

RUGOSIDADE SUPERFICIAL DE LIGAS COM ALTO CONTEÚDO DE COBRE, EM FUNÇÃO DO AQUECIMENTO ACIMA DA TEMPERATURA DE FUSÃO*

Paulo Edson BOMBONATTI**

Laert Elzio de BARROS**

Ricardo Medeiros SCARANELO**

Antonio Joaquim PELLIZZER**

RESUMO: Sendo a rugosidade superficial uma propriedade fundamental no ajuste das restaurações metálicas fundidas, determinou-se, no presente trabalho, a rugosidade de cinco ligas com alto conteúdo de cobre, em função da temperatura de aquecimento acima das suas temperaturas de fusão. Para tanto, corpos-de-prova obtidos com plástico liso, de formato retangular com 2 x 7 x 11 mm foram incluídos em revestimento sulfatado à base de cristobalita. Após o aquecimento e eliminação do modelo plástico, os moldes foram preenchidos com aproximadamente três g de liga fundidas em uma centrífuga elétrica, empregando-se além da temperatura de fusão, as temperaturas de 25°C e 50°C acima desta. A rugosidade superficial foi medida em um rugosímetro Taly-surf. Verificou-se que existe uma variação de rugosidade superficial entre as ligas estudadas e que a elevação da temperatura de aquecimento até 50°C acima da temperatura de fusão não interfere na rugosidade.

UNITERMOS: Ligas de cobre; rugosidade superficial; fundição.

INTRODUÇÃO

Dentro do setor de fundições, nota-se um grande esforço no desenvolvimento de novos materiais e aprimoramento das técnicas existentes, sendo, pois, razoável esperar-se que surjam condições ideais nas combinações entre eles. Lançadas recentemente¹¹, as ligas com alto conteúdo de cobre obtiveram grande sucesso na substituição das ligas de ouro, não só pelo seu menor preço, como também por possuírem propriedades mecânicas semelhantes. Desta forma é razoável se esperar um bom desempenho destas ligas em relação aos materiais envolvidos nas suas fundições.

* Este trabalho recebeu auxílio da FUNDUNESP, através do Processo nº 011/88 – DFP.

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

Na avaliação de qualquer liga de uso odontológico devem ser analisadas diversas propriedades e, na opinião de HINMAN *et alii*⁹, a rugosidade superficial é um fator importante. Segundo CHARBENEAU *et alii*⁴, quanto menor a rugosidade de uma peça metálica fundida, mais exato será seu ajuste. Contudo, não é só no ajuste que a rugosidade superficial pode influir, tendo sido observado por SMYD¹² sua importância na retenção dos blocos, considerando-se o problema da "adesão" dos cimentos odontológicos.

Dentre os vários fatores que podem contribuir para o aumento ou diminuição da lisura de superfície das restaurações metálicas fundidas, destaca-se o aumento da temperatura da liga, acima da sua temperatura de fusão. Assim pensando, procurou-se verificar a rugosidade superficial de cinco ligas com alto conteúdo de cobre em função da elevação da temperatura acima da de fusão.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi avaliada a rugosidade superficial de quatro ligas de cobre-alumínio, Duracast MS (Marquart & Cia Ltda), Idealloy (Metalloy Comércio de Artigos para Prótese Ltda), Maxicast (Zanardo Produtos Odontológicos Ltda), Orcast (Macrodent Brasil Produtos Odontológicos Ltda) e uma de cobre-zinco, Goldent (AJE Comércio e Representações Ltda). O fator comum destas ligas é o seu alto conteúdo de cobre.

