

## SENSIBILIDADE DA LIGA ODONTOLÓGICA IDEALLOY QUANTO AOS MEIOS DE AQUECIMENTO E REVESTIMENTOS UTILIZADOS EM SUA FUSÃO

Juno GALLEGOS \*  
Paulo Edson BOMBONATTI \*\*

---

*RESUMO: Na fusão de ligas metálicas podem ocorrer alterações microestruturais com conseqüentes implicações no comportamento mecânico, dependendo da sensibilidade que esta liga oferece a parâmetros importantes como meio de aquecimento e material de revestimento. Através de análise de microdureza e técnicas metalográficas, busca-se caracterizar a influência que os meios de aquecimento elétrico, gás-ar e gás-oxigênio, assim como os revestimentos à base de cristobalita, quartzo e fosfato, têm sobre a liga odontológica Idealloy. Verificou-se que a liga mostrou-se sensível às variações propostas e que as utilizações da centrífuga elétrica e do revestimento à base de fosfato mostraram ser as mais adequadas.*

*UNITERMOS: Ligas de cobre-alumínio; métodos de fusão; revestimentos.*

---

### INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, os fabricantes desenvolveram e introduziram no mercado odontológico uma grande quantidade de ligas alternativas, a fim de substituírem as ligas de ouro, cujos preços tornaram-se proibitivos. No Brasil, sem dúvida alguma, as ligas com alto teor de cobre foram as que obtiveram maior aceitação, uma vez que, por apresentarem algumas propriedades semelhantes às ligas de ouro tipo III, estão substituindo-as na confecção de próteses parciais fixas.

Em relação aos metais e ligas, para RUHNKE<sup>8</sup>, MODEL<sup>7</sup>, a dureza é uma propriedade fundamental, pois pode ser correlacionada com outras importantes propriedades mecânicas como limite de escoamento, resistência à tração e ductibilidade. BOMBONATTI et al<sup>2</sup> observaram que existe uma diferença de dureza entre ligas com alto teor de cobre, e que esta dureza varia com os métodos de fusão empregados. Como essas ligas foram desenvolvidas inicialmente para serem fundidas em revestimento à base de cristobalita<sup>11</sup> e, posteriormente, recomendado por SILVA FILHO<sup>9</sup>, serem usadas com revestimentos fosfatados, o presente trabalho tem por

---

\* Departamento de Engenharia Mecânica – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP – 15378 – Ilha Solteira – SP.

\*\* Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese – Faculdade de Odontologia do Campus de Araçatuba – UNESP – 16015 – Araçatuba, SP.

objetivo verificar a sensibilidade da liga odontológica de cobre-alumínio *Idealloy* em relação à microestrutura e dureza, em três meios de fusão normalmente utilizados: elétrico, gás-ar e gás-oxigênio, combinados com os revestimentos, de uso corrente em odontologia, à base de cristobalita, quartzo e fosfato.

## MATERIAL E MÉTODOS

A escolha da liga de cobre-alumínio *Idealloy* (Metalloy Comércio de Artigos para Prótese Ltda.) deu-se devido aos resultados obtidos anteriormente<sup>2</sup>, os quais apresentaram maiores valores de dureza, foram fracamente influenciados pelos métodos de fusão e não tiveram a dureza diminuída no estado bruto de fusão.

Os corpos de prova para este estudo são semelhantes aos usados por FUSAYAMA, YAMANE<sup>5</sup> e foram obtidos pelo corte de uma peça plástica lisa apresentando um formato prismático, com 2,0 mm de espessura, 7,0 mm de largura e 11,0 mm de comprimento. Um pino formador do canal de alimentação do molde em cera, com 2,5 mm de diâmetro e 10,0 mm de comprimento, foi fixado obliquamente na extremidade de uma das faces do modelo plástico e o conjunto montado em um conformador de cadinho. Em seguida, os conjuntos foram incluídos em revestimentos à base de cristobalita – Kerr (Kerr Indústria e Comércio Ltda.), à base de quartzo – Higroterm (Polidental Indústria e Comércio Ltda.) e à base de fosfato – Termocast (Polidental Indústria e Comércio Ltda.), espatulados manualmente por um minuto. Após a presa, os anéis foram aquecidos até 700°C, assim permanecendo por aproximadamente 30 minutos, quando foram preenchidos com uma quantidade aproximada de 3 gramas de liga fundida em uma: a) centrífuga elétrica TS-1 (Degussa S. A.); b) centrífuga comum, com chama gás-ar; e c) centrífuga comum, com chama gás-oxigênio, obtendo-se no total nove corpos de prova.

