

PADRÃO INTERNACIONAL PARA DETERMINAÇÃO DE DESEMPENHO DE BOMBAS IÔNICAS - DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DE BOMBEAMENTO

Cláudio Santos, M.J. Ferreira*, R. Landers, C.P. Pinelli e G.M. Gualberto

Instituto de Física "Gleb Wataghin", UNICAMP,
C.P. 6165, 13081-970, Campinas, SP

*Laboratório Nacional de Luz Síncrotron,
C.P. 6162, 13087-410, Campinas, SP

RESUMO

Um projeto de fabricação e desenvolvimento de equipamento de completa com a determinação, por um processo de avaliação bem determinado e confiável, das características de seu desempenho. O Laboratório de Vácuo do Instituto de Física "Gleb Wataghin"/UNICAMP - LVac projetou e fabricou um protótipo de bomba iônica por "sputtering"-BI que atingiu a pressão total final de $2,4 \times 10^{-10}$ mbar e velocidade de bombeamento de 70 l/s a 2×10^{-6} mbar. Para caracterizar esse protótipo, foi projetada e construída uma estação de testes de acordo com a norma 3556/1, de 1974, da International Organization for Standardization-ISO. Foi realizada a caracterização do protótipo desenvolvido pelo LVac e de uma bomba Varian, Starcell. Os resultados obtidos permitiram desenvolver uma segunda versão do protótipo, de alto desempenho na região de ultra alto vácuo, e de um protótipo que deverá apresentar grande eficiência no bombeamento de gases nobres.

1. INTRODUÇÃO

O LVac, criado em 1987, tem como um de seus mais importantes objetivos o desenvolvimento de tecnologia de alto e ultra alto vácuo. Este desenvolvimento envolve não só o projeto e fabricação de protótipos como, também, o desenvolvimento de equipamentos para a determinação das características de desempenho dos protótipos, segundo normas internacionais. Recentemente, o LVac projetou e construiu um protótipo de bomba iônica por "sputtering" [1]. Para a caracterização desse protótipo foi projetada e construída pelo Laboratório Nacional de Luz Síncrotron - LNLS, em colaboração com o LVac, uma estação de testes que segue a norma ISO-3556/1, de 1974. O método de medida utilizado nessa norma, para a determinação da velocidade de bombeamento, é o método conhecido como "método dos dois sensores e orifício calibrado" proposto por Barre et al [2]. A câmara de testes tem a forma cilíndrica com dimensões geométricas e posições dos medidores de pressão, do orifício calibrado e da entrada de gás baseadas nos estudos realizados por Stickney e Dayton [3], Nöller [4], Steckelmacher [5-7], Dayton [8], Buhl e Trandelenburg [9] e Fischer e Mommsen [10].

2. EQUIPAMENTO DE MEDIDA

2.1 - Câmara para Medida de Pressão Total Final

A figura 1 mostra a câmara de medida de pressão total final, construída em aço inox, AISI 304. O

diâmetro interno D é igual ao diâmetro da entrada da BI (100mm, no presente caso). A altura da câmara é $3D/2$; a câmara é conectada ao sistema de vácuo secundário através de uma válvula tratável termicamente a 250°C . A tubulação para o medidor de pressão é um "cotovelo a 90° ", localizado à altura de $D/2$ acima da base da flange inferior da câmara e tem condutância para ar acima de $25\text{dm}^3/\text{s}$. Os anéis de vedação são de cobre.

2.2 - Câmara para Medida de Velocidade de Bombeamento

A figura 2 mostra a câmara para medida de velocidade de bombeamento (S), construída em aço inox AISI 304. O diâmetro interno D é igual ao diâmetro interno da entrada da BI (100mm). A altura da câmara é $3D$ e o diâmetro do orifício calibrado deve ter um valor entre $0,05D$ e $0,1D$ para bombas com diâmetro $D > 100\text{mm}$ (para $D < 100\text{mm}$, o diâmetro deve ser escolhido tal que $5 < P_1/P_2 < 100$). As tubulações, em ângulo reto, para os medidores de pressão P_1 e P_2 , tem condutâncias para ar superior a $25\text{dm}^3/\text{s}$.

