

# PTFEに充填材を添加した材料の種類と用途の紹介

## 1. はじめに

PTFEは他のプラスチック系材料と比較して、耐熱性、耐薬品性、絶縁性、非粘着性や低摩擦性などの様々な特性を有している。その応用範囲は半導体装置や化学プラント分野、自動車、OA機器から家庭用品といった各分野で幅広く用いられている。

一方で、PTFEは耐摩耗性や耐クリープ特性に関しては十分な性能を持たないため、軸受けのような摺動部品に利用するには自身が激しく損傷したり、荷重がかかる部分での利用では変形が大きいという問題がある。そこでPTFEに異材料である充填材を混ぜることでこれらの問題点を改善することができる。

本報では、代表的な充填材についてその種類や特長、用途などを説明していく。

## 2. 特長

### 2-1) 改善できる特性

充填材を添加することで改質できる特性として、耐摩耗性や耐クリープ性、熱伝導率、熱膨張係数などが挙げられる。純PTFEと比較して、耐摩耗性は最高約1000倍、耐クリープ性は約2倍、熱伝導率は最高2倍に増加といった効果がある。どの特性を改質するかによって適切な充填材を選択する必要がある。

### 2-2) 充填材の種類

充填材としては、グラスファイバー、グラファイト、二硫化モリブデン、ブロンズなどの無機充填材が一般的である。また、有機系の充填材も用いられている。

各充填材入りPTFEについて、その特長を述べる。

#### ○無機系充填材

##### ・グラスファイバー：

化学的、電気的性質にはほとんど影響を及ぼさない。

純PTFEと比較して圧縮クリープ抵抗が約2倍、耐摩耗性が約1000倍改善されるため、耐摩耗性の向上には最適。また白色であるため、利用しやすい。ただし、軸受けとして使用した場合、相手シャフトを破損してしまう恐れがある。

##### ・グラファイト：

耐クリープ性を向上させ、初期摩耗、始動抵抗を小さくする。熱伝導性、耐薬品性も良好である。相手材を摩耗させづらいため、耐摩耗性は劣るが経済性に優れる。

##### ・カーボンファイバー：

圧縮強度、クリープ特性、耐摩耗性に優れ、200℃以上の高温領域で大幅に改善する。また、水中での摺動特性が優れており耐薬品性も良好であるので、酸・アルカリなどの低潤滑性流体においても優れた摺動特性を保持する。

##### ・二硫化モリブデン：

耐クリープ性、潤滑性が向上する。電気絶縁性を損なうことがないため、電気的用途に用いられる。ただし、単独で充填材として用いられることはほとんどなく、グラスファイバーやブロンズとともに使用される。

Table1 充填材の種類と特長<sup>3)</sup>

充填材の種類	充填材識別記号	特長
グラスファイバー	15%…2K0 20%…2N0 25%…2T0	耐摩耗性が良好。 電気的特性が良好。 アルカリに侵される。 水中摩耗に弱い。
グラスファイバー+グラファイト	20%+5%…2N1	耐クリープ性が良好。 摺動特性を改善する。
グラスファイバー+MoS <sub>2</sub>	15%+5%…2K7	耐クリープ性、圧縮強さが良好。 摺動特性を改善する。 電気絶縁性が良好。
グラファイト	15%…1K0	摺動特性が良好。 軟質相手材を攻撃しない。
ブロンズ	60%…3M0	耐クリープ性、圧縮強さが良好。 熱伝導性がよい。
ブロンズ+炭素繊維	3U8	油中での摺動特性が良好。
カーボン・グラファイト	25%…6T0 33%…6P0	耐クリープ性、高温耐荷重性が良好。
炭素繊維	10%…8H0	水中での摺動特性が良好。 耐クリープ性が良好。
有機系充填材	9A1 9A2 9B1	軟質相手材を攻撃しない。 安定した摺動特性。 耐クリープ性、圧縮特性が良好。

