



21 - 25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

APLICAÇÃO DO PROCESSO GMAW COM E SEM ARAME FRIO EM REVESTIMENTO RESISTENTE AO DESGASTE POR CAVITAÇÃO DE LIGAS DE COBALTO

Fabio Gonçalves da Silva¹
Eduardo de Magalhães Braga²
Valtair Antonio Ferraresi³

¹Universidade Federal do Sul Sudeste do Pará (UNIFESSPA - Campus II Marabá), e-mail: eng_fgs@yahoo.com.br

²Universidade Federal do Pará - UFPA, Belém, PA, e-mail: edbraga@ufpa.br

³Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Faculdade de Engenharia Mecânica. Av. João Naves de Ávila 2121, Campus Santa Mônica, CEP 38.400-902, Uberlândia, MG, Brasil, e-mail: valtair@ufu.br

Resumo: A recuperação das regiões de componentes hidráulicos desgastados e/ou erodidos normalmente é feita com a deposição de material por soldagem a arco, sendo utilizada deposição de ligas de aços inoxidáveis de maior resistência ao desgaste. Ligas a base de cobalto, cromo, níquel, molibdênio, titânio, ou combinações desses e outros elementos auxiliam e proporcionam a melhora na resistência ao desgaste. Vários são os processos de soldagem que podem ser aplicados no revestimento de regiões erodidas por cavitação, entre eles está o processo GMAW (Gas Metal Arc Welding) com Arame Frio, isto é, com dois arames na mesma poça de fusão, sendo um energizado e outro não energizado. O objetivo desta técnica é obter uma composição química na poça de fusão que resulte em melhor resistência ao desgaste. Desta forma, este trabalho tem como finalidade avaliar o processo GMAW com e sem arame frio aplicado na confecção de revestimento (uma camada) resistente ao desgaste por cavitação de diferentes ligas obtidas com a ajuda do processo GMAW Arame Frio. Foram utilizados arames de ligas de cobalto e de aço inoxidável austenítico e realizados ensaios de cavitação e de microestrutura. Os resultados mostraram que os revestimentos contendo cobalto apresentaram menores taxas de perda de massa acumuladas com melhor desempenho de resistência à cavitação em relação aos revestimentos de aço inoxidável austenítico.

Palavras-Chave: Aço inoxidável austenítico, liga de Cobalto, processo GMAW-AF, cavitação.

1. INTRODUÇÃO

O fenômeno da cavitação se refere à formação e colapso de bolhas de vapor em um fluido no qual provoca a redução localizada da pressão, danificando a superfície do material, fragilizando e causando a perda de massa (desgaste do material). O desgaste por cavitação afeta seriamente a operação de equipamentos hidráulicos como turbinas, válvulas, bombas e propulsores de navios (Kumar et al., 2010).

Para Hattori e Mikami (2009) o desgaste por cavitação nas hidroturbinas promove a formação de cavidades ou covas na superfície, resultando na perda de massa do componente ou do material base, promovendo modificações no perfil hidráulico, sendo a eficiência de uma turbina altamente dependente de seu perfil geométrico.

A recuperação das regiões de componentes hidráulicos desgastados e/ou erodidos normalmente é feita com a deposição de material por soldagem a arco, sendo utilizada a deposição de ligas de aços inoxidáveis de maior resistência ao desgaste. Ligas a base de cobalto, cromo, níquel, molibdênio, titânio ou combinações desses e outros elementos, auxiliam ou proporcionam a alta resistência ao desgaste e podem ser utilizadas de acordo com o processo de deposição a ser adotado (Will et al. 2010).

Entre os mais variados elementos de liga e combinações estão as ligas a base de cobalto são conhecidas por apresentarem maior resistência ao desgaste erosivo decorrente da cavitação, além da elevada resistência à corrosão. O alto teor deste elemento proporciona ao material uma transformação de fase de austenita para martensita, em função do mecanismo de deformação da microestrutura (Santa et al. 2011).

As propriedades mecânicas das ligas de cobalto dependem da composição química, microestrutura e processos de fabricação. Entre as várias ligas de cobalto comerciais, as ligas “Stellite” são amplamente utilizadas na indústria. Nestas

ligas, a combinação com outros elementos como ao cromo, molibdênio, tungstênio e outros, resultam em características especiais como aumento da resistência à corrosão e desgastes erosivos (Liu et al. 2010).

As ligas de Stellite 6 (CoCrW) são caracterizadas pelas quantidades de carbono e tungstênio adicionados na matriz do binário CoCr. Possuem matriz CFC (cúbica de face centrada) rica em cobalto, que após deformação se transforma em HC (hexagonal compacta), contendo fases secundárias do tipo carbonetos e fases intermetálicas. Os carbonetos são geralmente do tipo M_7C_3 ricos em cromo e M_6C ricos em tungstênio. Já as ligas de Stellite 21 (CoCrMo) contem alta concentração de molibdênio. Nestas ligas são verificados os carbonetos do tipo $M_{23}C_6$ para as ligas de baixo carbono, assim como M_7C_3 para as ligas de alto cromo (Giacchi et al. 2011).

Com a técnica de soldagem GMAW com adição de arame frio (GMAW-AF) para aplicação de revestimento obtém boa qualidade dos depósitos além da fácil montagem e manuseio do equipamento, e do ponto de vista metalúrgico há uma possibilidade de obtenção de novas ligas a partir de ligas comerciais, as quais podem ser de grande contribuição na confecção dos revestimentos resistentes ao desgaste erosivo por cavitação (Silva et al. 2011).