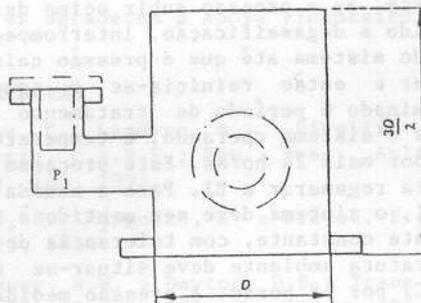


Fig. 1 - Câmara de teste para determinação de pressão total final

2.3 - Medidores de Pressão

São utilizados dois medidores de pressão do tipo "ion-gauge" colocados em P_1 e em P_2 (figs.1 e 2). Esses medidores devem ser calibrados e o erro de medida de pressão não deve exceder $\pm 10\%$. A densidade de fluxo magnético nas vizinhanças dos medidores devido aos magnetos da BI deve ser suficientemente baixa de tal modo a não afetar a sensibilidade dos medidores em mais do que $\pm 3\%$. A fim de reduzir a corrente residual produzida por elétrons desorvidos por íons, a corrente de ionização dos medidores deve situar-se entre 1 e 10mA.

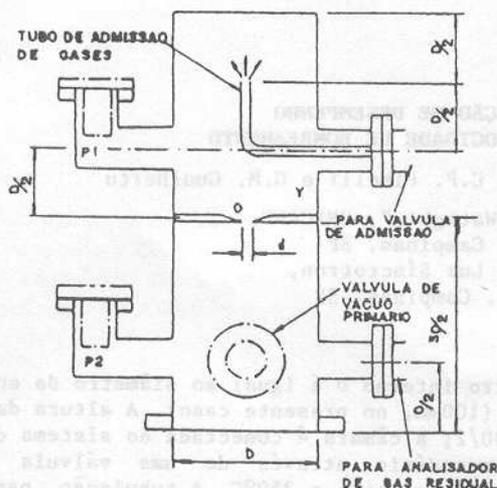


Fig. 2 - Câmara de teste para determinação da velocidade de bombeamento (S)

3. PROCEDIMENTO

3.1 - Medida de Pressão Total Final

Com a câmara de testes conectada à BI, faz-se um tratamento térmico regenerativo bombeando-se o conjunto com um sistema de bombeamento secundário (bomba turbo, no presente caso) até que a pressão atinja a pressão mínima de partida da BI ($P - 1,3 \times 10^{-4}$ mbar, no presente caso); a câmara de testes e a BI devem permanecer aquecidas a 250°C por pelo menos 4 horas. Liga-se a BI, isola-se o sistema secundário e mantém-se a câmara de testes e a BI aquecidas a 250°C por um período adicional de 10 horas. Se a pressão subir acima de $- 10^{-4}$ mbar devido à degaseificação, interrompe-se o aquecimento do sistema até que a pressão caia a $- 8 \times 10^{-6}$ mbar e então reinicia-se o aquecimento. Após terminado o período de tratamento térmico, mantém-se o sistema operando, à temperatura ambiente, por mais 24 horas. Este processo é necessário para regenerar a BI. Para a medida da pressão final, o sistema deve ser mantido à temperatura ambiente constante, com tolerância de $\pm 3^\circ\text{C}$ (a temperatura ambiente deve situar-se na faixa $15 - 25^\circ\text{C}$) por 48 horas. A pressão medida durante este intervalo de 48 horas é a pressão final, desde que não ocorra variação significativa no valor medido. Os valores da voltagem aplicada bem como da corrente iônica na bomba devem ser especificados. Deve-se especificar, também, as temperaturas ambiente máxima e mínima ocorridas.

