



PALAVRAS CHAVES/KEY WORDS

AUTORES
AUTHORS

FILTRO
HIDRAZINA

AUTORIZADA POR/AUTHORIZED BY

MAURO ANTONIO RAUPP
DIRETOR GERAL

AUTOR RESPONSÁVEL
RESPONSIBLE AUTHOR

Ronaldo Bologna ABRÃO
RONALDO BOLOGNA ABRÃO

DISTRIBUIÇÃO/DISTRIBUTION

INTERNA / INTERNAL
 EXTERNA / EXTERNAL
 RESTRITA / RESTRICTED

REVISADA POR/REVISED BY

Claudio Bressan
CLAUDIO BRESSAN

CDU/UDC

66.097.1:547.234

DATA / DATE

maio, 1988

TÍTULO/TITLE	PUBLICAÇÃO Nº PUBLICATION NO	INPE-4515-NII/286
	PROJETO DE FILTRO DE PARTÍCULAS E DE FILTRO DE UMIDADE PARA LINHA DE HIDRAZINA.	
AUTORES/AUTHORSHIP	RONALDO BOLOGNA ABRÃO	

ORIGEM
ORIGIN

DEM

PROJETO
PROJECT

A 831

Nº DE PAG.
NO OF PAGES

50

ULTIMA PAG.
LAST PAGE

B. 4

VERSÃO
VERSION

Nº DE MAPAS
NO OF MAPS

RESUMO - NOTAS / ABSTRACT - NOTES

Este relatório apresenta os projetos do filtro de partículas e do filtro de unidade que serão usados numa linha de alimentação de hidrazina e de gás para testes preliminares de desenvolvimento de propulsor catalítico a hidrazina numa bancada de teste.

OBSERVAÇÕES / REMARKS

ABSTRACT

This document presents the designs of the particulate filter and humidity filter that are going to be used in a hydrazine and gas feed line for preliminary development tests of catalytic hydrazine thruster in a test bench.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	v
1. <u>INTRODUÇÃO</u>	1
1.1 - Definição de objetivos	1
1.2 - Concepção dos filtros	1
2. <u>ESPECIFICAÇÃO E PROJETO DO FILTRO DE PARTÍCULAS</u>	2
2.1 - Introdução	2
2.2 - Requisitos de projeto	2
2.3 - Especificação e dimensionamento	2
2.3.1 - Esquema do filtro	2
2.3.2 - Especificação de material compatível com hidrazina para a construção do filtro	3
2.3.3 - Cálculo da área de filtragem	3
2.3.3.1 - Cálculo da área de filtragem considerando que $\Delta P=1 \text{ BAR} =$ $14,7 \text{ psia}$ através da membrana	4
2.3.3.2 - Cálculo da área de filtragem considerando que $V = 1 \text{ GPM}/$ FT^2	5
2.3.3.3 - Conclusão quanto ao dimensionamento do elemento filtran te	6
2.3.4 - Dimensionamento da carcaça do filtro	6
2.3.4.1 - Espessura da parede	6
2.3.4.2 - Parafusos do flange	7
3. <u>ESPECIFICAÇÃO E PROJETO DO FILTRO DE UMIDADE</u>	14
3.1 - Introdução	14
3.2 - Requisitos do projeto	14
3.3 - Especificação e dimensionamento	14
3.3.1 - Esquema do filtro de umidade	14

	<u>Pág.</u>
3.3.2 - Dimensionamento	15
3.3.2.1 - Espessura da parede do filtro	15
3.3.2.2 - Comprimento do tubo de acrílico	16
3.3.3 - Detalhamento do filtro de umidade	19
4. <u>PESQUISA DE FORNECEDORES DE MATÉRIA-PRIMA E SERVIÇOS</u>	23
4.1 - Filtro de partículas	23
4.2 - Filtro de umidade	24
5. <u>CONSTRUÇÃO E TESTES DE VAZAMENTO</u>	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
APÊNDICE A - INFORMAÇÕES SOBRE TRILHOS E MEMBRANAS DA MILLIPORE	
APÊNDICE B - CARACTERÍSTICAS DE PENEIRAS MOLECULARES	

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1 - Esquema do filtro de partículas	3
2 - Filtro de partículas	9
3 - Tela de suporte da membrana do filtro de partículas	13
4 - Esquema do filtro de umidade	15
5 - Filtro de umidade	20

LISTA DE SÍMBOLOS

A	- Área do filtro, cm^2
d_{filtro}	- Diâmetro da seção transversal do filtro, mm
d_p	- Diâmetro da seção transversal de um parafuso, mm
D	- Diâmetro interno do filtro, mm
$D_{\text{médio}}$	- Diâmetro médio da carcaça do filtro, mm
F	- Força, kgf
F_p	- Força exercida em cada parafuso, kgf
K	- Fator de multiplicação ou fator de segurança
L	- Comprimento do filtro, cm
m	- Massa, g
\dot{m}	- Escoamento mássico, g/s
M_{N_2}	- Massa de nitrogênio gasoso, kg
$M_{\text{H}_2\text{O}}$	- Massa de água, kg
pM	- peneira molecular
P	- Pressão no interior do filtro, bar ou psia
P_{tanque}	- Pressão existente no tanque de hidrazina, bar
R	- Constante do gás, Nm/kg-mol.K
S	- Área transversal de um parafuso, cm^2
t_b	- Espessura da base do cilindro do filtro, mm
t_p	- Espessura da parede do filtro, mm
T	- Temperatura, K
V	- Volume, cm^3 ou m^3

\dot{V}	- Fluxo volumétrico de fluido, ml/s.cm ² ou gpm/ft ²
V_{N_2}	- Volume de nitrogênio gasoso, m ³
Δ	- Diferença entre valores
ρ	- Massa específica, g/cm ³
τ_{adm}	- Tensão admissível do material, kgf/cm ²
τ_{esc}	- Tensão de escoamento do material, Pa
$()_{m\acute{a}x}$	- Valor máximo

1. INTRODUÇÃO

1.1 - DEFINIÇÃO DE OBJETIVOS

Dois tipos de filtros são previstos para a linha da bancada de testes do sistema propulsivo a hidrazina: filtro de partículas e filtro de umidade. Os objetivos da utilização desses filtros são:

- a) Filtro de partículas: reter as impurezas sólidas (partículas) existentes na hidrazina para impedir possíveis entupimentos e contaminação na linha, principalmente na eletroválvula, capilares e injetor do propulsor.
- b) Filtro de umidade: fornecer gás de pressurização e purga (N_2) isento de água.

1.2 - CONCEPÇÃO DOS FILTROS

O filtro de partículas foi idealizado inicialmente sobre um elemento filtrante do tipo tubo de aço sinterizado, mas decidiu-se posteriormente empregar um outro tipo de elemento devido à possibilidade de desprendimento de partículas do tubo de aço. O elemento escolhido é uma membrana de teflon, compatível com hidrazina, capaz de reter partículas de tamanho da ordem de $5\mu m$.

O filtro de umidade será concebido de forma bem simples, pois se pretende utilizar N_2 superseco na linha; assim, esse filtro será apenas um componente de segurança. O filtro de umidade deverá empregar zeólito (peneira molecular) como elemento adsorvente de água, visto que é um excelente adsorvente e não desprende partículas.

2. ESPECIFICAÇÃO E PROJETO DO FILTRO DE PARTÍCULAS

2.1 - INTRODUÇÃO

O objetivo da utilização do filtro de partículas é filtrar a hidrazina proveniente do tanque de alimentação para evitar possíveis danos e/ou entupimento na linha (tubulação, válvulas, medidor de vazão, eletroválvula, micromotor).

2.2 - REQUISITOS DE PROJETO

- a) Filtragem de particulado: $\geq 5\mu\text{m}$.
- b) Vazão de hidrazina: $\dot{m} \leq 2,5 \text{ g/s}$.
- c) Perda de carga: $\Delta P \leq 1 \text{ bar}$ ($\leq 5\% P_{\text{tanque}}$).
- d) Pequeno volume de hidrazina residual.
- e) Material compatível com hidrazina.

2.3 - ESPECIFICAÇÃO E DIMENSIONAMENTO

2.3.1 - ESQUEMA DO FILTRO

Toma-se como modelo um tipo de filtro existente comercialmente (Millipore Catalog and Purchasing Guide, 1983) com elemento filtrante plano. Esse modelo de filtro é de construção simples e satisfaz o requisito de pequeno volume de hidrazina residual. A Figura 1 mostra o esquema do filtro.

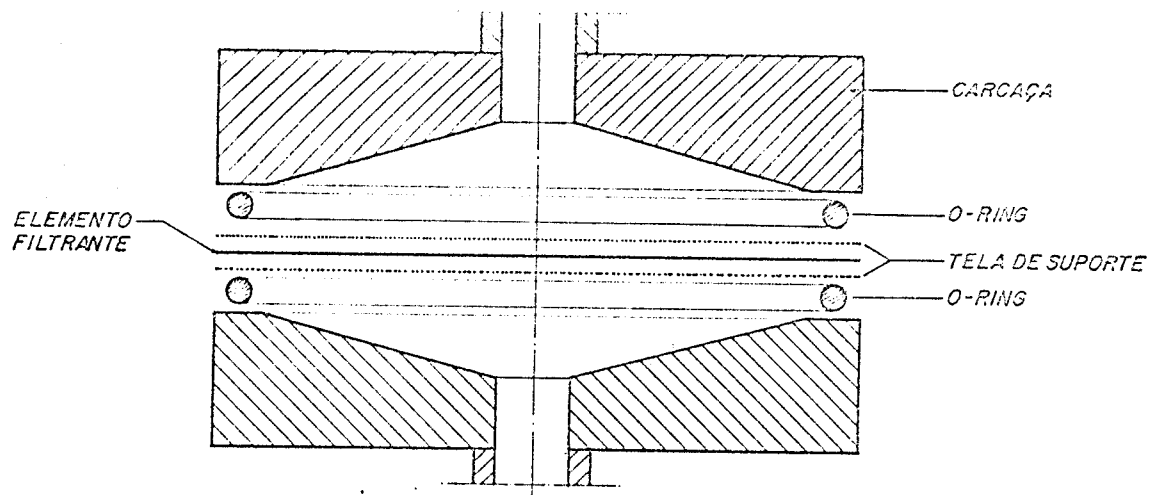


Fig. 1 - Esquema do filtro de partículas.

2.3.2 - ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAL COMPATÍVEL COM HIDRAZINA PARA A CONSTRUÇÃO DO FILTRO

- Carcaça aço 304.
- Anéis de vedação: o - Ring de teflon.
- Telas de suporte: aço 304 ou aço revestido com teflon.
- Elemento filtrante: membrana de teflon com porosidade $5\mu\text{m}$ (Millipore - Mitex L S).

2.3.3 - CÁLCULO DA ÁREA DE FILTRAGEM

Os cálculos são efetuados com base nos dados fornecidos no catálogo da Millipore. As informações relevantes são apresentadas no Apêndice A.

2.3.3.1 - CÁLCULO DA ÁREA DE FILTRAGEM CONSIDERANDO QUE $\Delta P = 1 \text{ BAR} = 14,7 \text{ PSIA}$ ATRAVÉS DA MEMBRANA

Para $\Delta P = 14,7 \text{ psia}$ e membrana de $5\mu\text{m}$ (LS), o gráfico da Millipore fornece para água:

$$\dot{V} = 50\text{ml/min.cm}^2 = 0,833\text{ml/s.cm}^2.$$

Visto que a densidade da hidrazina é aproximadamente igual à da água, tem-se que:

$$\frac{\dot{m}}{A} = 0,833\text{g/s cm}^2.$$

O requisito de projeto para o fluxo de massa é:

$$(\dot{m})_{\text{max}} = 2,5\text{g/s} \quad \therefore \quad A = \frac{2,5}{0,833} = 3\text{cm}^2.$$

Regra para projeto de filtro (Millipore): usar uma área 4 vezes maior do que a área calculada para permitir uma ótima utilização da área do filtro.

Aplicando essa regra, obtêm-se:

$$A_{\text{filtro}} = 12\text{cm}^2 \rightarrow d_{\text{filtro}} = 39\text{mm}.$$

Com essa área, calcula-se o ΔP efetivo de filtragem:

$$A = 12\text{cm}^2 \rightarrow \frac{(\dot{m})_{\text{max}}}{A} = \frac{2,5}{12} = 0,208\text{g/s cm}^2$$

ou

$$\dot{V} = 0,208 \text{ml/s cm}^2 = 12,5 \text{ml/min.cm}^2.$$

O gráfico da Millipore fornece $\Delta P = 2 \text{ psia}$ para $\dot{V} = 12,5 \text{ml/min.cm}^2$.

2.3.3.2 - CÁLCULO DA ÁREA DE FILTRAGEM CONSIDERANDO QUE $V = 1 \text{GPM/FT}^2$

A Millipore aconselha dimensionar o filtro para uma vazão de 1gpm/ft^2 ou menos com o objetivo de maximizar o volume total a ser filtrado.

Para $\dot{V} = 1 \text{gpm/ft}^2$ o gráfico da Millipore fornece:

$$\Delta P = 0,5 \text{ psia.}$$

O cálculo da área é:

$$\dot{V} = 1 \text{gpm/ft}^2 = 3800 \text{ml/min. } 930 \text{cm}^2,$$

$$\dot{V} = 0,0681 \text{ml/s cm}^2,$$

$$\therefore \frac{\dot{m}}{A} = 0,0681 \text{g/s.cm}^2.$$

Para $(\dot{m})_{\text{max}} = 2,5 \text{g/s}$, tem-se:

$$A = \frac{2,5}{0,0681} = 36,7 \text{cm}^2,$$

$$A_{\text{filtro}} = 36,7 \text{cm}^2 \rightarrow d_{\text{filtro}} = 68,4 \text{mm.}$$

2.3.3.3 - CONCLUSÃO QUANTO AO DIMENSIONAMENTO DO ELEMENTO FILTRANTE

As membranas da Millipore de teflon de 5µm são disponíveis nos diâmetros de 13, 25, 47, 90, 142 e 293mm. Através dos resultados obtidos nas seções 2.3.3.1 e 2.3.3.2 e visando o menor volume residual possível no filtro, especifica-se a membrana LSWP04700, 5µm, 47mm de diâmetro como o elemento filtrante do filtro de partículas da linha de hidrazina. Essa escolha é conservativa, visto que a hidrazina armazenada no tanque deve ser pré-filtrada.

Esse dimensionamento permite que o filtro possa também ser utilizado na linha de N2 para purga. De acordo com os dados do catálogo da Millipore, para uma pressão de saída de 1 atmosfera e com 10 psi de pressão diferencial, a vazão através da membrana é da ordem de 5 litros por minuto/cm². Para um filtro de 47mm a vazão total pode assumir facilmente valores maiores que 1 l/s (CNTP), o que é suficiente para a purga de N2.

2.3.4 - DIMENSIONAMENTO DA CARÇA DO FILTRO

2.3.4.1 - ESPESSURA DA PAREDE

Visto que não há restrições quanto a um dimensionamento da carça, faz-se um cálculo simples para determinar a espessura mínima das paredes do filtro. Considera-se aqui um cilindro sob pressão.

