



XXIV CREAM
Congresso Nacional de Estudantes
de Engenharia Mecânica



Universidade Federal
do Rio Grande



INSTITUTO FEDERAL
RIO GRANDE DO SUL
Campus Rio Grande

XXIV Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica – 11 a 15/09/2017 – Rio Grande - RS

DEPOSIÇÃO DE AÇO INOXIDÁVEL MARTENSÍTICO SOBRE CHAPAS DE AÇO SAE 1020

Nome do(s) autor(es): Gabriel Fuscald Scursone, Rafael Sucena Fuscaldo

Instituição Universidade Federal do Rio Grande

Endereço Completo da Instituição Av. Avenida Itália, Km 8, s/n - Carreiros, Rio Grande - RS, 96203-900

E-mail para correspondência gabriel_scurstone@hotmail.com rafaelfuscaldo@hotmail.com

RESUMO: Os aços inoxidáveis surgiram de estudos realizados em 1912 ambos na Inglaterra e na Alemanha. O aço é essencial nas indústrias navais, petrolíferas, automobilísticas, medicinais, alimentícia, química e construção civil. Possui alta resistência à corrosão, impacto, abrasão, detém alta durabilidade e ainda é reciclável. Neste sentido, na pesquisa foram utilizadas amostras do aço inoxidável martensítico, nos quais, foram utilizados na deposição em revestimento por soldagem de eletrodo tubular sobre chapas de aço ao carbono SAE 1020. Estes aços martensíticos são fabricados e comercializados pela indústria siderúrgica no estado recozido, com boa ductilidade e baixa dureza. No entanto, somente depois de um tratamento térmico de têmpera, terão uma microestrutura martensítica com elevada dureza e baixa ductilidade. Neste trabalho, objetiva-se análise da composição química do material depositado e substrato, investigar o comportamento por perfis de microdureza na zona de fusão e termicamente afetada, verificar a microestrutura e morfologia da mesma na zona de fusão e termicamente afetada, e averiguar o efeito da temperatura na zona termicamente afetada. A análise microestrutural foi realizada por microscopia ótica (MO) e ensaios de microdureza Vickers.

Palavras-Chave: Microestrutura, Aço Inoxidável Martensítico, Revestimento.

ABSTRACT: *ABSTRACT: The stainless steels arised from studies developed in 1912, both in England and Germany. Steel is essential in the naval, petroleum, automotive, medical, food, chemical and civil construction industry. They present high resistance to corrosion, impact, abrasion, hold high durability and can also be recycled. In the research, martensitic stainless steel were used on the coating of SAE 1020 carbon steel plates, deposited by tubular electrode welding. These martensitic steels are manufactured and sold by the steel industry in the annealed condition, presenting good ductility and low hardness. However, only after quenching, these steels will gain their martensitic microstructure with great hardness and low ductility. The purpose of this work is to analyze the chemical composition of the deposited and base materials, investigate the behavior of microhardness testing throughout the fusion and heat affected zones and explore de effect of the temperature on the heat affected zone. The microstructural analysis was performed using Optical microscopy (OM) and Vickers microhardness tests.*

Keywords: Microstructure, Stainless Steel Martensitic, Coating.

INTRODUÇÃO

A metalurgia é uma ciência antiga e misteriosa. Utiliza princípios científicos lógicos e inteligentes. Ela teve grande importância na História antiga, realizando a transição da idade da Pedra à Idade do Bronze, e logo a Idade do Ferro. Ela é denominada como a ciência de manufatura de ligas metálicas com determinadas propriedades específicas para sua própria utilização no dia-a-dia. A metalurgia mecânica constitui-se em uma divisão conhecida por “ciência e tecnologia dos materiais” que delimita todos os materiais como: metais, cerâmicos, vidros, plásticos, polímeros orgânicos, madeiras e rochas. Ressaltando a importância histórica e atual destes materiais de construção. (COTTRELL, 1992).

Atualmente, a produção de metais representa aproximadamente um quinto da produção nacional de um país moderno. Segundo o Instituto Brasileiro de Siderurgia a produção atual dos Estados Unidos ultrapassa a o valor de 120.000.000t, o que equivale a 400 t por ano de cada engenheiro deste país. Portanto, o assunto é de suma importância, pois em algum momento de sua carreira o engenheiro irá especificar, fabricar ou utilizar o aço em seus projetos ou componentes. Este trabalho está direcionado ao tema de aços. Dentre eles alguns possuem elevada/baixa dureza, tenacidade e resistência à corrosão. Isto dependendo de sua aplicação e métodos de fabricação. Especificadamente no presente estudo são retratados os aços inoxidáveis martensíticos. (VAN VLACK, 2003).

