

Comparativo de desempenho de processos de soldagem MIG robotizado X manual

Everaldo César de Castro¹, Valner João Brusamarello²

¹GPIAS- Grupo de pesquisa em Informática, automação e sistemas- Universidade do
Contestado (UnC)
Caixa Postal 232 – 89500-000 – Caçador - SC – Brazil

² PPGEAM- Universidade Luterana do Brasil- Canoas – RS – Brazil

everaldo@cdr.unc.br; valner@terra.com.br

Abstract. *Welding Process is often applied in robotic systems aiming high standards of production. Nevertheless robotic systems are not affordable in small line productions and manual process still being largely used. In this work a comparative study of manual and automated welding was made. Standard samples (ASME Section IX) were welded with both process: manual and automated. Then micrographic analysis was made and measurements of tension of severance and hardness were taken. The results of tension tests pointed to higher rupture force in automated systems. Micrographic and hardness measurements showed small differences in both cases: the thermal affected zone is larger on the manual process. Also, the manual process affected more the material features than the robotic system. As well visual inspection showed a better average welding quality in automated systems.*

Resumo. *O processo de soldagem é frequentemente adaptado à células robotizadas em busca de qualidade e produtividade. Esta realidade é contrastada por muitas pequenas empresas que utilizam o processo manual de soldagem. Isto deve-se principalmente pelo atendimento das necessidades e do alto custo de um robô. Neste trabalho foi feito um estudo comparativo dos processos de soldagem manual e robotizado. Foram utilizados corpos de prova padrão (ASME section IX) soldados com os dois processos. Posteriormente foram feitos ensaios de tração, medição de dureza e estudo da microestrutura. Os ensaios de tração mostraram que os corpos de provas soldadas por uma célula robotizada apresentaram forças de ruptura mais elevadas. Os ensaios da microestrutura e dureza apontaram pequenas diferenças: a ZAT (zona afetada termicamente) apresentou-se maior nos processos de soldagem manuais. Também observou-se que as características de microestrutura sofreram maiores mudanças no processo manual. Adicionalmente, constatou-se através de inspeção visual uma qualidade de solda melhor quando o processo é automatizado.*

1. Introdução

O processo de soldagem é bastante antigo e comum na maioria das indústrias. Apesar da evolução das técnicas, ainda existe um número elevado de processos que dependem da experiência do operador no ajuste dos parâmetros. Estes parâmetros são importantes e estão relacionados com defeitos e dificuldades comuns em processos de soldagem: A dificuldade na abertura do arco, dificuldade em manter o arco aberto, projeções, aquecimento exagerado do eletrodo, má aderência do cordão de solda, porosidades, mordeduras, falta de penetração, entre outras. [Wainer, E. 1976].

O processo METAL INERT GAS (MIG) utiliza o calor de um arco elétrico entre um eletrodo nu alimentado continuamente e o metal base para formar a solda. A proteção do arco e da poça de solda vem inteiramente do gás. No caso do processo de soldagem MIG o gás pode ser composto por : Argônio, Hélio, Argônio +1% de O₂; Argônio + 3% de O₂. [Okuma, T. 1982].

Quando o gás utilizado não for inerte, o processo é chamado de METAL ACTIVE GAS (MAG). Neste caso os gases utilizados podem ser: CO₂; CO₂ + 5^a 10% de O₂; Argônio + 15 a 30% de CO₂; Argônio + 5^a 15% de CO₂; Argônio + 25 a 30% de N₂. [Okuma, T. 1982].

Escórias formadas nos processos de soldagem com eletrodo revestido e soldagem a arco submerso, não surgem no processo de soldagem MIG/MAG, porque não utiliza fluxo. Entretanto, um filme vítreo de sílica forma-se em eletrodos de alto silício, o qual deve ser tratado como escória. [Wainer, E. 1976].

