

## Capítulo VIII

### Componentes de Sistemas de Vácuo

Um sistema de vácuo pode ser formado por muitas partes, tais como a câmara de vácuo, selos, interconexões, passadores e elementos isoladores, ou seja, compreende todos os elementos do sistema, a menos das bombas de vácuo e dos medidores de vácuo. A estanqueidade e a evolução de gás dos componentes determinam a quantidade de gás a ser evacuada, e portanto, qual a especificação das bombas a serem usadas. A pressão mais baixa a ser atingida em um sistema é obtida quando a condição de equilíbrio entre a evolução de gás e a sua retirada é alcançada. Ou seja, a estanqueidade e a evolução de gás dos componentes do sistema é fundamental para a determinação da performance do sistema como um todo.

Temos duas maneiras pelas quais os componentes de um sistema de vácuo podem ser integrados a eles. A primeira delas é através de conexões permanentes, ou não desmontáveis, que são feitas pelos diversos tipos de soldagem de materiais, que resultam em componentes fixos, mais confiáveis e muito duráveis. Este tipo de conexão é usado para a construção de equipamentos que devem ser usados por longos períodos de tempo, sendo relativamente baratos. Por outro lado, há sempre necessidade de se colocar objetos dentro das câmaras de vácuo, fazer limpeza da câmara ou de medidores, ou trocar medidores, ou reparar partes dentro da câmara. Por isso, sempre se tem conexões desmontáveis que permitam estas atividades. Vamos descrever os dois tipos de conexões.

#### Conexões não desmontáveis

Os métodos para fazer as conexões não desmontáveis são fundamentalmente determinados pelas características dos materiais de construção. Os metais podem ser soldados por diversos métodos, as junções fundidas são restritas às juntas de vidro, enquanto colagem são usadas apenas em casos extremos que não requeiram esforço mecânico ou em que não existam tensões térmicas nem problemas de degaseificação e onde não se tem disponível nenhuma outra técnica de selagem.

#### Juntas soldadas (por fusão das partes)

A solda de metais por técnicas convencionais só é possível se as partes consistem essencialmente do mesmo material, ou de materiais bastante similares entre si. As soldas mais comuns e melhor conhecidas são as soldas de aços. As juntas soldadas devem ser livres de poros ou trincas, que são fonte certa de vazamentos. Os aços baixo carbono e os aços inoxidáveis austeníticos de cromo-níquel são particularmente fáceis de serem soldados. Para a tecnologia de vácuo a tecnologia de solda a arco com proteção de argônio é a preferida. Este processo é denominado TIG (do inglês "tungsten inert gas"), pois utiliza uma ponteira de fio ou arame de tungstênio envolvida por uma cápsula de cerâmica pela qual flue um fluxo de argônio, que faz a proteção da zona fundida contra a oxidação. A solda funciona abrindo-se um arco de corrente elétrica entre o fio de tungstênio, que é um eletrodo, e as chapas ou peças de aço a serem soldadas, que é o outro eletrodo, sendo a zona fundida, em geral em forma de um cordão, protegida pelo fluxo de argônio. Este tipo de solda pode produzir soldas livres de escória e oxidações, e pode ser aplicado a chapas finas. As partes a serem soldadas devem ser muito bem limpas e desengraxadas para se obter uma soldagem muito boa. Uma

recomendação é que as partes soldadas devem ser arrumadas de modo tal que o cordão de solda fique dentro do sistema de vácuo, pois o outro lado do cordão pode conter poros ou pequenas falhas de soldagem. Alguns exemplos de arranjos para solda são mostrados na Fig. 8.1.

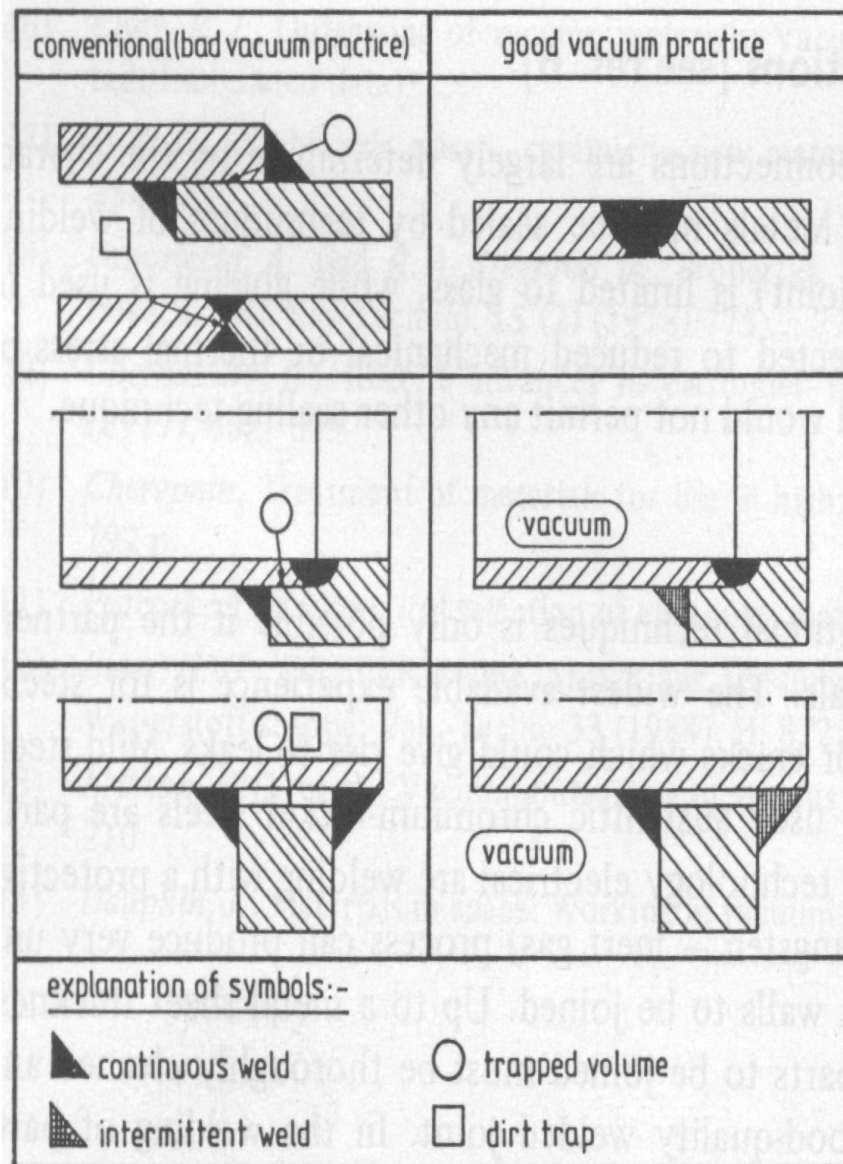


Fig. 8.1: Comparação entre soldas convencionais e arranjos recomendados para vácuo. (Fig. 14.1 Wutz pg. 520)

Além do processo TIG, também as técnicas de microplasma e de feixe eletrônico são muito usadas em tecnologia de vácuo. Ambas estas técnicas de soldagem oferecem melhor profundidade de penetração, em comparação com a largura de solda, que o processo TIG. O processo microplasma permite a junção de folhas finas, enquanto o de feixe eletrônico permite juntar folhas finas com peças maiores, e como neste caso todo o processo se dá sob vácuo, as peças e a solda não ficam sujeitas a oxidação pela atmosfera. O controle preciso da energia do feixe de elétrons e de sua largura, permitindo cordões de solda muito finos, permitem a junção de materiais que são muito atacados na atmosfera e que têm alto ponto de fusão (como os materiais refratários).

A solda por fricção ocasionalmente também é usada para a construção de sistemas de vácuo, particularmente no caso da junção de materiais diferentes, como alumínio e aço inox, fornecendo

junções de alta qualidade para vácuo.

## **Juntas soldadas (por fusão de um terceiro material)**

Temos dois tipos de solda por fusão de um terceiro material (SFTM). A primeira é chamada de solda "mole", na qual se usa como elemento de ligação entre as partes um metal ou uma liga de baixo ponto de fusão, usualmente contendo estanho. A segunda é chamada de solda "dura", e envolve um metal nobre como prata ou ouro, ou ligas destes materiais, que apresentam pontos de fusão mais altos. As soldas moles em geral não são usadas em tecnologia de vácuo, pois, apesar da baixa pressão de vapor do estanho, apresentam baixa resistência mecânica e seu baixo ponto de fusão impede fazer a degaseificação dos sistemas assim soldados em temperaturas mais altas, o que é sempre recomendável fazer. Estas limitações não aparecem para as soldas duras, que, quando feitas seguindo as regras para a tecnologia de vácuo, podem fornecer junções tão boas quanto as obtidas por soldagem por fusão. Em geral as SFTM são feitas em temperaturas acima de 600°C, ou mesmo acima de 900°C, dependendo do material de solda. Preferencialmente, estas soldas devem ser feitas a vácuo ou sob atmosfera protetora, como hidrogênio, por exemplo, que permite a obtenção de junções sem óxidos e com alta resistência mecânica. Este procedimento também evita o uso de fluxos corrosivos, como é necessário se a solda for feita na atmosfera, e que podem dar origem a forte degaseificação devido a componentes voláteis destes fluxos. Tal como no caso das soldas por fusão dos componentes, as SFTM devem satisfazer algumas condições para fornecerem bons resultados:

- as partes a serem soldadas devem ser muito bem limpas;
- deve ser feito um planejamento muito bom da forma da junção, em geral em forma de canal de solda;
- deve-se usar solda (como usualmente é chamado o material a ser fundido) de baixa pressão de vapor;
- a solda deve ter, quando fundida, boas propriedades de fluidez e de molhabilidade das partes a serem juntadas, para preencher adequadamente o canal de solda;
- a solda deve ter um ponto de fusão bem definido, o que favorece a escolha de ligas eutéticas ou metais puros;
- a solda deve ter baixa reatividade química com as partes a serem juntadas.

Existe um grande número de materiais comerciais a serem usados como SFTM, que podem ser classificados em dois grupos: SFTM baseadas em metais nobres, usualmente Ag, e SFTM baseadas em Ni. As SFTM mais comuns estão colocadas na Tabela 8.1, que coloca as ligas ou metais mais convenientes para a tecnologia de vácuo. O título "vacuum solder" da primeira coluna indica a ênfase em SFTM's limpas e livres de gases, ou seja, as que possuem os menores traços de contaminantes de alta pressão de vapor como Cd, Zn e Pb. Se estes contaminantes aparecem na solda em concentrações acima de 1%, elas não devem ser usadas em sistemas de vácuo.

As SFTM baseadas em metais nobres (Ag, Au) são usualmente cerca de 100 vezes mais caras que as baseadas em Ni, o que faz com que estas últimas sejam usadas sempre que se puder trabalhar com elas, ou seja, fazer as soldas em temperaturas mais altas. O alto conteúdo de fósforo em geral não é um problema, pois em geral este elemento está combinado com outro metal formando compostos intermetálicos de baixa pressão de vapor. Uma desvantagem das SFTM baseadas em Ni é que podem conter boro, para aumentar a sua fluidez, o que também faz aumentar a reatividade química destas soldas, podendo levar à fragilização dos cordões de solda por difusão intergranular

do boro e da liga solda, principalmente para o caso de folhas finas. Este efeito leva a se preferir SFTM's de alta temperatura sem boro.

Tabela 8.1: SFTM usualmente recomendadas para uso em tecnologia de vácuo. (Tabela 14.1 Wutz pg. 521)

vacuum solder	operating temperature °C	operating pressure <sup>1)</sup> in mbar	Main applications
CuAgP (60/15/5) ('silphos')	≈ 700	10 <sup>-2</sup> ... 10 <sup>-3</sup>	only for Cu-Cu
Ag/Cu (73/38) (eutectic)	779	10 <sup>-1</sup> ... 10 <sup>-3</sup>	Cu, Fe/Ni
Au/Cu (80/20)	≈ 910	10 <sup>-1</sup> ... 10 <sup>-2</sup>	Cu, Ni, Fe/Co, Fe/Ni, Fe/Cr
Ag	≈ 960	10 <sup>-2</sup> ... 10 <sup>-3</sup>	Fe, Ni
Cu/Au/Ni (63/35/3)	≈ 1030	1 ... 10 <sup>-1</sup>	Ni, Ni/Cu, Fe/Ni
Cu (OFHC)	1084	10 <sup>-2</sup> ... 10 <sup>-3</sup>	Fe, Vacon, Monel
Cu/Ni (70/30)	≈ 1230	< 10 <sup>-3</sup>	W, Mo
Ni/Cr/Si/B/Fe (82/7/4, 5/2, 9/3)	≈ 1025	10 <sup>-2</sup> ... 10 <sup>-4</sup>	Cr/Ni-steel
Ni/Cr/P (77/13/10)	980–1065	5 · 10 <sup>-2</sup>	

<sup>1)</sup> pressure in the chamber, when soldering under vacuum.

As SFTM podem ser utilizadas em forma de fio ou arame, folhas ou pó. Neste último caso, o pó é usado em conjunto com um ligante orgânico, formando uma tinta ou uma pasta, que é aplicada nos lugares formando a junção. Quando aquecidas sob vácuo (técnica também denominada de brazagem a vácuo), os tempos em que as peças são mantidas em alta temperatura devem ser curtos, para evitar qualquer problema de evaporação dos elementos mais voláteis da SFTM, levando a alteração em sua composição, ou a reações químicas com os materiais da junção. Típicamente, tempos de 5 a 10 min são recomendados.

A forma da junção das partes (também chamado filete de solda) requer especial atenção, dependendo do material a ser fundido, do material das partes a serem juntadas e da geometria das partes. A Fig. 8.2 mostra exemplos de geometrias apropriadas e não apropriadas para soldagem em tecnologia de vácuo.

## Selos fundidos (passantes)

Estes selos dizem respeito a junções vidro-vidro e vidro-metal, neste último caso para a formação de passantes, que serão discutidos em maior detalhe mais adiante. A técnica de selos tipo vidro-vidro é importante no caso de pequenos sistemas de alto vácuo ou ultra-alto-vácuo feitos de vidro, e devem ser livres de tensões, que podem ocasionar trincas ou mesmo a fratura das junções. Em geral trata-se da fusão de tubos de vidro para a sua junção, o que pode ser feito manualmente para tubos até 25 mm de diâmetro, ou com o auxílio de máquinas para tubos maiores. Os tubos devem ser do mesmo tipo de vidro para a sua junção. No caso de junção de vidros dissimilares, como vidros silicatos à base de chumbo com vidros tipo Pyrex, por exemplo, em que o primeiro é denominado vidro mole, com alto coeficiente de dilatação térmica e o segundo é denominado vidro



duro, com baixo coeficiente de dilatação térmica, há a necessidade de usar uma sequência de vidros com coeficientes de dilatação térmica variando, por passos, do valor mais alto ao valor mais baixo, de modo que as tensões mecânicas oriundas do aquecimento da junta sejam minimizadas. Este tipo de selo é denominado selo gradual (graded seal).