O objetivo deste trabalho é avaliar a resistência ao desgaste por cavitação e a microestrutura de revestimentos depositados em camada única utilizando dois arames de liga de cobalto e um austenítico com a técnica de soldagem a arco GMAW com e sem adição de arame frio. O arame austenítico foi avaliado para servir de referência em uma análise comparativa do desempenho dos arames de cobalto, por ser também bastante utilizado em equipamentos com o objetivo de minimizar o desgaste por erosão.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foi utilizada uma fonte de soldagem eletrônica multiprocessos ajustada para soldar no modo de tensão constante no processo GMAW com e sem adição de arame frio. Para a confecção dos revestimentos, as soldas foram efetuadas pelos seguintes consumíveis: dois arames de cobalto, sendo um do tipo ERCCoW (Stellite 6 – AWS ERCCoCr-A) e outro do tipo ERCCoMo (Stellite 21 – AWS ERCCoCr-G), além de uma liga austenítica do tipo ER309LSi todos de 1,2 mm de diâmetro; A Tabela 1 apresenta a composição e microdureza típica dos arames, cujos dados foram obtidos do fabricante.

Tabela 1: Dados de microdureza e composição química dos arames consumíveis.

Comercial	HV _{0,5}	C	Cr	Mo	Co	Si	Ni	Mn	Fe	W
Stellite 6	380 a 490	1,2	28,4	0,1	bal	1,2	1,5	0,5	0,3	4,5
Stellite 21	290 a 430	0,2	26,5	5,5	bal	0,8	3,0	0,1	0,3	-
309LSi	200	0,027	23	1,7	-	0,7	14	0,2	bal	-

Para os ensaios de perda de massa por cavitação seguiu-se a norma ASTM G32-10 (2010), com as soldagens efetuadas em uma camadas, com cordões de 290 mm de comprimento (quatro cordões para o revestimento) em chapas de aço ASTM A36 de 25,4 x 150 x 300 mm. Com cada tipo de revestimento, da região central dos mesmos, foram extraídos e construídos os corpos de prova (CPs) para o teste de cavitação.

A Tab. 2 apresenta os parâmetros fixos de soldagem, de trabalho e de oscilação da tocha utilizados. Para o processo GMAW com adição de arame frio, a indutância de subida/descida e a tensão de referência (U_r) foram mantidas constantes, em condições que proporcionaram valores de correntes de soldagem similares aos encontrados em GMAW convencional. A oscilação da tocha foi mantida constante em frequência e amplitude, à distância bico de contato-peça (DBCP) também esteve constante bem como a tensão U_r , a corrente média de soldagem é diferente para cada tipo de arame energizado decorrente da relação de velocidade de alimentação de arame. A Fig. 1 apresenta de forma esquemática a aplicação do revestimento.

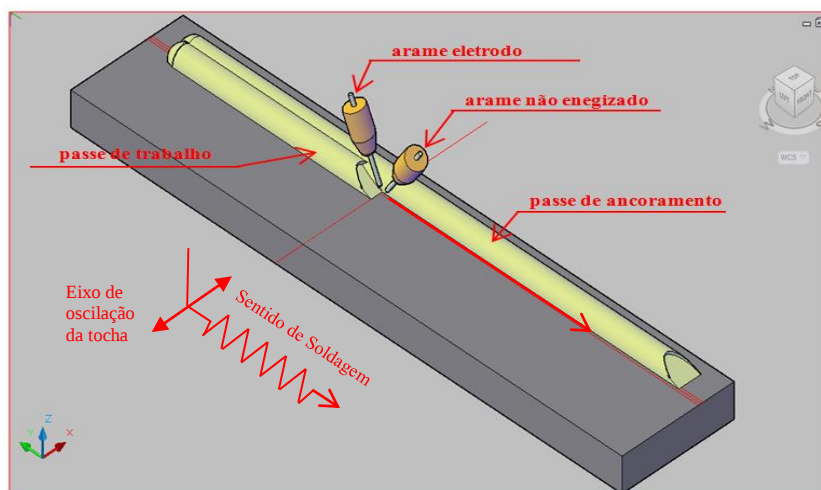


Figura 1: Representação esquemática de aplicação dos cordões de revestimentos

Tabela 2: Parâmetros de soldagem para confecção dos revestimentos

Parâmetros Fixos	Nível/Unidade
Posição de soldagem	Plana
Relação das alimentações de arames eletrodo/frio ($Valim_{energ}/Valim_{frio}$)	3/1
Relação de velocidade de alimentação/velocidade de soldagem ($Valim/Vsold$)	20
Eletrodo	CCEP
Tensão de referência (U_r)	24 V
Distancia bico-peça (DBCP)	16 mm
Ângulo de avanço da tocha (sentido)	15° (empurrando)
Ângulo de trabalho	10°
Tipo de Oscilação	Transversal com velocidade constante
Frequência de oscilação	1,5 Hz
Amplitude de oscilação	10 mm
Sobreposição entre os cordões	40%
Gás de proteção	Ar+2%O ₂
Vazão de Gás	14 l/min

Onde: $Valim_{energ}$ – Velocidade de alimentação de arame energizado; $Valim_{frio}$ – Velocidade de alimentação de arame frio; $Valim$ – velocidade de alimentação de arame; $Vsold$ – Velocidade de soldagem; CCEP – corrente contínua com eletrodo no positivo.

Os corpos de prova foram retirados da região central das placas de testes por corte em cortadora metalográfica. O revestimento após confecção foi usinado por esmerilhamento manual da superfície até a sua uniformização. A Fig. 2 apresenta a vista superior de uma placa de teste contendo três tipos de revestimentos, bem como as regiões ilustrando a retirada dos corpos de prova para o teste de cavitação e extração das amostras da secção transversal para análise metalográfica.