Espessura da parede lateral:

$$t_p = \frac{D \times P}{2 \times \tau_{esc}},$$

D = diâmetro do filtro,

P = pressão máxima,

τ_{esc} = tensão de escoamento do material.

Considera-se que: $P = 50 \text{ bar} = 50 \times 10^5 \text{ Pa}$,

$$D_{\text{m\u00e9dio}} = 55 \text{ mm} = 55 \times 10^{-3} \text{ m},$$

$$(\tau_{\text{esc}})_{\text{a\u00e7o 304}} = 240 \times 10^6 \text{ Pa},$$

$$\therefore t_p = 0,6 \text{ mm}.$$

Espessura da base do cilindro:

$$t_b = \left(\frac{K \times P}{\tau_{\text{esc}}} \right)^{1/2} \times \frac{D}{2} \quad k = 1,24 ,$$

$$t_b = 4,4 \text{ mm}.$$

Conclus\u00e3o

A carca\u00e7a ser\u00e1 superdimensionada naturalmente, pois a espessura das paredes ser\u00e1 maior do que os valores calculados em fun\u00e7\u00e3o da profundidade dos furos com rosca e dos furos para os parafusos do flange.

2.3.4.2 - PARAFUSOS DC FLANGE

C\u00e1lculo da for\u00e7a axial total nos parafusos:

$$F = P \times \frac{\pi D^2}{4} \quad \therefore F = 1212 \text{ kgf}.$$

Especificação dos parafusos:

O filtro a ser construído é pequeno e a carcaça será bastante rígida. Portanto, cinco parafusos são suficientes para garantir a vedação. A força em cada parafuso será:

$$F_p = \frac{F}{5} \therefore F_p = 242\text{kgf.}$$

A área transversal de um parafuso será:

$$S = \frac{F_p}{\tau_{adm}} \quad \text{parafuso de aço: } \tau_{adm} = 2400\text{kgf/cm}^2,$$

$$S = 0,101\text{cm}^2.$$

O diâmetro correspondente é:

$$d_p = 3,6\text{mm.}$$

Se um fator de segurança $K \approx 3$ for empregado, tem-se que:

$$d_p = 6\text{mm.}$$

Além disso, há o fato de o filtro ter sido dimensionado para $p = 50$ bar, enquanto a pressão máxima de hidrazina no tanque não deverá ultrapassar 25 bar. Assim, especificam-se para o filtro cinco parafusos com sextavado interno 1/4 - 20x1", ou M6.

Detalhamento do filtro de partículas:

Todas as especificações e dimensões do filtro de partículas são apresentadas nas Figuras 2 e 3.

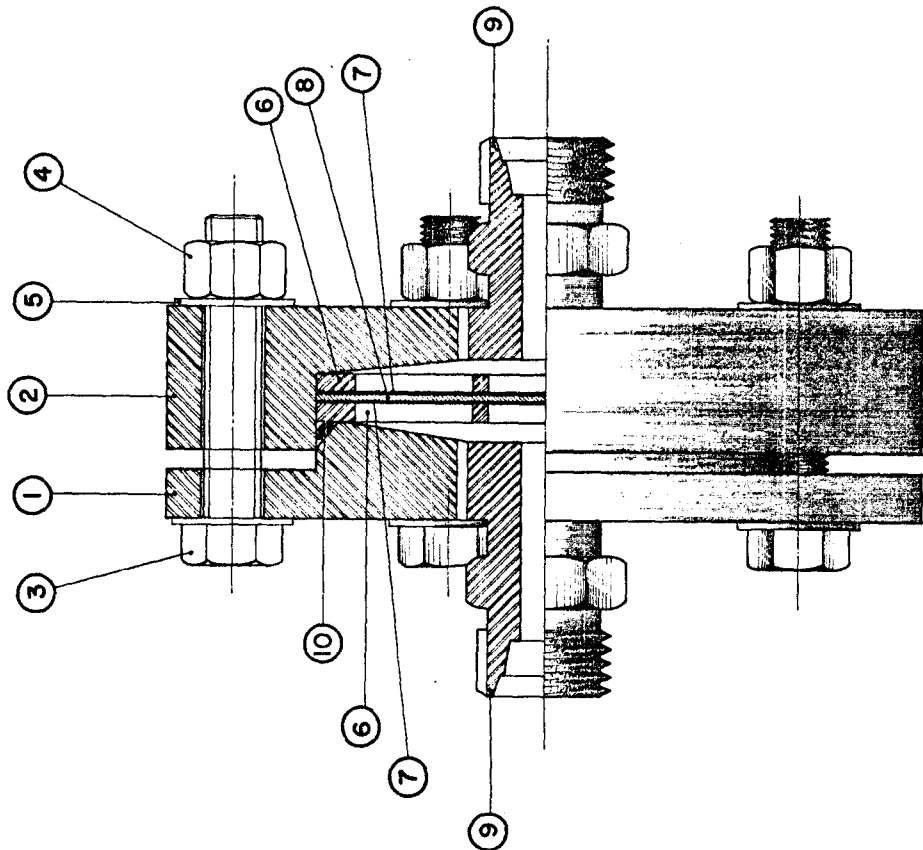
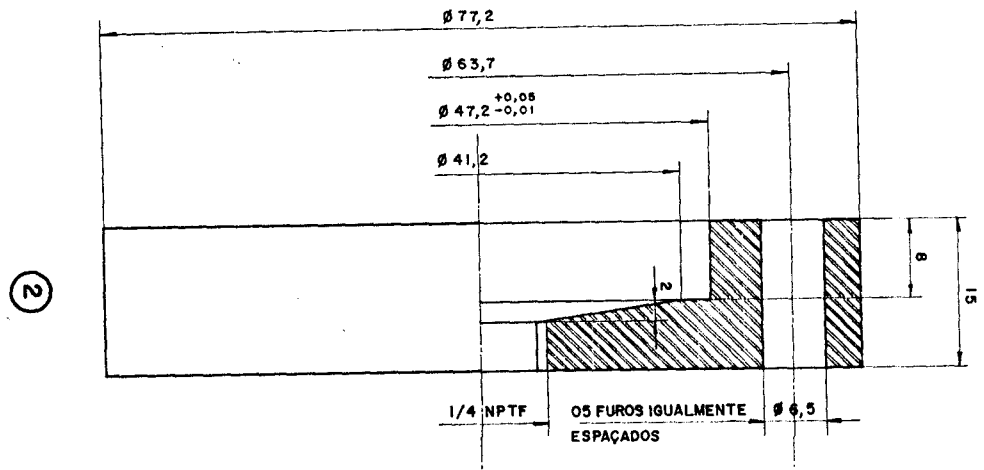


Fig. 2 - Filtro de partículas.

(continua)

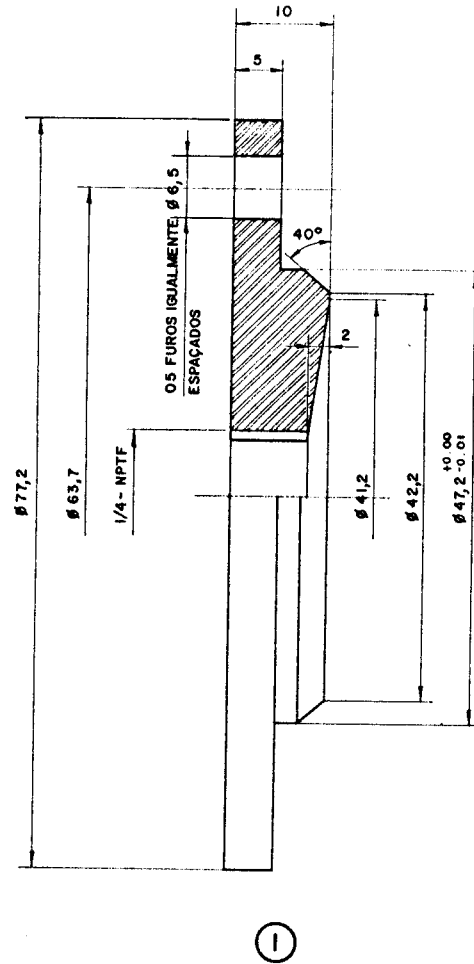
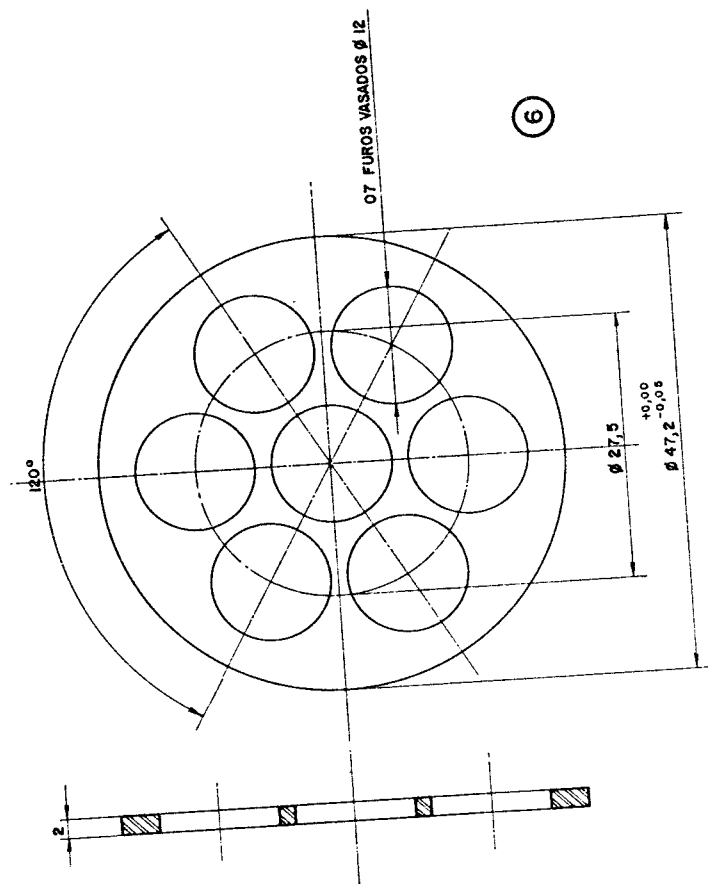


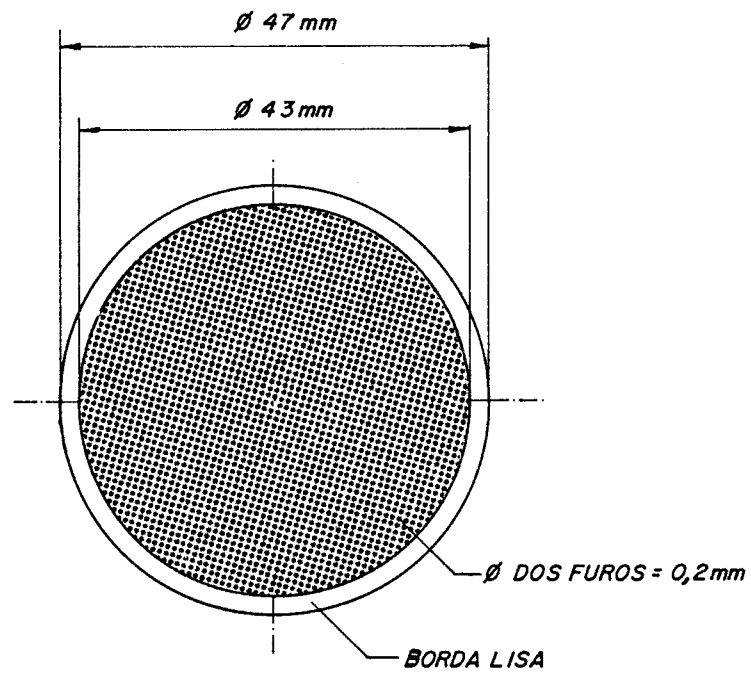
Fig. 2 - Continuação

Fig. 2 - Continuaça



10	ANEL	01	TEFLON Ø 2
09	CONEXÃO DE ANILHA	02	AÇO INOX 316
08	ELEMENTO FILTRANTE	01	MEMBRANA DE TEFLON
07	TELA	02	AÇO
06	PLACA DE SUPORTE	02	AÇO INOX 304
05	ARRUELA	10	AÇO - Ø 6.5 mm
04	PORCA SEXTAVADA	05	AÇO - M6
03	PARAFUSO CABEÇA SEXTAVADA	05	AÇO - M6 x 35 mm
02	CARCAÇA	01	AÇO INOX 304
01	TAMPA	01	AÇO INOX 304
Nº	DENOMINAÇÕES	QUANT	MATERIAL E DIMENSÕES
INPE		INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS	
		DEPARTAMENTO DE ENERGIA ESPACIAL	
		DIVISÃO DE COMBUSTÍVEL E PROPULSÃO	
DESENHO 508039/A		A 82 FILTRO DE PARTÍCULAS DA LINHA DE HIDRAZINA CONJUNTO E PEÇAS CACHOEIRA PAULISTA	
FOLHA N.º FPLH/01			
DATA 18/06/87	ESCALA 2:1		
PROJETO BOLOGNA DESSENHO COMONIAN VISTO <i>Edesjane</i> APROVADO			

Fig. 2 - Conclusão



MATERIAL = CHAPA DE AÇO 304
0,1 mm DE ESPESSURA

Fig. 3 - Tela de suporte da membrana do filtro de partículas.

3. ESPECIFICAÇÃO E PROJETO DO FILTRO DE UMIDADE

3.1 - INTRODUÇÃO

O objetivo do filtro de umidade é reter umidade existente no gás de purga (N₂) da linha de hidrazina.

3.2 - REQUISITOS DO PROJETO

- a) Pressão do N₂ de purga: < 5 bar.
- b) Vazão do N₂ de purga: < 10ml/s.
- c) Umidade aceitável no N₂ após passagem pelo filtro: traços (poucas ppm).
- d) Temperatura do N₂: temperatura ambiente.

3.3 - ESPECIFICAÇÃO E DIMENSIONAMENTO

3.3.1 - ESQUEMA DO FILTRO DE UMIDADE

O filtro de umidade será apenas um componente de segurança na linha de purga, pois o nitrogênio a ser utilizado já será especificado superseco. Esse filtro será constituído simplesmente por um tubo de acrílico preenchido com peneira molecular (zeólito) e com indicadores do tipo sílica-gel. Se houver saturação do adsorvente, esta será indicada pela coloração do indicador e visualizada diretamente através da parede transparente do filtro. Serão utilizadas também membranas fibrosas de teflon nas extremidades do filtro para impedir a passagem de partículas que possam ser desprendidas do

adsorvente. Em frente do filtro de umidade será colocado um filtro de partículas (já projetado para a hidrazina) cuja função será reter as partículas finas ($\geq 5\mu\text{m}$) oriundas do filtro de umidade.

O filtro de umidade é esquematizado na Figura 4.

