

# Valqua Technology News

# 华 尔 卡 技 术 志

2018年 夏季号

No.35 Summer 2018

- 寄语 ..... 1  
常务执行董事 研究开发本部长 青木 睦郎
- 客户解决方案  
符合国际公约（STCW公约）的  
海员技术训练用密封培训介绍 ..... 2  
H&S事业本部 山本 隆启
- 客户解决方案《投稿》  
使用低压复合水流清洗机（空穴清洗）  
进行工厂设备清洗的可能性 ..... 5  
BLUE ENGINEERING株式会社 北川 将
- 技术论文  
Dynamic Bellows（动态波纹管）的设计方针和  
设计问题及其对策措施 ..... 8  
营业本部 技术解决方案组 伊奈 正文
- 技术论文  
衬里槽罐（基础篇） ..... 14  
功能树脂PM直属 菊川 智志  
研究开发本部 第2商品开发部 岩田 敦利
- 产品介绍  
耐火陶瓷纤维替代密封材料 ..... 21  
研究开发本部 第1商品开发部 滨出 真人
- 产品介绍  
高温用板材密封垫片  
华尔卡Heat Resist Sheet No. HRS ..... 25  
研究开发本部 第1商品开发部 高桥 聪美
- 技术志的最近的往期杂志 ..... 29
- 商号变更通知 ..... 30



日本华尔卡工业株式会社

<http://www.valqua.co.jp>

## 寄语



衷心感谢各位平时对Valqua Technology News的关注。

从本年度开始，本公司集团启动了第8个中期经营计划“NV·S8”。在这一全新的中期经营计划中，我们将继续延续并强化在“NV·S7”中已经开展的活动，作为H&S企业以顾客价值最大化为目标，在密封工程服务方面提供整体解决方案。然后，我们将在新的中期计划中对这一活动进一步加以完善，通过以H&S为基本理念的创新，与大家一起在全球市场上开创出全新的解决方案，以实现健康且可持续的事业增长。为了在本公司名称中体现这一觉悟，我们去掉了“日本”和“工业”的字样，将公司名更改为了“株式会社华尔卡”。

在环境持续激烈变化的全球市场中，一直以来本公司都以创新为目标积极开展技术开发活动，并努力以最快的速度为广大顾客提供满足其需求的技术开发成果。从这一观点出发，在本公司集团的技术开发活动中，我们还积极引进了类似开放式创新这样的手法，将本公司所积累的技术经验与国际尖端技术相融合，以开创出于顾客有价值的全新解决方案。我们将技术开发活动的整体最终目标定为通过这些活动使本公司成为一家不断为顾客带去感动的H&S企业，为此我们会不断付出创意和心力。

### No.35

从本期开始，技术志将由 1) 客户解决方案、2) 技术论文和 3) 产品介绍3个项目构成。本公司集团将以高新技术开展新产品的研发，并从H&S观点出发进行展开，以提供客户解决方案。而在本技术志中，将以上述所述的内容结构，通过多个案例对各要素实际所获成果进行介绍。希望这些内容能够使读者们对于本公司集团为广大顾客的“安心·安全”提供的H&S解决方案的诞生过程有所了解，同时希望内中刊载的各技术信息能够对各位读者有所参考有所帮助。

希望各位今后还能一如既往地对本公司的产品与服务，以及本华尔卡技术志给予多多照顾。

常务执行董事 研究开发本部长 青木 睦郎

# 符合国际公约（STCW公约）的海员技术培训用密封培训介绍

## 1. 前言

本公司以密封工程为核心技术，针对时代变化当中客户面临的课题，开发提供解决方案。近年来，我们以能够为客户提供“真正满足需求的密封工程服务”为目标，积极开发与提供具有独特性的服务。

作为技能训练服务而展开的密封培训，目前正在力争向各行业及各地区切实渗透。下面就为大家介绍作为该项活动的一环在2017年10月完成开发的海员技术培训用密封培训。

该培训获得了一般财团法人日本海事协会(以下称ClassNK)的海员技术教育训练认证(Figure 1)。该培训依据STCW公约这一国际公约，目前已有2家培训网点(东京都町田市、奈良县五条市)通过了认证。

本刊中，将对认证机构ClassNK进行介绍，并从船员人才强化相关的国际公约的制定背景出发，以本认证的有效性为基础，对该培训进行说明。



Figure1 ClassNK 海员技术教育训练认证证书

## 2. 关于一般财团法人 日本海事协会

一般财团法人日本海事协会是日本的船级协会，因其ClassNK的俗称为世界所熟知。ClassNK以确保生命与财产在海上的安全以及防止污染海洋环境为使命，在船级注册和船级检查等船级协会的职责之外，还开展根据ISO等国际标准进行管理体系认证和符合国际公约的海员技术教育训练认证等多种多样的事业。此外，该协会创立至今已有超过110年的历史，其船级注册数为世界第一，在全世界超过50家船级协会当中占比20%(2018年3月统计时)，因具有国际性权威而闻名。

## 3. 关于国际公约 STCW公约

为防止因为船员缺乏船舶航运技术而导致的海难事故，国际上采纳了对技能与知识水准加以规定的国际公约即STCW公约(The International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, 1978)，该公约中对船员的能力水准作了规定。过去，船员技能与能力相关的资格制度因国家而异，因此船员的能力也参差不齐。但是，以1967年的一场事故为契机，以国际海事机构IMO(International Maritime Organization)为中心，对船员的技术标准进行了修订。而后，于1978年7月采纳了STCW公约，制定了船员相关训练与资格的国际标准<sup>1)</sup>(Figure2)。

STCW公约的A部分代表了船员义务能力，其中的A-3-1项记载了与密封有关的技能与知识<sup>2)</sup>。并且，在该公约基础上，IMO为了鼓励有效的训练，发行了IMO Model Course作为基本训练项目，其中介绍了更为详细的训练方法，可以说，船舶安全航行离不开密封技能知识<sup>3)</sup>。

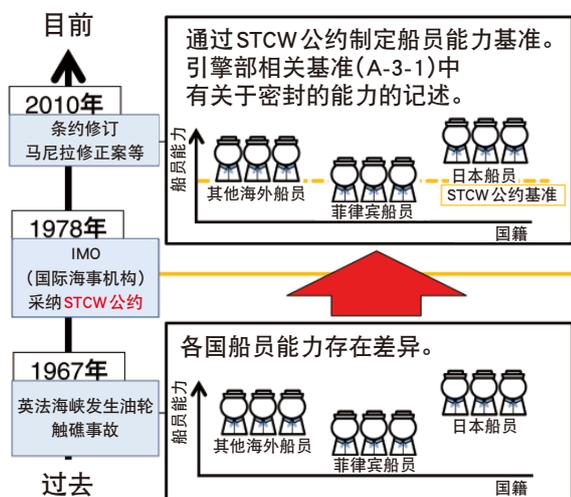


Figure2 STCW 公约的制定流程

#### 4. 关于海员技术训练用密封培训

要成为船员，需要获得海员证，因此必须在大学机构等接受专业教育。虽然为了通过专业教育需要掌握的知识和技能非常多，但专业教育中分配给密封授课的时间却非常有限。

因此，各海运企业在聘用船员后，作为航行中在职训练，会自行进行密封的操作使用和相关知识的培训。对于像新员工这样缺乏经验的船员，与密封相关的技术和知识均依赖于前辈员工们的口传身教。

本公司以长年以来在自己公司和客户现场积累所得的密封材料相关各种知识为基础，总结提炼出了一套密封工程技术。并在此基础上创立了密封培训课程，以正确掌握密封材料的施工和最佳密封材料的选择为目的，是一套可以学习专业知识和掌握实际技能的实践式培训。此外，该培训还有一个独一无二的点，它可通过独有的系统实现个人技能的可视化且还可模拟各种现场技能的施工进行体验教育培训，不仅成为超越在职教育的脱岗培训，而且因其对各海运企业的船员(高级海员、管轮、普通海员)的技能提高非常有效而获得了好评。

如前所述，该培训的对象主要为与STCW公约有关的船员(高级海员、管轮、普通海员)，但不仅仅是海运企业，ClassNK认为，确保与船舶有关的所有各方的安心、安全，是很有必要的。因此，本培训的讲义内容同样适合从事船舶相关业务的非船员人士(包括造船业、船舶维护相关企业、海事教育训练机构等政府机关等)和从事与船舶机器

及设备相关工作的人士。

课程概要为与密封垫片和旋转用密封盘根以及机械密封等相关的课堂学习和实际技能训练，分2天实施。培训结束后会进行测验以确认听课成果，对通过培训的人员将授予ClassNK认证的结业证书(Figure 3)。

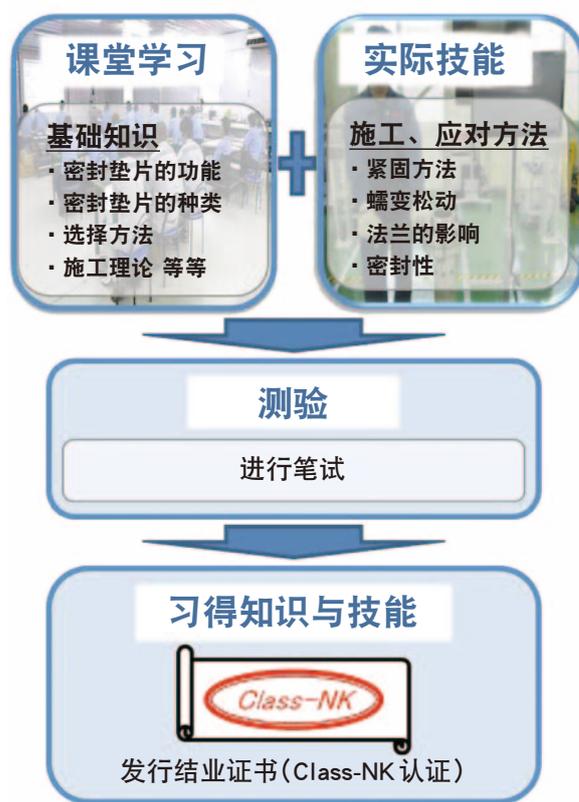


Figure3 课程概要

#### 5. 结语

目前，可提供本公司的ClassNK认证培训网点在日本有2个，分别是东京都町田市和奈良县五条市。我们正在努力扩大以日本国内海运企业为对象的培训。此外，本公司在中国、台湾、越南、泰国、韩国等地区拥有与日本相同的培训网点，今后我们将进一步完善这些网点的培训环境，以便同样能进行认证培训。

本公司希望能以密封培训这一技能训练服务为代表的密封工程服务为基础，持续不断为世界海运船舶市场的发展和行业的安心、安全做出贡献。

## 6. 参考文献

- 1) 国土交通省基于STCW公约的船员资格证明等  
<http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/kotsu/bunya/kaiji/stcw.html>
- 2) 英日互译 2010年STCW公约(马尼拉修正案)【正式译本】  
国土交通省海事局监修 出版社：成山堂书店
- 3) (Model course 7.04) Officer in charge of an Engineering Watch, 2014 Edition



山本 隆启  
H&S 事业本部

# 使用低压复合水流清洗机 (空穴清洗) 进行工厂设备清洗的可能性

## 1. 前言

低压复合水流清洗机不使用任何高压水、化学剂、化学反应等，而是通过水和空气用物理方法去除吸附在水管内部的污泥。使用这一方法无需分解、不产生药液管理和废液处理等低成本，可实现免分解、不使用化学品、低成本且环保的清洗。

## 2. 清洗方法

在对象物的IN和OUT端口上连接0.8MPa以上的耐压软管，以0.4MPa的压力进行供水，在水流中混入作为空穴内核的微量空气，再使水流方向急剧反转以产生冲击波，通过微量空气膨胀收缩从而产生空化气泡。同时，因为利用空气颗粒构成缓冲可控制空穴清洗力，因此可以在不损伤对象物的前提下进行清洗。

## 3. 树脂成形模具水管的清洗效果案例

下面介绍在使用850T级的成形机制造面板零件的客户那里发生的案例。此次清洗的模具从全新制作、开始生产至今已经过了约7年的时间。现场的清洗方法仅将空气吹入水管，因此引进时成形周期为113秒的模具，目前只能以123秒周期进行成形。首先，为了对清洗前和清洗后的效果进行比较，我们在模具的通水流量和113秒的初始条件下进行生产，在模具温度稳定后对模具进行热谱测量，对模具的温度分布和成形品的不良状态进行比较。

### 【考察】

整体流量改善如Table1所示。清洗前Figure1的2处圆圈部分发生了表面收缩，成形周期需要123秒。与之相对的，清洗后模具温度分布得到改善，表面收缩消除，不良消失了。此外，虽然整体温度降低了，但由于树脂的流动发生变化，导致有的部分出现了温度上升，为降低相应位

