

ThreeBond TECHNICAL NEWS

ThreeBond 技术新闻
2009年1月1日 发行

72

UV-Cured-In-Place Gasket (紫外线固化型现场成形垫圈)

前言

Three Bond 是以防止产业界的渗漏为使命而创立的公司，早在 1955 年便在日本上市了首款液态垫圈。目前，在输送、电子电气领域中，伴随着自动点胶设备的普及，FIPG 工艺 (Formed-In-Place Gasket) 被业内广泛应用。此外，还有一种综合固态垫圈与 FIPG 工艺之特长的 CIPG 工艺 (Cured-In-Place Gasket)，它是一种涂布并固化后再进行组装的密封工艺。

本文将重点对 CIPG 工艺的概要以及最新开发的此类高性能产品进行详细介绍。

目 录

前言.....	1	5. 材料特性.....	4
1. 背景.....	2	5-1 固化性.....	4
2. 密封的机理.....	2	5-2 密封特性.....	5
3. 各类工艺的比较.....	3	5-3 耐久性.....	5
4. CIPG 的评价方法.....	4	6. 法兰面设计注意点.....	6
4-1 耐压性.....	4	6-1 法兰面设计.....	6
4-2 压缩永久变形率.....	4	6-2 法兰面设计例.....	7
		7. 使用用途.....	7

1、背景

按照日本工业标准 JIS 规定，垫圈可定义为是“用于管道或者机械的结合面，通过螺栓或其他方式紧固，从而防止结合面泄漏的部件”，如图-1 所示。

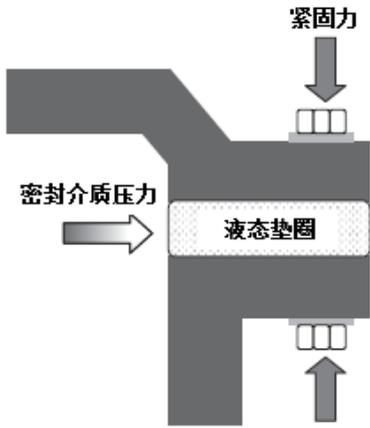


图-1 垫圈的基本密封机理

垫圈可应用于汽车、电子电气部件等各类产品，主要密封润滑油、作动油、水、污水等各类介质。根据垫圈的性状大致分为固态垫圈和液态垫圈。

一直以来，法兰面的密封大多采用固态垫圈，但近年来随着使用便利的液态垫圈（FIPG 工法）的出现，越来越多客户考虑将其作为一种固态垫圈的替代工艺。不过，由于目前普遍使用的 FIPG 材料大多通过湿气固化，因而完全固化需要较长的时间。

于是，能在更短的时间内即获得稳定的密封性，且能固化后再进行组装的 CIPG 工艺便成为一个研究方向。

最初的 CIPG 是必须使用加热炉的加热固化型材料。因而，对于尺寸较大的工件则需要长时间的加热固化工序，而且选择材料时必须充分考虑材质的耐高温性，较难实现产业化。