Entre as peculiaridades dos aços inoxidáveis destaca-se que nos dias atuais suas diferentes aplicações e ambientes em engenharia. Possuem elevada tecnologia e vieram revolucionando a ciência dos materiais. Em consequência, com o seu advento substituiu diversos materiais em elementos mecânicos. Exemplificado sua utilização, são utilizados na indústria de gás e petróleo, em talheres, tesouras, aparelhos médicos e odontológicos, moldagem de plástico e indústria aeroespacial. Além de tudo, busca-se sempre melhorar a resistência ao desgaste para conseguir melhorar seu desempenho de forma a não prejudicar a resistência a corrosão. (MEDEIROS, 2015; PINEDO 2015)

Uma das características importantes dos aços inoxidáveis Martensíticos refere-se que os mesmos apresentem elevada resistência mecânica, resistência a fluências podendo mantê-los em temperaturas de até 565°C. Esta estrutura é concebida através de uma transformação da austenita em martensita. Estes aços podem ultrapassar limites superiores a 1700 Mpa, são os que apresentam limites superiores de escoamento na categoria dos aços multifásicos. Por conseguinte, ao adicionar carbono, estimula o acréscimo de dureza e resistência (WORLD AUTO STEEL, 2014).

O termo aço inoxidável quer dizer que este tipo será mais resistente aos meios agressivos do que outros tipos de aços. No entanto, não quer dizer que este aço seja eterno, ele só apresenta uma elevada resistência à corrosão quando submetido a algum meio agressivo.

Visando melhorar os aspectos do aço, diversos tratamentos térmicos são concebidos a estes. No entanto, os tratamentos térmicos alteram em grande ou pequena escala a microestruturas das ligas de forma a modificar suas propriedades. Portanto, segundo Callister (2008) tratamento térmico em aços são etapas que envolvem as ligas metálicas sob-resfriamento e aquecimento podendo ou não utilizar meios como água, óleo ou ar visando melhorar suas propriedades e determinar características específicas. Fatores controlados como tempo, temperatura, atmosfera e velocidades são de suma importância. Tendo em vista que a metalurgia da soldagem em relação à metalurgia geral é diferenciada por necessitar de um vasto conhecimento de metalurgia global (CALLISTER, 2008; GRACIOSO, 2003).

Na indústria tratamentos térmicos em aços inoxidáveis martensíticos são realizados com frequência pelo fato de haver melhora nas propriedades de dureza e resistência a corrosão dos aços (SEVERIANO, 2016).

O fato de estes aços possuírem excelente resistência a corrosão é explicado por uma película de óxido protetora que restringe o metal-base do meio corrosivo ocasionada por elementos de liga que estes metais recebem. Vale ressaltar, que o Cromo é o elemento mais importante que concebe o aço inoxidável. Os outros elementos causadores desta camada são cobre, silício, molibdênio, alumínio e o níquel em menor proporção (SILVA, et al., 2009).

O objetivo principal destas análises foi realizar comportamento dos aços inoxidáveis depositados sobre chapas de aço AISI 1020, nos quais apresentam rica atmosfera de carbono. Por conseguinte, analisar a composição química do material depositado e substrato. Em consequência disso, analisar o comportamento por perfis de microdureza da zona de fusão e termicamente afetado. Além de tudo, analisar a microestrutura e morfologia da mesma na zona de fusão e termicamente afetada. Sendo assim, verificar o efeito da temperatura na zona termicamente afetada.

No quesito de soldagem, os aços inoxidáveis martensíticos são os que apresentam teor de carbono acima de 0,15%, o que é considerado um elevado valor. Estes são propícios a serem temperáveis ao ar, sendo também essenciais um pré-aquecimento e pós-aquecimento para soldagem. Contudo, os que apresentam baixo teor de carbono não apresentam dificuldades para realização da solda. É incontestável que ao realizar um trabalho ruim de pré-aquecimento ou pós-aquecimento levará a ocorrência de trincas de tensão na área de solda ocasionadas pela presença do hidrogênio (MODENESI, 2011).