置的温度，需要在初始条件基础上延长成形周期，结果发现以初始条件+2秒的115秒周期可以毫无问题地进行生产。

### 【结果】

成功缩短成形周期8秒钟。

确定该模具通过定期清洗，可以消除水孔故障，稳定生产。此外，因为与化学品不同，不会使模具溶解，即使高频率地清洗也不会对模具产生损害。

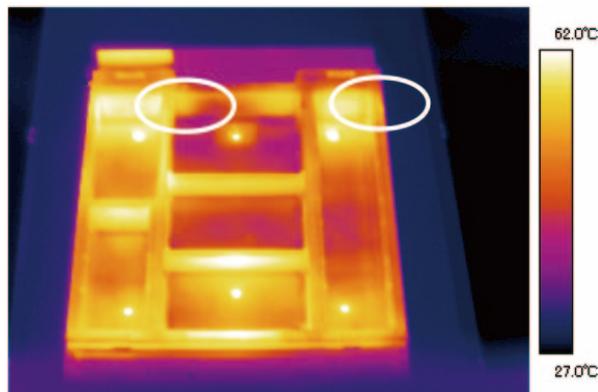


Figure1 清洗前的模具温度分布和不良

Table1 清洗前、清洗后的数值比较

项目	清洗前	清洗后
整体流量 (0.2MPa)	59.6L/min	74.6L/min
回路1	1.1L/min	4.2L/min
回路2	8.1L/min	10.3L/min
回路3	3.2L/min	5.3L/min
回路4	5.4L/min	7.0L/min
回路5	10.8L/min	12.5L/min
子回路1	16.9L/min	19.5L/min
子回路2	14.1L/min	15.8L/min
成形周期	123秒	115秒
成形不良 (初始条件下)	有表面收缩	没有不良

## 4. 清洗机的销售实绩

针对工厂设备的销售成绩还相当有限，但在树脂成型业界则取得了良好的销售实绩，特别是在汽车零件方面成绩尤为突出。除了模具，还有成型机的料斗下方、冷却器热交换器的清洗等，只要是水管就可进行清洗，还可用于其他用途。宝特瓶工厂的预成型模具、取出机的水管等以往需要花费约3天的时间来进行分解清洗，最近使用该清洗机进行清洗则只需短短24小时即可完成。而且，不仅仅是模具，其还可用于生产设备的预成型螺纹部分的烧结机、回转式鼓风机的水管清洗，在宝特瓶行业的未来发展也值得期待。此外，它还被用于铸铝等的模具水管清洗。针对工厂设备的清洗虽然还相当有限，但客户表示，如果以化学品清洗的效果为100分的话，则其清洗效果在80分左右，而且化学品清洗的生产线在清洗后生产运转时还会发生化学品残留的问题，而使用该清洗机清洗时则不存在这种问题。此外，管壳式热交换机(壳侧)即使采用高压清洗也只能清洗表面，根据客户使用后的反馈，使用本清洗机时则可以清洗管与管之间的缝隙。此外，板式热交换机因为无需分解即可清洗，还可节省密封圈的更换费用。

## 5. 工厂设备的清洗效果案例

### 5-1)管壳式热交换机(卧式)的效果案例

对如Figure2所示的卧式管壳式热交换机进行了清洗。如Figure3所示，清洗前壳侧有红褐色的附着物，可用手指擦除。将清洗机的IN、OUT连接到探孔上，直接进行清洗。清洗过程中，Figure4水箱内有大量吸附物析出，Figure5滤网也很快就被堵塞，可见到有相当多的污垢被剥离。此外，确认Figure6的清洗后的连接口的情形时，该部分可能因为水流汹涌的关系，可以发现污垢被清除地相当彻底。

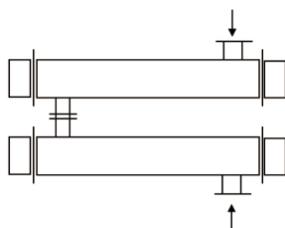


Figure2 热交换机形状



Figure3 清洗前的状态



Figure4 清洗中水箱的状态



Figure5 滤网的状态



Figure6 清洗后的状态

### 5-2)大型管壳式热交换机的效果案例

清洗前如Figure7所示，氧化物将管与管之间堵得几乎毫无缝隙，清洗后如Figure8所示，堵塞物已全部清除。虽然管表面的氧化物尚未被去除，但通过测量运转时的换热，可以发现取得了清洗效果。



Figure7 清洗前的状态



Figure8 清洗后的状态

### 5-3)大型板式热交换机的效果案例

对410张换热板、传热面积 $391.7\text{m}^2$ 的大型板式热交换机，不进行拆解而是如Figure9所示连接后进行冷水侧50小时/循环水侧70小时的清洗。

结果如Table2所示，循环水流量提升约45%，换热量提升约75%。因为未拆解换热板，因此无需更换密封垫片，这点特别受到客户的关注。

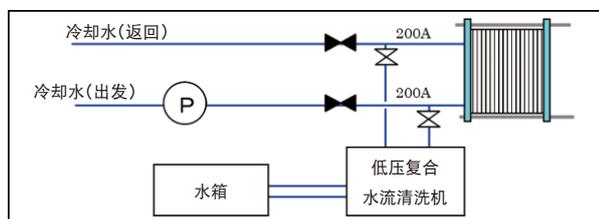


Figure9 连接简图

Table2 大型板式热交换机的清洗前后数值比较

	冷却水温度(°C)			循环水温度(°C)			循环水量 m <sup>3</sup> /hr	换热量 Kcal/hr	热导系数 Kcal/ m <sup>2</sup> ·h·°C
	入侧	出侧	差值	入侧	出侧	差值			
清洗前	28.7	35.3	6.6	47.0	42.3	4.7	150	705000	143
清洗后	27.5	36.0	8.5	45.5	39.8	5.7	216	1231200	290

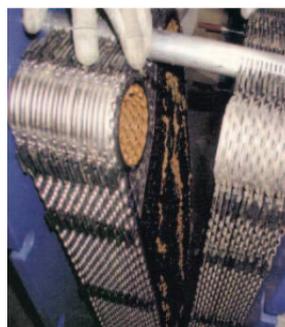


Figure 11 清洗前



Figure 12 清洗后

## 6. 结语（向工厂设备的业务展开）

此次，我们与日本华尔卡工业一起开始着手进行大型清洗机(NR-2000)的开发，对于以往只能采用化学品、高压清洗法的部位，因无法拆解而不能清洗只得更新设备的部位，使用该清洗机可在板式热交换机、管壳式热交换机(壳侧)的清洗等方面获得不错成效。

此外，在清洗工厂设备时可以预见到流路面积会变大，因此我们认为与在模具进行空穴清洗时相比，2层流体的起泡效果和切换流向时的乱流效果更能发挥清洗能力，故有必要针对清洗效果的物理现象做进一步的研究。

### 5-4) 温泉设备小型板式热交换机 Inline 清洗

虽然与工厂设备不同，但温泉设备也使用了板式热交换机，有时也会为堵塞导致的拆解清洗而感到苦恼。有鉴于此，我们在使用inline型(效果低于offline型)清洗机清洗小型板式热交换机时，对换热板进行了打开确认。如Figure10所示，对连接的换热板进行了2小时清洗。

结果，与Figure11的清洗前换热板整体被吸附物覆盖相比，清洗2小时后，如Figure12所示，可以看到换热板约80%左右的表面得到了恢复。由此，换热量和压力损失也得到复原，可以正常运行。

清洗机连接图

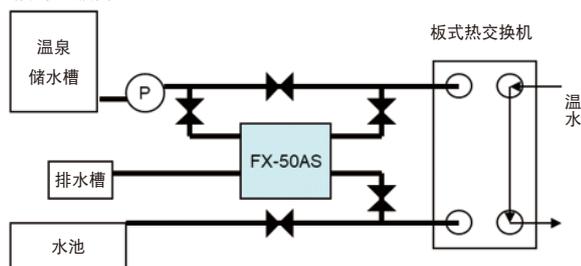


Figure 10 清洗机连接图



北川 将

BLUE ENGINEERING 株式会社

# Dynamic Bellows (动态波纹管) 的设计方针和设计问题及其对策措施

## 1. 前言

金属焊接波纹管 Dynamic Bellows (以下称波纹管) 的作用主要体现在保持气密性的同时吸收如 Figure 1 所示的轴向位移和轴直角方向位移、弯曲方向位移。在选择波纹管时，用于吸收轴向位移的波纹管可方便地根据产品目录进行选择，但用于吸收轴直角方向位移、弯曲方向位移的波纹管很多时候在选择上较为困难。

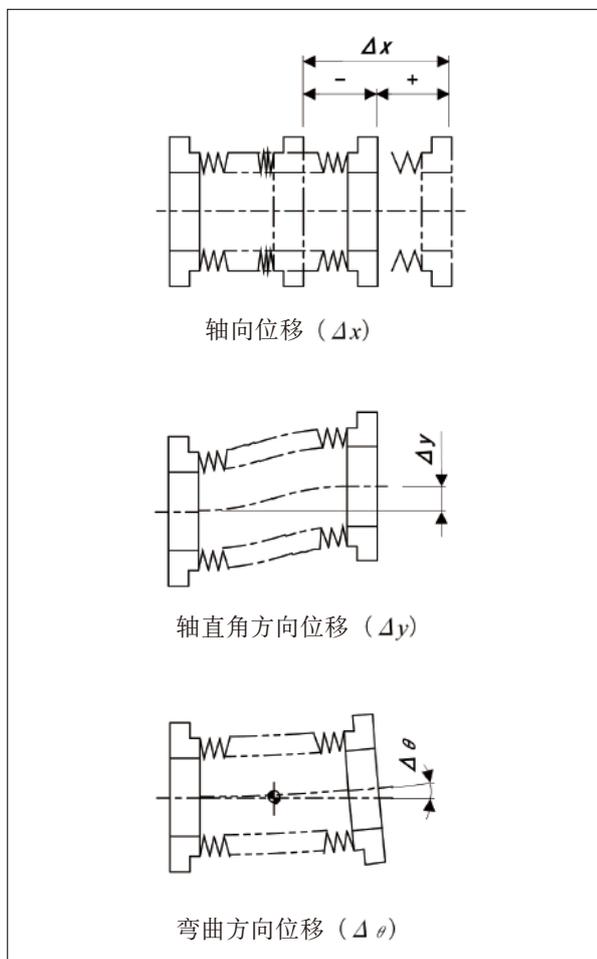


Figure 1 位移的种类

此外，保持气密性时，波纹管内侧压力比外侧压力高的情况下，会产生 Figure 2 所示的压曲，可能会导致变形或损坏，设计时需要予以注意。

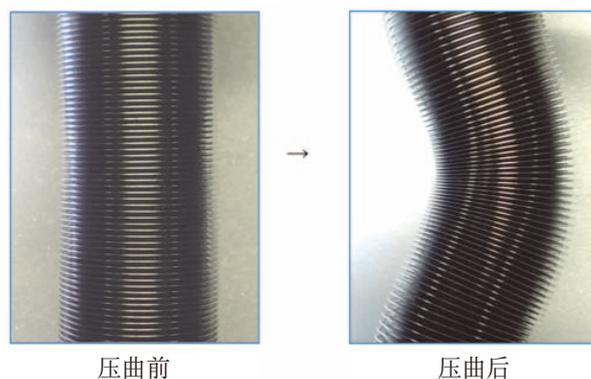


Figure 2 波纹管的压曲

并且，在水平安装波纹管时，如 Figure 3 所示会因为自重而产生水平下垂，与压曲一样需要予以注意。

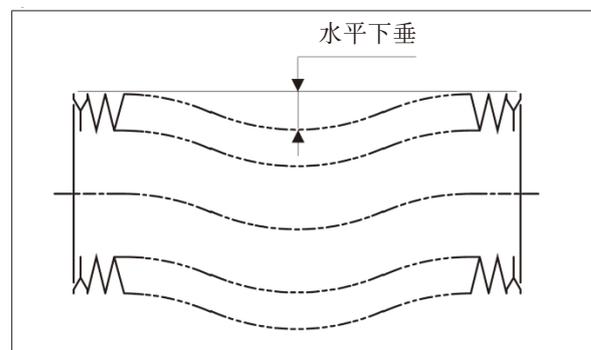


Figure 3 波纹管的水平下垂

本刊中，对本公司的标准品 V 系列 (产品目录 No. PC08) 在吸收轴直角方向位移时的选择方法和压曲以及水平下垂相关设计注意事项进行了说明。

## 2. 波纹管的设计方针

### 2-1) 轴直角方向位移的思路

在研究波纹管的轴直角方向位移时, 应将轴直角方向位移量换算为轴向位移量。

其计算公式如下所示。

$$\Delta x(y) = \frac{3 \times D \times \Delta y}{L} \quad \dots\dots\dots (1)$$

此处,  $\Delta x(y)$ : 轴向位移量换算值(mm)

