

**OBSERVAÇÃO POR MEV DA REGIÃO CORROÍDA DO AISI 304L COM DIVERSOS TEORES DE COBRE**

R.Y. Taniguchi, M.D.M. das Neves e I. Costa  
*Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN-CNEN/SP*

O consumo dos aços inoxidáveis sinterizados tem aumentado continuamente nos últimos anos devido a razões econômicas. Entretanto suas características de resistência à corrosão são inferiores às dos aços trabalhados, devido principalmente à porosidade, ou seja, à grande área superficial em contacto com o meio corrosivo. Isto resulta na presença de descontinuidades nas películas passivas formadas sobre os aços inoxidáveis sinterizados<sup>(1-3)</sup>. Com o objetivo de investigar o comportamento de corrosão dos aços inoxidáveis sinterizados em diversos meios, vários trabalhos têm sido realizados<sup>(1-4)</sup>.

Um dos fatores considerados para melhorar a resistência à corrosão dos aços inoxidáveis consiste na adição de elementos de liga<sup>(1,2)</sup>. A literatura indica que adições de cobre em até 5 % (peso) tem um efeito positivo na resistência à corrosão, o que tem sido atribuído à melhoria nos processos de passivação<sup>(4)</sup>.

Neste trabalho amostras de aço inoxidável austenítico AISI 304L sinterizado, com adições de cobre correspondentes a 2, 4, 8, 15 e 20 % (peso), foram imersas em uma solução 1 N de ácido sulfúrico por 30 dias. Durante este período a perda de massa causada por corrosão foi medida regularmente. Os resultados de perda de massa indicaram um aumento na resistência à corrosão crescente com o teor de cobre adicionado<sup>(5)</sup>. Após 30 dias as amostras foram removidas da solução, colocadas em um banho ultrassônico com acetona, e finalmente foram secadas em estufa a 80 °C por cerca de 4 horas. As amostras foram mantidas em dessecador com sílica gel até o momento da análise por microscopia eletrônica de varredura.

As amostras com 2% e 4% de cobre foram recobertas com carbono, pois ao término da imersão suas superfícies apresentavam-se muito corroídas (produtos de baixa condutividade). As outras amostras (8%, 15% e 20% de cobre), após imersão apresentaram uma superfície de aparência metálica cobreada, não necessitando de recobrimento.

A caracterização da superfície das amostras por microscopia eletrônica de varredura (MEV) revelou que a morfologia dos poros variou com teor de cobre no aço sinterizado, como mostram as figuras 1(a)-(c) e 2(a) e (b). A amostra com menor resistência à corrosão, segundo o ensaio de perda de massa, foi a correspondente ao aço com 2% Cu. A micrografia desta amostra, figura 1(a) revela uma morfologia esponjosa, com alta porosidade e com corrosão se aprofundando internamente, o que apóia os resultados de baixa resistência à corrosão obtidos por perda de massa. A amostra com 4% Cu, figura 1 (b), que apresentou um desempenho de corrosão ligeiramente melhor do que a com 2% Cu, também mostrou uma morfologia esponjosa, porém com poros menores. Nas amostras com porcentagens de cobre equivalentes a

8% e superiores, a característica esponjosa não é mais evidente, o que coincide com o limite de solubilidade de cobre no ferro que é cerca de 8%. Assim na figura 1 (c) (8% Cu) podemos observar poros corroídos com formato irregular e a superfície que não foi atacada com aparência mais compacta em relação às amostras com menores teores de cobre. A figura 2 (a) (15% Cu) mostra que as regiões corroídas parecem localizar-se ao redor do grão do pó de aço. Essa região mais atacada deve ser resultante de um par galvânico formado entre o grão do pó do aço inoxidável e o cobre, promovendo a corrosão localizada em volta do pó, ou seja, uma corrosão em torno do grão.

A figura 2 (b) apresenta a micrografia correspondente ao aço com 20 % Cu. Nesta verifica-se os menores tamanhos de poros comparativamente à todas as outras amostras analisadas, e estes poros apresentaram um formato mais arredondado. Pode-se observar a presença de um "esqueleto" de cobre sobre a superfície do aço, e de provável desprendimento do material circundado pelo cobre. A superfície com aspecto cobreado após o término do ensaio pode provavelmente ser explicada devido aos "esqueletos" de cobre encontrarem-se localizadas na parte mais externa da superfície, como evidência a figura 3. Esta figura mostra esta característica com maior magnificação (aumento de 1500X). Observa-se o cobre (região mais clara da micrografia) em torno de regiões onde a corrosão resultou em desprendimento do material, deixando o cobre intacto sobre a superfície mais externa. O cobre, após o limite de solubilidade ter sido excedido, precipita-se preferencialmente no contorno dos grãos de pó do aço, originando células galvânicas onde corrosão pode ter início, e eventualmente pode ocorrer desprendimento do material. Todavia a adição de cobre em teores da ordem de 8% e acima aumentam a resistência à corrosão do aço inoxidável AISI 304L como um todo, resultando em superfícies mais compactas após a corrosão.