O processo de soldagem MIG é bastante versátil. Algumas de suas principais vantagens são: taxa de deposição maior que a de soldagem com eletrodo revestido, menos gás e fumaça na soldagem, alta versatilidade, larga capacidade de aplicação além de poder ser aplicado em uma faixa ampla de espessuras e materiais. O uso do processo MIG é atualmente o método mais utilizado na Europa Ocidental, U.S.A e Japão. Isto ocorre entre outras coisas, devido a sua alta produtividade e facilidade de automação. [Wainer, E. 1976].

Neste trabalho é apresentado um estudo comparativo do desempenho de processo de soldagem MIG entre um sistema robotizado e manual. Foram medidos os parâmetros de dureza, características da microestrutura, além de forças de rupturas em corpos de prova definidos por Normas, (ASME Section IX).

2. Equipamentos, Materiais e Métodos

2.1 Corpos de Prova.

Os corpos de prova (C.P) foram confeccionados em uma barra chata laminada de Aço Carbono ASTM A-36 com dimensões de 38,1 mm de largura, 6,35 mm de espessura e 250 mm de comprimento. A área útil de ensaio é de 130 mm, usinados em

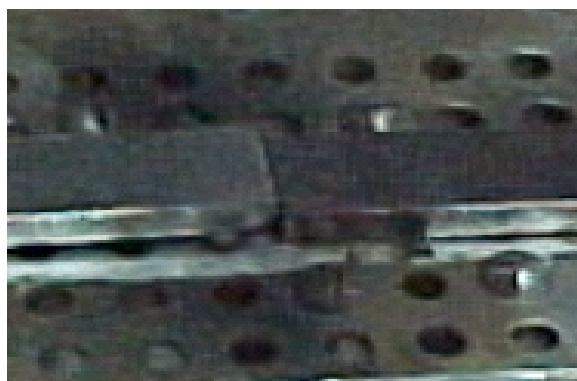
fresadora universal. Os corpos de prova foram confeccionados conforme especificações da Norma ASME (*Section IX*). Os corpos de prova foram confeccionados com e sem a utilização de chanfros em “X” (Fig. 1 e Fig. 2).



Fig. 01 C.P. com chanfro em “X”



Fig. 02 C.P. sem chanfro.



Detalhe Fig. 02 C.P. sem chanfro.

2.2 Equipamentos de Soldagem.

Os experimentos com Corpos de Prova soldados com processo de soldagem manual foram executados com uma máquina de soldagem MIG marca White Martins modelo VI 320, (fig 03). O arame utilizado foi o de 0,8 mm de diâmetro, especificações AWS ER 70 S-3 e o gás de proteção 90% Ar, 6% CO₂ e 2% O₂. Os parâmetros foram mantidos constantes, (velocidade do arame 6 m/s, inclinação da tocha 45°, corrente de 250 A).



Fig. 03 Equipamento de soldagem MIG manual.

Os experimentos relacionados ao processo robotizado foram realizados em uma estação composta por um Robô Yaskawa. O mesmo manipula a peça e a tocha de soldagem, através de um controlador ESHED ROBOTIC SYSTEMS conectado a um microcomputador rodando o ambiente de programação ACL. (Fig. 04).



Fig. 04 Robô Yaskawa com tocha de Soldagem MIG.

A exemplo do processo manual, foram utilizados arame de diâmetro 0,8 mm, especificação AWS ER70 S-3 e o gás 90% Ar, 6% CO₂ e 2% O₂. No processo robotizado também foram utilizados os mesmos parâmetros: Velocidade do arame 6m/s, inclinação da tocha de 45° e corrente de 250 A.

2.3 Ensaio Realizados.

Os Corpos de Prova foram submetidos a ensaios de tração em uma máquina universal de ensaios marca Wolpert Testor de 12 toneladas. Sendo a seguir realizado ensaio de micro-dureza em durômetro analógico marca Pantec, com pré carga de 10 Kg e carga de teste de 187,5 Kg, utilizando esfera de aço HBs para metais macios, com diâmetro de 2,5 mm.

A avaliação da microestrutura, foi feita através das amostras preparadas metalograficamente. Na retirada dos corpos de prova para análise metalográfica, tomou-se o cuidado de sempre retirá-los na mesma região, fazendo um corte longitudinal, com dimensões aproximadas de 5x6x40 mm. Após o corte, cada corpo de prova foi polido com lixas de granulometria 400; 600; 800. 1200 e disco rotativo de feltro e pasta de alumina com granulação de 3 μm . O ataque após o polimento foi realizado com reagente Nital 2%, durante 15 segundos.