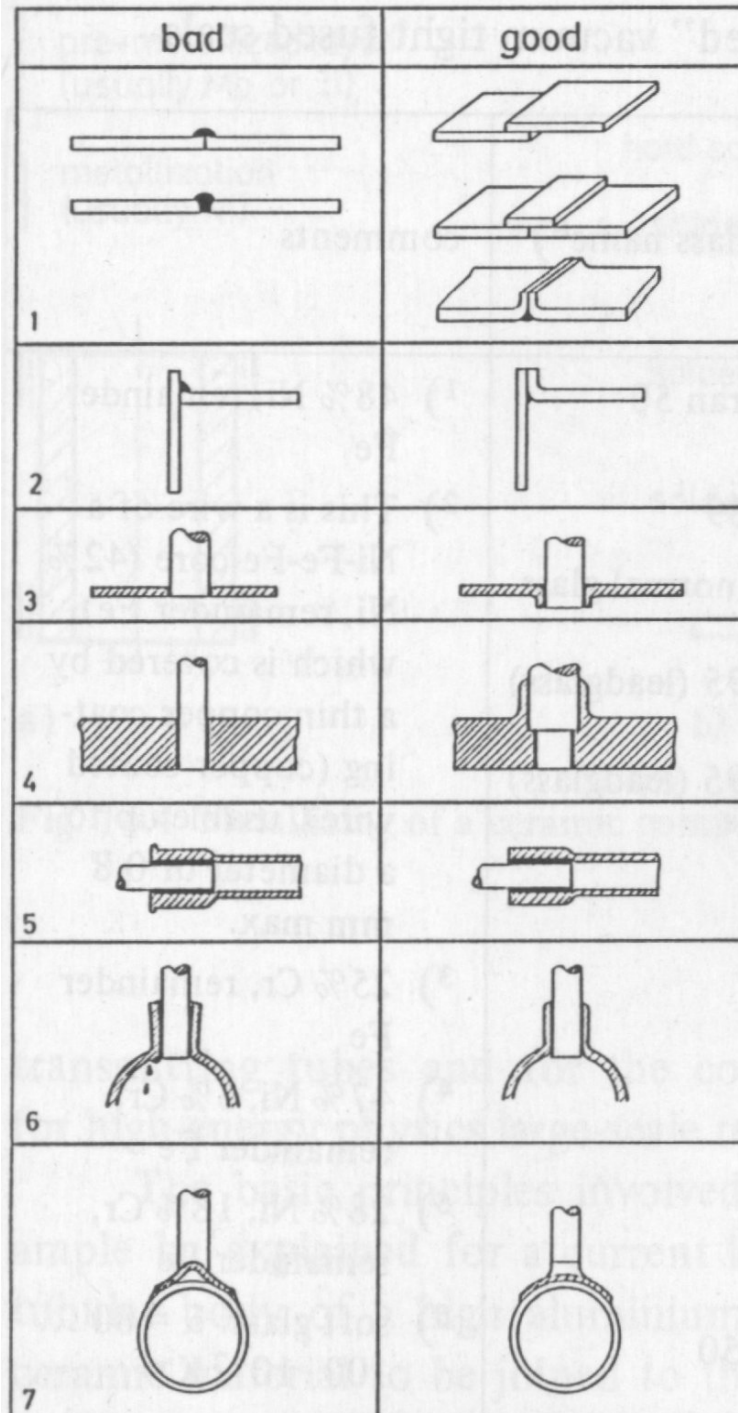


Fig. 8.2: exemplos de geometrias de brazagem para vácuo (Fig. 14.2 Wutz pg. 523)

No caso de junção vidro-metal, os componentes são escolhidos para ter coeficientes de dilatação térmica muito próximos em um grande intervalo de temperaturas, preferencialmente desde a temperatura de amolecimento do vidro, em que este molha o metal, até a temperatura ambiente.

Estes selos são denominados de selos de expansão casada, e a Tabela 8.2 mostra alguns pares de metais e vidros usados para estes selos.

Tabela 8.2: Pares de metais e vidros usualmente utilizados em selos de expansão casada (Tabela 14.2 Wutz pg. 524)

metal (commercial name)	mean thermal expansion coefficient $\bar{\alpha}$ in $10^{-7} \text{ K}^{-1}$	type of glass	glass name <sup>8)</sup>	comments
tungsten	46 (20 ... 600 °C)	hardglass <sup>7)</sup>	Duran 50	1) 48% Ni, remainder Fe 2) This is a wire of a Ni-Fe-Fe-core (42% Ni, remainder Fe) which is covered by a thin copper coating (copper coated wire), usable up to a diameter of 0.8 mm max. 3) 25% Cr, remainder Fe 4) 47% Ni, 5% Cr, remainder Fe 5) 28% Ni, 18% Cr, remainder Fe 6) soft glass: $\bar{\alpha} = 80 \dots 100 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ 7) hard glass: $\bar{\alpha} = 30 \dots 50 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ 8) SCHOTT-glass (Schott + Gen., Mainz)
molybdenum	53 (25 ... 700 °C)	hardglass <sup>7)</sup>	1639	
platinum	56 ( 0 ... 500 °C)	softglass <sup>6)</sup>	16 normal glass	
Nickel-iron <sup>1)</sup> ("NILO-48")	85 ( 0 ... 400 °C)	softglass <sup>6)</sup>	8095 (leadglass)	
Ni/Fe and Cu <sup>2)</sup>	85 ( 0 ... 400 °C)	softglass <sup>6)</sup>	8095 (leadglass)	
chrome-iron (chrome-iron 25) <sup>3)</sup>	110 (25 ... 500 °C)	softglass <sup>6)</sup>		
nickel-chrome-iron (NILO 475) <sup>4)</sup>	52 ( 0 ... 400 °C)	hardglass <sup>7)</sup>	8250	
nickel-cobalt-Fe ("VACON 10") <sup>5)</sup>	50 (20 ... 400 °C)	hardglass <sup>7)</sup>	8250	

Para estes selos, algumas ligas especiais foram desenvolvidas, bem como alguns tipos especiais de vidros. Em termos de metais puros, apenas W, Mo e Pt são usados para estes selos.

Existem muitos casos em que selos de materiais não casados são usados para junção vidro-metal, explorando as propriedades elásticas de paredes metálicas finas ou a alta estabilidade dos vidros sob compressão, que formam os chamados selos de compressão de vidro, como ilustrado pela Fig. 8. 3.

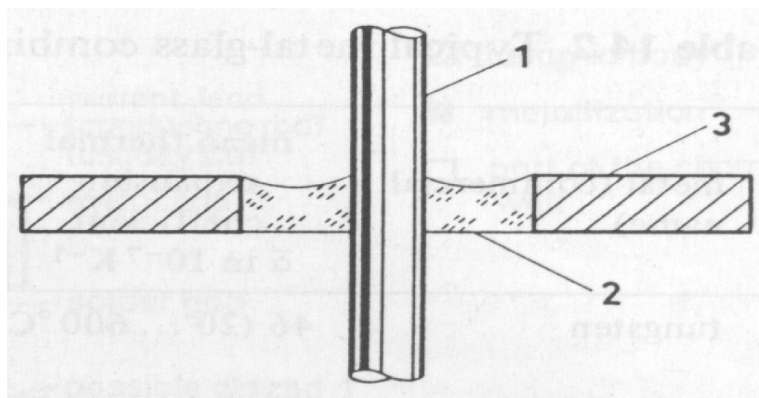


Fig. 8.3: Exemplo de selo de compressão de vidro. (Fig. 14.3 Wutz pg. 523)

## Selos à base de metalização (passantes cerâmicos)

No caso de tecnologia de ultra-alto-vácuo, em que há necessidade de se fazer aquecimento do sistema a altas temperaturas para acelerar o processo de degaseificação, há a necessidade de passantes que mantenham suas propriedades nestas altas temperaturas. Estes passantes também são utilizados em tubos eletrônicos de alta potência e em aceleradores de partículas. O princípio de construção destes selos pode ser ilustrado através de um passante de corrente, como mostrado pela Fig. 8.4.

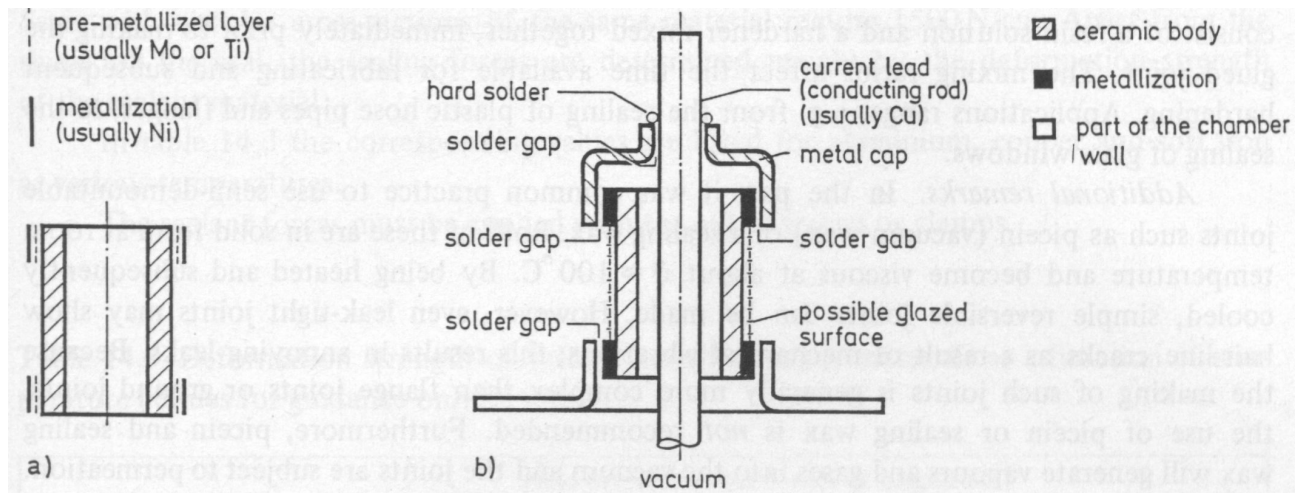


Fig. 8.4: a) metalização de corpo cerâmico; b) passante completo. (Fig. 14.4 Wutz pg. 525)

Primeiramente o corpo cerâmico de alta alumina, com composição entre 92 e 98%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , (Fig. 8.4a) é pré-metalizado depositando uma fina camada de um metal como Mo ou Ti, assegurando que este filme tenha um excelente contacto com a cerâmica. O mesmo processo é usado para safira, para a fabricação de janelas ópticas. Em seguida, uma camada de Ni é depositada em cima deste filme, usando métodos eletrolíticos ou químicos. Em seguida, o conjunto é tratado a  $1000^\circ\text{C}$  em atmosfera de hidrogênio seco, de modo a melhorar o contacto entre o Ni e o filme pré-metizador. A seguir, a camada metalizada assim obtida pode ser brazada a uma capa metálica contendo o eletrodo para a corrente elétrica, como mostrado na Fig. 8.4. Como no caso dos passantes vidro-metal, também no caso das junções cerâmica metal há necessidade de se levar em conta os coeficientes de dilatação térmica dos materiais envolvidos. Algumas vezes o corpo cerâmico é recoberto com um esmalte apropriado nas partes não metalizadas, para se obter uma superfície mais lisa e uniforme, o que melhora as propriedades mecânicas da cerâmica, e facilita a limpeza da peça.

## Juntas desmontáveis

No caso de juntas desmontáveis metálicas, os diversos elementos a serem juntados possuem flanges em suas extremidades, que podem ser apertados um ao outro por parafusos ou abraçadeiras. Como as formas destes flanges sempre fogem da perfeição geométrica, sempre se tem pequenos espaçamentos entre eles, que se tornam caminhos pelos quais gás pode entrar no sistema. Estes espaçamentos dependem também do estado das superfícies que entram em contacto, de como foram usinadas, e da sua resiliência. A taxa de vazamento resultante pode ser grande o suficiente para impedir o trabalho que se quer do sistema de vácuo. Por isso, as junções metálicas com flanges em geral utilizam um elemento elástico, como uma borracha, para efetuar a sua vedação.

Em geral usa-se anéis de elastômeros tipo borracha como elementos selantes para superfícies metálicas. No caso de vidro pode-se usar tanto borrachas como graxas. Os materiais selantes devem ter especificações detalhadas no que diz respeito a degaseificação, permeação, temperatura máxima de trabalho, e desgaste. Pode-se usar também anéis de metais, principalmente Cu, Al, Au ou Ag. A Tabela 8.3 lista os elastômeros mais importantes para a tecnologia de vácuo.

Tabela 8.3: Principais tipos de elastômeros para a tecnologia de vácuo (Tabela 13.3 Wutz pg. 504)

Type Short (DIN/ISO 1629)	Description	Tradename	Characteristic properties	Application in vacuum technology
1. Rubber NR	natural rubber			flexible connection, thick-walled rubber hose pipe
2. PVC soft**	highly polymerised polyvinyl chloride		chemically fairly inert, low cost	flexible connection, vacuum pipe line for use in rough and fine vacuum region
3. NBR	acrylonitrile-butadiene	Perbunan N	not affected by oil good mechanical properties, low cost	used generally in high vacuum seals; sealing rings; temperature range $-25^{\circ}\text{C}$ to $+80^{\circ}\text{C}$
4. CR*	polychloro-butadiene	Neoprene	same as 3.	same as 3.
5. MVQ	silicone rubber	Silopren	withstands temperatures up to $150^{\circ}\text{C}$ continuously	only still rarely used at high temperatures up to $150^{\circ}\text{C}$
6. FPM*	Vinyl fluoride hexafluoropropylene-copolymerisate (fluor-rubber)	Viton	withstands temperatures up to $150^{\circ}\text{C}$ continuously	extensively used in high vacuum technology as a sealing material between bakeable flanges ( $\vartheta < 200^{\circ}\text{C}$ )
7. PTFE*	polytetrafluoroethylene	Teflon Hostaflon Halon	withstands temperatures up to a maximum of $300^{\circ}\text{C}$ , flows and can split under high loads, (unloaded) very low gas evolution	as a bellows material in high and ultra-high vacuum
8. CFM* (PCTFE)	polytrifluoroethylene	Kel F	similar to 7, but can be used down to very low temperatures	valve seals for valves in cryogenic technology
9. —	copolymer of tetrafluoroethylene vinyl ether	Kalrez [ref. 9]	withstands high temperatures ( $300^{\circ}\text{C}$ ) and is chemically inert for a wide range of materials	O-rings, pipe-lines, discs or plates.

É importante uma discussão sobre as forças a serem empregadas em selos mecânicos, que dependem não apenas dos materiais mas também da forma de sua secção transversal. No caso de anéis de borracha o formato mais comum é o circular, formando os assim chamados anéis de borracha, ainda muito comumente chamados pelo nome inglês de "O-rings". Em termos de força por unidade de comprimento do anel, especifica-se tipicamente o valor de 10 N/cm para estes anéis para se ter um selo confiável. Obviamente, as superfícies tanto dos flanges quanto dos anéis devem ser lisas e bem acabadas e não devem estar marcadas ou estragadas, ou mesmo recobertas com filmes de outros materiais. Os selos metálicos exigem forças bem maiores que esse valor. Para o caso de anéis de alumínio com secção transversal rômbrica especifica-se cargas de 1000 N/cm, enquanto para secção transversal circular especifica-se 1500 N/cm. Estas forças devem levar em conta o limite de deformação plástica do material do anel. A Tabela 8.4 coloca esta grandeza em função da temperatura para os materiais mais comuns usados como anéis metálicos. Estas forças devem ser impostas através do uso de parafusos ou grampos.

