

# 在PTFE中添加了填充材的材料种类与用途介绍

## 1. 前言

与其他塑料类材料相比，PTFE具有耐热性、耐化学品性、绝缘性、非粘性和低摩擦性等诸多特性。其应用范围涵盖了从半导体装置和化学成套设备领域、汽车、办公自动化设备到家庭用品的广泛领域。

另一方面，PTFE在耐磨损性和耐蠕变特性方面有所欠缺，因此用于类似轴承的滑动零件时，自身可能会受到严重损伤，在承重的部位中使用时，可能会产生较大变形。这时，在PTFE中混入不同的填充材料，可以改善这些问题。

本报中，对具有代表性的填充材料，就其种类和特点、用途等进行说明。

## 2. 特点

### 2-1) 可以改善的特性

可以通过添加填充材料加以改性的特性有耐磨损性和耐蠕变性、热传导率、热膨胀系数等。与纯PTFE相比，耐磨损性最高可提升约1000倍，耐蠕变性可提升约2倍，热传导率最高可提升2倍。需要根据要进行改性的特性来选择适当的填充材料。

### 2-2) 填充材料的种类

作为填充材料，通常采用玻璃纤维、石墨、二硫化钼、青铜等无机填充材料。另外，也有使用有机填充材料的情况。

下面介绍添加各种填充材料的PTFE的特点。

#### ○无机类填充材料

##### • 玻璃纤维：

对化学、电气性质几乎不产生影响。

与纯PTFE相比，压缩蠕变阻力改善约2倍，耐磨损性改善约1000倍，因此适用于耐磨损性的提升。另外因为是白色，便于使用。但是，作为轴承使用时，

可能会造成对象轴破损。

##### • 石墨：

耐蠕变性提高，初期磨损、起动阻力降低。热传导性、耐化学品性良好。不易造成对象材料磨损，因此尽管耐磨损性不足，但经济性出色。

##### • 碳纤维：

压缩强度、蠕变特性、耐磨损性好，在200℃以上的高温领域有大幅改善。另外，水中的滑动特性优异，耐化学品性也较好，因此可以在酸、碱等低润滑性的流体中保持出色的滑动特性。

##### • 二硫化钼：

耐蠕变性、润滑性提升。不损害电气绝缘性，因此适用于电气用途。但是，几乎不会单独用作填充材料，而是与玻璃纤维和青铜同时使用。

##### • 青铜：

耐磨损性、压缩强度、耐蠕变性、硬度、尺寸稳定性明显改善。滑动面的油保持性和油润滑下的耐磨损性出色，因此也可用于油润滑用途。但是，需要注意的是不适用于电气、化学用途。

Table1 填充材料的种类与特点<sup>3)</sup>

填充材料的种类	填充材料识别符号	特 点
玻璃纤维	15%…2K0 20%…2N0 25%…2T0	耐磨损性良好。 电气特性良好。 易被碱腐蚀。 不耐水中磨损。
玻璃纤维+石墨	20%+5%… 2N1	耐蠕变性良好。 滑动特性改善。
玻璃纤维+MoS <sub>2</sub>	15%+5%… 2K7	耐蠕变性、压缩强度良好。 滑动特性改善。 电气绝缘性良好。
石墨	15%…1K0	滑动特性良好。 不损伤软质的对象材料。
青铜	60%…3M0	耐蠕变性、压缩强度良好。 热传导性好。
青铜+碳纤维	3U8	油中滑动特性良好。
碳、石墨	25%…6T0 33%…6P0	耐蠕变性、高温承重性良好。
碳纤维	10%…8H0	水中滑动特性良好。 耐蠕变性良好。
有机类填充材料	9A1 9A2 9B1	不损伤软质对象材料。 滑动特性稳定。 耐蠕变性、压缩特性良好。