Pode-se concluir que a análise da superfície por MEV apoiou os resultados obtidos por ensaios de perda de massa, e possibilitou o acesso a informações sobre a morfologia da região atacada durante imersão em solução ácida.

## REFERÊNCIAS

- [1] Lei G.H., German R.M. and Nayar H.S., *Powder Metall. Int.*, **15** (1983) 70-76.
- [2] Itzhak D. and Aghion E., *Corros. Sci.*, **24** (2) (1984) 145-152.
- [3] Wang W.F. and Su Y.L., *Powder Metall.*, **29** (3) (1986) 177-182.
- [4] Itzhak D. and Harush S., *Corros. Sci.*, **25** (10) (1985) 883-889.
- [5] Costa, I., Taniguchi, R. Y., and Neves, M. D. M., Proc. of 94 Powder Metallurgy World Congress, Vol III, 2101-2103, June 1994.

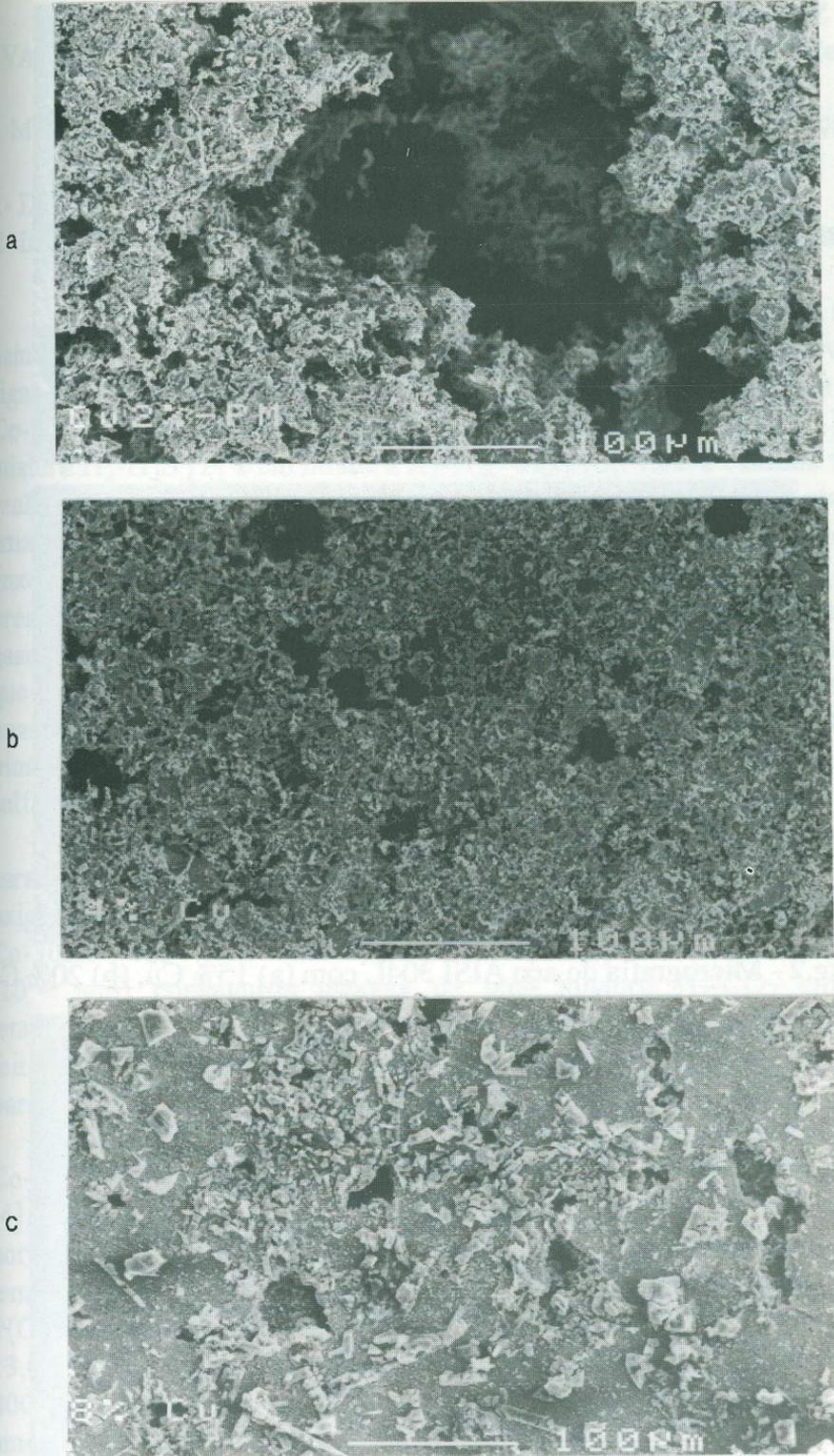


Fig.1 - Micrografia do aço AISI 304L com (a) 2% Cu, (b) 4% Cu e (c) 8% Cu, após 30 dias de imersão em solução 1N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