随后，一种可以通过紫外线短时间固化、对非耐热部件影响较小的紫外线固化型 CIPG(UV-CIPG) 材料开始被研制成功。

本篇主要对这种 UV-CIPG 的密封工艺及材料特性进行介绍。

2、密封机理

垫圈的密封机理大致可分为压缩密封和粘接密封。

如图-2 所示，CIPG 及固态垫圈通过紧固力产生垫圈本身的压缩反弹力从而实现密封。

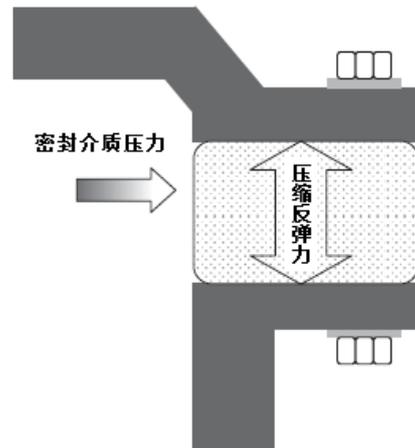


图-2 CIPG、固态垫圈的密封机理

由于 FIPG 为液态，对于结合面的凹凸具有充填的效果。图-3 所示为 FIPG 与结合面进行粘接、固化后通过垫圈自身的凝集力进行的密封。

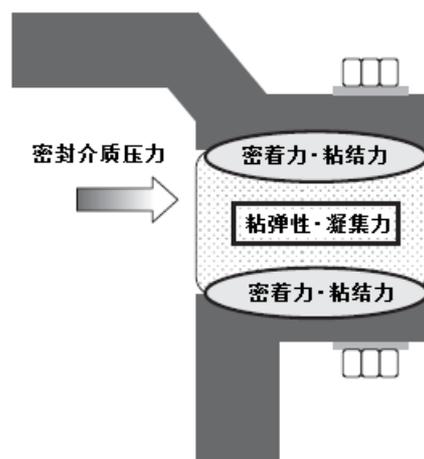


图-3 FIPG 的密封机理

3、各类工艺的比较

将各类垫圈工艺进行比较，其各自的特性决定了各种用法的差异。

CIPG 工艺，是指法兰面上涂布液态密封剂后，一般通过加热固化后再进行组装。本文介绍的 UV-CIPG 是紫外线固化型，可通过紫外线照射数秒~数十秒达到固化。图-4 所示为使用紫外线或加热固化材料时的工艺。

FIPG 工艺，是指在法兰面上涂布液态密封剂后，在未固化的状态下进行工件组装，之后需要放置一段时间使密封剂完全固化。

固态垫圈工艺，是指将已预先按工件形状成型的固态垫圈嵌入，进行组装。

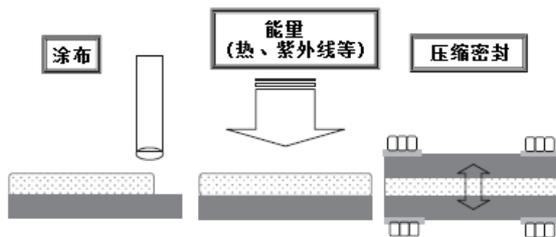


图-4 CIPG 工艺示意图

以上各类工艺、工程中都有其各自的优点与缺点。图-1 为本次介绍的 UV-CIPG 与其他的比较。

表-1 各垫圈工法比较

		液态垫圈		固态垫圈
		CIPG	FIPG	
手法		紫外线固化	湿气固化	成型
密封		压缩密封 	两面密封 	压缩密封
工艺速度	固化速度	○	△	◎
产线构成	自动化	○	○	△
	管理面	○	○	△
设计自由度	形状变更	○	○	△
	拆卸性	○	△	◎