$D$ : 波纹管外径(mm)

$\Delta y$ : 轴直角方向位移量(mm)

$L$ : 波纹管长度(mm)

此外, 知道可容许的轴向位移量换算值时, 可根据该位移量计算出可容许的轴直角方向位移量。

其计算公式如下所示。

$$\Delta y(\max) = \frac{\Delta x(y) \times L}{(3 \times D)} \quad \dots\dots\dots (2)$$

此处,  $\Delta y(\max)$ : 容许轴直角方向位移量(mm)

### 2-2) 轴向位移与轴直角方向位移的组合

前项所示为仅发生轴直角方向位移的情况, 但通常与轴向位移组合使用的情况较多。根据公式(1)可知,  $L$  越小则轴向位移量换算值  $\Delta x(y)$  越大, 因此需要根据轴向位移以最小长度进行计算。

此时的公式(1)为

$$\Delta x(y) = \frac{3 \times D \times \Delta y}{(L - \Delta x)} \quad \dots\dots\dots (3)$$

公式(2)为

$$\Delta y(\max) = \frac{\Delta x(y) \times (L - \Delta x)}{(3 \times D)} \quad \dots\dots\dots (4)$$

但是,  $\Delta x$ : 收缩侧轴向位移量(mm)。

2-1)、2-2)项共通的注意事项是, 发生轴直角方向位移的波纹管会变为Figure4所示的形状, 因是伸展与收缩的组合, 因此轴向位移量换算值  $\Delta x(y)$  需要分别设定伸展侧和收缩侧的容许范围。

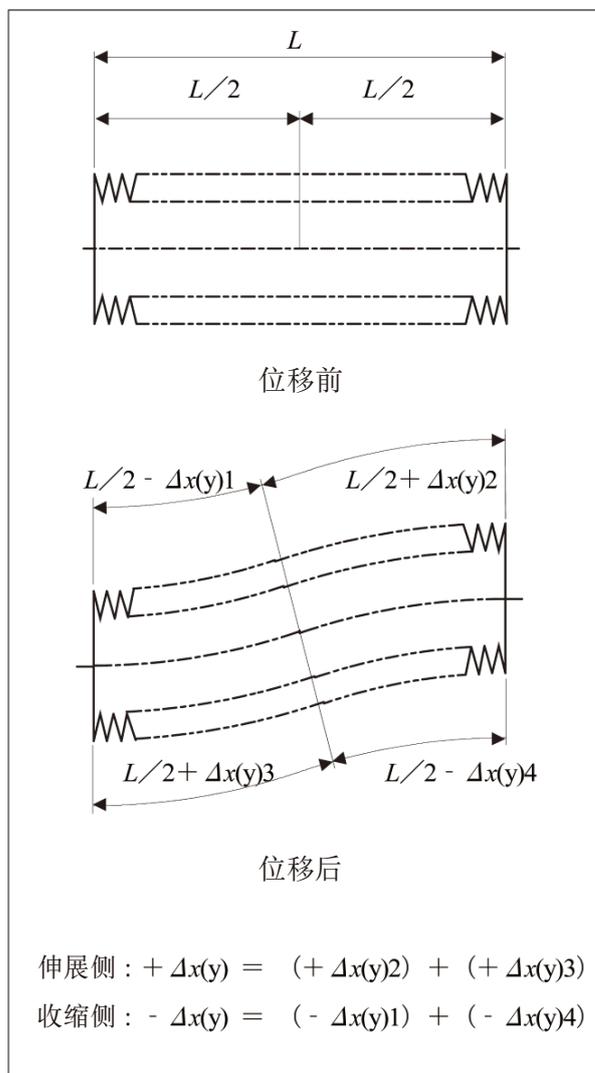


Figure4 轴直角方向位移形状

因此, 长度  $L$  的波纹管会发生  $+\Delta x(y)$  和  $-\Delta x(y)$  的位移。

## 3. V系列的选择步骤

### 3-1) 仅轴直角方向位移

下面介绍基于上述设计方针的V系列(产品目录No PC08)的选择示例。请配合产品目录一起阅读。

选择流程如Figure5所示此外, 各Step的详情如下所示。

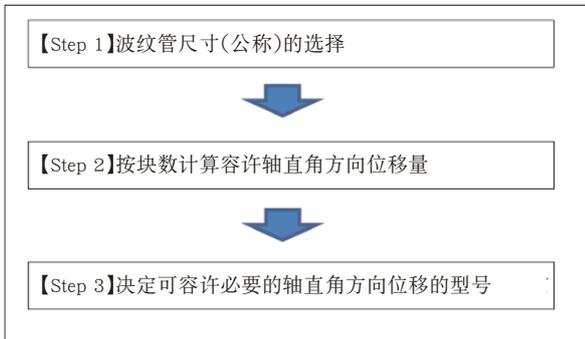


Figure5 V系列的选择步骤

**【Step 1】波纹管尺寸(公称)的选择**

根据要安装波纹管的机器等的空间来选择波纹管尺寸(公称)。这里以选择V20为例进行说明。

V20的产品目录数值(1块规格)

内径:20mm, 外径:40mm

伸缩量:10mm, 伸展长度:15mm, 收缩长度:5mm

**【Step 2】按块数计算容许轴直角方向位移量**

对于选择的尺寸(公称), 按块数计算可容许的轴直角方向位移量

-1块时-

伸缩量:10mm, 伸展长度:15mm, 收缩长度:5mm

假设波纹管长度 $L = 10\text{mm}$ 、 $\Delta x = \pm 5\text{mm}$ 。

根据公式(2),

$$\Delta y(\text{max}) = \frac{5 \times 10}{(3 \times 40)} \approx 0.4\text{mm}$$

-2块时-

伸缩量:20mm, 伸展长度:30mm, 收缩长度:10mm

假设波纹管长度 $L = 20\text{mm}$ 、 $\Delta x = \pm 10\text{mm}$ 。

根据公式(2),

$$\Delta y(\text{max}) = \frac{10 \times 20}{(3 \times 40)} = 1.6\text{mm}$$

同样地增加块数进行计算, 汇总到Table1中。

Table1 V20的块数与位移量

块数	1	2	3	4	5
L (mm)	10	20	30	40	50
$\Delta x$ (mm)±	5	10	15	20	25
$\Delta y$ (max) (mm)	0.4	1.6	3.7	6.6	10.4

**【Step 3】决定可容许必要的轴直角方向位移的型号**

选择可容许必要的轴直角方向位移的块数, 决定型号。

例如, 需要5mm的轴直角方向位移量时, 根据Table1,

块数为4块, 型号为V20-111-4。

但是, 需要注意波纹管长度 $L$ 为不包括两端配件在内的长度。V20-111-4时, 两端的配件长度为各3mm, 因此全长为46mm。

**3-2)伴有轴向位移的轴直角方向位移**

伴有轴向位移时, 如2-2)项所说明的那样, 需要根据轴向位移以最小长度进行计算。

选择的流程与Figure5相同。

**【Step 1】波纹管尺寸(公称)的选择**

根据要安装波纹管的机器等的空间来选择波纹管尺寸(公称)。这里以选择V30为例进行说明。

V30的产品目录数值(1块规格)

内径:30mm, 外径:50mm

伸缩量:10mm, 伸展长度:15mm, 收缩长度:5mm

**【Step 2】按块数计算容许轴直角方向位移量**

对于选择的尺寸(公称), 按块数计算对于轴向位移量可容许的轴直角方向位移量此处, 必要的轴向位移量为10mm时, 1块时轴向位移量换算值 $\Delta x(y)$ 为0, 因此最少需要2块。

-2块时-

伸缩量:20mm, 伸展长度:30mm, 收缩长度:10mm,

波纹管长度 $L = 20\text{mm}$ , 仅轴向位移量时最大可容许 $\Delta x = \pm 10\text{mm}$ 。

将必要的轴向位移量10mm设为 $\Delta x = \pm 5\text{mm}$ 时, 根据轴直角方向位移, 可容许的轴向位移量换算值 $\Delta x(y)$ 为 $10\text{mm} - 5\text{mm} = 5\text{mm}$ 。根据公式(4),

$$\Delta y(\text{max}) = \frac{5 \times (20 - 5)}{(3 \times 50)} = 0.5\text{mm}$$

-3块时-

伸缩量:30mm, 伸展长度:45mm, 收缩长度:15mm,

波纹管长度 $L = 30\text{mm}$ , 仅轴向位移量时最大可容许 $\Delta x = \pm 15\text{mm}$ 。

将必要的轴向位移量10mm设为 $\Delta x = \pm 5\text{mm}$ 时, 根据轴直角方向位移, 可容许的轴向位移量换算值 $\Delta x(y)$ 为 $15\text{mm} - 5\text{mm} = 10\text{mm}$ 。根据公式(4),

$$\Delta y(\text{max}) = \frac{10 \times (30 - 5)}{(3 \times 50)} = 1.6\text{mm}$$

同样地增加块数进行计算, 汇总到Table2中。

Table2 V30的块数与轴向位移量、轴直角方向位移量

块数	2	3	4	5	6
L (mm)	20	30	40	50	60
$\Delta x$ (mm)±	5	5	5	5	5
$\Delta x(y)$ (mm)±	5	10	15	20	25
$\Delta y$ (max) (mm)	0.5	1.6	3.5	6.0	9.1

### 【Step3】 决定可容许必要的轴直角方向位移的型号

选择可容许必要的轴直角方向位移的块数，决定型号。

例如，必要的轴直角方向位移量需要5mm时，根据Table2，块数为5块，型号为V30-111-5。此外，包括两端的配件长度在内，全长为56mm。

## 4. 设计问题及其对策措施

### 4-1) 波纹管压曲的研究

波纹管压曲是波纹管设计方面的问题之一。波纹管和柱子及弹簧一样，会因为压缩力而产生压曲现象，而不再笔直。参照Figure2。

该压曲极限值可通过常用的欧拉方程推导出近似值。

$$F_{cr} = \frac{4 \times \pi^2 \times EI}{L^2} \quad \dots\dots\dots (5)$$

此处， $F_{cr}$ ：压曲极限负载 (N)

$EI$ ：波纹管弯曲刚性 (N·mm<sup>2</sup>)

$L$ ：波纹管长度 (mm)

※关于 $EI$ ，请参照华尔卡评论第40卷第1期<sup>1)</sup>。

### 4-2) 波纹管压曲压力

压曲压力是波纹管承受内压时开始压曲的极限压力，可将波纹管的有效面积承受的压力所产生的推力作为与压曲负载相当的力进行计算。

$$P_{cr} = \frac{4 \times \pi^2 \times EI}{(A \times L^2)} \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$A = \left(\frac{d+D}{2}\right)^2 \cdot \frac{\pi}{4} \quad \dots\dots\dots (7)$$

此处， $P_{cr}$ ：波纹管压曲压力(MPa)

$A$ ：波纹管有效面积(mm<sup>2</sup>)

$d$ ：波纹管内径(mm)

$D$ ：波纹管外径(mm)

此处，波纹管长度 $L$ 越长压曲压力越小，耐压曲的强度降低，因此计算式应以使用上的最大长度(伸展长度)进行计算。

大幅超过该极限压力时，波纹管会发生压曲，不再伸缩，结果会导致波纹管变形、使用寿命缩短、提早损坏。

Figure6所示为压曲导致波纹管损坏的案例。



Figure6 波纹管的压曲导致的损坏

### 4-3) V系列压曲研究

下面对本公司标准品V系列(产品目录No PC08)的压曲进行研究。请同时参照产品目录。

产品目录中记载块数限制的栏中，记载了V系列的容许压力0.1MPa的压力为外压时和内压时的块数限制。其中，内压时的块数限制由前项的压曲压力决定。

下面介绍压曲压力的计算案例。

例1) V20的块数限制4块的计算

根据公式(6)，

$$P_{cr} = \frac{4 \times \pi^2 \times 15477}{(706.86 \times 60^2)} = 0.24 \text{ MPa}$$

此处，波纹管长度 $L$ 以伸展长度进行计算。

此处省略 $EI$ 的详情。

4块时的 $L$ 为伸展长度15mm×4块=60mm。

根据公式(7), 波纹管有效面积  $A$  为

$$A = \left(\frac{20+40}{2}\right)^2 \times \frac{\pi}{4} = 706.86 \text{ mm}^2$$

例2) V100的块数限制6块的计算

根据公式(6),

$$P_{cr} = \frac{4 \times \pi^2 \times 485068}{(10386.89 \times 90^2)} = 0.22 \text{ MPa}$$