Tabela 8.4: Limites de deformação plástica para diversos materiais usados como anéis metálicos para vedação (Tabela 14.3 Wutz, pg. 527)

sealant material	yield pressure in bar (order of magnitude)				
	temperature in °C				
	20	100	200	300	400
aluminium	1000	400	200	(50)	
copper	2000	1800	1300	1000	(400)
soft iron (for comparison)	3500	3100	2600	2100	1700

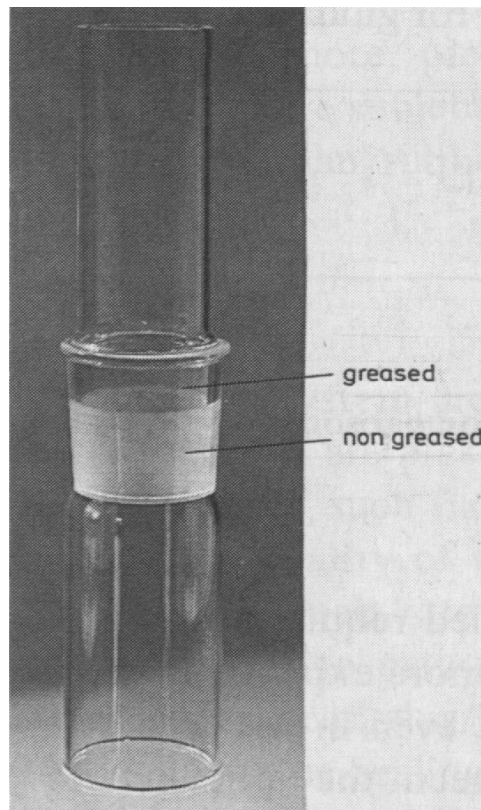


Fig. 8.5: Fotografia de uma junta cônica esmerilhada, com graxa aplicada para selagem. (Fig. 14.5 Wutz pg. 528)

No caso de junções de vidro, a junta mais comum é a cônica esmerilhada (lixada), em que o cone tem pequeno ângulo de abertura. A selagem é conseguida com o auxílio de uma graxa de baixa pressão de vapor, que é aplicada por aproximadamente metade do comprimento da junta, como mostrado pela Fig. 8.5, para prevenir a difusão de elementos voláteis da graxa para a câmara de vácuo, uma vez que a parte da junta que não contém a graxa funciona como uma alta impedância para a difusão destes materiais de alta pressão de vapor.

Estas juntas podem ser unidas também por grampos ou molas, impedindo que uma parte se solte da outra quando o sistema é aberto á atmosfera. Estas juntas transparentes são muito convenientes, pois podem mostrar a existência de vazamentos através de pequenos caminhos, tipo capilares, observados na região com a graxa, de modo que, quando se observa o filme de graxa liso e contínuo, sabe-se que a junção não contém vazamentos. A estanqueidade deste tipo de junta é melhor que a estanqueidade das juntas com elastômeros.

## Conexões com flanges

O desenvolvimento da tecnologia de vácuo levou ao aparecimento de muitos tipos de conexões com flanges em diversos países, levando à necessidade de uma padronização entre os fabricantes. Uma destas padronizações é originária da colaboração de fabricantes europeus de compressores e de bombas e equipamentos de vácuo, dando origem ao padrão PNEUROP. A padronização diz respeito aos diâmetros nominais de aberturas e a todas as dimensões envolvidas no dimensionamento das junções e que permitam a intercambiabilidade entre equipamentos e peças de diferentes fabricantes. Os diâmetros nominais da sequência denominada R10 (que inclui a anterior denominada R5) são descritos na Tabela 8.5.

Tabela 8.5: Diâmetros Nominais DN e diâmetros internos recomendados para flanges padrão internacional para a tecnologia de vácuo. (Tabela 14.4 Wutz pg. 528)

DN	$d_i$ mm
10	10
16	16
20	21
25	24
32	34
40	41
50	51
63	70
80	83
100	102
125	127
160	153
200	213
250	261
320	318
400	400
500	501
630	651
800	800
1000	1000

As recomendações PNEUROP para flanges usados em vácuo foram aceitas pelas normas DIN e por

outras normas nacionais e internacionais, como a norma ISO.

### Conexões com flanges pequenos (padrão KF)

A construção de sistemas de vácuo pode ser muito simplificada e acelerada se se pode evitar conexões flangeadas aparafusadas complexas, e por isso a norma PNEUROP, levando ao conceito de conexões de flanges pequenos (também denominadas engates rápidos) para aberturas nominais até DN 50 tornou-se muito popular. Este tipo de padrão é descrito pela Fig. 8.6.

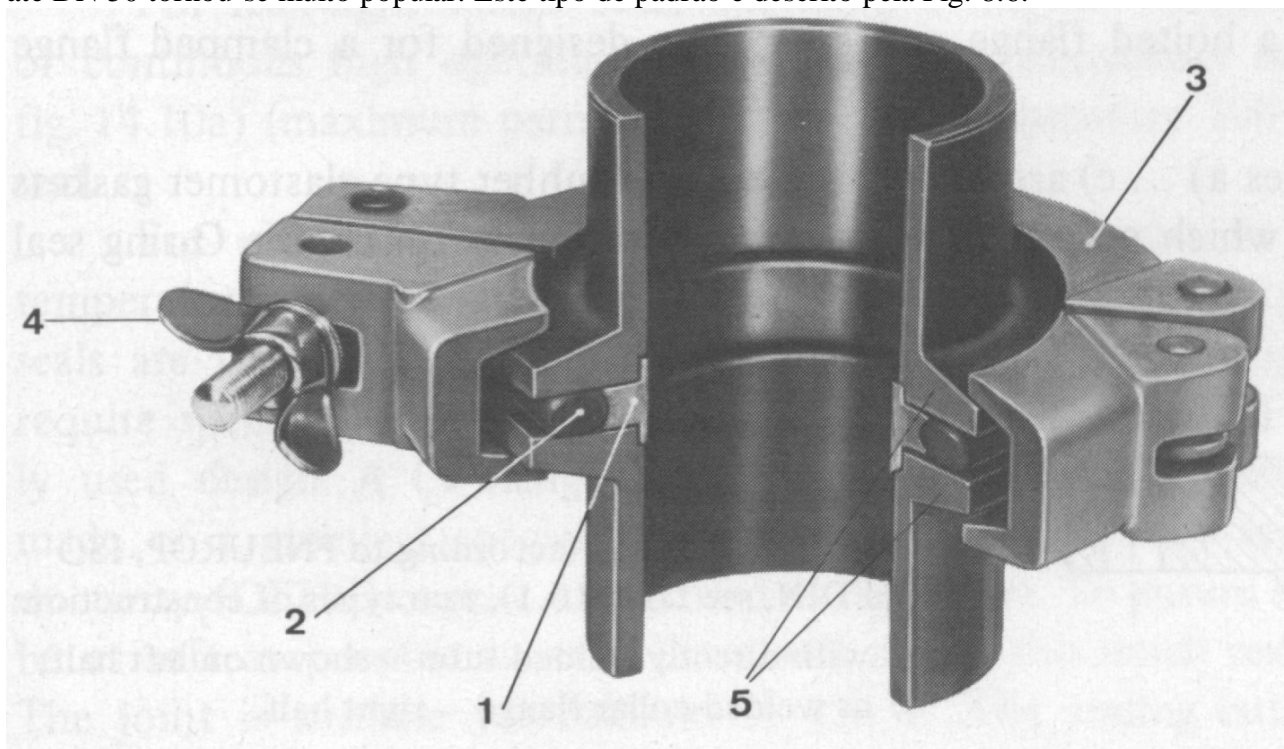


Fig. 8.6: Conexão de engate rápido. 1 – anel de centragem e suporte de anel de borracha; 2 – anel de borracha de neoprene; 3 – abraçadeira; 4 – borboleta aparafusadora; 5 – pequenos flanges tubulares. (Fig. 14.6 Wutz pg. 529)

As duas pontas dos tubos possuem flanges com uma superfície cônica (Fig. 8.6) que são forçadas uma contra a outra por uma abraçadeira também cônica. Entre os dois flanges é colocado um anel metálico juntamente com um anel de borracha. O anel metálico tem três funções importantes: centragem dos tubos através das abas centrais, segurar o anel de borracha que faz a vedação e, através de sua espessura, limitar a máxima deformação do anel de borracha quando o conjunto é apertado pela abraçadeira.

Para o caso de tecnologia de ultra-alto vácuo e maiores temperaturas operacionais emprega-se anéis metálicos de alumínio, como mostrado na Fig. 8.7.



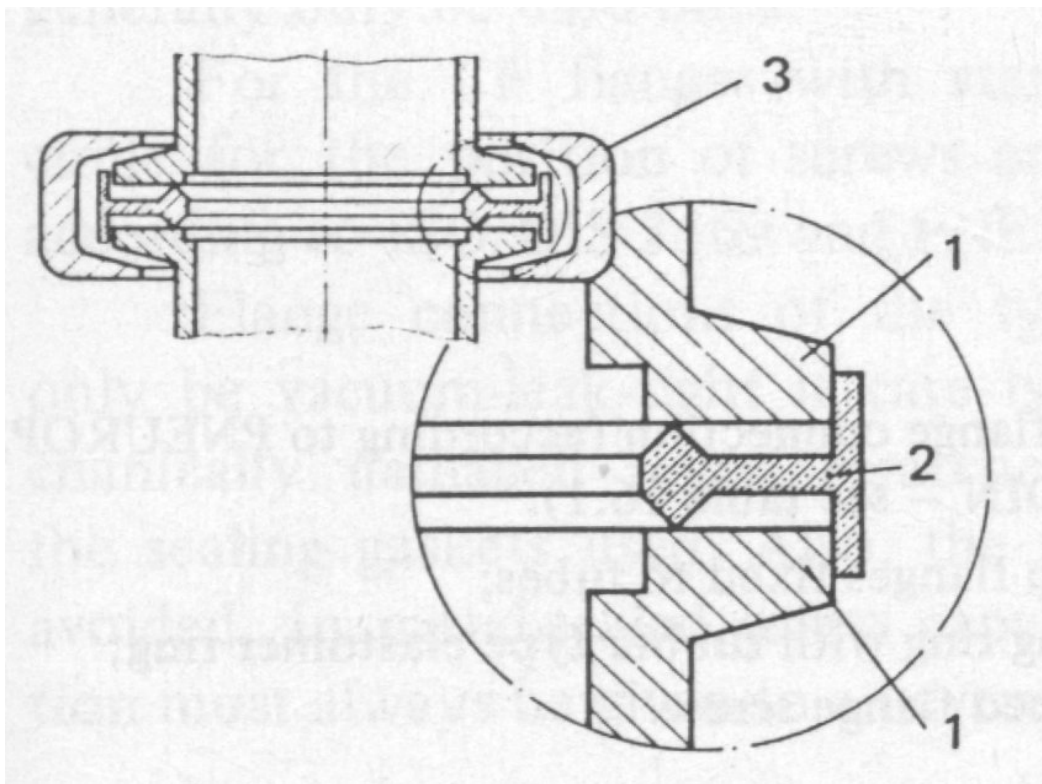


Fig. 8.7: Secção transversal de conexão com anel de alumínio. 1 – flange; 2 – anel de alumínio; 3 – anel (tipo abraçadeira) de aperto. (Fig. 14.7 Wutz pg. 529)

O uso de anéis de alumínio exige maior força de aperto do anel, o que requer o uso de tipos diferentes de abraçadeiras, como por exemplo as tipo corrente, que é ilustrada pela Fig. 8.8.

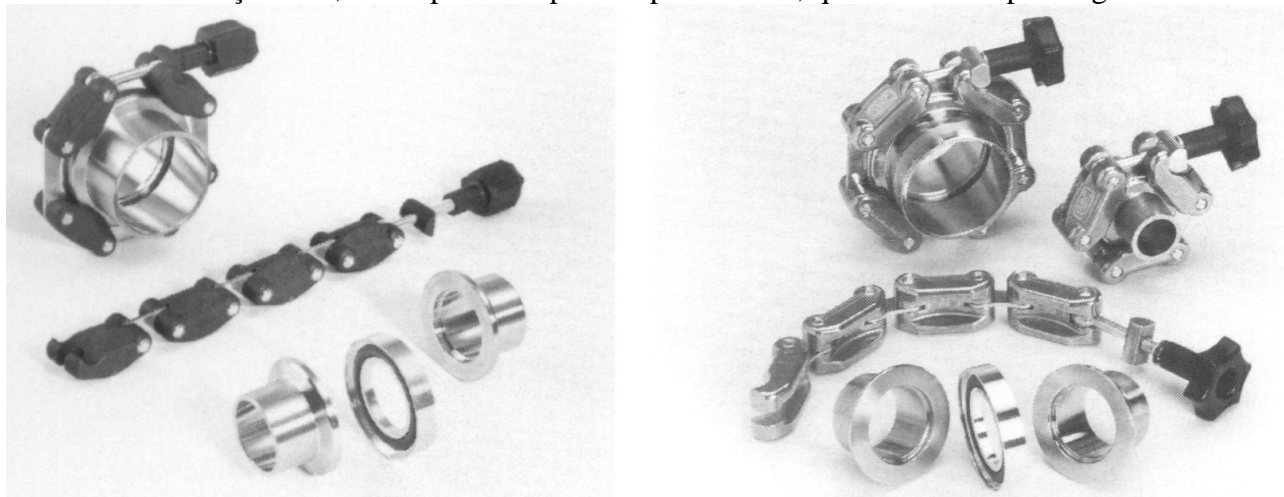


Fig. 8.8: Esquema de abraçadeiras tipo corrente para flanges tipo KF. À esquerda, com elos de material compósito para isolamento elétrico, à direita com elos de metal. (Figs. pg. 7 Cat. Evac)

A Fig. 8.9 mostra os esquemas de anéis de vedação em borracha, com anéis de centragem interna e externa, e anéis de alumínio, também de centragem interna e externa. Evidentemente, o elemento vedante no caso dos anéis de alumínio é parte integral dos anéis, que são projetados para serem intercambiáveis com os anéis de borracha, o que permite a montagem preliminar de sistemas de vácuo para verificar seu funcionamento antes da entrada definitiva em operação, quando os anéis de borracha são substituídos pelos anéis de alumínio, mais caros e re-usáveis poucas vezes. As vedações



de borracha podem ser aquecidas até 110°C, e as de alumínio até 200°C, para degaseificação. Algumas vezes pode-se usar anéis de índio, mas estes podem ser aquecidos tão somente a 100°C para degaseificação.

