

Análise da porosidade em ligas metálicas fundidas com três fontes de calor

Porosity analysis in dental alloys cast with three heat sources

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar a porosidade de coroas totais confeccionadas com ligas de paládio-prata (Pors-on) e prata-paládio (Pallag-M). Para a fusão das ligas, foram utilizadas três fontes de calor: acetileno-oxigênio, gás-oxigênio e resistência elétrica. Foram confeccionados trinta corpos-de-prova a partir de modelos de cera confeccionados sobre um troquel de aço inoxidável, os quais foram divididos em dois grupos de 15 de acordo com o tipo de liga. Posteriormente, os corpos-de-prova foram subdivididos em três subgrupos de cinco amostras cada, de acordo com calor de fundição. Após a fundição, os corpos-de-prova foram acabados e polidos. Para a determinação da porosidade dos corpos-de-prova, foram utilizados dois métodos: densimétrico e observação microscópica. No método densimétrico, as densidades das ligas antes e após a fundição foram comparadas entre si; no de observação microscópica, as amostras foram cortadas, polidas e observadas em microscópio eletrônico de varredura. Observou-se que a maior quantidade de porosidade foi promovida pela fonte de calor acetileno-oxigênio, seguida pelas fontes gás-oxigênio e elétrica, tanto no método densimétrico quanto no método de observação em microscopia eletrônica de varredura. Em geral, a liga Pallag-M apresentou maior tendência para níveis mais altos de porosidade do que a liga Pors-on 4 nos dois métodos de avaliação.

Palavras-chave: porosidade, ligas metalo-cerâmicas, técnica de fundição odontológica.

Introdução

As ligas nobres, isto é, aquelas contendo acima de 75% de ouro em peso, são adotadas na odontologia desde o final do século XIX e início do século XX. Essas ligas apresentavam ótimo comportamento biológico e, ao mesmo tempo, propriedades mecânicas e químicas adequadas (Bindslev e Mjor, 1993).

Entretanto, na segunda metade do século XX, o preço das ligas nobres aumentou drasticamente no mercado mundial e, como consequência, numerosas tentativas foram feitas no sentido de se desenvolver ligas alternativas menos dispendiosas, que pudessem ser utilizadas satisfatoriamente nas restaurações fundidas e que apresentassem propriedades mecânicas, físico-químicas, biológicas e estéticas semelhantes às das ligas áureas. Além disso, o desenvolvimento das ligas alternativas visava a um objetivo muito importante, que seria a possibilidade da realização de tratamentos odontológicos mais acessíveis à maior parte da população (Bindslev e Mjor, 1993).

Entretanto, a utilização das ligas nos procedimentos restauradores indiretos exige que se recorra às técnicas de fundição, imprescindíveis para a duplicação em metal do padrão esculpido em cera. Todavia, durante esse procedimento, podem surgir deficiências técnicas, as quais acarretam imperfeições no bloco metálico, uma das quais é representada pelos diversos tipos de porosidade (Carr e Brantley, 1996; Gomes et al., 1993).

Mário Alexandre Coelho Sinhoreti¹
Simonides Consani¹
Lourenço Correr Sobrinho¹
Luciana Andrea Salvio²
Fábio Machado Milan³

Assim, as porosidades presentes na superfície externa de uma restauração metálica fundida determinam um grave problema de estética, além de acentuarem a corrosão (Cheng et al., 1994; Dharmar et al., 1993). Por outro lado, quando localizada na superfície interna em posição subsuperficial, pode provocar pequenos defeitos (Syverud, 1995), os quais, quando críticos, permitem a agregação de microporos, responsáveis por fraturas da estrutura metálica e por promoverem o completo fracasso clínico da peça protética (Dharmar et al., 1993; Wang e Boyle, 1993; Cheng et al., 1994).

Diversas são as causas da ocorrência de porosidade nas superfícies de restaurações metálicas fundidas, sendo interessante verificar a influência do tipo de fonte de calor no nível de porosidade da peça fundida.

¹ Professores de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - Unicamp.

