

# MODIFICAÇÃO DE LIGAS DE COBALTO PELA ADIÇÃO DE CARBONETOS DE TUNGSTÊNIO <sup>1</sup>

Ricardo Rizzo Takeyama <sup>2</sup>

Ana Sofia Clímaco Monteiro d'Oliveira <sup>3</sup>

## Resumo

A proteção de componentes expostos a ambientes agressivos quanto ao desgaste ou a outro tipo de solitação pode ser feita pela deposição com uma liga de elevada dureza sobre o componente. Revestimentos de Co são aplicados em componentes que são expostos ao desgaste na presença ou não de temperaturas elevadas. Entre as ligas mais utilizadas encontram-se as ligas comercialmente conhecidas como Stellite 6 e Stellite 1, a última de maior dureza, recomendada para proteção de componentes sujeitos a severo desgaste a alta temperatura, mas de difícil soldabilidade. Com o objetivo de contornar a dificuldade de soldagem de ligas de elevada dureza, propõe-se neste trabalho a modificação da liga à base de Co, Stellite 6, pela adição de uma fina dispersão de carbonetos de Tungstênio (WCoC). Assim foram adicionados 5% e 35%, em peso, de carbonetos à liga de Co atomizada. Após homogeneização as misturas foram depositadas pelo processo de plasma com arco transferido (PTA). Para efeitos de comparação também foram produzidos revestimentos da liga original de Stellite 6 sem adição de carbonetos de tungstênio. Os depósitos foram caracterizados quanto ao seu aspecto geral, dureza, diluição e estabilidade a altas temperaturas. A microestrutura foi avaliada recorrendo à microscopia ótica e eletrônica de varredura e perfis de microdureza Vickers, com carga de 500g. Resultados mostraram ser possível adaptar/melhorar as características dos revestimentos de Stellite 6 pela adição de diferentes quantidades de carbonetos de Tungstênio, mantendo a facilidade de soldagem da liga original.

**Palavras-chave:** Ligas de cobalto; PTA; Carbonetos de tungstênio; Modificação.

## CO BASED ALLOY MODIFICATION BY TUNGSTEN CARBIDE ADDITION

### Abstract

Hardfacing is a technique used to protect components exposed to aggressive wear or other environments. Co based coatings are selected whenever components operate under wear conditions in the presence or not of elevated temperature. Among the frequently used Co based alloys one should mention those commercially known as stellite 6 and stellite 1. The latter particularly for surfaces expose to wear and elevate temperature regarding less of its poor weldability. Aiming to by-pass welding difficulties of this and other high hardness alloys, this work focused on a modification of the Co based alloy, stellite 6 by the addition of a fine dispersion of WCoC carbides. Fractions of 5 and 35wt% carbides were mixed with the atomized Co alloy and deposited by Plasma Transferred Arc. For comparison purposes the original Co alloy was also deposited. Coatings were characterized for their soundness, hardness, dilution and high temperature stability. Microstructure was evaluated by optical and scanning electronic microscopy and Vickers micro hardness profiles under a 500gf load. Results showed that it is possible to adapt/improve Satellite 6 coatings properties by the addition of different amounts of carbide without compromising its weldability.

**Key words:** Co alloys; PTA; Tungsten carbides; Surface modification.

<sup>1</sup> Contribuição técnica apresentada na 61º Congresso Anual da ABM, de 24 a 27 de julho de 2006, Rio de Janeiro – RJ

<sup>2</sup> Mestre em Engenharia Mecânica

<sup>3</sup> Professora titular do departamento de Engenharia Mecânica da UFPR - PhD

## INTRODUÇÃO

Nos ambientes industriais, peças estão sujeitas a severas condições de operação, podendo-se citar elevadas temperaturas, ambiente corrosivo e desgaste. Nas plantas de processamentos químicos, petroquímicos, entre outros, os equipamentos são expostos a diversos fatores que provocam a sua degradação. Algumas válvulas de equipamentos de processamento, por exemplo, estão sujeitas a desgaste na presença de altas temperaturas. Aumentar a resistência a tais solicitações garante maior longevidade a tais componentes. Esta preocupação se justifica não somente com a redução dos gastos de reparo ou troca de componentes, mas principalmente com os lucros cessantes que as paradas de manutenção representam para uma empresa.