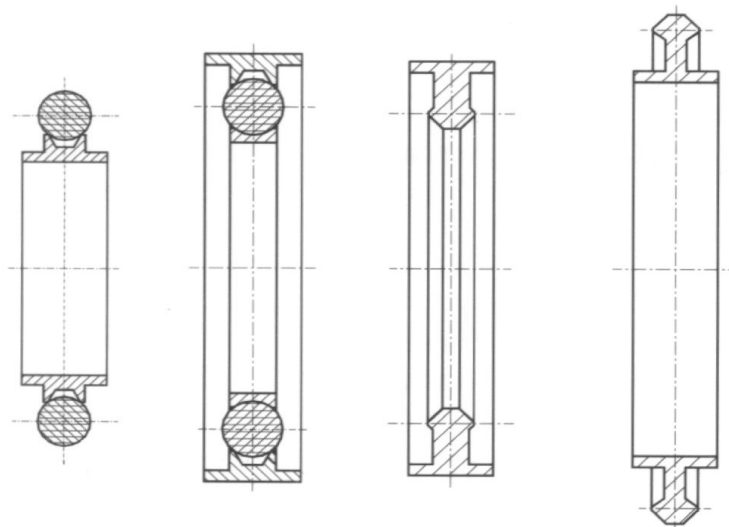


Fig. 8.9: Esquema de anéis de vedação em borracha e em alumínio, com centragem interna e externa. (última Fig. Pg 6 Cat. Evac)

## Conexões com flanges aparafusados

Embora flanges menores possam ser aparafusadas, em geral isto se aplica para diâmetros maiores que DN 50, usando-se dois flanges idênticos. Temos três distinções a fazer:

- flanges soldados ou fixos, que como o nome diz, são soldados aos tubos, possuindo o mesmo número de buracos, que devem ser alinhados para o aparafusamento. A Fig. 8.10 mostra o esquema de um flange deste tipo.
- flanges tipo garra, que também são soldados aos tubos, e que possuem um canal no seu lado externo. Os flanges são juntados e apertados por parafusos com abas em forma de garra, que denominaremos de dupla garra (também chamados "bico de papagaio"), como ilustrado pela Fig. 8.11. Este tipo de flange permite que os tubos sejam girados antes de serem juntados.
- flanges tipo gola (collar ring flanges), em que um tubo ou ambos os tubos possuem flanges tipo garra e um anel de retenção é colocado no canal mais externo, como mostrado nas Figs. 8.12 e 8.13. O flange tipo gola, que permite que o tubo ou os tubos girem para se alinhar, com diversos orifícios para aparafusamento, realiza o aperto forçando o anel de retenção. No caso da Fig. 8.12, temos um tubo com flange tipo garra, ao qual é adicionado o flange tipo gola, que é aparafusado com um tubo que possui um flange fixo. A Fig. 8.13 mostra a situação em que ambos os tubos possuem flanges tipo gola.

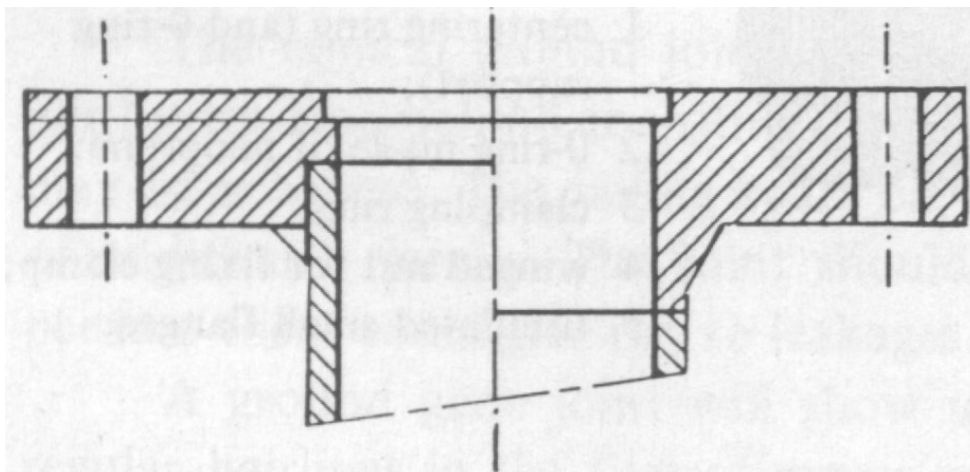


Fig. 8.10: Flange soldado ou fixo: à esquerda, soldado diretamente no tubo; à esquerda, soldado tipo gola. (Fig. 14.8 Wutz pg. 530)

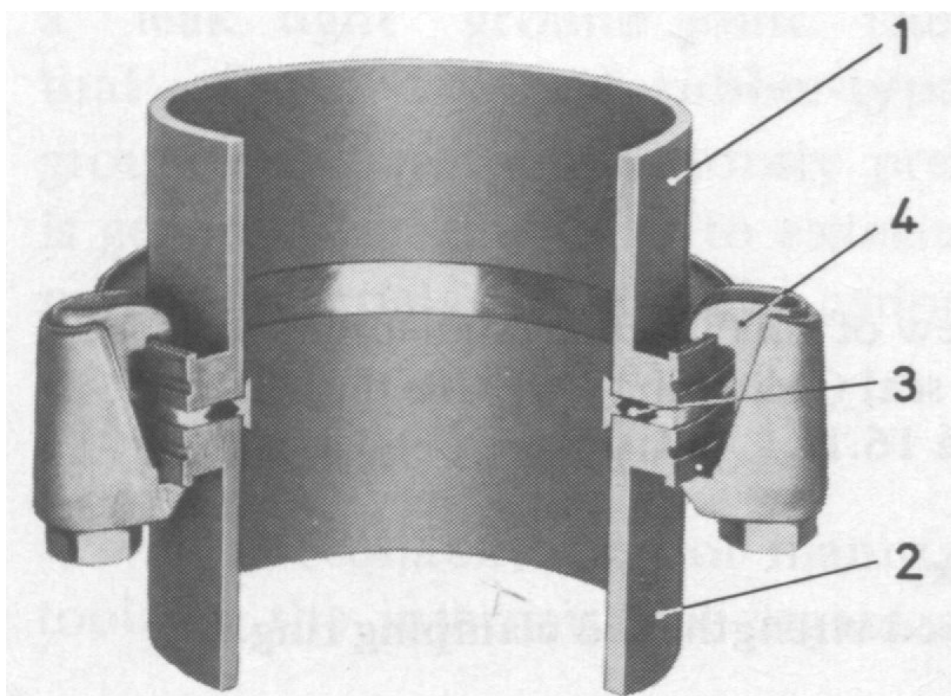


Fig. 8.11: Flange com conexão tipo garra: 1, 2 – flanges tipo garras soldadas aos tubos; 3 – anel de vedação tipo borracha; 4 – dupla garra (bico de papagaio) (Fig. 14.9 Wutz pg. 530)

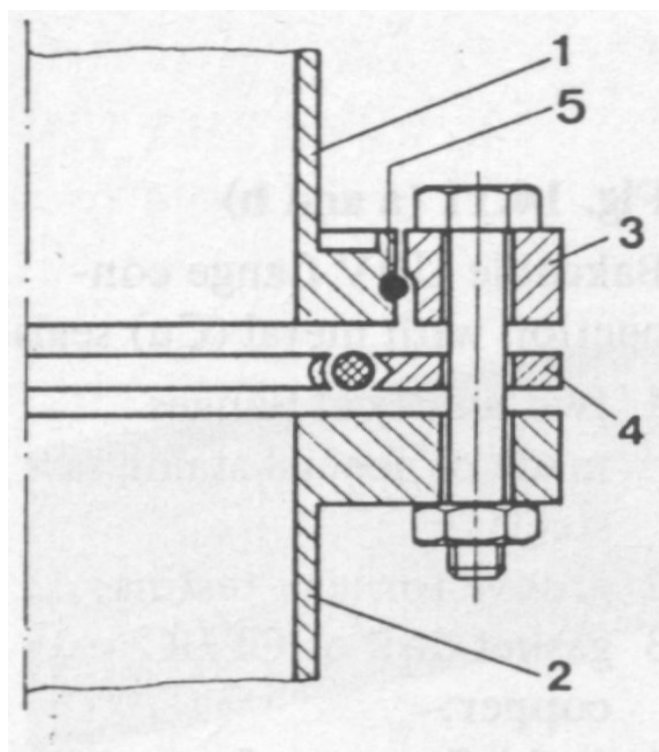


Fig. 8.12: Conexão de flange tipo garra com flange fixo usando flange tipo gola: 1 – flange tipo garra soldado ao tubo; 2 – flange fixo; 3 – flange tipo gola; 4 – disco vedante com anel de borracha; 5 – anel de retenção. (Fig. 14.10 Wutz pg. 531)

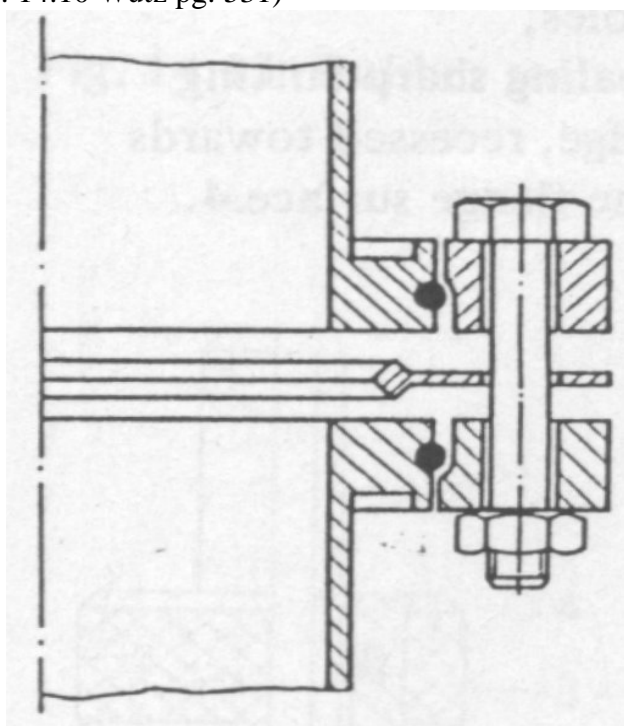


Fig. 8.13: Conexão de flanges tipo garra com flanges tipo gola, com anel de vedação de alumínio (Fig. 14.10a Wutz pg. 531)

Para assegurar estanqueidade para os selos quando em operação a temperaturas mais altas, como no caso de degaseificação, ou no caso de temperatura ambiente alta por causa das condições

do ambiente, recomenda-se o uso de selos de alumínio, que podem trabalhar até 200°C, como já citado acima.

No caso de ultra-alto vácuo, em que são usuais temperaturas de degaseificação da ordem de, ou maiores que 300°C, e em que se exigem baixas taxas de degaseificação ou dessorção na temperatura de trabalho, é essencial o uso de anéis metálicos. Para obter conexões sem vazamentos, todavia, estes anéis precisam ser apertados com muita força, como discutido abaixo, e isso exige formatos especiais para os flanges. O tipo mais usual para ultra-alto vácuo é o tipo CF, mostrado na Fig. 8.14.

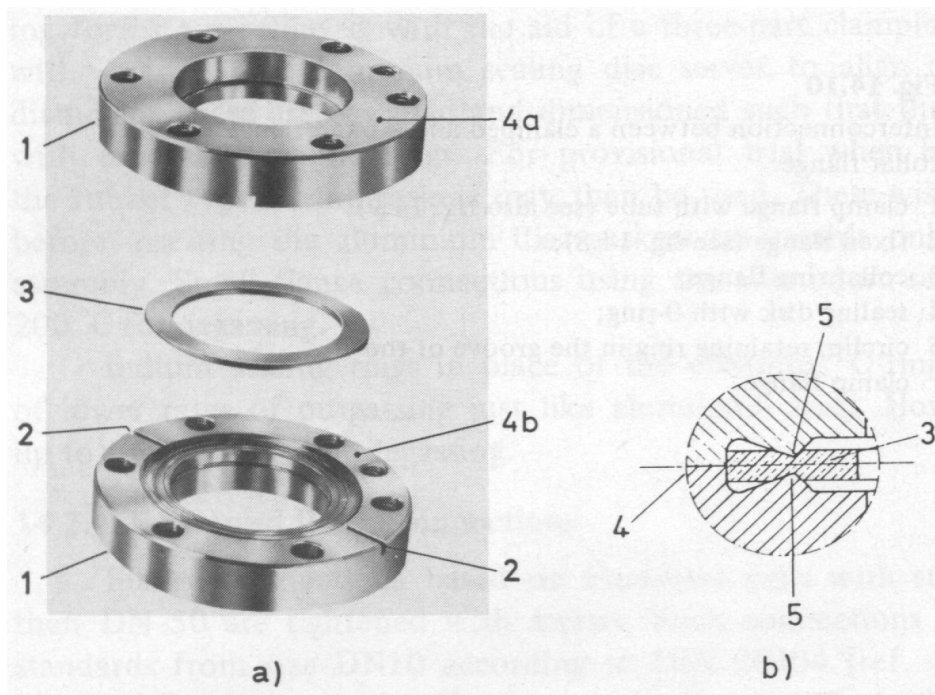


Fig. 8.14: Flange tipo CF recozível para degaseificação: 1 – flanges feitos de aço inox; 2 – canal para teste de vazamento; 3 – anel de cobre OFHC; 4 – superfícies dos flanges com orifícios para parafusos; 5 – faca ou cunha, "desnivelada" em relação à superfície 4 do flange. (Fig. 14.11 a e b Wutz pg. 532)

Uma conexão tipo CF (ou ConFlat) é constituída de dois flanges fabricados em aço inox especial de alta dureza, contendo uma faca circular cada um, situada ligeiramente abaixo da superfície do flange, como ilustrado pela Fig. 8.14. O anel de selagem é um anel de cobre de alta condutividade (elétrica e térmica) e livre de oxigênio, denominado OFHC (do inglês "oxygen free high conductivity"), que é tratado termicamente em alta temperatura para alívio de tensões, tornando-se assim "macio" e dútil, o que é essencial para assegurar a estanqueidade do selo quando os dois flanges são apertados contra o anel pelos parafusos. O fato das facas ou cunhas penetrarem no cobre é que faz o selo. Notar que a profundidade de penetração das facas é limitada pela distância entre o gume da faca e a superfície do flange. Estas juntas podem ser aquecidas a 450°C para degaseificação. Para maiores temperaturas de degaseificação, pode-se usar uma liga de Cu-Ag, denominada OFS, contendo pequena quantidade de prata. Em geral recomenda-se usar os anéis de cobre apenas uma vez, mas o uso pode ser estendido recobrimdo-se-os com prata.

As conexões tipo CF são feitas por parafusos e porcas, e exigem espaço nos sistemas de vácuo e considerável tempo para serem montadas e desmontadas. Por isso, está se tornando popular uma nova forma de conexão de ultra-alto vácuo, também usando anéis de cobre e o mesmo desenho das conexões CF, mas com anéis mais estreitos, que não são mordidos pelas facas, mas apenas apertados pela sua superfície inclinada, como ilustrado pela Fig. 8.15. Estes anéis são denominados

CeFix, e a sua estanqueidade é dada pelo contacto das superfícies inclinadas das facas dos flanges com o anel de cobre.