Com a solidificação da liga, os lingotes foram desmoldados e pôde-se então seccionar o canal de alimentação e a seção longitudinal mediana dos lingotes, os quais foram cortados com serra manual, como mostra a Figura 1.

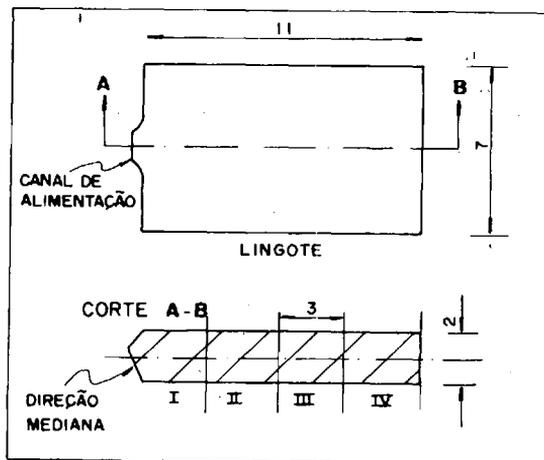


FIG. 1 – Esquema do corte longitudinal do lingote, mostrando a direção mediana (sem escala).

Após o corte do corpo de prova foi feito o embutimento das seções longitudinal e da superfície externa do lingote em uma resina termofixa (baquelite), dando início à preparação metalográfica convencional<sup>4</sup>. Para o lixamento foi dado o acabamento com lixa grana 600 e o polimento final com alumina em suspensão de granulometria 0,02  $\mu\text{m}$ . Analisaram-se as superfícies polidas sob pequenas (120X) e grandes ampliações (1000X), visando observar a presença de microporosidade e inclusões de óxidos, utilizando ataque óptico (iluminação em campo claro e escuro).

O ataque químico com o reativo de persulfato de amônio<sup>1</sup> evidenciou as fases metálicas existentes e suas morfologias. Concluída a análise metalográfica das amostras refez-se o polimento das mesmas, visando remover a camada superficial afetada pelo ataque químico e adequar a superfície para a análise de microdureza Vickers.

Para determinar a resistência à penetração que a liga oferece ao micropenetrador piramidal de diamante<sup>12</sup>, foi padronizada uma carga de 100 gramas-força e o espaçamento entre as impressões de dureza em 2 décimos de milímetros. Os ensaios de microdureza Vickers foram realizados em uma direção mediana em relação à espessura do Lingote (Fig. 1) e orientando-se da região do canal de alimentação para a outra extremidade do lingote, permitindo em média 58 ensaios por amostra. Para melhor expressar o comportamento da microestrutura, a seção longitudinal do lingote foi subdividida em quatro regiões (I a IV), com aproximadamente 3 milímetros de comprimento cada, onde foram realizados os ensaios de microdureza.

## RESULTADOS

A análise metalográfica realizada sem ataque da superfície polida revelou microporosidade em praticamente todas as amostras, notadamente aquelas obtidas por fusão na centrifuga elétrica. (Fig. 2)

O ataque químico com o reativo de persulfato de amônio evidenciou uma microestrutura grosseira de composição hipoeutética, apresentando as fases  $\alpha$  e eutetóide. A fase consiste em uma solução sólida substitucional de alumínio em cobre, possui estrutura cristalina cúbica de faces centradas, sendo dúctil e de dureza relativamente baixa. A fase eutetóide apresenta morfologia lamelar (Fig. 3), constituída de fases  $\alpha$  e  $\tau_2$ , de estrutura cristalina cúbica de corpo centrado e tem comportamento duro e frágil<sup>3</sup>.

As fotomicrografias das Figuras 4 a 12, com ampliação de 47X, apresentam o aspecto da microestrutura da liga sob diferentes métodos de fusão e nos três tipos de revestimentos utilizados (seção longitudinal do lingote).