3.2 - Medida de Velocidade de Bombeamento (S)

A câmara para medida de velocidade de bombeamento S, figura 2, é instalada sobre a BI. A admissão do gás na câmara é feita através de uma válvula agulha tratável termicamente, ajustada para se obter uma determinada pressão P_1 acima do orifício calibrado de diâmetro d. Em condições de equilíbrio dinâmico, a pressão P_1 corresponderá a uma pressão P_2 abaixo do orifício, tal que o fluxo Q através do orifício será

$$Q = C(P_1 - P_2) \quad (1)$$

onde C, a condutância molecular (*) do orifício, é dada por

$$C = 3,64(T/M)^{1/2}A \quad (2)$$

T é a temperatura (K), M é o peso molecular do gás (g) e A é a área do orifício (cm^2). No presente caso, $A = 0,785 \text{ cm}^2$.

Em condições de equilíbrio dinâmico, a velocidade de bombeamento da bomba S está relacionada ao fluxo Q por

$$S = Q/P_2 \quad (3)$$

De (1) e (3), tem-se

$$S = C(P_1/P_2 - 1) \quad (4)$$

Para a determinação da velocidade S procede-se, inicialmente, ao tratamento térmico descrito em 3.1. Estabelece-se a pressão final $P_f = P_{2f}$. Bombeia-se então, uma quantidade de gás maior do que "4S" (em unidade $P_a \cdot \text{dm}^3$), onde S' é a velocidade nominal de bombeamento em dm^3/s . Esta quantidade de gás é necessária para estabilizar a bomba. Após este procedimento, fecha-se a válvula agulha e espera-se que a BI atinja a sua pressão final, à temperatura ambiente. Esta pressão não deve ser maior do que 20% da pressão mais baixa em que será determinada a velocidade S. A pressão é, então, aumentada em etapas, admitindo-se gás na câmara para se atingir valores de P_2 na faixa de P_{2f} até $P_2 - 10^{-4}$ mbar. Em cada etapa deste procedimento, P_1 e P_2 devem ser constantes dentro de $\pm 5\%$, durante um período de várias horas. A pressão deve ser diminuída a seguir, em etapas, a fim de se verificar qualquer variação nas medidas de S, para pelo menos um terço do número de pontos medidos durante a fase de subida de pressão. É necessário esperar por um período de algumas horas para a determinação de S, numa dada P_2 , a fim de se assegurar que haja condições de equilíbrio. Considera-se que haja condições de equilíbrio quando qualquer tendência de aumento ou diminuição de S ou de P não exceda $\pm 5\%$, em um período de 1 hora.

3.3 - Teste da Reversibilidade de Procedimento Regenerativo após Estabilização

Repete-se o tratamento térmico regenerativo (3.1) após as medidas de S; mede-se a $P_{f\text{final}}$. Este valor da $P_{f\text{final}}$ não pode exceder a 2 ou 3 vezes o valor medido imediatamente antes das medidas de S. O objetivo deste procedimento é estabelecer que a performance da BI não foi modificada significativamente pelo processo de estabilização.

(*) Para se assegurar que C seja uma condutância molecular,

$$P_1 \leq P_{\text{máx.}} = (5 \cdot 10^{-1}/d)P_a$$

com d em mm.

3.4 - Determinação da Velocidade S Regenerada

O procedimento de tratamento térmico regenerativo exigido para as medidas da P_{final} é realizado com a câmara de testes para determinação da S instalada sobre a BI. Repete-se o procedimento descrito em 3.2. Deve-se aumentar a pressão para checar qualquer variação nas medidas de S para pelo menos 1/3 dos pontos previamente medidos.

4. CARACTERIZAÇÃO DAS BI LVac-I e LVac-II

Foram realizadas, no LNLS, em cooperação com o LVac, as caracterizações da BI projetada e construída pelo LVac, nas duas versões LVac-I e LVac-II, usando orifício de diâmetro = 10mm ($P_{1máx} = 5 \times 10^{-4}$) mbar. Os medidores de pressão utilizados são do tipo Bayard-Alpert, modelo AL 310 L, marca SVT, e foram calibrados na bancada de calibração do LNLS, na faixa (5×10^{-3}) a 10 (-10) mbar. As velocidades de bombeamento foram determinadas para N_2 seco. A figura 3 mostra as curvas de velocidade em função da pressão para os protótipos LVac-I e LVac-II em comparação com a curva de velocidade para a bomba Varian, modelo Starcell, de 60 l/s. A pressão final e a pressão de partida, nos dois protótipos, são de $2,4 \times 10^{-4}$ (-10) mbar e $1,3 \times 10^{-4}$ mbar, respectivamente. A pressão final foi determinada para uma voltagem aplicada de 5200V e corrente iônica de 10 μA .

