

CARACTERIZAÇÃO DA INTERFACE DE DEPÓSITOS DE SOLDA DE INCONEL 625 SOBRE AÇOS AISI 8630 E AISI 4130 TEMPERADOS E REVENIDOS

V R Batista¹, E M de Araújo², R Fraga², T M Maciel²

¹Universidade Federal de Campina Grande, UAEMa/CCT, Campina Grande, Paraíba, Brasil,

²Universidade Federal de Campina Grande, UAEM/CCT, Campina Grande, Paraíba, Brasil,

Rua Antenor Navarro, 462, Centro, Esperança-PB. valmir5@yahoo.com.br

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da variação do processo de soldagem (MIG e Plasma Pó) e da temperatura de pré e pós aquecimento sobre a diluição, a microestrutura e a microdureza ao longo da interface de depósitos da liga AWS E NiCrMo-3 sobre os aços AISI 8630M e AISI 4130 temperados e revenidos. As interfaces dos depósitos foram submetidas à análises metalográficas por via ótica e eletrônica e à ensaios de microdureza. O aumento da temperatura de preaquecimento e de interpasse resultou em maior refino dos grãos do primeiro passe, em um aumento da microdureza na zona termicamente afetada dos aços. Foi verificada uma menor diversidade e frequência de incidência de zonas parcialmente diluídas (ZPD) nos depósitos executados pelo processo Plasma Pó, enquanto que nos depósitos executados com o processo MIG foram encontradas ZPD do tipo descontínua, com diferentes morfologias.

Palavras-chave: Microestrutura, Zona parcialmente diluída, Processo PTA-P, Inconel 625, “Amanteigamento”

INTRODUÇÃO

Aços de alta resistência temperados e revenidos como os aços AISI 8630 e 4130 são comumente utilizados na confecção de válvulas submarinas, os quais devem ser soldados a tubulações para condução do petróleo. Na tentativa de impedir a corrosão destes equipamentos em ambientes marinhos utilizam-se, entre algumas técnicas, a proteção catódica. Entretanto, esta técnica gera hidrogênio livre que pode provocar a fragilização em regiões susceptíveis a este problema como é o caso da zona termicamente afetada das juntas soldadas dos aços citados anteriormente ^(1,2).

Para reduzir o risco de trincas na junta cordões de solda denominados de amanteigamento são aplicados no aço temperado antes da união definitiva. O material utilizado neste amanteigamento deve ser uma liga tenaz isenta da formação de microestruturas frágeis e capaz de absorver as restrições às dilatações da junta e de eventuais diferenças entre os coeficientes de expansão térmica entre os materiais dissimilares a serem soldados. As ligas mais utilizadas para este fim são ligas de Ni ou de aço de baixo carbono (2, 3, 4 5, 6). Em seguida a parte “amanteigada” é submetida a tratamentos térmicos pós soldagem (TTPS) para reduzir o nível de tensões evitando a aplicação deste tratamento após a solda de união. Entretanto o ciclo térmico do TTPS deve ser bem planejado para evitar uma elevada difusividade dos elementos durante o tratamento gerando mais carbonetos e regiões descarbonetadas. (5, 6, 7, 8).

Entretanto, na interface destes amanteigamentos, devido ao elevado gradiente de composição química podem ser formadas zonas parcialmente diluídas (ZPD), microfases e carbonetos de elevada dureza que podem comprometer a tenacidade e originar trincas devido à presença do hidrogênio nestas regiões. Todos estes fenômenos metalúrgicos são muito dependentes da diluição que por sua vez depende principalmente da energia e do processo de soldagem. Além destes parâmetros, a temperatura de pré-aquecimento e de interpasse podem exercer uma influência significativa sobre este fenômeno. Com relação ao processo de soldagem o processo Plasma Pó (PTA-P) vem ganhando destaque em aplicação de revestimentos devido à excelente qualidade das soldas e aos baixos níveis de diluição alcançados na aplicação de revestimentos

Este trabalho visa avaliar o efeito da temperatura de pré-aquecimento e de interpasse e da utilização dos processos PTA-P e GMAW sobre a diluição, sobre a formação de microfases, principalmente as zonas parcialmente diluídas (ZPD) e sobre o perfil de microdureza ao longo da interface entre cordões de solda de liga de Ni depositados sobre aços AISI 8630 e AISI 4130 utilizados na fabricação de válvulas submarinas

MATERIAIS E MÉTODOS

Como substrato (metal de base) foram utilizadas chapas dos aços AISI 8630M e AISI 4130, ambos temperados e revenidos, com dimensões de 250 x 87 x 32 mm.