Com relação à microdureza, o espaçamento de 0,2 mm entre as impressões foi suficiente para garantir que os resultados fossem isentos dos efeitos da deformação plástica a frio (encruamento), que pudessem ser atribuídos à proximidade entre as impressões, já que o tamanho médio de suas diagonais é da ordem de 25  $\mu\text{m}$ . Os valores médios das durezas obtidas em cada região do lingote são apresentados nas Figuras 13 e 14, na forma de histogramas.

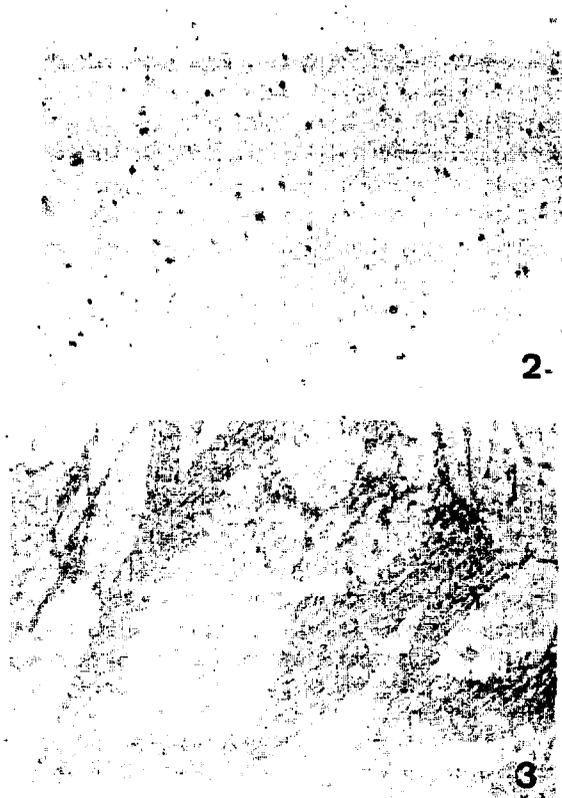
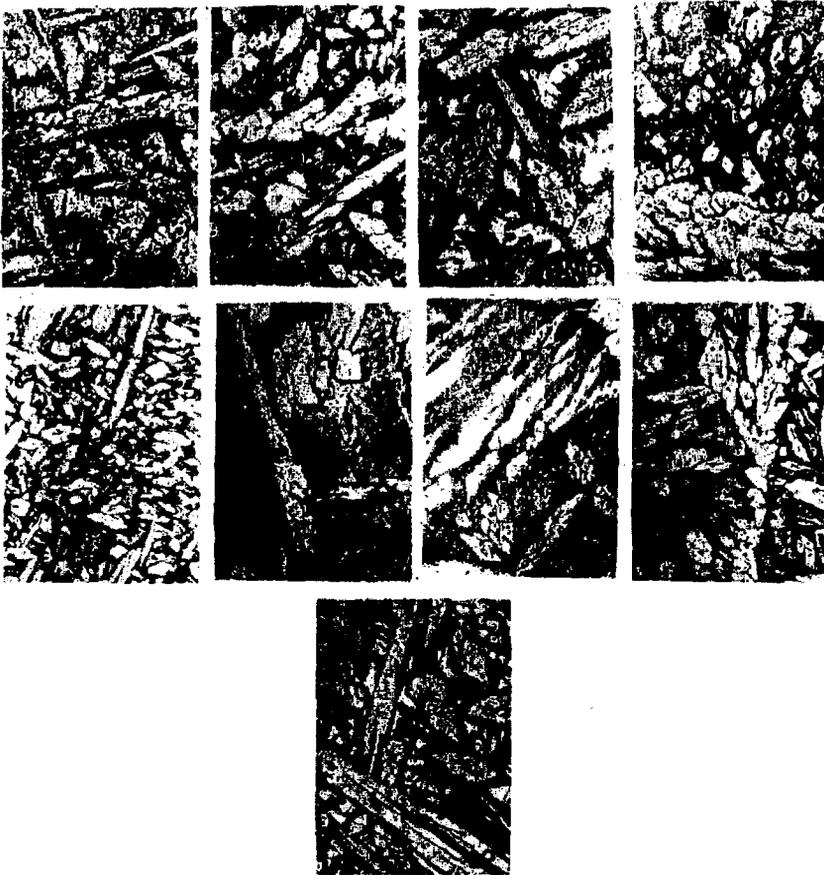


FIG. 2 - Seção longitudinal do lingote. Aquecimento elétrico - revestimento quartzo - superfície polida, sem ataque, mostrando várias microporosidades. 40X.