此处, 波纹管长度  $L$  在6块时为伸展长度  $15\text{mm} \times 6\text{块} = 90\text{mm}$ 。

根据公式(7), 波纹管有效面积  $A$  为

$$A = \left(\frac{100+130}{2}\right)^2 \times \frac{\pi}{4} = 10386.89 \text{ mm}^2$$

根据上述计算结果, 内压0.1Mpa未超过压曲压力, 因此不会发生压曲。

对必要的轴向位移量选择可使用的块数时, 超过该块数限制的情况下需要设置产品目录中记载的导向器。从下项开始, 将对导向器进行介绍。

#### 4-4) 压曲防止对策措施

超过块数限制时需要设置导向器, 下面介绍其结构案例。

【例1】波纹管内部有轴时

Figure7 为比较常见的案例。

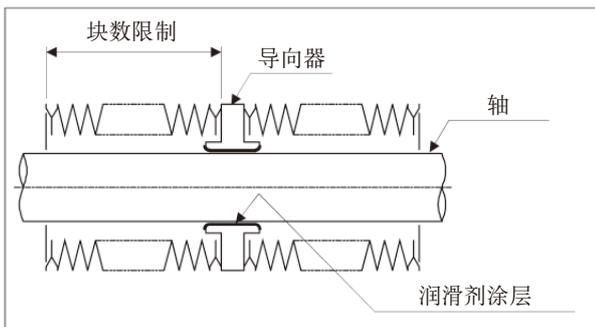


Figure7 导向器内侧润滑剂涂层

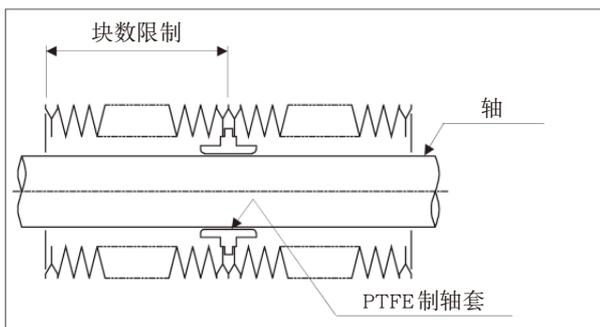


Figure8 导向器内侧有PTFE制轴套

【例2】波纹管内部没有轴时

结构变得复杂, 需要确保导杆位置的精度。

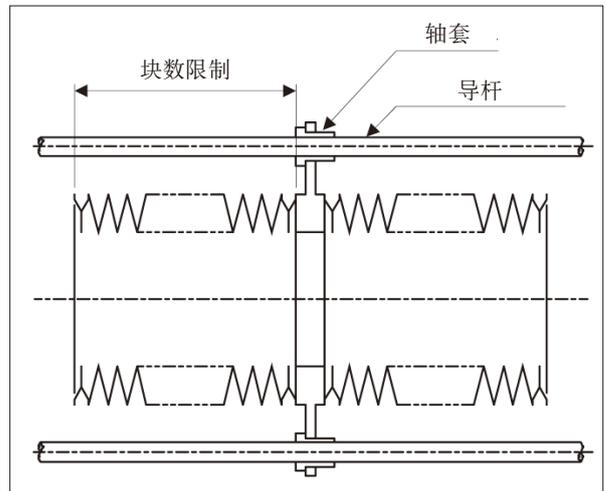


Figure9 在周围设置导杆

如上所述, 需要设置导向器以使每段的块数在块数限制以下。

有轴直角方向位移时, 无法设置导向器, 因此不允许超出块数限制的轴直角方向位移。

#### 4-5) 基于外压的块数限制

V系列的块数限制还记载了外压0.1Mpa的情况。此时块数不由压曲压力决定, 而是取决于波纹管的水平下垂(参照Figure3)不超过1mm。

其计算公式如下所示。

$$y(\max) = \frac{9.8 \times W \times L^3}{(384 \times EI)} \dots (8)$$

此处,  $y(\max)$ : 波纹管水平下垂(mm)

$W$ : 波纹管重量(kg)

$L$ : 波纹管长度(mm)

$EI$ : 波纹管弯曲刚性( $\text{N} \cdot \text{mm}^2$ )

此外, 该计算公式未考虑外压的影响。承受外压时, 波纹管的下垂量会变小, 因此这里计算的是波纹管内部外部均为大气压时的值。

例1) V20的块数限制9块的计算

根据公式(8),

$$y(\max) = \frac{9.8 \times 0.13 \times 135^3}{(384 \times 15477)} = 0.53 \text{ mm}$$

此处, 波纹管长度 $L$ 以伸展长度进行计算。

此处省略 $EI$ 的详情。

9块时的 $L$ 为伸展长度 $15\text{mm} \times 9\text{块} = 135\text{mm}$ 。此外, 波纹管重量 $W$ 为 $0.13\text{kg}$ 。

例2) V210的块数限制20块的计算

根据公式(8),

$$y(\max) = \frac{9.8 \times 5.32 \times 300^3}{(384 \times 5653926)} = 0.65 \text{ mm}$$

此处, 20块时的 $L$ 为伸展长度 $15\text{mm} \times 20\text{块} = 300\text{mm}$ , 此外, 波纹管重量 $W$ 为 $5.32\text{kg}$ 。

#### 4-6) 水平下垂防止对策措施

超过块数限制时需要设置导向器, 其结构案示例与4-4)压曲防止对策措施相同。

## 5. 结语

本刊中, 对本公司的标准品Dynamic Bellows(动态波纹管)V系列(产品目录No. PC08)在吸收轴直角方向位移时的选择方法和块数限制相关设计注意事项进行了说明。

正如文中所述, 在超过块数限制的状态下使用时, 有导致波纹管变形和使用寿命缩短、损坏的危险, 需要充分予以注意。

希望本刊能为选择V系列时规避设计问题提供帮助。

## 6. 参考文献

- 1) 华尔卡评论 第39卷第4号 密封讲座(23)
- 第39卷第5号 密封讲座(24)
- 第39卷第6号 密封讲座(25)
- 第39卷第7号 密封讲座(26)
- 第40卷第1号 密封讲座(27)
- 第40卷第9号 密封讲座(28)



伊奈 正文  
营业本部  
技术解决方案组

# 衬里槽罐（基础篇）

## 1. 前言

氟树脂因其卓越的非粘着性、化学品性、光滑特性、电气特性和非污染性等而被广泛应用。

本公司从1972年开始在日本制造销售氟树脂衬里槽罐，至今已历时约45年。目前我们已在中国台湾(1997年)、中国(2017年)、美国(2017年)开展事业，并将所积累的衬里技术汇总为衬里槽罐的基础篇、应用篇、未来方向的3期特辑，分别向海外客户和日本国内客户进行介绍。

## 2. 衬里材料的种类

市场中流通的衬里材料种类繁多，有橡胶、酚醛树脂、聚乙烯、环氧树脂、氯乙烯、玻璃、FRP等等。作为与氟树脂进行比较研究的树脂，这里筛选出氯乙烯、玻璃、氟树脂，将其主要特点汇总为Table1。

使用范围(温度、压力)方面，玻璃衬里适用范围最广，氯乙烯衬里适用范围最窄。通常来说，在粘合剂耐热温度120℃以上的高温领域适用玻璃衬里，负压规格下也有选择玻璃衬里的趋势。另一方面，玻璃衬里有着容易开裂、不耐温度冲击等缺点，但玻璃衬里制造商也推出了其对策材料。

选择衬里材料时，需要考虑到耐腐蚀性、污染性、清洗性、成形性、成本等，选择最佳的材料。

Table1 氟树脂、氯乙烯、玻璃衬里的特点

	氟树脂	氯乙烯	玻璃
最高使用温度	120℃ (150℃)	60~70℃	230℃
使用压力 正压侧	取决于罐体强度	取决于罐体强度	取决于罐体强度
负压侧	平衡型	—	FV
流体	对于大部分化学品表现为惰性	—	适用于除碱以外的化学品
主要市场	半导体	水道、下水道	制药
	化学	化学	化学
成本	中等	价格便宜	价格高
其他	—	—	有耐冲击用材料
			有耐碱用材料
			有耐热冲击用材料

关于上述Table1的氟树脂的最高使用温度、平衡型，会在后文中介绍。

## 3. 氟树脂衬里的种类与特点

目前衬里所使用的氟树脂有Table2所示的5种，根据其具有的特性，PTFE(聚四氟乙烯)和PFA(四氟乙烯-全氟丙基乙烯基醚共聚物)与ETFE(乙烯-四氟乙烯共聚物)占到了使用量的大半。

对这3种氟树脂的特性进行概括，可以得到

- ① 耐化学品性非常优异
- ② 具有卓越的耐热性
- ③ 具有非粘着性
- ④ 电气特性优异
- ⑤ 低摩擦性
- ⑥ 不燃性
- ⑦ 耐候性卓越
- ⑧ 纯粹性

等等，氟树脂并非单项特性优异，而是全部具备，因此可说是优秀的材料，也是其被用于广泛领域的理由。氟树脂之所以能展现这些特性，取决于其分子结构，如Figure1中所示，PTFE由碳(C)与氟(F)原子构成，

是化学结合中最强的 C - F 结合，F 原子紧密覆盖 C - C 结合的周围，为 C - C 结合不易受到攻击的结构。因此其具有耐化学品性和低渗透性。

而且，对异种分子的较小分子间引力，表明其具有非粘着、防污特性。并且，由于其原子排列为致密且难以弯曲的刚直的直链状结构、表面光滑、形成特异的结晶结构且外力容易使结晶及结晶之间发生滑动，因此具有低摩擦特性。此外，分子对称性高、无极性，因此体现出非常低的介电常数，具有较高的绝缘电阻。

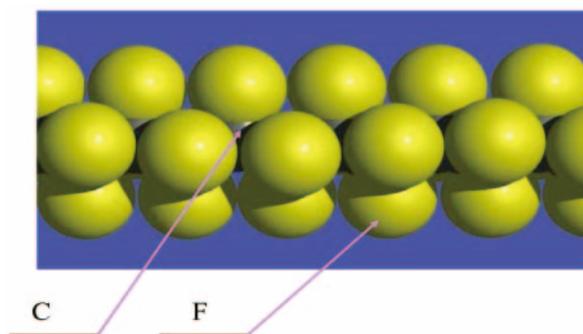


Figure1 PTFE 分子结构图

Table 2 衬里所使用的氟树脂特性一览表

△：可以使用 ○：优秀  
◎：非常优秀 ●：比◎更优秀

特性	单位	ASTM试验法	PTFE	PFA	FEP	ETFE	PVDF	
结构式			$-(CF_2-CF_2)-n$	$-(CF_2-CF_2)-m$ $-(CF_2-CF)-n$ ORf	$-(CF_2-CF_2)-m$ $-(CF_2-CF)-n$ CF <sub>3</sub>	$-(CF_2-CF_2)-m$ $-(CH_2-CF_2)-n$	$-(CF_2-CH_2)-n$	
物理	熔点	℃	327	310	260	270	156-170	
	比重	-	D792	2.14-2.20	2.12-2.17	2.12-2.17	1.75-1.78	
机械	拉伸强度	MPa	D638	27.4-34.3	24.5-34.3	21.6-31.4	34.3-43.1	
	伸展率	%	D638	200-400	300	250-330	80-300	
	压缩强度	MPa	D695	11.8	16.7	15.2	66.6-96	
	冲击强度 (悬臂梁冲击试验)	J/m	D256A	160	不发生破坏	不发生破坏	160-374	
	硬度 (洛氏度)	-	D785	-	-	-	R77-83	
	硬度 (肖氏度)	-	D2240	D50-55	D60	D55	D75-77	
	弯曲弹性模量	MPa	D790	550	660-690	650	2000-2480	
	拉伸弹性模量	MPa	D638	400-550	-	340	1310-1500	
	动态摩擦系数	-	0.69MPa 3m/min	0.10	0.2	0.3	0.39	
热	热传导率	W/(m·K)	C177	0.25	0.25	0.25	0.10~0.13	
	比热	J/(g·K)	-	1.0	1.0	1.2	1.4	
	线膨胀系数	10 <sup>-5</sup> /℃	D696	10	12	8.3-10.5	7-14	
	球压力温度	℃	-	180	230	170	-	
	热变形温度	1.81MPa	℃	55	50	50	87-115	
		0.45MPa	℃	121	74	72	149	
最高使用温度	℃	(无负载)	260	260	200	150-180		
电气	体积电阻率	Ω-cm	D257 (50% RH, 23℃)	>10 <sup>18</sup>	>10 <sup>18</sup>	>10 <sup>18</sup>	2×10 <sup>14</sup>	
	绝缘破坏强度 (短时间)	kV/mm (3.2mm厚)	D149	19	20	20-24	10	
	介电常数	60 Hz	-	D150	<2.1	<2.1	2.1	8.4
		10 <sup>3</sup> Hz	-	D150	<2.1	<2.1	2.1	8.4
		10 <sup>6</sup> Hz	-	D150	<2.1	<2.1	2.1	6.43
	介电正切	60 Hz	-	D150	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.049
		10 <sup>3</sup> Hz	-	D150	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.018
		10 <sup>6</sup> Hz	-	D150	<0.0002	0.0003	<0.0005	<0.015
	耐电弧性	s	D495	>300	>300	>300	50-70	
	耐久性	吸水率 24h	%	D570	<0.01	<0.03	<0.01	0.04-0.06
燃烧性 3.2mm厚		-	(UL-94)	V-0	V-0	V-0	V-0	
极限氧指数		-	D2863	>95	>95	>95	44	
直射阳光的影响		-	-	无	无	无	无	
酸		-	-	●	●	●	○	
碱		-	-	●	●	●	○	
溶剂	-	-	●	●	●	△		