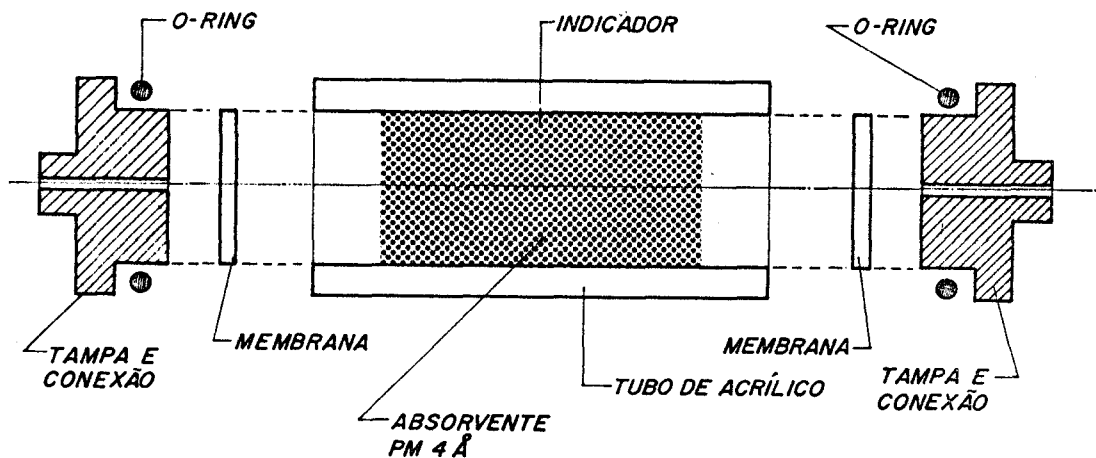


Fig. 4 - Esquema do filtro de umidade.

3.3.2 - DIMENSIONAMENTO

Especifica-se o diâmetro interno do filtro de umidade em função do tarugo de acrílico disponível no LCP (2 pol) e em função dos tamanhos das membranas de teflon disponíveis comercialmente. O diâmetro interno do filtro será de 25mm.

3.3.2.1 - ESPESSURA DA PAREDE DO FILTRO

A pressão máxima no filtro é: $30 \text{ bar} = 30\text{kg/cm}^2$.

A tensão de escoamento do acrílico é 500kg/cm^2

$$t_p = \frac{D \times P}{2 \times \tau_{\text{esc}}} \rightarrow t_p = \frac{25 \times 30}{2 \times 500} \rightarrow t_p = 0,75\text{mm}.$$

A espessura mínima da parede do filtro é da ordem de 1mm; no entanto, essa espessura deverá ser bem maior para poder acomodar os o-rings de vedação. Automaticamente haverá um superdimensionamento do filtro.

3.3.2.2 - COMPRIMENTO DO TUBO DE ACRÍLICO

Uma vez fixado o diâmetro interno do tubo, determina-se o comprimento em função da quantidade de peneira molecular a ser utilizada como elemento adsorvente da umidade.

$$\text{O volume do filtro é: } V = \frac{\pi D^2}{4} \cdot L ,$$

onde:

$$L = \frac{4V}{\pi D^2} \text{ ou } L = \frac{4m}{\pi D^2 \rho} ,$$

$$D = 25\text{mm} = 2,5\text{cm},$$

$$\rho = 0,7\text{g/cm}^3 \text{ (massa específica da peneira molecular) ,}$$

$$L = 0,29\text{m}.$$

Da literatura anexa tem-se que 100g de peneira molecular do tipo 4A adsorvem de 22 a 28g de água. Por outro lado, o nitrogênio superseco possui um teor de água da ordem de 5 ppm.

Segue-se uma estimativa da quantidade de água que passa pelo filtro durante um período de purga relativamente grande, por exemplo durante 100 horas. Admite-se que a pressão do N₂ de purga é 5 bar e a vazão de 10m³/s.

O volume total de N₂ a 5 bar que passa pelo filtro em 100 horas é:

$$VN_2 \Big|_{100h} = \frac{10 \text{ m}^3/\text{s} \times 100 \times 60 \times 60}{1000} \text{ l} ,$$

$$VN_2 \Big|_{100h} = 3600 \text{ l} = 3,6\text{m}^3 .$$

A massa correspondente a esse volume é dada por:

$$MN_2 \Big|_{100h} = \frac{PV}{RT} ,$$

onde:

$$P = 5 \text{ bar} = 5 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} ,$$

$$V = 3,6\text{m}^3 ,$$

$$T = 293\text{K} ,$$

$$R = 286,8 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{kg} \cdot \text{K}} ,$$

e

$$M_{N_2} \Big|_{100h} = 21,4 \text{ kg.}$$

Se o teor de água no nitrogênio é de 5ppm, então a massa de água que passa pelo filtro em 100h de purga é:

$$M_{H_2O} \Big|_{100h} = 5 \times \frac{21,4}{10^6} \text{ kg} = 1,07 \times 10^{-4} \text{ kg} \text{ ou}$$

$$M_{H_2O} \Big|_{100h} \approx 0,11 \text{ g.}$$

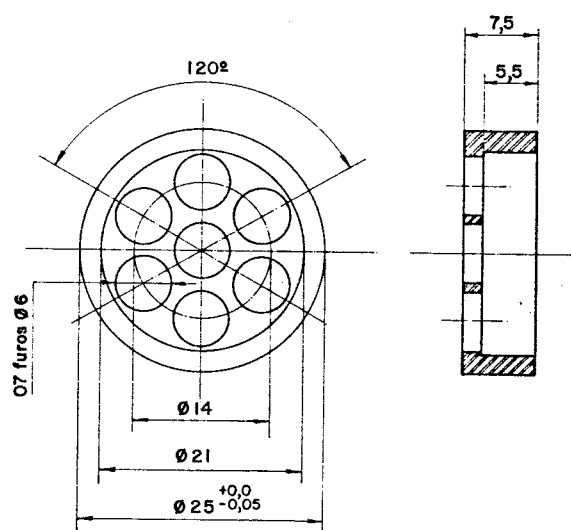
A quantidade de peneira molecular necessária para adsorver essa massa de água é da ordem de 0,5g, visto que 100g de pM adsorvem 22g de H₂O. Decidiu-se especificar uma quantidade de pM bem maior que o valor calculado para evitar a saturação precoce do adsorvente no caso de uma possível presença de umidade acima do limite nominal. Além disso, utilizando uma quantidade maior de pM, garante-se uma melhor e mais efetiva distribuição do gás através da estrutura cristalina do adsorvente, otimizando assim a taxa de adsorção de H₂O. Especifica-se uma massa de pM quarenta vezes maior que o valor estimado, ou seja: $M_{pM} = 20\text{g}$.

O comprimento do tubo de acrílico, preenchido com pM, será:

$$L = 0,29 \times 20 \approx 6 \text{ cm.}$$

3.3.3 - DETALHAMENTO DO FILTRO DE UMIDADE

As especificações e dimensões do filtro de umidade para a bancada da linha de hidrazina são apresentadas na Figura 5.



③ ▽
espaçador
AÇO INOX 304
04 unidades

Fig. 5 - Filtro de umidade.
(continua)

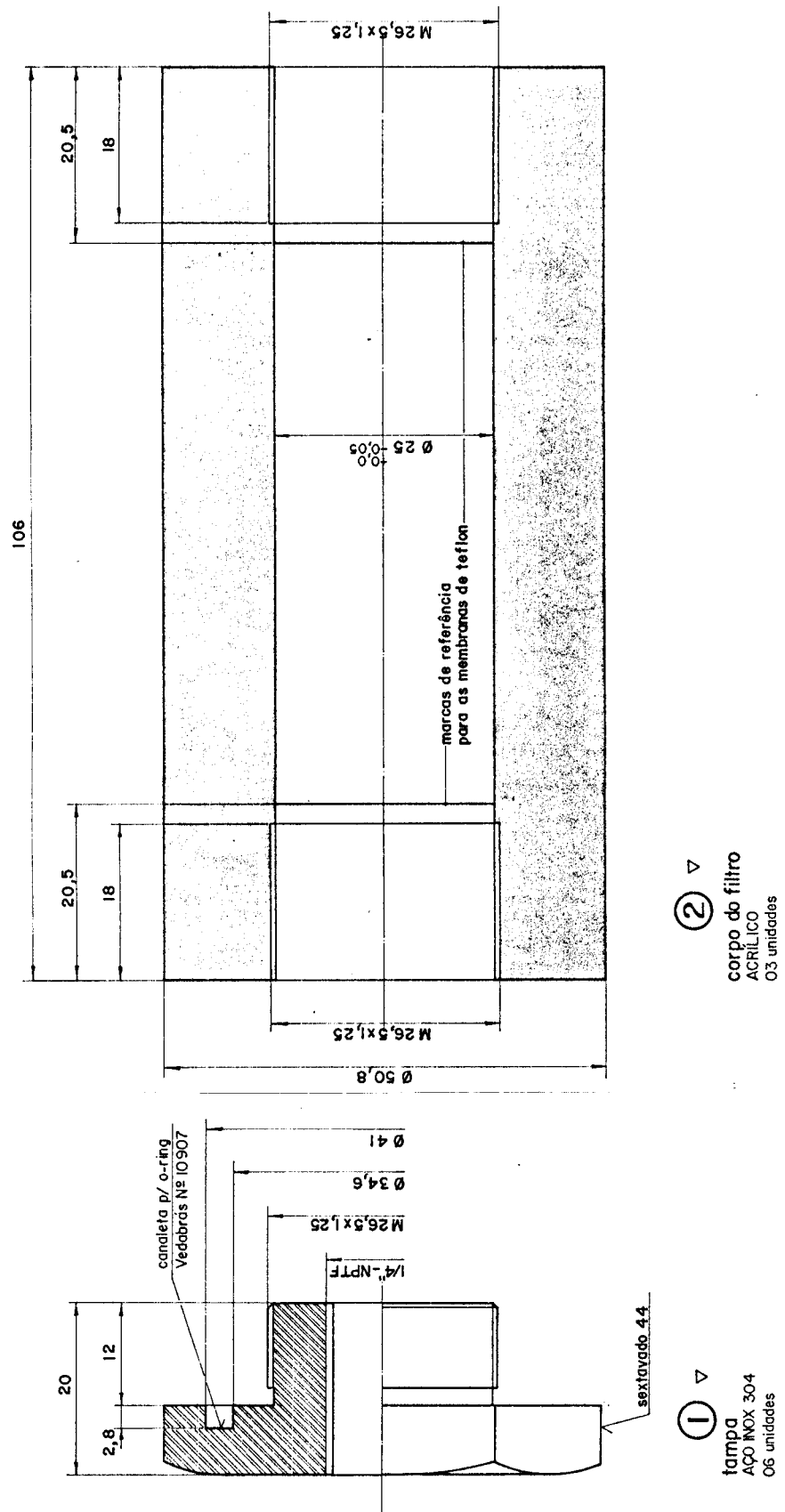


Fig. 5 - Continuação

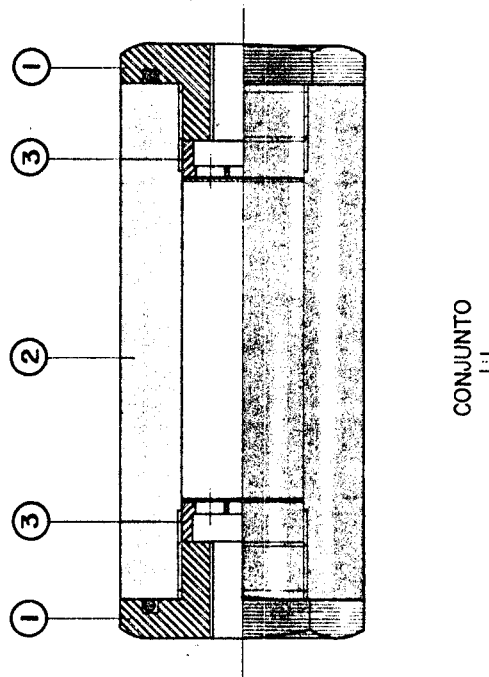


Fig. 5 - Conclusão

4. PESQUISA DE FORNECEDORES DE MATÉRIA-PRIMA E SERVIÇOS

Segue-se uma relação de componentes e matéria-prima necessários à construção dos filtros de umidade e de partículas. As firmas consultadas e os possíveis fornecedores desse material são listadas também.

4.1 - FILTRO DE PARTÍCULAS

a) Elemento filtrante

- Membrana de teflon com porosidade de 5 μ m e diâmetro de 47mm.

Firma: Millipore.

Especificação do componente; LSWP04700.

b) Tela de suporte

- Chapa de aço 304 de 0,1mm de espessura.

Firma: Metafoto (confeção dos furos).

Firma: Sandinox (fornecimento da chapa).

c) Anéis e o-rings de vedação

- Anéis e o-rings de 45mm \emptyset em teflon.

Firma: Millipore.

Especificação do componente: XX40 047 16.

Firma: Indaco.

d) Carcaça do filtro

- Tarugos de 3 - 3,5in Ø de aço 304.
 - . Tarugos disponíveis no LCP.
- A compra de mais material será decidida posteriormente.

e) Parafusos de fixação

- Parafusos em aço inox de cabeça normal cilíndrica com sextavado interno, com porcas e arruelas de M6x35mm, acabamento fino ou médio.
- Firma: Indupar.

Obs.: Todos os componentes foram encontrados no mercado nacional.

4.2 - FILTRO DE UMIDADE

a) Elemento adsorvente e indicador

- Zeólito ou peneira molecular (pM 4A).
- Indicador de sílica-gel:
 - . pM 4A e sílica-gel disponíveis no LCP.

b) Carcaça do filtro

- Tarugo de acrílico de 2" Ø.
- Firma: Plastotal.

c) Tampas dos filtros

- Tarugo de 2" Ø de aço 304.

Firma: Tarugos disponíveis no LCP.

A compra de mais material será decidida posteriormente.

d) O-rings de vedação

- O-rings de diâmetros $d_n = 34,6\text{mm}$ e $d_l = 3,2\text{mm}$.

Firma: Vedabrás.

Especificação do componente: Vedabrás nº 10907.

Obs.: Todos os componentes foram encontrados no mercado nacional.

5. CONSTRUÇÃO E TESTES DE VAZAMENTO

Os filtros foram construídos na oficina do LCP. Os testes de vazamento realizados são relatados a seguir.

a) Teste de vazamento realizado na seção de química do LCP.

Efetuiu-se um teste de vazamento (observação de bolhas) nos filtros de partículas e umidade com pressão de até 5 bar de ar comprimido. Não se observaram bolhas.

b) Teste de vazamento realizado no prédio de ensaios do LCP.

Repetiu-se o mesmo teste, porém com pressões maiores. O filtro de umidade suportou até 40 bar sem apresentar vazamento e a ros

ca de acrílico rompeu-se com 50 bar. Essa falha deve-se ao fato de a parede efetiva do corpo de acrílico na região da rosca ter sido reduzida (espessura) em função de a canaleta do o-ring ter sido escavada no acrílico. A configuração final desse filtro prevê a canaleta do o-ring escavada na tampa de metal.