FIG. 3 - Aspecto morfológico da fase eutetóide, composta de lamelas alteradas de fase e. No interior de regiões nota-se a presença de inclusões. 800X.

## DISCUSSÃO

Uma das maneiras de se alterar as propriedades mecânicas de uma liga metálica é modificando sua composição química. Em relação à dureza, além da composição, a microestrutura é outro importante fator para esta alteração, daí a preocupação em estudar a relação entre tais parâmetros. No exame metalográfico deste trabalho, a preocupação inicial foi em se detectar a presença ou não de defeitos e, posteriormente, com a morfologia dos grãos cristalinos. A análise realizada na superfície polida das amostras revelou a existência de porosidade em todas elas. Tais imperfeições concentram-se especialmente na região próxima ao canal de alimentação do lingote, que por ter sua solidificação atrasada, retém parcialmente as formações gasosas. Provavelmente, se fossem providenciados aquecimentos maiores que 700°C aos anéis de fundição e/ou alterações na geometria do canal de vazamento, tais porosidades seriam em grande parte eliminadas. A incidência de porosidade nas ligas com alto teor de cobre



- FIG. 4 - Aquecimento elétrico - revestimento de cristobalita - Observa-se na fase  $\alpha$  veios de microconstituintes eutetóide em seu interior e várias inclusões não identificadas. 470X.
- FIG. 5 - Aquecimento elétrico - revestimento fosfatado - Vê-se a microestrutura constituída de fases  $\alpha$  e eutetóide. Nos contornos de grão, nota-se a presença de inclusões não identificadas. 47X.
- FIG. 6 - Aquecimento elétrico - revestimento quartzo - Detalhe da microestrutura revela finíssimos veios de constituinte eutetóide no interior das regiões ricas em fase  $\alpha$ , que também as envolvem. 470X.
- FIG. 7 - Aquecimento gás-ar - revestimento cristobalita - Fase com inclusões relevante, encontradas nos contornos de grão, envolvida em microconstituente eutetóide. 470X.
- FIG. 8 - Aquecimento gás-ar - revestimento fosfatado - Microestrutura - homogênea, apresentando a fase  $\alpha$  em plaquetas envoltas em microconstituente eutetóide. 470X.
- FIG. 9 - Aquecimento gás-ar - revestimento quartzo - Apresenta a fase  $\alpha$  em plaquetas envoltas em fase eutetóide de morfologia acicular. 470X.
- FIG. 10 - Aquecimento gás-oxigênio - revestimento cristobalita - Constituinte eutetóide envolvendo a fase  $\alpha$ , com granulação grosseira. 470X.
- FIG. 11 - Aquecimento gás-oxigênio - revestimento fosfatado - Mostra detalhes de um contorno de grão constituído de fase  $\alpha$ , com numerosas inclusões de composição não identificadas. 470X.
- FIG. 12 - Aquecimento gás-oxigênio - revestimento quartzo - Microestrutura constituída de fase  $\alpha$  encontrada no contorno do grão. No seu interior observam-se algumas inclusões, apresentando-se a fase eutetóide em torno de  $\alpha$ , 470X.