3. Discussões e Resultados.

3.1. Ensaio de Tração:

Souza, S.A, (1992), afirmou que com este tipo de ensaio é possível observar se as deformações promovidas no material são uniformemente distribuídas em todo o corpo. A uniformidade da deformação permite ainda obter medições precisas da variação dessa deformação em função da carga aplicada.

A figura 5 mostra os resultados médios dos ensaios de tração obtidos em 15 corpos de prova, confeccionados sem chanfros, soldados com processo de soldagem MIG robotizado e manual. A figura 6 mostra os resultados médios dos ensaios de tração obtidos em 15 corpos de prova confeccionados com a utilização de chanfros, soldados em ambos os processos.

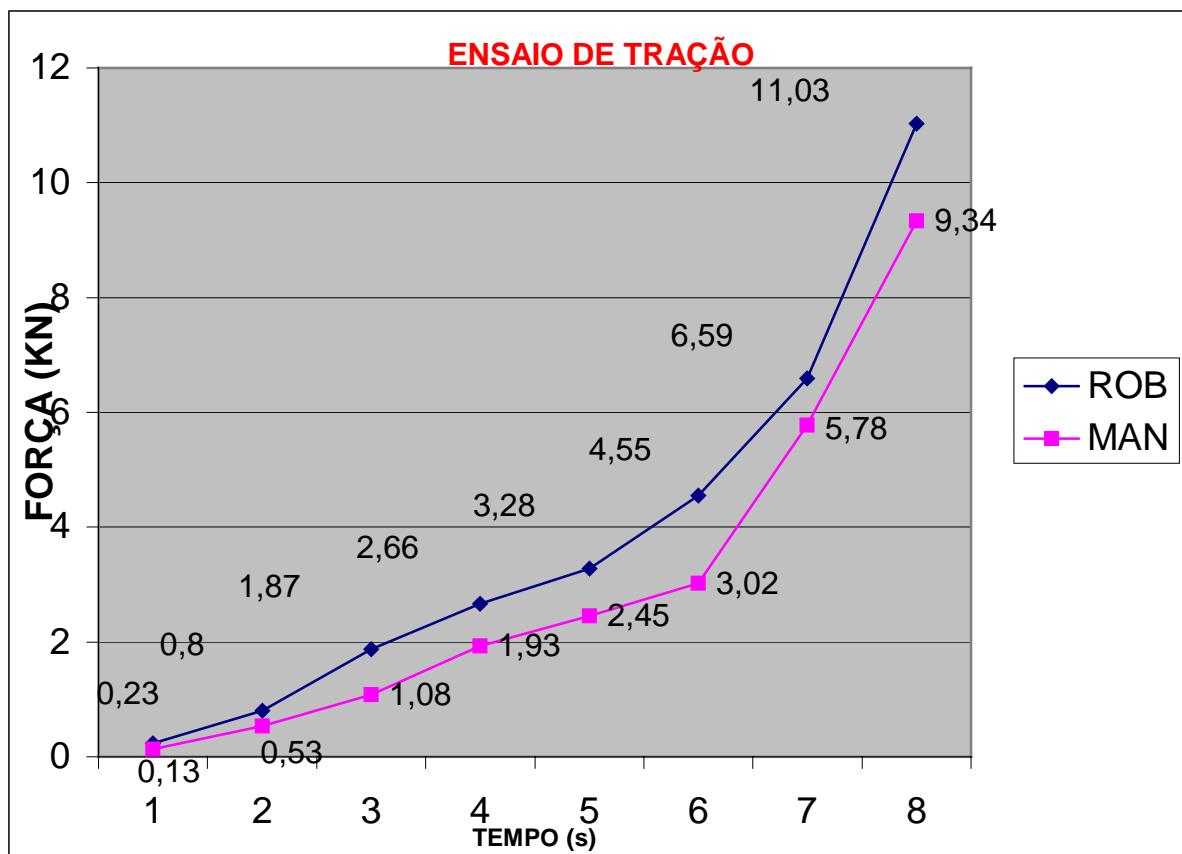


Fig. 5 Resultados médios dos ensaios de tração de corpos de prova sem chanfro soldados em ambos os processos
 ROB – Força em C.P sem chanfro soldagem robotizada
 MA – Força em C.P sem chanfro soldagem manual