O filtro de partículas não apresentou vazamento com pressão de até 60 bar e foi considerado aceitável.

Testes de retenção de água no filtro de umidade e testes de vazão, e perda de carga e filtragem de particulado no filtro de hidrazina devem ainda ser realizados para qualificar os filtros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MILLIPORE CATALOG AND PURCHASING GUIDE. Bedford, Ma, Millipore Corporation, 1985. Catálogo. 1987

APENDICE A

INFORMAÇÕES SOBRE TRILHOS E MEMBRANAS DA MILLIPORE

Membrane Filtration Technology

Millipore Membrane Filtration Technology

This basic Millipore technology provides products, systems and application techniques for the analysis and purification of fluids by filtration through microporous membranes and ultrafiltration membranes. Millipore microporous membrane filtration has long been an integral and critical step in industrial processing.

In pharmaceutical manufacturing, this type of filtration removes particles and bacteria from solutions throughout the process, from the purification of central system water all the way to final product sterilization.

In the manufacture of integrated circuits, microporous filtration provides contamination control by

removing particles and colloids from liquids and gases which come in contact with sensitive water surfaces during fabrication.

Beverage processors use microporous filtration for removing yeast, bacteria and particles to prevent spoilage and enhance clarity.

Millipore membrane filtration is also widely used as an analytical tool for the collection, identification and measurement of particles and microorganisms.

Millipore ultrafiltration membranes make molecular separations. They are used to concentrate and purify a wide variety of biological and chemical process fluids, and to remove particulate contamination for fluid clarification.

Microfiltration

Microfiltration is the process of removing contaminants in the .025 to 10 μm range from fluids, by passage through a microporous medium, such as a membrane filter. Although micron-sized particles can be removed by use of non-membrane or depth materials, such as those found in fibrous media, only the membrane or screen filter, having a precisely defined pore size, can ensure quantitative retention.

The retention boundary which a membrane filter defines, can also be used as an analytical tool to validate the integrity and efficiency of a system. For example, in addition to clarifying or sterilizing filtration, fluids containing bacteria can be filtered to trap microorganisms on the membrane surface, for subsequent culture and analysis.

Membrane filters can be used for final filtration or prefiltration, whereas the depth filter is generally used in clarifying applications, where quantitative retention is not required, or as a prefilter to prolong the life of a downstream membrane.

Both screen and depth filters offer certain advantages and limitations, and can complement each other when used together in a microfiltration process system. The chart on the following page outlines the features of depth and screen filters.

In all filtration applications, the permeability of a filter medium can be affected by the chemical, molecular or electrostatic properties of the filtrate. Additional information on specific filter materials is given on pages 5 and 14.

Ultrafiltration

Ultrafiltration is the process of separating extremely small particles and dissolved molecules from fluids. The primary basis for separation is molecular size although secondary factors such as molecule shape and charge can play a role. Materials ranging in size from 1,000 to 1,000,000 molecular weight are retained by ultrafilter membranes while salts and water will pass through; colloidal and particulate matter can also be retained.

Ultrafilter membranes are used to purify and collect both material passing through the filter and material retained by the filter. Materials smaller than the pore size rating pass through the filter and can be depyrogenated, clarified and separated from high molecular weight contaminants. Materials larger than the pore size rating are retained by the filter and

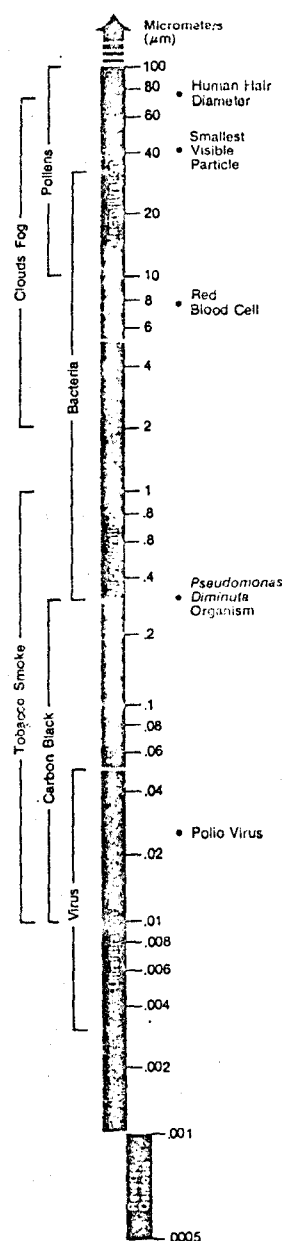
can be concentrated or separated from low molecular weight contaminants.

Ultrafiltration systems are operated in a tangential flow mode—feed material sweeps tangentially across the upstream surface of the membrane as filtration occurs—thereby maximizing flux rates and filter life. The systems offer the advantage of long life because ultrafilter membranes can be repeatedly regenerated with strong cleaning agents.

Microporous membranes are also operated in a tangential flow mode. This provides the ability to purify and concentrate particulate materials, such as bacteria, where large molecules must pass through the filter. Microporous membranes are used in the same devices which incorporate ultrafilter membranes.

Additional information on specific filter materials and applications are given on pages 61-71.

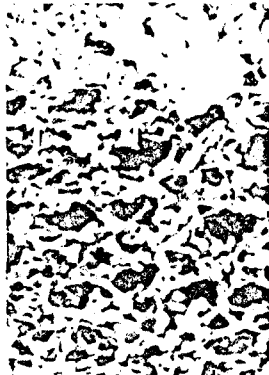
Relative Sizes of Small Particles



Membrane Filtration Technology



Scanning electron micrograph of a Type AP 15 fibrous depth filter showing retention of *Pseudomonas diminuta* throughout the filter medium. Bar = 1µm



Cross sectional scanning electron micrograph of a 0.22µm GS membrane filter showing retention of *Pseudomonas diminuta* on the membrane surface. Bar = 1µm.

Depth Vs. Screen Filter Retention

Depth Filters

Structure: Matrix of randomly-oriented fibers or beads pressed, wound or otherwise bonded together into a tortuous maze of flow channels.

Examples: Cotton, fiberglass, wool, resin-bonded laminates of paper, asbestos, or other inorganic microfilaments, sintered metal, porcelain, and diatomaceous earth.

Advantage: High particle load capacity. Retains particles on surface and throughout matrix.

Disadvantage: Media migration due to discontinuous fibrous structure. Fragments tend to slough off into filtered product.

Disadvantage:

Organisms trapped within filter matrix eventually grow through, contaminating filtrate. Given time, moisture, and nutrients, successive generations penetrate deeper into matrix, eventually emerging on downstream side.

Disadvantage:

No defined pore size. Random matrix places no definite upper limit on size of particles which pass through.

Disadvantage:

Can absorb and retain a large volume of liquid product, a serious problem with expensive liquids.

Screen Filters

Structure: Rigid, uniform continuous mesh of polymeric material with pore size precisely determined during manufacture.

Examples: Window screen, metal sieve, membrane filters.

Advantage: No media migration due to continuous structure of filter material.

Advantage: Grow-through not normally a problem. Organisms larger than pore size cannot penetrate filter.

Advantage: Defined pore size. Predetermined controlled pore size places a limit on largest particle which can pass through. Particles smaller than the rated pore size are retained within the membrane matrix.

Advantage:

Membrane filter is extremely thin, retains little liquid.

Disadvantage:

Low particle load capacity. Particle retention limited almost exclusively to upstream surface. Clogs rapidly.

Materials of Membrane Filter Construction

Microporous membranes are available in a number of polymer types to meet a wide range of analytical and process applications. Membrane types described below are available in disc configuration

and in many cases cartridges or other types of fabricated device. For complete specifications see *Chemical Compatibility Guide* (pages 16-17) and *Membrane Filter Specifications* (page 6).

Durapore® (polyvinylidene difluoride) Filters

Durapore filters provide wide chemical compatibility and temperature requirements, and are the filter type of choice for most fluid process applications. The maximum sterilization temperature for these products is 145°C, far exceeding requirements for steaming in place or autoclave sterilization.

With few exceptions (concentrated ketones, amines, and esters) Durapore filters can replace PTFE membranes and cartridges for most chemical process applications.

Both hydrophobic and hydrophilic forms of the membrane are available for performance in gas and liquid applications. Protein binding to hydrophilic

Durapore filters is in the $1 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ range, two orders of magnitude lower than nitrocellulose or PTFE, making Durapore membranes ideal for sterilization of biological products.

Durapore filters have been thoroughly tested for biological safety. They have met USP Class VI plastic toxicity requirements and have also been tested for toxicity in WI-38 and other sensitive cell lines.

Durapore has also been shown to be non-pyrogenic. Water extractables are lower than 0.5% by weight.

Durapore filters are an integral part of Durapore® TP filter cartridges, Wafergard™ Filters, MilliDisk™ Filters, MilliPak™ Filters, Pellicon® Cassette Filters, Millititer™ Plates, and Millex® Filter Units.

MF-Millipore (mixed esters of cellulose) Filters

MF Filters are composed of pure, biologically inert mixtures of cellulose acetate and cellulose nitrate. Available in a wide range of pore sizes, packaging configurations and surface configurations, "MF-Millipore" filters are the standard for analytical testing applications. Autoclavable to 121°C, MF filters are recommended for applications below 75°C. Water extractables of MF filters are less than 5% by weight.

MF filters are not compatible with ketones, esters, ether alcohols, nitroparaffins or strong acids and bases. Incineration at 820°C (1500°F) yields ash in weight of approximately 0.045%.

MF filters are an integral part of Sterivex™, Sterifil™-D filters, Millex® filter units, 37mm monitors and Millititer™ plates.

Fluoropore® and Mitex® (PTFE) Filters

Fluoropore filters are PTFE (polytetrafluoroethylene) bonded to high density polyethylene to improve ease of handling. Mitex filters are pure PTFE without a backing material. Both filter types are biologically and chemically inert and meet the most extreme conditions of chemical compatibility and temperature. Exceptions are aromatic hydrocarbons at temperatures in excess of 80°C.

Both filter types are hydrophobic, limiting their use to filtration of gases or non-aqueous fluids unless filters are prewet with low surface tension fluid. Fluoropore filters are stable up to 130°C and Mitex to 260°C.

Fluoropore filters are an integral part of Fluorogard® cartridges, Fluorex, Millex SR, and Wafergard filter units.

Polyvic® (polyvinyl chloride) Filters

Polyvic filters exhibit properties of strength flexibility and resistance to low molecular weight alcohols and moderately strong acids and alkalis. They are recommended for analytical assays where tolerance to

extremes of pH are required. Temperature is limited to 65°C. Polyvic filters are available in disc sizes up to 47 mm.

Celotat® (pure cellulose acetate) Filters

Celotat filters are recommended for analytical applications requiring low protein binding and clarification or dissolution of the filter. Celotat filters are resistant

to low molecular weight alcohols but dissolve in ketones. Temperature maximum is 75°C. Celotat filters are available in disc sizes up to 47 mm.

Membrane Filtration Technology

Membrane Filter Specifications

Filter Type	Mean Pore Size (µm)	Typical Flow Rate ¹		Typical Porosity (%)	Typical Refractive Index	Mean [†] Bubble Point ⁴		Auto-clavable
		Water ²	Air ³			kg/cm ²	psi	
Durapore (polyvinylidene difluoride)								
HVHP	0.45	35.0	6	75	N.A.	0.70	10*	Yes
HVLP	0.45	35.0	N.A.	75	N.A.	1.45	22	Yes
GVHP	0.22	15.0	3	75	N.A.	1.30	18*	Yes
GVWP	0.22	15.0	N.A.	75	N.A.	3.50	50	Yes
MF-Millipore (mixed cellulose acetate and nitrate)								
SC	8.0	630	65	84	1.515	0.28	4	Yes
SM	5.0	400	32	84	1.495	0.42	6	Yes
SS	3.0	296	30	83	1.495	0.70	10	Yes
RA	1.2	222	20	82	1.512	0.84	12	Yes
AA	0.80	157	16	82	1.510	1.12	16	Yes
(black)		157	16	82	N.A.	1.12	16	No
DA	0.65	111	9	81	1.510	1.34	19	Yes
HA	0.45	38.5	4	79	1.510	2.32	33	Yes
(black)		38.5	4	79	N.A.	2.32	33	No
PH	0.30	29.6	3	77	1.510	2.81	40	Yes
GS	0.22	15.6	2	75	1.510	3.87	55	Yes
VC	0.10	1.5	0.4	74	1.500	17.6	250	Yes
VM	0.05	0.74	0.2	72	1.500	26.4	375	Yes
VS	0.025	0.15	0.15	70	1.500	35.2	500	Yes
Celotat (cellulose acetate)								
EA	1.0	125	8	74	1.470	0.91	13	No
EH	0.5	45	5	73	1.470	1.90	27	No
EG	0.2	16	3	71	1.470	3.80	54	No
Fluoropore (PTFE)								
FS	3.0	286	20	85	See Note	0.05	0.7	Yes
FA	1.0	90	16	85	Note (5)	0.21	3	Yes
FH	0.5	40	8	85	(5)	0.49	7	Yes
FG	0.2	15	3	70		0.91	13	Yes
Mitex (Teflon)								
LC	10.0	126	14	68	N.A.	0.04	0.5	Yes
LS	5.0	51.9	9	60	N.A.	0.06	0.9	Yes
Polyvic (polyvinyl chloride)								
BS	2.0	231	19	79	1.528	0.28	4	No
BD	0.6	33.3	3	73	1.528	0.70	10	No

* see Note 4

† For minimum bubble point for fabricated devices and cartridges see relevant catalog page.

Notes to Table

- Flow rates listed are based on measurement with clean water and air, and represent initial flow rates for a liquid of 1 centipoise viscosity at the start of filtration, before filter plugging is detectable. Actual initial flow rates may vary from the average values given here. Variability depends on filter Type and is roughly proportional to pore size.
- Water flow rates are milliliters per minute per cm² of filtration area, at 20°C with a differential pressure of 52 cm Hg (10 psi). *Flow rates for Fluoropore, Durapore hydrophobic, Mitex and Polyvic filters are based on methanol instead of water.*
- Air flow rates are liters per minute per cm² of filtration area, at 20°C with a differential pressure of 52 cm Hg (10 psi) and exit pressure of 1 atmosphere (14.7 psia).

- Bubble point pressure is the differential pressure required to force air through the pores of a water-wet filter (except methanol-wet for Fluoropore, Durapore hydrophobic, Mitex and Polyvic filters).
- Crystalline and amorphous regions of Fluoropore filters have differing refractive indexes, and it is therefore not possible to obtain uniform clearing.

Additional Notes

Flow rate correction for viscosity

For a liquid having a viscosity significantly different from that of water (1 centipoise), divide the water flow rate by the viscosity of the liquid in centipoises to obtain the approximate initial flow rate for the liquid in question (viscosity of methanol is 0.6 cps at 20°C).