各项目中以 UV-CIPG 的性能为基准：◎：优异 ○：同等 △：略差

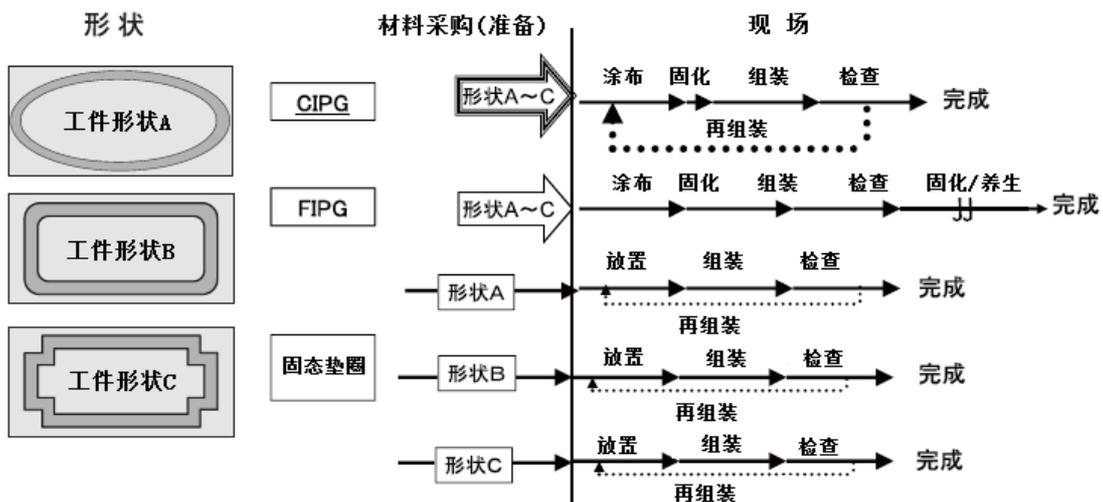
较固态垫圈具备以下优点：

- 可实现自动化生产，降低人工费。
- 可自由对应工件形状的变更。
- 无需按工件形状实行在库管理。

较 FIPG 具备以下优点：

- UV 固化，可缩短固化时间。
- 拆卸方便（工件可重复利用）

图-5 为各垫圈工法从材料准备到组装完成的操作流程。其中，UV-CIPG 工艺所需时间最短，可简化材料的准备、缩短现场工艺时间。



※ ... 检查不合格时可对工件进行再组装

图-5 各垫圈工法的工艺流程

4、CIPG 的评价

以下为 CIPG 评价方法的说明。

4-1 耐压性

耐压性采用图-6 所示的标准法兰盘来进行确认。

压缩率通过固定间距的夹板控制，最大压力设为 0.4MPa。

其他条件如下：

※ 标准法兰盘： 法兰面外形：70mm、法兰面内径：56mm、法兰面宽幅：7mm

※ 加压介质：空气

※ 升压条件：0.01MPa/15sec 升压

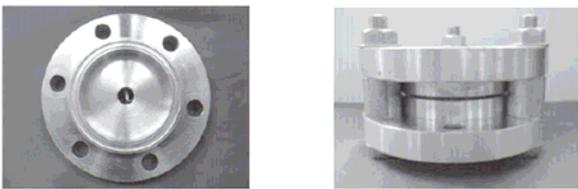


图-6 耐压试验用法兰盘

4-2 压缩永久变形率

压缩永久变形率，是指对耐久后垫圈的形变进行的评价，该数值越大，表示该形变率越确保密封性越差。

评价方法如图-7 所示，将试验片置于试验治具中，为达到一定的压缩率，使用固定间距的夹板进行紧固，在设定的条件下进行耐久性试验。耐久试验前后试验片的厚度按下式计算所得即为压缩永久变形率。

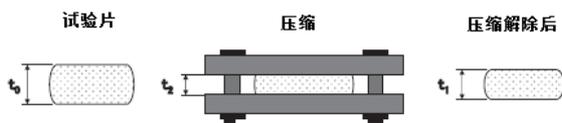


图-7 压缩永久变形率评价方法

$$Cs = (t_0 - t_1) / (t_0 - t_2) \times 100$$

Cs: 压缩永久变形率[%]、 t_0 试验片初始厚度[mm]

t_1 : 压缩试验后试验片厚度[mm]

t_2 : 夹板间隔厚度[mm]

(据 JIS K6262)