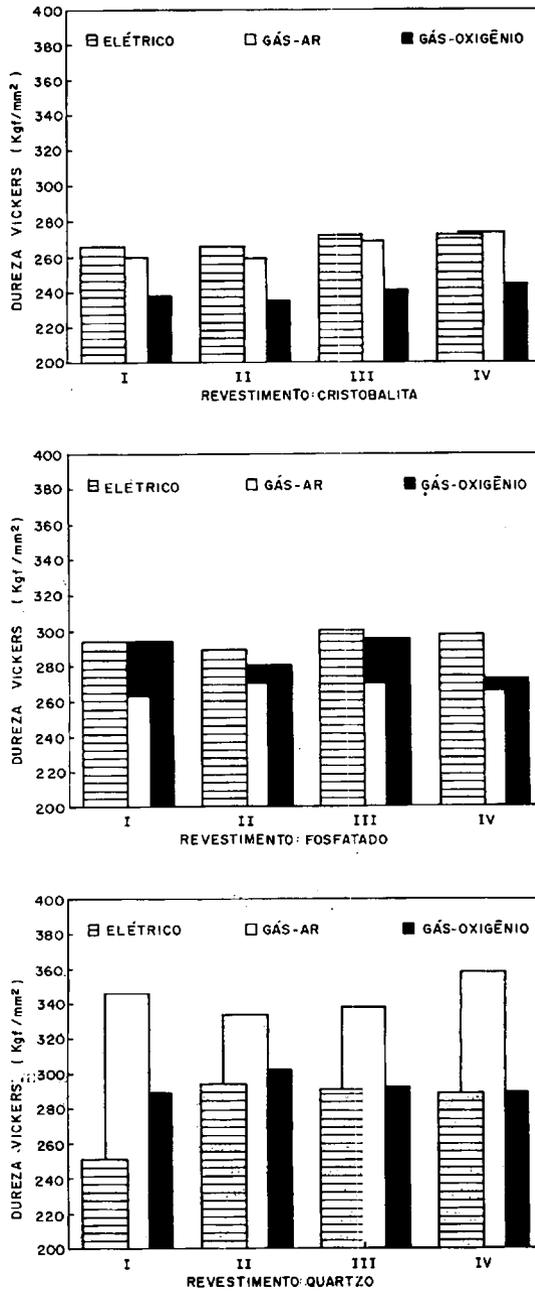


FIG. 13 – Durezas médias obtidas na região longitudinal do lingote em relação aos revestimentos utilizados.

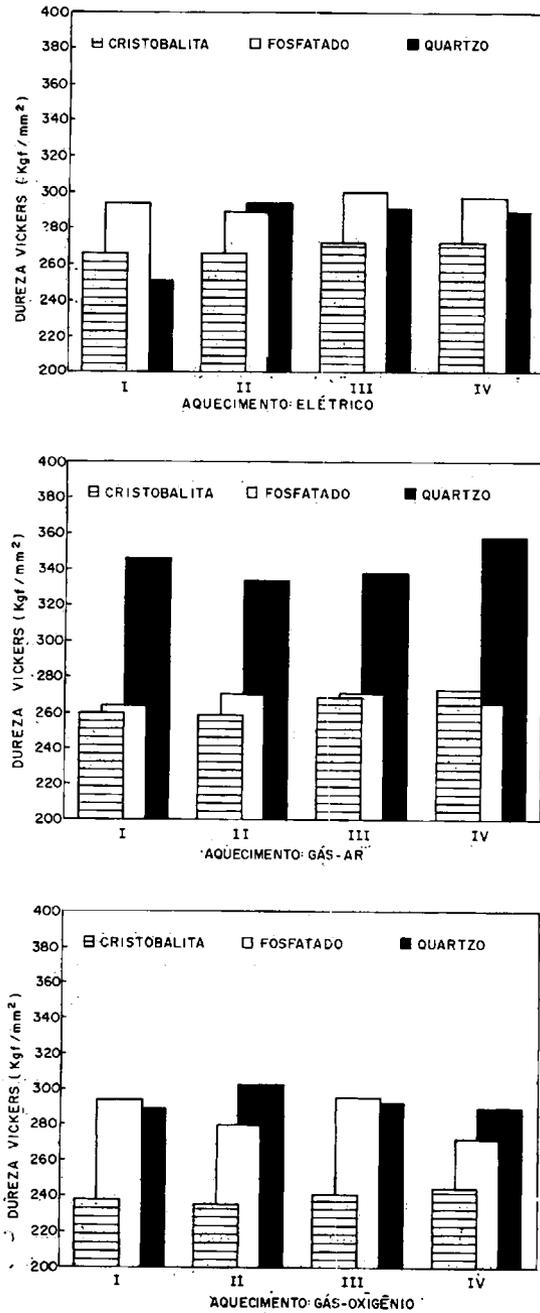


FIG. 14 – Durezas médias obtidas na região longitudinal do lingote em relação aos meios de aquecimento utilizados.

também é observada no trabalho de VERONESI<sup>13</sup>, embora esse autor não teça considerações sobre a presença das mesmas.