Water extractables

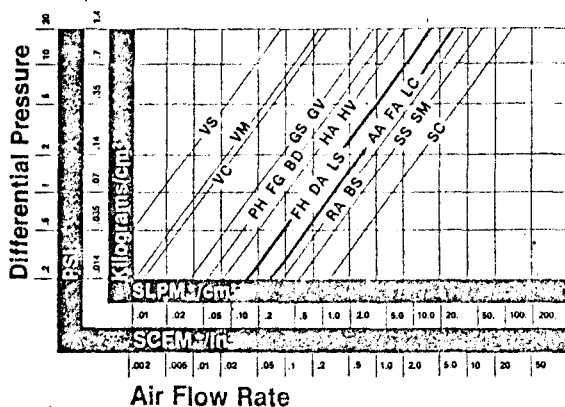
Water extractables measure 5% or less for most filter types.

Notes to Flow Rate vs Pressure Graphs
 The following curves represent approximate initial flow rates through all Millipore membrane filter Types as a function of differential pressure, with clean water (except methanol of Types BD, BS, FA, FH, FG) and clean air. They do *not* take into account any additional pressure drop due to filtration system inlet and outlet connections, which at high flow rates may require up to 50% higher pressure to produce the desired flow rate.
 Conditions assumed for air flow rates are a temperature of 20°C and an exit pressure of 1 atmosphere (14.7 psia). At higher temperatures or exit pressures, the indicated flow rates must be corrected by the formula:

$$F = F_0 \left(\frac{293}{273+t} \right) \left(\frac{P + \Delta P/2}{14.7 + \Delta P/2} \right)$$

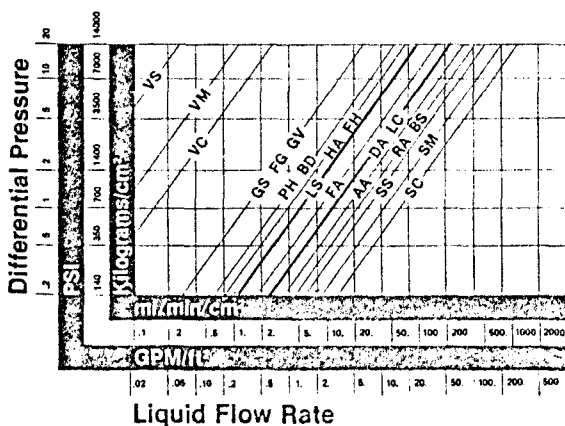
where F = corrected actual mass flow rate
 F₀ = flow rate from chart at 14.7 psia exit pressure and 20°C (68°F)
 t = air or gas temperature (°C)
 P = filtration system exit pressure (psia)
 ΔP = pressure drop through the system (psi)
 If pressures are in kg/cm², the term 14.7 in the pressure correction factor becomes 1.03.

Flow Rate vs. Pressure— Clean Air, Exit Pressure 14.7 psia



* Cu. ft. or liters per minute at 1.0 atm (14.7 psia) and 20°C

Flow Rate vs. Pressure— Clean Water* at 20°C



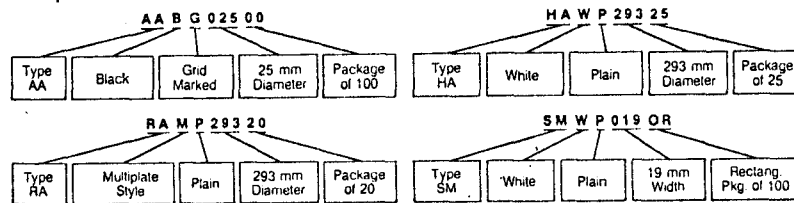
* Flow rates for filter Types BD, BS, FA, FH and FG are with methanol

Filter Nomenclature

Catalog Number Key:

Filter Type (Pore Size)	Color or Style	Surface Marking	Diameter or Size (mm)	Packaging
SC = 8.0 μ	W = White	P = Plain	013 = 13 mm	00 = 100 ea. 13 mm, 25 mm, 37 mm with "thin" support pads, 47 mm, 90 mm, and 293 mm Multiplate style.
SM = 5.0 μ	B = Black	G = Grid marked	047 = 47 mm	50 = 50 ea. 142 mm
RA = 1.2 μ etc.	M = Multiplate		293 = 293 mm etc.	25 = 25 ea. 90 mm and 293 mm
	E = Edge hydrophobic			20 = 20 ea. 293 mm Multiplate style
	L = Laminate			10 = 1 ea. 10-foot full sheet. Also 10 ea. 8 X 10 inch sheets
				A0 = 100 ea. 47 mm Autoclave Packed with absorbent pads
				S0 = 100 ea. 47 mm Sterile Packed with absorbent pads
				P0 = 100 ea. 37 mm with 34 mm "thick" pads for Contamination Monitors
				OR = 100 ea. rectangular

Catalog number Examples:



Fluoropore Filters

Pore Size (µm)	Dia. (mm)	Color	Surface	Pkg.	Type	
					▼	Cat. No.
3.0	13	white	plain	100	FSLW	013 00
	25	"	"	100	FSLW	025 00
	47	"	"	100	FSLW	047 00
	90	"	"	25	FSLW	090 25
	142	"	"	10	FSLW	142 00
1.0	293	"	"	5	FSLW	293 00
	13	white	plain	100	FALP	013 00
	25	"	"	100	FALP	025 00
	47	"	"	100	FALP	047 00
	90	"	"	50	FALP	090 50
0.5	142	"	"	50	FALP	142 50
	293	"	"	25	FALP	293 25
	13	"	"	100	FHLP	013 00
	25	"	"	100	FHLP	025 00
	47	"	"	100	FHLP	047 00
0.2	90	"	"	50	FHLP	090 50
	142	"	"	50	FHLP	142 50
	293	"	"	25	FHLP	293 25
	13	"	"	100	FGLP	013 00
	25	"	"	100	FGLP	025 00
Unlaminated	47	"	"	100	FGLP	047 00
	90	"	"	50	FGLP	090 50
	142	"	"	50	FGLP	142 50
	293	"	"	25	FGLP	293 25

Multiplate Configuration

Pore Size (µm)	Dia. (mm)	Color	Surface	Pkg.	Type	Cat. No.
3.0	293	white	plain	20	FSMP	293 20
1.0	293	"	"	20	FAMP	293 20
0.5	293	"	"	20	FHMP	293 20
0.2	293	"	"	20	FGMP	293 20

Monitor Refill, with Thin Absorbent Pads

Pore Size (µm)	Dia. (mm)	Color	Surface	Pkg.	Type	Cat. No.
3.0	37	white	plain	100	FSLW	037 00
1.0	37	"	"	100	FALP	037 00
0.5	37	"	"	100	FHLP	037 00

Unlaminated

Pore Size (µm)	Dia. (mm)	Color	Surface	Pkg.	Type	Cat. No.
0.5	47	"	"	100	FHUP	047 00

Mitex Filters

Pore Size (µm)	Dia. (mm)	Color	Surface	Pkg.	Type	
					▼	Cat. No.
10.0	13	white	plain	100	LCWP	013 00
	13	"	grid	100	LCWG	013 00
	25	"	plain	100	LCWP	025 00
	25	"	grid	100	LCWG	025 00
	47	"	plain	100	LCWP	047 00
5.0	47	"	grid	100	LCWG	047 00
	90	"	"	25	LCWP	090 25
	142	"	"	50	LCWP	142 50
	293	"	"	25	LCWP	293 25
	13	white	plain	100	LSWP	013 00
Monitor Refill, with Thin Absorbent Pads	13	"	grid	100	LSWG	013 00
	25	"	"	100	LSWP	025 00
	25	"	grid	100	LSWG	025 00
	47	"	plain	100	LSWP	047 00
	47	"	grid	100	LSWG	047 00
5.0	90	"	"	25	LSWP	090 25
	142	"	"	50	LSWP	142 50
	293	"	"	25	LSWP	293 25
	37	white	plain	100	LSWP	037 00

Filter Support

Description	Dia. (mm)	Pkg.	Cat. No.
Absorbent Pads,	13 mm	100/pk.	AP10 013 00
Absorbent Pads,	24 mm	100/pk.	AP10 024 00
Absorbent Pads,	25 mm	100/pk.	AP10 025 00
Absorbent Pads,	37 mm	100/pk.	AP10 037 00
Sterile Absorbent Pads,	47 mm	100/pk.	AP10 047 50
Sterile Absorbent Pads, with dispenser	47 mm	200/pk.	AP10 047 S1
Absorbent Pads,	47 mm	100/pk.	AP10 047 00
Absorbent Pads,	142 mm	50/pk.	AP10 142 50
Thick Support Pads,	34 mm	100/pk.	AP30 034 PO
Woven Mesh Spacers,	42 mm	100/pk.	AP32 042 00
Woven Mesh Spacers,	75 mm	100/pk.	AP32 075 00
Woven Mesh Spacers,	124 mm	50/pk.	AP32 124 50
Woven Mesh Spacers,	257 mm	25/pk.	AP32 257 25
Woven Mesh Spacers,	275 mm	100/pk.	AP32 275 OS

Materials of Prefilter Construction and Filter Support

Prefilters

In process filtration, membrane filters are usually preceded by prefilters that extend their useful life by retaining a large percentage of contaminants that would hasten the plugging of the membrane filter. Prefilters can also be used as final filters in applications where 100% retention of contaminants above a specified pore size is not required. When used as a final filter, depth type prefilters may occasionally

unload retained contaminants into the filtrate if subjected to shock, such as that caused by a rapidly actuated valve. For these conditions, the non-fibrous screen type prefilter is recommended. Selection of a prefilter for either prefiltration or final filtration should be based on retention efficiency—the ability to retain particles above a given pore size—in order to assure the required dirt-holding capacity in your system.

Fibrous Depth Filters

Type AP15

Borosilicate microfiber glass, with acrylic resin binder.

Highest retention efficiency, and lowest dirt-holding capacity, of Millipore depth filters. Recommended as prefilter protection of membrane filters from 0.2 to 0.6 μm pore size.

Type AP20

Borosilicate microfiber glass, with acrylic resin binder. Less dense matrix than Type AP15 results in lower retention efficiency and higher dirt-holding capacity. Recommended as prefilter protection of membrane filters from 0.8 to 8 μm pore size, and also as upstream protection for Type AP15.

Type AP25

Borosilicate microfiber glass, with acrylic resin binder. Matrix density is lower than in Type AP20, but thickness is approximately three times as great. Retention efficiency is nearly the same as Type AP20, due to added thickness, but dirt-holding capacity is much larger. Recommended as prefilter protection of membrane filters from 0.8 to 8 μm pore size, particularly in filtering proteinaceous materials and liquids with a heavy burden of contaminant. Also as upstream protection for Type AP15.

Type AP40 Microfiber Glass Discs (for analysis only) without binder resin

Borosilicate microfiber glass. Used for determinations of volatile suspended matter in contamination analysis of wastewater and industrial effluents and aerosol sampling. Since these filters contain no binder, they retain structural integrity when ignited at 550°C after sample filtration, without weight loss. *They should not be used in process filtering applications.*

Reinforced Membrane Filters

These disc filters contain no fiberglass or asbestos.

They are designed to replace fiberglass or asbestos

prefilters in parenteral product filtration.

Type AW03

Homogeneous microporous polymers of cellulose esters formed around a cellulose web. Highest retention efficiency of Millipore non-fibrous filters. Recommended for submicron clarification or as a prefilter for the protection of membrane filters of 0.2 to 0.45 μm pore size.

Type AW06

Homogeneous microporous polymer of cellulose esters formed around a cellulose web. Lower retention efficiency than AW03. Recommended for submicron clarification or as a prefilter for protection of membrane filters from 0.45 to 0.8 μm pore size.

Type AW19

Homogeneous microporous polymers of cellulose esters formed around a cellulose web. Lower retention efficiency than AW06. Recommended for submicron clarification or as a prefilter for protection of membrane filters of 0.8 to 1.2 μm pore size.

Type AW30

Homogeneous microporous polymers of cellulose esters formed around a cellulose web. Lower retention efficiency than AW19. Recommended for general clarification or prefiltration of particles in the 3 μm range. Available only in a cartridge configuration.

Type RW03, 06 and 19

Have same performance characteristics as AW03, 06 and 19, respectively, but are formed around a polyester web and are used in Milligard TP only.

Filter Support Materials

Type AP10 Absorbent Pads

Also called *nutrient pads*, these are made of pure, white cellulosic material resembling blotting paper. They are used as filter supports in Millipore Monitors, and for microbiological culturing when saturated with growth medium and placed under the test filters in Petri dishes. In sheet form, the material is also used for drying filters and for many other purposes.

Type AP30 Thick Support Pads

Identical in material to Type AP10, but much thicker. Used as filter supports in Millipore Contamination Analysis Monitors, where the increased thickness is required for adequate support against high sampling pressures. Available in 34 mm diameter only.

Type AP32 Woven Mesh Spacers

A screen-like mesh of Dacron filaments, bonded at all intersection points. Placed between two filters in serial filtration, they prevent the downstream element (screen or filter) from "binding" a percentage of the pores in the upstream filter, and thus increase both flow rate and ultimate throughput.

Prefilters

Depth Type AP15 Filters

Dia. (mm)	Pkg.	Type ▼	Cat No.
22	100	AP15	022 00
25	100	AP15	025 00
42	100	AP15	042 00
47	100	AP15	047 00
75	100	AP15	075 00
90	100	AP15	090 00
124	50	AP15	124 50
142	50	AP15	142 50
257	25	AP15	257 25
293	25	AP15	293 25

Depth Type AP20 Filters

Dia. (mm)	Pkg.	Type ▼	Cat No.
10	100	AP20	010 00
13	100	AP20	013 00
20	100	AP20	020 00
22	100	AP20	022 00
25	100	AP20	025 00
35	100	AP20	035 00
42	100	AP20	042 00
47	100	AP20	047 00
75	100	AP20	075 00
90	100	AP20	090 00
124	50	AP20	124 50
142	50	AP20	142 50
257	25	AP20	257 25
275	100	(a) APMS	275 00
293	25	AP20	293 25
293	100	(a) APMG	293 00

Depth Type AP25 Filters

Dia. (mm)	Pkg.	Type ▼	Cat No.
10	100	AP25	010 00
13	100	AP25	013 00
18	100	AP25	018 00
20	100	AP25	020 00
22	100	AP25	022 00
25	100	AP25	025 00
35	100	AP25	035 00
42	100	AP25	042 00
47	100	AP25	047 00
75	100	AP25	075 00
90	100	AP25	090 00
124	50	AP25	124 50
127	50	AP25	127 50
142	50	AP25	142 50
257	25	AP25	257 25
275	20	(a) APTS	275 20
293	25	AP25	293 25
293	20	(b) APTP	293 20
293	20	(a) APTS	293 20

Type AP40 Microfiber Glass Discs (for analysis only) without binder resin

Dia. (mm)	Pkg.	Type ▼	Cat No.
24	500	AP40	024 05
37	500	AP40	037 05
47	500	AP40	047 05
10	100	AP40	010 00

Type AW03 Reinforced Membrane Filters

Dia. (mm)	Pkg.	Type ▼	Cat No.
47	100	AW03	047 00
75	100	AW03	075 00
90	100	AW03	090 00
124	50	AW03	124 50
142	50	AW03	142 50
257	25	AW03	257 25
293	25	AW03	293 25
275	20	(a) AW03	275 MS
293	20	(b) AW03	293 MP

Type AW06 Reinforced Membrane Filters

Dia. (mm)	Pkg.	Type ▼	Cat No.
47	100	AW06	047 00
75	100	AW06	075 00
90	100	AW06	090 00
124	50	AW06	124 50
142	50	AW06	142 50
257	25	AW06	257 25
293	25	AW06	293 25
275	20	(a) AW06	275 MS
293	20	(b) AW06	293 MP

Type AW 19 Reinforced Membrane Filters

Dia. (mm)	Pkg.	Type ▼	Cat No.
25	100	AW19	025 00
47	100	AW19	047 00
75	100	AW19	075 00
90	100	AW19	090 00
124	50	AW19	124 50
142	50	AW19	142 50
257	25	AW19	257 25
293	25	AW19	293 25
275	20	(a) AW19	275 MS
293	20	(b) AW19	293 MP

(a) Serial Multiplate prefilters have large inner (hole) diameters than Multiplate filters and are used directly on top of the final filter. Standard (293 mm) or reduced (275 mm) outer diameters are available as indicated.

