

耐薬品性・耐熱性・純粋性に優れたふっ素樹脂製品

ふっ素樹脂ライニング製品

工業製品事業本部 配管・機器部品技術開発部

1. はじめに

ふっ素樹脂は、各種プラスチックの中でも特に耐熱性、低摩擦性、電気絶縁性、耐薬品性、非粘着性、耐候性など、数々の優れた特性を有しており、化学や半導体関係、医療、食品などの分野に使用されています。弊社では、長年にわたるふっ素樹脂加工技術と、新しい技術の開発によって各種ふっ素樹脂耐食ライニング製品を製造販売しております。本稿では、弊社のふっ素樹脂ライニング製品のうち、PFAを用いた製品について特長、種類および製造方法についてご紹介します。

2. ふっ素樹脂ライニング製品について^注

ふっ素樹脂ライニングとは、配管や容器の内面をふっ素樹脂を用いて被覆する方法です。ふっ素樹脂の優れた特性を活かし、耐熱性、耐薬品性、純粋性が求められる化学工業、製薬工業、半導体・液晶産業などで使用される配管や薬液貯蔵容器、廃液回収容器に広く使用されています。

弊社では、1950年代後半よりPTFE製ライニング配管の製造を開始し、国内の化学工業各社に納入を開始しました（図1）。その後1969年には新しく開発されたPTFEよりも成形性に優れたふっ素樹脂FEPを用いた耐食ライニング材「FLUOROGREEN」を、1980年には、FEPよりもさらに特性に優れたPFAを用いた「フロロパイピング® PFA」、1984年に「PFAシートライニング」、1997年には半導体分野でのウルトラク

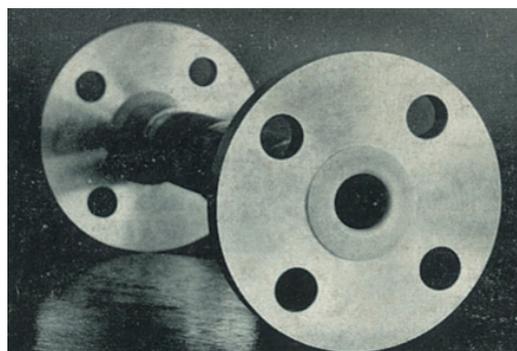


図1 製造開始当初のPTFEライニング配管

リーン化に応えた「PFA-HGシートライニング」を販売開始し現在に至ります。

2.1 ふっ素樹脂ライニング製品の分類

図2に主なふっ素樹脂ライニング製品を示します。大きく配管材料（直管、チーズ、エルボ、バルブ類、ベッセルアクセサリ類）の「フロロパイピング®」と、大型の薬品タンクなどに施工するシートライニングに分類されます。

2.2 ライニング材

現在弊社のふっ素樹脂ライニング製品はPFAを用いたものが中心となっています。これはPFAが連続使用温度260℃の耐熱性を有し、ほぼ全ての工業薬品に対して不活性であり、さらに以下のようにライニング材料として理想的な特長を有することによります。

- ・PFAは、ポリエチレンやポリプロピレンと同様な溶融成形ができるため、粉末原料を固めて焼成するPTFEと比べて、ピンホールや過・未焼成といった成形欠陥の心配がない（PTFEは溶融成形不可能）。

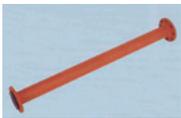
分類	フロロパイピング				シートライニング	
	直管	フィッティング	バルブ	ベッセルアクセサリ	ルーズライニング	接着ライニング
TOMBO No.	9900 9930 9940 9940-HG	9931 9941 9941-HG	9933 9943	9934 9944	9932-L 9942-L 9942-LHG	9932-GB 9942-GB 9942-GBHG
製品例						
主要製品	直管 45°までのエルボ	チーズ エルボ レデューサー クロス管	ダイヤフラムバルブ ボールバルブ ボールチェックバルブ ラインチェックバルブ	スパージャー 吹き込み管 液面計	大口径直管 (250A以上) タワー (塔)	薬液貯蔵タンク 薬液貯蔵角槽