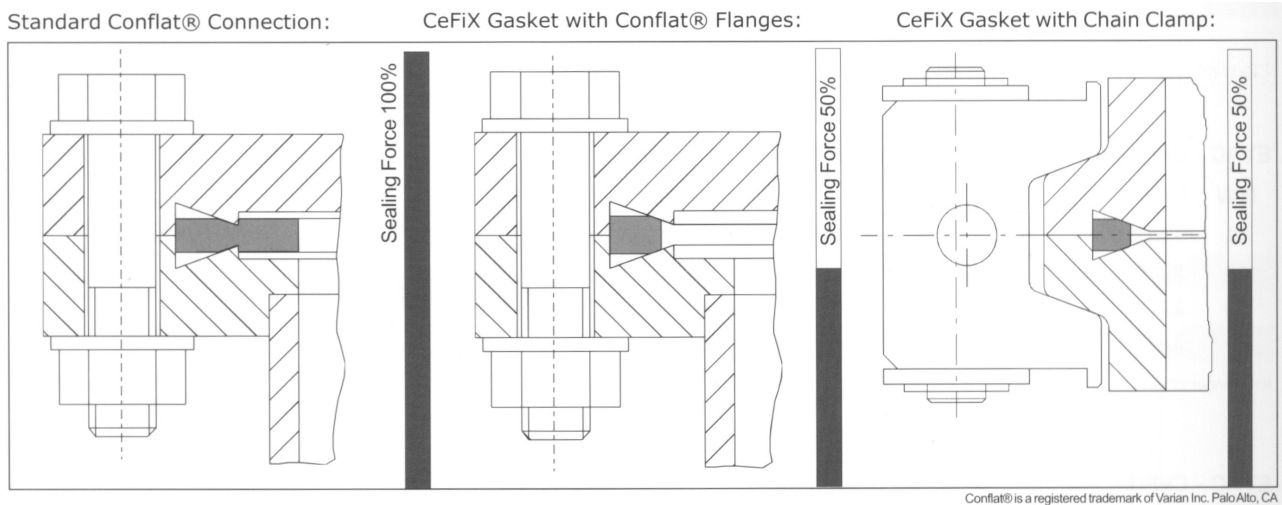


Fig. 8.15: Conexão tipo CeFix, comparada com a conexão CF (Fig. Cat. EVAC pg. 65)

Como mostrado pela Fig. 8.15, as conexões podem ser obtidas por parafusos, como no caso das CF, mas com menor força de aperto, ou usando abraçadeiras tipo corrente, também com menor esforço, e, neste último caso, com a grande conveniência de usar apenas um parafuso para apertar uniformemente a conexão inteira, e ter grande economia de espaço, o que pode ser importante em algumas aplicações, como em aceleradores de partículas ou anéis de armazenamento de partículas, como em um anel Síncrotron. Por usarem forças menores de aperto, estas conexões podem também trabalhar com anéis de Ni, o que permite maiores temperaturas de tratamento de degaseificação e uso em ambientes corrosivos.

As conexões descritas até aqui só serão estanques se muito cuidado for tomado para assegurar que as superfícies a serem juntadas estão muito limpas e livres de riscas e marcas, valendo a mesma recomendação para os anéis (de todos os tipos). Outra recomendação é que os parafusos devem ser apertados devagar e uniformemente.

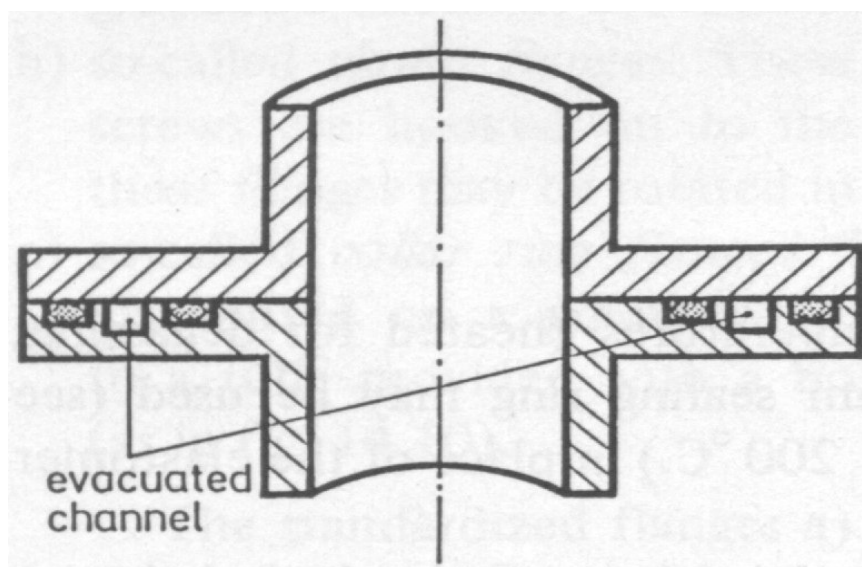


Fig. 8.16: Selo duplo com canal intermediário evacuado (Fig. 14.12 Wutz pg. 532)

A permeabilidade de gases por elastômeros é relativamente grande, o que pode se tornar um fator importante em sistemas com tubos grandes, pois a área de permeação é diretamente proporcional ao diâmetro do anel, o que pode levar a uma carga de bombeamento relativamente alta. Para evitar este tipo de problema, muitas vezes são usados selos duplos, como mostrado na Fig. 8.16. Estes selos muitas vezes contêm um canal intermediário, com acesso a um sistema de vácuo, de modo que o espaço entre os anéis pode ser evacuado, levando a uma considerável diminuição da permeação de gás pelo anel interior.

Os selos com elastômeros podem ser usados também para a conexão de tubos de vidro ou cerâmica, como ilustrado pela Fig. 8.17.

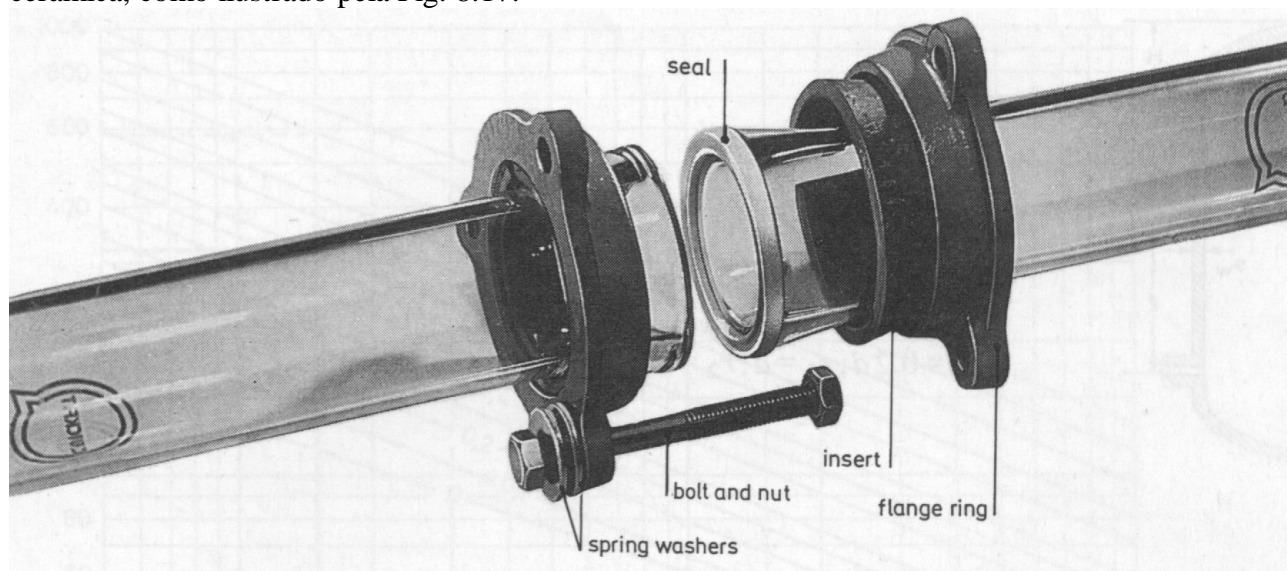


Fig. 8.17: Conexão com selo de borracha entre dois tubos de vidro. (Fig. 14.13 Wutz pg. 533)

Os tubos de vidro terminam em flanges polidos, que são unidas por um selo de borracha, que é apertado por dois flanges tipo gola, protegidos dos tubos de vidro por anéis de borracha. Para evitar quebrar estas junções, os parafusos devem ser apertados muito uniformemente.

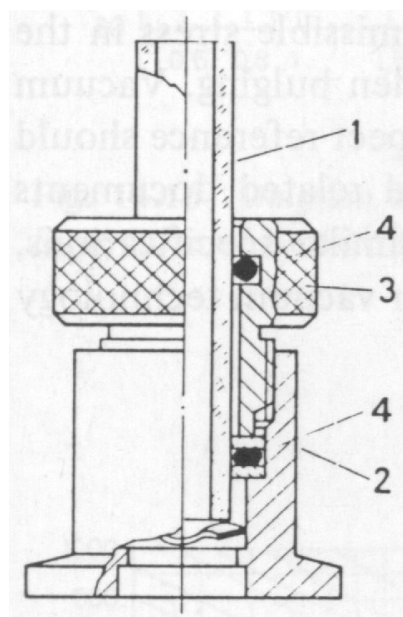


Fig. 8.18: Junta tipo soquete para unir tubos finos de vidro com tubos metálicos flangeados: 1 – tubo de vidro; 2 – tubo metálico curto com flange; 3 – porca escariada; 4 – anéis de borracha. (Fig. 14.14

Wutz pg. 533)

Pode-se fazer a junção entre tubos pequenos de vidro e tubos metálicos utilizando a junta tipo soquete ilustrada na Fig. 8.18. Um exemplo de aplicação é a conexão de medidores de vácuo de vidro em sistemas de vácuo metálicos.

## Passantes

A esmagadora maioria dos sistemas de vácuo são montados para que se consiga processar física ou quimicamente algum material, incluindo a movimentação de itens dentro deles. Para isso, é necessário fazer com que energia, em diversas formas, atravesse as paredes da câmara de vácuo; algumas vezes, é preciso que alguns materiais também "atravessem" estas paredes, como por exemplo, líquidos de arrefecimento. Este objetivo é conseguido pela utilização do que denominamos de passantes, cuja construção varia de acordo com o tipo de energia que se quer passar para o interior da câmara. Em geral, distinguimos três grupos de passantes: os mecânicos, para a passagem de movimento, os elétricos para a passagem de energia elétrica e os passantes para a admissão de gases e de líquidos. Neste espírito, uma janela óptica pode ser considerada um passante óptico.

### Passantes mecânicos

Estes passantes podem ser do tipo linear ou rotacional, ou então mistos. Para trabalho até alto vácuo, selos com elastômeros lubrificados podem ser usados sem problemas de vazamentos ou degaseificação. Estes selos podem ser construídos com gaxetas, retentores (com molas) ou com anéis de borracha (O-rings). No caso de transmissão de movimento rotativo, utilizando selos lubrificados, ocorre sempre acumulação de lubrificante no lado do vácuo, entre o eixo e o selo, o que pode ocasionar contaminação do sistema com hidrocarbonetos. No caso de passantes lineares, o eixo deslizante sempre arrasta consigo uma quantidade de gás associada ao filme de lubrificante na superfície do eixo.

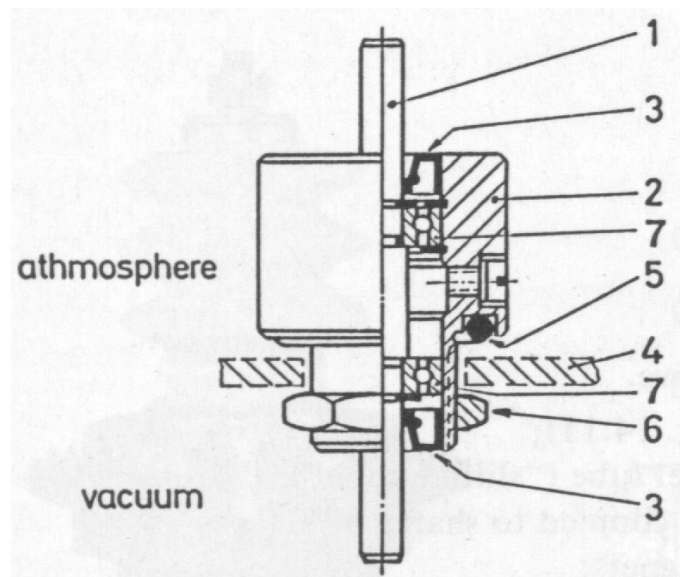


Fig. 8.19: selo rotativo com retentor: 1 – eixo; 2 – carcaça; 3 – selos tipo retentores no eixo; 4 – parede da câmara de vácuo; 5 – selo com anel de borracha; 6 – porca para aperto; 7 – rolamento de esferas. (Fig. 14.18 Wutz pg. 537)

Pequenas quantidades de contaminantes ou qualquer aspereza da superfície do eixo pode danificar o selo, e por essa razão passantes rotativos devem ser preferidos, respeitando o limite de velocidade que não cause aumento significativo de temperatura do selo. A Fig. 8.19 mostra o esquema de um passante rotativo com selo tipo retentor.

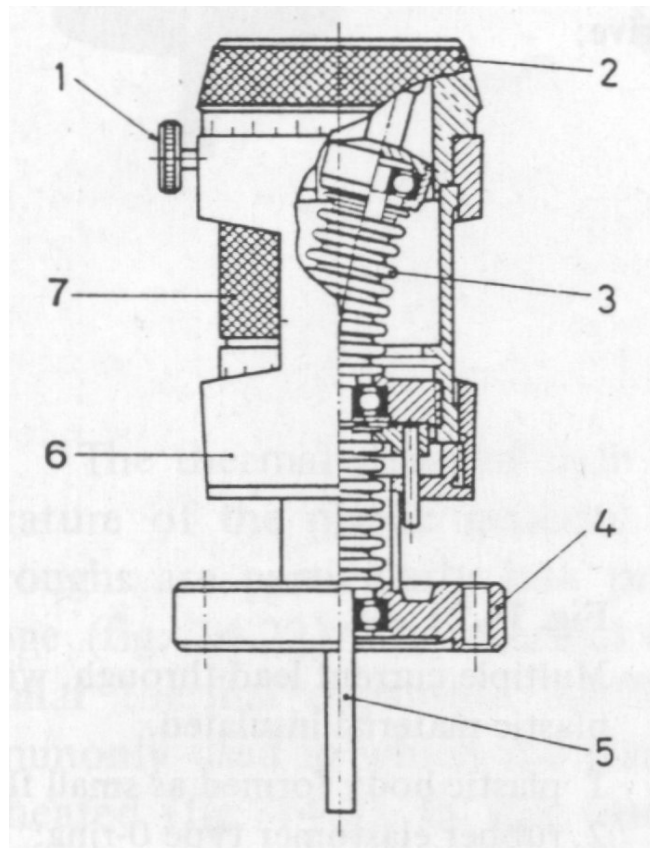


Fig. 8.20: Passante misto, rotativo e linear, utilizando folios metálicos. 1 – parafuso para fixar posição; 2 – manopla para movimento rotativo; 3 – folios; 4 – flange tipo CF; 5 – eixo; 6 – carcaça; 7 – porca para movimento linear. (Fig. 14.19 Wutz pg. 537)

Selos deslizantes (lineares) e rotativos com excelente estanqueidade podem ser construídos utilizando-se folios metálicos. A Fig. 8.20 mostra o esquema de um passante misto (rotativo e linear), em que o fole inferior transmite o movimento linear e o fole curvo superior permite o movimento rotativo. As pontas dos folios não podem girar uma em relação à outra, e por isso são usados rolamentos de esferas dentro do sistema de vácuo. Este passante, todo em metal, pode ser aquecido a 450°C para degaseificação.

A utilização de campos magnéticos gerados por ímãs permanentes permite a transmissão de movimentos para o interior de câmaras de vácuo sem contacto direto, o que pode ser extremamente vantajoso em termos de limpeza e estanqueidade. Obviamente, a parede que separa os ímãs da atmosfera e do vácuo deve ser não-magnética. Os exemplos mais importantes são os acoplamentos magnéticos e os motores "encapsulados" (canned motors). Estes últimos em geral são motores assíncronos de trifásicos, nos quais o rotor em forma de (tipo) gaiola gira dentro do vácuo, separado do estator e das bobinas por um tubo não magnético. As perdas elétricas e, portanto, o aquecimento, são maiores que nos motores normais de mesma potência por causa das separações (gaps) maiores entre estas partes, devido à existência da parede da câmara de vácuo. Um exemplo deste tipo de motor é ilustrado pela Fig. 6.31, que descreve uma bomba turbomolecular com este tipo de motor.



