

# 衬里槽罐（应用篇）

## 1. 前言

继上期的衬里槽罐(基础篇)之后,本期介绍其“应用篇”。

基础篇中记载了氟树脂的种类和特点、氟树脂板材衬里的工序、氟树脂衬里槽罐设计注意事项等基本事项。本期则将介绍本公司的板材衬里加工的特点及本公司使用的衬里用板材的特点。

## 2. 本公司的衬里加工方法的特点

本文将对本公司加工技术的特点——高纯度氟树脂衬里槽罐的制作方法进行说明。

### 2-1)封头部分的衬里板的弯折及粘贴

通常,氟树脂衬里槽罐会将氟树脂板粘贴在外壳的金属罐体上。板材为卷状,切断为短棒状后使用。罐体主体部分可以直接粘贴短棒状的板材,但封头部分为曲面,难以粘贴短棒状的板材,因此须将板材进行多次等分后贴合。

本公司的粘贴方法为在粘贴前对封头部分的衬里板进行加热,按封头形状进行弯折后使用。

通过事先对封头用衬里板进行弯折加工,可以获得以下3大效果:

- 通过同时使用后述的真空粘贴法和板材的封头弯折来粘贴板材时,可以减少摩擦板材表面的作业,从而大大减少表面的伤痕,可以降低板材的污染。
- 弯折前的板材加工成正方形,焊缝较少。由此可以降低焊接部破损等故障风险。
- 弯折温度比粘合剂硫化温度高,板材的残留应力较少。