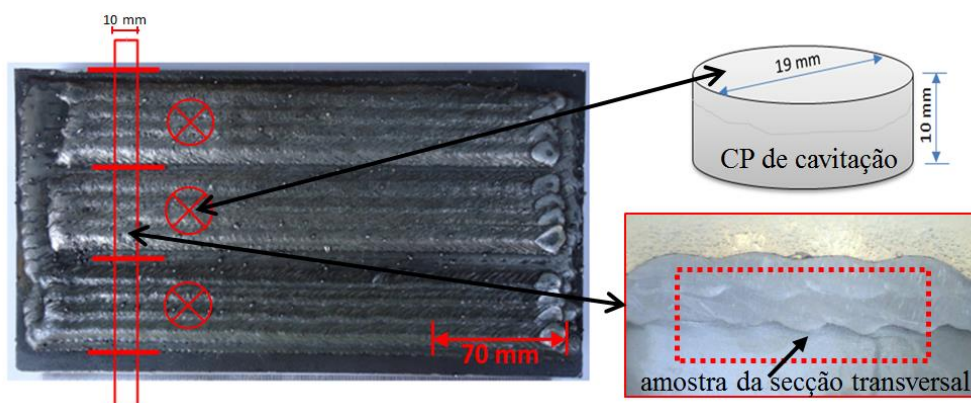


Figura 2: Placa teste com três revestimentos e regiões de extração das amostras para análise de microestruturas e CP (corpo-de-prova) para avaliação da cavitação.

Foram extraídas amostras das placas para realizar a avaliação microestrutural dos revestimentos. As amostras foram lixadas com lixa de 220 a 1200 *mesh* e polidas com pasta de diamante de 6 μ m e 1 μ m e alumina de 3 μ m e 0,5 μ m. Em seguida, foram atacadas com reagente para revelar os microconstituintes e levadas ao microscópio ótico para a observação da microestrutura. Para cada tipo de arame eletrodo utilizado houve a um tipo de reagente revelador para determinação das microestruturas e/ou fases: para o 309LSi o Villela (C₆H₃OH(NO₃) + HCl + C₂H₅OH); para o Stellite 21 o Marble's (HCl + H₂O + CuSO₄) e para o Stellite 6 o Reag 4 (HCl + HNO₃ + FeCl₃) utilizando os mesmos procedimentos de ataque químico por imersão entre 1 e 10 segundos dependendo do reagente. Foram realizados também medidas de microdureza na secção transversal e na superfície das amostras.

O ensaio de perda de massa por cavitação foi realizado utilizando-se um gerador ultrassônico, o qual simula o desgaste erosivo por cavitação em laboratório, segundo a norma ASTM G32-10 (2010). Estes testes foram realizados pelo método indireto, o qual necessita da construção dos corpos-de-prova, com as dimensões de 19 x 10 mm (Fig. 3). O equipamento apresenta um sonotrodo, ponteira de sacrifício, sistema de arrefecimento e suporte para o corpo de prova; o gerador opera

a 20kHz de frequência e 51µm de amplitude; o corpo de prova é submerso a água destilada a 21°C e a 0,5mm de distância da ponteira de sacrifício.

Os corpos de prova para o ensaio de cavitação foram lixados na superfície a ser submetida ao desgaste, limpos e pesados inicialmente; os tempos de ensaios foram de acordo com o tipo de material, 20 horas para as ligas austeníticas e 40 horas para as ligas de cobalto. Durante intervalos de tempos estabelecidos os corpos de prova foram limpos por limpeza ultrassônica e pesados em balança de precisão, este procedimento seguiu até o término do ensaio com o período estacionário de perda de massa; o resultado da perda de massa é determinado pela diferença de massas antes e após o ensaio é obtido os perfis de desgaste.

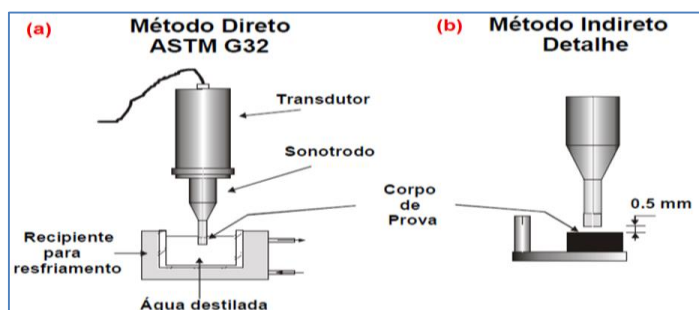


Figura 3: Esquemas representativos do equipamento de simulação da perda de massa por cavitação em duas disposições: a) método direto e b) método indireto

Foram realizados ensaios de dureza e microdureza antes e após o teste de cavitação. Para complementar o estudo da cavitação, os corpos de prova foram analisados antes e após os testes de desgaste por DRX (Difratômetro de Raio-X).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para o processo GMAW Arame frio, as condições de soldagem são as mesmas utilizadas para o GMAW convencional. A Tab. 3 apresenta as condições de aplicação dos revestimentos a partir das condições de soldagem citadas na Tab. 2.

Tabela 3: Valores dos parâmetros de soldagem utilizada na confecção dos revestimentos, números de camadas e tipo de arames utilizados.

Revesti-mento	Processo Soldagem	Arame Eletrodo	Arame Frio	Valim _{energ} [m/min]	Valim _{frio} [m/min]	Vsold [cm/min]
D	GMAW	309LSi	-	6	-	30
E	GMAW-CW	309LSi	Stellite 21	6	2	30
F	GMAW-CW	309LSi	Stellite 6	6	2	30
J	GMAW	Stellite 21	-	6,8	-	34
O	GMAW	Stellite 6	-	7	-	35

A Tab. 4 apresenta os resultados do tempo de exposição das amostras, processo de confecção dos revestimentos, período de incubação e taxa de erosão determinada no período estacionário de cavitação para cada amostra submetida ao ensaio de perda de massa, sendo ligas austeníticas e de cobalto com e sem adição de arame frio. Segundo a norma ASTM G32 (1998), o estado estacionário é compreendido como o período pelo qual a taxa de erosão e a perda de massa tende a se manter constante em função do tempo. Já o período de incubação, aceleração e atenuação são os períodos antecedentes ao estado estacionário.

Tabela 4: Tempo de exposição das amostras, taxa de erosão no período estacionário e períodos antecedentes ao estado estacionário de perda de massa.