Os corpos-de-prova empregados na verificação da rugosidade, semelhantes aos usados por FUSAYAMA & YAMANE⁸, foram obtidos através do corte de uma peça plástica lisa e apresentavam um formato retangular com 2 mm de espessura, 7 mm de largura e 11 mm de comprimento. Um pino formador do conduto de alimentação de cera, com 2,5 mm de diâmetro e 10 mm de comprimento foi fixado obliquamente na extremidade de uma das faces do modelo plástico e o conjunto montado no conformador de cadinho. Em seguida, aplicou-se o agente umectante por toda a superfície do corpo-de-prova, secando-o imediatamente após, com jatos de ar, sendo o conjunto incluído em revestimento sulfatado à base de cristobalita Kerr (Kerr Indústria e Comércio Ltda), espatulado manualmente por 1 min. e vazado vagarosamente para o interior do anel. Após a presa, o conjunto foi aquecido até a temperatura de 700°C, aí permanecendo por aproximadamente 30 min., quando foi preenchido com aproximadamente três g de liga de cobre fundida em uma centrífuga elétrica TS-1 (Degusa S.A.). Além da temperatura de fusão, foram confeccionadas peças com ligas aquecidas 25°C e 50°C acima dela. A temperatura foi considerada como aquela em que ocorreu o desmoronamento total da liga e não restou nada no interior da mufla de grafite após o acionamento da máquina. Após a solidificação, os corpos-de-prova foram desincluídos e limpos, para facilitar a avaliação, e identificados. A rugosidade superficial foi verificada em um rugosímetro Talysurf e consistiu em se passar a superfície do corpo-de-prova um transdutor óptico que transmite as irregularidades para um registrador da rugosidade média da superfície analisada. Foram avaliados cinco corpos-de-prova para cada situação estudada e o resultado, em micrômetros, corres-

ponde à média de três leituras efetuadas em três regiões diferentes dos corpos-de-prova. Para maior precisão na interpretação, os resultados foram submetidos à análise estatística⁵.

RESULTADOS

Os resultados relativos à rugosidade média (micrômetros) de cinco ligas de alto conteúdo de cobre, em função do aquecimento acima da temperatura de fusão, após serem submetidos à análise de variância, num esquema fatorial 5 x 3, em um delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições, proporcionaram o quadro de análise de variância reproduzido na Tabela 1.

TABELA 1 – Quadro da Análise de Variância

Fonte de variação	Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	Valor de F
Ligas (L)	0,932309	4	0,233077	43,99 **
Tratamentos (T)	0,0121288	2	0,00606442	1,14 ns
Interação L x T	0,256684	8	0,030855	6,06 **
Resíduo	0,317881	60	0,00529801	
Total	1,519002	74		

** – significante a 1%

ns – não significante

Analisando-se a Tabela 1, constata-se que houve significância para os fatores Ligas e Interação L x T, enquanto para Tratamentos, não. Constatada a significância para o fator Ligas, verificaram-se, pelo Método de Tukey, as diferenças existentes.

Na Tabela 2, encontra-se a rugosidade média, em micrômetros, das cinco ligas avaliadas e o valor crítico para contraste. Pelos valores apresentados, toda vez que a diferença entre as estimativas das médias for superior a 0,074 fica rejeitada a igualdade entre essas médias e, conseqüentemente, entre as ligas correspondentes. Assim, pode-se dizer que as ligas Duracast, Maxicast e Goldent apresentaram o menor grau de rugosidade superficial, enquanto a liga Orcast apresentou o maior.

A não significância observada para o fator Tratamentos, demonstra que a elevação da temperatura acima da de fusão, no intervalo estudado; isto é, até 50°C acima, não interfere na rugosidade das ligas com alto conteúdo de cobre.

TABELA 2 – Rugosidade média (micrômetros) para o fator Ligas e valor crítico para contraste

Ligas	Rugosidade média	Tukey a 5%
Duracast	0,337 A	0,074
Maxicast	0,343 A	
Goldent	0,370 A B	
Idealloy	0,432 B	
Orcast	0,636 C	