Para contornar esta questão, pode-se optar pela aplicação de um material duro e resistente ao desgaste na superfície do componente, através de um processo de soldagem. Dentre os possíveis processos de deposição, o processo de plasma com arco transferido (PTA) apresenta a vantagem de trabalhar com materiais na forma de pó, o que proporciona uma enorme versatilidade na seleção e manipulação dos mesmos. Além disso, permite obter uma excepcional qualidade do depósito, baixa diluição e distorção.<sup>(1-9)</sup>

Entre os materiais tradicionalmente utilizados para *revestimento*, estão as ligas à base de Cobalto, que apresentam desempenho superior aos aços, principalmente nos serviços a altas temperaturas.

Dentre estas ligas, a liga Stellite 6 é a mais largamente utilizada. Exibe uma excelente resistência a várias formas de degradação, tanto química como mecânicas, e em uma grande amplitude de temperaturas, além de manter um nível razoável de dureza acima dos 800°C ([www.stellite.com](http://www.stellite.com)).

A melhora na resistência ao desgaste pode ser obtida com a liga Stellite 1, também à base de Cobalto, em função do maior percentual de C e W. No entanto o controle sobre a distribuição dos Carbonetos de Tungstênio nestas ligas tem um papel fundamental para aumento das propriedades,<sup>(10)</sup> mas também uma maior tendência ao trincamento, principalmente durante o processo de deposição, ou seja, pior soldabilidade.<sup>(11)</sup>

As ligas com maiores quantidades de fases duras são difíceis de se processar, sendo raro de se obter depósitos livres de trincas. Ligas com um equilíbrio diferente entre fases duras e a matriz dúctil de Cobalto, garantem com mais facilidade depósitos de boa aparência e livres de trincas.

Propõe-se neste trabalho modificar a liga à base de Co, Stellite 6, pela adição de carbonetos de Tungstênio. O desafio centra-se em garantir a fusão dos carbonetos no feixe de plasma e sua dissolução na liga de Co mantendo a soldabilidade da liga original.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os corpos de prova deste trabalho foram preparados utilizando como substrato o aço Carbono AISI 1020 usinadas nas dimensões 150 x 100 x 12mm, e posteriormente jateadas para a remoção de óxido, óleo e sujeira.

Como material de adição, utilizou-se a superliga à base de Cobalto, comercialmente conhecida como Stellite 6. Esta liga foi depositada nas condições como recebida e adicionada de uma fina dispersão de carbonetos de Tungstênio 35  $\mu\text{m}$  (WCoC), nas proporções de 5% e 35% em peso. As misturas da liga atomizada de Co e da fina dispersão de carbonetos foram homogeneizadas antes de serem depositadas.

Foi utilizada a central de deposição de revestimentos duros do LaMaTS - UFPR - modelo Starweld 300 PTA Welding System R® da Delloro Stellite Inc..

Os parâmetros de deposição foram mantidos constantes, conforme a Tabela 1, exceto a intensidade de corrente, 150 A e 170 A.

**Tabela 1.** Parâmetros de processamento da central PTA na deposição dos cordões

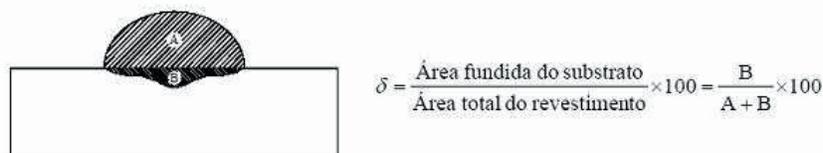
Parâmetro da Central	Valor
Velocidade de avanço da tocha	100 mm/min.
Distância tocha/peça	10 mm
Taxa de alimentação	Constante em volume
Vazão de gás de plasma	Argônio 2,0 l/min.
Vazão de gás de proteção	Argônio e Hidrogênio 1,5 l/min.
Vazão de gás de transporte	Argônio 2,0 l/min.
Faixa de tensão	20,6 V a 23 V

Os revestimentos foram caracterizados qualitativamente quanto ao estado geral de acabamento superficial dos cordões, procurando descontinuidades superficiais tais como fissuras, trincas e poros.