此外，PFA是针对PTFE所欠缺的加工性进行了改善的热熔型树脂，在极限方面有稍许差异，但可以说是与PTFE同等的氟树脂。

#### 4. 氟树脂板材衬里与涂层和旋转涂衬(回转成形)的区别

“衬里”，正如其字面含义，是在事先另行准备的容器和管道的内侧进行内衬的工艺。

氟树脂板材衬里与涂层和旋转涂衬(回转成形)由于制法不同，特点也有所不同。Table3中对其区别进行了汇总。

关于氟树脂板衬里，稍后再详加叙述。

根据烧制温度的差异，涂层大致可分为两种，非粘着用途(煮饭锅、平底锅等)时，由于烧制温度没有上升到熔点，因此树脂面上存在针孔。

耐腐蚀用途时，由于是在涂层材料的熔点以上实施烧制并在液体接触面上形成树脂膜，因此没有针孔。

本刊中仅介绍耐腐蚀用途的涂层。

此外，涂层在膜厚加厚方面存在极限，相同条件下的使用寿命不如氟树脂衬里和旋转涂衬(回转成形)。

涂层要加大膜厚，需要反复进行多次喷涂和烧制工序，首次喷涂的膜在多次受热历程后会变得容易剥落，一般来说极限是3次左右。

**旋转涂衬(回转成形)**是在罐体脱脂、空烧后，在作为产品的罐体内径侧投入指定量(根据膜厚和表面积计算而得)的树脂，在使罐体作2轴旋转的同时，从外部加热至熔点以上的温度。树脂在熔融状态下旋转，从而覆盖罐体内面。充分旋转、加热直至形成均匀的树脂层，然后在旋转罐体的同时进行冷却。氟树脂中，仅熔融类的PFA、FEP、ETFE等可通过本制法进行制造。

适用于制造蒸汽管等复杂的形状，还可随时调整厚度。

如上所示，涂层和旋转涂衬是在罐体内紧贴金属面的状态下进行冷却，因此无法实现充分的树脂收缩，树脂内会产生变形(残余应力)，在严苛的规格条件下可能会导致故障。

此外，与使用通过其他工序成形的板材的板材衬里相比，树脂密度较低，可能会导致产品使用寿命缩短。

Table3 旋转涂衬、涂层、板材衬里的特点

	旋转涂衬 (回转成形)	涂层	板材衬里
制法	放置在机械中 2轴旋转	喷涂→干燥 →烧制→冷却	使用粘合剂 粘贴
基于受热的 金属的选择	约380℃	约380℃	200℃以下
特点	可调整膜厚。 可实现密闭状态。 可实现复杂的形状。	需要注意基底的 精加工。 膜厚较薄时，基 底的状态会直接 反映到涂装面上。	膜厚均匀。 不适合复杂的形 状。
大小	受电炉大小的 限制	受电炉大小的 限制	最大可达各国的 公路运输大小
膜厚	最厚	约 30μm~ 1mm	2T~4T
使用寿命	中等	短	长

#### 5. 氟树脂板材衬里的耐热性与耐化学品性

##### 耐热性

根据本公司标准，氟树脂板材衬里的耐热温度分为以下2种。

120℃：粘帖衬里(取决于粘合剂的耐热温度)

150℃：松衬(取决于PFA焊接的耐热温度)

松衬是像衬里配管那样不粘帖衬里与罐体的施工方法，对于使用条件有所限制。此外，利用该松衬并采取手段以使其可以承受负压的是平衡型松衬。这是从排气孔抽真空以防止衬里下陷的方法，常用于120℃~150℃的高温区域、负压使用条件下。

##### 耐化学品性

酸、碱、溶剂给PTFE带来重量增加的影响如Table4所示。对于大部分工业化学品、溶剂表现为惰性，具有极为优异的耐化学品性，但也有例外，对下列化学品则会出现反应。

- ①熔融状态的碱性金属(钠、钾、锂等)会从聚合物中夺走F。
- ②会与高温下的氟气、三氟化氯等发生反应。
- ③类似80%NaOH、KOH、B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>的金属氢化物、氯化铝、氨等达到高温后会出现侵蚀。
- ④加压下，会被250℃的硝酸逐渐侵蚀。

根据使用流体或某些条件进行可否使用的判断时，其使用温度可随意设定，通常的解释如下所示。

ETFE即使用于上述以外的化学品，在承受压力的状态下也可能会出现裂纹。此外，PVDF整体耐化学品性较差，会被极性特别强的溶剂侵蚀。

Table4 化学性质

## a)酸、碱的影响

## 酸、碱对Teflon®(特氟龙)PTFE重量增加的影响

试剂	暴露温度℃	浸渍时间	重量增加%		
盐酸	10%	25	12个月	0	
		50	12个月	0	
		70	12个月	0	
	20%	100	8小时	0	
		200	8小时	0	
		25	12个月	0	
硝酸	10%	70	12个月	0.1	
	30%	25	12个月	0	
70		12个月	0		
100		8小时	0		
200		8小时	0.1		
氢氧化钠	10%	25	12个月	0	
		70	12个月	0.1	
		100	8小时	0	
	50%	200	8小时	0	
		10%	25	12个月	0
			70	12个月	0.1
氢氧化氨	10%	25	12个月	0	
	70	12个月	0.1		

- 这些是实际达到平衡时的值。即使进一步延长暴露时间,值也不会显著增加。
- 0.2%以内的重量变化在实验误差范围内。
- 高于试剂沸点的试验在密闭的容器内进行,因此其压力为该温度的蒸气压下的压力。

## b)溶剂的影响

## 溶剂对Teflon®(特氟龙)PTFE重量增加的影响

溶剂	暴露温度℃	浸渍时间	重量增加%
丙酮	25	12个月	0.3
	50	12个月	0.4
	70	2星期	0
苯	78	96小时	0.5
	100	8小时	0.6
	200	8小时	1.0
四氯化碳	25	12个月	0.6
	50	12个月	1.6
	70	2星期	1.9
	100	8小时	2.5
	200	8小时	3.7
乙醇(95%)	25	12个月	0
	50	12个月	0
	70	2星期	0
	100	8小时	0.1
	200	8小时	0.3
醋酸酯	25	12个月	0.5
	50	12个月	0.7
	70	2星期	0.7
甲苯	25	12个月	0.3
	50	12个月	0.6
	70	2星期	0.6

- 这些是实际达到平衡时的值。即使进一步延长暴露时间,值也不会显著增加。
- 0.2%以内的重量变化在实验误差范围内。
- 高于试剂沸点的试验在密闭的容器内进行,因此其压力为该温度的蒸气压下的压力。

※Teflon®(特氟龙)实用手册 三井杜邦氟化学品株式会社<sup>1)</sup>

如果按不同树脂对耐化学品进行比较,则

$$PTFE = PFA > FEP ※ > ETFE > PVDF \\ ※ FEP 衬里较少。$$

如果按不同工艺进行比较,则

板材衬里 > 回转成形 > 涂层

此外,如果从耐腐蚀观点出发来判断最高使用温度

涂层制品: 80~100℃

ETFE 回转成形: 100℃

PFA 回转成形: 120℃

PTFE、PFA 衬里制品

粘贴衬里: 120℃ (粘合剂极限)

松衬: 150℃ (焊接连接品)

※特殊药液规格不在此限。此外,长期使用寿命差异另行介绍。

## 6. 氟树脂板材衬里的工序

氟树脂板材衬里大部分采用粘贴衬里工艺。

氟树脂为非粘着性,即使在氟树脂表面涂抹粘合剂也不会吸附,无法与罐体粘合,因此需要事先对粘贴表面进行表面改性。表面改性方法有①化学处理(以下称表面处理) ②玻璃背板 ③等离子蚀刻等等,衬里板材所采用的主要是①、②。

表面处理为将金属钠溶解于氨溶液或萘溶液中,使用该溶液进行表面蚀刻处理。钠离子与氟分子发生反应,生成NaF,碳层析出至表面。表面处理后的粘贴面变为黑褐色,失去非粘着性。为碳层 (粘合剂) 金属的粘贴结构。

玻璃背板为将PFA板加热至熔点以上,压入玻璃布板,冷却后形成一体化的层压制法。PTFE板时,由于PTFE的熔融粘度较高,无法进行前述的压入,因此是由PFA薄膜进行层压的。

氟树脂板材衬里的工序如图2所示。

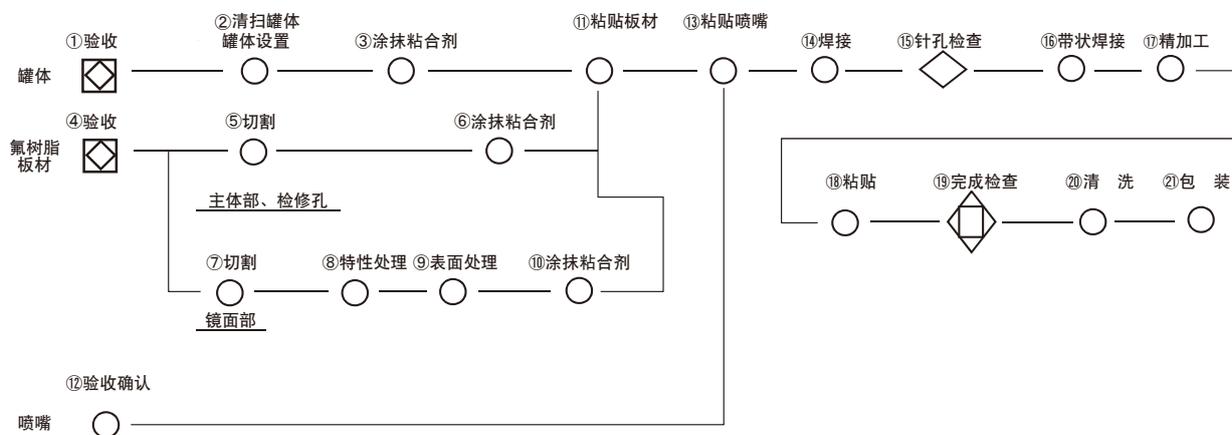


Figure2 衬里工序

- ① 罐体验收：罐体完成后的检查。喷嘴等的配合位置、方向的确认尤其重要。内面的喷砂处理在检查完成后实施。
- ② 罐体清扫：涂抹粘合剂的面上的清扫会对粘合力产生影响，因此很重要。
- ③ 涂抹粘合剂：在罐体上涂抹粘合剂。
- ④ 氟树脂板材的验收：资料确认。
- ⑤ 氟树脂板材的切割：切割至指定的大小。
- ⑥ 在氟树脂板材上涂抹粘合剂。
- ⑦ 镜面部的切割：切割镜面的端部。
- ⑧ 镜面部的特性处理：通过真空成形进行特性处理。会在应用篇中详细介绍。
- ⑨ 镜面部的表面处理
- ⑩ 涂抹粘合剂
- ⑪ 将衬里板材粘贴到罐体上。
- ⑫ 喷嘴的验收：检查最后的完成状态是否符合规定尺寸。
- ⑬ 粘贴喷嘴：将喷嘴粘贴在罐体上。
- ⑭ 焊接：通过焊接进行连接。(手动)
- ⑮ 针孔检查：检查有无焊接缺陷。
- ⑯ 带状焊接：(机器人焊接 会在应用篇中详细说明)
- ⑰ 精加工：以法兰部的焊接部为中心，对密封面进行精加工。
- ⑱ 粘贴：粘合罐体与衬里板材。
- ⑲ 完成品检查：实施内部标准的检查。
- ⑳ 清洗、包装、出厂。