Table2 充填材入りPTFEの物性一覧<sup>3)</sup>

項目	単位	ASTM測定法	充填材識別記号											
			純PTFE	2K0	2N0	2T0	2N1	2K7	1K0	3M0	6T0	6P0	8H0	
充填材含量	重量%	—	なし	15%	20%	25%	25%	25%	25%	15%	60%	25%	33%	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	2.09
引張強さ	MPa	D638	30.9	23	20.6	18.6	14.7	18.5	16.0	18.5	17.5	13.5	20.0	20.0
伸び	%	D638	400	320	300	280	235	280	230	215	55	15	200	200
圧縮クランプ性	%	D621 (23°C)	60min	—	6.6	6.0	5.2	5.8	4.6	5.2	3.4	1.9	6.8	6.8
			24h	—	10.3	9.4	8.3	7.0	5.4	5.8	3.5	3.6	2.6	9.0
			永久変形(24h後)	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	8.0	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
曲げ強さ	MPa	D790	60min	51.8	52.4	51.3	50.7	36.8	45.5	43.0	40.4	35.0	32.4	33.7
				—	—	—	—	—	—	—	—	—	36.1	35.6
曲げ弾性率	MPa	D695	340~620	5.6	3.9	4.1	4.2	8.3	8.5	6.0	8.0	9.6	—	8.3
				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
圧縮弾性率	MPa	D695	0.2%	7.6	11.6	12.3	13.1	10.0	12.9	10.2	11.9	11.2	—	1.030
				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
硬さ	デューメーターD <sup>+</sup>	D2240	0.2%	—	8.9	8.9	8.9	10.1	12.7	10.7	12.2	8.4	—	9.6
				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
衝撃強さ(izod)	J/m	D256	弾性率	410	690	760	830	980	970	—	770	1,050	—	770
				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
熱伝導率	W/(m·K)	Cence Fitch	熱伝導率	—	600	650	700	960	830	—	800	840	—	770
				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
線膨張係数	10 <sup>-3</sup> /°C	D696	硬さ	55	60	62	63	64	65	61	70	67	68	64
				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
吸水率	%	D570	衝撃強さ	155	144	129	117	154	159	140	10.5	—	—	168
				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
限界PV値	MPa·m/s	—	熱伝導率	0.24	0.37	0.40	0.45	0.20	0.33	0.45	0.47	0.43	—	0.19
				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
摩擦係数(空気中、50h後)	cm <sup>2</sup> s / MPa·m·h × 10 <sup>-3</sup>	松原式試験機による測定	線膨張係数	—	14.2	13.4	12.6	13.5	15.0	12.6	9.7	8.5	—	13.4
				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
動摩擦係数(50h後)	—	P=0.69MPa V=0.5m/s	25~90°C	12.2	10.6	10.2	8.3	9.0	6.3	7.9	7.8	7.2	—	9.9
				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
静摩擦係数	—	P=3.4MPa	25~150°C	—	15.1	14.2	13.2	13.1	15.8	13.5	10.3	9.4	—	14.5
				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	25~200°C	12.6	10.9	10.3	8.6	9.0	6.4	8.5	7.9	7.7	—	10.0
				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	25~260°C	—	16.3	15.4	14.4	13.9	17.3	14.6	11.4	10.6	—	15.7
				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	吸水率	13.7	12.3	11.4	9.7	9.9	6.9	9.2	9.0	8.5	—	11.1
				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	限界PV値	—	18.5	17.7	16.8	15.9	20.0	17.6	14.0	13.5	—	18.2
				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	摩擦係数	16.4	14.8	13.4	11.9	11.7	8.0	10.8	10.4	9.7	—	13.1
				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	動摩擦係数	0	0.015	0.014	0.013	0.016	0.010	0	0	—	—	—
				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	静摩擦係数	—	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.6	1.0	1.0	0.9
				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	摩擦係数(水中、50h後)	—	0.7	0.9	0.9	1.4	1.5	1.4	1.0	1.4	1.5	1.5
				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	動摩擦係数	—	1.1	1.2	1.2	1.8	1.8	1.3	0.6	1.8	1.9	1.8
				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	静摩擦係数	7,100	5	7	7	7	6	9.8	13	8	13	6
				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	摩擦係数	—	0.39~0.42	0.29~0.35	0.50~0.54	0.30~0.32	0.29~0.31	0.22~0.25	0.12~0.17	0.31~0.37	0.31~0.35	0.27~0.30
				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

・ブロンズ:

耐摩耗性・圧縮強さ・耐クリープ性・硬さ・寸法安定性が著しく改良される。摺動面に油を保持しやすいことや油潤滑下において耐摩耗性が優れており、油潤滑用途にも用いられる。ただし、電気的・化学的用途に不向きである点は注意する必要がある。

○有機系充填材

・ポリアミド系樹脂:

摩擦係数が低く、カーボンやグラファイトでは傷つけてしまう軟質金属可動部材を相手材として接触する場合に有効である。

・ポリフェニレンサルファイト樹脂:

耐クリープ性、寸法安定性を付与する。

・芳香族ポリエステル系樹脂:

圧縮・曲げなどの機械的特性を改良し、安定した摺動特性を付与する。

このように充填材には様々な種類があるが、荷重、摺動速度、寿命、摩擦環境、相手材、線膨脹、耐食性、電気的性質などの使用条件から、適切な充填材を選定する必要がある。

また、純PTFEは白色であるが充填材を添加することで外観が黒色や黒褐色などに着色されるものもあるので、使用する箇所や用途によっては考慮すべき点である。

3. おわりに

PTFEは優れた化学的特性を持っており、すべりや粘性も優れているため、軸受けや摺動部品として用いるのに適している。更に充填材を添加することで摩擦特性やクリープ性が向上し、機械的用途に適したものとなる。

充填材の種類によって改善される特性が変わってくるため、材料選定する上での一助になれば幸いである。

4. 参考文献

- 1)池田 隆治:バルカーレビュー, 1No.35, 1 (1991)
- 2)里川 考麻績:ふっ素樹脂ハンドブック
- 3)バルカーハンドブック



和田 陽一郎

研究開発本部 開発部  
機能樹脂製品開発グループ