Perfis de microdureza Vickers foram levantados na seção transversal dos cordões utilizando-se uma carga de 500g. Para análise da microestrutura utilizou-se difração de R-X na superfície externa dos cordões e microscopia ótica e eletrônica de varredura na seção transversal.

A microestrutura foi revelada por imersão em uma solução específica para as ligas à base de Cobalto, composta de 15 ml H<sub>2</sub>O, 15 ml HNO<sub>3</sub>, 15 ml CH<sub>3</sub>COOH e 60 ml HCl.<sup>(11)</sup>

Para quantificar a diluição dos cordões foi utilizado o método das áreas, que representa a participação do substrato na formação do cordão, e está esquematizado na Figura 1.



**Figura 1.** Esquema de medição de diluição

Uma avaliação preliminar quanto a estabilidade a altas temperaturas dos revestimentos modificados pela adição de WCoC foi realizada para as amostras depositadas com intensidade de corrente a 150 A as quais foram expostas à temperatura de 850 °C por 2h30min e posteriormente avaliadas por microdureza Vickers e análise de microestrutura.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como resultado das deposições das ligas Stellite 6 como recebidas e modificadas pela adição de uma fina dispersão de WCoC, observam-se cordões contínuos e uniformes com bom acabamento e sem defeitos de soldagem que possam ser visualmente identificados.

Na seção transversal verificou-se a ausência de descontinuidades nos cordões e a completa união metalúrgica do metal de adição e o substrato, tendo-se um indício da manutenção da soldabilidade da liga Stellite 6, mesmo quando adicionada de 35% em peso de WCoC e depositada a 150 A, condições de processamento mais severa em função da maior velocidade de solidificação e da composição química.

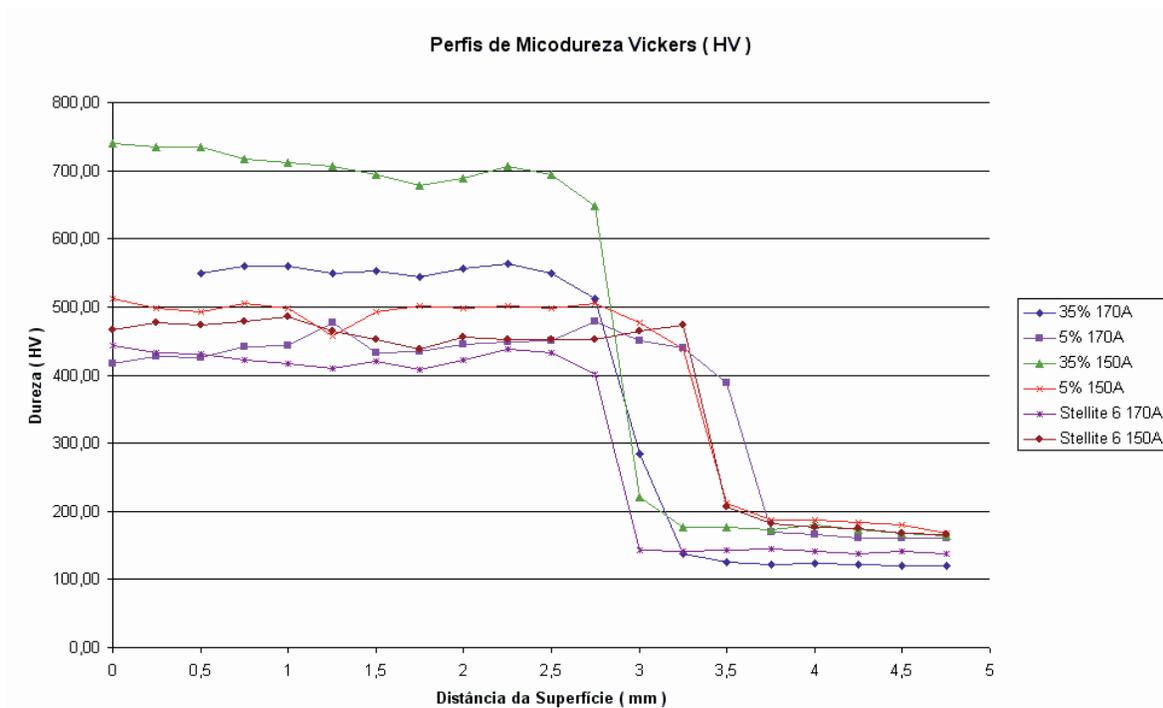
Os resultados de diluição (Tabela 2) mostram o efeito do maior aporte térmico provido por intensidades de corrente maiores, em se mantendo a taxa de alimentação constante. Maiores intensidades de corrente produzem maiores valores de diluição.

