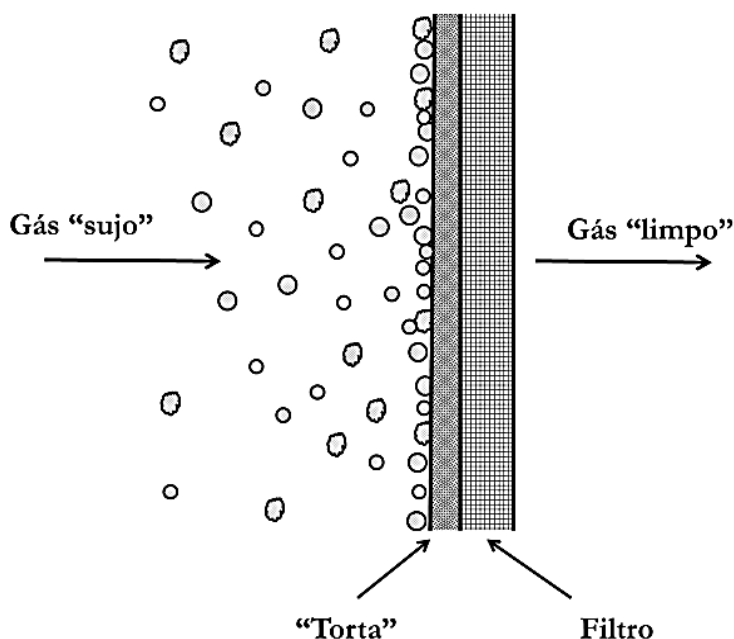


13 – FILTRO DE MANGAS

Filtração consiste em passar uma corrente gasosa através de um meio material poroso (meio filtrante) que retenha o material particulado em suspensão. O material particulado pode ser sólido ou líquido. Este processo é bastante utilizado para correntes líquidas também.

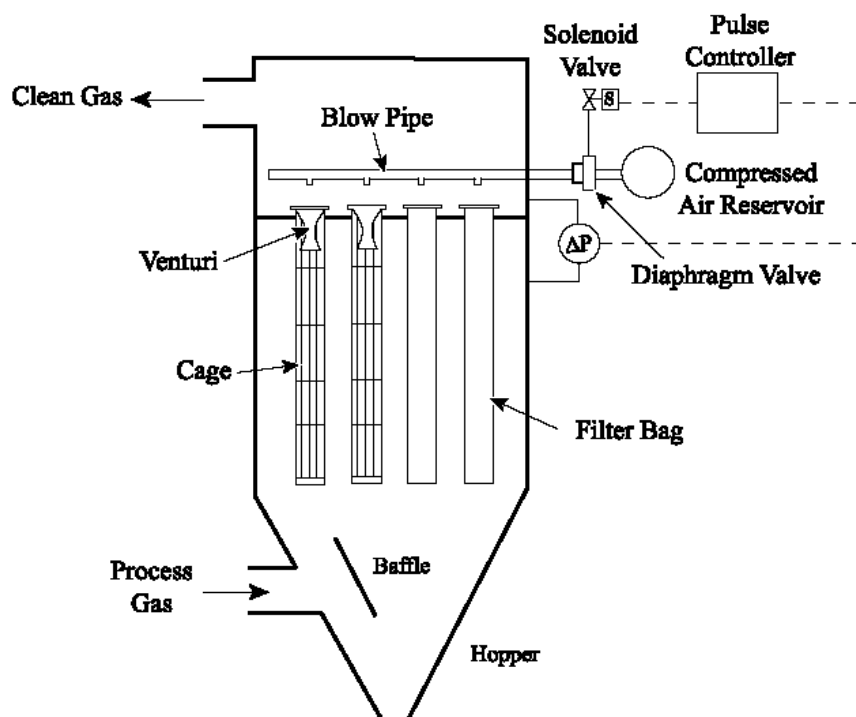
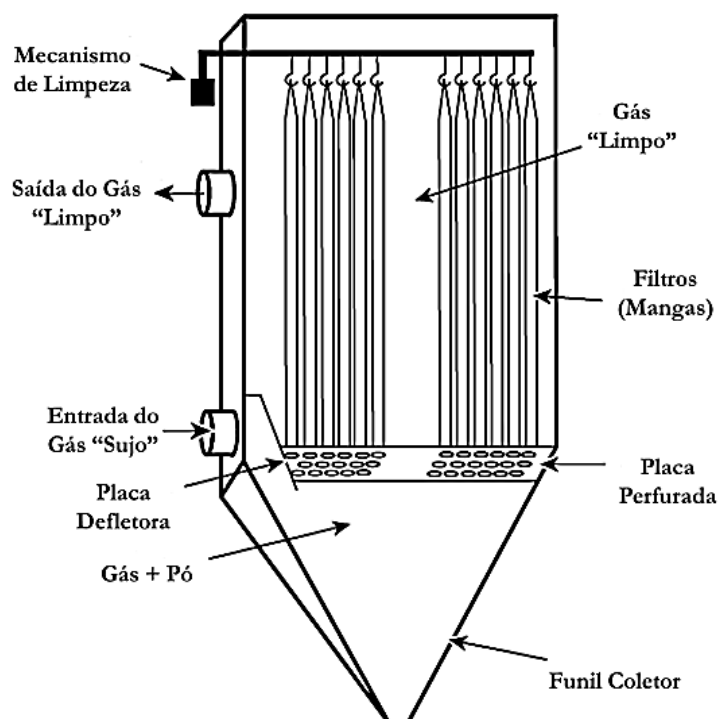
Com o avanço da filtração, forma-se, na superfície do meio filtrante, uma camada do material removido da corrente gasosa, chamada de "torta de filtração". Essa camada auxilia no processo de filtração, aumentando a eficiência de coleta do filtro. Com a formação da torta, o conjunto tecido+torta forma o meio filtrante definitivo do processo de filtração.