² Aluna de pós-graduação em Materiais Dentários - Faculdade de Odontologia de Piracicaba - Unicamp.

³ Professor de Materiais Dentários e Dentística do curso de Odontologia da Universidade de Santa Cruz do Sul - Unisc.

Materiais e método

Neste estudo, foram analisadas duas ligas metálicas para construção de coroas totais, descritas na Tabela 1, em seus nomes comerciais, composição, fabricante e temperatura da zona de fusão.

Foram confeccionados cinco troquéis metálicos torneados em aço inoxidável, cujas características e dimensões foram baseadas nos trabalhos de Felton et al. (1991) e Valera (1976), preparados para coroa total, com término cervical em 90° e ombro reto de 1 mm de largura, angulados em relação ao eixo longitudinal do troquel. As paredes axiais foram construídas com expulsividade de 5° para oclusal; os diâmetros do término cervical, em 7 mm, e da face oclusal, em 6 mm.

Para uniformizar a espessura dos padrões de cera usados na fundição, foi utilizada uma matriz cilíndrica metálica, adaptada ao redor do preparo do troquel (Milan et al., 1997) antes do procedimento de enceramento, feito com cera marrom Plastodont U (Degussa S/A).

O troquel e a matriz cilíndrica foram aquecidos e, em seguida, lubrificados com o isolante em *spray* Isolit (Degussa S/A). Com o auxílio de um instrumento para modelação Sensorwaxer (Degussa S/A), a cera foi liquefeita e vertida no interior da matriz cilíndrica metálica, onde foi introduzido o troquel aquecido. Logo após o resfriamento, o excesso de cera foi removido com uma lâmina de bisturi afiada e a matriz cilíndrica metálica foi retirada do troquel encerado.

No ângulo axial formado pelas faces lateral e oclusal do padrão de cera, foi configurado o pino formador do conduto de alimentação, com inclinação de 45°. Uma pequena esfera de cera foi construída na parede lateral da base formadora do cadinho, com o propósito de indicar, após a tomada de presa do revestimento e evaporação da cera, o lado no qual ficara a entrada do conduto de alimentação no espaço ocupado

anteriormente pelo padrão de cera. Esse referencial foi posicionado no lado oposto ao sentido de rotação da máquina de fundição, com a finalidade de aproveitar o efeito da força centrífuga no correto encaminhamento da liga liquefeita (Felton et al., 1991).

O padrão de cera foi incluído em revestimento Deguvest CF (Degussa S.A.) aglutinado por fosfato, na proporção 24 ml / 100 gramas, de acordo com as instruções do fabricante, espatulado mecanicamente a vácuo com o auxílio do Multivac S (Degussa S.A.). Foram confeccionados trinta padrões de cera com término cervical em ombro reto, sendo 15 fundidos com a liga Palliag-M (Degussa S/A) e 15, com a liga Pors-on 4 (Degussa S/A). Cada grupo foi subdividido em três subgrupos de acordo com o tipo de fonte de calor utilizado, ou seja, acetileno-oxigênio, gás-oxigênio e resistência elétrica.

Após a presa do revestimento, a base formadora do cadinho e o anel de silicone foram retirados e o cilindro de revestimento, levado ao forno elétrico (EDG), com o cadinho voltado para baixo.

Após a fusão das ligas Palliag-M, à base de prata/paládio, e Pors-on 4, à base de paládio/prata, com as fontes de calor acetileno/oxigênio e gás/oxigênio, os cilindros de revestimento foram retirados do forno e fundidos na centrífuga elétrica Motorcast (Degussa S.A.). Com a fonte de calor resistência elétrica, a máquina de fundição (Degussa S.A.) foi do tipo com mola, a qual se carrega automaticamente quando acionada a TS-3. Posteriormente, os cilindros foram removidos da máquina de fundição e deixados esfriar sobre a bancada até atingirem a temperatura ambiente. Em seguida, os corpos-de-prova foram retirados dos cilindros de revestimento e submetidos a um jato de ar, com microesferas de vidro com tamanho médio das partículas entre 80 e 100 µm, a fim de eliminar os resíduos do revestimento. Após a remoção dos condutos de alimentação com disco de carboneto de silício Dentorium (Labordental), as

coroas foram submetidas ao ultrassom Thornton, em solução de detergente doméstico (ODD), e o acabamento superficial foi efetuado com pedra de Arkansas.

