagem e adquiriu uma boa realização do cordão de raiz, livrando contra as contaminações e as descontinuidades que podem vir a ocorrer.

### 3.5 Ensaios não destrutivos

Para verificar os defeitos superficiais do cordão de solda, utilizaram-se recursos de ensaios não destrutivos do corpo de prova, foram realizadas inspeções visuais e líquido penetrante nos corpos de prova. O ensaio por líquido penetrante consiste em penetrar na abertura das descontinuidades, detectar defeitos tais como trincas, poros, dobras etc. Após a remoção do excesso do líquido da superfície, e necessário aplicar o revelador que possui o objetivo de fazer com que o líquido que está retido nas descontinuidades saiam e demonstre o defeito (Andreucci 2003). O líquido penetrante utilizado foi PCG 53 ETAPA 1, e revelador utilizado no processo foi o DSG S2 ETAPA 3 os dois produtos atendendo a norma da Petrobras.

A figura 8 (a) apresenta o revelador e o líquido penetrante utilizado no processo a figura 8 (b) apresenta o líquido penetrante em toda a região soldada e a figura 8 (c) apresenta o revelador em toda a região soldada.

Figura 8: (a)-penetrante e revelador.



Figura 8(b)-Aplicação do líquido penetrante



Figura 8(c)-Aplicação do revelador



Fonte: O autor

Para se executar o processo passou o líquido penetrante em toda a região soldada e esperou aproximadamente 10 minutos após esse tempo foi retirado o excesso de líquido penetrante lavando com água corrente, e aplicou-se o revelador em toda a região soldada com o intuito de detectar alguma descontinuidade.

Figura 9 (a) – Corte transversal



Figura 9 (b) – Retirada da amostra



Fonte: o autor.

### 3.6 Ensaios Destrutivos

Também efetuou ensaios destrutivos nos corpos de prova eles foram cortados transversalmente seguindo a norma AWS D1. 1. 2010 deste modo retirando uma amostra de cada conjunto, para realizar o ensaio de dobramento. O corpo de prova foi cortado com a dimensão 200 x 9,58mm seguindo a norma AWS 2010. A figura 9 (a) apresenta o corte transversal no corpo de prova retirando a extremidade não útil e a figura 9 (b) demonstra o corte de 9,58 mm que servirá como amostra para efetuar os ensaios.

De acordo com a norma técnica, o início e final do cordão de solda não devem ser considerados como parte útil para análise, visto que estas extremidades apresentam descontinuidades.

### 3.7 Ensaios de Dobramento

O ensaio de dobramento consiste em submeter o material a uma deformação plástica por flexão. Deste modo a amostra retirada do corpo de prova é assentada sobre dois apoios, é dobrado por uma ferramenta denominada cutelo, que aplica um esforço de flexão no centro do corpo até atingir o ângulo especificado (MIRANDA; RODRIGUES). A figura 10 (a) ilustra o corpo de prova apoiado nas extremidades do gabarito e o cutelo se aproximando para realizar o ensaio. A figura 10 (b) ilustra o corpo de prova sendo deformado devido ao ensaio.

Figura 10 (a)- Ensaio de dobramento



Fonte: O autor

Figura 10 (b)- Ensaio de dobramento



Fonte: O autor

Com o ensaio de dobramento nas amostras retirada do corpo de prova observam-se a olho nu se ouve algum defeito como trincas ou fissuras na região soldada. Esse ensaio é muito utilizado nas indústrias devido a sua simplicidade de ser executado.

## 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 4.1 Soldagens dos corpos de prova

No presente estudo foram analisados corpos de prova, na figura 11 é demonstrado a solda sem a utilização da cerâmica cordierita. A maquina MIG MAG foi regulada em 26 volts e 200 Amper o primeiro passo foi à realização do cordão de raiz e após foram filetado mas dois cordões deste modo preenchendo o chanfro, para realizar o acabamento necessitou-se quatro cordões de solda. A figura 11- apresenta a vista superior do corpo de prova soldado.

Figura 11-. Vista superior do corpo de prova soldado.



Fonte: O autor.

Após ter concluído o procedimento de soldagem de um lado da peça virou o corpo de prova e tirou os dispositivos auxiliares e percebeu-se que o material adicionado não teve a penetração total no processo, deste modo tendo descontinuidades na união das juntas.