Contudo, o crescimento da espessura da torta causa o aumento da queda de pressão no filtro, forçando a remoção periódica (limpeza) da torta. A eficiência de coleta de filtros ou tecidos "sujos" é maior do que a de filtros "limpos".

Em aplicações industriais, o meio material poroso é geralmente um tecido (comumente chamado de "pano"). Com este tecido, confecciona-se uma estrutura de formato

tubular, semelhante a uma "manga de camisa". Várias "mangas de camisa" são dispostas em fileiras emparelhadas e acondicionadas no interior de uma grande "caixa". A esta configuração, dá-se o nome de filtro de mangas ou filtro de bolsas.





Gaiolas



Mangas

Periodicamente, as mangas filtrantes “velhas” devem ser substituídas por mangas novas, causando uma parada no processo de filtração. Assim, esse período de manutenção do sistema de filtração deve ser considerado nos processos industriais.

Os filtros de mangas são altamente eficientes, mesmo para partículas pequenas ($d_p < 1 \mu\text{m}$) e são capazes de tratar grandes volumes de gás, porém apresentam queda de pressão considerável (10 a 25 cmH_2O) e grande área de filtração, resultando no emprego de grande número de mangas filtrantes.

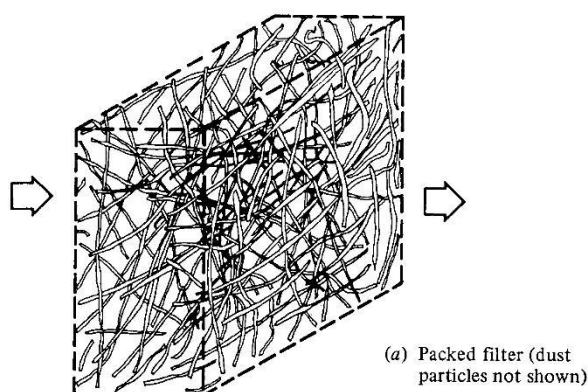
As variáveis importantes para a caracterização do filtro são: capacidade de filtração (vazão de gás “sujo”), tipo de meio filtrante, temperatura de operação, filtração contínua ou intermitente, tipo de mecanismo de limpeza e coleta do material particulado na superfície externa ou interna da manga.