図2 ふっ素樹脂ライニング製品

表1 ライニング材質と品種

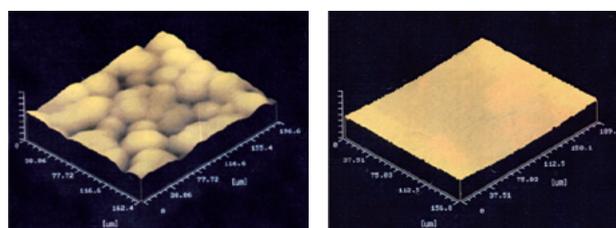
ライニング材			製品		PFAシートライニング	
グレード	色調	材質	直管	フィッティング	ルーズ	接着
PFA	無着色	PFA (一般化学薬品向)	○	○	-	-
FA	茶色		○	○	○	○
PFA-HG	無着色	PFA-HG (高純度薬液向)	○	○	○	○
SP	茶色		○	-	-	-

・シートライニングでは必須となる溶接部にて、母材と溶接棒の材質が同じPFAのため溶接の信頼性が高く、高温使用時の膨張・収縮にも強い。

ニング厚みを増し、さらにガス透過を抑えたSPグレードもあります。

表1にライニング材質と品種を示します。弊社のPFAライニング材は一般化学薬品向けとしてPFA、半導体用途に代表される高純度薬液用にはPFA-HG (HG:ハイグレード) を使用しています。それぞれの材質に対し無着色品と茶色に着色したものがあり、PFAを茶色に着色したFAグレードが配管材料、シートライニング用として最も多く使用されています。

PFA-HGは球晶の成長をコントロールし図3に示すように樹脂表面を平滑にすることで、洗浄性を向上させると共に、ガス透過を低減させたPFAです。PFA分子中の末端基が図4に示すように完全にふっ素化されているため、より化学的に安定しており、ふっ素イオンの溶出が少なく、通常のPFAと比較して耐薬品性(寿命)の向上が可能です。ガス透過性も通常のPFAの約1/2であり、塩酸、ふっ酸などのガス透過の多い薬液による外装管腐食の抑制に効果があります。またライ



PFA (Rmax : 0.8 μm) PFA-HG (Rmax : 0.2 μm)

図3 表面のイメージ図

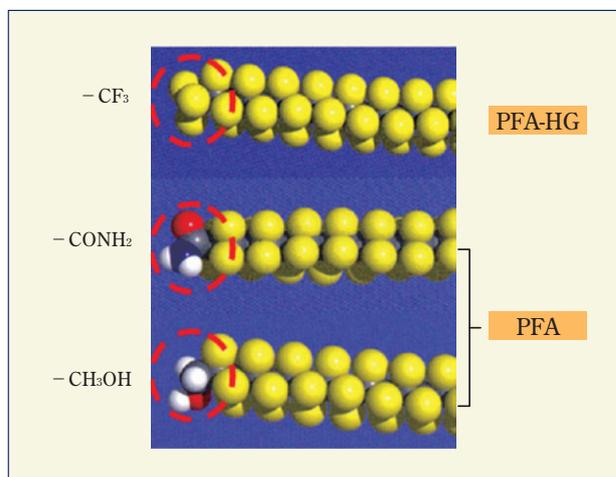


図4 分子構造 (末端基)

3. 各種ライニング製品の製造方法

3.1 「フロロパイピング®」

「フロロパイピング®」の製法には直管（50Aサイズ以下のエルボを含む）製造時に用いるチューブ引込みと、チーズやエルボなどの複雑な形状に対応するトランスファー成形があります。

3.1.1 チューブ引込み

図5に示すように金属製外装管にPFAチューブを引込む方法で製造しています。図5の③に示すチューブ引込み時にライニング材を絞り込むことでチューブの熱膨張収縮を抑え、かつ耐負圧性を向上させることで外装管との密着性をもたせています。