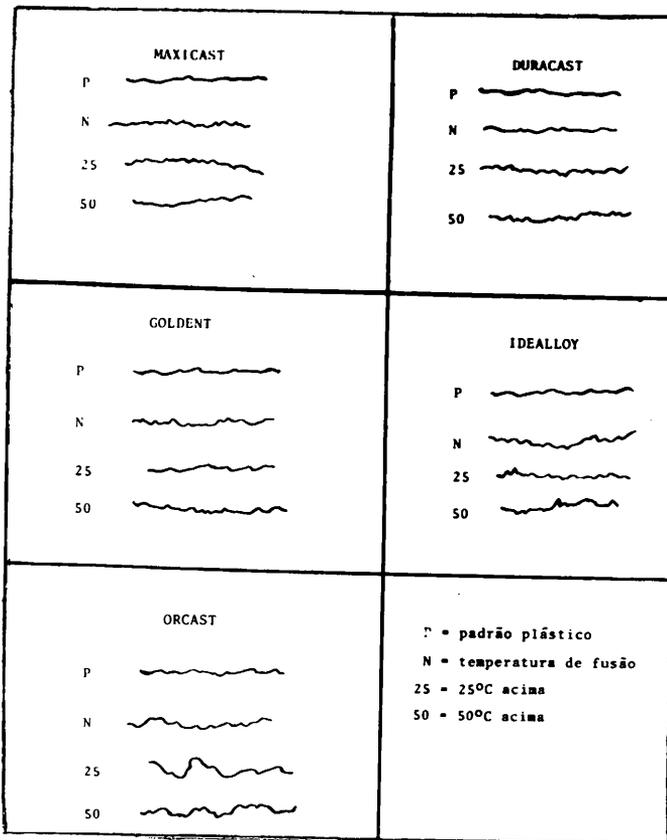


FIG. 1 – Registros gráficos das curvas representativas da rugosidade das cinco ligas, nas três condições testadas, bem como a do padrão plástico.

A significância observada para a Interação Ligas x Tratamentos demonstra que o comportamento da rugosidade nas temperaturas de aquecimento acima da de fusão, não é o mesmo para as cinco ligas estudadas. Na Figura 1, observam-se os registros gráficos das curvas representativas da rugosidade, transportadas dos gráficos obtidos no aparelho Talysurf.

DISCUSSÃO

Dentre as inúmeras variáveis existentes no processo de fundição, a rugosidade superficial chama atenção dos pesquisadores, pelo seu desempenho no ajuste das peças fundidas. Esta preocupação não é recente, tanto que CRAWFORD⁶ dizia, em 1940, que as fundições deveriam ter superfícies lisas, livres de rugosidade ou irregularidades e serem completas em todos os detalhes. Segundo POMÉS *et alii*¹⁰, as irregularidades que podem ocorrer na superfície de uma fundição, podem ser agrupadas em dois tipos: falhas e rugosidade superficial. Ao contrário das falhas, a rugosidade existe em toda peça, constituindo-se na quase totalidade dos picos e vales que se formam na sua superfície. Para SUFFERT & MAHLER¹³, quando situada internamente na restauração metálica fundida, a rugosidade superficial pode afetar a adaptação.

Considerando-se a declaração de POMÉS *et alii*¹⁰, de que a rugosidade independe da composição da liga, verificou-se que esta afirmação não é verdadeira, quando se trata de ligas com alto conteúdo de cobre, pois no presente trabalho observou-se que elas possuem diferentes graus de rugosidade superficial. Por outro lado, se concordarmos com a declaração de CHARBENEAU *et alii*⁴ de que quanto menor a rugosidade de superfície mais exato será o ajuste, as peças obtidas com as ligas Duracast, Maxicast e Goldent, teoricamente terão maiores possibilidades de apresentarem melhor ajuste do que as obtidas com ligas Idealloy e Orcast. Por outro lado, BOMBONATTI *et alii*³ afirmam que as ligas Duracast e Maxicast apresentam menor grau de dureza e a liga Idealloy o maior, dentre as cinco ligas presentemente estudadas. Esses resultados confirmam em parte as afirmações de FUSAYAMA⁷ de que os metais mais moles apresentam melhor adaptação, pois estão menos sujeitos ao efeito da rugosidade do que os mais duros.

Com relação aos tratamentos a que as ligas foram submetidas, verifica-se que a elevação da temperatura em até 50°C acima da de fusão, não interfere na rugosidade das mesmas. Isto contraria os achados de POMÉS *et alii*¹⁰ que, embora trabalhando com ligas de ouro, observaram que a rugosidade superficial daquelas ligas aumentava com o superaquecimento. Para BARONE *et alii*¹, o aumento da rugosidade superficial observado nas peças obtidas com temperatura acima das condições ideais, pode ser explicado pelo aumento da fluidez da liga líquida a altas temperaturas, o que permite ao metal líquido penetrar em maior profundidade nas irregularidades existentes entre as partículas do revestimento do molde. Como em trabalho anterior, BOMBONATTI *et alii*² observaram que a elevação da temperatura 50°C acima da

temperatura de fusão aumentava a fluidez das ligas Duracast e Idealloy, aquele resultado não estaria sendo confirmado presentemente, com a não interferência deste tratamento na rugosidade. Provavelmente, para que este tratamento interfira na rugosidade das ligas com alto conteúdo de cobre estudadas, estas deverão ser submetidas a um aquecimento mais elevado do que o praticado no presente trabalho.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos através da metodologia adotada, pode-se concluir que:

1 – As ligas com alto conteúdo de cobre apresentam rugosidade superficial diferente, sendo que as ligas Duracast, Maxicast e Goldent apresentam-na em menor grau, enquanto a liga Orcast, em maior.