Revesti-mento	Material	Processo de soldagem	Tempo de Ensaio [h]	Períodos de Incubação [h]	Taxa Média no Período Estacionário [10 ⁻⁴ g/h]
D	309LSi	GMAW	20	4	10,50
E	309LSi + ST 21	GMAW-AF	20	4	9,90
F	309LSi + ST 6	GMAW-AF	20	4	8,30
J	ST 21	GMAW	40	6	0,19
O	ST 6	GMAW	40	5	0,30

Sendo: AF – processo com Arame Frio, ST 6 – Stellite 6; ST 21 – Stellite 21

Verifica-se na Tab. 4 que a média das taxas de perda de massa no período estacionário dos revestimentos com adição do aço inoxidável austenítico tiveram valores próximos (revestimentos D, E e F), em torno de $8 \text{ a } 10 \times 10^{-4} \text{ g/h}$. Já para os revestimentos com a liga de cobalto Stellite 21 a taxa foi de $0,19 \times 10^{-4} \text{ g/h}$ e para a liga Stellite foi de $0,30 \times 10^{-4} \text{ g/h}$, demonstrando que as ligas de cobalto aplicado em uma única camada apresenta um alta resistência ao desgaste por cavitação.

Na Fig. 4 são mostrados os perfis de perda de massa acumulada dos revestimentos submetidos ao ensaio de cavitação (revestimentos D, E e F). A Fig. 5 apresenta os resultados do revestimento J e O. Fica evidente a superioridade dos revestimentos de cobalto (revestimentos J a O) diante da resistência ao desgaste com relação ao revestimento aplicado de aço inoxidável austenítico (revestimento D), mesmo com o dobro de tempo de exposição ao teste. Já os revestimentos de aço inoxidável com adição de arame frio de cobalto (revestimentos E e F) diminuiu a perda de massa, mas ficando próxima ao revestimento de aço inoxidável austenítico. Os revestimentos confeccionados pelo Stellite 6 (Liga O) teve melhor resultado que os Stellite 21 (Liga J) com baixa perda de massa acumulada, estando esses resultados coerentes com as pesquisas de Hatori e Mikami (2009) e Liu et al (2010).

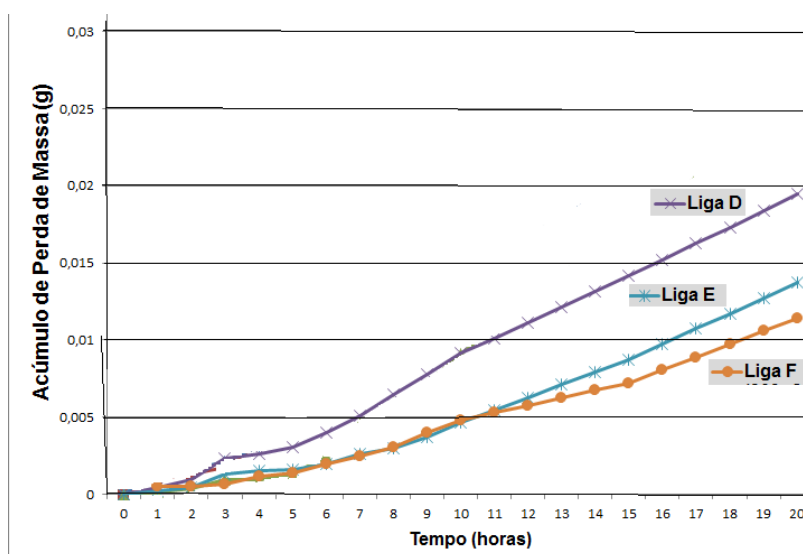
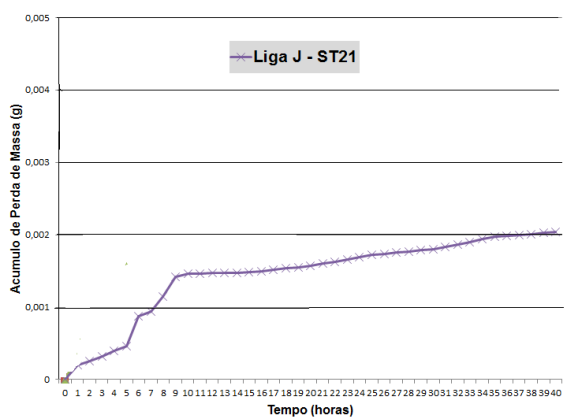
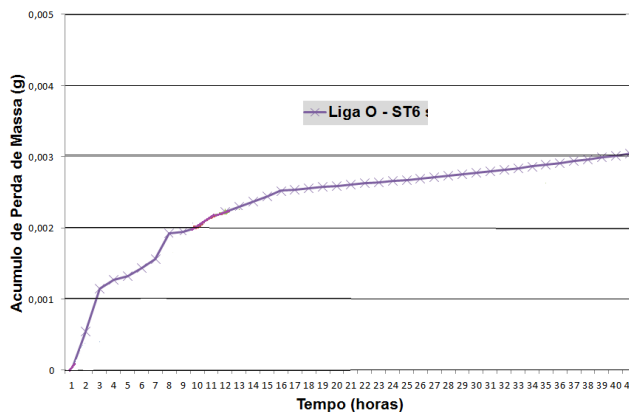


Figura 4: Acúmulo de perda de massas do revestimentos D, E e F.



(a)



(b)

Figura 5: Acúmulo de perda de massa dos revestimentos: (a) Revestimento J; (b) revestimento O.

Ribeiro et al. (2010) e Santa et al. (2011) afirmam que o bom desempenho dos revestimentos produzidos pelas ligas de cobalto (Stellites) está em função dos seus elementos de liga (Co, Cr, Mo e/ou W) em determinadas concentrações, facilitando a transformação de fases, $\gamma\text{-Co}$ para martensita, melhorando as propriedades metalúrgicas, elevando essa qualidade em variados meios agressivos.

Na Fig. 6 são apresentados os perfis das médias das taxas de perda de massa obtida no período de regime estacionário. As ligas austeníticas de 309LSi, representados pelos revestimentos D, E e F, tiveram taxas de cavitação entre 20 a 30 vezes maiores do que as taxas dos revestimentos de Stellites (revestimentos J e O) em decorrência do tipo de material.