Para a determinação da porosidade dos corpos-de-prova, foram utilizados dois métodos, ou seja, densiométrico e de observação microscópica. No método densiométrico, os corpos-de-prova foram colocados num balão volumétrico, com capacidade para 5 ml, o qual, em sequência, foi pesado numa balança de precisão (Chyo, JK-180) com a finalidade de zerar a tara. Posteriormente, com uma pipeta milimetrada, água destilada à temperatura de 20 °C foi adicionada até atingir o limite de 5 ml, quando, então, a balança indicou, em peso (massa), o volume da água colocada no balão. Como, na temperatura de 20 °C, 1 grama de água corresponde a 1 mililitro em volume, pode-se considerar a diferença entre o volume do balão e o da água acrescida como sendo o volume da amostra. Sendo a massa da amostra conhecida, utiliza-se a fórmula $d = m/v$ para determinar a densidade da amostra, a qual foi comparada com a densidade da liga fornecida pelo fabricante e com a fornecida pelo fabricante em catálogo. Com o auxílio de uma regra de três, calculou-se a porcentagem de porosidade de cada liga metálica.

Para a observação microscópica, os corpos-de-prova foram seccionados com disco diamantado em quatro partes no sentido longitudinal, iniciando-se pela porção oclusal até atingir o término cervical. Essa superfície foi observada em microscopia eletrônica de varredura (Zeiss DSM-940-A) e fotografada, sendo a porosidade dimensionada em função do tipo e quantidade.

Resultados

Método densiométrico

Os valores médios observados para cada liga metálica dentro de cada fonte de calor de fundição podem ser observados na Tabela 2.

Método microscópico

A observação em microscopia eletrônica de varredura objetivou verificar as porosidades e microporosidades presentes após os processos de fundição. O aumento utilizado foi de 50x para a observação das porosidades mais grosseiras e de 500x para a observação das microporosidades, que podem ser vistas nas figuras 1 a 16.

Discussão

As falhas provenientes da fundição defeituosa provocam problemas consideráveis na peça metálica além de perda de tempo. Segundo Anusavice (1998), as falhas mais freqüentes encontradas na peça fundida são distorção, rugosidade, irregularidade de superfície, fundição incompleta e porosidade. No entanto, esses defeitos podem ser evitados ou minimizados pela correta observação dos princípios e regras existentes para os procedimentos de fundição.

No que se refere à porosidade, sabe-se que ela pode estar presente na superfície e/ou na parte interna da peça metálica fundida, podendo ser observada por alguns métodos, como microscopia (Elarbi et al., 1985; Lewis, 1975), densimetria e radiografia (Elarbi et al., 1985; Dharmar et al., 1993; Wang e Boyle, 1993). Quando está presente na parte externa, a porosidade pode resultar no aumento da rugosidade, além de favorecer a formação de produtos de corrosão (Nielsen e Ollermann, 1976), ocasionando perda de brilho superficial, característica inerente dos metais quando devidamente polidos. Já, na parte interna, dependendo da localização e concentração, a porosidade pode enfraquecer a estrutura da peça fundida (Macker, 1988).

A porosidade pode ser classificada, segundo o critério de Anusavice (1998), em três tipos principais: a) porosidade por contração de solidificação (microporosidade e porosidade por contração localizada); b) porosidade causada por gases (tipo cabeça de alfinete, devido à inclusão de gases e

porosidade subsuperficiais); c) porosidade causada pela oclusão de ar no molde.

Neste estudo, verificou-se a presença de porosidade nos dois tipos de ligas utilizadas, mesmo quando estavam no estado bruto de fusão ("virgem"). As figuras 1 e 2 mostram a presença de porosidade na liga Palliag-M e as figuras 9 e 10, na liga Pors-on. Em ambos os casos, essa porosidade foi produzida durante a confecção das pastilhas, provavelmente por falhas do fabricante.