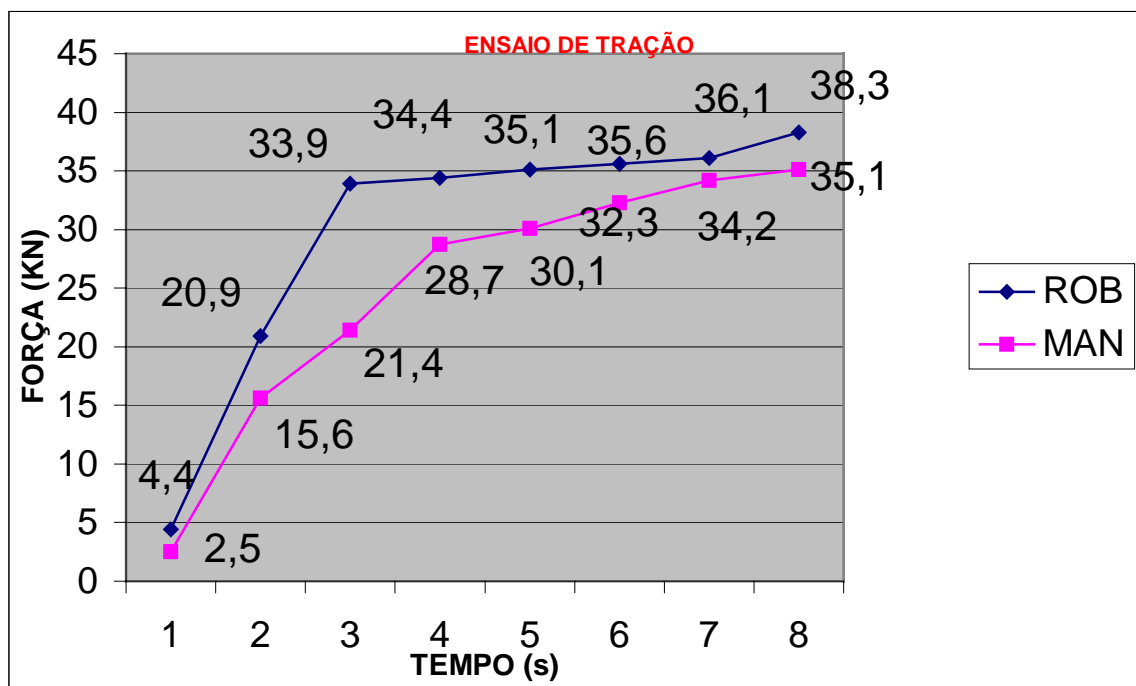


Fig. 6 Resultados médios dos ensaios de tração de corpos de prova com chanfro soldados em ambos os processos
 ROB- Força em C.P com chanfro soldagem robotizado
 MA- Força em C.P com chanfro soldagem manual

Nestes ensaios pode-se perceber que em ambos os casos: peças com ou sem chanfro, os corpos de prova soldados com processo robotizado ofereceram uma resistência à tração maior que os corpos soldados manualmente.

Como era esperado, os corpos de prova com chanfro apresentaram maior resistência à tração quando comparados aos corpos de prova sem chanfro.

3.2. Ensaio de Dureza:

Consiste na impressão de uma pequena marca feita na superfície da peça, pela aplicação de pressão com uma ponta de penetração. [Garcia. A; Spim, J.A; Santos, C.A 1999]. Foram feitos ensaios de dureza utilizando a escala de **DUREZA BRINELL (HB)**. Esta compressão provoca uma impressão no metal de diâmetro d . A dureza Brinell (HB) é dada em N/mm^2 e significa o quociente entre a carga aplicada (Q) pela área de contato superficial (S_c). O tempo de duração da impressão é geralmente 30 segundos. Nestas medidas foi observado um afastamento das bordas do corpo de prova de no mínimo $2,5 D$ (diâmetro da esfera), espessura do corpo de prova $10D$, e a distância entre as impressões de $5D$.