Entre os aços inoxidáveis martensíticos, o aço 420 é o mais popular, possuindo valores superiores a 12% de Cr e cerca de 0,35% de C. Todavia, o aço 410 dispõe valor máximo de 0,15% de carbono. Sendo assim, após a tempera o aço 420 adquira uma dureza maior que o 410 (CARBÓ, 2008).

METODOLOGIA

A figura 1 retrata a metodologia aplicada no trabalho em forma de fluxograma.

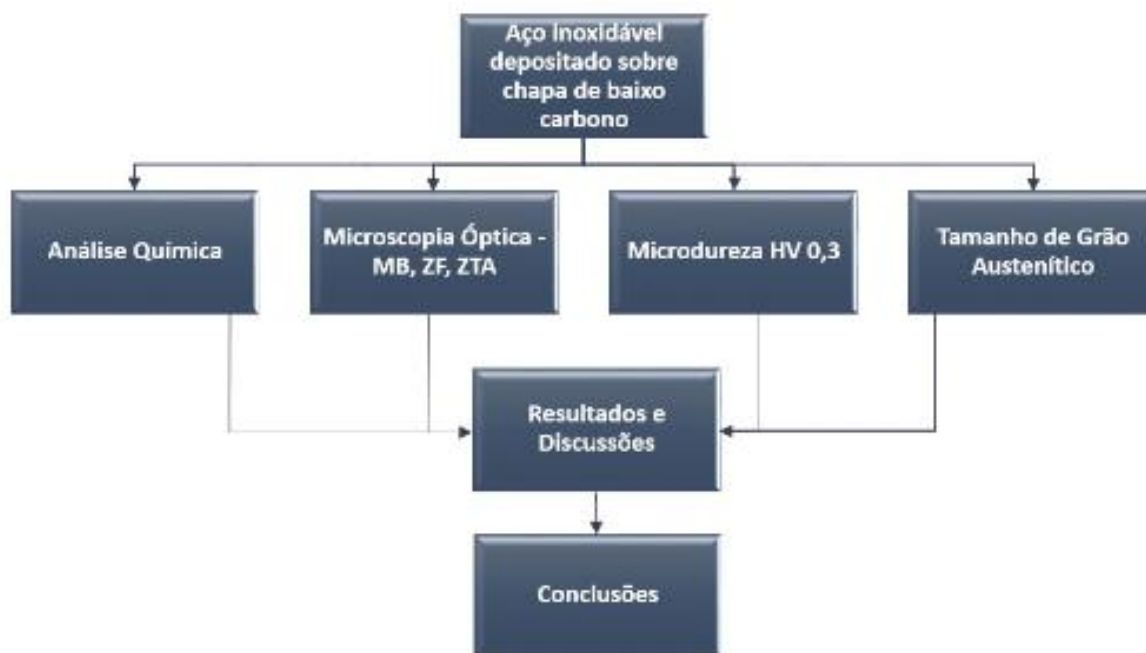


FIGURA 1: Fluxograma da metodologia utilizada no trabalho.

Materiais e Métodos

Este trabalho propõe-se analisar o comportamento do revestimento de aços inoxidáveis AISI 410 depositados sobre chapas de aço AISI 1020.

Procedimentos Experimentais

Para os procedimentos foram determinados os parâmetros de soldagem por Eletrodo tubular, ajustando sua tensão e corrente de soldagem. Em seguida preparação dos corpos de prova, avaliando a geometria do cordão e devida análise da diluição. Em consequência, análise da composição química do material depositado e substrato. Logo, realizou-se o comportamento por perfis de microdureza da zona de fusão e termicamente afetada. Analisando-se ainda a microestrutura e morfologia da mesma zona de fusão e termicamente afetada. Por seguinte, ataque químico com reagentes para revelar a microestrutura. Via encerramento, verificou-se o efeito da temperatura na ZTA, análise por microscopia óptica e dureza Vickers (figura 2).



FIGURA 2: Microdureza Vickers

Obtenções das amostras

As amostras obtidas no laboratório de fabricação mecânica da FURG.