A Tabela 2 mostra o percentual de porosidade para as ligas Palliag-M e Pors-on. Para ter um parâmetro de comparação, optou-se por considerar a porosidade da liga bruta como sendo nula (0%). As densidades das ligas fornecidas pelo fabricante estão também dispostas na Tabela 2, observando-se que são ligeiramente inferiores às observadas neste trabalho. Isso pode se dever, provavelmente, à metodologia empregada neste estudo. Assim, observa-se que as três fontes de calor de fundição proporcionaram diminuição da densidade das ligas Palliag-M e Pors-on e, conseqüentemente, aumento nos níveis de porosidade.

Com a fonte de calor de fundição acetileno-oxigênio, verificou-se maior percentual de porosidade para as duas ligas metálicas. As figuras 5 e 6 (Palliag-M) e as figuras 13 e 14 (Pors-on) mostram o aspecto morfológico obtido num corte oclusogengival das coroas fundidas com essa fonte de calor. Observa-se a presença de poros de formato irregular (Fig. 5 e 13) e de inúmeros microporos com formato mais regular (Fig. 6 e 14). Essa característica de porosidade, de acordo com Vaidyanathan et al. (1981), indica oclusão de gases durante o processo de aquecimento e fundição das coroas.

O maior percentual de porosidade produzida com a fonte oxigênio-acetileno pode ser explicado pela instabilidade química inerente do acetileno. Durante o processo de fundição, o gás decompõe-se rapidamente em carbono e hidrogênio, incorporando carbono à liga, com formação de carbeto, responsáveis pelo enfraquecimento da

liga. Já o hidrogênio pode ser incorporado à liga principalmente se ela possuir paládio na composição (Anusavice, 1998), o que, provavelmente, ocorreu com as ligas deste estudo, promovendo também a formação de porosidade.

As fontes elétrica e de gás-oxigênio mostraram maior densidade e, conseqüentemente, menor percentual de porosidade do que o acetileno-oxigênio. Na fundição por gás-oxigênio, observou-se a presença de porosidade por aprisionamento de gases nas amostras de Palliag-M (Fig. 3 e 4) e Pors-on (Fig. 11 e 12 A). Além disso, observou-se em amostras de Pors-on a presença de alguma porosidade por contração localizada (Fig. 12 B). Talvez a somatória de porosidade por oclusão de gases e por contração localizada tenha ocasionado maior percentagem de porosidade na liga Pors-on em relação à liga Palliag-M, como mostra a Tabela 2. A fonte elétrica proporcionou maior incidência de porosidade por contração localizada, com menor oclusão de gases para as ligas Palliag-M (Fig. 7 e 8) e Pors-on (Fig. 15 e 16).

Com a fonte gás-oxigênio pode-se explicar a presença de porosidade também pela inclusão do gás hidrogênio proveniente da decomposição da água, o qual freqüentemente contamina o gás natural (Anusavice, 1998).

A fonte elétrica promoveu sobretudo porosidade por contração localizada da liga, a qual surge durante o resfriamento da liga após injeção no molde (Elarbi et al., 1985; Lewis, 1975). Como prevenção, recomenda-se que se utilize uma câmara de compensação posicionada no conduto de alimentação, junto ao centro térmico do anel de fundição. Neste estudo, em todos os grupos, essa recomendação foi adotada como procedimento de rotina. Entretanto, esse tipo de porosidade foi observado sobretudo nos grupos em que foi utilizada a fonte elétrica, o que talvez possa ser explicado pelo fato de a temperatura com esse tipo de fonte de calor ser mais controlada, fato que não ocorreu com as outras duas fontes de calor. Segundo Anusavice (1998), a porosidade por

contração localizada tende a ser menor quando a temperatura de fusão da liga é ultrapassada, o que, certamente, ocorreu com as fontes acetileno-oxigênio e gás-oxigênio, nas quais não existe um controle preciso da temperatura de fusão da liga. Lewis (1975) observou esses dois tipos de porosidade e concluiu que, apesar de possuírem origens distintas, ambas levam ao enfraquecimento da estrutura da peça fundida.