5、材料特性

以下介绍 UV-CIPG 用新开发产品 ThreeBond 3081J (以下简称 TB3081J)。同时对 UV-CIPG 所需特性进行说明。

5-1 固化性

CIPG 材料的反应机理有 UV、加热、室温固化等方式，UV 固化型为快速固化反应机理。

一般湿气固化需要几天、热固化需要几十分钟才能完全固化，而 UV 固化只需几秒~几十秒，因此更为快速。

紫外线固化的反应机理如图-8 所示。

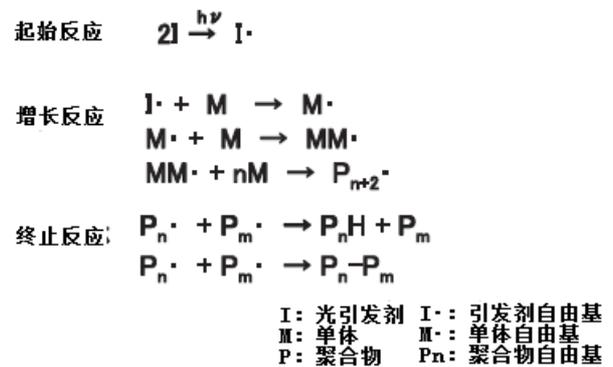


图-8 自由基聚合的反应机理

通过紫外线照射产生活性自由基，进而引发自由基聚合。

以下为 TB3081J 固化所需能量（积算光量）的评价结果，如图-9,10 所示。

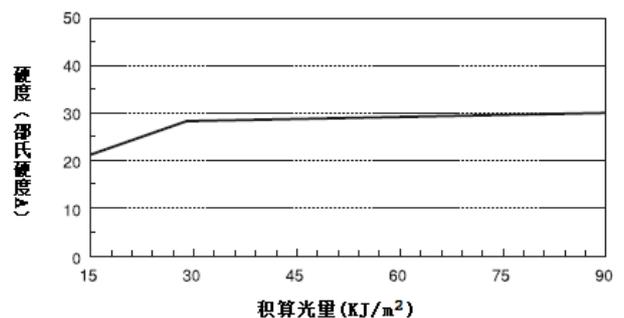


图-9 积算光量与硬度的关系

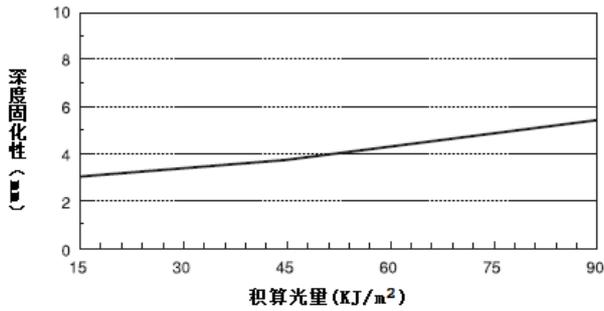


图-10 积算光量与深部固化性的关系

如图-9,10 所示, 积算光量约在 $45\text{kJ}/\text{cm}^2$ 以上即能表现出稳定的特性, 并具有足够的深部固化性可供 CIPG 使用。

5-2 密封特性

TB3081J 通过紧固后产生的压缩反弹力实现密封性。

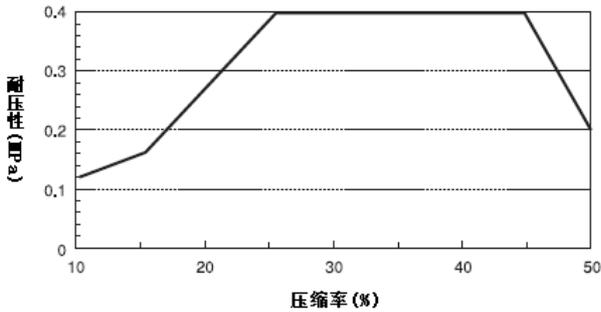


图-11 压缩率与耐压性的关系

如图-11 所示, TB3081J 的耐压性与压缩率成一定比例上升, 在产品所需耐压性范围内设定压缩率。但压缩率在 50% 时耐压性降低, 请注意在 TB3081J 不发生龟裂以及明显蠕变的范围内使用。