Soldagem do Revestimento

A soldagem a arco elétrico com eletrodo revestido (Shielded Metal Arc Welding – SMAW). Foi realizada com o calor de um arco elétrico mantido entre duas partes metálicas, a extremidade de um eletrodo metálico revestido e a peça de trabalho/metal base. O calor produzido pelo arco elétrico foi suficiente para fundir o metal de base, a alma do eletrodo e o revestimento. Quando as gotas de metal fundido são transferidas através do arco para a poça de fusão, são protegidas da atmosfera pelos gases produzidos durante a decomposição do revestimento. A escória líquida flutua em direção à superfície da poça de fusão, onde protege o metal de solda da atmosfera durante a solidificação.

Ensaio de Microdureza

Foi realizado o ensaio de microdureza Vickers com o objetivo de determinar a dureza do material de base e do material depositado. Após as deposições do revestimento, foram cortados corpos de prova com dimensões apropriadas para o embutimento, e a sua superfície rebaixada em 1 mm por aplainamento e preparada por lixamento até a lixa de granulometria 600. A carga aplicada foi de 100 g por um tempo de impressão de 10 segundos. Foram realizados cinco ensaios de microdureza em cada região.

Análises metalográficas

As placas após cortadas foram enroladas em torno de seu perímetro e depois foram embutidas, o embutimento foi realizado para que a camada sobre depósito não seja retirada nem alterada no processo de lixamento, polimento e para minimizar o abaulamento.

As amostras foram lixadas em lixas d'água na seguinte ordem de granulometria: 120, 220, 400, 500, 600, 800, 1000, onde as amostras sofreram rotação de 90° a cada mudança de lixa. Após este processo, as amostras foram polidas em mistura de alumina 1 µm com água, até se obter uma superfície polia o suficiente para não ter sido detectado nenhum risco no microscópio ótico.

Equações Governantes

A seguintes equações são conferidas no artigo de forma a qualificar o seu referencial teórico embasado em teorias utilizadas no experimento e no cotidiano da metalurgia da soldagem e materiais mecânicos.

A solução supersaturada de carbono e ferro ao se transformar em ferrita e cementita é designada de revenido (VAN VLACK, 2003). Referida pela Equação (1):

$$\text{Martensita} \rightarrow \alpha + \text{cementita (martensita revenida)} \quad (1)$$

A Equação (2) representa a relação utilizada para determinação da dureza Vickers (CARBÓ, et al., 2008, apud Shahdal McCabe et al) dada por:

$$HV = \frac{P}{A_p} = \frac{2 \cdot P \cdot \sin \frac{136^\circ}{2}}{D^2} \quad (2)$$

O número ASTM do tamanho de grão é obtido pela Equação (3):

$$N = 2^{n-1} \quad (3)$$

Utilizando a Equação (4) as fotografias das cartas padrão de relação da ASTM são arranjados, onde N_{AE} é o número de grãos por polegada quadrada com o acréscimo de 100 vezes e G retrata o número ASTM de tamanho de grão (SANTANA, 2009). Obtidos por:

$$N_{AE} = 2^{G-1} \quad (4)$$

$$N = \left(\frac{\log N_{AE}}{\log 2} \right) + 1,00 \quad (5)$$

Com o intuito de determinar o número de grãos por milímetro quadrados N_A , com aumento de 100 vezes, $f=2$ utiliza-se a Equação (6).

$$N_A = \frac{f(N_{\text{internos}} + N_{\text{interceptados}})}{2} \quad (6)$$

Para obter o tamanho de grão austenítico (G) ASTM deve-se utilizar a Equação (7) referida a seguir de acordo com um valor médio N_A .

$$G = (3,321928 * \log N_A) - 2,954 \quad (7)$$

No entanto, com um aumento de 100x deve-se utilizar os tamanhos de grão ASTM (G) como mostra a seguinte Equação (8) a seguir.

$$N_{AE} = 2^{G-1} \quad (8)$$

A resistência a corrosão por pite (PREN = Pitting Resistance Equivalent Number) com as proporções de nitrogênio, cromo e molibdênio de acordo com as seguintes equações:

$$PREN_{20N} = \%Cr + 3,3(\%Mo) + 20-27(\%N) \quad (11)$$

$$PREN_{30N} = \%Cr + 3,3(\%Mo) + 30(\%N) \quad (12)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 e Figura 4 ilustram o Crescimento de grão causado pelo material base na zona termicamente afetada. Estes fenômenos apresentam mecanismos de endurecimento dos metais associados à metalurgia da soldagem. Vale ressaltar que o encruamento tem uma íntima relação com o mecanismos de discordâncias em termos de deformação plástica. É na zona de fusão, nos quais, ocorrem a redução das propriedades mecânicas uma vez que há recuperação, recrystalização e crescimento de grão. Na zona termicamente afetada os aspectos de resistência mecânica apresentara dependência do tamanho de grão austenico, do grão de deformação, do tipo de junta a ser soldada e da taxa de deformação.