本工序中，对品质而言尤为重要是焊接工序。焊接工时与长度成正比，设定工期时，该工序应预留充分的时间。

## 7. 氟树脂衬里槽罐设计注意事项

以下，对氟树脂衬里槽罐设计注意事项进行说明。

氟树脂衬里不得因金属毛刺、焊接而受损，为保持粘合力而进行的边角圆弧处理与仅金属槽罐的施工有很大的不同。

### 7-1) 槽罐的种类

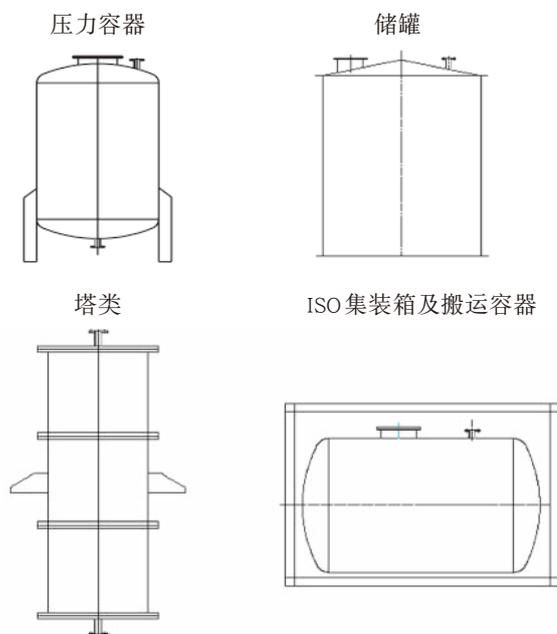


Figure3 槽罐的种类

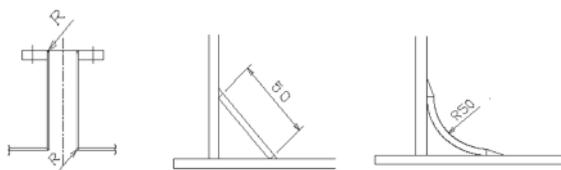
### 7-2)制作范围

实施金属罐体设计制造准备、以及槽罐内侧的氟树脂板材衬里。

罐体为第一类压力容器或第二类压力容器,适用消防法等时,须在实施衬里前接受管辖部门的检查。

### 7-3)衬里设计概要

- 按主体与上盖部、以及主体与主体进行分割时,原则上采用法兰连接。
- 衬里槽罐与一般的金属槽罐不同,衬里施工面须平整,不能有凸起和凹陷。槽罐内侧的金属焊珠必须平滑。
- 施工面的凸角部位必须为圆弧状,凹角必须为斜面或大的圆弧。此外,喷嘴的边角圆弧根据各尺寸,有R3~R5的标准。



喷嘴凸角示例

底部凹角示例

Figure4 边角凸凹部施工示例

- 需要在罐体上设置排气孔。具有当槽罐内的药液透过衬里材料时作为衬里材料背面积聚气体的排出口的功能,当衬里损坏时作为漏气检测孔的功能。安装位置和安装数量通过协商决定。
- 镜面板原则上 $\phi 500 \sim \phi 2000$ 为止应使用10%盘形镜面板。其他形状和大小的罐体应另行协商。
- 因为是人进入槽罐内进行施工,需要在主体法兰上开口或设置 $\phi 500$ 以上的检修孔。此外,10m<sup>3</sup>以上的槽罐根据标准应设置2个检修孔。
- 槽罐内部的结构应为单纯的结构,要安装隔片或支撑时,应协商决定。
- 喷嘴的金属管突出在罐体内的形状无法进行板材衬里,因此必须为前述的喷嘴凸角示例中图示的形状。此外,喷嘴的高度标准为距离罐体外面100mm。
- 出于施工需要,喷嘴法兰面的衬里并非平面衬里,基本上都是螺栓内侧的密封座形状。
- 衬里施工基本上都是在滚筒上进行施工,因此当喷嘴或附件妨碍回转时,可能需要转换安装场所。

## 8. 氟树脂板材衬里容器的使用注意事项

- 包括反应热、稀释热在内,使用温度应控制在120℃以下。(超过120℃时应另行协商)
- 原则上不可在负压下使用。  
在负压下使用时,必须使用实施了负压对策措施的容器。  
而且,排出容器内液时必须进行加压废液或开放排气孔等确保容器内不为负压的操作。  
此外,在加温状态下使用时,应保持加压状态或开放排气孔直至温度降到常温为止。
- 绝对不可焊接至衬里加工后的塔槽上。  
此外,在附近进行焊接作业时,应采取敷设防火布等、或转移焊接施工场所等措施,以避免火花飞溅到衬里面上。
- ①衬里机器的连接法兰部推荐使用华尔氟龙夹包密封垫片(No.N7030-T5N、No.N7035-T5N、No.N7031-T5N)。  
②应控制在密封垫片紧固面压(推荐值)14.7~19.6MPa的范围内,分几次均匀地紧固螺栓。此时,超过面压29.4MPa可能会导致密封垫片及扩口部分损坏。  
③华尔氟龙夹包密封垫片No.N7030-T5N、No.N7035-T5N的密封垫片系数为 $m = 3.5$ 、最小紧固压力 $y = 14.7\text{N/mm}^2$ 。  
④包括扩口部分在内,密封垫片的初始紧固面压会产生应力松弛,因此必须在以下时期进行追加紧固。
  - 初始紧固后3~4小时后
  - 开始运行前
  - 重新开始温度斜率较大的运行时
- ⑤螺栓应与弹簧垫圈配合使用。

## 9. 结语

本公司衬里槽罐产品很多都使用超过了20年,从性能和使用寿命上来看,绝对谈不上昂贵。

在下一期应用篇中,将以本公司的衬里施工的特点、药液透过的发生原理、有效的对策措施等为中心进行介绍。

## 10. 参考文献

1) Teflon®(特氟龙)实用手册 三井杜邦氟化学品(株)  
2001年版

※“Teflon®(特氟龙)”是美国科慕(Chemours)公司的注册商标。



菊川 智志  
功能树脂PM直属



岩田 敦利  
研究开发本部  
第2商品开发部

# 耐火陶瓷纤维替代密封材料

## 1. 前言

作为石棉的替代产品，人们开发并使用了各种人造矿物纤维，但其中部分存在致癌可能，因此各国对其实施了管制。在日本国内，同样也在2015年11月将耐火陶瓷纤维(以下称RCF)定位为特定化学物质障碍预防规则(以下称特化则)的第二类管理物质以及特别管理物质。主要管制内容如下所示，主要是需要在制造方面进行各种管理<sup>1)</sup>。

<主要管理项目>

- ①安装局部排气装置
- ②选派作业主管
- ③公告、制作并保存作业记录
- ④实施作业环境测量
- ⑤实施健康诊断

但是，用粘合剂固定的成形产品和RCF被密封的产品虽然不属于管制对象，但对相关产品进行切断、研磨等时，可能会有RCF等的粉尘飘散，因此适用特化则。

RCF作为可在1,000℃以上的高温区域适用的耐火、隔热材料，在钢铁、石油、化学等各种工厂设备中得到广泛运用。在密封材料方面，也因其优异的耐热性被用于密封垫片、盘根等各种产品。本公司根据法规，采用替代RCF的具有生物体内溶解性的无机纤维，开发出了兼顾安全性与性能的产品。这些纤维即使被吸入到呼吸道内，也很容易在体内溶解，对健康影响的风险较低，不属于法规管制对象。

Table1中所示为RCF替代对象产品。本刊中，将对缠绕式密封垫片、金属包覆密封垫片、橡胶夹布密封垫片、盘根等中的替代产品进行介绍。

Table1 RCF替代对象产品

对象产品群	本公司型号
缠绕式密封垫片	No.8590系列
金属包覆密封垫片	No.N510、N520、N530、N570、N580、N6520、N6580
橡胶夹布密封垫片	No.P-N314
纺织品	No.P-101S、P-102SF、P-102S、P-105S、P-105SN、P-112S、P-112S-N
盘根	No.N340G-F、N340M-F

## 2. 缠绕式密封垫片

缠绕式密封垫片是作为高温高压用产品而设计的半金属密封垫片，因其优越的密封性和耐热性而被用于一般配管、机器等广泛用途，作为蒸汽和热媒等的密封使用。是将弯折成V字形的金属带(环带)和软质密封带(填料)缠绕成蜗卷状的产品，根据使用条件，一般使用装有金属制内外环的产品。

无机质纸是缠绕式密封垫片中使用的填料之一，是将有机与无机纤维、填充材料以及橡胶粘合剂混合、抄纸而成，最高使用温度为500℃。无机质纸填料中，使用RCF作为替代石棉的无机纤维。

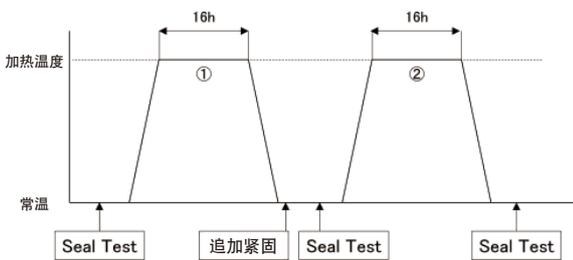
作为RCF的替代纤维，本公司开发出了使用生物体溶解性岩棉的无机质纸填料缠绕式密封垫片(No.8590系列)(Figure1)。生物体溶解性岩棉是不属于特化则管制对象的纤维，根据EU指令97/69/EC“人造非晶质纤维的致癌分类和包装标识”的Note Q，被排除在致癌性分类外。

以下所示为使用了生物体溶解性岩棉的RCF替代产品(以下称RCF替代产品)的性能。做为高温密封特性评价，Table2是在将密封垫片紧固到法兰上的状态下进行加热，对冷却至常温后的密封性进行评价的结果。混合填料带是为了防止膨胀石墨填料氧化消失而在两端配置了无机质纸填料的产品。经过确认，RCF替代产品不产生泄漏，具有充足的高温密封性。



Figure1 No.8590系列(RCF替代产品)

Table2 No.8596V、No.8596VL的高温特性比较



循环次数	试样	泄漏量 [Pa · m³/s]			
		加热温度	No.8596V (RCF替代产品)		No.8596VL (RCF替代夹线品)
			400°C	500°C	600°C
0		无泄漏	无泄漏	无泄漏	
1		无泄漏	无泄漏	无泄漏	
2		无泄漏	无泄漏	无泄漏	

※ 试验条件

内压 : 4MPa (400°C、500°C)、1MPa (600°C)  
 紧固力 : 相当于面压 70MPa 的螺栓紧固

Table3 所示为耐蒸汽性的评价结果。通常,具有生物体内溶解性的纤维在与蒸汽及水接触的条件下,纤维强度可能会降低。为评价耐蒸汽性,在暴露于蒸汽后使用氮气进行密封性评价,确认了老化情况。确认结果是RCF替代产品未发生泄漏,具有与含RCF产品同等的密封性能。

此外,尽管变更了纤维,m、y值等设计数据未发生改变,可以与以往的含RCF产品一样进行使用。

Table3 No.8596V的耐蒸汽特性比较

蒸汽暴露期间	密封评价 内压 [MPa]			
	No. 8596V (含 RCF 产品)		No. 8596V (RCF 替代产品)	
	2.0	4.0	2.0	4.0
暴露前	无泄漏	无泄漏	无泄漏	无泄漏
1week	无泄漏	无泄漏	无泄漏	无泄漏
3week	无泄漏	无泄漏	无泄漏	无泄漏

※ 试验条件

暴露流体 : 30K 蒸汽 (230°C、3MPa)  
 紧固力 : 相当于面压 70MPa 的螺栓紧固

### 3. 金属包覆密封垫片

金属包覆密封垫片是在毛毡(无机材料构成的厚板)外侧用金属薄板包覆的半金属密封垫片。可以制作复杂的形状和宽度较窄的尺寸,因此被用于塔槽类和热交换机等中。

金属包覆密封垫片很多时候在500°C以上的条件下使用,作为中芯材料的毛毡使用了耐热性优异的RCF。金属包覆密封垫片的毛毡完全被金属包覆,所以暴露危险较低。因此不属于前述的法规管制对象,但为了更安心、安全地使用,我们开发了由非“特化则管制对象”物质的无机纤维进行替代的金属包覆密封垫片(No.N510、N520等)(Figure2)。

作为含RCF产品、RCF替代产品的比较数据,Figure3所示为600°C的热循环密封特性结果。这是将密封垫片紧固到法兰上,施加多次温度循环后对常温密封性进行比较的结果。由Figure3可知,与含RCF产品相比,RCF替代产品在加热循环后仍具有同等以上的密封性。

此外,与缠绕式密封垫片相同,各种设计数据未发生改变,可以与含RCF产品一样进行使用。



Figure2 No.N510、N520等(RCF替代产品)