Como material de adição foi utilizada a liga AWS ER NiCrMo-3 (Inconel-625) na forma de arame com 1.2 mm de diâmetro para o processo GMAW e na forma de pó para o processo PTA-P. Nas Tabelas 1 e 2 são apresentadas as composições químicas da liga Inconel – 625 e dos metais de base respectivamente

Tabela 1 – Composição química nominal da liga Inconel-625.

Composição química (%)													
Elemento químico %	Cr	Fe	Mo	NB+Ta	C	Mn	Si	P	S	Al	Ti	Co	Ni
	20,6	0,22	8,14	3,49	0,024	0,06	0,06	0,005	0,001	0,32	0,34	0,02	66,66

Fonte: Certificado de qualidade do fabricante

Tabela 2 - Composição química (% em peso) dos metais de base.

Aço	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Cu
AISI 8630M	0,32	0,30	0,86	0,006	0,011	0,93	0,38	0,81	0,02	0,06
AISI 4130	0,29	0,27	0,58	0,007	0,005	0,91	0,18	0,05	0,000	0,10

Fonte: Certificado de qualidade do fabricante

O gás de plasma e de arraste no processo PTA-P e de proteção para ambos os processos foi o Argônio puro

Antes da aplicação do amanteigamento as peças foram pré-aquecidas nas temperaturas indicadas na Tabela 3, que apresenta também as temperaturas de interpasse para cada caso. As temperaturas de pré-aquecimento variaram de 200 a 280 °C. Esta faixa de temperatura foi escolhida devido às recomendações encontradas em literatura para os respectivos aços (Graig, 1997; FMS Technologies, 2008)

Tabela 3 – Temperaturas de pré-aquecimento e de interpasse

Metal de base	Processo	T. Pré-aquecimento (°C)	T. Interpasse (°C)
AISI 8630M	PTA-P	200	240
AISI 8630M	PTA-P	240	280
AISI 4130	PTA-P	200	240
AISI 4130	PTA-P	240	280
AISI 4130	PTA-P	280	370
AISI 8630M	MIG	200	240
AISI 8630M	MIG	240	280
AISI 8630M	MIG	280	370

O seguinte sistema de nomenclatura foi criado para facilitar a identificação das amostras durante a leitura. O primeiro dígito (A, B, C) acompanhado de um número (1, 2 ou 3) identifica a amostra, onde 1, 2 e 3 correspondem aos três níveis de temperaturas de preaquecimento e interpasse, respectivamente da menor temperatura (1- 200°C) para a maior temperatura (3- 280°C) de preaquecimento. O número de dois dígitos que segue após o ítem identifica o metal de base (86 para o aço AISI 8630M e 41 para o aço AISI 4130). A letra que vem após esse número identifica o processo de soldagem no amanteigamento (P para PTA-P e M para MIG). Para as amostra que foram submetidas ao tratamento térmico de alívio de tensões (TTAT), foi acrescentada a letra “T” no final.

Para a obtenção dos melhores parâmetros de soldagem para a deposição dos cordões de solda para amanteigamento foram realizados vários depósitos preliminares e chegou-se aos parâmetros ideais para a obtenção de cordões de solda com um perfil geométrico adequado, ou seja, com a menor valor possível da relação altura (R)/ largura (L) e com baixa diluição, determinada através da Equação (1). O valor da sobreposição entre os cordões utilizada foi de ½ de L, conforme ilustrado na Figura 1.

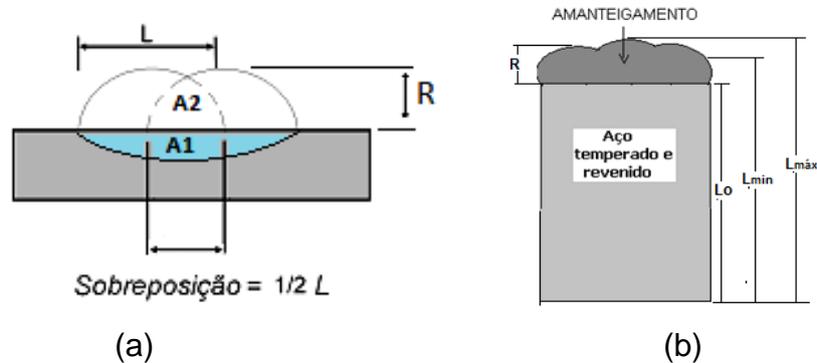


Figura 1 –Ilustração da sobreposição dos cordões (a) e das dimensões da chapa (b).

