

CONSTRUÇÃO E PRINCIPIOS DE OPERAÇÃO DE BOMBAS
TURBOMOLECULARES

DIETER GOETZ
LEYBOLD-HERAEUS GMBH
COLÔNIA - ALEMANHA

Como a qualidade do vácuo torna-se mais e mais importante para diversas aplicações, as bombas turbomoleculares são cada vez mais utilizadas em pesquisas, desenvolvimento e aplicações industriais. Em todo o mundo, bombas turbomoleculares estão substituindo bombas difusoras devido à vantagens, como: produção de vácuo "limpo" de hidrocarbonetos e facilidades de operação.

Bombas Turbomoleculares, Operações.

1. QUAL É A MELHOR ESCOLHA: BOMBA DIFUSORA, BOMBA CRIOGÊNICA OU BOMBA TURBOMOLECULAR ?

Muitas vezes os usuários enfrentam a questão: qual bomba é melhor para suas aplicações ? Nesta situação, alguns parâmetros podem ser levados em consideração:

BOMBAS DIFUSORAS: são usadas para processos onde a qualidade do vácuo não é importante. Gases residuais como hidrocarbonetos originados do óleo da bomba podem ser encontrados em concentrações relativamente altas comparadas com outros sistemas de bombeamento. O uso de bombas difusoras será cada vez menos significativo em novas tecnologias, onde a qualidade do vácuo é um fator relevante. Processos que requerem grandes velocidades de bombeamento e grande fluxo de massas, continuarão utilizando bombas difusoras. O uso em laboratórios será menos importante no futuro.

BOMBAS CRIOGÊNICAS: São bombas que não usam lubrificantes, portanto, produzem um vácuo limpo, livre de hidrocarbonetos. Bombeiam vapor com alta eficiência, entre tanto, tem baixa capacidade de bombeamento para hidrogênio e hélio. As principais áreas de aplicação são: tecnologia de filme fino, ultra-alto-vácuo e câmaras de simulação espacial. Bombas criogênicas com circuito fechado de refrigeração são disponíveis até 60.000l/s. Devido ao fator de que os gases são absorvidos sobre uma superfície gelada, uma "regeneração" da bomba é necessária após um certo período. Este período depende da pressão de operação e da quantidade de gás bombeado. A necessidade de regeneração é de certa forma uma desvantagem para certas aplicações.

BOMBAS TURBOMOLECULARES: Também fazem vácuo limpo, livre de hidrocarbonetos, mesmo utilizando lubrificantes orgânicos. Bombas turbomoleculares tem boa velocidade de bombeamento para todos os gases. A vantagem sobre as bombas criogênicas é o fato de que o gás é bombeado para a bomba mecânica rotativa, não ficando retido dentro da bomba.

BOMBAS TURBOMOLECULARES X CRIOGÊNICAS: Há uma faixa de velocidade de bombeamento, aproximadamente entre 1000 e 2000l/s, onde ambas tem vantagens e desvantagens. Bombas turbomoleculares são preferidas para velocidades abaixo de 1000l/s por dois motivos: (1) menor tamanho e (2) preço. Se velocidades acima de 2000l/s são necessárias, bombas criogênicas são, em geral, mais eficientes. Se o vapor d'água for o principal "gás" a ser bombeado, a bomba criogênica será a melhor opção; caso seja necessário bombear o hidrogênio ou hélio, a bomba turbomolecular deve ser usada.

BOMBAS TURBOMOLECULARES X DIFUSORAS: É fácil perceber que, no caso de bombas turbomoleculares, não há necessidade do uso de armadilhas refrigeradas com nitrogênio líquido. Bombas turbomoleculares podem ser conectadas diretamente ao sistema, enquanto que as bombas difusoras devem ser equipadas com válvulas, "baffle", armadilhas, "by-pass", etc. o que reduz consideravelmente a velocidade efetiva das mesmas. Bombas turbomoleculares estão prontas para

operação em cerca de 2 min, enquanto que as difusoras necessitam de longos períodos para aquecimento (+ de 20min). Também existe possibilidade de refrigeração a ar para praticamente todos os tamanhos de bombas turbomoleculares, enquanto somente pequenas difusoras podem ser refrigeradas a ar. Bombas turbomoleculares modernas podem ser montadas em qualquer posição, mesmo verticalmente para baixo. O consumo de energia é consideravelmente menor em bombas turbomoleculares. A confiabilidade aumentou de tal forma nos últimos anos, que as bombas turbomoleculares substituirão as bombas difusoras em praticamente todas as aplicações, devido às vantagens expostas acima.