如图-12 所示, TB3081J 的压缩范围通过对不同压缩率下的压缩永久变形评价来设定。

压缩率在 20~40% 范围内的压缩永久变形较好, 因此推荐在该范围内使用 TB3081J。

※ 但是, 工件形状等条件不同, 适用压缩范围会有所变化。

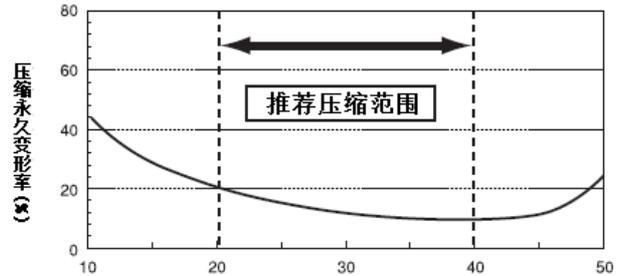


图-12 压缩率与压缩永久变形率的关系
 $120^\circ\text{C} \times 72\text{h}$

5-3 耐久性

在使用环境下 (耐热性、耐湿性、耐寒性) 不发生明显变化, 这对 UV-CIPG 材料较为重要。

在设定使用环境下的耐久评价结果如下所示。

【试验内容】

- ① 压缩永久变形率 (25% 压缩)
- ② 橡胶物性 (硬度、延伸率、拉伸强度)

【固化条件】 积算光量: $45\text{kJ}/\text{cm}^2$

【耐久试验条件】

- ① 高温 (120°C)
- ② 恒温恒湿 ($85^\circ\text{C} \times 85\% \text{RH}$)
- ③ 冷热循环试验 ($-40^\circ\text{C} \times 30\text{min} \leftrightarrow 120^\circ\text{C} \times 30\text{min}$)

TB3081J 作为 UV-CIPG 材料追求的压缩永久变形率 (图-13)、橡胶特性 (图-14~16) 在高温、高温、高温、冷热循环试验条件下变化较少, 具有良好的耐久性。