2 – A elevação da temperatura de aquecimento das ligas em até 50°C acima da temperatura de fusão, não interfere na rugosidade das ligas estudadas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Prof. Walter Veriano Valério Filho, do Departamento de Ciências da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira-UNESP, pela realização da Análise Estatística do presente trabalho.

BOMBONATTI, *et alii* – Surface roughness of high-copper casting alloys according to the heating over their melting temperature. *Rev. Odont. UNESP*, São Paulo, **19**: 203-209, 1990.

ABSTRACT: Being the surface roughness a fundamental property in the fit of the castings, it was determined the roughness of 5 high-copper casting alloys, according to the heating over their melting temperature. That way, the specimens made with smooth plastic in the shape of a rectangular plate, 2 mm x 7 mm x 11 mm were invested into a cristobalite investment. After heating and elimination on the plastic, the molds were filled by 3 g of molten alloy, casted in a electrical casting machine at the casting temperature at 25°C and 50°C overheating. The surface roughness was measured in a roughness analyser, Talysurf. As a result, it was verified that there is a variation of surface roughness among the alloys tested, and the heating of the alloys until 50°C over the melting temperature does not interfere in the roughness.

KEY-WORDS: Copper alloys; surface roughness; casting.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARONE, J.; HUFF, R. L. & DICKSEN, G. – Surface roughness of gold castings. *Dent. Prog.*, 1: 78-84, 1961.
2. BOMBONATTI, P. E.; BARROS, L. E.; SCARANELO, R. M. & PELLIZZER, A. J. – Fluidez de ligas de cobre-alumínio em função do aquecimento acima da temperatura de fusão. *Rev. Odont. UNESP*, 14: 119-23, 1985.
3. BOMBONATTI, P. E.; BARROS, L. E.; SCARANELO, R. M.; PELLIZZER, A. J. FEITOSA, S.A. – Determinação de dureza de ligas de cobre, na forma como são recebidas e após a fundição, em junção das técnicas de fusão. *Rev. Odont. UNESP*, 19: 217-26, 1990.
4. CHARBENEAU, G. T.; PEYTON, F. A. & ANTHONY, D. H. – Profile characteristics of cut tooth surfaces developed by rotating instruments. *J. dent. Res.*, 36: 957-66, 1957.
5. COCHRAN, W. G. & COX, G. M. – *Experimental designs*. 2ª ed. New York, John Wiley, 1957.
6. CRAWFORD, W. H. – Selection and use of investments, sprues, castings equipment and gold alloys in making small castings. *J. am. dent. Ass.*, 27: 1459-70, 1940.
7. FUSAYAMA, T. – Factors and technique of precision casting. Part II. *J. prosth. Dent.*, 9: 486-97, 1959.
8. FUSAYAMA, T. & YAMANE, M. – Surface roughness of castings made by various casting techniques. *J. prosth. Dent.*, 29: 529-35, 1973.
9. HINMAN, R. W.; TESK, J. A.; WHITLOCK, R. P.; PARRY, E. E. & DURKOWSKI, J. S. – A technique for characterizing casting behavior of dental alloys. *J. dent. Res.*, 64: 134-8, 1985.
10. POMÉS, G. E.; SLACK, G. L. & WISE, M. W. – Surface roughness of dental castings. *J. am. dent. Ass.*, 41: 545-56, 1950.
11. SIMONETE, E. L. – *Dentística restauradora: ligas do sistema cobre-alumínio*. São Paulo, Fac. Odont. São Paulo, USP, 1975. (Tese – Livre-Docência)
12. SMYD, E. S. – Dental engineering applied to inlay and fixed bridge fabrication. *J. prosth. Dent.*, 2: 536-42, 1952.
13. SUFFERT, L. W. & MAHLER, D. B. – Reproducibility of gold castings made by present day dental casting technics. *J. am dent. Ass.*, 50: 1-6, 1955.

Recebido para publicação em 01.06.1989