PROCESSOS PARA A ELIMINAÇÃO DE BOLHAS EM FUSÃO DE VIDROS COMPOSTOS

Luiz Carlos Barbosa e
Norberto Aranha,
Universidade Estadual de Campinas,
Instituto de Física, Campinas 13.100 - S.P.
Brasil

A existência de bolhas afeta sobremaneira a transmissão de luz e a resistência mecânica do vidro na confecção de fibras ópticas. Foram testados alguns métodos para a solução deste problema: (1) borbulhamento de O_2, (2) Vácuo e (3) cadinho acelerado. Os métodos a vácuo e o de cadinho acelerado mostram - se eficientes para a eliminação de bolhas, sendo que o vácuo é o mais indicado por ser mais rápido e apresentar uma montagem simples.

Bolhas, eliminação, vácuo

1. Introdução

Altas temperaturas e pureza da matéria-prima utilizada são os requisitos para a fabricação de vidros ópticos . Os componentes utilizados são fundidos e homogeneizados para proporcionar um produto acabado livre de defeitos. Um dos problemas na manufatura do vidro é a existência de bolhas, que afetam a transmissão de luz e a resistência mecânica do material. As principais fontes destas bolhas são (1) Os gases que são revolvidos na fusão; (2) ar enclausurado entre as partículas da matéria-prima, (3) gases provenientes das paredes do cadinho e 4) gases dissolvidos. Análise química destas bolhas indica que

são mais comumente encontrados o O_2, CO_2, N_2 e H_2O. As bolhas de maior diâmetro sobem até a superfície e as pequenas dissolvem-se no líquido.

O presente trabalho mostra alguns métodos para a eliminação das bolhas durante o processo de refino do vidro fundido.

A princípio, temos dois métodos para a eliminação das bolhas: (1) aumentar o tamanho , e com isto, acelerá-las até a superfície do líquido (borbulhamento de gases e vácuo) e (2) revolver as camadas do líquido ordenadamente (cadinho acelerado).

2. Teoria

Para o primeiro método, temos que a taxa de ascenção (1) de uma bolha é dada por:

$$\frac{dH}{dT} = \frac{1}{3\eta} \rho g R_B^2 \qquad (1)$$

onde ρ é a densidade do vidro, g a aceleração da gravidade, R_B é o raio da bolha, η é a viscosidade e H a profundidade da bolha. Por esta equação nota-se que, quanto maior for o raio da bolha, maior será a sua velocidade de ascenção. Consideremos uma bolha esférica em equilíbrio, no interior do vidro fundido com volume V, cuja pressão interna seja P, com n moles de gás em seu interior. Esta é mantida estável pela tensão superficial σ e pela pressão hidrostática da coluna de vidro líquido acima, isto é, $P_o + \rho gh$, onde P_o é a pressão atmosférica e h a profundidade em que se encontra a bolha. Aplicando a condição de equilíbrio de forças na bolha, tem-se:

$$P_{int} = P_{ext}$$

ou

$$\frac{nRT}{4/3\pi R_B^3} = P_o + \rho gh$$

rearranjando-se os têrmos, teremos:

$$R_B^3 + \frac{16\pi\sigma}{4\pi(P_o+\rho gh)} R_B^2 - \frac{3nRT}{16\pi(P_o+\rho gh)} = 0 \qquad (2)$$

a extração das raízes (2) mostra um valor real e dois valores complexos, portanto :

$$R_B = \sqrt[3]{\frac{0,238\ nRT}{P_o+\rho gh}} \qquad (3)$$

onde n é o número de moles do gás no interior da bolha, R é a constante dos gases, T é a temperatura absoluta e P_o é a pressão atmosférica.

Através da equação (3) observamos que o raio da bolha é proporcional à temperatura e inversamente proporcional à pressão atmosférica.

No caso de cadinho acelerado, as bolhas são "carregadas" até a superfície pelo movimento ascendente das camadas do líquido, este processo é explicado pela teoria do "fluxo de camadas de Ekman".

O fluxo de camadas de Ekman, isto é, um fluxo radial dentro de uma estrita camada horizontal, ocorre sempre que há uma diferença na taxa de rotação, se estacionário ou temporário, entre o meio hidrodinâmico e um limite sólido que é aproximadamente perpendicular ao eixo de rotação. Este tipo de fluxo é mostrado na fig.1(a) onde vemos o movimento do líquido durante a rotação do cadinho. Dentro da camada a velocidade radial tem um valor máximo dado por (4):

$$V = R\Omega_o \qquad (4)$$

onde R é o número de Rayleigh e Ω_o é a taxa de rotação.