Um acoplamento magnético, também chamado passante magnético, pode consistir de um ou mais ímãs permanentes rotativos, que transferem o seu movimento para uma armadura magnetizável. A Fig. 8.21 mostra o esquema de um destes acoplamentos.

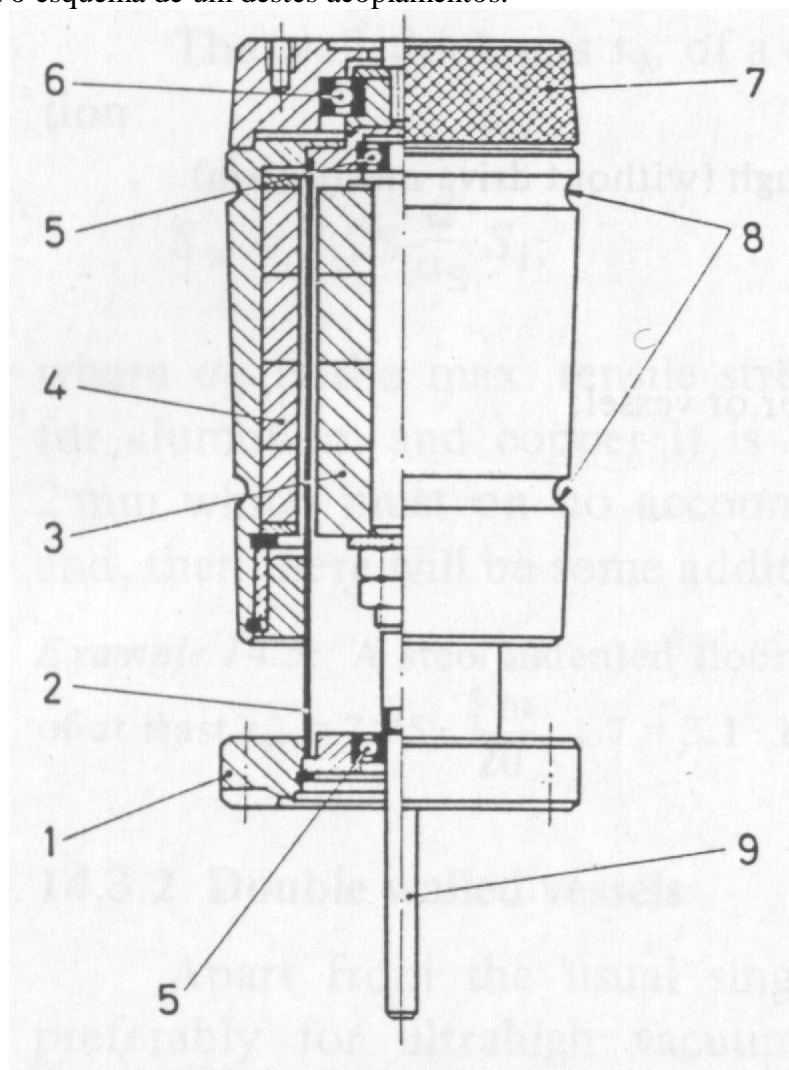


Fig. 8.21: passante rotativo magnético: 1 – Flange tipo CF; 2 – tubo de aço não magnético; 3 – ímãs internos colados ao eixo; 4 – ímãs externos; 5 e 6 – rolamentos de esferas; 7 – manopla para acionamento manual; 8 – canais para acionamento por correia; 9 – eixo. (Fig. 14.20 Wutz pg. 538)

O torque que se pode transmitir por estes passantes é função das propriedades magnéticas dos ímãs utilizados. Uma das vantagens destes passantes é que quando a parte interna travar por qualquer razão, nada se quebra no passante. Por outro lado, a força ou torque limitados que se pode fazer pode exigir a desmontagem do sistema de vácuo para solucionar o problema de travamento. Um exemplo de utilização de acoplamentos magnéticos é em crescimento de monocristais sob vácuo ou sob atmosfera controlada, em que lentos movimentos de rotação devem ser imprimidos ao cristal e ao cadinho que contém o líquido do qual o monocristal é crescido.

Um outro tipo de passante magnético rotativo é obtido utilizando-se ímãs permanentes e ferrofluídos, que são soluções coloidais de materiais magnéticos, como a magnetita, em suspensão em um óleo de baixa pressão de vapor, como os óleos de silicone para bombas difusoras. Os selos são construídos usinando-se cunhas estreitas (finas) e de pequena altura no eixo de material magnético, e que faceiam a parede, também magnética, de um tubo que contém o eixo, que é sustentado por rolamentos de esferas. Os ímãs magnetizam o ferrofluído, o eixo e a parede, fazendo

com que o ferrofluido fique constrangido à região entre as pontas das cunhas e as paredes da câmara, fornecendo um selo que pode suportar significativas diferenças de pressão ao mesmo tempo que permite grande velocidade de rotação, e a transmissão de grandes forças e torques, uma vez que esta transmissão não é feita via o selo magnético, como nos passantes acima descritos. A Fig. 8.22 descreve um selo deste tipo. Com o uso de colóides feitos com líquidos à base de óleos de silicone ou outros óleos para alto vácuo, conseguem-se selos com ferrofluidos para uso até a região de ultra-alto-vácuo.

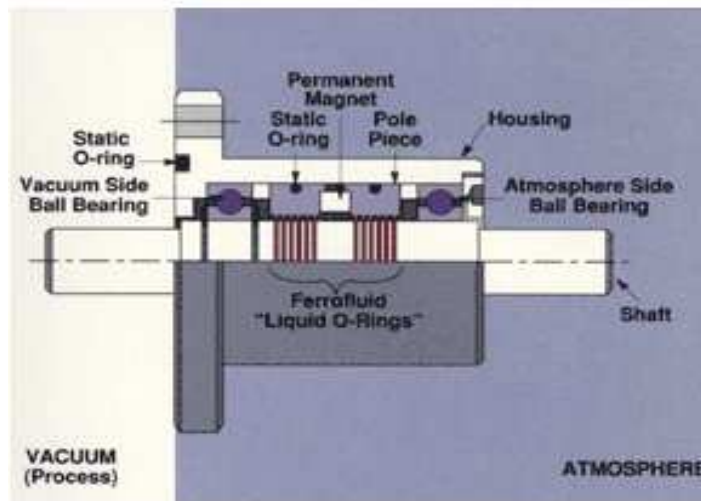


Fig. 8.22: Passante mecânico com ferrofluido.

## Passantes elétricos

As paredes das câmara de vácuo usualmente são feitas de metal, ou contém um grande flange de metal, de modo que conexões elétricas para o interior da câmara precisam ser eletricamente isoladas destas paredes. Os isolantes mais comuns são plásticos, vidros e cerâmicas, e as junções destes materiais com os metais precisam ser feitas com muito cuidado, por causa das diferenças nos coeficientes de dilatação térmica, que podem levar a movimentos diferenciais entre as partes ou peças muito tensionadas, o que pode levar ao aparecimento de vazamentos, principalmente se a câmara sofre aquecimentos ou resfriamentos.

Passantes com baixo nível de exigência no que diz respeito à estabilidade em temperatura e degaseificação são, em geral, feitos de isolantes plásticos, que, usualmente, consistem de uma mistura de fios metálicos embebidos em um conjunto resina-enchimento (filling) que é colocado em um molde para obter a forma final após a cura do conjunto. Em geral, a conexão ao sistema de vácuo é feita através de flanges pequenos utilizando anéis de borracha, e a máxima temperatura de utilização deste tipo de passante é ao redor de 80°C.

Passantes em que o isolante é vidro ou cerâmica são particularmente bons em termos de não apresentarem vazamentos, e podem ser utilizados em um intervalo maior de temperaturas. O problema da dilatação térmica é minimizado pelo uso de metais ou ligas com coeficientes de dilatação térmica próximos dos dos vidros e das cerâmicas. A Fig. 8.23 mostra a fotografia e o esquema de um passante utilizando cerâmica para alta voltagem.

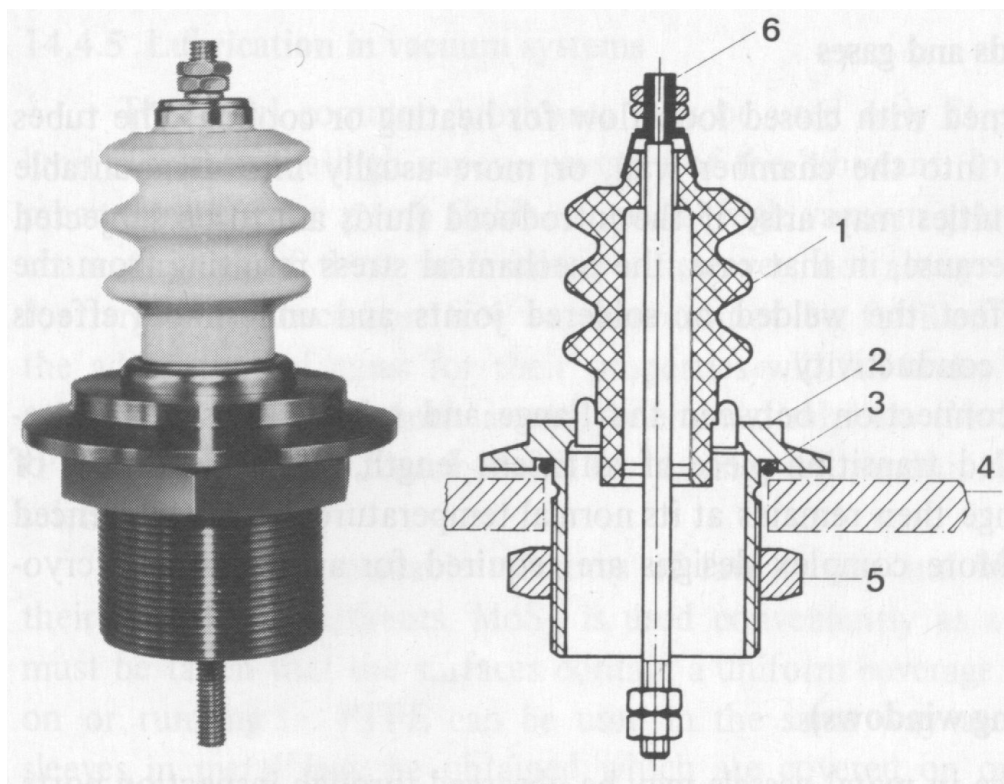


Fig. 8.23: Passante elétrico de alta voltagem (25 kV): 1 – corpo cerâmico, 2 – flange pequeno, 3 – anel de borracha, 4 – parede da câmara com orifício, 5 – porca fixadora, 6 – barra ou tubo de metal. (Fig. 14.22 Wutz pg. 539)

Em termos de passantes em que o isolante é vidro, um tipo muito comum é aquele em que o vidro fica sempre em compressão (passante de vidro comprimido) com a variação de temperatura, pois este material resiste muito bem a tensões de compressão. A Fig. 8.3 mostra um passante deste tipo.

No que diz respeito à carga elétrica dos selos, é importante notar que, no caso de aplicações de alta voltagem, acima de 300 V, as tensões de formação de descarga (breakdown), ou de ruptura, da atmosférica, são altas em altas pressões (1 atm ou acima) e em pressões muito baixas (alto ou ultra-alto vácuo), mas são perigosamente baixas em pressões intermediárias (baixo vácuo). Neste intervalo de pressões pode-se ter a formação de arcos ou de descargas tipo plasma, e por isso, deve-se evitar a aplicação de tensões nos passantes durante o processo de evacuação da câmara da pressão atmosférica até a pressão final de trabalho.

## Passantes Para Líquidos e Gases

São passantes para completar circuitos fechados de circulação de líquidos e gases para resfriamento ou aquecimento de partes internas das câmaras de vácuo. Os tubos podem ser soldados diretamente na parede da câmara, ou podem estar soldados a flanges que são conectadas a outros flanges da câmara, com anéis de vedação apropriados ao intervalo de pressões de trabalho. Outro projeto, apropriado para o acoplamento de rádio-frequência (RF) em bobinas no interior de câmaras de vácuo (fornos a vácuo, por exemplo), em que, além da passagem do líquido de refrigeração conduz-se também alta voltagem, é mostrado na Fig. 8.24.

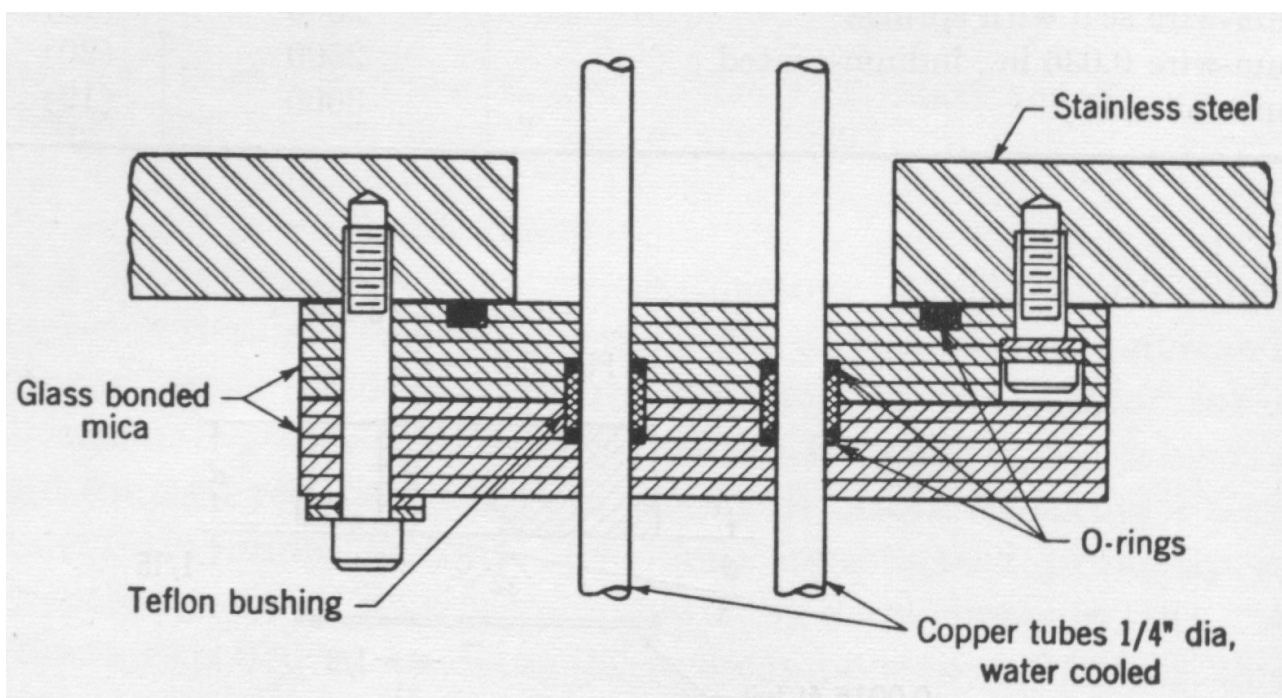


Fig. 8.24: Passantes elétricos para RF resfriados a água. (Fig. 7.8 Lewin, pg. 176)

## Janelas ópticas ou janelas de inspeção

Muitas vezes é importante a observação visual do processo acontecendo dentro de uma câmara de vácuo, e isso é conseguido pelo emprego de janelas de inspeção, ou janelas ópticas. Usualmente, o emprego de janelas plásticas deve ser evitado.