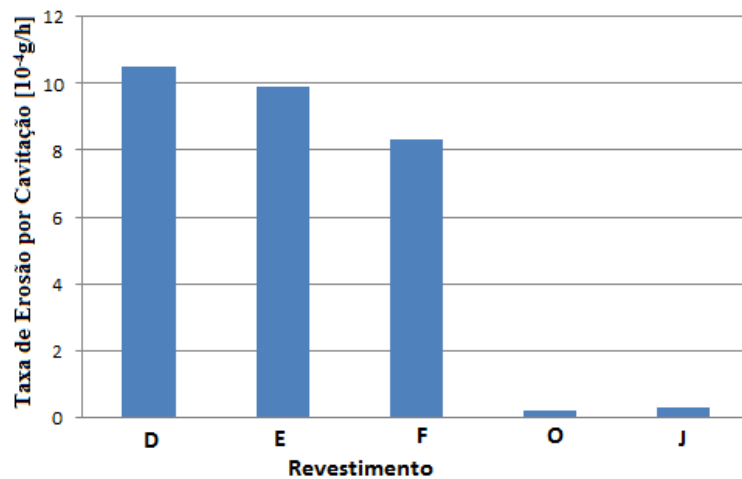


Figura 6: Taxas de perda de massa da erosão por cavitação no período estacionário

Na Tab. 6 são mostrados, em valores médios, os resultados de dureza e microdureza da superfície das amostras antes e após o ensaio de cavitação. Os revestimentos austeníticos (D, E e F) assim como os revestimentos de cobalto (J e O) tiveram aumento dos valores de dureza e microdureza após serem submetidas à cavitação. Os maiores valores foram obtidos com os revestimentos (J e O), cobalto, tanto no ensaio antes como após o ensaio de cavitação.

Tabela 6: Dureza e microdureza da superfície antes e após a cavitação

Revestimento	Dureza HRC		Microdureza Hv.0,5	
	ANTES	APÓS	ANTES	APÓS
D	32,4	40,4	321,7	396,5
E	21,5	39,8	245,5	390
F	24,1	46,8	260,8	467,9
J	40,8	48,2	400,2	486,8
O	41,1	50,9	401,5	528,1

Madadi et al. (2011) afirmam que o aumento da dureza em revestimentos submetidos ao desgaste são indicadores de mudanças de fases estruturais, em especial as estruturas martensíticas provenientes da deformação ou por tratamento térmico. Valores de microdureza entre 450 e 600 HV são exemplos para de ligas Stellites que são compostas de estruturas ricas em cobalto de matriz metaestável de fase austenítica a qual é transformada em (ϵ) e (α'), além de carbonetos do tipo M_7C_3 e entre outros que incorporados na matriz elevam a resistência ao desgaste por erosão do material assim como sua dureza.

Nas Fig(s). 7, 8 e 9 são mostrados os difratogramas dos revestimentos D, E e F, sendo o revestimento D austenítico e os revestimentos E e F com adição de cobalto na forma de arame frio. Foram verificadas em ambas as ligas a presença de austenita e martensita antes do ensaio de cavitação. Após a submissão à perda de massa, nas Figuras 7(b), 8(b) e 9(b) são observadas a redução do campo austenítico e aumento de intensidade de sinal da martensita representados pelos picos característicos a esta fase.

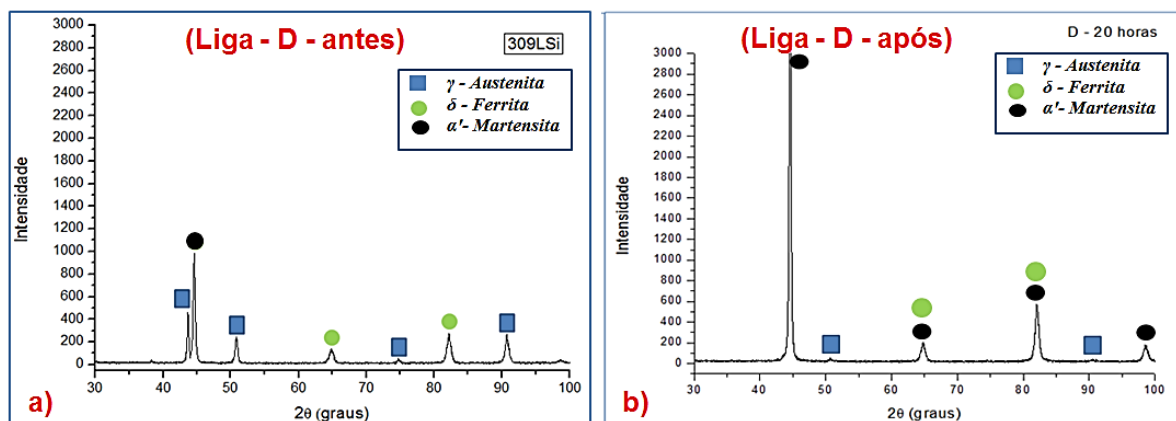


Figura 7: Difratograma DRX dos revestimentos de 309LSi (D) antes e após o ensaio de cavitação