Outro fato observado neste estudo foi que a liga Palliag-M, em geral, apresentou maior tendência de porosidade, com níveis mais elevados do que a liga Pors-on, conforme Tabela 2 e Figuras 1 a 16. Isso pode ser explicado pela maior quantidade de prata na composição da liga Palliag-M em relação à liga Pors-on. Segundo Anusavice (1998), a prata, no estado líquido, dissolve o oxigênio proveniente da chama do maçarico e, ao se solidificar, permite que o oxigênio seja expelido na forma de bolhas, ocasionando poros na peça fundida.

Assim, a porosidade, independentemente da fonte de calor utilizada, parece ser inerente ao processo de fundição; o que pode variar é o tipo e a quantidade. No entanto, devem ser adotados procedimentos para evitar ao máximo a presença da porosidade, principal causa dos problemas que surgem na peça fundida.



Figura 1 - Fotomicrografia em microscopia eletrônica de varredura da liga Palliag-M "virgem" (50x).

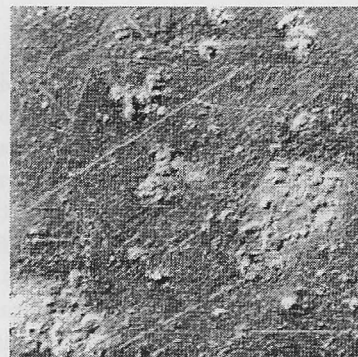


Figura 2 - Fotomicrografia em microscopia eletrônica de varredura da liga Palliag-M "virgem" (500x).

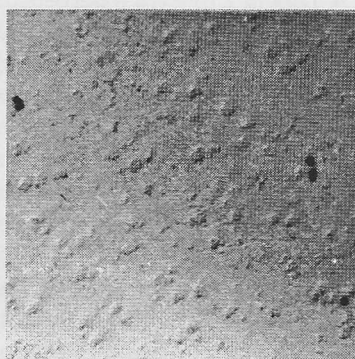


Figura 3 - Fotomicrografia em microscopia eletrônica de varredura da liga Palliag-M fundida com maçarico de gás-oxigênio (50x).

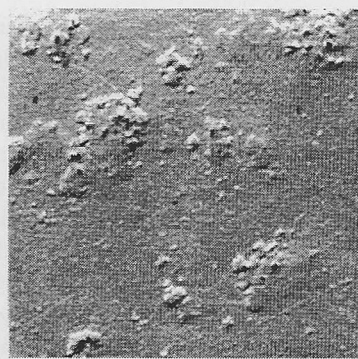


Figura 4 - Fotomicrografia em microscopia eletrônica de varredura da liga Palliag-M fundida com maçarico de gás-oxigênio (500x).

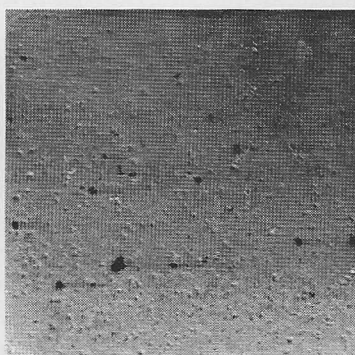


Figura 5 - Fotomicrografia em microscopia eletrônica de varredura da liga Palliag-M fundida com maçarico de oxigênio-acetileno (50x).

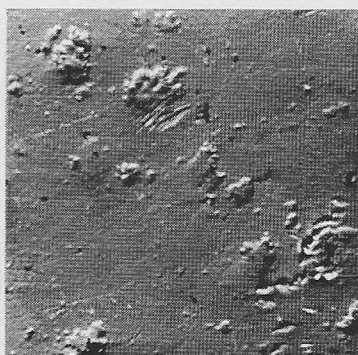


Figura 6 - Fotomicrografia em microscopia eletrônica de varredura da liga Palliag-M fundida com maçarico de oxigênio-acetileno (500x).