2. DETALHES DE CONSTRUÇÃO DAS BOMBAS TURBOMOLECULARES - MODELO TURBOVAC:

Apesar de que as primeiras bombas turbomoleculares tem construção horizontal com 2 estágios de bombeamento, a construção vertical para bombas turbomoleculares, desenvolvida pela Leybold-Heraeus, é atualmente a mais utilizada. A Figura 1, mostra em vista em corte de uma bomba lubrificada à óleo, a TURBOVAC 450.

O rotor é feito de uma liga especial de alumínio e fixado em 1 eixo guiado por 2 rolamentos. Um orifício cônico no eixo, mergulhado no reservatório de óleo, transporta o óleo até os rolamentos, por meio de força centrífuga; não há necessidade de bomba de óleo. O rotor é acionado por meio de 1 motor de média frequência que é refrigerado à água. Entre os estágios do rotor estão situados os estágios do estator.

O efeito de bombeamento é conseguido através de uma geometria adequada das "palhetas" do rotor que deve girar a velocidades comparáveis às das moléculas dos gases. O gás é comprimido da região de alto-vácuo para a de pré-vácuo na exaustão da bomba, que é conectada a uma bomba mecânica rotativa de pré-vácuo.

Os últimos desenvolvimentos da construção de bombas turbomoleculares são mostrados na Fig. 2. As maiores vantagens sobre as anteriores são:

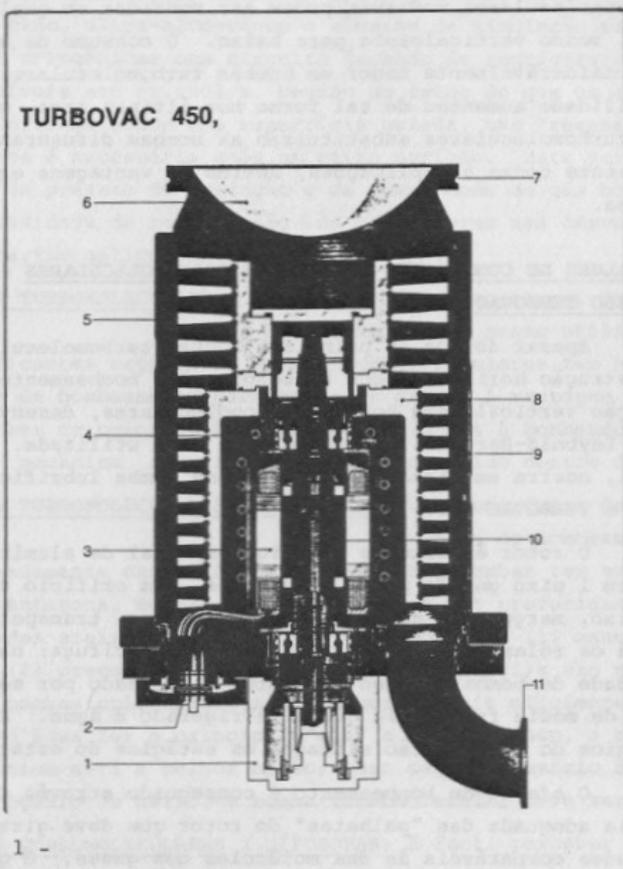


Fig 1 -

- | | |
|----------------------------|------------------------------|
| 1 Oil sump | 7 High vacuum port DN 150 LF |
| 2 Current leadthrough | 8 Rotor |
| 3 Medium frequency motor | 9 Stator package |
| 4 Cooling coil | 10 Motor shaft with oil feed |
| 5 Housing | 11 Fore-vacuum port DN 40 KF |
| 6 Wire-mesh splinter guard | |

A) Montagem tipo "Fuso": os rolamentos são fixados num "alojamento" usinado com grande precisão, aumentando a durabilidade dos mesmos.

B) Lubrificação por graxa, possibilita a montagem da bomba em qualquer posição. Devido ao grande reservatório de graxa, não há necessidade de reengraxamento da bomba.

C) Refrigeração a ar ou água, ainda em alguns tipos sem refrigeração, devido ao pequeno consumo do motor.

D) Montagem Modular: permite trocar o rotor por outro. Com isso, o tempo para manutenção é reduzido consideravelmente.

Para aplicações especiais, as bombas TURBOVAC podem ser fornecidas com entrada para gás de "purga". O princípio de funcionamento destas bombas é mostrado na Fig. 3.