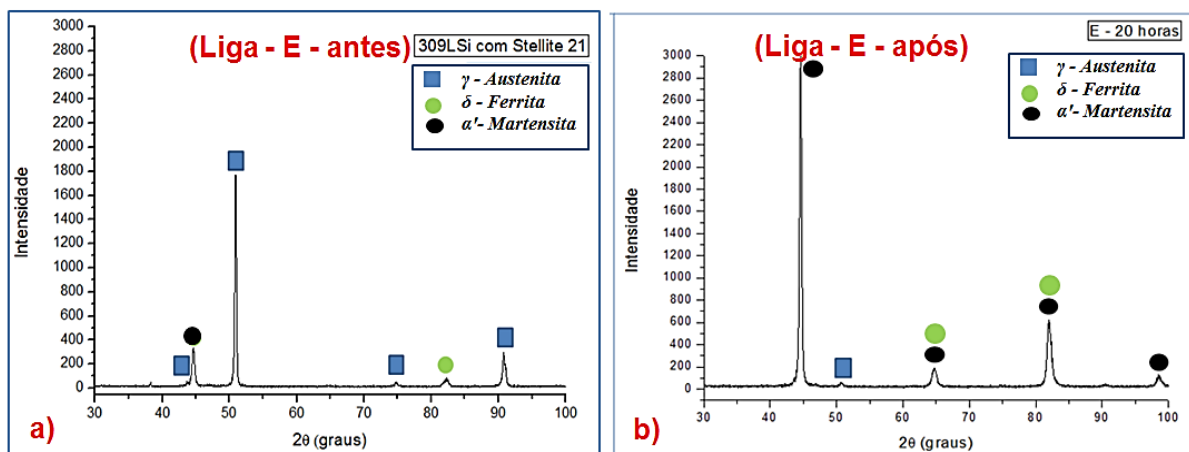


Figura 8: Difratoograma DRX dos revestimentos de 309LSi com Stellite 21 (E) antes e após o ensaio de cavitação

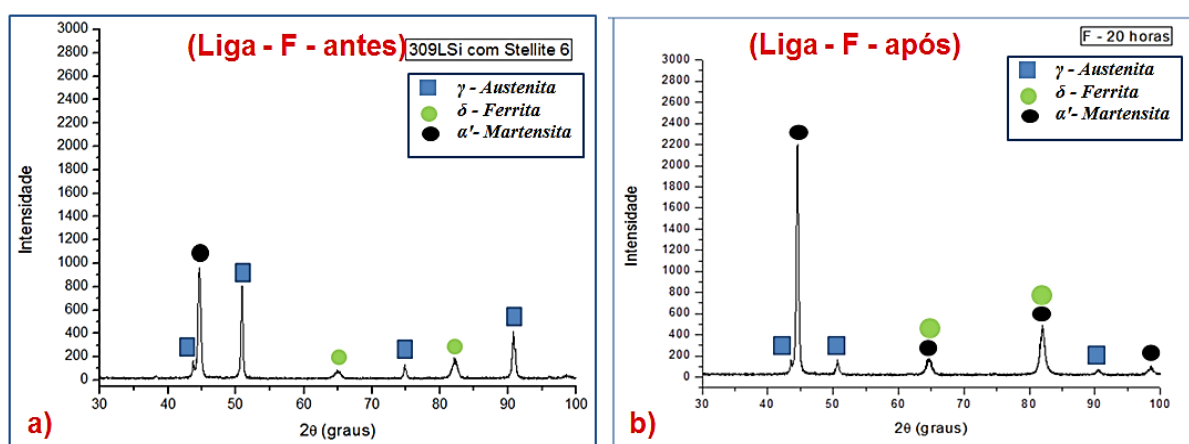


Figura 9: Difratoograma DRX dos revestimentos de 309LSi com Stellite 6 (F) antes e após o ensaio de cavitação

Os revestimentos de cobalto, mostradas nas Fig.(s) 10 e 11, apresentam picos de intensidade de Raios-X característico de estrutura monofásica (γ -Co) antes da cavitação, em (b) após o teste de cavitação, ocorreu à transformação de fase por deformação em duas formas de martensita, (ϵ) e (α'), com redução da intensidade de sinal de austenita, sendo a fase α' estabilizada em sua estrutura.

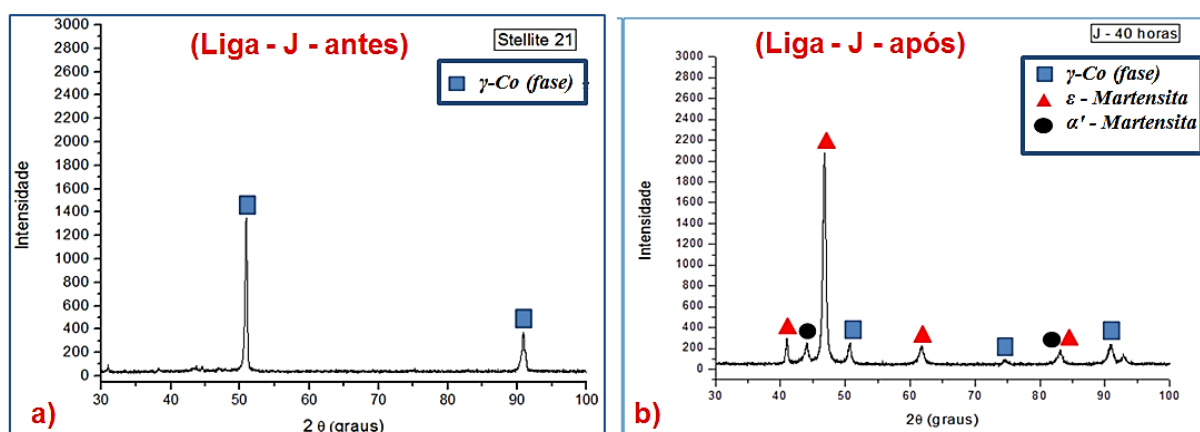


Figura 10: Difratoograma DRX do revestimento de Stellite 21 (J) antes e após o ensaio de cavitação