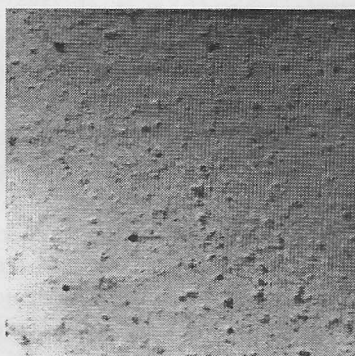


Figura 7 - Fotomicrografia em microscopia eletrônica de varredura da liga Palliag-M fundida com fonte elétrica (50x).

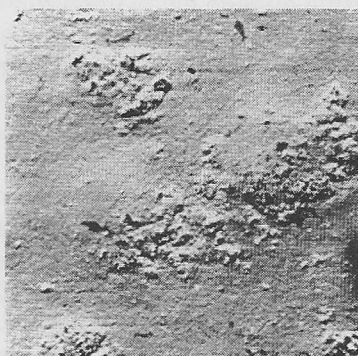


Figura 8 - Fotomicrografia em microscopia eletrônica de varredura da liga Palliag-M fundida com fonte elétrica (500x).

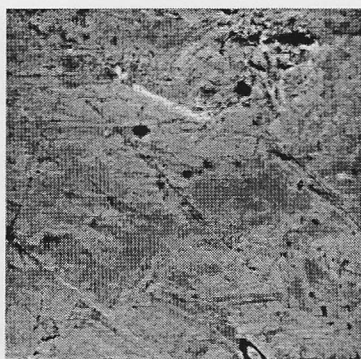


Figura 9 - Fotomicrografia em microscopia eletrônica de varredura da liga Pors-on "virgem" (50x).



Figura 10 - Fotomicrografia em microscopia eletrônica de varredura da liga Pors-on "virgem" (500x).

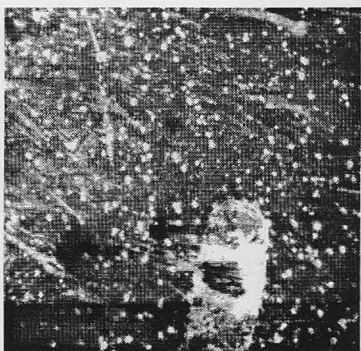


Figura 11 - Fotomicrografia em microscopia eletrônica de varredura da liga Pors-on fundida com maçarico de gás-oxigênio (50x).

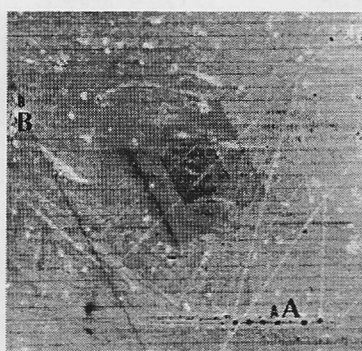


Figura 12 - Fotomicrografia em microscopia eletrônica de varredura da liga Pors-on fundida com maçarico de gás-oxigênio (500x). A, porosidade por oclusão de gases. B, porosidade por contração localizada.

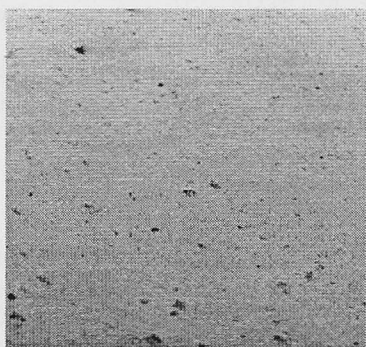


Figura 13 - Fotomicrografia em microscopia eletrônica de varredura da liga Pors-on fundida com maçarico de oxigênio-acetileno (50x).

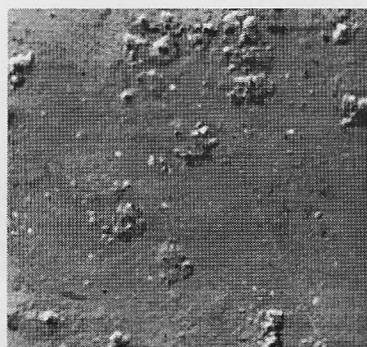


Figura 14 - Fotomicrografia em microscopia eletrônica de varredura da liga Pors-on fundida com maçarico de oxigênio-acetileno (500x).