$$D(\%) = \frac{A1}{A1 + A2} (100) \quad (1)$$

Tendo em vista a irregularidade natural de superfícies depositadas por soldagem, denominou-se de L_0 a altura original da chapa, e após a aplicação dos amanteigamentos denominou-se, L_{min} e L_{max} a menor e a maior altura da base da amostra até a superfície do amanteigamento e R a altura do cordão conforme ilustrado na Figura 1

Os parâmetros de soldagem utilizados pelos processos PTA-P e GMAW estão apresentados nas tabelas 4 e 5 respectivamente

Tabela 4 - Parâmetros de soldagem utilizando o processo PTA-P

Corrente (A)	195	Vazão do Gás de Proteção (L/min)	10
Velocidade de soldagem (cm/min)	14	Distância bico – peça, DBP (mm)	20
Taxa de alimentação do pó (g/min)	34	Recuo de eletrodo (mm)	1,5
Vazão do Gás de Arraste (L/min)	3	Diâmetro do Bico (mm)	3,2
Vazão do Gás de Plasma (L/min)	2,2	Ângulo da Tocha com a vertical (°)	0

Tabela 5 - Parâmetros de soldagem utilizando o processo GMAW

Tensão(V)	30
Velocidade de alimentação do arame (m/min)	8,4
Velocidade de deslocamento (cm/min)	30
Vazão do Gás de Proteção (L/min)	17
Distância bico de contato – peça, DBP (mm)	18
Ângulo da Tocha com a vertical (°)	0

Utilizando-se os parâmetros de soldagem apresentados as energias de soldagem dos processos PTA-P e GMAW considerando-se as respectivas eficiências térmicas foram, respectivamente ,1,35 kJ/mm e 1,2 kJ/mm

Para respeitar uma recomendação da Petrobras que determina uma altura mínima do amanteigamento de 9 mm depois de retificado, foi preciso aplicar 2 camadas de amanteigamento na peça, pelo processo PTA-P, o que resultou em amanteigamentos com alturas variando de 10 a 12 mm. Para atingir esta mesma altura de amanteigamento utilizando o processo MIG foi necessário o depósito de 3 camadas, ao invés das duas utilizadas no processo PTA-P. Nas duas ultimas camadas a energia de soldagem foi um pouco maior, pois foi utilizado um valor de 8,7 m.min⁻¹ na velocidade de alimentação do arame, o que resultou numa corrente mais elevada.

Para a análise da microestrutura foi utilizado um microscópio ótico acoplado a um computador e um software analisador de imagens. As amostras cortadas foram embutidas, lixadas e depois polidas com alumina. O ataque metalográfico foi com o reagente químico Nitala1%. Além da Microscopia Ótica, as amostras foram analisadas por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) para identificar com

melhor nitidez as diferentes micro regiões, principalmente as zonas parcialmente diluídas (ZPD)

Para avaliar o efeito do gradiente de composição química e da proporção das microfases foram realizados ensaios de microdureza tanto no sentido horizontal, ou seja, ao longo de toda extensão da interface como no sentido vertical, ou seja, da região do metal de base não afetado pelo ciclo térmico de soldagem até próximo à superfície do revestimento A Figura 2 ilustra os locais onde foram medidos os valores de microdureza. A carga aplicada para realização do ensaio de microdureza ao longo dos perfis verticais foi de 100 gramas força (gf) durante 15 segundos, com indentações separadas por 500 μ de distância. Para a região ao longo da linha de fusão (LF), que se tornou objeto de estudo da pesquisa a carga foi de 25 gramas forças (gf) durante 15 segundos.