A operação eficiente de um filtro está relacionada a uma limpeza adequada do meio filtrante. Uma limpeza deficiente provoca aumento da queda de pressão no filtro e

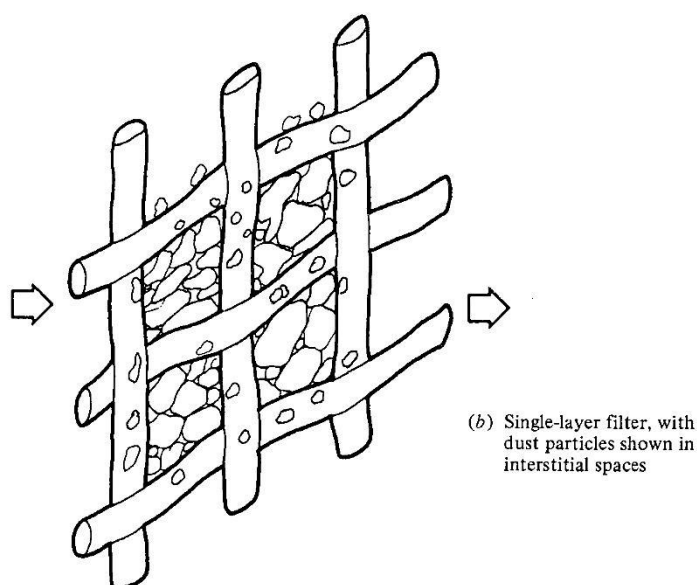
diminuição da capacidade de filtragem, além de poder danificar o tecido, diminuindo sua vida útil. Três mecanismos básicos de limpeza são utilizados: vibração mecânica, fluxo reverso e jato pulsante.

Seleção do Meio Filtrante (Pano)

A seleção adequada do meio filtrante também é fundamental para o bom desempenho dos filtros. Resistências química e mecânica, temperatura de operação e peso, são algumas características importantes dos tecidos filtrantes. Geralmente, os fabricantes fornecem informações sobre as características e usos de cada material.



Tecidos não trançados
ou feltros



Tecidos trançados

TABELA 14.1

Características dos panos para filtros de manga fabricados pela firma brasileira Renner (cortesia da Renner Produtos Têxteis S. A.)

Tipos	Aplicações e princípios	Ácidos	Álcalis	Comportamento		Hidrólise	Solventes orgânicos
				Temperatura			
				Trabalho	Picos		
PE/PE (poliéster)	Minério, cimento, indústria madeireira, cerâmica, asbesto, plásticos, pigmentos.	excelente	ruim	150	150	ruim	geralmente bom
DT/DT (poliacrilonitrila homopolímero)	Secadores por nebulização indústria calcária, gesso (condições úmidas até 125 °C)	bom	bom	120	125	bom	geralmente bom
PP/PP (polipropileno)	Indústrias alimentícias (leite, açúcar, farinha). Indústrias de detergente (condições de temperatura abaixo de 100 °C)	excelente	excelente	90	100	bom	geralmente bom
NO/NO (poliamida aromática)	Asfalto, siderúrgicas, indústrias de cimento e cal, fundições cerâmica.	bom	bom	180	200	regular	excelente
TF/TF (teflon-politetrafluoretileno)	Negro de fumo, incineradores de lixo, caldeiras de carvão (queima sem grelhas), condições extremas de ataques químicos e temperatura).	excelente	excelente	250	280	excelente	excelente
RY/RY (polifenil sulfeto)	Caldeiras a carvão (em leito fluidizado e PC), indústrias (aplicação em campos com ataques químicos e hidrolíticos acentuados.)	bom	bom	190	200	excelente	geralmente bom
AC/AC (poliacrilonitrila copolímero)	Secadores por nebulização indústria da cal, gesso (condições úmidas até 120 °C).	bom	bom	115	120	bom	geralmente bom
PV/PI (poliamida aromática)	Asfalto, siderúrgicas, indústrias de cimento e cal, fundições, indústria cerâmica.	bom	bom	240	250	regular	excelente

Além das características do meio filtrante, pode-se escolher algum tratamento superficial da manga para melhoria de seu comportamento na filtração, como por exemplo, recobrimento ou chamuscamento.