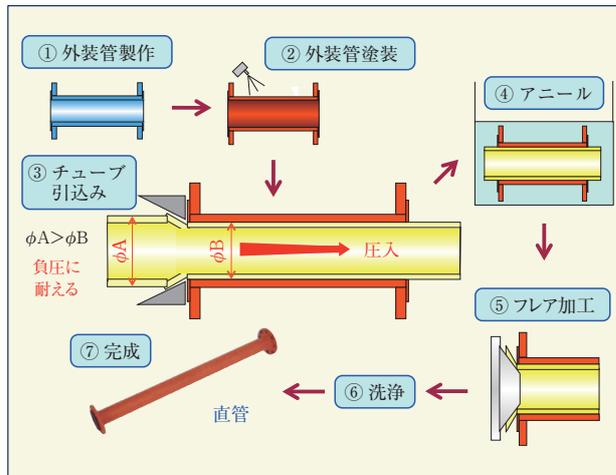


図5 直管の製造工程（チューブ引込み）

3.1.2 トランスファー成形

チーズやエルボなどのフィッティングは、図6に示すように、あらかじめPFAの熔融温度以上に加熱した金属製外装管金型に、溶けたPFAを流すトランスファー成形により製造されます。この成形法により、複雑形状でも外装管内に継ぎ目のない耐久性に優れたライニングを施すことができます。

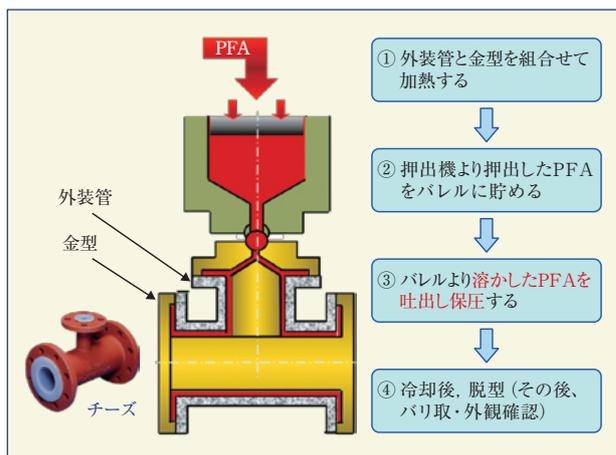


図6 トランスファー成形

3.2 PFAシートライニング

シートライニングは、大型の薬液タンクなどの内壁にPFA製のシートを用いてライニングを施します。ルーズライニングと接着ライニングがあります。

3.2.1 ルーズライニング

ルーズライニングは、タワーなどの短管を組み合わせた単純な形状のライニングに用いられる缶体とは接着しないライニングです。図7に示すように、胴部に溶接したPFAシート（3mm厚み）を、ノズル部にはチューブをそれぞれはめ込み、溶接でつないで製造します。

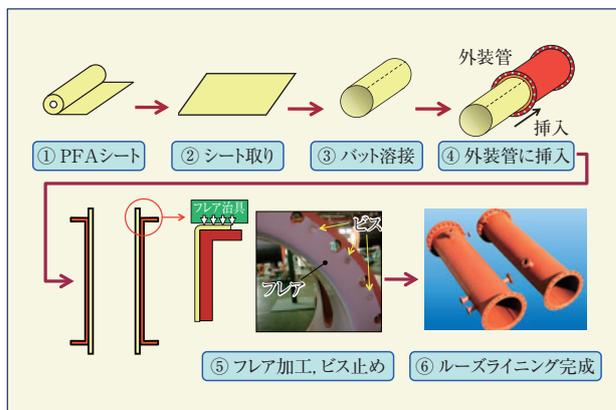


図7 ルーズライニングの製造工程

3.2.2 接着ライニング

接着ライニングは、3mm厚PFAシートの片面にガラスクロスを熱融着した接着ライニング素材（PFA-GB 図8）を缶体に貼り付け、シート同士の継ぎ目をPFA溶接棒で溶接して製造します。図9に接着ライニングタンクの内部を示します。大型のタンクでもライニング材の自重による脱落がありません。