Durante o ensaio de dureza não foram verificadas diferenças de dureza significativas entre os processos de soldagem, porém, verificou-se uma diferença de dureza em ambos os processos em relação ao Material Base (MB) e a Zona Afetada termicamente (ZAT), ocasionando uma redução de dureza. Esta diferença ocorreu devido a uma normalização, pois o material encontra-se encruado devido ao processo de produção das barras, (laminação). Estes detalhes podem ser vistos na figura 7.

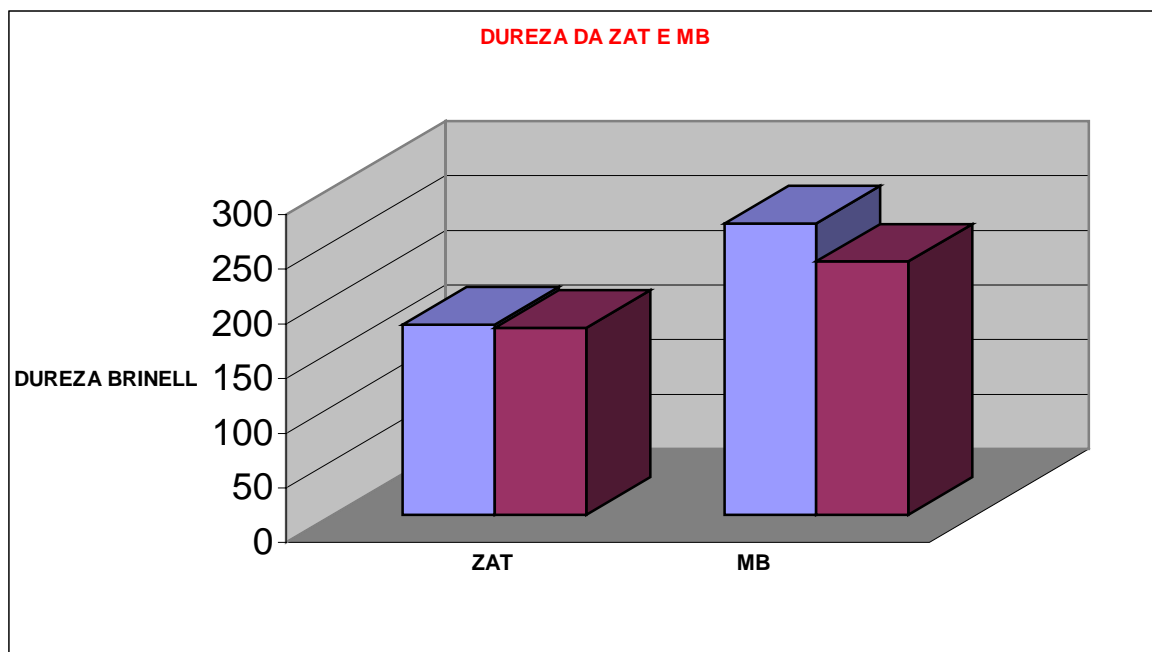


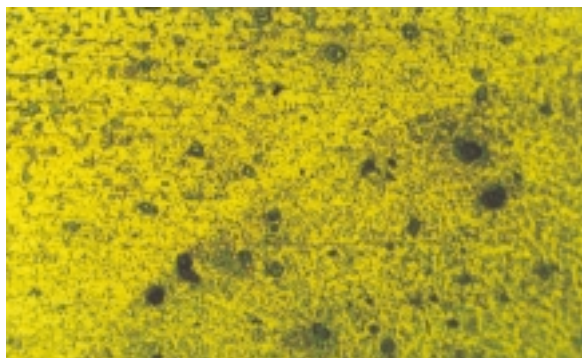
Fig. 7. Diferenças de dureza entre a ZAT e MB em ambos os processos de soldagem.