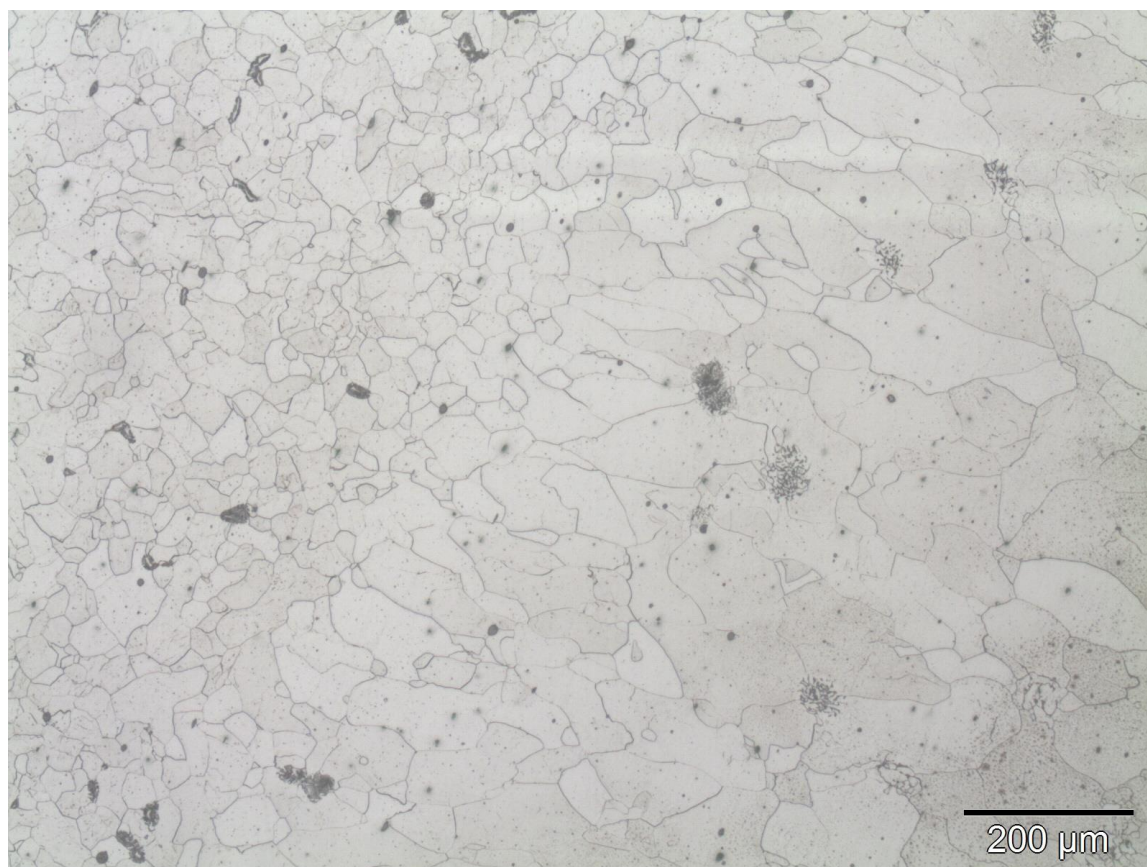


Figura 3: Crescimento de grão em material base I

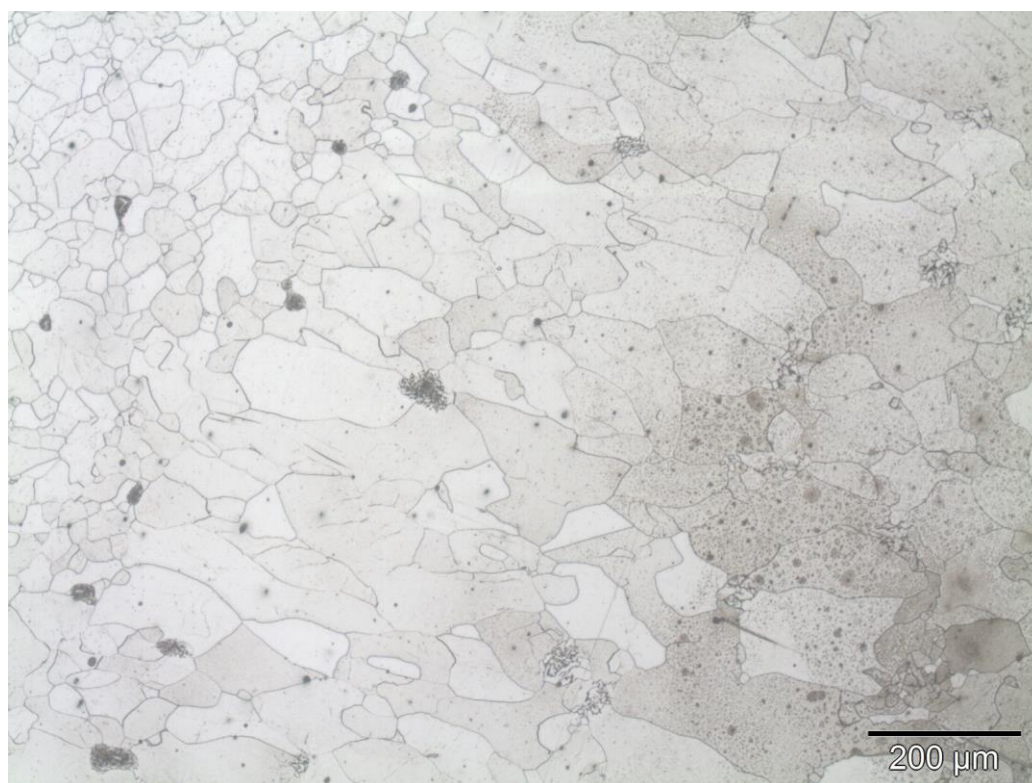


Figura 4: Crescimento de grão material base II

A Figura 5 ilustra a recrystalização do material de base e zona termicamente afetada com os devidos crescimentos de grão causados pela fusão. Nos materiais que apresentam na superfície a formação de óxidos com comportamento cerâmico o aporte térmico contribui para que haja degradação dessas camadas superficiais. Dessa forma, os mesmos reduzem drasticamente sua resistência a corrosão devendo-se utilizar processos mecânicos ou químicos para recuperação da resistência a corrosão superficial. Destaca-se que nos aços inoxidáveis o cromo migra para junto do contorno de grão originando regiões com ausência do mesmo (semitização). A partir desse mecanismo é formada a corrosão intergranular.

Vale ressaltar que ao soldar um aço inoxidável martensítico há um fator complicador que também acontece em ligas com o titânio e alumínio que se chama Camada de Óxido de Cromo, no qual há comportamento cerâmico. Portanto, a soldagem deve ser realizada com seus devidos cuidados para que não seja prejudicial ao conjunto.