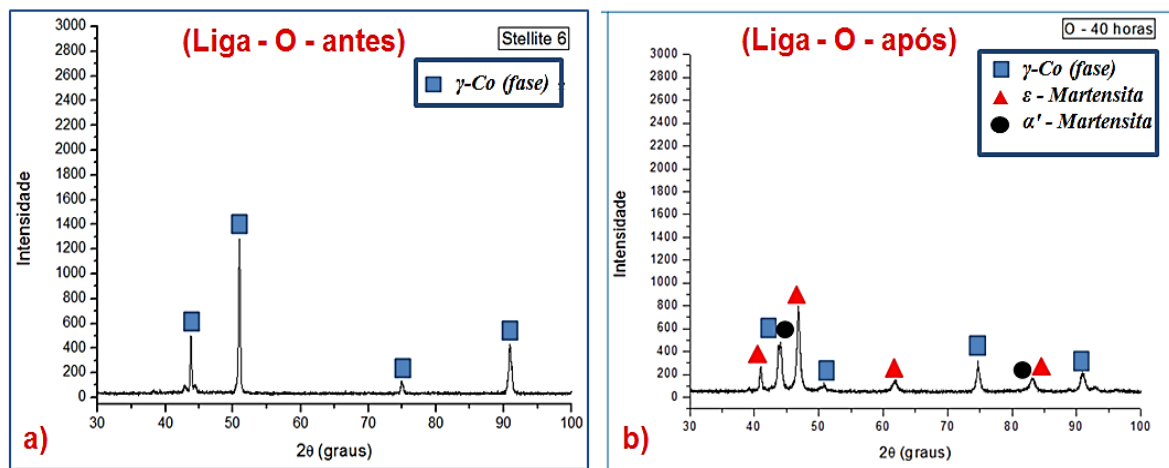


Figura 11: Difratoograma DRX do revestimento de Stellite 6 (O) antes e após o ensaio de cavitação

São mostradas na Fig. 12 a microestrutura dos revestimentos D, E e F, verifica-se uma morfologias características de estruturas ferrítica (região escura) em meio a matriz austenítica (região clara). Estruturas e morfologias semelhantes para este tipo de material (ligas austeníticas). Observa-se ainda que a introdução de outros elementos do tipo Mo (Molibdênio), C (Carbono) e W (Tungstênio), através do processo de aplicação de revestimento (E e F), não provocou diferenças significativas na morfologia das estruturas ferrítica durante a solidificação.

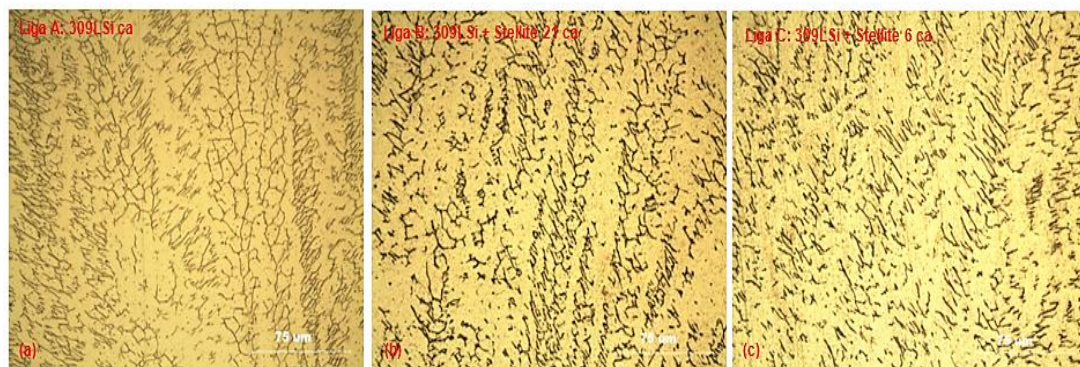


Figura 12: (a) Revestimento D; (b) Revestimento E; (c) Revestimento F. Aumento 500X

Os revestimentos de cobalto, J e O, apresentam morfologias características a estruturas dendrítica conforme apresentado na Fig.13. A introdução de elementos de liga diferentes de cada revestimento não provocou diferenças significativas na morfologia das estruturas de solidificação conforme mostra nas Figuras 13(a) e 13(b).

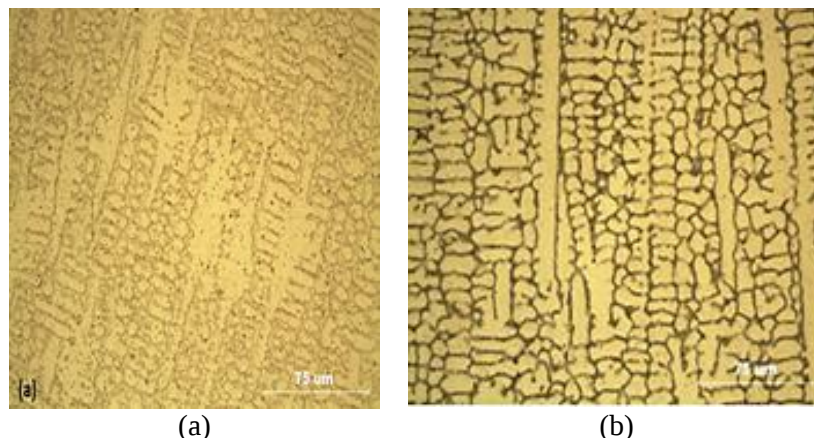


Figura 13: Morfologia dos revestimentos: (a) Revestimento J; (b) Revestimento O. Aumento 500X

Voort (2004) e Fouilland et al. (2007) explicam que as ligas de cobalto apresentam uma microestrutura complexa baseada em regiões dendríticas, carbonetos e regiões interdendríticas. A primeira fase que se forma durante o resfriamento a partir do estado líquido é constituída por dendrita primária rica em Co (α -Co - fase clara) com estrutura cristalina cúbica de face centrada (CFC). O líquido restante solidifica por uma reação de uma mistura eutética em fases interdendríticas ricas em cobalto e/ou cromo e fases de carboneto (fases escura). Durante a solidificação, ocorre a segregação de cromo e molibdênio favorecendo a precipitação de carbonetos de Cr em regiões interdendríticas como M_7C_3 e $M_{23}C_6$ ou precipitados de Mo, como MC e M_6C que são as regiões escuras de formas variadas.

De um modo geral, as estruturas presentes em cada revestimento são correspondentes ao material de maior quantidade de elementos de liga. Mesmo adicionando outros elementos de liga, através da técnica de adição de arame frio, a micrografia não se mostrou sensível em alterar a morfologia dos microconstituintes e fases previstas pelos diagramas.