由此可以降低粘合剥落的故障风险。



Figure1 其他公司制造的槽罐



Figure2 本公司的衬里

Figure1 为其他公司施工的衬里槽罐。底部的封头部分焊缝较多。

Figure2 为本公司进行了加热弯折的镜面部分的衬里,没有焊缝。

如Figure3 所示,内径大于1200mm的槽罐的衬里上会有1 或2条焊缝。



Figure3 大型槽罐的封头部分衬里

本公司的封头部分弯折的最大内径为 $\phi 2800$ 。3块板材通过2条自动焊缝进行连接和弯折。

封头衬里延伸至主体部,因此封头衬里与主体衬里的连接也是进行自动焊接。

### 2-2)板材表面擦伤痕迹较少的真空粘合法

真空粘合法是指,使平坦的板材和封头成形的板材贴住罐体,排出板材背面与罐体之间的空气以形成真空,利用大气压将衬里板压紧在罐体上,无需摩擦即可粘合的方法。

使用这一粘合方法，可以获得以下2大效果：

- 板材表面的伤痕大大减少，降低了板材的污染。
- 实现不均衡较少的粘合，粘合强度稳定。

### 2-2-1)“封头成形”“真空粘合”的外观差异

Figure4 为其他公司采用的摩擦粘合的示意图。

Figure5 为本公司开发的真空粘合法的示意图。

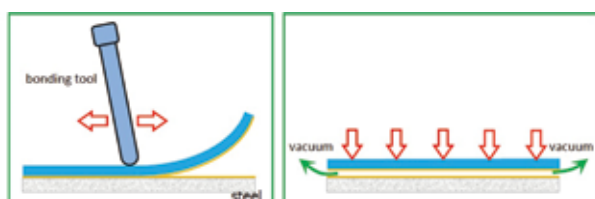


Figure4 凝固粘合

Figure5 真空粘合

传统的板材粘合方法使用摩擦夹具将衬里压紧在槽罐上。因此，整个衬里面上都会留下擦伤痕迹。

真空粘合则是利用大气压将板材压紧在槽罐上，仅在板材端部等极少部分会出现伤痕，可大幅减少摩擦面积。

Figure6 为采用真空粘合法粘合封头部分的照片，Figure7 为其放大图。



Figure6 真空粘合的槽罐的衬里封头



Figure7 本公司衬里表面放大图

### 2-2-2)衬里后的表面粗糙度

下面，对使用M-PTFE板材的“摩擦粘合”与“封头成形+真空粘合”的槽罐封头部分的衬里表面进行了比较。

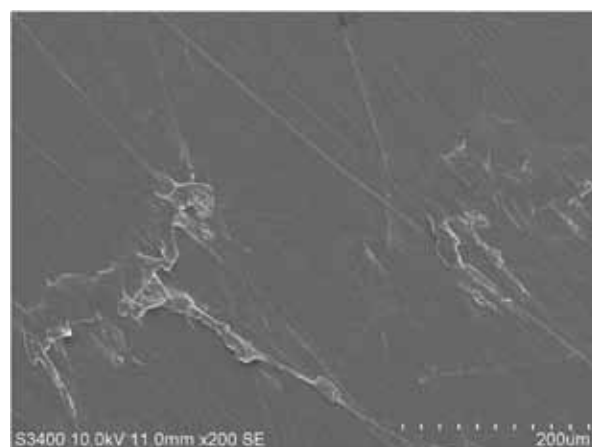


Figure8 摩擦部分电子显微镜照片

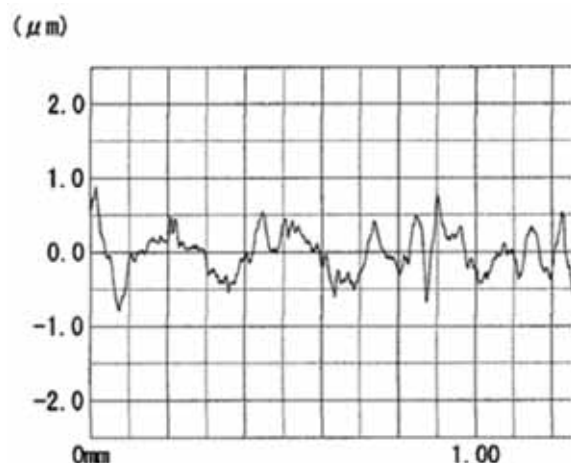


Figure9 本公司衬里表面( $Ra0.25\mu\text{m}$ )

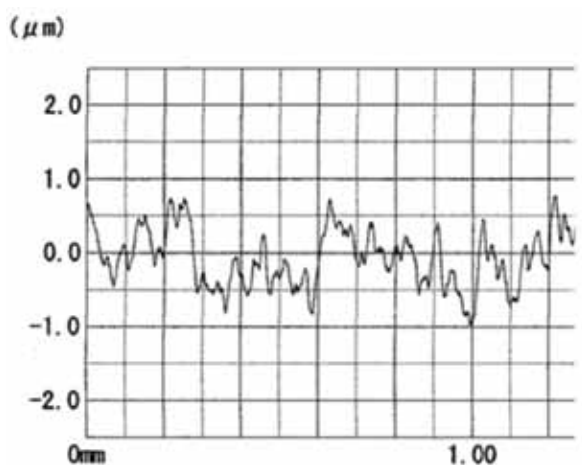


Figure10 其他公司衬里表面( $Ra0.34\mu m$ )

Figure9是对采用真空粘合法的衬里槽罐表面粗糙度进行测量的图表,为 $Ra0.25\mu m$ 。Figure10是对传统粘合的板材表面进行测量的图表,为 $Ra0.34\mu m$ 。