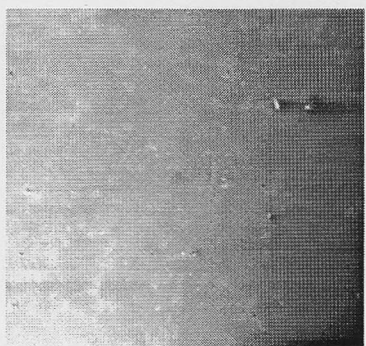


Figura 15 - Fotomicrografia em microscopia eletrônica de varredura da liga Pors-on fundida com fonte elétrica (50x).

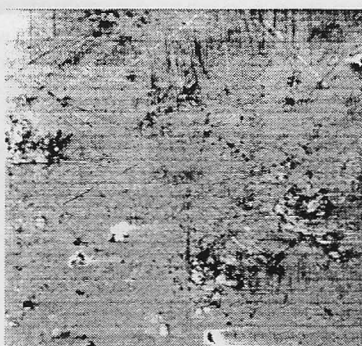


Figura 16 - Fotomicrografia em microscopia eletrônica de varredura da liga Pors-on fundida com fonte elétrica (500x).

Conclusão

Com base nos resultados obtidos neste estudo, conclui-se:

- a) A maior quantidade de porosidade observada tanto no método densiométrico quanto no método de observação em microscopia eletrônica de varredura foi promovida pela fonte de calor acetileno-oxigênio, seguida pelas fontes gás-oxigênio e elétrica.
- b) Em geral, a liga Palliag-M apresentou maior tendência para níveis mais altos de porosidade do que a liga Pors-on 4 nos dois métodos de avaliação.

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the porosity of complete crowns made of palladium-silver (Pors-on) and silver-palladium (Palliag-M) alloys. For the casting of the alloys, three heat sources were used: acetylene-oxygen, gas-oxygen and electric resistance. Thirty specimens were prepared with casting wax in stainless steel die, and divided into two groups of 15 specimens each, according to the alloy used. Then, the specimens were subdivided into three groups of 5 specimens each, according to the heat sources. Then after casting, the specimens were finished and polished. Two methods were used to determine the porosity of the specimens: densitometric and microscopic ones. In the densitometric determination, the alloy densities before and after casting were compared. For the microscopic observation, the specimens were cut, polished and then evaluated using scanning electronic microscopy. The results showed that the highest porosity occurred when acetylene-oxygen heat source was used, followed by gas-oxygen and electric sources. This was observed in both methods. In general, the Palliag-M alloy showed more trend to the higher levels of porosity than the Pors-on 4 alloy, in both methods of evaluation.

Key words: porosity, metal ceramic alloys, dental casting technique.

Tabela 1 – Ligas metálicas avaliadas neste estudo.*

Nome	Composição	Fabricante	Temperatura da zona de fusão
Pallag-M	Au+ 2 %		
	Ag 58,5 %		
	Pd 27,4 %	Degussa S/A	9 500 a 10400 °C
	Cu 10,5 %	Guarulhos / SP	
	Zn+ 2 %		
Pors-on 4	Ir+ 2 %		
	Ag 30 %		
	Pd 57,8 %		
	Sn 6 %	Degussa S/A	11 750 a 12750 °C
	Zn+ 2 %	Guarulhos / SP	
	In 4 %		
	Ru+ 2 %		

* Informações fornecidas pelo fabricante. + Até 2%.

Tabela 2 – Valores de densidade para cada liga avaliada (g/cm³).

Liga metálica	Pors-on		Pallag-M	
	Fonte de calor	Densidade % de porosidade	Densidade % de porosidade	
Catálogo do fabricante		11,10 -	11,40 -	
Liga bruta		11,22 0	11,51 0	
Fonte elétrica		10,91 2,76	11,36 1,30	
Gás-oxigênio		10,96 2,31	11,26 2,17	
Acetileno-oxigênio		10,77 4,01	11,12 3,38	

Referências bibliográficas

ANUSAVICE, K.J. Procedimentos para fundição das ligas odontológicas. In: _____. *Phillips Materiais Dentários*. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1998. p.288-308.