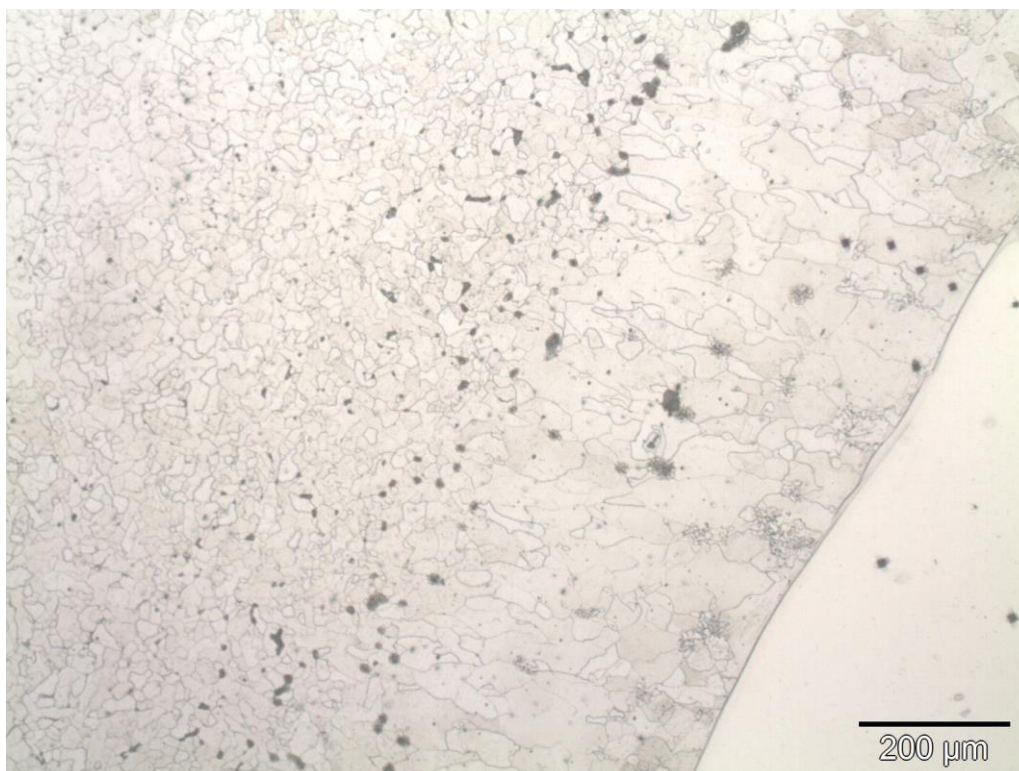


Figura 5: Crescimento de grão e recrystalização do material base em deposição

A tabela 1 apresenta os resultados das propriedades com os devidos valores de microdureza Vickers obtidos pelo material de adição.

Tabela 1. Microdureza Vickers Metal de adição

Microdureza Vickers
283
345
330
333
345
321

A tabela 2 apresenta os resultados das propriedades com os devidos valores de microdureza Vickers obtidos pelo material base.

Tabela 2. Microdureza Vickers em metal base

Microdureza Vickers
152
160
163
153
150
153

A tabela 3 apresenta os resultados das propriedades com os devidos valores de microdureza Vickers obtidos pelo material base.

Tabela 3. Microdureza Vickers ZTA

Microdureza Vickers
171
176
162
167
177
163

O Gráfico 1 a seguir ressalta Microdureza Vickers ,no qual, apresentou-se maior que o dobro em aços inoxidáveis martensíticos comparados a um aço de baixo carbono, enquanto que na zona termicamente afetada ocorreu um acréscimo de dureza.

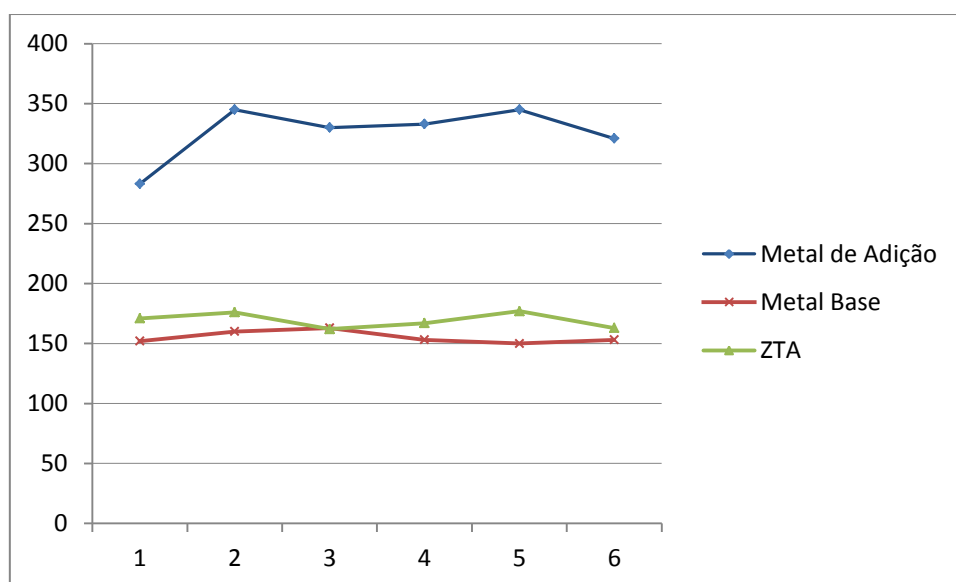


Gráfico 1: Comparação em microestrutura Vickers

CONCLUSÃO

A zona termicamente afetada nos aspectos de resistência mecânica apresentará dependência do tamanho de grão austenítico, do grão de deformação mecânica, do tipo de junta a ser soldada, da espessura do material, da taxa de aquecimento e resfriamento. No entanto, existem algumas aplicações com elementos microligados como Mni e Nb, essas aplicações contribuem para que haja uma ancoragem do crescimento de grão e consequentemente melhor desempenho da zona termicamente afetada.