### 2-3)焊接的机械化带来的稳定品质

Figure11为衬里的焊接部截面。

衬里槽罐的衬里粘合采用PFA焊接进行。焊接分2阶段进行,在衬里端部加工出坡口后使用PFA焊条进行底部堆焊,接着使用PFA焊带进行带焊(加固焊接)。

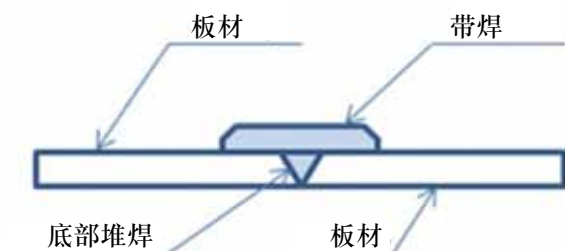


Figure11 焊截面形状

本公司使用自行式焊接机(自动焊接机),实现“温度”、“速度”和“压力”等焊接重要条件的稳定。由此,与作业人员手动焊接相比,焊接条件稳定,强度偏差显著减少。

此外,可实现焊缝的“起伏”、“曲折”和“变形”较少的带焊。

此外,其他公司的手动带焊宽度为14mm,但是本公司通过机械化将带宽扩大到17mm,提升了焊接部的强度,从而提高了焊接部的可靠性。

Figure13为通过自动焊接进行的带焊,宽度大且曲折少。

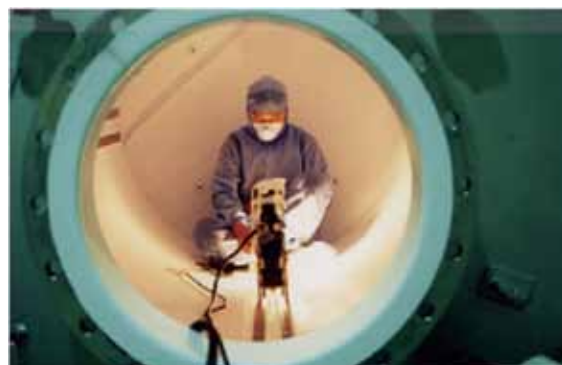


Figure12 使用自动焊接机进行的焊接作业



Figure13 公司产品 自动焊接(M-PTFE-ET)

### 2-4)部件结构的安全设计

#### 2-4-1)喷嘴结构

喷嘴的管部分难以牢固粘到罐体上,因此是焊接破损的多发部位。

如Figure14所示,其他公司采用的是温度变化引起的衬里膨胀收缩应力由焊接部直接承受的结构。本公司则如Figure15所示,在槽罐内部也进行了扩口加工,采用由该扩口部分承受应力的结构,不易对焊接部施加伸缩应力负担。



Figure14 喷嘴的温度变化引起的举动和损伤示例

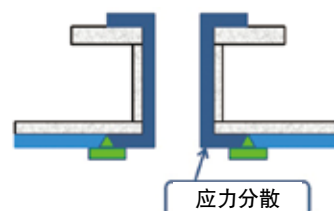


Figure15 本公司的喷嘴部施工方法

## 2-4-2)集液槽结构

设在槽罐底部的集液槽的结构与喷嘴相同。



Figure 16 集液槽周边的衬里剥落



Figure 17 原因是集液槽与板材焊接部的破损

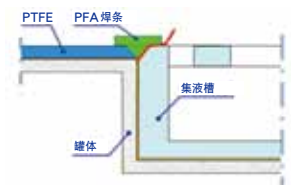


Figure 18 其他公司的施工示例

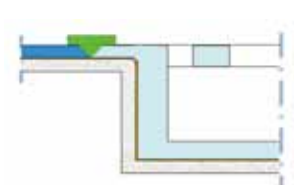


Figure 19 本公司的施工方法

## 3. 衬里材料的选择

本公司使用的氟树脂衬里用板材的材质有PTFE、PFA、M-PTFE的3种，粘性赋予方法采用了对氟树脂表面进行化学处理的化学蚀刻板和将玻璃布板层压而成的玻璃背板的两种。

### 3-1)本公司使用的衬里用板材的功能性评价

下表是对本公司使用的衬里用板材的5项功能性分5档进行的自评结果。

评价板材的种类

- PTFE-ET : PTFE 化学蚀刻板
- M-PTFE-ET : 改性PTFE 化学蚀刻板 (PLP板)
- M-PTFE-GB : 改性PTFE 玻璃背板
- PTFE-GB : PTFE 玻璃背板
- PFA (NEW) -GB : PFA 玻璃背板
- PFA (HP-PLUS) -GB : PFA 玻璃背板

评价内容

表面平滑性 : 表示清洗时污渍去除性能的优劣。

粘合性能 : 表示板材与粘合剂的粘合强度的优劣。

焊接性能 : 表示板材连接部的焊接可靠性。

耐透过性 : 表示对化学药剂的耐透过性。

该性能受到对化学药剂透过的寿命的影响。

价格 : 表示板材成本的优劣。

Table 1 衬里用板材的功能性评价

评价 : (优) 5 · 4 · 3 · 2 · 1 (劣)

| 材质                | 表面平滑性 | 粘合性 | 焊接性 | 耐透过性 | 价格 |
|-------------------|-------|-----|-----|------|----|
| PTFE-ET           | 3     | 3   | 3   | 4    | 5  |
| M-PTFE-ET         | 4     | 3   | 4   | 5    | 4  |
| PTFE-GB           | 3     | 3   | 3   | 2    | 3  |
| M-PTFE-GB         | 4     | 3   | 4   | 4    | 2  |
| PTFE-GB           | 5     | 3   | 5   | 3    | 2  |
| PFA (HP-Plus) -GB | 5     | 3   | 5   | 4    | 1  |