3.3 Micrografia

A metalografia microscópica (ou micrografia dos metais) estuda os produtos metalúrgicos, com o auxílio do microscópio, visando a determinação de seus constituintes e de sua textura.

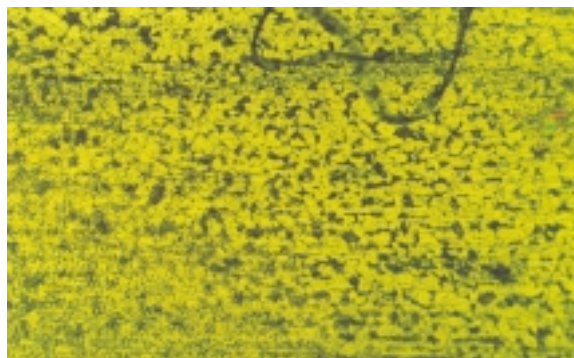
Os aços hipoeutetóides, com teor de carbono entre 0,008% e 0,77%, apresentam uma estrutura de perlita e ferrita. A quantidade de perlita aumenta e a de ferrita diminui, à medida que a composição do aço cresce em direção ao ponto eutetóide. [Chiaverini, V. 1986].

Após os Corpos de prova sofrerem ataque químico com ácido Nital a 2%, por um período de 15 segundos, foram analisados em microscópio óptico, com aumento de 100X, o qual revelou a estrutura de perlita e ferrita. Na Zona Afetada Termicamente (ZAT) podem ser observados grãos finos de perlita e ferrita, diferenciando do tamanho de grão da estrutura cristalina do Material de Base (MB), bem como a Zona de Fusão (ZF). Estes detalhes podem ser observados nas Fig. 8a e 8b.



ZAT
MB

Fig.8a



ZF

ZAT

Fig.8b

Estrutura Cristalina da ZAT, ZF e MB. 100 x

Zona afetada termicamente é uma região do metal de base que não foi fundida durante a soldagem, cujas propriedades mecânicas e microestrutura foram alteradas devido a geração de calor imposto pela soldagem. [Weiner, E. 1976]. A dimensão da zona afetada pelo calor é função do processo de soldagem empregado e da natureza dos metais sendo soldados. Na soldagem manual de arco, por exemplo, com eletrodos de revestimento fino, a ZAT é menor, de 2 a 2,5 mm. Já na soldagem com eletrodos recobertos essa ZAT estende-se por 4 a 10 mm e na soldagem a gás (MIG/MAG), pode atingir até 25 mm.[Chiaverini, V.1986].

Foi realizada uma análise das dimensões da ZAT através de processamento de imagem. Com este sistema foi possível obter as dimensões lineares em pixels, os quais foram convertidos em mm, através de uma correlação entre a área conhecida da espessura do material, (6,35mm que correspondeu a 136 pixels). Estas medições foram realizadas a partir do final do cordão de solda até a área demarcada no corpo de prova como sendo final da ZAT. As figuras 9 e 10 demonstram as regiões analisadas em ambos os processos de soldagem. A figura 11 demonstra os valores médios das dimensões encontrados nos corpos de prova em ambos os processos.