**Tabela 2.** Valores de diluição por penetração para as diferentes amostras

	Amostra	Diluição
150 A	Como Recebido 150 A	3%
	5% 150 A	9%
	35% 150 A	8%
170 A	Como Recebido 170 A	12%
	5% 170 A	14%
	35% 170 A	18%

Observa-se também um aumento nos valores de diluição com o aumento da quantidade de WCoC. Este comportamento pode estar associado à granulometria dos carbonetos e a sua baixa condutividade térmica o que provoca a retenção da energia aportada na forma de calor, e a libere durante o resfriamento por condução e radiação às partículas mais próximas, aumentando o aporte de calor em relação ao imposto inicialmente.

Perfis de microdureza na seção transversal, Figura 2, mostram um aumento da dureza com a quantidade de carbonetos adicionada. Observam-se durezas similares ou superiores às obtidas em revestimentos de ligas comerciais com composição semelhante, como é o caso da liga Stellite 1.<sup>(11,12)</sup> A dureza dos revestimentos é máxima quando a mistura Stellite 6 e 35% em peso de WCoC é processada com 150 A, o que provoca uma velocidade de solidificação maior. É interessante ainda observar que o efeito da intensidade de corrente na dureza é mais pronunciado para os revestimentos processados com a maior quantidade de carbonetos.