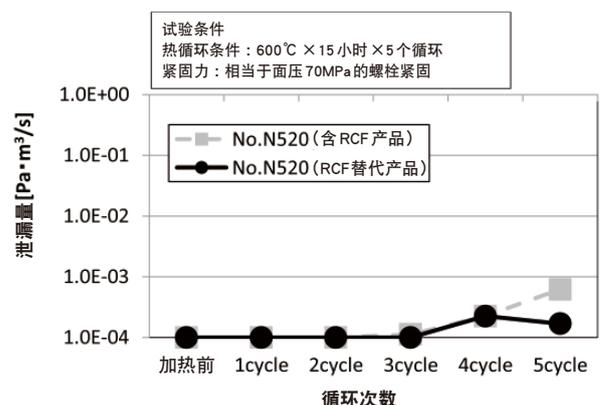


Figure3 No.N520的高温特性比较

## 4. 织布密封垫片

织布密封垫片是布或缎带、纱线等形状的密封垫片，RCF材料在500℃以上使用。其中，对织布密封垫片进行了含浸橡胶等特殊处理的密封垫片主要被用于机器的检修孔、排气风管的法兰等比较能容许泄漏的部位。

本公司为替代RCF，开始供应使用生物体溶解性纤维(BSF)的密封垫片。BSF是生物体内滞留性比RCF低的纤维、不属于特化则的管制对象。RCF替代产品是以BSF为主要原料，对添加了少量有机纤维的织布密封垫片含浸橡胶等，从而提升了密封性的产品。

作为含RCF产品、RCF替代产品的比较数据，Figure4所示为800℃的热循环密封特性结果。由Figure4可知，与含RCF产品相比，RCF替代产品具有同等以上的密封性。

此外，含浸了橡胶的织布密封垫片的各种设计数据未发生改变，可以与含RCF产品一样进行使用，但是作为未含浸橡胶的织布纺织品，使用布或缎带时，需要注意最高使用温度。以往使用RCF的织布密封垫片的最高使用温度为1260℃，而使用BSF的织布密封垫片的最高使用温度为1000℃。这是因为BSF的耐热性不如RCF。能在1000℃以上使用的无机纤维有氧化铝纤维，但非常昂贵，在该领域仍有课题有待解决。

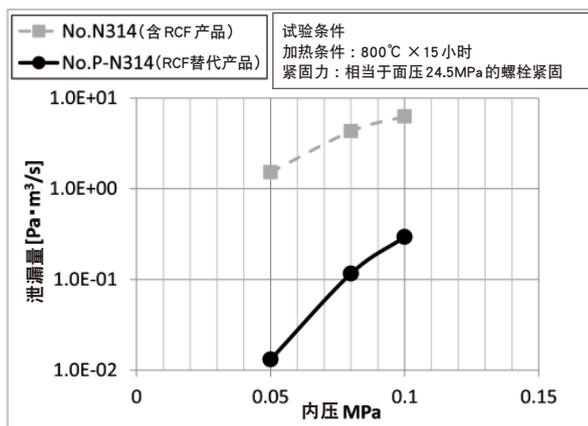


Figure4 No.N314、P-N314的高温特性比较

## 5. 盘根

盘根作为阀门、回转泵以及其他各种机器的轴封用密封件被广泛运用，因其截面形状类似编织绳的形状，作为密封材料的通用性较高，还可作为可容许少量泄漏且要求耐热性的锅炉、汽轮机的排热风管的接头部分、检修孔等的固定部分等的密封材料使用。

上述用途大部分为400℃以上的高温，因此盘根中使用了耐热性较高的RCF。但是，RCF属于特化则的管制对象，因此开始提供使用非管制对象纤维BSF的RCF替代盘根(Figure5、6)。



Figure5 No.N340G-F (RCF替代产品)



Figure6 No.N340M-F (RCF替代产品)

做为No.N340M(含RCF产品)、N340M-F(RCF替代产品)的比较数据，Figure7所示为500℃的热循环密封特性结果。由Figure7可知，与No.N340M(含RCF产品)品相比，No.N340M-F(含RCF产品)具有同等以上的密封性。

另一方面，RCF替代产品所使用的BSF具有生物体溶解性，在高炉气体和排气等几乎不含水分的高温条件下(干热)，可发挥与以往的含RCF产品同等的性能，但在蒸汽和热水等条件下(湿热)的耐性不明，需要注意。

虽然被少量水沾湿时不会立即发生分解，但此时建议在充分干燥后使用。

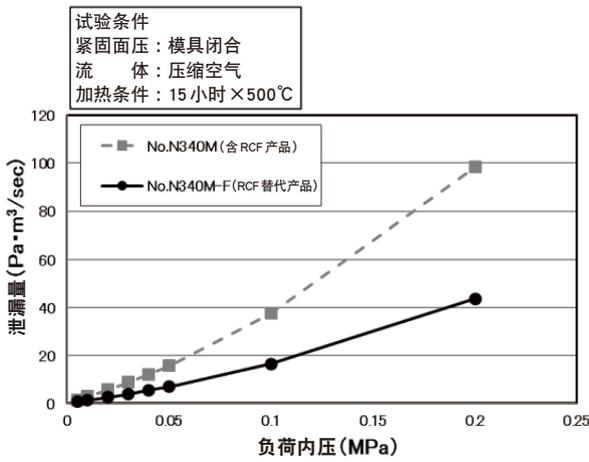


Figure7 高温时的密封特性比较

## 6. 结语

为了能在各种恶劣条件下使用，密封材料由具有耐热性、耐化学品性、高强度等多种多样的特性的材料组合构成。

但是，为减轻环境负荷及对人体的不良影响，国际管制在不断强化，可使用材料可能会进一步受限。

我们密封件制造商今后将不断开发减轻环境负荷、对人体没有不良影响的产品，从而为顾客的安全、安心做出贡献。

## 7. 参考文献

- 1) 陶瓷纤维工业会 陶瓷纤维产品的使用  
2016 年 1 月修订版



滨出 真人  
 研究开发本部  
 第 1 商品开发部

# 高温用板材密封垫片

## 华尔卡Heat Resist Sheet No.HRS

### 1. 前言

在石油精炼、石油化学等领域的高温区域，会根据压力等级使用缠绕式密封垫片、金属包覆密封垫片、金属环形垫片、橡胶夹布密封垫片。

这其中，在低压用途使用的橡胶夹布密封垫片内部并非致密状态，因此无法得到足够的密封性，而且由于材料老化，中长期密封性不稳定。不仅如此，作为橡胶夹布密封垫片构成材料的耐火陶瓷纤维(RCF)在2015年11月被定位为特定化学物质障碍预防规则的第二类管理物质以及特别管理物质，因此材料供应商不再供货，虽然用生物体溶解性纤维(BSF)进行替代，但BSF的耐热性不如RCF，难以在1000℃以上的环境下使用。

为解决上述课题，本公司开发出了密封性比以往的橡胶夹布密封垫片大幅提高，且可以在最高1200℃下使用的板材类密封垫片华尔卡Heat Resist Sheet No.HRS。No.HRS是解决了高温、低压用途领域的密封垫片课题的产品。下面对华尔卡Heat Resist Sheet的特性进行介绍。

并使用了耐热性优异的无机纤维，因此最高可在1200℃下使用。

③与橡胶夹布密封垫片相比，粘结在法兰上的情况较少，容易清扫。



Figure1 华尔卡 Heat Resist Sheet No.HRS的外观照片

### 2. 构成和特点

#### 2-1)构成

No.HRS是由无机质构成的白色板。与膨胀石墨板No.VF-35E一样，是在不锈钢薄板(厚度0.05mm)的两面粘贴板材而构成的。Figure1、2所示为外观照片、构成。

#### 2-2)特点

- ①与以往的橡胶夹布密封垫片相比，密封性大幅提高，可有效降低燃烧气体中包含的NOX和SOX等环境污染物质的排放。
- ②因为将橡胶粘合剂等有机成分的含量降低到了极限，

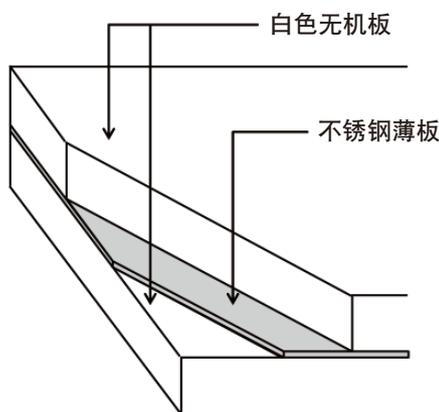


Figure2 产品构成

### 3. 用途

适合用作机器的检修孔和排气风管等内部流体为低压但法兰那强度较低的部位，以及不太能承受紧固力的部位的密封材料。此外，还可作为燃油炉和高温送风装置、热回收管线的检修门等的密封材料使用。

其密封性比以往的橡胶夹布密封垫片有很大的提高，但与压缩板密封垫片等板材密封垫片相比，泄漏量较多，因此示意时需要注意。

### 4. 产品规格

#### 4-1)标准尺寸

标准尺寸如Table1所示。备有厚度1.5mm、3.0mm的产品，最大外径为900mm。因为是板材密封垫片，可以加工成各种形状。

Table1 标准尺寸 (单位 mm)

厚度	最大外径
1.5 3.0	900

#### 4-2)可使用范围

可使用温度为-200~1200℃。但是，No.HRS针对的是排气风管等低压用途，1MPa以上的高压用途推荐采用金属密封垫片、半金属密封垫片。

#### 4-3)推荐紧固面压、最大容许面压

推荐紧固面压如Table2所示。

Table2 推荐紧固面压

流体	推荐紧固面压
液体	20
气体	20

备注推荐紧固面压不考虑流体压力，是在通常条件下所需的紧固面压，是密封垫片接触面积的面压。

### 5. 特性评价

#### 5-1)常温密封特性

常温密封性评价结果如Figure3所示。与以往的橡胶夹布密封垫片相比，泄漏量下降到百分之一以下，密封性大幅提升。此外，即使紧固面压为10~20MPa，泄漏量也很少，在由于法兰强度等而不太能承受紧固力的部位也能得到良好的密封性。

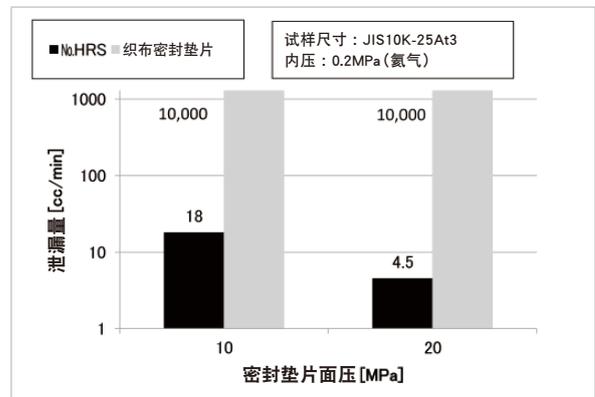
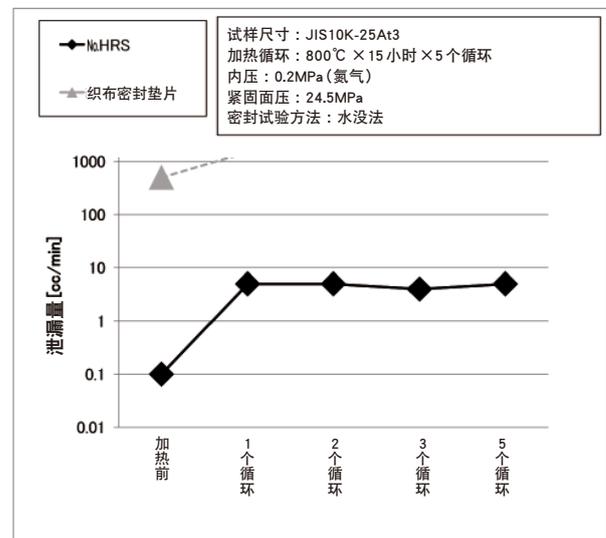


Figure3 常温密封特性

#### 5-2)热循环密封特性

作为高温密封特性评价，Figure4是在将密封垫片紧固到法兰上的状态下反复进行加热、冷却，对冷却后的常温密封性进行评价的结果。与以往的橡胶夹布密封垫片相比，No.HRS加热后泄漏量也很少，即使增加循环次数，也能保持高密封性。



(加热循环条件)

