刚性高分子精密微孔过滤技术及应用

一、概述

刚性微孔过滤介质分为**金属类烧结微孔介质、无机类烧结微孔介质与高分子类烧结微孔介质三大类**。金属类与无机类烧结微孔介质的诞生与工业化应用已有五十至六十多年，高分子类烧结微孔介质的诞生只有三十多年，工业化应用只有二十多年。从过滤精度、机械强度、再加工性能、抗堵塞性能、抗腐蚀性能、耐热性能及价格等几方面全面对比，三类微孔过滤管各有优势。金属类烧结微孔介质的耐热性能与机械强度很理想，但价格与抗腐蚀性能是其劣势；无机类烧结微孔介质的耐热与抗腐蚀是优势，但机械强度与再加工性能是其劣势；高分子类烧结微孔介质的耐热性能是劣势，目前工业生产上广泛应用的还不能超过 120℃。但由于其加工较易、价格较低、机械性能不差、耐腐蚀性能非常突出，虽然开发时间最短，自 20 世纪 60 年代末在我国试制成功以来，技术上愈来愈趋成熟，应用领域与应用规模愈来愈大。

二、 刚性高分子烧结微孔过滤介质

1. 刚性高分子烧结微孔过滤介质的种类

高分子烧结微孔过滤介质及其多种衍生物已开发成功 8 种，目前广泛推广应用的主要为微孔 PE 与微孔 PA 两种。外形结构有多种，主要有管型、平板形、平板复合形三大类。

2. 刚性高分子烧结微孔过滤介质的主要特性

（1）过滤效率高。高分子微孔过滤介质的过滤精度相当高，表 11-1 给出微孔 PE 管过滤几种超细无机粉体的过滤效果的测定值。由表 11-1 可以看出，微孔 PE 与微孔 PA 过滤液体中微米与亚微米级的微粒杂质的过滤效率相当高。不仅过滤液体微粒的效率高，过滤气体中的微粒其过滤效率也比较高，表 11-2 给出微孔 PE 与微孔 PA 过滤管过滤空气中尘埃的过滤效率的测定值。

由表 11-1、表 11-2 所列数据可以看出，这种过滤介质的过滤效率很高，过滤精度也很高。大量试验与实际证明，水溶液中 0.5μm 的微粒一次就可以 100%截住，0.3~0.4μm 的微粒一次过滤效率也可达到 90%以上。只要微孔管的结构与微孔管的毛细孔径控制恰当，可以将 0.2μm 的微粒绝大部分截住。

表 11-1 微孔 PE 管过滤细微粒的过滤效果

被过滤微粒名称	微粒粒径		液体名称	过滤压差/MPa	微孔 PE 管壁厚/mm	微孔 PE 管的平均毛细孔径/μm	穿滤情况	滤液浊度/NTU	备注
	粒径范围/μm	比例/%							
硅酸锆	≤0.1 0.1~0.2 0.2~0.3 0.3~0.4 0.4~0.5 0.5~1 1~3 3~6	11 10 9 6.2 5.8 21.2 31.8 5	无离子水（不产生絮凝）	0.02	5.5	10~15	微穿滤	8	滤液微浊
						5~10	不穿滤	≤3	滤液清澈透明
AL2O3	0.2~0.5 0.5~1 1~5 ＞5	30 40 20 5	无离子水（不产生絮凝）	0.02	5.5	10~15	微穿滤	10	滤液微浊
						5~10	不穿滤	≤3	滤液清澈透明

绢云母	0.4~0.5 0.5~1 1~5 ＞5	10 30 40 20	无离子水（不产生絮凝）	0.02	5.5	15~20	微穿滤	8	滤液微浊
						10~15	不穿滤	≤3	滤液清澈透明
超细 CaCO3	原为 0.04μm，在自来水中会絮凝为 0.~0.5μm		自来水	0.02	5.0	15~20	微穿滤	8	滤液微浊
						10~15	不穿滤	≤3	滤液清澈透明

表 11-2 刚性高分子微孔管过滤压缩空气中尘埃的过滤效果

微孔管	微孔孔径/μm	壁厚/mm	过滤速度	压降	过滤效率/%		
					0.3μm	0.5μm	1.0μm
PE 管	15~20	5.5	1.74	106	100	100	100
			3.42	192	99.78	99.69	99.69
			6.84	467	99.93	99.90	99.92
			8.58	550	99.99	99.98	99.68
	20~25	5.5	1.74	64	99.97	99.98	100
			3.42	124	99.07	99.34	99.33
			6.84	264	99.11	99.15	98.48
			8.58	419	99.97	99.94	99.39
PE 管	20~25	9	1.38	77	100	100	100
			2.82	166	99.94	99.92	99.38
			5.58	360	99.99	99.83	99.31
			6.96	479	99.95	99.91	99.14
PA 管	15~20	9	1.38	124	100	100	100
			2.82	264	99.99	99.99	100
			5.58	453	99.96	99.98	99.89
			6.98	575	99.97	99.95	99.86
	20~25	9	1.38	28	100	100	100
			2.82	81	99.89	99.90	99.84
			5.58	196	99.58	99.89	99.98
			6.96	261	99.96	99.94	89.85

表中数据的试验条件为：气温为 40 设施℃，空气湿度 23%~32%，进气压力为 0.2MPa，每次测定时间为 1h，空气中尘埃浓度每 0.028m³（1 立方英尺）中最多 16 万颗，最少 600 颗。

（2）卸除滤饼简便。高分子微孔过滤管由于具有一定刚性，在 0.6MPa 内压作用下，过滤管基本不膨胀、不变形，又有一定的抗拉强度与较好的抗冲击强度。这些较好的机械性能使高分子微孔管可以经受 0.6MPa 的气体从微孔管内向管外进行高速反吹，将黏细的滤饼很方便地从微孔管表面脱落。

（3）化学性能优异。目前广泛推广的刚性高分子微孔过滤介质以超高分子聚乙烯为主体原料，其化学性能极为优异，除浓度 95%以上的浓硫酸、浓度 40%以上的硝酸等强氧化剂之外，可耐任何无机酸与有机酸，耐任何浓度的各种碱和盐。这一系列优异化学性能使刚性高分子微孔管在工业生产上有广泛用途。

（4）再生简便、使用寿命长。可用简便的气水混合流快速反吹再生，也可用简易密闭的化学再生。高分子微孔管的抗堵塞性能相当理想，使用寿命很长，一般可用一至五年，有的超过十年。

（5）机械性能较好。微孔过滤管必须具有较好的抗拉、抗压、抗冲击强度与一定的弹性模量，否则易发生反吹破裂、正压压偏及安装时断裂等弊病。高分子微孔过滤介质的抗拉、抗压、抗冲击强度与一定的弹性模量等机械性能参数与该高分子原料的性能有关，也与微孔介质的孔隙率有关。

（6）相对密度小，再加工容易，安装与维护轻便。与金属类及无机类微孔过滤介质相比，高分子微孔过滤介质的相对密度小于 1 或接近 1，重量轻。另外，高分子微孔过滤介质可以很容易进行刨、锯、车、焊等再加工，安装与维修较方便。

（7）经济性好。与金属类及无机类微孔过滤介质相比，目前广泛推广的微孔 PE 与微孔 PA 两种介质的原料价格不高，加工工艺比较简单，价格相对便宜。高分子微孔过滤介质的过滤精度与过滤效率较高，卸于滤饼与再生简便，耐化学性能非常优异，使用寿命长。与现在工业生产使用的各类过滤介质相比较，高分子微孔过滤介质的性能价格比相当高。