(b) Standard Multiplate prefilters have the same outer and inner diameters as Multiplate filters and are always used in a separate holder upstream from the final filter.

Selection of a Process System

The following information is intended as a general guide to help you select a filtration system to meet your needs. Most process systems will probably require an additional consultation.

This guide will also assist you in sizing a system for flow rate. However, assistance should be requested from your Millipore Applications Specialist if a system is to be sized for throughput.

1. Define Your Requirements

The first step is for you to answer these questions:

- What liquid(s) or gas(es) is to be filtered?
- What pore size is required to retain the particles?
- What is the desired flow rate?
- What is the available inlet pressure, and maximum allowable differential pressure?
- What are the inlet and outlet plumbing connections?
- What is the temperature of the fluid to be filtered?
- Will this be a sterilizing filtration?
- Will the filtration be run continuously or in a batch? If batch, what is the volume?

2. Select the Filter Type Required

Select the filter material that is chemically compatible with the fluid to be filtered (Chemical Compatibility Guide, pages 16-17) and that best fits your application (General Application Guide, pages 18-19). Additional recommendations can be found in the description of membrane and depth polymer materials on pages 5 and 14. The Membrane Filter Specifications Chart on page 6 shows what pore sizes are available for the kind of filter that you have selected. Select the pore size you require. For sterilizing filtration 0.22 μ m is generally required. In many cases prefiltration stages upstream of the final filter can greatly increase throughput by removing most of the particles which would clog the final membrane filter.

3. Calculate the Filter Surface Area

- Knowing the available differential pressure and the filter type, use the flow charts on page 7 to determine the flow rate per cm² of filter area. (See page 6 for viscosity and temperature corrections when dealing with fluids other than water at 20°C.)
- Divide the required flow rate by the flow rate per cm² of filter area at the available differential pressure

to calculate the surface area required to obtain the desired flow rate. Multiply this area by 4 to allow for optimum filter area utilization. If this area is greater than 468 cm², cartridge filtration is required.

- Generally, it is advisable to size for flow rates of 1 gpm/ft² (3.8 lpm/930 cm²) or less to maximize filter throughput.

4. Select the Appropriate Filter Holder

Select the filter holder that will supply the required effective filtration area and that is suitable for your application, by consulting the individual descriptions in either the Disc Holder or Cartridge Housing sections in this catalog. The effective filtration area of two or more holders in parallel is additive. Since some cartridge holders are restrictive, verify that the calculated flow rate data is similar to the data given for a particular holder. Be sure to note that all materials are not available in a cartridge configuration.

5. Select the Actual Filter Required

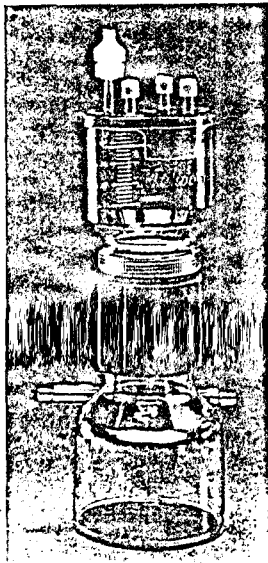
Knowing the filter holder size, the kind of filter and the pore size of the filter, the actual filter to be ordered can be determined. Disc filter catalog numbers are given on pages 10, 11, 12, 13, and 15. Note that the filter size is the same as the holder size (e.g., a 142mm filter fits into a 142mm filter holder). Cartridge filter descriptions and catalog numbers are given on pages 71-90. Since all filter types are not available in cartridge configuration, be sure that material and pore size is available in a cartridge filter.

6. Select the Necessary Accessories

The inlet and outlet connections and a list of suggested accessories are included in the catalog description for each filter holder. This is to help you construct a "plumbing" system to incorporate the filtration system into your process system. The listing of Fittings, Adapters, and Tubing begins on page 125.

If you prefer to have our Technical Service Department design a process filtration system to fit your requirements, call toll-free 800-225-1380. Overseas, contact the nearest subsidiary as listed on the back cover.

Disc Holders



Sterifil Aseptic System, 47mm; Sterifil Holder, 47 mm

Function

Vacuum filtering of liquids for analysis of particulate or biological contamination. The Sterifil Aseptic System is designed as a closed unit. The Sterifil Holder base and funnel assembly are available separately for use with any standard 1-liter vacuum filtering flask. Autoclavable with filter in place.

Note: This unit is not recommended for filtration of strong alkali solutions.

Materials

Polycarbonate funnel, funnel cover, receiver flask cover, polypropylene holder base and filter support

screen, Neoprene stopper, silicone O-ring.

Filter size

47 mm diameter.

Filter area

Approximately 13.8 cm².

Prefilter size

Type AP depth prefilter, 42 mm diameter; Type AW prefilter, 47 mm diameter.

Capacity

250 ml (funnel and receiver flask).

Pressures

Vacuum only.

Connections

Perforated stopper on holder outlet mounts in standard 1-liter filtering flask or Millipore filtering manifolds (available separately). Two ports on receiver flask accept either 1/4" I.D. tubing or male Luer slip connection for vacuum and drain or vent. Four female Luer slip ports on funnel cover can be used for vent and aseptic inlet.

Dimensions

Holder 76 mm (3") diameter x 127 mm (5") high; height 203 mm (8") with receiver flask.

Ordering Information

Cat. No.

Sterifil Aseptic System, 47 mm	XX11 047 00
*Sterifil Holder, 47 mm	XX11 047 10

Qty. Replacement Parts

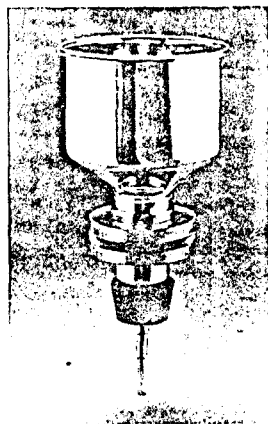
Cat. No.

1 Receiver flask, 250 ml	XX11 047 05
1 Receiver flask cover	XX11 047 06
1 Filter holder base and support screen	XX11 047 02
1 Filter support screen only	XX11 047 15
1 O-ring, silicone	10/pk: XX11 047 07
1 #8 Neoprene stopper	5/pk: XX20 047 18

3/8" hole

1 Funnel, 250 ml	XX11 047 04
1 Funnel cover	XX11 047 03
12 Gum rubber caps	100/pk: XX11 047 11
2 Swinnex-13 filter holders	10/pk: SX00 013 00
10 Microfiber glass 13 mm prefilters	100/pk: AP25 013 00
Vacuum hose, silicone, 1.4 m (4 1/2')	XX71 000 04
Vacuum/pressure pump, 115V, 60 Hz	XX55 000 00
Vacuum/pressure pump, 220V, 50 Hz	XX55 220 50
Vacuum/pressure pump, 110V, 50 Hz	XX55 110 50

*Sterifil Holder consists of complete Sterifil Aseptic System minus receiver flask and receiver flask cover



Hydrosol Stainless Filter Holder, 47 mm

Function

Vacuum filtering liquids for analysis of particulate or biological contamination. Not autoclavable with filter in place.

Materials

Stainless funnel, base and filter support screen, anodized aluminum locking ring, nylon lockwheels, Teflon gaskets, Neoprene stopper.

Filter size

47 mm diameter.

Filter area

Approximately 9.6 cm².

Prefilter size

Type AP depth prefilter, 35 mm diameter; Type AW prefilter, 47 mm diameter.

Funnel capacity

650 ml.

Pressures

Vacuum only.

Connection

#8 perforated stopper mounts in standard 1-liter filtering flask or Millipore filtering manifolds.

Dimensions

114 mm (4 1/2") diameter x 229 mm (9") high.

Ordering Information

Cat. No.

Hydrosol Stainless, Filter Holder, 47mm	XX20 047 20
---	-------------

Replacement Parts

Cat. No.

Base with screen, gasket, & stopper	XX20 047 02
Screen gasket, Teflon	25/pk: XX20 047 03
Funnel & locking ring assembly	XX20 047 04
Nylon lockwheels & wrench set	XX20 047 07
Stainless support screen	XX20 047 08
#8 Neoprene stopper, 3/8" hole	5/pk: XX20 047 18
Locking ring assembly	XX20 047 01
Locking ring gasket, Teflon	5/pk: XX40 047 14

Accessories

Cat. No.

Funnel & locking ring assembly, 100 ml	XX63 001 21
--	-------------

In-Line Stainless Filter Holder, 47 mm

Function

The SS 47 mm filter holder is designed to be used in any of a wide variety of fluid or gas filtration applications using 47 mm filters at pressures to 275 psi

maximum. The entire 316 stainless steel assembly allows wide thermal capability limited only by the type of filter material used. The standard unit is supplied with a back pressure screen for back surge protection. By using the accessory XX44 047 02 Teflon coated support screen and the XX44 047 04

Teflon coated back pressure screen, the unit can be used as a sterilizing grade holder by autoclaving with the standard MF filters in place.

Materials

Filter holder body is 316ss; internal screens are 316ss, except the support screen used for autoclave sterilization of the standard MF which is 316ss with FE P coating. The standard O-ring is silicone rubber (other O-rings listed under accessories).

Filter size

47 mm diameter.

Filtration area

13.8 cm².

Prefilter size

Type AP depth prefilter, 42 mm diameter; type AW prefilter 47 mm diameter.

Pressure, maximum

19 kg/cm² (275 psig) inlet; 5.3 kg/cm² (75 psig) differential. With MF Millipore filters type DA (0.65 μm), AA (0.8 μm), RA (1.2 μm), SS (3.0 μm), SM (5.0 μm), and SC (8.0 μm) the maximum pressure differential is 3.5 kg/cm² (50 psig).

Connections

1/4" NPTF inlet and outlet. Connectors to accept 3/8" hose available as accessory parts. 1/8" NPTF upstream port with pipe plug. Vent/relief valve available as an accessory part.

Dimensions

Diameter 3" (76 mm), height (inlet to outlet) 1 1/16" (27 mm)

Typical initial flow rates at 0.7 kg/cm² (10 psi) differential pressure and 20°C (68°F):

Filter Type	GS/GV	HA/HV	RA	SM	FG	FH	FA
0.22	0.45	1.2	5.0	0.2	0.5	1.0	
ml/min*	180	240	1000	1720	180	260	850
L/min**	14	33	136	206	23	50	138

*Water for GS/GV, HA/HV, RA, SM; methanol for FG, FH, FA.

**Gas flow rate; exit pressure 1.0 atm (14.7 psia).

Ordering Information

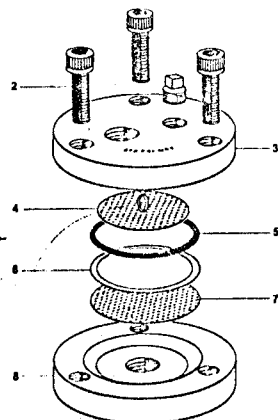
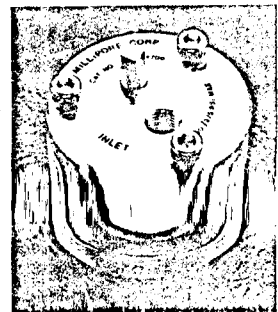
In-Line Stainless Filter Holder, 47 mm **Cat. No. XX44 047 00**

Replacement Parts

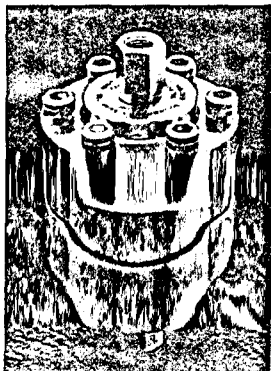
	Cat. No.
(2) Allen head cap screws 5/16" - 18 x 1"	—
(3) Inlet Plate 47 mm	5611
(4) SS Back Pressure Screen	XX44 047 03
(5) O-ring, silicone (2-131)	6/pk: XX43 047 01
(6) Screen, 47 mm Photo etched support	XX42 047 09
(7) Screen, 47 mm under drain	5614
(8) Outlet Plate, 47 mm	5612

Accessories

	Cat. No.
Vent/relief valve (19 kg/cm ² , 275 psig)	XX42 047 08
Filter forceps, stainless, smooth tip	XX62 000 06
Viton A O-ring (2-131)	6/pk: XX43 047 02
EPR O-ring (2-131)	6/pk: XX43 047 03
Teflon coated support screen	XX44 047 02
Teflon coated back pressure screen	XX44 047 04
Hose Connector, 1/4" NPT	XX25 047 05



Jisc Holders



High Pressure 316 Stainless Filter Holder, 47 mm

Function
Filtering high pressure gases or liquids for removal of particulate contamination, or for analysis of contaminants retained on the filter surface. Differential pressure as high as 105 kg/cm² (1500 psi) may be safely used with all Millipore filters except Types SC, SM and SS which are restricted to a differential pressure of 10.5 kg/cm² (150 psi). A second identical filler support screen (not supplied) can be installed upstream, if desired, for back pressure protection and its use is recommended for high flow rate filtrations. (Upstream filter support screen not to be used for particulate analysis filtrations.)

Materials
316 stainless steel, Viton O-rings.
Filter size
47 mm diameter.
Filtration area
Approximately 9.6 cm².

Prefilter size
Type AP depth prefilter, 42 mm diameter; type AW prefilter 47 mm diameter (prefilters cannot be used if back pressure support screen is installed).

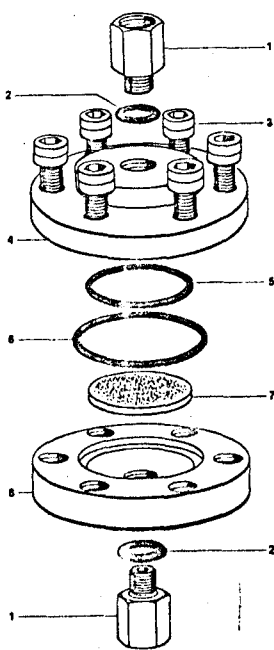
Pressures
700 kg/cm² (10,000 psi) inlet; 105 kg/cm² (1500 psi) differential with all Millipore filters except Types SC, SM and SS which are restricted to 10.5 kg/cm² (150 psi) differential.