Teve-se a necessidade de retirar o material de base que não se fundiu com o material de adição, com o auxílio da lixadeira, tirando os defeitos e preparando o material para poder receber o cordão de acabamento do lado oposto, concluindo a soldagem.

A figura 12 (a) apresenta a raiz com descontinuidade a figura 12 (b) apresenta a retirada do material que não se fundiu a figura 12 (c) apresenta a junta soldada do lado oposto.

Figura12 (a)-raiz com descontinuidade



Fonte: O autor.

Figura12 (b)-a retirada do material que não se fundiu



Fonte: O autor.

Figura12 (c)-junta soldada



Fonte: O autor.

No corpo de prova soldado com a utilização da base de cerâmica cordierita, foram realizado os mesmos processos, preenchendo o chanfro, realizou-se cordões de acabamento, virou a peça retirou os dispositivos auxiliares. A figura 13 (a) apresenta a vista superior do corpo de prova, para realizar o acabamento necessitou-se a realização de três cordões a figura 13 (b) apresenta a vista inferior do corpo de prova, após a retirada dos dispositivos auxiliares.

Figura13 (a)-vista superior



Fonte: O autor.

Figura13 (b)-vista inferior



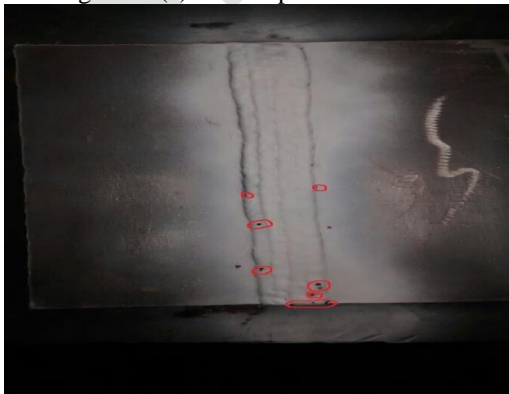
Fonte: O autor.

Devido a utilização da base de cerâmica cordierita não houve a necessidade de realizar as duas últimas etapas do processo, o cordão de raiz ficou uniforme não havendo descontinuidades, seguindo a norma sendo aprovado.

## 4.2 Ensaios dos corpos de prova

Após o processo de soldagem realizou-se ensaios não destrutivos de (inspeção visual e líquido penetrante) nos corpos de prova. A figura 14 (a) apresenta a vista superior, notou-se pequenos poros no cordão de acabamento e a figura 14 (b) apresenta a vista inferior, sem qualquer descontinuidade.

Figura14 (a)-vista superior



Fonte: O autor.

Figura14 (b)-vista inferior



Fonte: O autor.

No corpo de prova sem a utilização da base de cerâmica cordierita notou-se pequenos poros nos cordões de acabamento, mas conforme o critério de aceitação da norma AWS D1.1 as descontinuidades obtidas não afetarão o processo.

O ensaio realizado com a utilização da base de cerâmica cordierita, não obteve-se defeitos no cordão de acabamento na vista superior. Na vista inferior teve um poro, mas aceitável conforme a norma. A figura 15 (a) apresenta a vista superior e a figura 15 (b) apresenta a vista inferior.

Figura 15 (a)-vista superior



Fonte: O autor.

Figura 15 (b)-vista inferior



Fonte: O autor.

Foram realizados ensaios destrutivos de dobramento nos corpos de prova, com o intuito de avaliar a ductilidade da junta soldada, e para detectar pequenos defeitos, pois tendem a propagar-se durante o ensaio. A figura 16 (a) ilustra o corpo de prova após a dobra e a figura 16 (b) ilustra o ensaio do líquido penetrante com a aplicação do revelador em toda a região da junta.

Figura16 (a)- corpo de prova após a dobra.      Figura16 (b)- corpo de prova com aplicação do revelador.



Fonte: O autor.

Fonte: O autor

Após a realização do ensaio de dobra efetuou-se o ensaio de líquido penetrante nos corpos de prova com o intuito de visualizar trincas internas no material, mas não foi observado indicações de descontinuidades maiores que 3,0 mm, que é o critério de aceitação previsto na AWS D1.1. Deste modo sendo considerado aprovado.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando em consideração a busca de excelência de trabalho nas indústrias, buscando o um processo de economia tanto no tempo quanto nos materiais utilizados, os resultados obtidos na presente pesquisa, sobre o processo de soldagem utilizando a base de cerâmica cordierita nas peças, trazem resultados favoráveis na redução de etapas e tempo na utilização do mesmo.

