

## 陶瓷膜在工业生产中的应用

### 一、关于陶瓷膜：

膜产业属于 21 世纪新型十大高科技产业之一，是主导未来工业的六大新技术之一。以陶瓷膜为代表的无机膜，具有一般过滤介质少有的机械、过滤、应用特性，目前已广泛应用于食品工业，其中在果汁澄清和奶品生产中已占主导地位；在生物工程、医药工业、石油化工、精细化工、环保产业等应用日趋广泛，其发展速度已初步体现了陶瓷膜产业及其应用的经济、社会、生态价值。

### 二、陶瓷膜的性能概述：

陶瓷膜属具有筛分过滤作用的多孔固体连续介质。陶瓷膜不仅孔隙率高达 80%，有良好的刚度、强度、耐磨等机械性能，而且有耐酸碱、耐有机溶剂、有允许苛刻清洗条件的良好化学稳定性、生物学稳定性、高温热稳定性，在离过程中无二次溶出物产生、安全卫生性高、易于再生、粒子留住率高、流动阻力小、可维持高通量下的长期稳定运行的特性。陶瓷膜可长期处在高温、高压状态下或酸、碱体系下运行，可在 350℃ 稳定操作处理高温液体，并可用蒸汽反冲再生和高温原位消毒灭菌。

陶瓷膜分离技术是根据体系中分子的大小和性状，通过膜的筛分作用，在分子水平上进行分离，故可分离相对分子质量为 1000~1000000 的物质。

陶瓷膜分离装置均利用膜介质的筛分作用进行过滤分离。达到分离浓缩、提纯及净化的目的，与采用其他过滤介质的分离技术相比，其属于具有高效节能、无变相，对处理物料无污染、操作简便、易掌握等优势的精密过滤技术。陶瓷膜孔径通常在 0.004~100 μm、0.1~10 μm 及 0.001~0.05 μm。其中应用较广的管式错流过滤膜。

Bolindustry 研发的陶瓷膜使用寿命长，易于清洗再生，是有机膜材质的膜元件使用寿命的几倍甚至几十倍。陶瓷膜的机械强度大，其爆破强度大于 10<sup>7</sup>Pa，抗弯强度为 5~45MPa，pH=0~14 适用范围广，耐酸、耐碱、耐有机溶剂及强氧化剂性能好，而其它有些无机膜材质（如不锈钢）在酸体系内则很难长期工业化使用。

### 三、陶瓷梯度膜：

陶瓷梯度膜（ISOFLUX 膜）是针对过滤过程中，膜通量沿着膜方向下降以及凝胶层和膜垢从进口到出口发生变化等缺陷，以渗透量是膜压差和顶层厚度的函数为根据，采取通过膜长度方向顶层的厚度梯度来补偿压差的设计，借以得到恒定的渗透物通量，该膜虽引入分离层的梯度，但并不改变分离层的特性。。

1.4 μm、23 通道的 ISOFLUX 膜，其形状及性能参数见表 11-21。

表 11-21 ISOFLUX 膜的形状及性能参数

项 目	参 数
膜形状	
支撑体	多通道管式铝/锆/钛
过滤面积/ m <sup>2</sup>	0.35
外/内径/mm	外径为 25，23 通道水力当量直径为 3.5
膜材料	二氧化锆和二氧化钛的混合物
截留粒子的尺寸/ μm	1.4
长度/mm	1178
爆破压力/10 <sup>5</sup> Pa	>90
操作压力/10 <sup>5</sup> Pa	<10
pH 值范围	0~14
耐温/℃	<350

蒸汽灭菌	121℃, 30min
氧气剂灭菌	可以
溶剂的腐蚀	不敏感
膜的标准水通量/[L/(m <sup>2</sup> ·h·10 <sup>5</sup> Pa)]	1807

已商品化的陶瓷膜性能见表 11-22。

表 11-22 已商品化的陶瓷膜性能

膜材料	制造商	膜性能				膜元件构型
		孔径/μm	孔隙率/%	纯水透过速率(10 <sup>5</sup> Pa)/	耐温/℃	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cever (Fr)	0.004~	33~37	0.81~6.90	-	-
	Tok (Jpn)	0.05	-	0.12	-	-
	Norto(USA)	0.2~1.0	-	-	145~750	-
	Mitsui (Jpn)	1~80	47	4.60~7.40	-	-
	Nipongaiishi (Jp)	0.2~5	36	1.5~20	1300	-
	Kubodateko (Jpn)	0.05~10	40	2~22	-	-
	Totokiki (Jpn)	0.2~8	38~44	0.05~7.90	1100	-
		0.004	-	10		
	NGK	0.2	-	1500	-	多通道管式
	Norton	0.2	-	2500	-	多通道管式
	TDK	0.05	-	250	-	管式
	Du Pont	0.06~1	-	-	-	管式
ANOTEC/Alcan	0.2	-	3600	-	平板式	