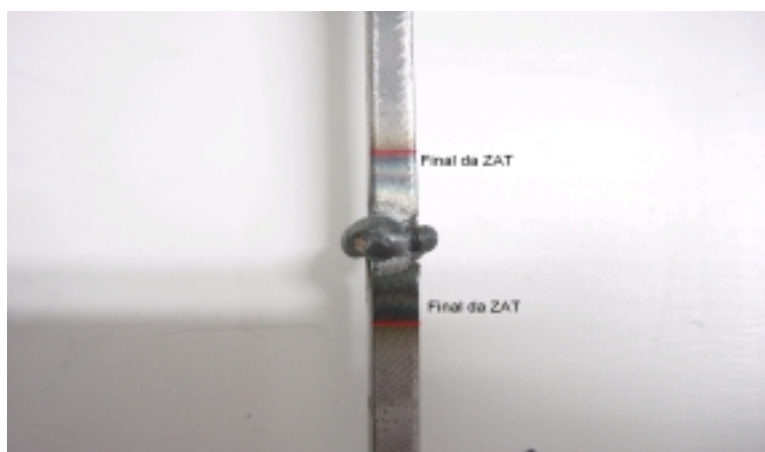


Fig.9 Área da ZAT Corpo de Prova Soldagem Robotizada

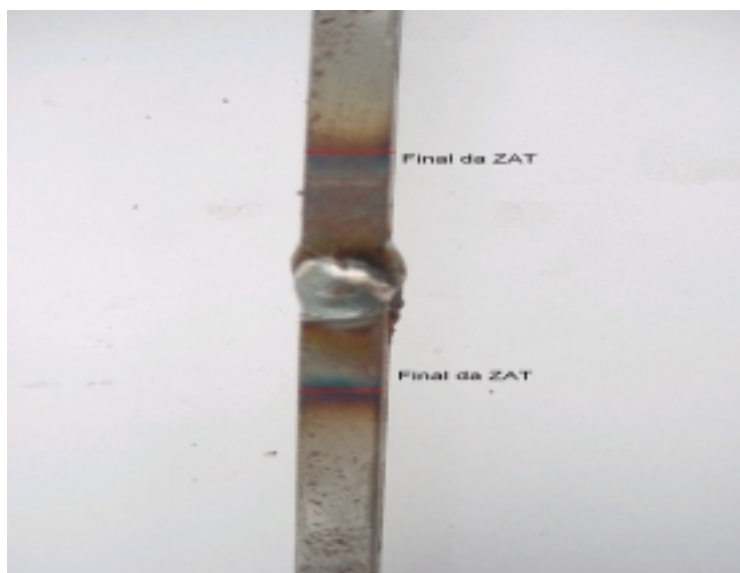


Fig 10. Área da ZAT Corpo de Prova Soldagem Manual

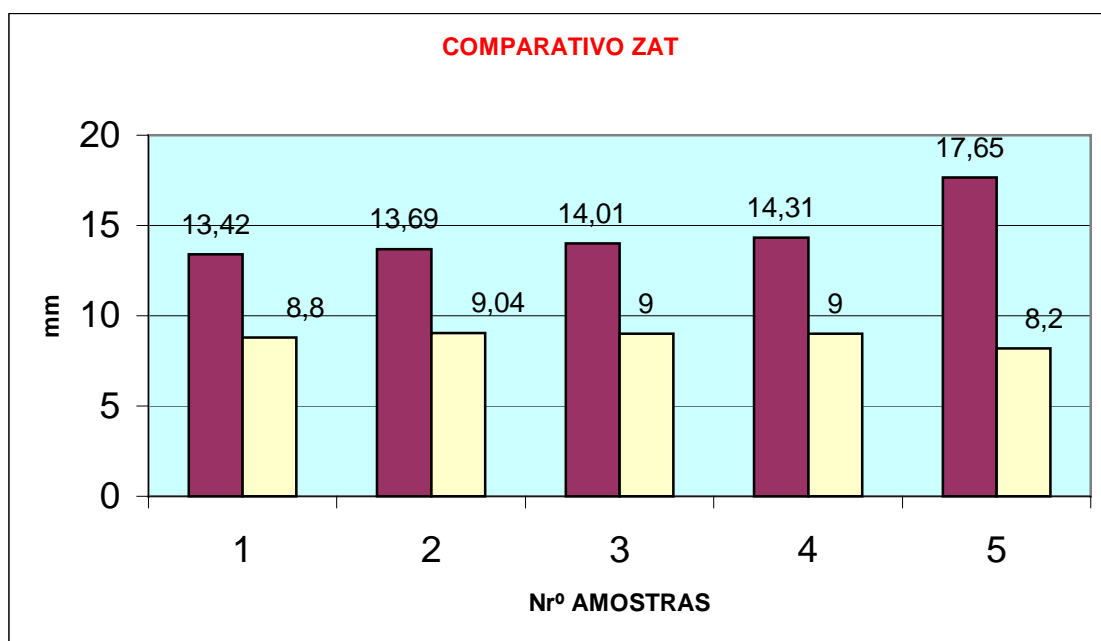


Fig. 11 Comparativo Dimensional entre ZAT Robotizada e da ZAT Manual

As figuras 9, 10 e 11 mostram as diferenças dimensionais médias nas ZAT dos corpos de prova soldados por processo robotizado e processo manual, na qual o Processo robotizado demonstrou uma menor ZAT, devido ao menor aporte térmico oferecido pelo processo, pois mantém os parâmetros de soldagem constantes (velocidade do braço, velocidade do arame, distância entre a tocha e a peça, ângulo da tocha em relação a peça). A variação média das dimensões entre os processos de soldagem foram de 5,81 mm.

Conclusões

Neste trabalho foi feito um estudo comparativo de parâmetros de dureza, tensão de ruptura, bem como de características de microestrutura nas zonas afetadas termicamente por um processo de soldagem MIG manual e um processo de soldagem MIG robotizado.

Os corpos de prova utilizados foram construídos com e sem chanfros de aço ASTM A-36 e seguem a Norma ASME (*Section IX*).

Os principais resultados observados nestes ensaios foram:

- 1- Os corpos de prova soldados com processo de soldagem MIG robotizado, em média, apresentaram uma tensão de ruptura maior que os corpos de prova soldados por processo MIG manual, principalmente os corpos de prova que utilizaram chanfros.

- 2- Os ensaios de dureza, demonstraram uma diferença de dureza na Zona Afetada Termicamente em relação ao metal de base. Ocorreu uma diminuição da dureza na ZAT, devido a um processo de Normalização ocasionado após a soldagem, pois os corpos de prova, resfriaram lentamente ao ar livre. Essa diferença de dureza ocorreu em ambos os processos.