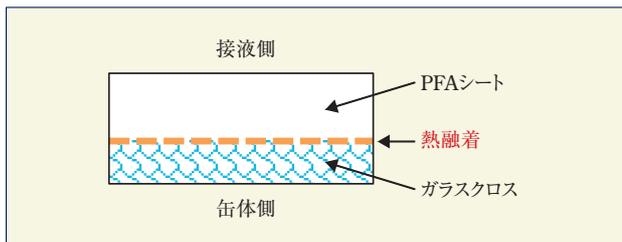


図8 PFA-GBの構造概略図

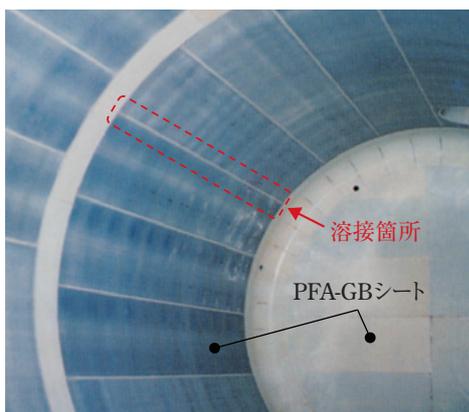


図9 接着ライニングの施工状況

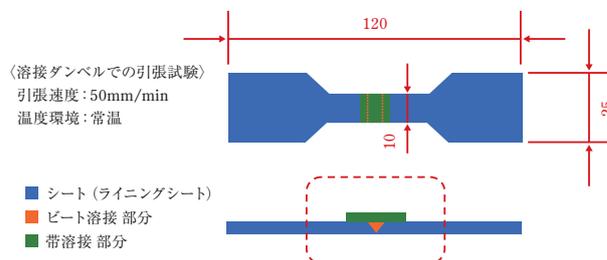
3.2.3 溶接部分の強度について

2.2でも述べたシートライニングでは必須となる溶接部の強度について説明します。

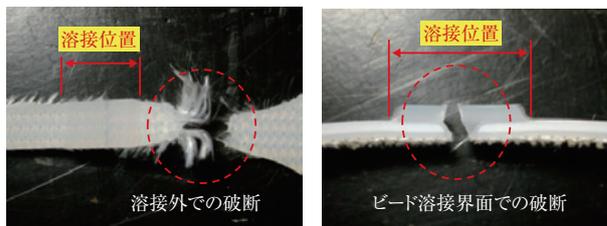
図10にライニング素材のモデルとしてPFAとPTFEを溶接し引っ張り試験を行った結果を示します。

結果はPFAの溶接のほうがPTFEの溶接よりも強度が高いことが分ります。PTFEの破断部は溶接部の溶接界面で破断が生じています。対してPFAの溶接は溶接棒も同じPFAであることから、母材と溶接部が一体化しており、破断箇所も溶接箇所以外のところで破断が生じていることがわかります。これはPTFE同士の溶接はPTFEが熱溶融特性を持たないため、溶接棒に異材であ

るPFAを用いることに起因します。したがって、製造に溶接工程を伴うシートライニング材としてはPFAが優れているということになります。



	破断強度 (MPa)	破断伸び (%)	破断位置
PFA (HG)	17.9	138	溶接外
PTFE (変性)	15.4	158	溶接界面



PFA溶接破断写真

PTFE溶接破断写真

図10 溶接強さ測定結果

4. おわりに

本稿では、弊社のふっ素樹脂ライニング製品について概要をご紹介させていただきました。

今後もお客さまのニーズに対応し、より純粋性、耐久性の高い製品を目標に新たな技術・品質向上を目指していく所存です。本製品に対するお問い合わせは工業製品事業本部 配管・機器部品技術開発部までお願いいたします。

注：弊社の一部ライニング製品は「外国為替及び外国貿易法」に定める規制貨物に該当する場合があります。該当する場合は、輸出に際して同法に基づく輸出許可が必要です。

*「TOMBO」はニチアス㈱の登録商標または商標です。
 *「フロロパイピング」はニチアス㈱の登録商標です。
 *本稿の測定値は参考値であり保証値ではありません。