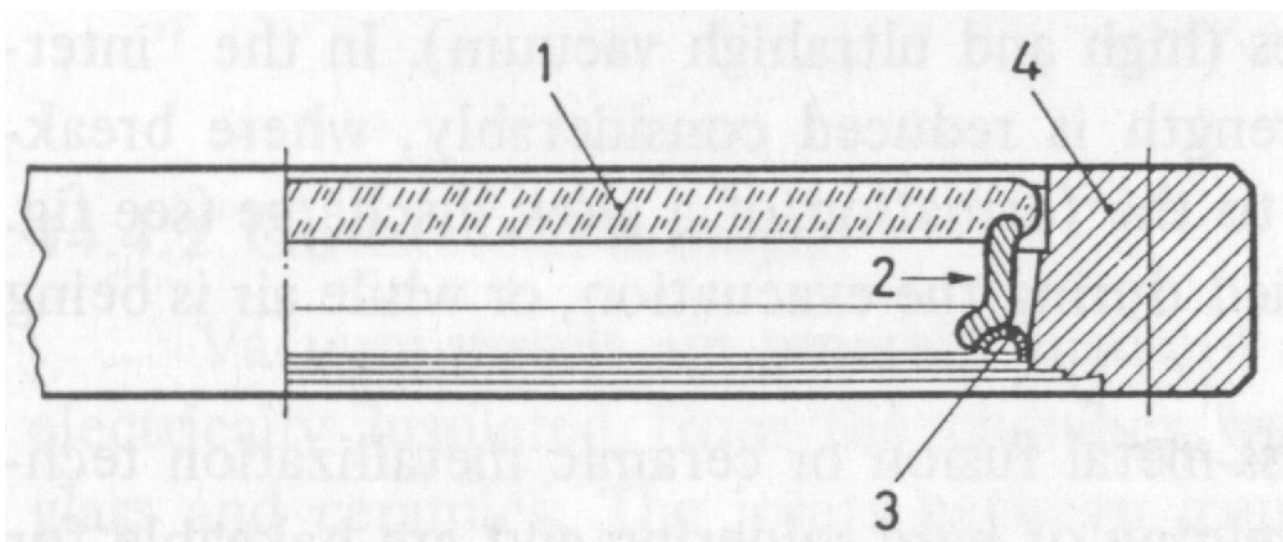


Fig. 8.25: Janela óptica ligada a flange. 1 – disco de vidro; 2 – selo metálico ligado ao vidro e a peça resiliente 3; 4 – flange de ultra-alto vácuo. (Fig. 14.23 Wutz pg. 540)

Uma construção simples de uma janela óptica para uso até a região de alto vácuo utiliza uma placa ou disco de vidro (tipo pirex, por exemplo) grossa o suficiente em relação ao seu tamanho para

suportar a pressão atmosférica, que é pressionada, cuidadosamente, contra um anel de borracha por um flange, que deve ser de material suficientemente macio para evitar pontos de concentração de tensões na região de aperto, o que pode levar à fratura do vidro. Também se pode usar flange de metal, mas com um espaçador de material macio entre o flange e o vidro. Para trabalho na região de ultra-alto vácuo, deve-se lançar mão de janelas em que o vidro (ou outro material transparente, como a safira) seja ligada a um anel metálico por um dos processos de ligação vidro-metal ou cerâmica-metal (veja item "Selos à base de metalização" acima), e este anel metálico é soldado à parede da câmara, ou a um flange para ultra-alto vácuo (Fig. 8.25).

## Válvulas de vácuo

São dispositivos que servem para isolar, ou abrir e fechar tubulações entre bombas, medidores de vácuo e outros componentes da câmara de vácuo. Podem servir também para a admissão, controlada ou não, de gases nas câmaras de vácuo, e também a admissão de objetos ou amostras. As exigências de performance variam muito de acordo com o intervalo de pressões em que devem trabalhar.

As partes mais importantes de uma válvula são a sua carcaça, o seu cabeçote e o que se denomina de "placa da válvula", que é a parte acoplada ao eixo que contém o arranjo selante da válvula. Obviamente, deve ser possível mover, do lado da atmosfera, a placa de válvula para abrir e fechar a válvula, e no caso de fechar, fazê-lo o melhor possível para evitar a passagem de gás de um lado para o outro, simultaneamente impedindo a entrada de ar da atmosfera para o sistema de vácuo. Uma das exigências de construção das válvulas é que ofereçam a menor impedância possível ao fluxo de gás no sistema. Estas exigências de projeto são bem atendidas para diâmetros pequenos, uma vez que, para diâmetros grandes, a força operacional aumenta com o quadrado das dimensões lineares da válvula. Por isso, válvulas de grandes diâmetros usualmente trabalham com pequenos diferenciais de pressão em ambos os lados, e utilizam esse diferencial para efetuar a vedação.

A notação das válvulas é derivada de seu tipo de construção ou de sua função. Válvulas com conexões em ângulo reto são denominadas válvulas de 90 graus ou de ângulo reto, enquanto válvulas com as conexões alinhadas são denominadas válvulas de 180 graus. A Tabela 8.6 dá a classificação de válvulas segundo os critérios "sistemas de fechamento ou vedação", "tipos de selo" e "modo de operação". Os tipos mais frequentes de válvulas de vácuo são as de diafragma, de placas e as de gaveta, usando selos (gaxetas) de borracha ou de metal e foles, e operadas mecanicamente ou magneticamente. A Fig. 8.26 ilustra o esquema de uma válvula de diafragma ou membrana. Neste tipo de válvula a membrana (1 na Fig. 8.25) é forçada contra o assento 2 pelo eixo externo 3 operado manualmente através da manopla 4. Neste caso a membrana elástica atua simultaneamente como fecho da válvula e como selo em relação à atmosfera. Estas válvulas apresentam boa condutância mas a grande área de borracha exposta ao vácuo leva a uma carga relativamente grande de gás originando-se de degaseificação.

Tabela 8.6: Classificação de válvulas de vácuo

Válvulas	Sistemas de Fechamento	Líquido	
		Metal fundido	
		Cloreto de Prata	
		Vidro	
		Juntas esmerilhadas	Plana
			Em bisel
			Esférica
		Tubos acoplados	
		Diafragmas	
	Gaxetas/Vedação		Placa (abas)
			Tampão
			Cone
			Gaveta
			Pistão
			Borboleta
			Esfera
	Tipos de selos	Com Anéis	
		Sem anéis	Foles
			Diafragma
	Modo de operação		Magnética
		Mecânica (manual)	
		Pneumática	
		Magnética (Solenóide)	
		Expansão Térmica	

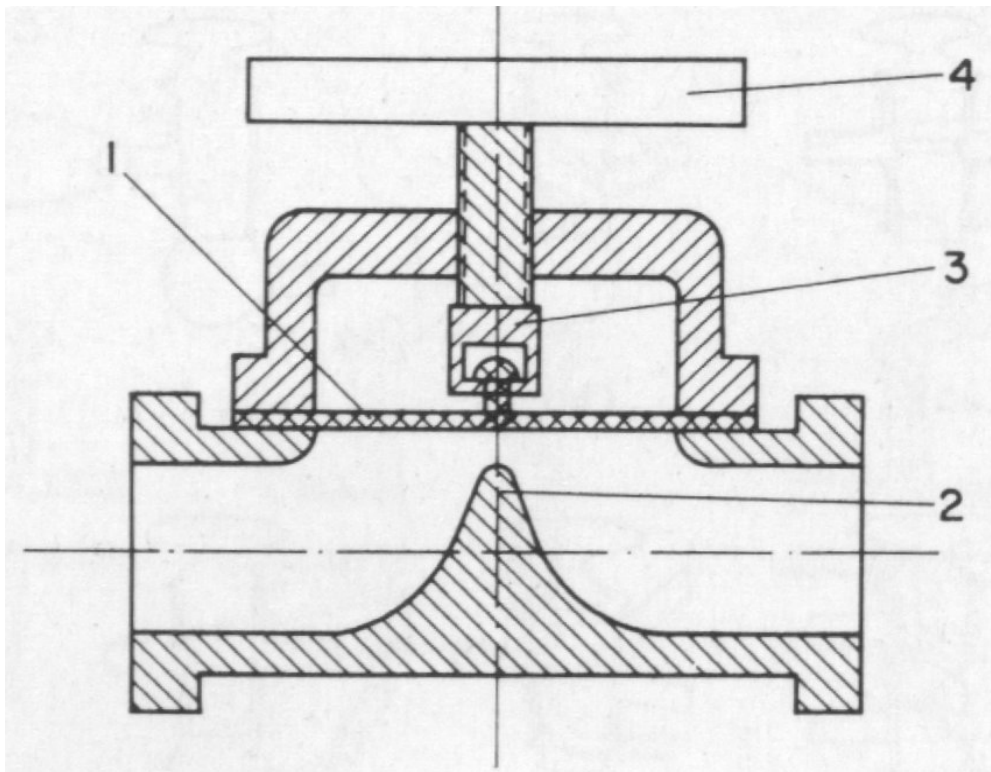


Fig. 8.26: Esquema de válvula de diafragma (ver texto) (Fig. 7.61 Roth pg. 432)

Se uma válvula deve ser usada no lado de alto vácuo de um sistema, então ela deve ser de alta condutância e a quantidade de elastômero exposta ao vácuo deve ser mínima, para produzir a mínima quantidade de gás por degaseificação. Isto pode ser conseguido usando-se um tipo apropriado de gaxeta (selo), como descrito pela Fig. 8.27.

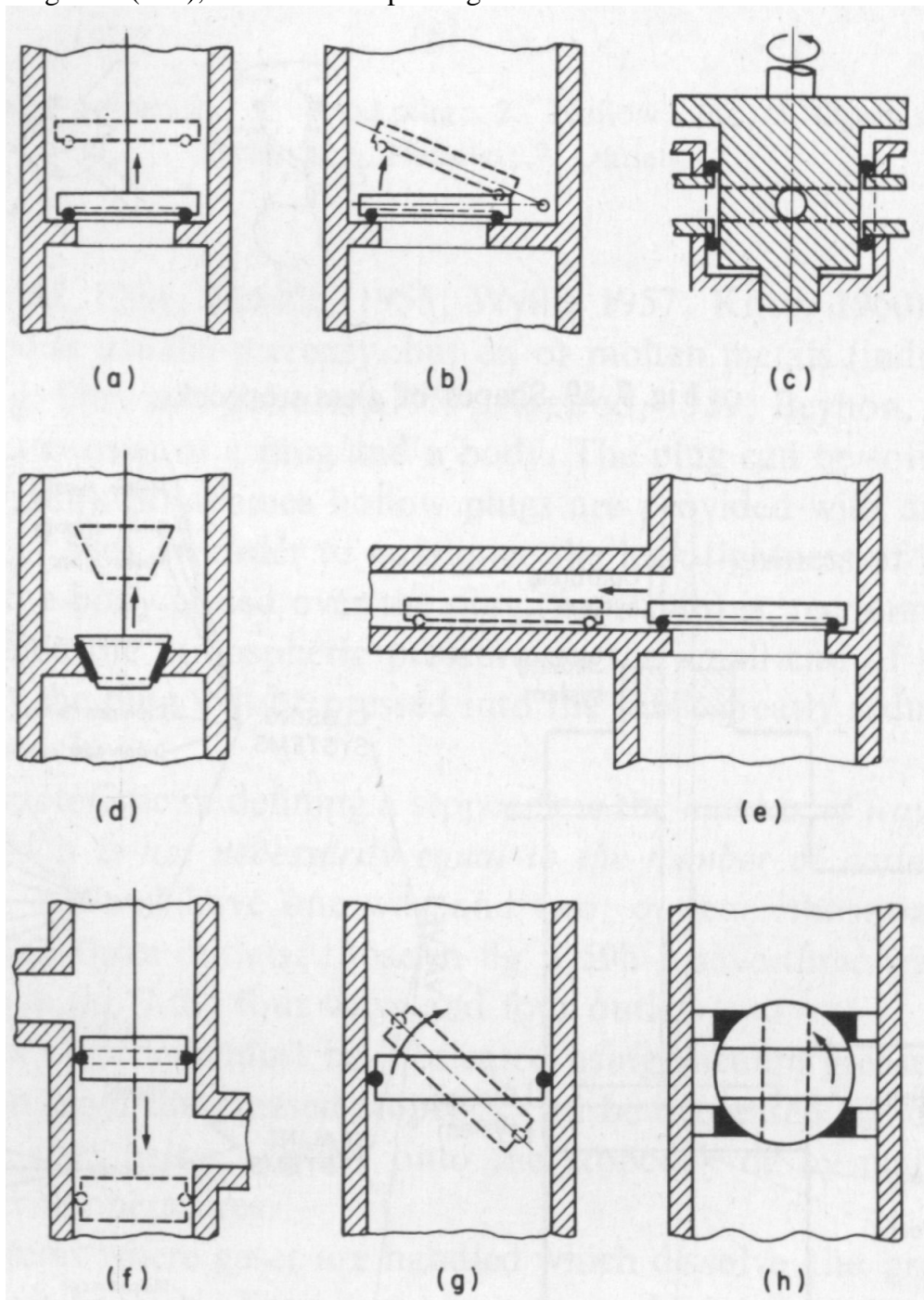


Fig. 8.27: Tipos de selos (gaxetas) usadas em válvulas de alto vácuo. a) válvula de placa; b) válvula pivotada (flap); c) válvula plug; d) válvula tipo cone; e) válvula gaveta; f) válvula tipo pistão; g) válvula tipo borboleta; h) válvula de esfera. (Fig. 7.62 Roth, pg. 432)

A gaxeta pode ser de Neoprene, Viton, Silicone, Teflon ou de metal, pode ter secção reta circular, retangular ou trapesoidal, e pode ser colocada na placa móvel ou no assento. Os selos podem ser anéis de borracha, selos tipo Wilson (ver Fig. 8.28), ou um fole metálico. Os foles metálicos devem



ser preferidos na construção de válvulas por causa da estanqueidade que oferecem, e, no caso de válvulas para ultra-alto vácuo, permitem o aquecimento para degaseificação da válvula.