备注 1 ET : Etched sheet、GB : Glass Backing、M : Modified的缩写。

备注 2 数值用于表示优劣，分5档进行评价。

### 3-1-1)表面平滑性

以下所示为3种不同材质的衬里用板材表面的照片及表面粗糙度。



Figure 20 PTFE-ET×100

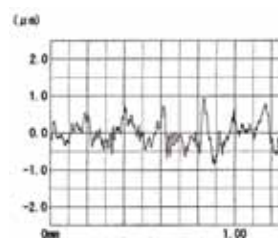


Figure 21 Ra0.29 μm



Figure 22 M-PTFE-ET×100

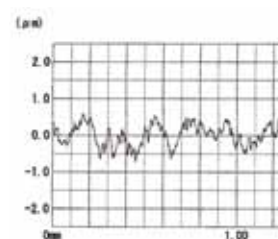


Figure 23 Ra0.24 μm



Figure 24 NEW PFA×100

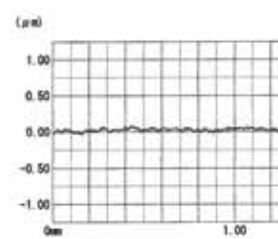


Figure 25 Ra:0.03 μm

- PTFE : 表面粗糙度最差。
- M-PTFE : 表面粗糙度略好于PTFE。
- NEW PFA : 表面最平滑。

本测量是对板材阶段的材料进行，前述的衬里施工方法不同导致的衬里后表面粗糙度Ra会发生较大变化。

### 3-1-2) 粘合性能

氟树脂为非粘着性，即使在氟树脂板材上涂抹粘合剂，也会剥落而无法粘合。

为了使氟树脂板具备粘合性，本公司的蚀刻处理板材会在板材制造后进行化学蚀刻以赋予粘合性。

另一方面，作为赋予粘合性的方法，玻璃背板则是使PFA熔融并进入到氟树脂板与玻璃布板之间，从而实现锚固的产品。

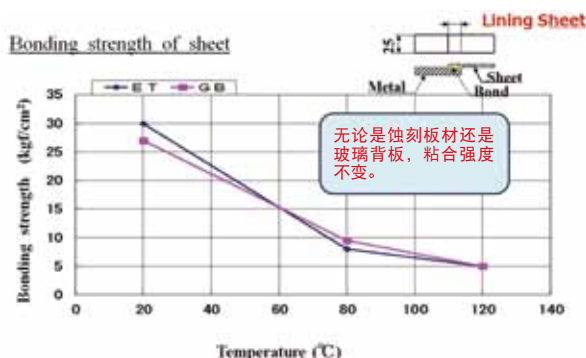


Figure26 ET板与GB板的粘合强度(剪断)

Figure26所示为在ET板和GB板上使用橡胶类粘合剂与金属粘合时的剪断强度测量试验结果。

剥落部位均在金属面上，说明具有同等的粘合力。

### 3-1-3) 焊接性能

Figure27为衬里用板材的焊接强度比较。

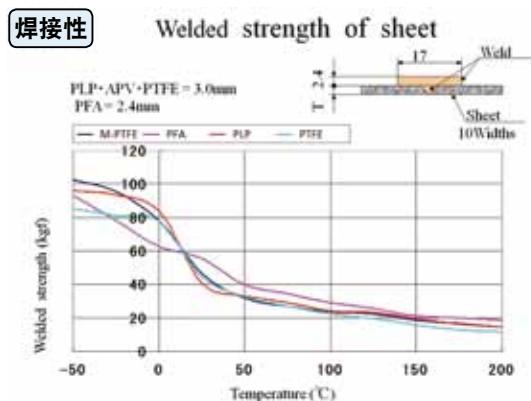


Figure27 焊接强度测量结果

(PLP: 本公司制造的提升了耐透过性的M-PTFE板材。)