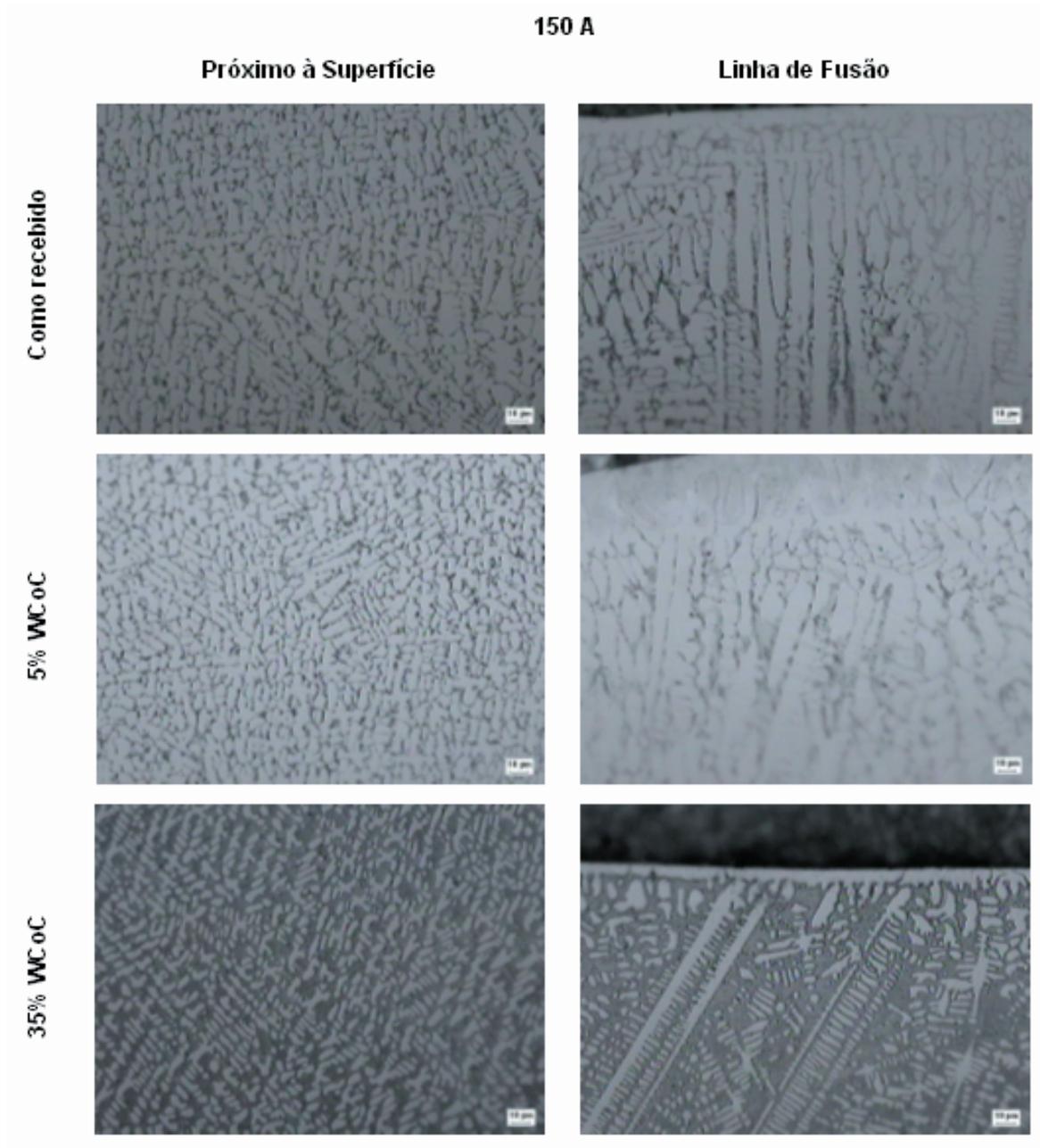


**Figura 2.** Perfis de microdureza Vickers com carga de 500 g (HV 0,5)

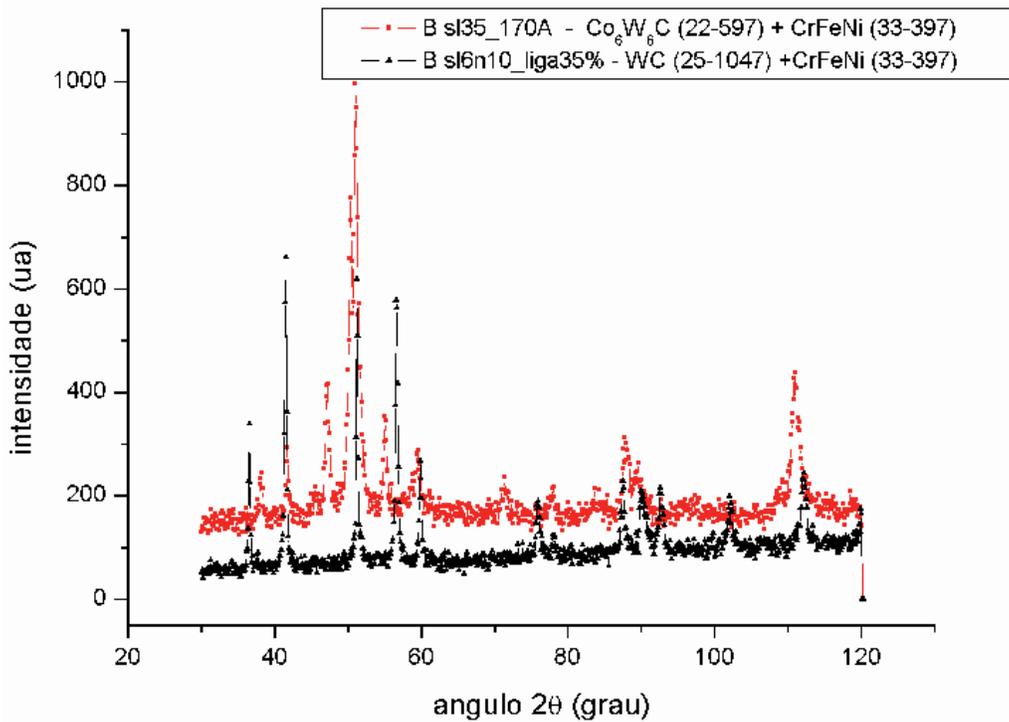
A análise da microestrutura dos revestimentos de Stellite 6 como recebido e modificado pela adição de 5% e 35% em peso de uma fina dispersão de WCoC, depositados com intensidades de corrente de 150 A e 170 A nas regiões próxima à superfície e linha de fusão, Figura 3, apresenta uma microestrutura hipoeutética típica de fusão, com dendritas primárias de uma solução sólida de cobalto CFC, rodeado pelo eutético interdendrítico. A ausência de carbonetos precipitados sugere que ocorreu a dissolução completa dos carbonetos WCoC. Esta observação é sustentada pela medida da fração de fase que revela um aumento da região interdendrítica com o aumento da quantidade de carbonetos adicionada à liga de Stellite 6.