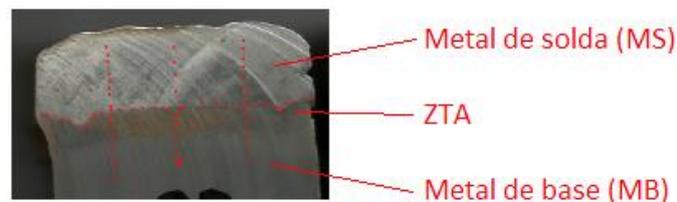


Figura 2 – Localização das indentações de microdureza nas chapas amanteigadas

Após a aplicação dos amanteigamentos os corpos de prova foram submetidos a tratamentos térmicos para alívio de tensão, TTAT's. O aquecimento foi realizado até 676 °C, mantendo essa temperatura por um período de 2 horas. A taxa de aquecimento foi de 12°C/min. O resfriamento ocorreu dentro do próprio forno, resultando em uma taxa de resfriamento de aproximadamente 6,4°C/min,. Todos estes parâmetros foram estabelecidos seguindo a norma NACE MR0175/ISO 15156-2:2003. ⁽¹⁰⁾

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os cordões isolados obtidos pelo processo PTA-P apresentou as seguintes dimensões médias: 12,3 mm de largura (L) e 3,9 mm de altura (R). Porém com a sobreposição de 1/2 entre os cordões, a primeira camada ficou em média com 5,4 mm de altura. Isso garantiu que, com duas camadas, o amanteigamento atingisse no mínimo 10mm de altura. Os cordões de solda obtidos pelo processo GMAW apresentaram as seguintes dimensões médias: 11,5 mm de largura (L) e 3,4 mm de

altura (R). Com a sobreposição de 1/2 entre os cordões, a primeira camada fica com média de 4 mm de altura, necessitando de mais uma camadas para atingir valores mínimos de 10mm.

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.**6 mostra os resultados das dimensões dos cordões depositados pelos dois processos, onde D é o valor da diluição dos amanteigamentos. Nota-se que todos os amanteigamentos ficaram com no mínimo 10 mm de altura. Os valores mínimos correspondem às bordas das chapas e os valores máximos correspondem às regiões mais próximas do centro.

Tabela 6 – Dimensões dos cordões de solda dos amanteigamentos

Corpo de prova	L ₀ (mm)	L _{min} (mm)	L _{máx} (mm)	R (mm)	D (%)
A1-86P	87,0	98,5	101,7	11,5 – 14,7	14,3
A2-86P	89,0	99,0	101,0	10,0 – 12,0	16,3
B1-41P	87,5	97,5	99,4	10,0 – 11,9	9,9
B2-41P	87,3	97,7	100,0	10,4 – 12,7	10,2
B3-41P	87,5	97,5	100,2	10,0 -12,7	10,3
C1-86M	87,1	97,3	101,0	10,2 – 13,9	18,4
C2-86M	87,2	97,2	101,0	10,0 – 13,8	24,3
C3-86M	87,3	97,5	99,2	10,2 – 11,9	29,6
D1-41M	87,5	98,0	102,0	10,5 – 14,5	22,8

Pode-se perceber que as amostras amanteigadas com o processo PTA-P apresentaram valores de diluição bastante inferiores àquelas amanteigadas pelo processo GMAW, com reduções de até 100 % do seu valor. Este significativa redução da diluição pode ser atribuída à forma como ocorre a fusão do metal no processo PTA-P. Neste processo a fusão das minúsculas partículas do pó fundem antes de entrar em contato com o substrato proporcionando uma maior espalhamento e uma menor penetração do metal sobre o substrato enquanto que no processo GMAW o arco elétrico promove a fusão do arame que depositado em grandes gotas proporcionando uma maior penetração. O aumento de T₀ também proporcionou pequenos aumentos no valor da diluição, mais significativos nas amostras amanteigadas pelo processo GMAW devido às razões já citadas

As interfaces entre os aços AISI 8630 e 4130 e as camadas de amanteigamento com Inconel 625 obtidas com o processo PTA-P se apresentaram com características microestruturais mais uniformes, quando comparada com as interfaces executadas com o processo GMAW, conforme pode ser observado nas Figuras 3 e 4. Penetrações do metal de solda na forma de dedos ocorreram com maior frequência nas interfaces das soldas realizadas com o processo GMAW são

formadas através da liquação dos contornos de grão do metal de base mais próximo à linha de fusão. As forças convectivas na poça de fusão ajudam o metal de solda a penetrar entre esses contornos fundidos do aço. (1, 11)

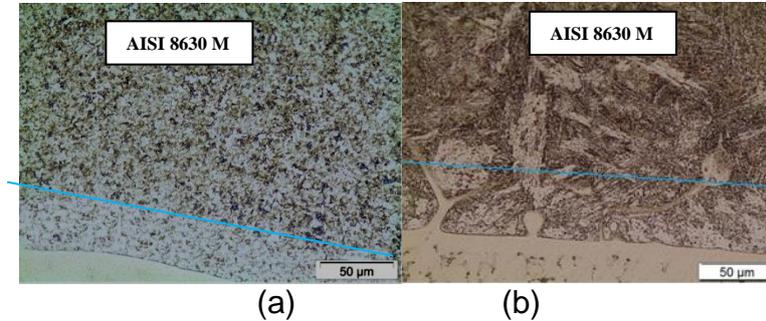


Figura 3. Microestrutura da interface do amanteigamento com o aço AIS 8630 utilizando o processo PTA-P (a) e o processo GMAW(b)