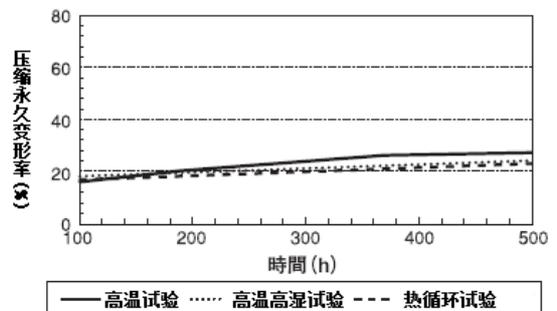


图-13 TB3081J 的耐久性

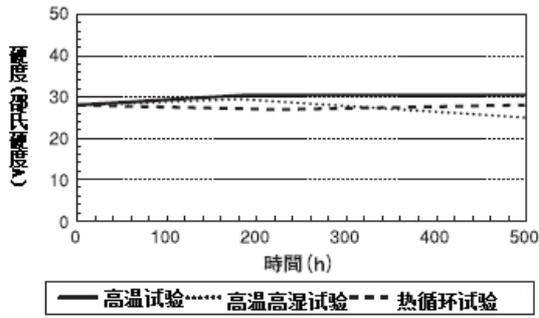


图-14 TB3081J 的耐久性 硬度

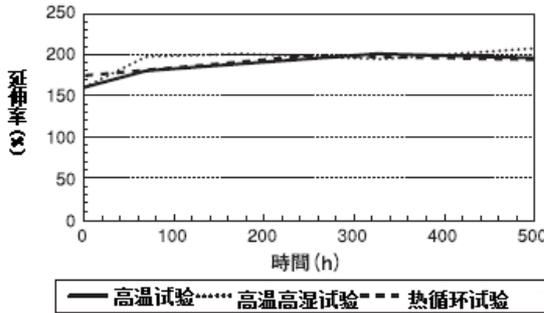


图-15 TB3081J 的耐久性 延伸率

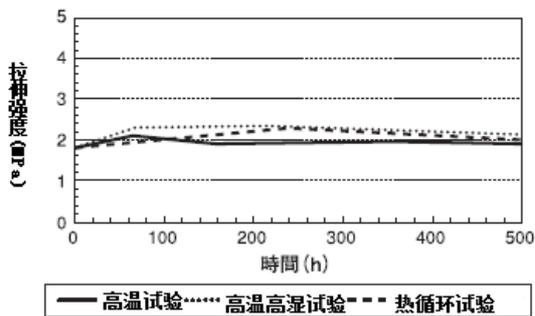


图-16 TB3081J 的耐久性 拉伸强度

此外，TB3081J 的其他特性值如表-2 所示。由于其玻璃化转化温度较低，在较大的温度范围内具有软质橡胶的弹性。

综上所述，TB3081J 作为 UV-CIPG 兼备固化性、密封性、耐久性等特性。

6、法兰面的设计注意点

为了使 UV-CIPG 发挥其最佳特性，在设计法兰面时需要注意以下内容。

6-1 法兰面设计

最适合 CIPG 工艺的法兰面形状如表-3 所示。

从密封性和耐久性方面考虑，推荐在单壁的法兰面上使用。

表-3 不同法兰面形状的 CIPG 适用性

法兰面形状	名称	CIPG 耐久性	对耐压性的影响	涂布性
	单壁形状	◎	◎	◎
	平台形状	△	○	◎
	沟槽状	×	×	×

◎：非常优异 ○：优异 △：有可能 ×：不适合
※法兰面形状假定为平台型

表-2 TB3081J 的其他特性值

项目	单位	性状·特性	试验方法	备注
外观	—	淡黄色透明	3TS-201-01	
比重	—	1.11	3TS-213-02	25℃
粘度	Pa.s	95	3TS-210-10	2.0s ⁻¹ at 35℃
硬度	—	A27	3TS-215-01	邵氏 A
延伸率	%	180	3TS-320-01	
拉伸强度	MPa	1.8	3TS-320-01	
厚膜固化性	mm	3.6	3TS-222-01	
玻璃化转化温度	℃	-55	3TS-501-05	TMA 法

※固化条件：积算光量：45KJ/m²

6

该构造由于壁部与法兰面接触因而能获得稳定的压缩率，使 CIPG 实现防水、油、污水等功能。另外、沟状法兰面由于无法缓解内部应力，CIPG 胶条存在开裂的隐患。

6-2 法兰面设计例

如图-17 所示法兰面形状，介绍标准工件的壁面高度、法兰面宽幅的设定例。

- CIPG 胶条的高度/宽幅：2mm/3mm
- ※ 针管点胶（使用针头）

壁面高度必须设定在耐压性、压缩永久变形率较好的范围内。如下式所示（以压缩率为 30% 进行计算）：

$$\begin{aligned} \text{壁面高度} &= \text{CIPG 胶条压缩 30\% 的高度} \\ &= \text{CIPG 胶条高度的 70\%} \\ &\therefore = 2.0 \times 70\% = 1.4\text{mm} \end{aligned}$$

然后，设计法兰面宽幅必须考虑到压缩时 CIPG 不能接触到壁面，即 CIPG 胶条与壁面之间必须留有空隙。

计算出压缩 30% 时 CIPG 胶条的横向扩展长度，单边大致为 0.4mm（图-17）。需要时如下所示。

$$\therefore \text{法兰面宽幅} = 3.0 + (0.4 \times 2) = 3.8\text{mm 以上}$$

此外，实际设计壁面高度、法兰面宽幅时，还需要考虑工件的尺寸公差（胶条、法兰面精度等）。

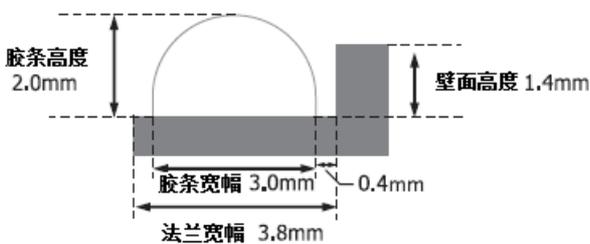


图-17 法兰面尺寸例

7、使用用途

- 车载用电装品的端盖密封
- 各种电气·电子部件的防水、防尘密封