Estimativa da Área de Filtração

O dimensionamento de filtros de manga segue, em geral, um procedimento empírico - a experiência de fabricantes mostra a conduta a ser adotada. Basicamente, o parâmetro que se deve estimar é a área total de filtração, A_f (m²), a partir da vazão de gás "sujo" que se

queira tratar, (m^3/s), e da "taxa de filtração", V (m/s), também chamada de relação "gás/pano", assim:

$$A_f = \frac{\dot{V}}{V}$$

TABELA 14.3

**Tipos de tratamento disponíveis para os elementos filtrantes
(cortesia da Renner Produtos Têxteis S. A.)**

Código	Descrição	Aplicável em
1	Chamuscado	PE, PP, DT, AC, PA, NO, RY, PI
2	Não chamuscado	Todas as qualidades
3	Chamuscado nos dois lados	PE, PP, DT, AC, PA, NO, RY, PI
4	Plastificado num lado	PE, PP, DT, AC, PA, NO, RY, PVC
5	Plastificado nos dois lados	PE, PP, DT, AC, PA, NO, RY, PVC
Aes	Antiestático	PE, PP, DT, AC, PA, NO, RY, PI, TF
Aes Epi	Fibra com tratamento antiestático	PE, DT
Asy	Assimétrico	PE, PP
9+		
(30) "Ferrosurf"	Tratamentos orientados para melhorar a limpeza e reduzir abrasão.	PE, PP, DT, AC, PA, NO, RY, PI
(50) "Alusurf"		
(70) "Cementsurf"		
Cs 17	Repelência ao óleo e à água (com resinagem PTFE)	PE, PP, DT, AC, NO, RY, PI
Cs 17/2	Ultra-repelente ao óleo e à água (com resinagem PTFE)	PE, PP, DT, AC, NO, RY, PI
Cs 18	Acabamento com PTFE	PE, DT, RY, PI, TF
Cs 29	Membrana Teflon-Tech	PE, NO, RY
Cs 42	Ataque químico e hidrólise	NO
912	Repelência à água	PE, PP, DT, AC, NO, RY, PI
990	Resinagem base acrílica	PE

Os valores da taxa de filtração são recomendados por fabricantes para alguns tipos de material particulado e para o tipo de mecanismo de limpeza empregado. A velocidade de filtração depende das características do pó, da distribuição do tamanho das partículas, da concentração de entrada do pó, da temperatura do gás, do método de limpeza do filtro e do tipo de tecido. Para a maioria das aplicações, a faixa adotada é de 0,3 a 3,7 m/min (0,5 a 6,2 cm/s).

TABELA 14.6

Valores recomendados da relação gás/pano para diferentes tipos de particulados, cm/s (TURNER et al., 1987). Reproduzido da revista *Journal of the Air and Waste Management Association* com autorização da A&WMA

Particulado	Limpeza por sacudimento mecânico e fluxo revertido do gás	Limpeza por jato pulsante
Alumina	1,27	4,07
Asbesto	1,52	5,08
Cimento	1,02	4,07
Carvão mineral	1,27	4,07
Cinza volátil	1,02	2,54
Cal	1,27	5,08
Calcário	1,37	4,07
Areia	1,27	5,08
Serragem	1,78	6,10
Sílica	1,27	3,56

TABELA 14.7

Guia para estimar a área total de pano dos filtros do mangas tipo FMLFRG e FMLSM (TURNER et al., 1987). Reproduzido da revista *Journal of the Air and Waste Management Association* com autorização da A&WMA