A difração de R-X confirma os resultados quanto a completa dissolução dos carbonetos, Figura 4. A análise dos difratogramas revela a presença de carbonetos distintos na mistura da liga atomizada com os carbonetos antes e depois da deposição, sugerindo que ao dissolver os carbonetos, seus elementos W, Co e C foram incorporados pela liga de Stellite 6, e reprecipitaram sob outra forma.

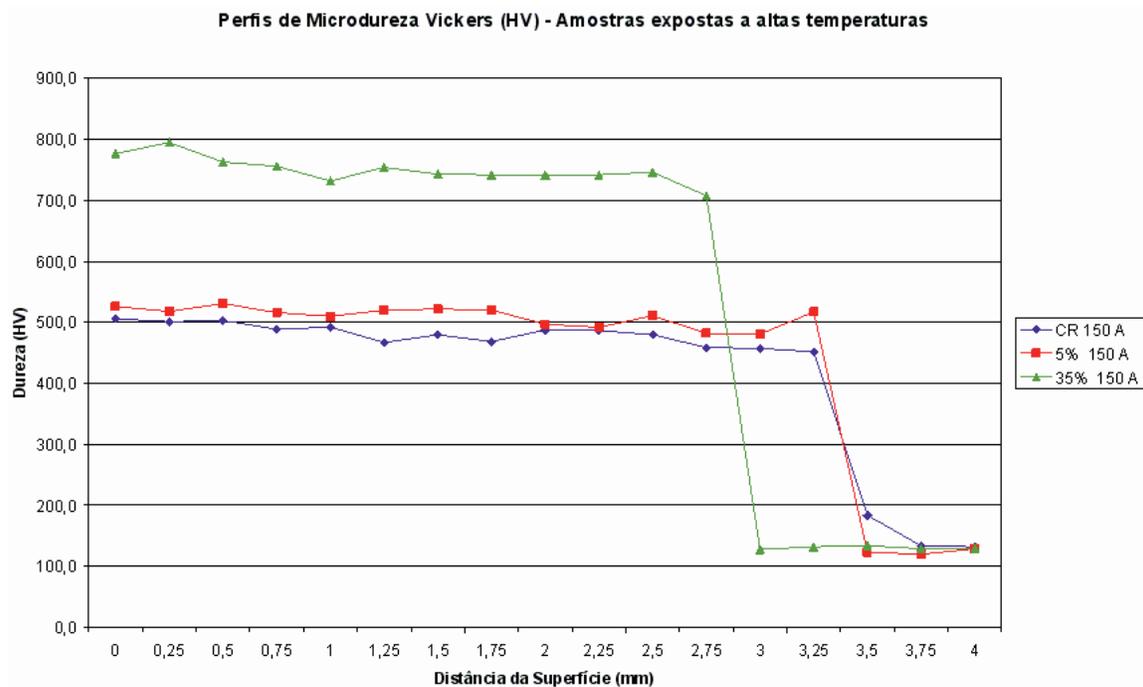
Observa-se que intensidades de corrente de 150 A resultam em estruturas mais refinadas, decorrentes da maior velocidade de solidificação. Para esta mesma situação, deve-se esperar uma maior saturação da liga de Co, o que poderia comprometer a estabilidade a alta temperatura dos revestimentos produzidos. A Figura 5 apresenta os perfis de microdureza após exposição à alta temperatura, onde se observa que a dureza dos revestimentos permanece inalterada após exposição a 850°C, sugerindo a estabilidade dos revestimentos produzidos.