A velocidade vertical na maior parte do recipiente é consideravelmente menor, é dada por:

$$w = \sqrt{\frac{\eta\Omega_o}{\rho}} \qquad (5)$$

onde η é a viscosidade e ρ a densidade.

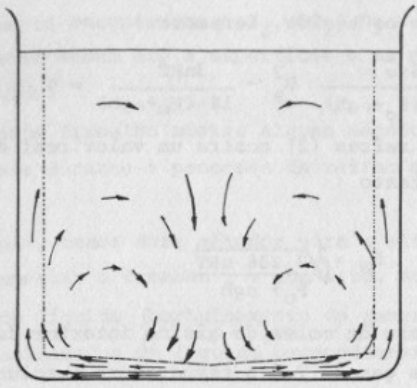
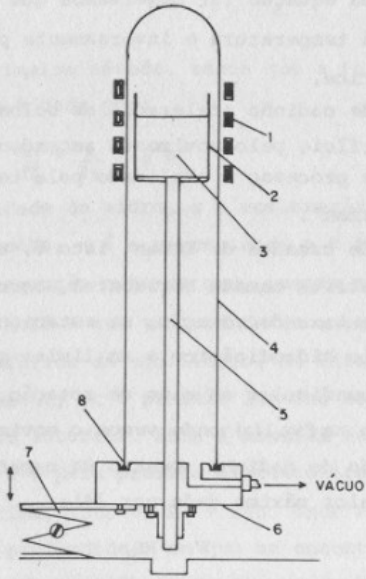


FIG. 1 - (a) FLUXO DE CAMADAS DE EKMAM;



(b) CÂMARA DE FUSÃO - (1) ESPIRAL DE INDUÇÃO; (2) CADINHO; (3) VIDRO; (4) TUBO FECHADO; (5) SUPORTE DO CADINHO; (6) SUPORTE DO TUBO; (7) BASE e (8) ANEL DE VEDAÇÃO.

3. Procedimento Experimental

Foram preparadas 300 grs. de vidro com 50% SiO_2, 20% Na_2O e 30% B_2O_3. O quartzo nacional foi empregado como matéria - prima para o SiO_2 e o Na_2O e B_2O_3, de grau analítico, foram obtidos através das reações químicas: (Fig. 1. b.)

$$2H_3\,BO_3 \xrightarrow{1200^oC} B_2O_3 + 3H_2O$$

$$Na_2\,CO_3 \longrightarrow Na_2O + CO_2$$

Após a mistura dos pós, uma pequena porção é então colocada no cadinho dentro da espira de indução do forno. Foi feito um pré-aquecimento, utilizando-se de um susceptor de grafite. Após a fusão inicial, retira-se o grafite permitindo que a potência do forno dissipasse diretamente no vidro que já era um líquido viscoso. A temperatura é elevada a 1200°C, e a intervalos de 10 minutos colocam-se porções da mistura até que toda a matéria-prima seja transferida para o cadinho. Após esta etapa, espera-se aproximadamente 2 horas para que haja a liberação para a atmosfera dos gases (CO_2, H_2O), resultantes do processo. Feito isto, partimos para os processos de refino:

(1) Borbulhamento dos gases: através de um tubo de alumina, introduzido no vidro líquido, borbulhamos O_2 durante ≈ 5 horas. O gás incorporar-se-á à bolha aumentando seu tamanho, e com isto acelerando-a até a superfície.

(2) Sistema a vácuo: o sistema foi montado, e o evacuamento, controlado por uma válvula de entrada de ar e o nanômetro , foi iniciado e mantido durante 40 minutos. A pressão utilizada foi de 25 Torr.

(3) Cadinho acelerado: Depois de montado o sistema (fig. 2), selecionamos através do gerador de sinal a velocidade e a função desejadas (Fig. 3). O cadinho contendo o vidro fundido é acelerado até 40 rpm e em seguida desacelerado, mudando seu sentido de rotação quando atinge velocidade zero, e assim sucessivamente.

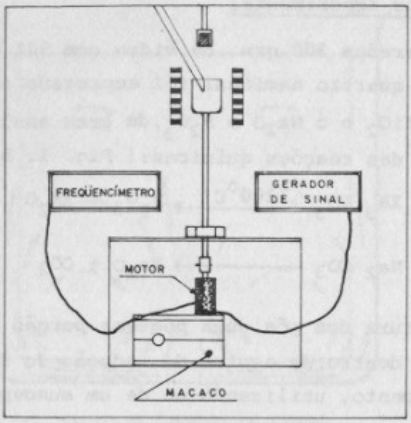


FIG. 2 - SISTEMA DE CADINHO ACELERADO.