Quanto às características dos grãos cristalinos, verifica-se que são sensíveis às mudanças do material do revestimento e aos meios de aquecimento. A morfologia acicular da fase  $\alpha$  pró-eutetóide, semelhante à ferrita de Widmanstätten nos aços-carbonos, sugere que esta fase pró-eutetóide tivesse sua nucleação e crescimento sob grande super-resfriamento. Isso vem de encontro com o processo de fundição empregado, em que a liga *Idealloy* é fundida em temperaturas próximas a 1000°C, e, ao ser injetada para o interior do molde, entrará em contato com o revestimento, que está a uma temperatura mais baixa, de aproximadamente 700°C, provocando um resfriamento brusco, o que, provavelmente, permitirá o aparecimento da formação acicular.

A fusão da liga em uma centrífuga elétrica mostrou ser a mais recomendada, pois as amostras não apresentaram modificações microestruturais significativas. Esta constatação é condizente com a observação de BOMBONATTI et al<sup>2</sup>, de que as ligas com alto teor de cobre deveriam ser fundidas em uma centrífuga elétrica, por ser este o método que proporciona menor rugosidade superficial e, também, com o verificado por SCARANELO et al<sup>10</sup>, que obtiveram uma maior fluidez dessas ligas com este método de fusão. O principal inconveniente no uso de chamas são, além da falta de controle da temperatura de superaquecimento, o arrasto mecânico e absorção de gases para o fundido, provocando a ocorrência de grandes alterações microestruturais e, conseqüentemente, nas propriedades mecânicas da liga. Prova disso é a presença de inclusões globulares nos contornos de grão, morfologia típica do óxido de alumínio (duro, porém frágil) em todas as amostras, mais notadamente naquelas fundidas com chama a gás.

A principal revelação deste trabalho diz respeito aos revestimentos, onde se constatou que o material mais insensível ao meio de aquecimento utilizado é o revestimento à base de fosfato. Além disso, destaca-se o procedimento do revestimento à base de quartzo, quando do emprego da chama gás-ar, que produziu grande alteração da morfologia cristalina, com o aparecimento de uma microestrutura em forma de plaquetas finas, provavelmente por ser este tipo de material o que proporciona uma maior velocidade de resfriamento durante a solidificação do lingote.

No que se relaciona à dureza, embora a quantidade amostral não seja suficiente para permitir conclusões quantitativas, ela permite observar uma tendência qualitativa. Verifica-se, assim, que as durezas médias obtidas nas amostras são superiores àquelas especificadas pela Associação Dentária Americana para as ligas de ouro Tipo IV, resultado também obtido por GUASTALDI<sup>6</sup>, BOMBONATTI et al<sup>2</sup>, VERONESI<sup>13</sup> e por SILVA FILHO<sup>9</sup>. Quanto aos métodos de fusão empregados nota-se na Fig. 14 que o aquecimento elétrico proporcionou os resultados mais homogêneos de dureza, enquanto que, em relação aos tipos de revestimento, essa homogeneidade é obtida com o revestimento fosfatado (Fig. 13). Convém destacar os altos valores de dureza obtidos quando se emprega o revestimento à base de quartzo e a chama gás-ar, provavelmente devido à microestrutura proporcionada à liga por essa condição.

## CONCLUSÕES

O estudo do comportamento da liga odontológica de cobre-alumínio *Idealloy*, através das análises de microestrutura e microdureza, permitiu as seguintes conclusões:

1 – a liga mostrou-se sensível à mudança de material de revestimento e meios de aquecimento utilizados;

2 – a fusão da liga em forno elétrico mostrou ser a mais recomendada;

3 – o material de revestimento mais insensível ao meio de aquecimento utilizado na fusão da liga foi à base de fosfato;

4 – os principais inconvenientes no uso de chama a gás para fusão da liga são a falta de controle na temperatura e o arraste mecânico e absorção de gases para o fundido, provocando a ocorrência de grandes alterações microestruturais e, conseqüentemente, nas propriedades mecânicas da liga;

5 – as durezas médias obtidas nas amostras são superiores às preconizadas para as ligas de ouro extraduras do Tipo IV.