**Figura 3.** Microestruturas das amostras processadas



**Figura 4.** Difratoograma : liga Stellite 6 + 35% de WCoC – Pó X Revestimento



**Figura 5.** Perfis de microdureza Vickers com carga de 500 g (HV 0,5) após exposição à alta temperatura

## CONCLUSÕES

1. Para as condições testadas neste trabalho, os resultados mostraram ser possível modificar a liga comercialmente conhecida como Stellite 6 pela adição de uma fina dispersão de WCoC mantendo sua boa soldabilidade.
2. As altas concentrações de energia providas pelo processo de Plasma de Arco Transferido (PTA), aliados a uma seleção adequada dos parâmetros de processamento, possibilitam a dissolução da fina dispersão de carbonetos adicionada à liga Stellite 6 em diferentes proporções, aumentando sua dureza.
3. Um aumento da intensidade de corrente resulta em revestimentos de menor dureza e estruturas mais grosseiras e com maior diluição.
4. Aumentando a quantidade de carbonetos WCoC adicionado à liga comercial Stellite 6 obtém-se revestimentos mais duros, com estruturas exibindo maior fração volumétrica de região interdendrítica.
5. Para as mesmas condições de processamento, um aumento na quantidade de carbonetos WCoC resulta em maiores diluições.

## Agradecimentos

- Ao PG-MEC - Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná – UFPR;
- Ao Departamento de Física da Universidade Federal do Paraná, em especial ao Professor Irineu e ao LACTEC;
- À Renault do Brasil S/A, em especial aos Srs. Sérgio Marques e Ismael Peveri, pela compreensão e apoio a este projeto;
- À Robert Bosch Limitada, em especial ao Sr. Wilson Miccoli.

## REFERÊNCIAS

- 1 BRACARENCE, A. Q. *Soldagem a Plasma PAW*. 2000. Apostila do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica — UFMG.
- 2 BRANDI, S. D.; WAINER, E.; MELLO, F. D. H. *Soldagem - Processos e Metalurgia*. São Paulo: Edgard Blücher, 1992.
- 3 DIAZ, V. M. V. *Influência de Parâmetros e Variáveis da Soldagem Plasma Sobre as Características da Solda com Ênfase na Análise da Abertura e no Fechamento do KEYHOLE*. Dissertação (Mestrado) — UFSC, 1999.
- 4 D'OLIVEIRA, A. S. C. M. *Design de superfícies: A contribuição da deposição por Plasma com Arco Transferido*. Congresso Internacional de Soldagem, São Paulo. CD-ROM, 2003.
- 5 LUCAS, W. *TIG and PLASMA Welding Process Techniques, recommended practices and Applications*. Crambridge - UK: Abington Publishing, 1990.
- 6 LUGSCHEIDER, E.; MORKRAMER, U.; AIT-MEKIDECHE, A. Advances in PTA surfacing. In: *Fourth National Thermal Spray Conference*. Pittsburgh, PA, USA: [s.n.], 1991.
- 7 MODENESI, P. J. *Introdução à Física do Arco Elétrico*. Belo Horizonte, 2001.

- 8 OLIVEIRA, M. A. *Estudo do Processo de Soldagem Plasma com Alimentação Automática de Arame, Visando sua Utilização em Revestimentos Metálicos*. Dissertação (Mestrado) — UFSC, 2001.
- 9 MARCONI & MARCONI 2001
- 10 SIMS, C. T.; HAGEL, W. C. *Cobalt-base Alloys*. In: *The Superalloys*. New York: John Wiley and sons, 1972. General electric Company.
- 11 YAEDU, A. E. *Influência do Substrato na Deposição de Stellite 1 com Plasma de Arco Transferido*. Dissertação (Mestrado) — UFPR, 2003.
- 12 SANTOS, R. L. C. dos. *Deposição por Plasma de Arco Transferido com Corrente Contínua Pulsada*. Dissertação (Mestrado) — UFPR, 2003.

## **BIBLIOGRAFIA**

- 1 MARCONI, M.; MARCONI, B. *Tecnologie del Plasma - PTA on-line Vol.1*. 2002. CDROM. Italia.
- 2 DAVIS, J. R. *Hardfacing, Weld Cladding and Dissimilar Metal Joining*. In: *ASM Handbook - Welding, Brazing and Soldering*. 10<sup>th</sup>. ed. ASM Metals Park: Davis and Associates - ASM International, 1993. 699–828 p.
- 3 MARCONI, M.; MARCONI, B. Powder plasma arc welding of thick walled pipes. *International Institute of Welding*, v. 11, 2005.