Área líquida (m ²)	Multiplicar por
1-370	2,0
371-1.115	1,5
1.116-2.230	1,25
2.231-3.350	1,17
3.351-4.460	1,125
4.461-5.580	1,11
5.581-6.690	1,10
6.691-7.810	1,09
7.811-8.920	1,08
8.921-10.040	1,07
10.041-12.270	1,06
12.271-16.730	1,05
> 16.730	1,04

FMLRG = limpeza por fluxo reverso; FMLSM = limpeza por sacudimento.

Queda de Pressão

A queda de pressão no filtro aumenta com a velocidade de filtração e com a espessura do conjunto tecido+torta. A equação utilizada para descrever a queda de pressão numa filtração é dada por:

$$\Delta P = K_1 V + K_2 C_a V^2 \Delta t$$

K_1 = resistência do meio filtrante (permeabilidade);

K_2 = resistência da torta;

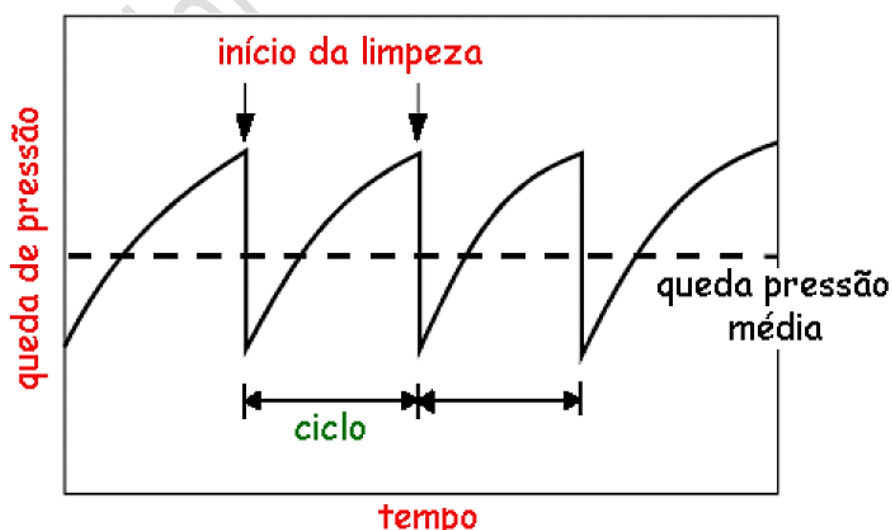
V = velocidade de filtração;

C_a = massa de pó retido/área de filtração;

Δt = tempo de filtração.

Como se vê, não é tarefa fácil o cálculo da queda de pressão no filtro e não há uma expressão empírica geral para esse fim.

A distribuição granulométrica do pó, a forma das partículas e conteúdo de umidade tem grande influencia na formação da torta (resistência). Partículas de tamanho pequeno resultam em alta queda de pressão no filtro.



Ex. - Estimar o número de mangas de um filtro para controle do material particulado em suspensão em uma corrente gasosa proveniente de uma planta de cimento. A

vazão é de 18.000 m³/h. Serão usadas mangas com 3,5 m de comprimento e 0,2 m de diâmetro. O sistema de limpeza será sacudimento.

$$\dot{V} = 18.000 \text{ m}^3/\text{h} = 5 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = 1,02 \text{ cm/s (recomendada)} = 0,0102 \text{ m/s}$$

$$A_f = \frac{5}{0,0102} = 490,2 \text{ m}^2$$

Correção da área:

$$A_f = 490,2 \times 1,5 = 735,3 \text{ m}^2$$

Área superficial de cada manga:

$$A = \pi DL = 3,14 \times 0,2 \times 3,5 = 2,2 \text{ m}^2$$

Número de mangas:

$$N = 735,3/2,2 = 334,2 \text{ mangas} = 334 \text{ mangas}$$