O gás de "purga" é admitido na região do motor mantendo nela uma pressão maior que na exaustão. Isto permite bombear gases corrosivos e/ou abrasivos sem danificar os rolamentos. Um grande nº de bombas são utilizadas a muitos anos com sucesso em processos como: "plasma etching", aluminização de cinescópios, etc.

3. CONSELHOS PRÁTICOS PARA A OPERAÇÃO DE BOMBAS TURBO - MOLECULARES:

As bombas TURBOVAC da Leybold-Heraeus são construídas para operarem sob várias condições. Os conselhos abaixo, poderão ser úteis para encontrar as condições ótimas de operação para bombas turbomoleculares:

PARTIDA: As bombas são ligadas pressionando o botão "START" no conversor de frequência. Não é aconselhável ligar a bomba de pré-vácuo muito antes da turbomolecular. Vapores de óleo da bomba de palhetas rotativas podem condensar na bomba turbomolecular quando fria ou na câmara de vácuo acima da bomba turbomolecular. Na maioria dos casos, é aconselhável ligar as bombas simultaneamente. A rotação da bomba turbomolecular evita o retorno do vapor do óleo.

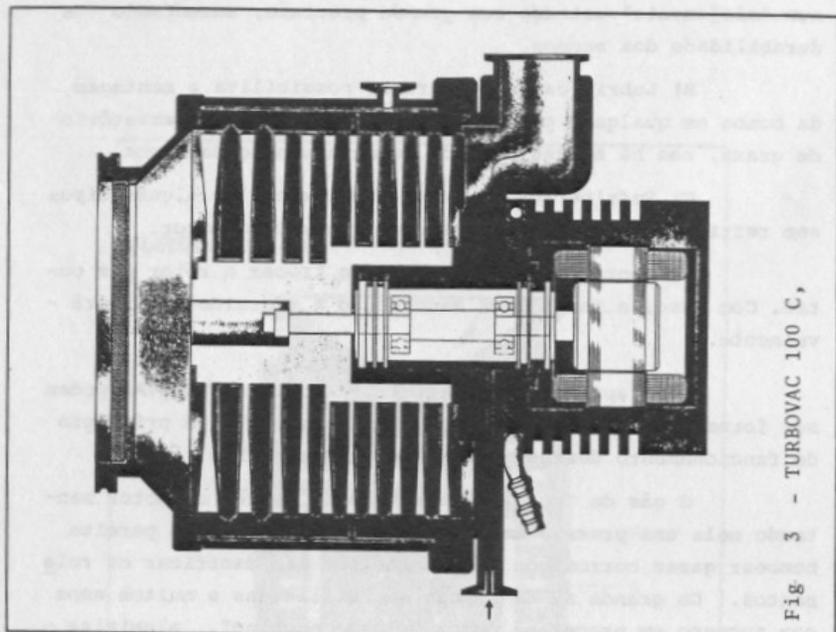
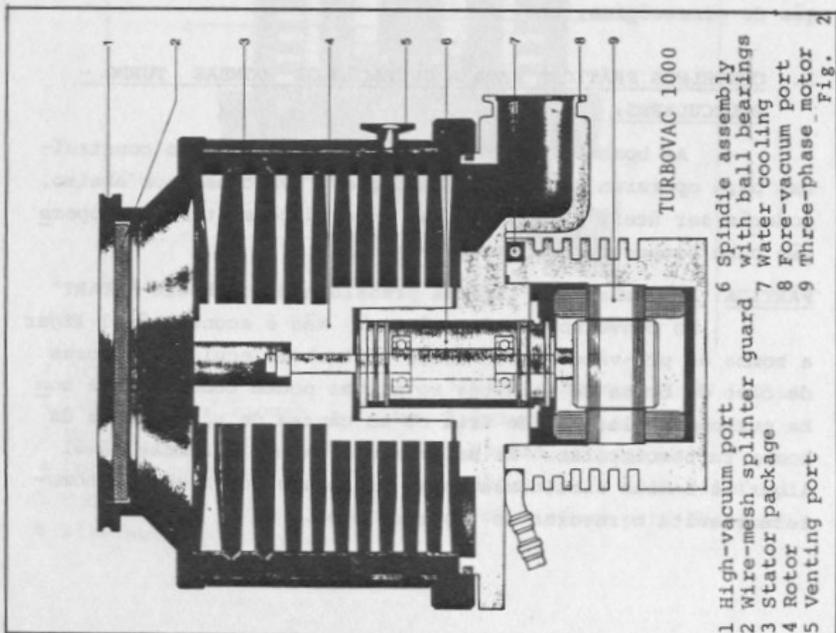


Fig 3 - TURBOVAC 100 C,



PARADA: O motor é desligado pressionando-se o botão "STOP" no conversor de frequência. Pelas razões mencionadas acima (retorno do vapor de óleo), bombas turbomoleculares devem ser sempre "ventiladas" para pressão atmosférica a pós terem sido desligadas.