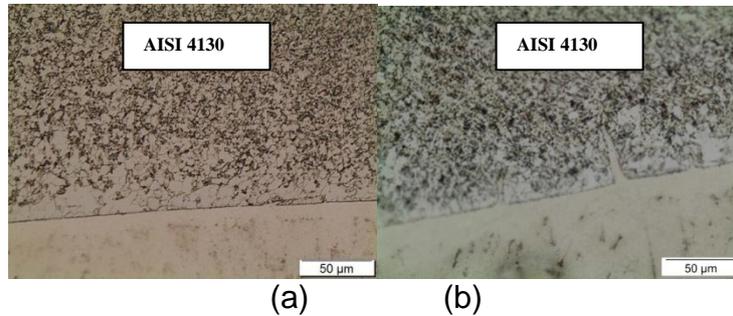


Figura 4- Microestrutura da interface do amanteigamento com o aço AISI 4130 utilizando o processo PTA-P (a) e o processo MIG (b)

Foi possível identificar a ocorrência de zonas parcialmente diluídas (ZPD) na interface entre a liga de Ni e o aço carbono. Estas ZPD são constituídas de diferentes subzonas conforme ilustrado na Figura 5.

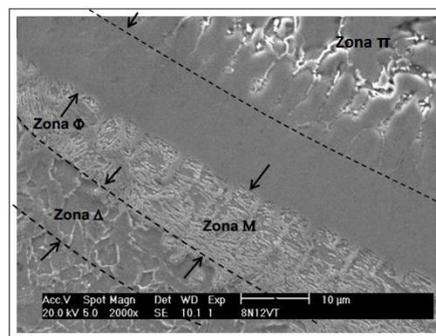


Figura 5. Ilustração das diferentes subzonas que constituem a ZPD na interface entre o aço e a Liga de Ni. (1, 11)

Do lado do aço (parte inferior das figuras) existe uma zona descarbonetada denominada Δ contígua a uma zona M (martensítica). Do lado da liga de Ni uma zona Φ , austenítica supersaturada de C seguida de uma zona π austenítica com estrutura dendrítica com partículas (carbonetos) entre estas dendritas. As zonas M e Φ têm elevada dureza e podem ocasionar fragilização na presença do hidrogênio. A zona M é uma tipo de ZPD descontinuidade pode estar presente junto com diferentes ZPDs de diferentes formatos denominadas de ilhas, praias penínsulas, etc. (3, 12)

Comparando as amostras amateigadas com o processo PTA-P com aquelas amateigadas pelo processo MIG foi notável a maior quantidade de ZPD, inclusive da zona M na interface das amostras amateigadas com o processo MIG. Foram encontradas muito poucas ZPD do tipo descontínua nos amateigamentos realizados pelo processo PTA-P, apenas as zonas Φ e zonas Δ , que se estendem por grande parte da interface em todos os amateigamentos. A baixa frequência com que se apresentam essas ZPDs descontínuas nos amateigamentos feitos pelo processo PTA-P pode ser atribuída ao modo de transferência metálica deste processo, já explicado para justificar os menores valores de diluição. As ZPD por possuir elevados valores de dureza implica em maiores riscos de trincamento pelo hidrogênio, principalmente se forem do tipo descontínua. (12)

A Erro! Fonte de referência não encontrada. 6 apresenta alguns tipos de ZPD, descontínuas em uma amostra amateigada com o processo GMAW