Connections
7/16" - 20 (UNF-3B) female inlet and outlet, 7/16" - 20 (UNF-3B) male to 1/4" NPTF adapter connectors provided.

Dimensions
86 mm diameter x 44 mm (3 3/8" x 1 3/4").
Typical initial flow rates at 7 kg/cm² (100 psi) differential pressure and 20°C (68°F) with hose connectors.

Filter Type	GS/GV	HA/HV	RA	FG	FH	FA
Pore size (μm)	0.22	0.45	1.2	0.2	0.5	1.0
L/min.*	1.5	3.7	15.2	1.5	3.7	8.1
SCFM**	6.7	9.2	23.4	8.1	19.8	28.2

*Water for GS/GV, HA/HV, RA methanol for FG, FH, FA.
**Cu. ft./min. at 1.0 atm (14.7 psia) and 20°C.



Ordering Information	Cat. No.
High Pressure 316 Stainless	XX45 047 00

Filter Holder, 47 mm

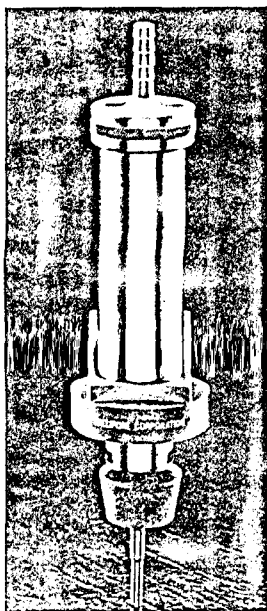
Replacement Parts **Cat. No.**

(1) Inlet/outlet adapters, 7/16"-20 (UNF-3A) male to 1/4" NPTF	2/pk: XX45 047 15
(2) Adapter O-ring, Viton (2-111)	10/pk: XX45 047 16
(3) 410 Stainless hex cap screw, 3/8"-16 x 1"	6/pk: XX45 047 12
(4) Inlet plate	—
(5) Inner O-ring, Teflon-treated Viton (2-030)	5/pk: XX45 047 05
(6) Outer O-ring, Viton (2-033)	10/pk: XX45 047 13
(7) Filter support screen	XX45 047 04
(8) Outlet plate	—
Allen wrench, 5/16"	—

Accessories **Cnt. No.**

Outer O-ring, E-P	10/pk: XX45 047 14
Outer O-ring, Teflon	2/pk: XX45 047 20
Back pressure support screen	XX45 047 04
Filter forceps, stainless, smooth-tip	XX62 000 06
Adapter O-ring, E-P	10/pk: XX45 047 17
Inner O-ring, E-P	10/pk: XX45 047 08
Inner O-ring, Viton	10/pk: XX45 047 06
Inner O-ring, silicone	10/pk: XX45 047 07
Inner O-ring, Teflon	5/pk: XX45 047 10

Disc Holders



Stainless Pressure Holders, 47 mm

Function

Ultracleaning or sterilizing small batch volumes of liquids. Cylindrical barrel holds 100 ml (or 340 ml) of liquid, which is filtered by externally applied gas pressure through a suitable filter supported on the holder base. Autoclavable with filter in place.

Materials

Stainless barrel, base, filter support screen, top cap and tubing adapter, anodized aluminum locking ring, Teflon and Viton-A O-rings, Neoprene stopper.

Filter size

47 mm diameter.

Filter area

Approximately 11.3 cm².

Prefilter size

Type AP depth prefilter, 42 mm diameter, Type AW prefilter, 47 mm diameter.

Pressures

7 kg/cm² (100 psi) inlet and differential.

Capacities

100 ml or 340 ml.

Connections

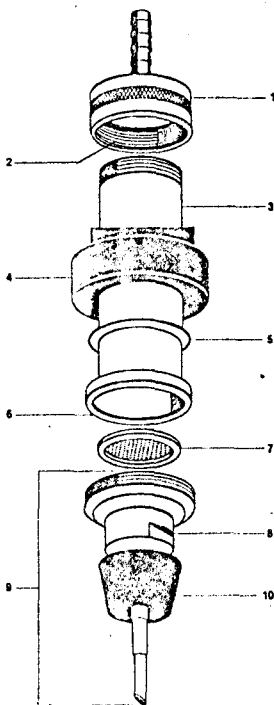
3/8" inlet hose connector for applied air or gas pressure, #8 Neoprene stopper on outlet tubing fits standard 1-liter flask which must be vented during operation.

Dimensions

70 mm (2 3/4") diameter, 259 mm (11 1/2") or 533 mm (21") high.

Typical initial flow rates at 0.7 kg/cm² (10 psi) differential pressure and 20°C (68°F):

Filter Type	Water					Methanol		
	GS/GV	HA/HV	RA	SM	FG	FH	FA	
Pore Size (µm)	0.22	0.45	1.2	5.0	0.2	0.5	1.0	
ml/min.	140	410	1250	4100	170	450	1015	



Ordering Information

Cat. No.

Stainless 47 mm Pressure Holder, 100 ml	XX40 047 00
Stainless 47 mm Pressure Holder, 340 ml	XX40 047 40

Replacement Parts

Cat. No.

Stainless 47 mm Pressure Holder, 100 ml	XX40 047 00
---	-------------

(1) Top cap with hose adapter

(2) Top cap O-ring, Viton-A 10/pkg: XX45 047 06

(3) Barrel, 100 ml

(4) Locking ring XX40 047 03

(5) Locking ring gasket, 5/pkg: XX40 047 14

Teflon

(6) Filter sealing O-ring, Teflon 5/pkg: XX40 047 16

(7) Filter support screen XX40 047 04

(8) Holder base

(9) Base assembly, with support screen & stopper XX40 047 05

(10) #8 Neoprene stopper, 3/8" 5/pkg: XX20 047 18

— Wrench set XX40 047 07

— Gasket set 2 sets: XX40 047 08

includes: locking ring gasket, filter sealing O-ring, & top cap O-ring

Stainless 47 mm Pressure Holder, 340 ml

same as above except:

(3) Barrel, 340 ml XX40 047 31

Accessories

Cat. No.

Filtering flask, 1 liter XX10 047 05

Filter forceps, stainless, smooth-tip XX62 000 06

PVC tubing, 3/8" ID. x 10', with clamps (not autoclavable) XX67 000 34

Top cap O-ring, Teflon 5/pkg: XX40 047 19

**Aerosol Standard, 47 mm
Aerosol Open-Type, 47 mm**

Function

Vacuum filtering air, or other gases, from open atmospheres, or from closed systems, for analysis of particulate contamination.

Standard

Holder has a tubing adapter inlet for connection to closed systems, with an inlet dispersion chamber to produce optimum particle distribution on the surface of the test filter.

Open-Type

Holder has a full-area inlet for maximum unimpeded flow in open atmosphere sampling.

Outlet tubing connectors are threaded for Millipore flow-limiting orifices to control the volume of timed samples.

Materials

Stainless bodies and filter support screens, anodized aluminum locking rings, nylon lockwheels.

Filter size

47 mm diameter.

Filter area

Approximately 9.6 cm².

Pressures

Vacuum only.

Connections

1/16" O.D. hose connector for vacuum (outlet), and for inlet on Standard holder. Outlet connector threaded for Millipore flow-limiting orifices.

Dimensions

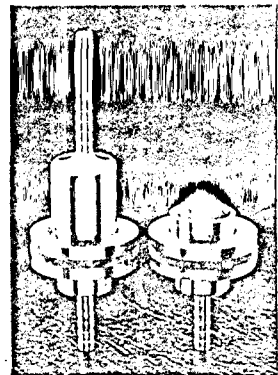
69 mm (2 3/4") diameter; length 178 mm (7") Standard holder, 102 mm (4") Open-Type holder.

Ordering Information

	Cat. No.
Aerosol Standard, 47 mm	XX50 047 00
Aerosol Open-Type, 47 mm	XX50 047 10

Replacement Parts

	Cat. No.
XX50 047 00 Aerosol Standard	---
Inlet dispersion chamber & connector	---
Holder outlet base & connector	---
Locking ring assembly	XX20 047 01
Locking ring gasket, Teflon 5/pk.	XX40 047 14
Nylon lock wheels & wrench set	XX20 047 07
Filter support screen	XX20 047 08
Support screen gasket, Teflon 25/pk.	XX20 047 03
XX50 047 10 Aerosol Open-Type	---
same as above except stainless inlet body included instead of inlet dispersion chamber and connector	---



CARACTERÍSTICAS DE PENEIRAS MOLECULARES

Cuidados de segurança especiais devem ser tomados quando se opera com líquidos ou gases inflamáveis.

A operação é iniciada sempre com um gás inerte.

Nas operações em fase líquida, o líquido eluente deve ser drenado previamente, e deve-se lavar o cargo do adsorvente com um solvente apropriado, que é recuperado por destilação — passagem de vapor seguida por ar seco a alta temperatura.

O tempo de regeneração é reduzido empregando-se altas velocidades espaciais dos agentes de regeneração.

Às vezes é antieconômica a regeneração total.

Deve-se, neste caso, raciocinar em termos de eficiência de recuperação financeira, F, em lugar da eficiência de adsorção, E, que se acham relacionados pela equação

$$F = E \frac{P_v - C_r}{P_v}$$

onde:

P_v = preço de venda do produto;

C_r = custo de recuperação, não incluindo amortização.

F depende do valor comercial do produto, C_r aumenta com E e, portanto, existe um valor máximo da eficiência que depende da natureza da substância e sua concentração.

A eficiência E, sob o ponto de vista comercial, pode não ter nenhum valor.

Em outros casos, apesar de $C_r > P_v$, a operação tem que ser obrigatoriamente levada a efeito devido a imperativos das leis contra a poluição ou por segurança industrial (higiene de trabalho, perigo de envenenamentos, inflamabilidade, cheiro etc.).

4.8.3 — Adsorventes industriais

Os adsorventes industriais têm que ser específicos, baratos, fáceis e econômicos de regenerar, ter estabilidade mecânica nas condições de operação, não reagir com o substrato nem com os reagentes de regeneração.

Adsorventes de origem mineral

Muitos minerais encontrados na natureza podem ser empregados como adsorventes após uma ativação para aumentar sua área superficial.

Bauxitos — Bauxitos brasileiros, quando ativados entre 275 — 320°C, produzem adsorventes com áreas da ordem de 300 m²/g (3).

São minerais de Alumínio contendo 3 — 15% Fe₂O₃, Mg e Na. A regeneração é feita com ar a temperaturas inferiores a 500°C.

Um aumento da velocidade espacial provocará um aumento de temperatura se a concentração do material que for adsorvido for alta e também o for o seu calor de adsorção. Parte do calor é removido pelo fluxo do fluido. Às vezes, porém, o calor pode ser tão alto que ele deve ser removido com auxílio de fontes externas. Esta operação é quase sempre evitada porque o reator é normalmente isolado termicamente para facilitar a sua regeneração a alta temperatura.

Natureza do adsorvente e do adsorbato — A adsorção, como vimos, é um fenômeno químico, isto é, uma reação da superfície do adsorvente com as moléculas que são adsorvidas.

Portanto os adsorventes são bastante específicos.

Um exemplo industrial da especificidade temos na clarificação do açúcar e frações de petróleo.

Carvão ativo é muito melhor que bauxita para eliminar substâncias coloridas do açúcar, enquanto que a bauxita é muito melhor para frações de petróleo, pois a adsorção vai depender da natureza dos compostos coloridos e da natureza estrutural dos centros ativos.

4.8.2 — Prática industrial

Dois processos industriais de adsorção são empregados:

Percolação — O fluido líquido ou gás passa continuamente através de um reator contendo o adsorvente estacionário até atingir o break point. O adsorvente é então removido do reator e trocado por um novo ou um regenerado, quando este for um processo econômico.

Contato — O fluido, geralmente líquido, é posto em contato, sob forte agitação, com o adsorvente em pó finíssimo. O adsorvente é separado por filtração após um tempo suficiente de contato, determinado experimentalmente.

O método de contato é usado quase que exclusivamente para líquidos.

Regeneração dos adsorventes — A adsorção é levada a efeito com uma das seguintes finalidades:

a) Remoção de compostos indesejáveis, contidos em fluidos — água, O₂, CO₂, olefinas, mercaptanas, H₂S, aminas, solventes etc.

b) Recuperação de substâncias economicamente rentáveis ou mesmo isolamento de substâncias — solventes, substâncias ativas vegetais, hormônios, hidrocarbônios aromáticos a partir de suas misturas com parafinas, separação de parafinas de isoparafinas etc.

Em ambas as condições, deve-se regenerar o adsorvente e, portanto, eliminar (caso a) ou recuperar (caso b) as substâncias.

A regeneração pode ser feita com ar seco a alta temperatura, vapor e subseqüente recuperação por condensação e separação do material de interesse. Emprego de substâncias com um coeficiente de adsorção maior do que o produto de interesse e subseqüente tratamento com vapor, e ar seco para regenerar e secar o adsorvente.

Carvão ativo — É um sólido hidratado de Al e Mg. Também é ativada entre 150 — 400°C, moída e usada em gases ou em pó. Regeneração por calcinação a cerca de 400 — 500°C.

Argila ativada (bentonita) — É ativada pelo tratamento com ácido sulfúrico a cerca de 80°C, 2 — 6 h. Após filtração e lavagem, é seca. Não é ativada.

Adsorventes sintéticos

Carvão ativo — Obtido por pirólise de madeiras (no Brasil, nó de pinho, casca de coco) em atmosfera controlada, seguida de ativação com sais e aquecimento a alta temperatura, H₃PO₄ e aquecimento ou tratamento com vapor ou misturas de CO₂, CO, H₂O, O₂ a alta temperatura.

A área superficial dos materiais brasileiros oscila entre 300 — 800 m²/g, porém, por técnicas especiais, pode-se atingir cerca de 3 000 m²/g.

Regeneração, se necessária, pode ser feita com vapor ou ar seco a temperaturas baixas (100 — 200°C).

Alumina — Preparada por calcinação do Al(OH)₃ · n H₂O (gel). Suas propriedades dependem da técnica empregada na fabricação do hidróxido e subsequente tratamento térmico.

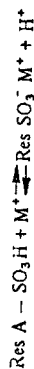
A área superficial pode alcançar 250 — 350 m²/g.

Sílica-gel — Preparada acidulando-se soluções de silicato de sódio com ácidos. O gel duro obtido é lavado (às vezes por troca iônica) e seco cuidadosamente. Sua área superficial pode chegar até 700 m²/g.

Resinas trocadoras de íons

São resinas sintéticas porosas que contêm na sua superfície agrupamentos ácidos ou básicos.

O seu funcionamento baseia-se nas reações ácido-base:



São empregadas na remoção de ácidos diluídos, íons metálicos (separação das terras raras), eliminação de agentes estabilizantes, recuperação do urânio e principalmente na remoção de sais (ânions e cátions, inclusive silicatos) da água para uso químico-industrial e caldeiras.