GALLEGO, J. BOMBONATTI, P. E. Sensibility of odontological alloy *Idealloy* related to melting techniques and investments employed in its casting. *Rev. Odont. UNESP*, São Paulo, v. 20, p. 275-284, 1991.

*ABSTRACT: Some micro-structures changes may occur during casting of metal alloys that may interfere in their mechanical characteristics, depending on the melting techniques and investments used. The influence of electrical, gas-air and gas-oxygen heating processes as well as cristobalite, quartz and phosphate based investments on the odontological alloy Idealloy was analysed through hardness and metallographic techniques. The alloy was found sensible to the proposed variations and the use of electrical casting machine and phosphate bonded investment were shown to be the most adequate.*

*KEYWORDS: Copper-aluminum alloys; casting techniques; investments.*

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN SOCIETY FOR METALS. *Metals handbook: atlas of microstructures of industrial alloys*. 8. cd. Ohio: Metals Park, 1972.
2. BOMBONATTI, P.E., BARROS, L.E., SCARANELO, R.M., PELLIZZER, A.J. & FEITOZA, S. Determinação de dureza de ligas de cobre, na forma como são recebidas e após a fundição das técnicas de fusão. *Rev. Odont. UNESP*, v. 19, p. 217-26, 1990.
3. COUTINHO, T. A. *Metalografia de não-ferrosos*. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.
- 4 – FAZANO, C. A. T. V. *A prática metalográfica*. São Paulo: Hemus Livraria Editora, 1980.
5. FUSAYAMA, T., YAMANE, M. Surface roughness of castings made by various casting techniques. *J. prosth. Dent.* v. 29, p. 529-35, 1973.

6. GUASTALDI, A.C. *Desenvolvimento de ligas metálicas alternativas à base de cobre aplicadas à odontologia*. São Paulo. USP, 1987. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1987.
7. MONDELLI, J. Estudo sobre algumas propriedades de ligas metálicas, utilizadas na obtenção de incrustações dentais, como possíveis sucedâneas das ligas de ouro. *Rev. Fac. Odont. S. Paulo*, v. 7, p. 41-73, 1969.
8. RUHNKE, L. A. *Contribuição ao estudo das ligas de ouro. (Verificação da dureza sob influência dos tratamentos térmicos)*. Piracicaba: UNICAMP, 1964. Tese (Doutorado). Fac. Odont. Piracicaba; Universidade de Campinas; 1964.
9. SILVA FILHO, F.P.M. *Ligas do sistema cobre-alumínio. Efeito de ligas, técnicas de fusão e tratamentos térmicos na contração de fundição e dureza. Efeito de tipos cavitários e técnicas de fundição no desajuste cervical*. Araraquara: UNESP, 1983. Tese (Livre-Docência). Fac. Odont. Araraquara, Universidade Estadual Paulista, 1983.
10. SCARANELO, R.M., BOMBONATTI, P.E., BARROS, L.E., PELLIZZER, A.J. Efeitos das técnicas de fusão sobre a fluidez de ligas do sistema cobre-alumínio. *Rev. Odont. UNESP*, v. 19, p. 211-16, 1990.
11. SIMONETE, E.L. *Dentística restauradora: ligas do sistema cobre-alumínio*. São Paulo: USP, 1975 (Livre-Docência) – Fac. Odont. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1975.
12. VEB CARL ZEISS JENA. *La microdureza*. (Manual de Instrução – Neophot 21). RDA.
13. VERONESI, G. S. *Influência de fontes de calor de fundição na dureza superficial e na formação cristalina de ligas de cobre-alumínio*. Piracicaba: UNICAMP, 1987. Tese (Mestrado) Fac. Odont. Piracicaba, Universidade de Campinas, 1987.

Recebido para publicação em 10/7/90.