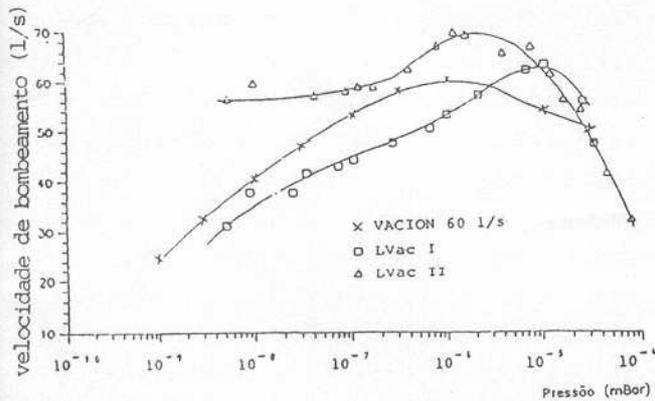


Fig. 3 - Curva de velocidade de bombeamento

5. CONCLUSÕES

a) O LVac e o LNLS possuem, em cooperação, o instrumental e a capacitação para determinar as características de desempenho de bombas iônicas. Assim, esses dois laboratórios se preparam para serem credenciados junto ao INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial) como laboratórios de caracterização e aferição de bombas iônicas. Por outro lado, a possibilidade de uma caracterização confiável de desempenho de BI permite ao LVac prosseguir no seu projeto de desenvolvi-

mento desse tipo de bomba através do uso de geometrias, materiais e parâmetros de alimentação elétrica diferenciados, em busca de equipamentos de eficiência cada vez maior, a preços competitivos.

b) O estudo dos resultados da caracterização do protótipo LVac-I permitiu desenvolver o protótipo LVac-II que apresenta um ótimo desempenho na faixa de pressões mais baixas ($< 5 \times 10^{-7}$) mbar, desempenho este muito superior ao do protótipo LVac-I e ao da bomba Varian/Starcell (vide de tabela 1).

P/mbar \ $S_p/S_{máx}$	4×10^{-5}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	5×10^{-9}
LVac-I	0,75	1,00	0,90	0,70	0,60	0,49
LVac-II	0,44	0,77	1,00	0,85	0,82	0,81
VacIon	0,82	0,90	1,00	0,90	0,68	0,45

Tabela 1 - Eficiência de bombeamento

c) O estudo dos protótipos LVac-I e LVac-II forneceu dados e informações para a construção do protótipo LVac-GN-I, a ser caracterizado a seguir, e que deve apresentar alta eficiência no bombeamento de gases nobres.

d) A experiência adquirida permitirá ao LVac construir instrumental para caracterização de outros tipos de bomba de vácuo (difusora, criogênica, turbo, etc).

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro do CNPq e da FINEP.

7. REFERÊNCIAS

- Santos, C., Landers, R., Pinelli, C. P. e Baptista, C.A.R.P.; Rev. Bras. Aplic. Vácuo, 10(1), 133, 1991.
- Barre, R., Mongodin, G. e Prevot, F.; Le Vide, 61, 25, 1956.
- Stickney, W.W. e Dayton, B.B.; Trans. 10 AVS Nat. Vac. Symp. 1963, Macmillan, 105, 1964.
- Nöller, H.G.; Vacuum, 13(12), 539, 1963.
- Steckelmacher, W.; Vacuum, 14(3), 103, 1964.
- Steckelmacher, W.; Vacuum, 15(5), 249, 1965.
- Steckelmacher, W.; Vacuum, 15(6), 305, 1965
- Dayton, B.B.; Vacuum, 15(2), 53, 1965.
- Buhl, R. e Trendelenburg, E.A.; Vacuum, 15(5), 231, 1966.
- Fischer, E. e Mommsen, H.; Vacuum, 17(6), 309, 1967.