4. CONCLUSÕES

Os revestimentos de cobalto (arame energizado –J e O) apresentaram menores taxas e perdas de massa acumuladas com melhor desempenho de resistência à cavitação em relação aos revestimentos austeníticos 309LSi (arame energizado);

O revestimento aplicado com o Stellite 21 (revestimento J) apresentou um desempenho melhor, em termos de desgaste, que o revestimento aplicado com o Stellite 6 (revestimento O);

O processo GMAW-AF, para ambos os revestimentos (E e F), teve bom desempenho em relação aos revestimentos produzidos por GMAW (revestimento D)

As análises de dureza e microdureza na superfície antes e após o teste de cavitação indicaram que durante o ensaio de perda de massa ocorrem transformações de fases austenita (γ -Co) para martensita (ϵ e α') das estruturas provocando o aumento dos valores de dureza característico de cada fase. Estas fases foram confirmadas pelas análises de DRX;

5. AGRADECIMENTOS

Os autores expressam o seu agradecimento às instituições que apoiaram para realização deste trabalho, FAPEMIG, CNPq, CAPES, UFU e UFPA.

6. REFERENCIAS

- ASTM G32-10. Standard test method for vibratory cavitation erosion. West Conshohocken, 2010.
- Fouilland, L.; EL Mansori, M. and Gerland, M. (2007). Role of welding process energy on the microstructural variations in a cobalt base superalloy hardfacing. *Surface & Coatings Technology* 201, 6445–6451.
- Giacchi, J. V.; Morando, C. N.; Fornaro, O. and Palacio, H. A. (2011); Microstructural characterization of as-cast biocompatible Co-Cr-Mo alloys. *Materials Characterization* vol. 62, pg. 53-61.
- Hattori, S.; Mikami, N. (2009); Cavitation erosion resistance of satellite alloys weld overlays, *Wear* 267, 1954-1960.
- Kumar, P.; Saini, R. P. (2010); Study of cavitation in hydro turbines—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14 (2010) 374–383.
- Liu, R.; Xi, S. Q.; Kapoor, S.; Wu, X. J. (2010); Effects of chemical composition on solidification, microstructure and hardness of CO-CR-W-NI and CO-CR-MO-NI alloy systems. *ijrras* 5 (2), november 2010.
- Madadi, F.; Shamanian, M.; Ashrafizadeh, F. (2011). Effect of pulse current on microstructure and wear resistance of stellite6/tungsten carbide claddings produced by tungsten inert gas process. *surface & coatings technology* 205 (2011) 4320–4328.
- Santa, J. F.; Blanco, J. A.; Giraldo, J. E.; Toro, A. (2011); Cavitation erosion of martensitic and austenitic stainless steel welded coating, *Wear* 271.
- Silva, F. G.; Ferraresi, V. A.; Braga, E. M. (2011); Adequação do processo de soldagem MIG/MAG com adição de arame frio na qualidade do revestimento com aço inoxidável austenítico sobre um aço ao carbono comercial, 21º - Simpósio do Programa de Pós-graduação, Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Faculdade de Engenharia Mecânica, 2011.
- Ribeiro, H. O.; Buschinelli, A. J. A.; Dutra, J. C. (2010); Resistência à Erosão por Cavitação de Aços Inoxidáveis Austeníticos CrMnSiN Depositados por PTA. *Soldagem Insp.* São Paulo, Vol. 15, No. 2, p.121-129, Abr/Jun.
- Voort, G. V. (2004). *Metallography and Microstructures of Cobalt and Cobalt Alloys*, Metallography and Microstructures, Vol 9, ASM Handbook, ASM International, p. 762–774.
- Will, C. R.; Capra, A. R.; Pukasiewicz, A. G. M.; Chandelier, J. G.; Pareses, R. S. C. (2010). Estudo comparativo de três ligas austeníticas com cobalto resistentes à cavitação depositadas por plasma pulsado térmico, *Soldagem Inspeção*, São Paulo, Vol. 15, Nº.1.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

GMAW PROCESS APPLICATION WITH AND WITHOUT WIRE COLD IN RESISTANCE COATING TO WEAR FOR COBALT ALLOYS CAVITATION

Fabio Gonçalves da Silva¹
Eduardo de Magalhães Braga²
Valtair Antonio Ferraresi³

¹Universidade Federal do Sul Sudeste do Pará (UNIFESSPA - Campus II Marabá), e-mail: eng_fgs@yahoo.com.br

²Universidade Federal do Pará - UFPA, Belém, PA, e-mail: edbraga@ufpa.br

³Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Faculdade de Engenharia Mecânica. Av. João Naves de Ávila 2121, Campus Santa Mônica, CEP 38.400-902, Uberlândia, MG, Brasil, e-mail: valtair@ufu.br

Abstract: The restoration of the worn regions hydraulic components is usually done with the deposition material by arc welding, is used disposal alloys of stainless steel for greater wear resistance. Cobalt base alloys, chromium, nickel, molybdenum, titanium, or combinations of these and other elements and assist provide the improved wear resistance. There are several welding processes that can be applied in regions coating eroded by cavitation, among them is the GMAW (Gas Metal Arc Welging) with cold wire, i.e. with two wires in the same molten pool, and an energized and other unpowered. The purpose of this technique is to obtain a chemical composition of the weld pool that result in improved wear resistance. Thus, this study aims to evaluate the GMAW process with and without cold wire used to manufacture coating (a layer) resistant to wear by cavitation different alloys obtained with the help of GMAW Cold Wire process. Wires cobalt alloys and austenitic stainless steel, made cavitation tests and microstructure were used. The results showed that the coatings have smaller cobalt-containing mass loss rates accumulated with improved cavitation resistance performance compared to austenitic stainless steel finishes.

Key Words: austenitic stainless steel, cobalt alloys, GMAW-AF process, cavitation.