Observando o processo percebe-se que na utilização da base de cerâmica cordierita o tempo é menor, pois se elimina os dois últimos processos de finalização da peça; o de goivagem, isto é, a retirada de material de base, com o auxílio da lixadeira, que não se fundiu com o material de adição; e a não necessidade do fazer o cordão de acabamento. Assim podemos observar que a redução de etapas resulta em uma economia de tempo e conseqüentemente de materiais utilizados. Usando este

procedimento e levando em conta a qualidade do resultado, pode-se concluir que, este processo pode ser utilizado na produção das peças sem comprometimento da qualidade das mesmas e também qualificando o processo de produção.

Em síntese pode-se afirmar que as indústrias podem utilizar tal procedimento na fabricação de peças sem perder a qualidade do material fabricado, e ainda com eliminação de etapas do processo e conseqüentemente de tempo, que na vida de uma empresa é sempre trará resultados positivos. A presente pesquisa fica na restrição de levar sua consideração no limite de um artigo, por isso a mesma não quer, e nem pode ser a ultima palavra sobre a eficiência do processo apresentado. Assim, há necessidade de mais experimento e verificação de resultados para poder comprovar que há diminuição de material e economia dos mesmos. Aqui foi dada um ponta pé inicial para que se possa futuramente se aprofundar no tema e achar condições melhores neste processo, bem como estabelecer meios de economia nos diversos conteúdos que tem no mesmo, buscando qualidade com excelência e economia.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. L. P.; TATAGIBA, L. C. S.; ROSENTHAL, R.; PARANHOS, R. P. R. **Avaliação da junta soldada com suporte cerâmico a base do mineral refratário cordierita.** V Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação -14 a 17 de abril de 2009 - Belo Horizonte - Minas Gerais.

ALMEIDA, L. L. P.; VIEIRA C. M. F.; PARANHO, R. P. R.; TATAGIBA, L.C.S. **Desenvolvimento de suporte cerâmico a base de cordierita para soldagem unilateral.** Rio De Janeiro: UENF, 2012.

ANDRADE, Silvio Trivellato. **Mapeamento do processo mecanizado de soldagem unilateral FCAW com banking cerâmico aplicável no passe de raiz em aço carbono.** Belo Horizonte: UFMG, 2007.

ANDREUCCI, Ricardo. **Ensaio por líquido penetrantes.** São Paulo: FATEC/SP, 2003.

FERREIRA. Fernanda Laureti Thomaz. **Breve histórico da Soldagem:** in soldagem. São Paulo: SENAI, 2013.

FORTES; Cleber, **Apostila dos arames tubulares.** Cidade: ESAB, 2004.

GEARY. Don; MILLE R. Rex, **Soldagem.** 2: ed. Porto Alegre: Bookman. 2013.

GHERDAU. **Catálogo informativo de aços de construção mecânica.** São Paulo: Gerdau, 2011.

MANO. Eloisa Biasotto. **Polímeros como materiais de engenharia.** 6.ed. São Paulo: Blucher, 2011.

MODENESI, Paulo. J. **Terminologia usual de soldagem e símbolos de soldagem.** BELO HORIZONTE: UFMG, 2008.

MODENESI, Paulo. J. MARQUES, Paulo. Vilani. **Introdução aos Processos de Soldagem.** BELO HORIZONTE: UFMG, 2006.

MIRANDA. Eduardo Luiz; RODRIGUES. **Ensaio de dobramento:** Disponível em: <http://www.engbrasil.eng.br/pp/em/aula4.pdf>> 15/11/2016.

POEPCKE. José Saturnino, **Processo Mig/Mag:** in soldagem. São Paulo: SENAI, 2013.

SCOTTI. Américo; PONOMAREV. Vladimir. **Soldagem Mig/Mag:** melhor entendimento melhor desempenho. São Paulo: Artliber, 2008.

SANCHES, Ricardo Almeida. **Defeito em solda detectáveis através de inspeção visual.** MANAUS: CEULM, 2010.

SERVIÇOS NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Soldagem:** área metalurgia. São Paulo: SENAI/SP, 2013.

TOZONI-REIS. Marília Freitas de Campos, **Metodologia científica** 2. ed. Curitiba: IESDE Brasil, 2009.