VENTILAÇÃO: Mesmo que uma ventilação rápida não cause problema nas bombas menores, a ventilação deve ser feita suavemente, a fim de garantir uma longa durabilidade do rotor. Tempos de ventilação da ordem de 20 segundos ou mais, são aceitos normalmente. A ventilação pode ser feita tanto do lado do alto-vácuo, uma admissão lateral (quando existente), ou pela saída de pré-vácuo. Quando a ventilação é feita pela saída de pré-vácuo, um arranjo especial deve ser providenciado de forma a injetar o ar no centro do rotor, isto evita o arraste de vapor de óleo para dentro da bomba turbomolecular.

"BAKE-OUT" DE BOMBAS TURBOMOLECULARES: Sómente é usado se pressões abaixo de 10^{-8} mbar forem necessárias. O aquecimento não é necessário se a faixa de operação for de 10^{-6} a 10^{-7} mbar. A temperatura durante o "bake-out" não deve exceder 120 °C na flange de entrada, temperaturas maiores podem reduzir a durabilidade do rotor.

VIBRAÇÕES: As bombas TURBOVAC tem um nível de vibração extremamente baixo, o que permite o uso de bombas em praticamente todos tipos de sistemas. Para equipamentos extremamente sensíveis a vibração, como microscópios eletrônicos e espectrômetros de massa, as bombas devem ser combinadas com amortecedores especiais.

VIBRAÇÕES EXTERNAS E IMPACTOS: Devem ser evitados em bombas turbomoleculares. Bombas TURBOVAC são relativamente resistentes contra vibrações devido a sua rígida construção. Outras bombas que usam rolamentos magnéticos são muito sensíveis à vibrações externas.

MANUTENÇÃO: Bombas lubrificadas à óleo, devem ter o óleo substituído a cada 5000hs, enquanto que as bombas lubrificadas com graxa, não precisam nenhuma troca.

PRESSÃO FINAL: Para se atingir pressões abaixo de 10^{-8} mbar, a câmara de vácuo deve ser limpa de acordo com as técnicas de ultra-alto-vácuo, a câmara de vácuo e bom ba turbomolecular devem ser aquecidas e selos metálicos são necessários. Exemplos de aplicação de bombas Turbomolecula - res podem ser vista na figura 4.

4. CONCLUSÃO:

O uso de bombas turbomoleculares é muito simples e eficiente, se certos aspectos são considerados. O motivo deste artigo foi comparar bombas turbomoleculares com outros sistemas de bombeamento, mostrar a construção das bombas TURBOVAC e dar alguns conselhos práticos para se ter condições ótimas de operação. Se usadas adequadamente, bombas turbomoleculares são uma das mais sofisticadas ferramentas da moderna tecnologia de vácuo. Isto é confirmado pelo fato de que mais de dez mil bombas turbomoleculares TURBOVAC trabalham satisfatoriamente nas mais diferentes aplicações em pesquisas e indústria.

EXEMPLOS DE APLICAÇÕES DE BOMBAS TURBOMOLECULARES

Indústria de Ótica, Eletrônica e Elétrica:

- * Evaporação de filmes finos
- * Sputtering
- * Tecnologia de Semicondutores (CVD, Plasma Etching, etc)
- * Produção de Tubos de Eletrons
- * Tratamento de Superfícies
- * Produção de Tubos de TV
- * Produção de Lâmpadas.

Outras:

- * Câmaras de Simulação Espacial
- * Ultra-alto-vácuo
- * Fornos a vácuo
- * Solda "Eletron Beam"
- * Impregnação a vácuo
- * Metalurgia

Física de Superfície e Análise de Gases:

- * ESCA, SIMS, AES, XPS
- * Microscopia Eletrônica
- * Crescimento de Cristais
- * Espectrometros de Massa
- * Sistemas de Análise de Gases
- * Fontes de Ions
- * Detetores de Vazamentos
- * Microsondas
- * Fabricação de Osciladores de Quartzo.

Tecnologia Nuclear

- * Aceleradores de Partículas
- * Sistemas de Orientação de Feixes cyclotrons
- * Pesquisas em fusão
- * Sistemas de diagnósticos

FIGURA 4