续表

膜材料	制造商	膜性能				膜元件构型
		孔径/μm	孔隙率/%	纯水透过速率(10 <sup>5</sup> Pa)/	耐温/℃	
						1. 多通道管式
	国产陶瓷膜	0.2~0.8	-	1200~4000	-	多通道
ZrO <sub>2</sub>	Sfec (Fr)	-	-	0.15~0.40	1200	-
	Caston County					
	U. S. Filter/	0.002~	-	-	-	多通道管式
	Rhone-poulenc/	0.004	-	-	-	管式
		0.02		400		
		0.14~0.2	-	600		
	国产陶瓷膜	0.05	-	450~600	-	1. 多通道管式 多通道
SiO <sub>2</sub>	Corning(USA)	-	25	6.5 (6-10)	-	-
	Akakawakoshits	0.004~	25~64	1.5 (2-10)	800	-
	Asahigarsu (Jpn)	0.004~	-	-	-	-
TiO <sub>2</sub>	TAMI Industries	0.002~	-	50~3000	350	1. 多通道管式
	国产陶瓷膜	0.01	-	100	-	多通道管式

续表

膜材料	制造商	膜性能				膜元件构型
		孔径/μm	孔隙率/%	纯水透过速率(10 <sup>5</sup> Pa)/	耐温/℃	
SiO <sub>2</sub> - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Nipongenaha	0.8~140	40~53	-	-	-
	Ceramem	0.2	-	400	-	蜂窝
陶瓷氧化	Ceramem	0.05~	-	-	-	蜂窝多通道
陶瓷	Osmonics/陶瓷	0.1	-	-	-	管式平板

#### 四、陶瓷膜在食品工业生产中的应用：

目前，陶瓷膜已在奶品业、酿酒业、多糖、功能性低聚糖、酱油、醋等调味品、食品添加剂、天然色素、农产品、水产品、海产品深加工果蔬加工（果汁、蔬菜汁）、茶叶深加工、保健食品及饮料等工业生产中广泛应用，在果汁和奶品生产中已占主导地位。

##### 1. 陶瓷膜在奶品工业生产中的应用

至今有 80%的无机陶瓷膜用于奶业。如 1.4 μm 陶瓷微滤膜用于除去牛奶中的细菌和脂肪。陶瓷膜还用于浓缩乳清、制乳清蛋白。巴氏杀菌与陶瓷膜过滤结合生产浓缩巴氏杀菌奶已工业化。大的超滤组件，膜面积为 1800m<sup>2</sup>，日处理乳清 1000 m<sup>3</sup>，应用超滤的奶酪生产新工艺，提高了奶酪收率。

##### 2. 陶瓷膜在果汁工业生产中的应用

果汁澄清是应用陶瓷膜的经典范例，通常果汁澄清生产用氧化铝 γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 微滤膜。如平均孔径为 1.4 μm 的碳-氧化铝微滤膜，澄清含 13%的苹果汁，连续操作 24h，通量保持在 125L/（m<sup>2</sup>·h），可用蒸汽消毒和高压水反冲洗，抗微生物腐蚀性强，好于高分子膜，膜寿命高达 10 年。

##### 3. 陶瓷膜在酒业及调味品工业生产中的应用

陶瓷膜在白酒、啤酒、扎啤、葡萄酒、黄酒等酒类的澄清、杀菌方面较大的发展空间。在啤酒的生产中用 0.5 μm 微滤取代巴氏杀菌，在扎啤生产中用陶瓷膜除菌、澄清，可保持其鲜啤的风味和酒花的清香和苦味，延长保质期。

#### 五、陶瓷膜在生物工程及医药工业生产中的应用：

Bolindustry 研发的陶瓷膜超滤，已普遍用于生物发酵及发酵液菌体分离浓缩、纯化激素的提取；用于氨基酸发酵液的处理，生物杀虫剂发酵液的处理，味精发酵液的除菌、澄清，有机酸发酵液的提纯和分离；用于微生物和细胞碎片分离、血浆分离、蛋白分离过滤；用于生物活性物质的浓缩、蛋清中蛋白质的浓缩、明胶的浓缩、及浓缩以基因工程菌生产的新物质如干扰素、生长素、人胰岛素及疫苗分离等

#### 六、陶瓷膜在环保工业生产中的应用：

陶瓷膜因其耐酸、耐碱、耐溶剂及耐高温的性能，已用于精细化工、石油化工、纺织、纸浆、造纸厂的废水处理中。无机陶瓷膜通量大、能在较低压力下操作，有良好耐酸、耐碱、耐溶剂及耐热性，用于处理碱法制浆造纸的黑液，从中回收纤维素、胶体 SiO<sub>2</sub>、木质素、还原糖，其透析液主要含碱，并可回收用于蒸煮制浆，实现了造纸工业废水的闭路循环。陶瓷膜还可以用于废液中高价值产品的回收，如陶瓷膜用于处理屠宰场血水、纺织上胶浆液、羊毛脂、乳液、聚乙烯醇、催化剂、电泳水（渗透流体率 2 m<sup>3</sup>/h）、印钞等印刷废水中回收有用物质。

在环保工程中应用无机膜的主要发展方向之一，是用于高温气体的除尘。已面市的高温气体除尘器，除尘率达 99.99%，装填密度达 155 m<sup>2</sup>/ m<sup>3</sup>，比一般袋式除尘器（10 m<sup>2</sup>/ m<sup>3</sup>）高 15 倍之多。



南京博滤工业 液滤事业部

ALL.....