

〈新製品紹介〉

熱伝導性に優れるふっ素樹脂チューブ

T/#9003-PFA-HT 「ナフロン[®]PFA-HT チューブ」

高機能樹脂製品事業部 技術開発部

1. はじめに

ふっ素樹脂PFAチューブ（パーフルオロアルコキシアルカン）は、耐食性、耐汚染性、耐熱性を活かし、硫酸、塩酸、クロムメッキ液などの加熱・冷却用の各種熱交換器用チューブとして広く利用されております。

しかし、表1に示しますように熱交換器用チューブとして使用する場合、金属配管に比べて、熱伝導率が低く、熱交換率が悪いという課題がありました。

そこでこの度、熱伝達特性を大幅に改善した「ナフロン[®]PFA-HT (Heat Transfar) チューブ」を製品化しましたので紹介いたします。

ナフロン[®]PFA-HTチューブ（以下PFA-HTチューブという）を使用することにより、通常のPFAチューブ熱交換器に比べて、伝熱面積を約2/3にコンパクト化することができます。

2. 製品概要

PFA-HTチューブは、PFA樹脂に特殊充填材を添加した原料を用いて、押出成形された熱伝導性を向上したチューブです。

PFA-HTチューブは特殊充填材の効果により、PFAチューブの熱伝導率：0.2W/(m・K)に対して、約4倍の熱伝導率：0.8W/(m・K)を備えています。

写真1に製品写真を示します。外観は、特殊充填材が添加されているため黒色の色調です。

なお、PFA-HTチューブは、PFAチューブに比べて弾性率が高く、硬い触感であり、最小曲げ

表1 各材質の熱伝導率（20℃）

材 質	熱伝導率 (W / (m・K))
PFA-HT	0.8
ふっ素樹脂PFA	0.2
鉄	49
アルミニウム	228
銅	386

*出典元：伝熱工学の学び方

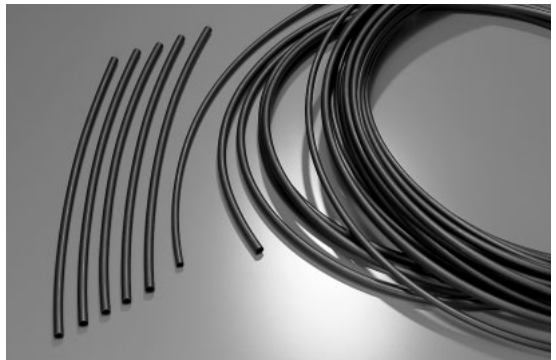


写真1 PFA-HTチューブ外観

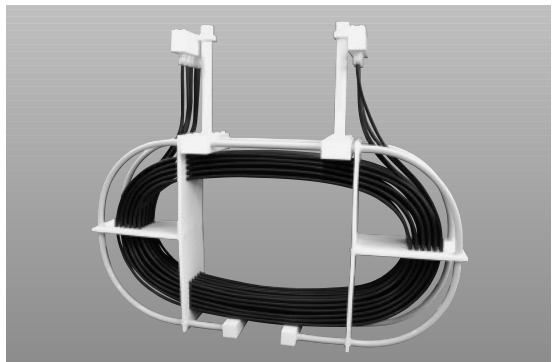


写真2 PFA-HTチューブスパイラル熱交換器

半径が大きくなりますのでご注意ください。

弊社では、PFA-HTチューブのみでの販売とともに、スパイラル熱交換器（写真2）としての設計・販売も行っております。

2.1 製品寸法

表2に標準品寸法を示します。

表2 標準品寸法表

内径×外径 (mm)	肉厚 (mm)	長さ (m)
φ 8×φ 10	1.0	10, 50, 100
φ 10×φ 12	1.0	

2.2 特長

(1) 熱伝導性に優れています。

熱伝導率がPFAチューブの4倍であるため、熱交換器に必要なチューブ伝熱面積を決める総括伝熱係数はPFAチューブの1.5倍となり、熱交換器の伝熱面積を2/3にコンパクト化することができます。

(2) PFAチューブと同等の特長を備えています。

- ・耐熱性に優れています。
- ・耐薬品性に優れています。

表3に熱交換器用チューブとしての特性比較を示します。

表3 熱交換器用チューブとしての特性比較

特性	PFA-HT	PFA
最高使用飽和蒸気温度 (°C)	158	158
使用飽和水蒸気圧 (MPa)	0.5	0.5
熱伝導率 (W/(m·K))	0.8	0.2
総括伝熱係数 (W/(m ² ·K))	冷却 (190~230)	(120~140)
	加熱 (240~300)	(150~190)
最小曲げ半径 (mm)	(100)	(120)

*カッコ内の数値は、φ 10×φ 12サイズでの数値比較。

3. 評価試験結果

3.1 熱伝導率測定

①測定サンプル

- ・ 30mm × 30mm × 7t (n = 5)