在常用温度范围内，所有板材的焊接强度未发现明显差异。但是，与焊条、焊带材质相同的PFA板材理论上在焊接时的融合性较好，因此可以认为其焊接的稳定性较高。

根据氟树脂的材质(分子结构)进行推测，焊接的稳定性为PFA > M-PTFE > PTFE。

### 3-1-4) 耐透过性

据悉，化学药剂的透过主要发生在树脂内部的非结晶部。

Figure28所示为对氟树脂板的厚度截面的结晶结构的模型化表现。

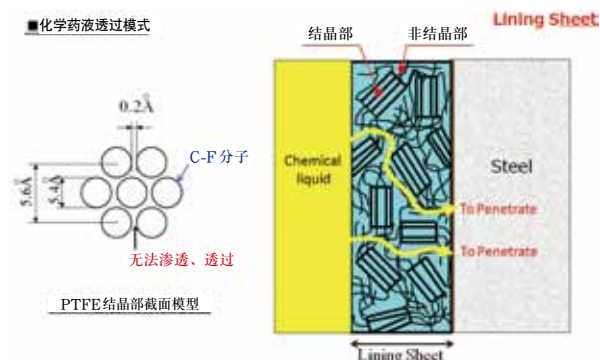


Figure28 氟树脂内的化学药液透过示意图

排列整齐的分子部分为结晶部，分子复杂缠绕的部分为非结晶部。

结晶部分子密集，密度较高。非结晶部分子缠绕，随机



配置因而密度较低。

因此，结晶部越多的板材比重越大。

化学药液的透过经由非结晶部逐渐扩散到板材内，最终到达有粘合面的板材内侧，即罐体侧。

Figure29是表示氟树脂的比重与盐酸透过量的图表。图表中追加了市售的氟树脂板材的比重的位置。

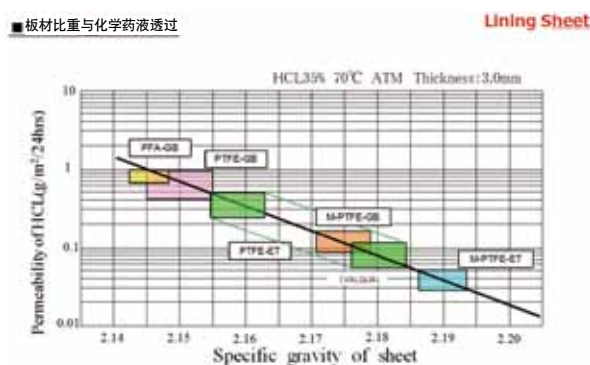


Figure29 与氟树脂的比重相对的透过率

比重越高，化学药液的透过量越少。

PTFE在超过熔点后会发生凝胶化，但能够保持形状，因此可对影响结晶化的冷却条件进行控制。利用这一特点，可以控制结晶度。

通常，考虑到生产效率，市售的PTFE比重在2.14～2.16左右，本公司的衬里用板材为提高耐透性，将比重提升至2.18左右。

PFA是熔融树脂，其成形方法决定了难以对冷却条件进行控制，比重通常在2.14～2.15的范围内。

Figure30为M-PTFE-GB板截面。

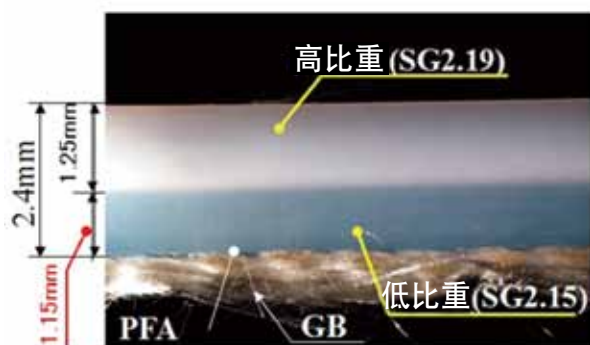


Figure30 M-PTFE-GB板截面

PTFE-GB及M-PTFE-GBGB板在将玻璃布层压到板材上时需要将板材凝胶化。凝胶化后进行冷却时，由于难以去冷，因此比重会降低。

照片的GB侧半透明部分是比重降低了的部分。