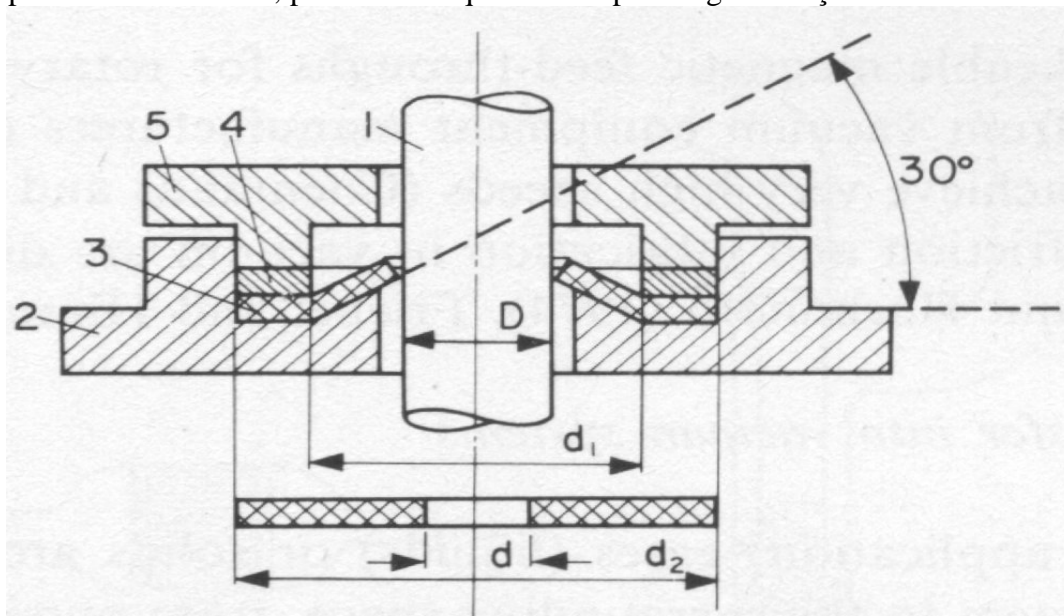


Fig. 8.28: Selo tipo Wilson. 1 – eixo; 2 – placa de base; 3 – arruela de borracha ou elastômero; 4 – anel metálico; 5 – porca de trava. (Fig. 7.53 Roth pg. 427)

A Fig. 8.29 mostra uma válvula tipo 90 graus isolada por fole metálico da atmosfera e tendo fecho (vedação) do tipo placa com anel em assento metálico, e com acionamento pneumático. Estas válvulas são muito comuns, tanto com acionamento manual, quanto pneumático e eletropneumático.

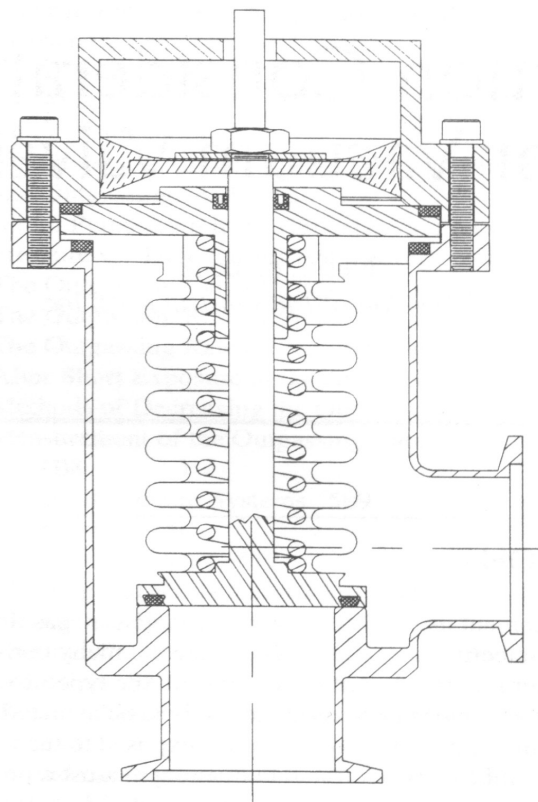


Fig. 8.29: Esquema de válvula tipo 90 graus isolada com fole. (Fig. 1 Handbook pg. 392)



Estas válvulas podem se apresentar como tipo 180 graus, como ilustrado pela Fig. 8.30.

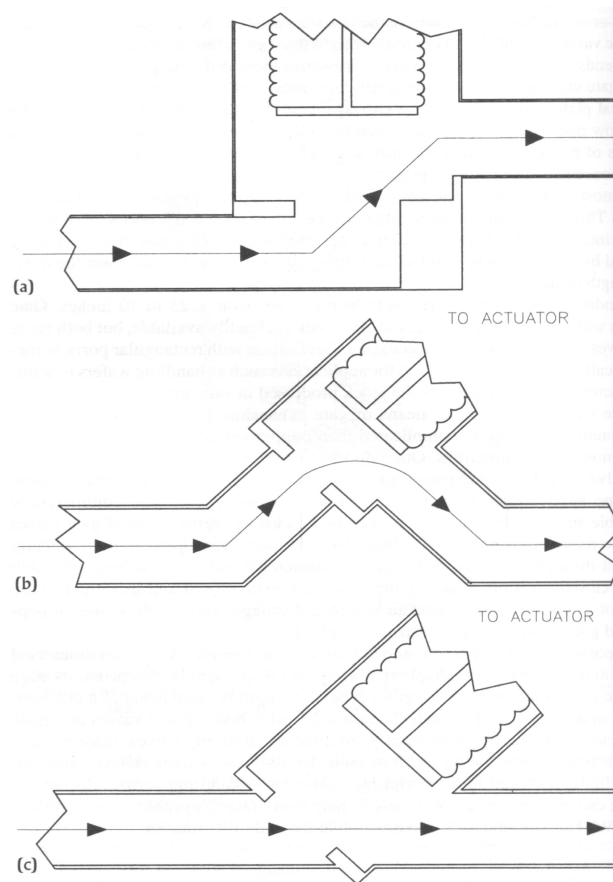


Fig. 8.30: Três arranjos para válvulas em linha, tipo 180 graus. (Fig. 2 Handbook pg. 394)

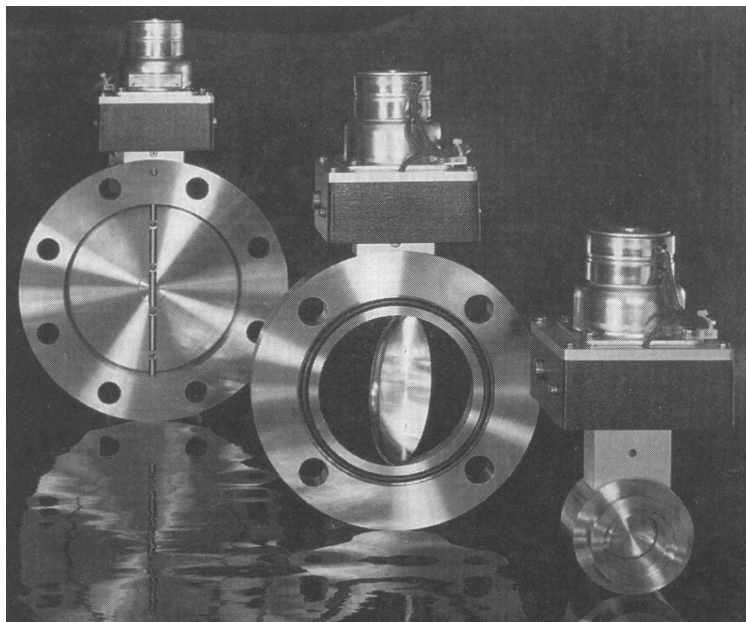


Fig. 8.31: Foto de válvulas borboletas. (Fig. 5 Handbook pg. 397).

A Fig. 8.31 mostra fotografia de válvulas tipo borboleta, que no caso são acionadas com motores de

passo para um melhor controle da posição da placa da válvula, e portanto, da condutância da válvula.

Válvulas cuja construção é toda em metal, válvulas totalmente metálicas, têm seus sistemas de fecho baseado em selos de quina, que podem, por exemplo, corresponder a uma peça de prata que é comprimida contra outra peça mais dura (por exemplo, monel), como esquematizado na Fig. 8.32a, ou a um anel de alumínio fazendo o fecho em um assento cônico, como esquematizado na Fig. 8.32b, ou a um bloco de cobre pressionado contra um assento anular afiado de aço inox, como mostrado na Fig. 8.31c.

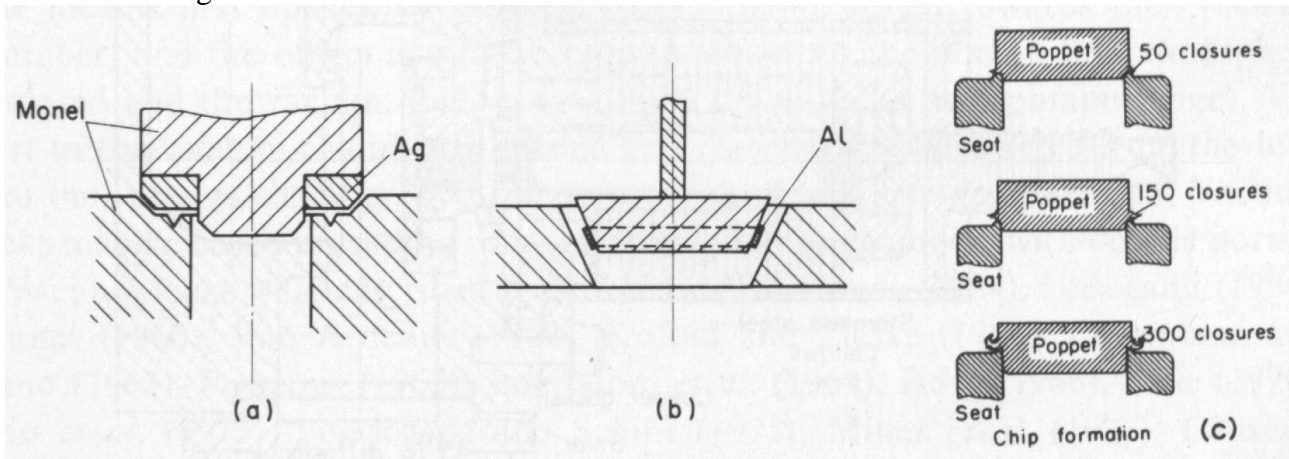


Fig. 8.32: Sistemas de fecho para válvulas totalmente metálicas. a) com anel plano de prata; b) com anel cônico de alumínio; c) com bloco de cobre. (Fig. 7.63 Roth pg. 433)

A Fig. 8.33 mostra o esquema de uma válvula de ultra-alto vácuo totalmente degaseificável em que o fecho é obtido comprimindo-se um bloco cônico de cobre contra uma quina de aço inox, e cujo isolamento da atmosfera é feito com um anel de ouro no flange superior do fole. (Fig. 7.64 Roth pg. 434)

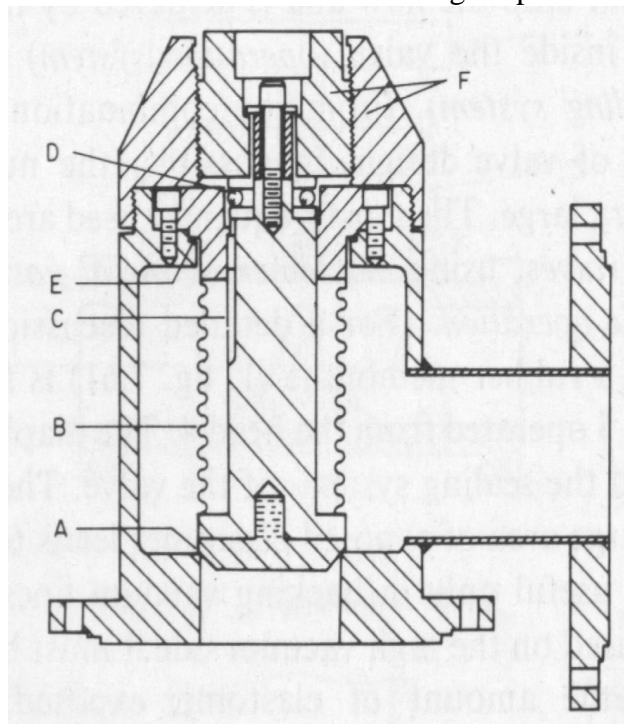


Fig. 8.33: válvula de ultra-alto vácuo totalmente degaseificável: A) bloco cônico de cobre; B) fole; C) guia; D) rolamento de esferas; E) anel de ouro; F) mecanismo de acionamento. (Fig. 7.64 Roth pg. 434)

A Fig. 8.34 mostra outro tipo de válvula para ultra-alto vácuo totalmente degaseificável que utiliza uma placa de cobre que assenta em um anel em forma de dente de aço inox para fazer o fecho da válvula, e que é isolada da atmosfera por fole selado com anel de cobre.

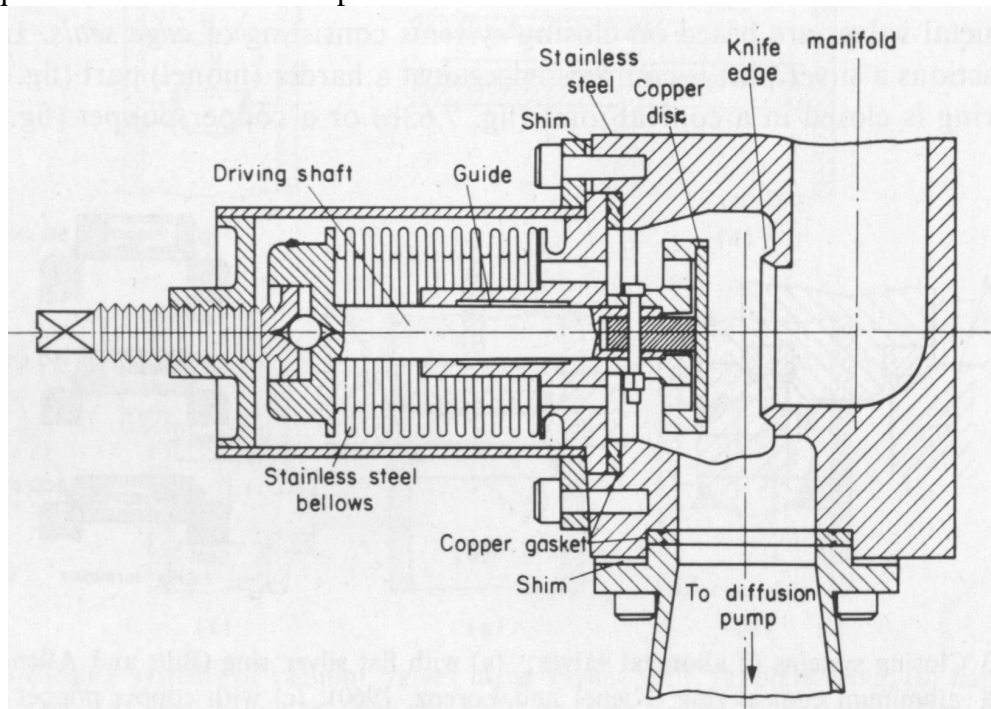


Fig. 8.34: válvula de ultra-alto vácuo totalmente degaseificável. (Fig. 7.65 Roth pg. 434)

Os vários tipos de válvulas devem ser adequados ao tipo de processo que se realiza no sistema de vácuo e ao lugar que ocupam no projeto do sistema. Válvulas cujo único propósito é isolar partes do sistema que estão em diferentes pressões são denominadas válvulas de isolamento. Outras válvulas têm diferentes funções, como a válvula escamoteável de selagem, que permite fechar ou isolar um sistema da atmosfera, e depois permite retirar o corpo da válvula deixando no lugar o fecho, de modo que o sistema ou câmara permanece fechado e desligado do sistema de vácuo, permitindo locomover-se a câmara de um lugar para o outro (isto é típico de criostatos, como será visto no curso de Criogenia). Outro exemplo é a válvula tipo escudo ou blindagem, em que a placa que faz o fecho levanta-se do assento para abrir passagem ao gás, mas permanece no caminho impedindo uma trajetória linear ou direta entre uma parte e outra separada pela válvula. Este tipo de válvula é muito usada associada a bombas difusoras. Um terceiro tipo de válvula são as estranguladoras (ou afogadoras), que permitem o controle do fluxo de gás entre partes do sistema.