Table2 含填充材料PTFE的物性一览<sup>3)</sup>

项目	单位	ASTM测量法	填充材料识别符号												
			纯PTFE	2K0	2N0	2T0	2N1	2K7	1K0	3M0	6T0	6P0	8H0		
填充材料含量	重量百分比	—	无	玻璃纤维 15%	玻璃纤维 20%	玻璃纤维 25%	玻璃纤维 30% +石墨 5%	玻璃纤维 15% +MoS <sub>2</sub> 5%	石墨 15%	青铜 60%	碳、石墨 25%	碳、石墨 33%	碳纤维 10%		
比重		D792	2.1	2.23	2.24	2.26	2.23	2.29	2.17	3.91	2.10	2.05	2.09		
拉伸强度	MPa	D638	30.9	23	20.6	18.6	14.7	18.5	16.0	18.5	17.5	13.5	20.0		
伸长率	%	D638	400	320	300	280	235	280	230	215	55	15	200		
压缩蠕变性	60min 24h 永久变形 (24h后) 60min	MD CD MD CD MD CD	%	D621 (23°C 13.7MPa)  (150°C 19.6MPa)	—	6.6	6.0	5.2	5.8	4.6	5.2	3.2	3.4	1.9	6.8
					—	10.3	9.4	8.3	7.0	5.4	5.8	3.5	3.6	2.6	9.0
					14.3	9.6	8.7	7.9	8.0	6.5	6.9	4.5	4.5	3.7	9.4
					16.7	14.3	13.1	12.4	9.8	7.8	6.9	4.9	4.9	3.7	13.2
					7.9	5.3	4.9	4.5	3.9	3.0	3.3	2.0	2.0	1.7	5.1
8.4	7.6	7.5	7.5	5.2	4.0	4.5	2.3	2.3	1.8	7.1					
弯曲强度 弹性率	CD CD	MPa	D790	5.6	3.9	4.1	4.2	8.3	8.5	6.0	8.0	9.6	—	8.3	
				340~620	1,550	1,730	1,900	1,540	1,690	—	1,380	1,190	—	1,030	
压缩强度 弹性率	MD CD MD CD	MPa	D695	7.6	11.6	12.3	13.1	10.0	12.9	10.2	11.9	11.2	—	8.7	
				—	8.9	8.9	8.9	10.1	12.7	10.7	12.2	8.4	—	9.6	
				410	690	760	830	980	970	—	770	1,050	—	770	
—	—	600	650	700	960	830	—	800	840	—	770				
硬度	硬度计“D”	D2240	55	60	62	63	64	65	61	70	67	68	64		
冲击强度 (izod)	l/m	D256	155	144	129	117	154	159	140	10.5	—	—	168		
热传导率	W/(m·K)	Cence Fitch	0.24	0.37	0.40	0.45	0.20	0.33	0.45	0.47	0.43	—	0.19		
线膨胀系数	25~90°C 25~150°C 25~200°C 25~260°C	MD CD MD CD MD CD	10 <sup>-5</sup> /°C	D696	—	14.2	13.4	12.6	13.5	15.0	12.6	9.7	8.5	—	13.4
					12.2	10.6	10.2	8.3	9.0	6.3	7.9	7.2	—	9.9	
					—	15.1	14.2	13.2	13.1	15.8	13.5	10.3	9.4	—	14.5
					12.6	10.9	10.3	8.6	9.0	6.4	8.5	7.9	7.7	—	10.0
					—	16.3	15.4	14.4	13.9	17.3	14.6	11.4	10.6	—	15.7
13.7	12.3	11.4	9.7	9.9	6.9	9.2	9.0	8.5	—	11.1					
—	18.5	17.7	16.8	15.9	20.0	17.6	14.0	13.5	—	18.2					
16.4	14.8	13.4	11.9	11.7	8.0	10.8	10.4	9.7	—	13.1					
吸水率	%	D570	0	0.015	0.014	0.013	0.016	0.010	0	0	—	—	—		
极限 P V 值	0.1m/s 0.5m/s 5.0m/s	MPa·m/s	—	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.6	1.0	1.0	0.9		
			—	0.7	0.9	0.9	1.4	1.5	1.4	1.0	1.4	1.5	1.5		
			—	1.1	1.2	1.2	1.8	1.8	1.3	0.6	1.8	1.9	1.8		
磨损系数 (空气中, 50h后) (水中, 50h后)	cm·s MPa·m·h × 10 <sup>-5</sup>	使用松原式试验机进行测量	7,100	5	7	7	7	6	9.8	13	8	13	6		
			—	5,500	—	5,100	—	—	470	—	20	26	20		
动摩擦系数 (50h后)		P=0.69MPa V=0.5m/s	—	0.39~0.42	0.29~0.35	0.50~0.54	0.30~0.32	0.29~0.31	0.22~0.31	0.22~0.25	0.12~0.17	0.31~0.37	0.31~0.35	0.27~0.30	
静摩擦系数		P=3.4MPa	0.05~0.08	0.10~0.13	0.10~0.13	0.10~0.13	0.08~0.10	0.08~0.10	0.08~0.10	0.08~0.10	0.08~0.10	—	—	—	

○有机类填充材料

• 聚酰亚胺类树脂：

摩擦系数低，在使用碳和石墨填充材料时可能会受损的软质金属活动零件作为对象材料的情况下有效。

• 聚苯硫醚树脂：

赋予耐蠕变性、尺寸稳定性。

• 芳香族聚酯类树脂：

改善压缩、屈服等机械特性，赋予稳定的滑动特性。

如上所述，填充材料多种多样，需要根据负荷、滑动速度、寿命、摩擦环境、对象材料、线膨胀、电气性质等使用条件，选定适当的填充材料。

另外，纯PTFE是白色的，因此添加填充材料可能会导致外观变为黑色或黑褐色等，需要根据使用的部位和用途加以考虑。

3. 结语

PTFE具有出色的化学特性，滑动和粘附性也很优异，

因此适合用作轴承和滑动零件。进一步添加填充材料，可以提升其摩擦特性及蠕变性，适用于机械用途。

不同种类的填充材料可改善的特性也有所不同，希望我的经验能对大家在材料选择方面有所帮助。

4. 参考文献

- 1) 池田 隆治：华尔卡评论，1No.35，1(1991)
- 2) 里川 考麻绩：氟树脂手册
- 3) 华尔卡手册



和田 阳一郎

研究开发本部 开发部  
功能树脂产品开发小组