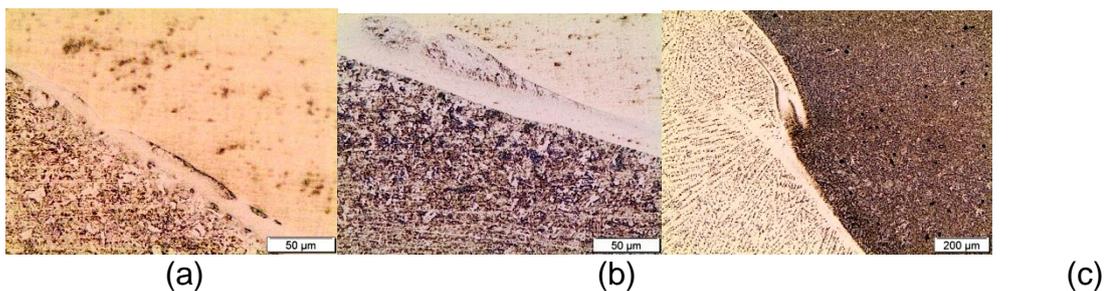


Figura 6– ZPDs descontínuas identificadas nas interfaces dos amateigamentos executados com o processo GMAW : ilhas de zona M (a), (b), península (c)

A Figura 7 apresenta o efeito da temperatura de pré-aquecimento sobre a extensão da zona Φ . Pode-se perceber o considerável aumento desta região para depósitos executados com maiores valores de temperatura de pré-aquecimento, conforme indicado pela setas

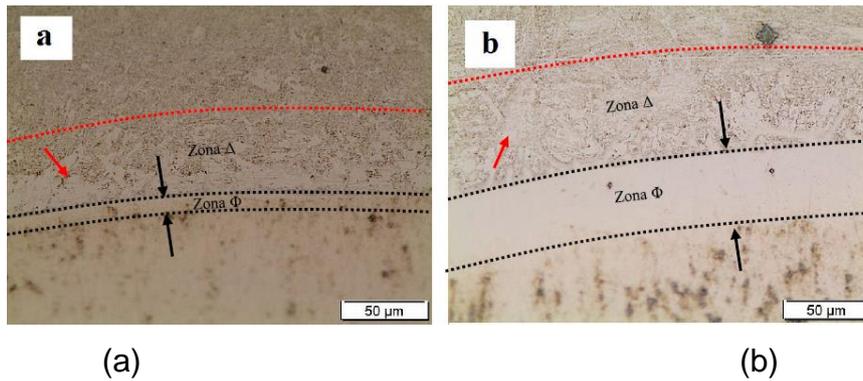


Figura 7 – Influência do preaquecimento sobre a extensão da zona Φ . a) Amostra C1-86M, com pré-aquecimento de 200°C e interpasse de 240°C, 500x. b) Amostra C3-86M, com pré-aquecimento de 280°C e interpasse de 370°C, 500x.

Altas temperaturas de pré-aquecimento, bem como menores velocidades de soldagem resultam na formação de uma faixa mais espessa da zona Φ na interface devido ao decréscimo na taxa de solidificação⁽¹³⁾. Com taxas mais lentas a poça de fusão demorará mais para solidificar, fazendo com que as forças convectivas consigam atuar por mais tempo, provocando uma maior mistura na interface do amanteigamento. A Tabela 8 apresenta os valores médios das extensões da zona Φ nas amostras amanteigadas. Percebe-se que as amostras amanteigadas com o processo GMAW e com maiores valores de pré-aquecimento apresentaram maiores extensões

Tabela 81 – Valores médios das extensões da zona Φ

Amostra	Extensão da zona Φ (μm)	
	Media	Desvio padrão
A1-86P	4,78	0,79
A2-86P	6,30	1,30
B1-41P	11,50	1,20
B2-41P	20,50	0,90
B3-41P	22,80	1,70
C1-86M	29,60	1,90
C2-86M	33,20	1,60
C3-86M	58,70	2,20

Durante o TTAT a manutenção da peça a 676°C por 2 horas fez com que o carbono sofresse uma maior migração, empobrecendo ainda mais essa região de carbono e favorecendo a formação da ferrita na zona descarbonetada (zona Δ) e a formação de carbonetos na região interdendrítica da zona π . Logo, foi constatado que o tratamento térmico para alívio de tensões influenciou significativamente no aumento da extensão dessas zonas descarbonetadas. Antes do TTAT as extensões

dessas zonas eram em torno de no máximo 50 µm nos locais onde foram detectadas. E depois do TTAT essas extensões passaram a ser de 50 µm a 250 µm.

A Figura 8 apresenta a influência do TTAT sobre a dureza na ZTA. Verifica-se o efeito significativo deste tratamento sobre os valores de microdureza nesta região. Observa-se também que este efeito foi mais significativos nas ZTAs das amostras que utilizaram o aço AISI 8630 (A e C) como substrato.