BINDSLEV, P.H.; MJOR, I.A. *Restaurações fundidas*. Dentística operatória moderna. 2. ed. 1993.

CARR, A.B.; BRANTLEY, W.A. Characterization of noble metal implant cylinders: As-received cylinders and cast interfaces with noble metal alloys. *J. Prosth. Dent.*, v.75, n.1, p.77-85, Jan.1996.

CHENG, A.C.; CHAI, J.Y.; GILBERT, J. et al. Investigation of stiffness and microstructure of joints soldered with gas-oxygen torch and infrared methods. *J. Prosth. Dent.*, v.2, n.1, p.8-15, July 1994.

ELARBI, E.A.; ISMAIL, Y.H.; AZARBAL, M. et al. Radiographic detection of porosities in removable partial denture castings. *J. Prosth. Dent.*, v.54, n.5, p.674-677, 1985.

DHARMAR, S.; RATHNASAMY, R.J.; SWAMINATHAN, T.N. Radiographic and metallographic evaluation of porosity defects and grain structure of cast chromium cobalt removable partial dentures. *J. Prosth. Dent.*, v.69, n.4, p.369-373, 1993.

FELTON, D.A.; BAYNE, S.C.; KANOY, B.E. et al. Effect of air abrasives on marginal configurations of porcelain-fused-to-metal alloys: an SEM analysis. *J. Prosth. Dent.*, Saint Louis, v.65, n.1, p.38-43, Jan. 1991.

GOMES, A.A.; VIEIRA, L.F.; TAVANO, O. et al. Análise comparativa da imagem

radiográfica de uniões soldadas em quatro ligas alternativas, utilizando-se duas técnicas de soldagem: no forno e convencional. *Rev. Odontol. Univ. São Paulo*, v.7, n.2, p.151-165, abr./ jun. 1993.

LEWIS, A.J. Microporosity in casting alloys. *Austr. Dent. J.*, v. 20, n.3, p.161-166, June 1975.

MACKER Jr. J.R. An expert system for analysis of casting failures. *Int. J. Prosthodont.*, v.1, n.3, p.268-172, 1988.

MILAN, F.M.; CONSANI, S.; SINHORETI, M.A.C. et al. Influência de três fontes de calor de fundição sobre a adaptação cervical de coroas totais metálicas. *Rev. da Fac. de Odont. Passo Fundo*, v.2, n.2, p.33-42, 1997.

NIELSEN, J.P.; OLLERMANN, R. Suck-back porosity. *Quint Dent. Technol.*, v.1, n.1, p.61-65, 1976.

SYVERUD, M.; OKABE, T.; HERO, H. Casting of Ti-6Al-4V alloy compared with pure Ti in the Ar-arc casting machine. *Eur. J. Oral Sciences*, v.103, p.327-330, 1995.

VAIDYANATHAN, T. K.; SCHULMAN, A.; NIELSEN, J.P. et al. Correlation between macroscopic porosity location and liquid metal pressure in centrifugal casting technique. *J. Dent. Res.*, v.60, n.1, p.59-64, 1981.

VALERA, R.C. *Estudo da adaptação gengival de coroas totais fundidas a partir de padrões de cera, de resina acrílica ativada quimicamente e mistos (R.A.A.Q. + cera)*. 72p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo, Bauru, 1976.

WANG, R.R.; BOYLE, A.M. A simple method for inspection of porosity in titanium casting. *J. Prosth. dent.*, v.70, n.3, p.275-276, 1993.

Agradecimentos

Este trabalho teve o apoio financeiro da Fapesp, através do processo 98/03008-0.

Endereço para correspondência:

Prof. Mário Alexandre Coelho Sinhoret
Av. Limeira, 901 Bairro Vila Rezende
Piracicaba - S.P. CEP 13414-903
Tel.: (019) 430-5374 Fax.: (019) 430-5218
e-mail: sinhoret@fop.unicamp.br