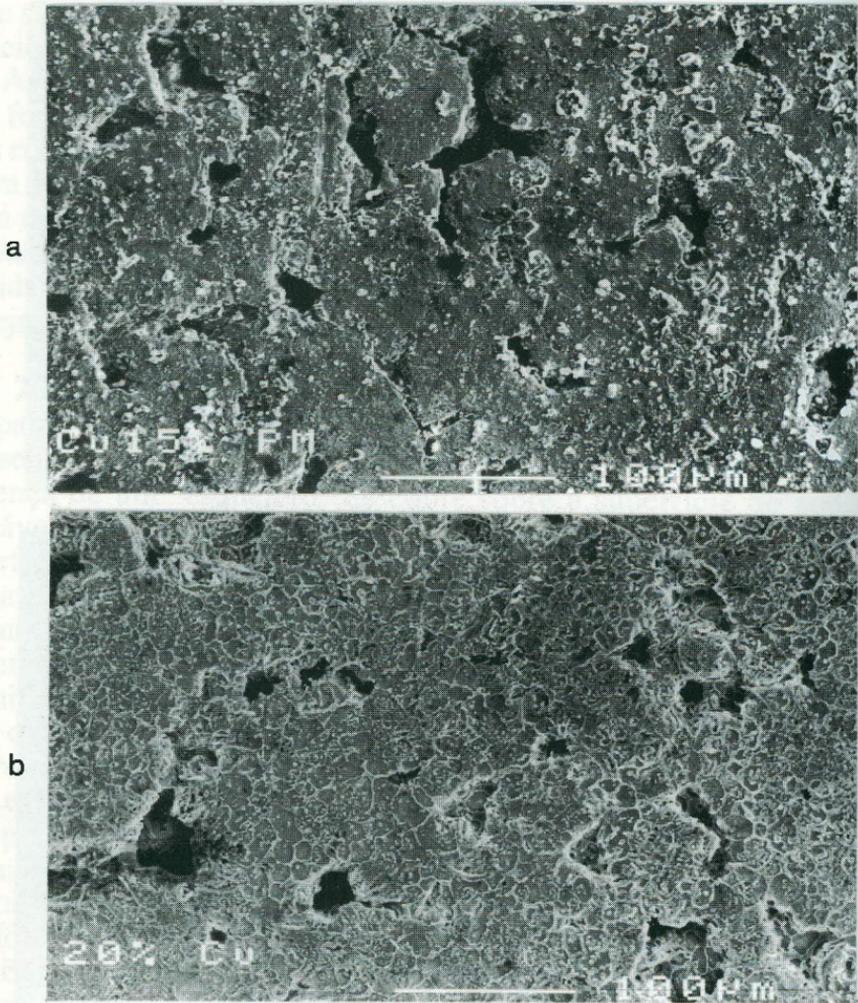


Fig.2 - Micrografia do aço AISI 304L com (a) 15% Cu, (b) 20% Cu.

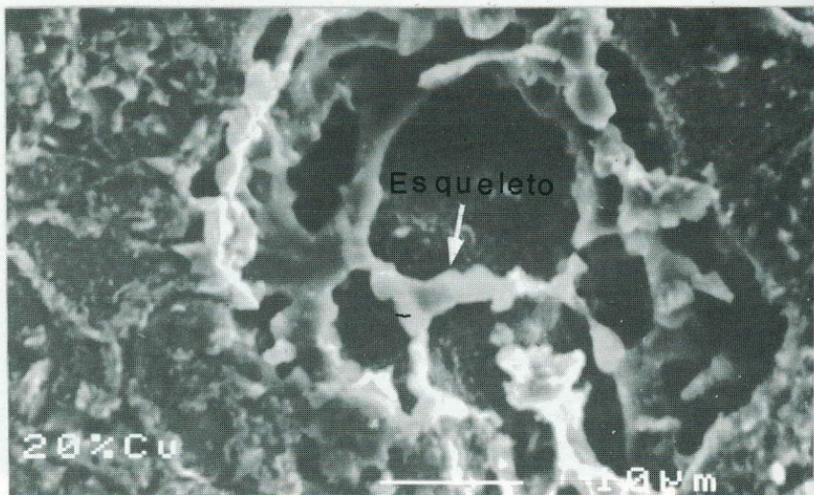


Fig.3 - Micrografia de região do aço AISI 304L com 20% Cu.