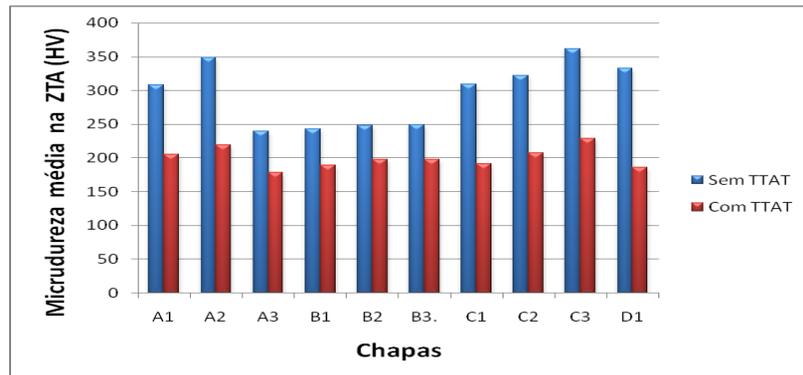


Figura 8–Efeito do TTAT sobre os valores de microdureza na ZTA

Com relação ao efeito do pré-aquecimento pôde-se observar que o aumento do seu valor proporcionou um acréscimo nos valores de microdureza na ZTA. Este aumento pode ser atribuído à maior extensão da zona \square e ao provável aumento da precipitação de carbonetos com a redução da taxa de resfriamento. Principalmente no aço AISI 8630 por ter um maior teor de C e de Mo. Esse fenômeno de precipitação de carbonetos foi constatado ao se aplicarem pré-aquecimentos neste aço. ⁽¹¹⁾

Os valores de microdureza ao longo da interface no sentido horizontal comprovaram os altos valores das ZPDs, atingindo valores de até 649 HV nas amostras com o aço AISI 8630 M utilizando o processo GMAW. Devido à maior formação e extensão das ZPDs. As amostras com o mesmo aço utilizando o processo PTA-P e as amostras utilizando o aço AISI 4130 indicaram menores valores de microdureza conforme ilustrado na mesma Figura.

CONCLUSÕES

- Os amantegamentos executados com o processo PTA-P apresentaram uma interface mais homogênea com menores penetrações e menor diluição quando comparada com aquelas executadas com o processo GMAW .

- As interfaces dos amateigamentos executados com o processo MIG apresentaram um maior número e diversidade de zonas parcialmente diluídas (ZPDs) quando comparadas com aquelas executadas utilizando o processo PTA-P.

- O aumento da temperatura de pré-aquecimento proporcionou um aumento da extensão da zona Φ e um aumento nos teores de Fe nesta região elevando os valores de microdureza na interface, principalmente em amateigamentos executados com o processo GMAW .

- A aplicação do tratamento térmico para alívio de tensões proporcionou uma redução significativa nos valores de microdureza na interface principalmente na interface dos amateigamentos executados sobre o aço AISI 8630

- A presença das ZPDs na interface proporcionou valores de microdureza de até 649 HV na ZTA dos aços AISI 8630 amateigados com o processo GMAW

AGRADECIMENTOS

À CAPES/CNPQ pela a ajuda financeira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] BEAUGRAND, V. C. M.; SMITH, L. S.; GITTOS, M. F. Hydrogen Embrittlement of 8630M/625 Subsea Dissimilar Joints: Factors that Influence the Performance. ASME 2009 28th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering. Honolulu, Hawaii, 2009a.

[2] ORIANI, R. A.; HIRTH, J. P; SMIALOWSKI M. **Hydrogen Degradation of Ferrous Alloys**, Noyes Publications. Park Ridge, USA, 1985. ISBN: 1591245656

[3] FENSKE, J. A.; **Microstructure and hydrogen induced failure mechanisms in iron-nickel weldments**, Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais). Universidade de Illinois. Urbana-Champaign, Illinois, EUA, 2010.

[4] SCHVARTZMAN, M. M. A. M.; QUINAN, M. A. D.; CAMPOS, W. R. C.; LIMA, L. I. L. Avaliação da Suscetibilidade à Corrosão sob Tensão da ZAC do aço inoxidável AISI 316L em Ambiente de Reator Nuclear PWR. **Soldagem Inspeção**, Vol. 14, N°. 3, p.228-237, São Paulo, Jul/Set 2009.