Figure31为本公司的PLP板截面。



Figure31 PLP板截面

PLP板为可实现比PTFE更高密度的树脂，无需加热的蚀刻处理不会使板材凝胶化，因此可在不降低比重的前提下使用。

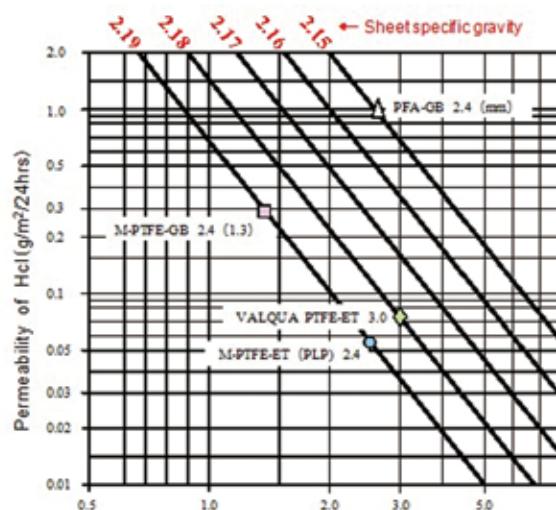


Figure32 氟树脂的比重及透过率

板材的壁厚也是耐透性的重要因素。

### 3-1-5) 价格

Figure33为衬里用板材的表面平滑性与衬里板材的市场价格的关系、Figure34为与耐透性的关系的模型化表现。

横轴右侧越往右功能越强，纵轴上侧越往上成本越高。

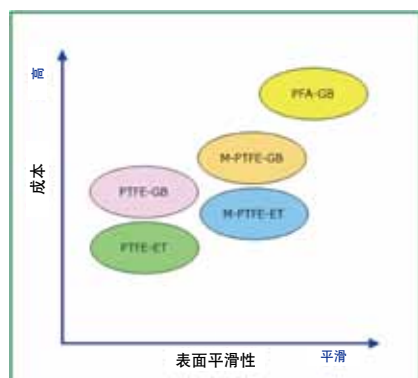


Figure33 表面平滑性：成本

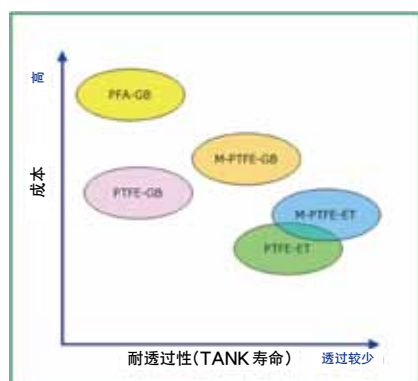


Figure34 耐透过性：成本

氟树脂原料的成本高低为PFA > M-PTFE > PTFE。

粘合性赋予成本的高低为ET > GB。

未加工板材表面平滑性高低为PFA > M-PTFE > PTFE。

这是由于原料特点和加工为板材的方法不同而引起的，但也需要考虑到衬里粘合的方法。

## 4. 结语

本公司自开始生产衬里槽罐以来，在衬里槽罐发生异常或更新时，会对退货调查委托进行处理。异常的原因虽然多种多样，但大致可分为3种。

分别是“化学药液透过”“预料之外的结构性缺陷”“施工技术不完善”。

本公司不断对各原因进行调查并开展改善，直至今日。

例如，在化学药液透过方面实施了衬里用板材的原料选择和板材的高密度化，在结构性问题方面实施了上文罐体设计方法和喷嘴结构改善等措施，在施工技术方面推进了带焊的自动化。

随着半导体行业的繁荣，化学类工厂成套设备过去要求较少的清洁性受到了重视，我们通过真空粘贴和封头衬里的弯折技术的开发，极力减少了衬里表面的伤痕。

今后，我们将继续开发响应市场需求的新技术。

下一期计划将对目前使用的技术的概要和今后的方向进行介绍。



横山 竹志  
功能树脂PM直属