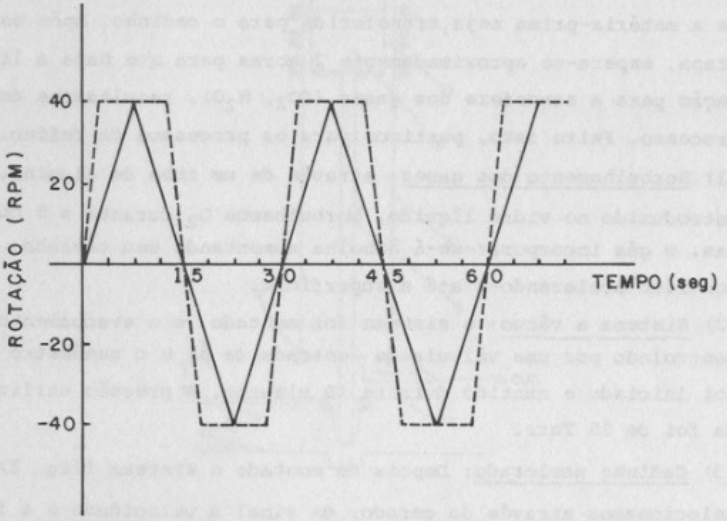


FIG. 3 - FUNÇÕES UTILIZADAS.

O tempo necessário para que todas as bolhas sejam retiradas é de 1,5 horas.

Ao final de cada processo descrito, o vidro foi despejado em um molde de grafite e colocado em uma mufla para tratamento térmico a 550°C, durante 10 minutos e resfriado à taxa normal de dissipação do forno desligado.

4. Resultados

A utilização do borbulhamento de O_2 mostrou-se deficiente, pois não elimina as pequenas bolhas, além de apresentar a desvantagem do tempo muito longo para o processo e da utilização de gases secos e purificados para evitar contaminações extras.

Por outro lado, o vácuo e o cadinho acelerado apresentaram bons resultados. Vácuo da ordem de 25 Torr apresentou maior eficiência na remoção das bolhas. Para produzir a homogeneização do vidro fundido basta aumentar o vácup até 5 Torr, este valor provoca fortes agitações no vidro. Finalmente, para o caso do cadinho acelerado, as funções utilizadas (triangular e quadrada) (figura 3), assim como a velocidade, mostraram-se adequadas para o refino do vidro, além de produzirem a homogeneização do mesmo durante o processo.

5. Conclusões

A preparação de vidros compostos, pelo aquecimento indutivo por radio-frequência sempre apresentou problemas principalmente com relação à homogeneidade das amostras e a presença de bolhas.

O sistema de vácuo e de cadinho aceletado eliminaram estes problemas, sendo o vácuo mais eficaz por ser um processo mais rápido e menos susceptível a defeitos. Por outro lado, o outro sistema é um pouco mais lento e sujeito a defeitos, por apresentar um maior número de controles.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem à Telebrás S/A pelo apoio financeiro e ao técnico José Brésil pela montagem e confecção das pelas dos sistemas utilizados.

7. Referências

(1) P.S. Epstein e M.S. Plessey, "On the stability of gas bubbles in liquid gas solutions", Journ. Chem. Phys. 18, 11, 1505-09(1950).

(2) M. Abramowitz, "Elementary analytical method algebric equations", in Handbook of Mathematical functions, ed. M. Abramovitz e I. Astegun, Dover Publications, Inc., New York, 17, 1972.

(3) R.B. Brown e R.H. Doremus, "Growth and Dissolution of gas bubbles in molten boric acid", Journ. Am. Ceram. Soc. 59, 11/12, 510-14, 1976.

(4) B. Scott and H. Rawson, "Techniques for producing low loss glasses for optical fiber communications systems", Glass Technology, 14, 115-124, (1973).

(5) L.C. Barbosa , C.R.L. Farias e J.M.L. Costa, "Sistema de produção de vidros compostos a partir do quartzo brasileiro para a fabricação de fibras ópticas", Revista TELEBRÁS, Março de 1984, pp. 5-12.

(6) E.O. Schulz-DuBois, Journal of Cristal Growth, 12, 81-87 (1972), "Accelerated crucible rotation: hydrodynamics and stirring effect".