Através de experimentos em ensaios de microdureza e ataque químico revelou-se a microestrutura com diversos reagentes químicos. No qual, comprovou-se que a deposição de um aço inoxidável martensítico sobre um aço de baixo carbono resulta em um acréscimo da resistência à corrosão, conferindo alta resistência mecânica ao sistema mecânico em análise.



XXIV CREEM
Congresso Nacional de Estudantes
de Engenharia Mecânica



**Universidade Federal
do Rio Grande**



INSTITUTO FEDERAL
RIO GRANDE DO SUL
Campus Rio Grande

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a nossa família pelo eterno apoio e compaixão, aos nossos amigos, a toda a equipe do laboratório de fabricação da FURG, aos professores Jorge Luis Braz Medeiros e Carlos Alberto Medeiros Casanova pelas inúmeras oportunidades e conhecimentos compartilhado.

REFERÊNCIAS

- CALLISTER Jr, W D. Ciência e engenharia dos materiais uma introdução, 7ª edição, Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- CARBÓ, Hector Mario. Aços Inoxidáveis: aplicações e especificações. Belo Horizonte: ArcelorMittal Inox, 2008. Disponível em: < <https://goo.gl/4DeTbp> > 18 Maio, 2017.
- COTTRELL, Alan H.; BOTAS, J. Pedroso; FORTES, Manuel Amaral. Introdução à metalurgia. 1993.
- GRACIOSO, José Francisco Fadel et al. Efeito das condições de têmpera na microestrutura e propriedades mecânicas de um aço inoxidável martensítico fundido CA6NM. 2003. Disponível em: < <https://goo.gl/kzL3BG> > 7 abril, 2017.
- MEDEIROS, Jorge Luis Braz. Desenvolvimento e Análise da Influência da Oxinitrocarbonetação e Acabamento Intermediário nas Propriedades Metalúrgicas e Mecânicas de Aços Inoxidáveis MIM. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015. Disponível em: < <https://goo.gl/1LqQdT> > 15 Junho, 2018.
- PINEDO, Carlos Eduardo. Tratamento térmico e superficial do aço inoxidável martensítico AISI 420 destinado a moldes para injeção de polímeros parte I: tratamento térmico. 2o Encontro da Cadeia de Ferramentas, Moldes e Matrizes-ABM, p. 281-292, 2004.
- VAN VLACK, Lawrence Hall. Princípios de ciência e tecnologia dos materiais. Ed. Campus, 2003.
- WORLD AUTO STEEL, 2014.
- SEVERIANO, Josemberg de Assis. Estudo dos mecanismos de danos de válvulas de injeção de água de poços de petróleo fabricadas em aço inoxidável AISI 316 e AISI 410. 2016. 100 f. Dissertação (Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão. Disponível em: < <https://goo.gl/F4PRLF> > 30 Junho, 2017.
- SILVA, C. C., FARIAS, P. J., SANTANA, B. H., “Evaluation of AISI 316L stain less steel welded plates in heavy petroleum environment”, Materials & Design, Vol. 30, n. 5, pp. 1581-1587, May, 2009.
- MODENESI, Paulo J. Soldabilidade de algumas ligas metálicas. Belo Horizonte: UFMG–Universidade Federal de Minas Gerais, v. 26, 2011. Disponível em: < <https://goo.gl/MYkwh2> > 14 Maio, 2017.
- VAN VLACK, Lawrence Hall. Princípios de ciência e tecnologia dos materiais. Ed. Campus, 2003.
- SANTANA, Anderson Jonne; AMORIM, Dirceni DE Souza Costa; CÔRTEZ, Paulo Ernesto Freiheit. Automação da Medida de Tamanho de Grão Médio Utilizando Metodologia Estatística para Identificação de Formas. Disponível em: < <https://goo.gl/TmV3XF> > 25 Abril de 2017.
- SENERA, Ana Luísa Terasawa; VUITIK, Augusto Araujo; MAIA, Karolina; WEHMUTH, Matheus. Tamanho de Grão ASTM. Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2014. Disponível em: < <https://goo.gl/zjXxEb> > 14 Junho, 2017.

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso contido neste artigo.