[5] CHRISTO, A.; D'OLIVEIRA, A. S. C. M. Proteção de tubulações expostas ao coque. Em: VII *CoNEMI*- Congresso Nacional de Engenharia Mecânica e Industrial. Curitiba – PR, 2007

- [6] FARIAS, J. P. e AGUIAR, W. M. Soldagem do aço ABNT 4140 sem tratamento térmico posterior. **Revista Tecnologia**. v. 24. n. 1, p. 26-36. Fortaleza-CE, Junho de 2003.
- [7] SILVA, C. C.; AGUIAR, W. M. ; FARIAS, J. P. Técnica da Dupla Camada Aplicada no Reparo do Aço AISI 4340 sem TTPS - Efeito da Sobreposição de Ciclos Térmicos Sobre o Revenimento da ZAC. In: 63º Congresso Anual da ABM, 2008, Santos-SP, 2008.
- [8] AZEVEDO, A. G. L.; Silva, C.C.; FARIAS, J. P.; MARCELINO NETO, M. A. Técnica de Recuperação do Aço ABNT 1045 sem Tratamento Térmico Pós-Soldagem. **Soldagem e Inspeção** (Impresso), v. 9, p. 38-47, 2004.
- [9] INFOSOLDA. Eficiência Térmica. Biblioteca Digital. Livros SENAI. Disponível em: <http://www.infosolda.com.br/biblioteca-digital/livros-senai/metallurgia/120-eficiencia-termica.html>. Acessado em 02/07/2014.
- [10] NACE. International Standard MR0175/ISO15156 - Petroleum and Natural Gas Industries –Materials for use in H₂S - containing Environments in Oil and Gas Production. Part 2: Cracking-resistant carbon and low alloy steels, and the use of cast irons. 2003.
- [11] OLIVEIRA, G. L. G. **Soldagem Dissimilar dos Aços AISI 8630M e ASTM A182 F22 para Aplicações subaquáticas**. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais). Universidade Federal do Ceará. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais. Fortaleza-CE, 2013.
- [12] DOODY, T., Intermediate Mixed Zones in Dissimilar Metal Welds for Sour Service. **Welding Journal**, v. 71, n. 3, pg. 55-60. March, 1992.
- [13] KEJELIN, N. Z.; BUSCHINELLI, A. J. A.; BOHÓRQUEZ, C.E. N. Soldagem Dissimilar do Aço X-60 com Inconel 625. Em: XXXII CONSOLDA, ABS - soldagem Belo horizonte , 2006.
- [14] NACE. International Standard MR0175/ISO15156 - Petroleum and Natural Gas Industries –Materials for use in H₂S - containing Environments in Oil and Gas Production. Part 1: General principles for selection of cracking-resistant materials. 2001.
- [15] DUARTE, S. M. A.; COSTA, E. C.; ALMEIDA, J. G.; CAVALCANTE, F. J. N.; LIMA, S. J. G. Caracterização do Aço AISI 8630M Amanteigado com o Arame ER80S-D2 pelo Processo de Soldagem MAG. In: COBEF, 2015 Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, Salvador., 2015.

[16] COSTA, E. C.; ALMEIDA, J. G.; DUARTE, S. M. A.; CAVALCANTE, F. J. N.; LIMA, S. J. G. . Caracterização da ZTA do Aço SAE 8630, Decorrente do Amanteigamento Com o Inconel 625, com e sem Tratamento Térmico de Alívio de Tensões. Em: CONEM, 2014, Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, Uberlândia-MG, 2014.

Characterization of Interface of Inconel 625 Welding Deposits on AISI 8630 and AISI 4130 Quenched and Tempered Steel

Abstract: *The objective of this study was to evaluate the effect of the welding process, pre and postheating temperature on the dilution, microstructure, microhardness and composition gradient along the interface of AWS E NiCrMo3 alloy on AISI 8630 M and AISI 4130 quenched and tempered steel. For this superimposed weld beads using different preheat and interpass were applied using MIG/MAG and Plasma Transferred Arc – Powder (PTA-P) welding process. The interfaces deposits were subjected to analysis of chemical composition by EDS, to metallographic examination by optical and electronic microscopy and to microhardness tests. The increase in preheat and interpass temperatures resulted in greater grain refinement of the first pass in increase of heat affected zone microhardness, and in a greater Fe migration from the substrate to the applied layer. A minor frequency diversity and a lower incidence of partially diluted zones (PDZ) was observed in deposits performed by PTA-P process, whereas the deposits performed with MIG process discontinuous PDZ type with different morphologies were identified.*

Key-words: *Microstructure, Dissimilar welding, PTA-P welding process, Ni alloy*