②測定方法

常温にてホットディスク法を用いて測定しました。

③測定結果

表4に熱伝導率測定結果を示します。

PFA-HTはPFAと比較して4倍の熱伝導率を

備えていることがわかります。

表4 熱伝導率測定結果

	PFA-HT	PFA
熱伝導率 (W/(m·K))	0.8	0.2

3.2 物性測定

①測定サンプル

- ・ 1.5mmシートを用いて測定 (n = 1)

②測定方法

比重は水中置換法にて測定、引張強さ・伸び・引張弾性率はASTM D648に準拠して測定しました。

③測定結果

表5に物性測定結果を示します。

PFA-HTはPFAと比較して引張弾性率が大きく、曲げたとき“硬い”触感であることがわかります。

表5 物性測定結果

物性	単位	PFA-HT	PFA
比重	—	2.16	2.14
引張強さ	MPa	24	34
伸び	%	130	361
引張弾性率	MPa	1140	443

3.3 チューブ熱間破壊圧力

①測定サンプル

- ・ φ 8 × φ 10 × 300L (n=1)
- ・ φ 10 × φ 12 × 300L (n=1)

②測定方法

電気炉中で所定の温度にサンプルを保持後、N₂ガスにて、0.1MPa × 1minステップで加圧し、破壊圧力を測定しました。

③測定結果

表6にPFA-HTチューブの熱間破壊圧力測定結果

表6 チューブ熱間破壊圧力測定結果

サイズ	温度	23°C	50°C	100°C	150°C	200°C	250°C
φ 8×φ10	破壊圧力	4.1 (3.2)	3.4 (2.6)	2.5 (1.6)	1.9 (1.3)	1.5 (1.0)	1.0 (0.7)
	低下率	100%	83%	61%	46%	37%	24%
φ10×φ12	破壊圧力	3.2 (2.7)	2.6 (2.2)	2.0 (1.3)	1.5 (1.1)	1.2 (0.9)	0.8 (0.5)
	低下率	100%	81%	63%	47%	38%	25%

*単位：MPa *カッコ内は、PFAチューブの破壊圧力を示します。

*使用時は、安全率を考慮して、破壊圧力の1/3～1/5でのご使用を推奨します。飽和水蒸気の最高使用圧力は、0.5MPa(158°C)を推奨します。

果を示します。

PFA-HTは、特殊充填材の効果により、PFAに比べて、各温度にて1.2倍～1.6倍の破壊圧力を備えていることがわかります。

3.4 チューブ最小曲げ半径測定

①測定サンプル

- ・ $\phi 8 \times \phi 10 \times 900L$ (n=3)
- ・ $\phi 10 \times \phi 12 \times 1080L$ (n=3)

②測定方法

曲げ試験装置に外径の90倍の長さのサンプルをU字型にセットし、サンプルの両端を120mm/minで押して、座屈したときの距離の1/2を最小曲げ半径として測定しました。

③測定結果

表7にチューブ最小曲げ半径測定結果を示します。

PFA-HTチューブはPFAチューブに比べて、最小曲げ半径は大きい結果となりました。

表7 チューブ最小曲げ半径測定結果

サイズ	測定値		推奨値
	PFA-HT	PFA	PFA-HT
$\phi 8 \times \phi 10$	76	53	95
$\phi 10 \times \phi 12$	99	80	120

*単位：mm

*推奨値は測定値に安全率1.2を考慮した数値。

3.5 ヒートサイクル試験

①測定サンプル

- ・ $\phi 8 \times \phi 10 \times 1000L$ (n=1)
- ・ $\phi 10 \times \phi 12 \times 1000L$ (n=1)

②測定方法

サンプルをSUS継手にて配管接続し、チューブ内に水蒸気(0.5MPa, 158℃)×1h⇔水×0.5h/サイクルにて、100サイクルの負荷を与え

た後のチューブ外観及び常温破壊圧力(300L, n=3)を測定しました。

③測定結果

表8にヒートサイクル試験結果を示します。

ヒートサイクル試験による外観の異常(ピンホール, プリスター, クラック), 破壊強度低下はありませんでした。

表8 ヒートサイクル試験結果

サイズ	常温破壊圧力(MPa)	外観
$\phi 8 \times \phi 10$	4.1 (3.2)	(異常なし)
$\phi 10 \times \phi 12$	3.1 (2.6)	(異常なし)

*カッコ内は、PFAチューブの試験結果を示します。

4. 用途

- ・ プリント基板表面処理工程中の銅メッキ, ハンダメッキ, 酸洗, エッチング液等の加熱・冷却用熱交換器チューブ。
- ・ 硫酸, 塩酸, クロムメッキ液等の腐食性の高い薬液の加熱・冷却用熱交換器チューブ。

5. おわりに

今回紹介したT/#9003-PFA-HT「ナフロン® PFA-HTチューブ」は、当社PFAチューブの熱伝導性を向上させたチューブであり、熱交換器用PFAチューブの用途をさらに広げるものと期待しています。

今後とも、ユーザー各位のご要望に対応した製品の開発と改良に努力する所存です。御意見御要望等をお聞かせいただければ幸いです。

なお本製品に関するお問い合わせは、高機能樹脂製品事業部技術開発部(TEL: 03-3433-7269)までお願いします。