Peneiras moleculares

Os adsorventes descritos anteriormente são sólidos, geralmente amorfos, possuindo uma estrutura caótica e com poros de diâmetro variável. A distribuição do

diâmetro dos poros, determinada por processos de adsorção ou com auxílio de porosímetros de tipo Gaus, corresponde a uma curva de Gaus do tipo da curva I, figura 4-15, onde \bar{D}_p é o número de poros com diâmetro médio D_p .

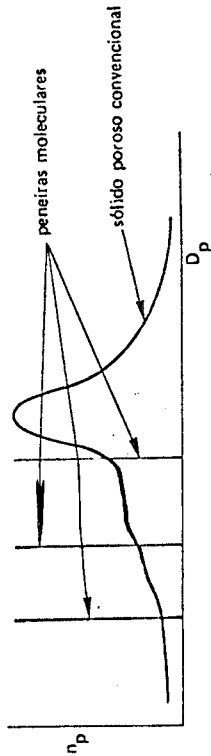
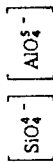


Figura 4-15 — Distribuição do diâmetro dos poros em adsorventes.

Assim, alumina — carvão ativo, sílica-gel, têm poros entre diâmetros pequenos (20 — 30 Å) até diâmetros grandes (500 — 1 500 Å), a maior parte porém tem um diâmetro com a frequência do tipo Gaus.

As peneiras moleculares são aluminosilicatos, totalmente cristalinos, possuindo nos nós da grade cristalina silício coordenado tetraedricamente com oxigênio e alumínio coordenado tetraedricamente com oxigênio

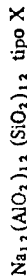


formando-se após de 4, 6, 8 ou 12 membros (Si — O ou Al — O) arranjados especialmente, formando jaulas.

As jaulas primárias podem ser, dependendo do tipo, cúbicas, prismáticas, hexagonais e unidades sodalita (octaedros truncados).

Cada unidade sodalita possui 24 íons de silício ou alumínio e 36 íons oxigênio.

Um tipo de sodalita tem a fórmula ideal:



A superposição de unidades sodalita X produz as peneiras moleculares A, X e a superposição de unidades sodalita Y produz as peneiras moleculares Y. A figura 4.16 apresenta uma unidade de sodalita (os vértices representam átomos de Si ou Al, e as linhas átomos de oxigênio). Os íons de sódio ou outros metais acham-se nas faces da unidade sodalita.

As unidades sodalita podem se ligar entre si pelas faces quadradas ou hexagonais (Tipo A ou X).

vistos e, portanto, pode haver também a separação de substâncias de diâmetro inferior ao dos poros das peneiras moleculares.

A Tabela 4.4 apresenta algumas características de adsorção de peneiras moleculares (Linde).

TABELA 4.4

CARACTERÍSTICAS DE ADSORÇÃO DE ALGUNS TIPOS DE PENEIRAS MOLECULARES (PM)				
Materiais adsorvidos em				
PM 3A	PM 4A e PM 5A	PM 5A e nfo em 4A	Não entram em 4A e 5A	13 X
Moléculas com diâmetro inferior ao tipo inferior 3A	H ₂ O CO ₂ CO H ₂ S SO ₂ NH ₃ N ₂ , O ₂ CH ₄ C ₂ H ₆ , C ₃ H ₈ , C ₄ H ₁₀ n-propanol C ₂ H ₅ , C ₃ H ₇ óxido de etileno	propano e homólogos até C ₄ (n-parafinas) butenos e n-olefinas n-butanol e homólogos superiores ciclopropano freon 12	isoparafinas isoparafinas aromáticas naftasos acidoparafinas acima de C ₁₂ /C ₁₄ BF ₃ freon 114 freon 112, SF ₆ todas as moléculas maiores de 5 Å	Moléculas com D < 10 Å Exclui moléculas com D > 10 Å Ótima para H ₂ S, H ₂ O, CO ₂ , RSH
(X) Z O - 23	22 - 28			29 - 35

(X) Capacidade de adsorção de água e H₂O/100 g PM

Aplicações industriais importantes das peneiras moleculares

- Utilização para secagem de gases (ar, N₂, O₂) e solventes com peneiras moleculares 3A, 4A ou 5A.
- Remoção de H₂S, mercaptanas do gás liquefeito de petróleo (PM - 13X).

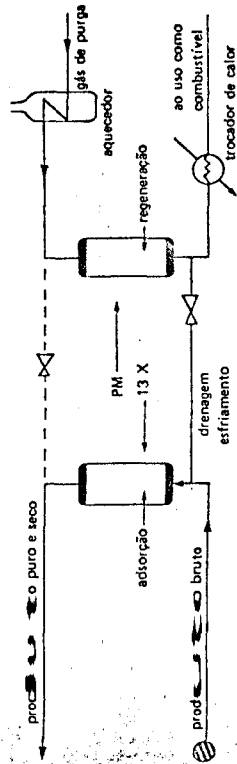


Figura 4.20 - Instalação típica de secagem e/ou remoção de H₂S, mercaptanas de hidrocarbonetos pesados (modelo esquemático).

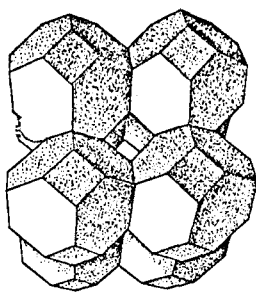


Figura 4.17 - Estrutura da sodalita.

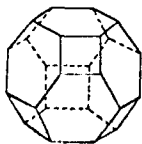


Figura 4.16 - Octaedro truncado da unidade da sodalita - os vértices representam átomos de Si ou Al; as linhas representam átomos de oxigênio.

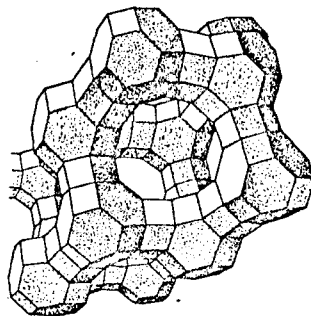


Figura 4.19 - Estrutura das peneiras moleculares tipo X e Y (estrutura da faujasita).

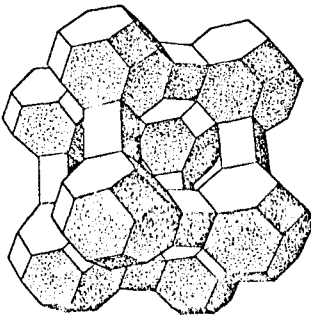


Figura 4.18 - Estrutura de zeólitos tipo A (peneiras moleculares tipo A).

Neste tipo de união permanece uma abertura (poro) de dimensões precisas e bem definidas, enquanto que no seu interior nota-se que todas as jaulas são interconectadas entre si.

As figuras 4.17, 4.18, 4.19 apresentam modelos de estrutura tipo A e tipo X. Os íons Na⁺ que estão nas faces podem ser intercambiados e este fenômeno pode alterar o diâmetro do poro.

Os nomes "peneiras moleculares 3A, 4A, 5A ou 13X" significam que o diâmetro dos poros é cerca de 3, 4, 5 ou 13 angströms, respectivamente.

Dentro destes poros somente podem entrar moléculas cujo diâmetro for inferior a estes valores. As outras não conseguem entrar e portanto não são adsorvidas na superfície interna da jaula, o que constitui um princípio de separação de substâncias totalmente diferente.

A este fato devemos adicionar que, mesmo para as moléculas que entram dentro dos poros e se instalam nas jaulas, valem todos os conceitos sobre adsorção

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS
DOS CATALISADORES

5.1 - A IMPORTÂNCIA DA ESTRUTURA DO PORO E DA ÁREA DA SUPERFÍCIE

A acessibilidade da superfície catalítica aos reagentes gasosos é de importância considerável na seleção dos materiais sólidos que têm que funcionar como catalisadores para reações heterogêneas.

Para um determinado catalisador, quanto maior for a superfície disponível para os reagentes, melhor será a conversão nos produtos. Poucos catalisadores sintéticos ou naturais têm superfícies energeticamente homogêneas, no sentido de que todos os sítios de adsorção são equivalentes e a mesma quantidade de energia é trocada entre cada molécula de adsorbato e do sítio do adsorvente. Se este catalisador teórico pudesse ser preparado, então sua atividade seria diretamente proporcional à área da superfície exposta ao adsorvente.

Entretanto, como visto no capítulo 4, o catalisador tem alguma heterogeneidade, e também esta pode ser induzida pela interação entre espécies adsorvidas.

Independentemente da causa da heterogeneidade, o efeito prático é tornar certas áreas do catalisador mais ativas que outras. Neste caso, a atividade não é diretamente proporcional à área da superfície, mas é dependente da maneira como ela é distribuída sobre a área de superfície disponível.

Apesar da existência de superfícies heterogêneas, existem muitos catalisadores que têm uma atividade proporcional à área e para os quais certa heterogeneidade local é somente uma pequena porção de toda a superfície quimicamente ativa.

Uma das aplicações da medida de área foi o estudo do envenenamento catalítico. Se, num processo contínuo, a atividade diminui mais rapidamente do que a área da superfície, então deve-se suspeitar de envenenamento, enquanto que, se a atividade diminuir concomitantemente com a área superficial, então estamos na presença de uma desativação térmica. Uma outra aplicação mostra a atividade do suporte de promotores.

Um suporte ou um promotor pode aumentar a área disponível para a adsorção e reação ou aumentar a atividade do catalisador por unidade de área. Portanto, a medida da área é extremamente importante na predição do desem-

o Remoção de n-parafinas em gasoínas e conseqüente aumento da octanagem, o que constitui um bom método de separação de n-parafinas.
o Remoção de água para os solventes e reagentes empregados na fabricação de poliuretanas (espumas ou tintas).

No aspecto secagem, as peneiras moleculares são empregadas nas indústrias petroquímicas para eliminar CO₂ e água dos gases CH₄, C₂H₄, C₃H₆, C₃H₈, C₄H₆, antes da sua destilação fracionada. Elas conseguem reduzir o seu conteúdo a poucas partes por milhão (ppm).

A regeneração é efetuada com aquecimento (temperatura máxima de 300 - 450°C) e passagem de ar ou um gás inerte, se houver perigo de misturas explosivas.

Em alguns casos, passa-se um material fortemente adsorvido, que assim desloca o produto de interesse, o qual é, posteriormente, recuperado por técnicas convencionais.

De qualquer maneira, é necessário primeiro drenar a torre de adsorção antes de iniciar o ciclo de regeneração.

BIBLIOGRAFIA

1. BEECK, O.; RICTHIE, A.W. e WHEELER, A. J. *Coil Sci.*, 3 : 505, 1948.
2. BRUNAUER, S.; EMMETT, P.H. e TELLER, E. J. *Am. Chem. Soc.*, 60 : 309, 1938.
3. CIOLA, R. e GONÇALVES DA SILVA FILHO, J. *An. da Assoc. Bras. de Química*, XXII, 1972.
4. CORRIGAN, T.E. *Chem. Eng. dec.* : 198, 1954.
5. FOWLER, R.H. *Proc. Camb. Philos. Soc.*, 32 : 144, 1936.
6. HOUGEN, O. e WATSON, K.W. *Chem. Process Principles*. Nova York, John Wiley & Sons, 1947.
7. HUTTIG, G.F. *Anal. Chem.*, 78 : 177, 1948.
8. JURA, G. e HARKINS, W.H. *J. Chem. Phys.*, 11 : 430, 1943.
9. KEMBALL, C. *Adv. in Catalysis*. Nova York, Academic Press, 1950, v.2, p. 233.
10. KOBLE, R.A. e CORRIGAN, T.E. *Ind. Eng. Chem.*, 44, fev. 1955.
11. PORTER, A.S. e TOMPKINS, F.C. *Proc. R. Soc.*, A 217 : 529, 1953.
12. TAYLOR, H.S. *J. Am. Chem. Soc.*, 53 : 578, 1931.
13. TRAPNELL, B.M. *Chimisorption*. Londres, Butterworths Scient. Publ., 1965.



PROPOSTA PARA PUBLICAÇÃO

DATA _____

IDENTIFICAÇÃO	TÍTULO	
	PROJETO DE FILTRO DE PARTÍCULAS E DE FILTRO DE UMIDADE PARA LINHA DE HIDRAZINA.	
	AUTORIA	PROJETO/PROGRAMA
	RONALDO BOLOGNA ABRÃO	A82
		DIVISÃO
		LCP
		DEPARTAMENTO
		DEM
DIVULGAÇÃO <input type="checkbox"/> EXTERNA <input checked="" type="checkbox"/> INTERNA MEIO: <i>Notas Técnicas Externas</i>		

REVISÃO TÉCNICA	REVISOR TÉCNICO	APROVADO: <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/> VER VERSO		APROVAÇÕES	
	CLÁUDIO BRESSAN	DATA	CHEFE		DIVISÃO
	RECEBI EM: _____	REVISADO EM: <i>02.12.87</i>			
	OBSERVAÇÕES: <input checked="" type="checkbox"/> NÃO HÁ <input type="checkbox"/> VER VERSO	APROVADO: <input checked="" type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/> VER VERSO			
DEVOLVI EM: _____	<i>Cláudio Bressan</i> ASSINATURA	<i>11/12/87</i>	<i>Flavio T. de Azevedo</i>	DATA	
				CHEFE DEPARTAMENTO	

REVISÃO DE LINGUAGEM	Nº: <i>321</i>	PRIORIDADE: <i>2</i>	O(S) AUTOR(ES) DEVE(M) MENCIONAR NO VERSO, OU ANEXAR NORMAS E/OU INSTRUÇÕES ESPECIAIS		DATILOGRAFIA	
	DATA: <i>16.12.87</i>					
	REVISADO <input type="checkbox"/> COM <input type="checkbox"/> SEM	CORREÇÕES		RECEBIDO EM: _____		
		<input type="checkbox"/> VER VERSO		CONCLUÍDO EM: _____		
POR: <i>Paulina Prado de Carvalho</i>	DATA: <i>17.12.87</i>		<i>Paulina P. Carvalho</i>	DATILOGRAFA: <i>Dinorah C. Azevedo</i>		
					ASSINATURA	

PARECER			
FAVORÁVEL: <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO	<input type="checkbox"/> VER <input type="checkbox"/> VERSO	DATA	RESPONSÁVEL/PROGRAMA

EM CONDIÇÕES DE PUBLICAÇÃO EM: _____	<i>Cláudio Bressan</i> AUTOR RESPONSÁVEL
--------------------------------------	---

AUTORIZO A PUBLICAÇÃO: <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO	
DIVULGAÇÃO <input type="checkbox"/> INTERNA <input type="checkbox"/> EXTERNA MEIO: _____	
OBSERVAÇÕES: _____	
DATA _____	DIRETOR _____

SEC	PUBLICAÇÃO: _____	PÁGINAS: _____	ÚLTIMA PÁGINA: _____
	CÓPIAS: _____	TIPO: _____	PREÇO: _____