- 3- No ensaio micrográfico observou-se uma significativa alteração no tamanho dos grãos de perlita e ferrita, principais constituintes do material analisado. Houve uma diminuição no tamanho dos grãos, devido ao processo de Normalização ocorrido, facilmente verificados no metal de base(MB), zona de fusão (ZF) e zona afetada termicamente (ZAT).
- 4- Na análise das dimensões da ZAT, observou-se que no processo de soldagem MIG robotizado, há uma menor dimensão da ZAT em relação ao processo de soldagem MIG manual, devido ao menor aporte térmico.
- 5- Também foi realizado uma inspeção visual dos aspectos dos cordões de solda, em ambos os processos. Observou-se que os cordões de solda produzidos pelo processo de soldagem MIG robotizado, tanto os corpos de prova com chanfros e sem chanfros, obtiveram uma melhor formação.

5. Referências

- Almeida, D.S; Soldagem Subaquática com MIG/MAG. 1992.
- American Welding Society. Welding Handbook. Miami. AWS 1991.
- Associação Brasileira dos Metais. Soldagem e Materiais. ABS. São Paulo. 1989.
- Baixo, C; Estudo da Soldagem MIG/MAG pela Técnica Hiperbárica a Seco. Tese de Doutorado, UFSC.1999.
- Chiaverini, V; Tecnologia Mecânica; Materiais de Construção Mecânica, Vol. III. 2ª Ed. Editora Makron Books. São Paulo 1986.
- Colpaert, H; Metalografia dos Produtos Siderúrgicos Comuns.3ª Edição. Ed. Edgar Blucher Ltda. São Paulo 2000.
- Montgomery, D.C; Design And Analysis of Experiments. Ed. John Wiley e Sons. 1976.
- Okuma, T e Taniguichi, C; Engenharia de Soldagem e Aplicações. Ed. LTC. Rio de Janeiro 1992.
- Souza, S.A; Ensaio Mecânicos de Materiais Metálicos: Fundamentos Teóricos e Práticos. 5ª Edição. Editora Edgar Blucher, São Paulo 1982.

Wainer, E; Soldagem. Associação Brasileira dos Metais. 9ª Ed. São Paulo 1976.
Welding Metallurgy of Stainless Steels [S.L]. Welding Institute Of Canada. 1994.