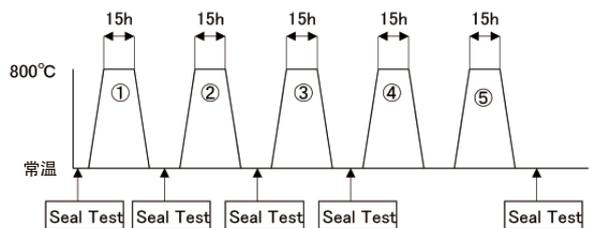


Figure4 热循环密封特性

### 5-3) 连接品的常温密封特性

No.HRS的最大外径为900mm，通过燕尾槽加工进行连接(Figure5)，还可应对超过最大外径的大口径产品。此时的连接作业在施工现场实施。



Figure5 燕尾槽加工

基于有无燕尾槽加工的常温密封性评价结果如Figure6所示。连接①为不涂抹密封膏，连接②为在连接端面涂抹密封膏No.M6。不进行连接与连接①的泄漏量差异轻微，密封性为同等。为了更安全地使用，在使用连接产品时，建议在连接端面涂抹密封膏No.6M。

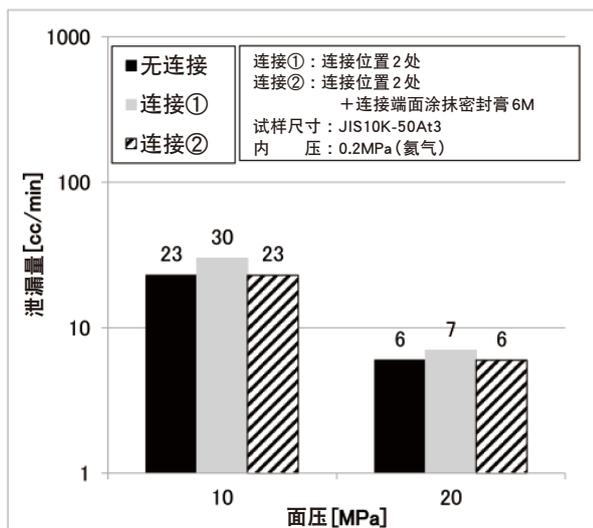


Figure6 连接品的常温密封特性

### 5-4) 耐热性

作为耐热性评价，对加热后的形状保持性进行了评价。Figure7所示为在1000℃、1200℃的空气中加热后的外观照片。加热后，No.HRS也没有发生形状变化或粉末化，而

是保持原有形状。因此，在高温下使用时，也不太需要担心内压导致密封垫片损坏

加热时间：24小时  
 环境气体：空气中  
 试验尺寸：45mm×15mm×t3.0

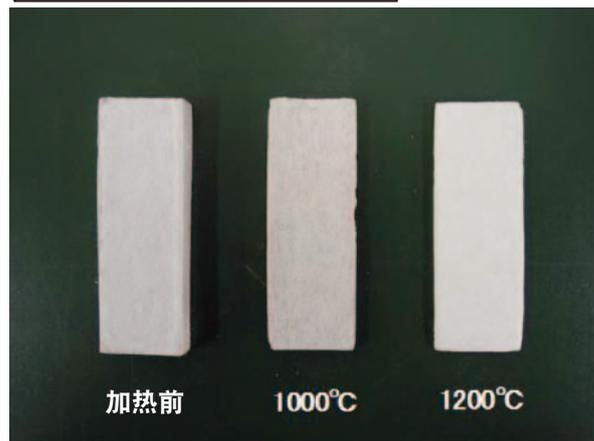


Figure7 加热后形状保持性评价结果

### 5-5) 粘结性

在高温环境下，密封垫片会牢牢粘结在法兰上，拆卸时费时费力。重复加热循环后的对法兰的粘结性如Figure8所示。No.HRS将橡胶粘合剂量降低到了极限，并且使用了平滑性高的无机填充材料，与以往的橡胶夹布密封垫片相比，粘结在法兰上的现象大幅减少。因为很少粘结在法兰上，所以法兰清扫变得容易，可有效减少施工时的工时。

加热循环：800℃×15小时×5个循环  
 法兰材质：SUS316L

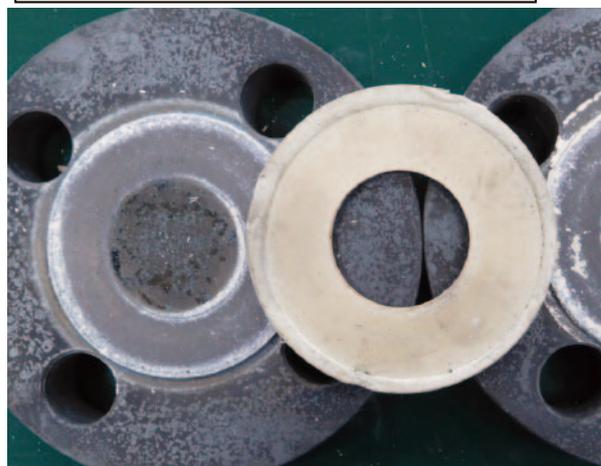


Figure8 对法兰的粘结性

## 5-6) 耐压坏性

密封垫片承受过剩的紧固力时，可能会发生破坏。  
Figure9 所示为承受100MPa面压时的No.HRS外观照片。即使承受100MPa的面压，密封垫片也不会发生压缩断裂。

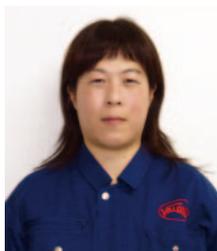
试样尺寸： $\phi 100 \times \phi 64$   
承受面压：100MPa  
压坏判断：发生龟裂



Figure9 承受100MPa面压时的外观

## 6. 结语

此次介绍的华尔卡Heat Resist Sheet No.HRS的密封性、耐热性比以往用于高温、低压用途的橡胶夹布密封垫片大幅提高，是可长期安心、安全使用的产品。已经经过实际设备评价并得到采用，作为可应对今后日益严格的环境管制的密封垫片，希望能得到大家的灵活运用。



高桥 聪美  
研究开发本部  
第1商品开发部

# 技术志的最近的往期杂志

No.34 Winter 2018

## 【客户解决方案特辑】

- 寄 语 代表取締役社长 兼 CEO 泷泽 利一
- 华尔卡技术志于冬季号出版之际 常务执行董事 研究开发本部长 青木 睦郎
- 说 明 ASME PVP2016 获奖论文说明 H&S事业本部 村松 晃
- 技 术 论 文 承受配管弯曲力矩的带PTFE密封垫片的管法兰连接件的力学特性评价  
研究开发本部 第1商品开发部 佐藤 广嗣  
广岛大学 泽 俊行  
三菱化学株式会社 森本 吏一  
沼津工业高等专科学校 小林 隆志  
研究开发本部 第1商品开发部 元野 雄太  
研究开发本部 第1商品开发部 鈴木 宪  
中部电力株式会社 松田 真一  
中部电力株式会社 杉村 卓哉  
营业本部 技术解决方案组 松下明日香
- 投 稿 进行大口径法兰的螺栓紧固时的工具选择和施工注意事项 扭矩系统株式会社 代表取締役 北原 真一  
H&S事业本部 野野垣 肇
- 事 业 介 绍 H&S演示车的介绍 研究开发本部 第1商品开发部 滨出 真人
- 产 品 介 绍 改良版密封膏 研究开发本部 第1商品开发部 须川 修司  
多用途化学用盘根 研究开发本部 第1商品开发部 滨出 真人

改良 EPDM 材料的高温环境特性的评价

密封垫片的选择指南以及选择错误时及其对策

● 投 稿 进行大口径法兰的螺栓紧固时的工具选择和施工注意事项

● 事 业 介 绍 H&S演示车的介绍

● 产 品 介 绍 改良版密封膏

多用途化学用盘根

No.33 Summer 2017

## 【客户解决方案特辑】

- 寄 语 常务执行董事 研究开发本部长 青木 睦郎
- 技 术 论 文 密封垫片不符合使用条件的情况及其解决对策 海外统括本部 海外技术解决方案组 江西 俊彦  
带金属扁平型密封垫片的管法兰连接体的基础密封特性评估 研究开发本部 开发部 佐藤 广嗣  
新兴PLANTECH株式会社 近藤 康治  
广岛大学名誉教授 泽 俊行  
研究开发本部 高桥 聪美  
营业本部 技术解决方案组 秋山 聪  
研究开发本部 开发部 上田 彰  
H & S 事业本部 村松 晃
- 投 稿 工厂设备中的法兰连接体的紧固管理 三菱化学株式会社 水岛事业所 设备技术部 机械 2 组 森本 吏一

【创业90周年特辑】

- 卷首语 代表取缔役社长 兼 CEO 泷泽 利一
- 创业90周年特辑发行寄语 常务执行董事 研究开发本部长 青木 睦郎
- 值此90周年特辑刊行之际 华尔卡技术新闻创业90周年特辑编辑委员会
- 华尔卡的技术与顾客价值的变迁 资深专家 西田 隆仁
- 投稿
  - 日本华尔卡工业创业90周年特辑寄语 广岛大学名誉教授 泽 俊行
  - 不断发展的垫片与密封技术 沼津工业高等专科学校 机械工程学科教授 小林 隆志
  - 祝贺华尔卡创业90周年 日本华尔卡工业株式会社 前董事技术本部长 岩根 孝夫
  - 华尔卡技术新闻90周年特辑刊行寄语 日本华尔卡工业株式会社 前常务董事（技术、事业开发担当） 森 嘉昭
  - CTO 时代的回忆 日本华尔卡工业株式会社 前 CTO 黑田 博之
- 技术论文
  - 在 PTFE 中添加了填充材的材料种类与用途介绍 研究开发本部 开发部 功能树脂产品开发小组 和田 阳一郎
  - PTFE 加工品的精度与成形品的方向性说明 研究开发本部 开发部 功能树脂产品开发小组 树脂第 3 组 川井 成子
  - 密封件快速查找器（SQS）的说明和运用方法（垫片篇） 研究开发本部 开发部 功能树脂产品开发小组 树脂第 3 组 太田 伸幸
  - 油缸用活塞密封系统的异响故障的原因和解决方法 营业本部 技术解决方案团队 江西 俊彦
  - O 形圈的粘着故障原因和解决方法 研究开发本部 开发部 高桥 谦一
  - 带 PTFE 系列垫片螺栓法兰连接体的高温长期特性评估 研究开发本部 开发部 冈崎 雅则
  - 带 PTFE 系列垫片螺栓法兰连接体的高温长期特性评估 研究开发本部 开发部 佐藤 广嗣
- 技术年表

## 从日本华尔卡工业株式会社到“株式会社华尔卡”

全球化不断深化，产品制造没有终点  
 我们正在向“物、事、人三位一体的价值创造企业”蜕变。  
 将于2018年10月1日开始变更为新公司名称。

关爱地球、人类的产品制造

# 现代垫片概论



定价 70 元 + 运费

伴随着近年来的各种环境管制, 垫片的种类及其材料发生了重大改变, 螺栓紧固法兰接头的设计标准也出现了大幅变动。

受上述技术情况变化的影响, JISB0116 “密封圈及垫片术语”也在时隔 37 年之后做出了全面修订。

前段时间刊行的“现代垫片概论”可说是在顺应 JIS 术语标准修订的技术背景的基础上, 对垫片和螺栓紧固法兰接头的技术基础进行简单说明的首份《垫片说明书》, 相信可以成为从事垫片相关工作的广大人士的参考。

著者: 日本华尔卡工业株式会社  
资深专家 西田 隆仁

日本华尔卡工业株式会社

邮编 141-6024 东京都品川区大崎 2-1-1 ThinkPark Tower 24F  
联系窗口: 总务人事部 Email: sr@valqua.co.jp  
TEL: (81) 3-5434-7370 FAX: (81) 3-5436-0560

## VALQUA's Sales Network

### ■JAPAN

NIPPON VALQUA INDUSTRIES, LTD.  
【Main Number】 TEL: (81)3-5434-7370 FAX: (81)3-5436-0560  
【Sales Group】 TEL: (81)3-5434-7379 FAX: (81)3-5436-0571

VALQUA SES CO., LTD.  
TEL: (81)436-20-8511 FAX: (81)436-20-8515

VALQUA TECHNO, LTD.  
TEL: (81)3-5434-7520 FAX: (81)3-5435-0264

GARLOCK VALQUA JAPAN, INC.  
TEL: (81)3-5510-2177 FAX: (81)3-3591-5377

### ■CHINA

VALQUA(SHANGHAI) TRADINGCO., LTD.  
TEL: (86)21-5308-2468 FAX: (86)21-5308-2478

SHANGHAI VALQUA FLUOROCARBON PRODUCTS CO., LTD.  
【Head Office】 TEL: (86)21-5774-1130 FAX: (86)21-5774-1244  
【Jingansi Office】 TEL: (86)21-3253-5588 FAX: (86)21-3253-5568

### ■KOREA

VALQUA KOREA CO., LTD.  
【Head Office】 TEL: (82)2-786-6718 FAX: (82)2-786-6719  
【Ulsan Office】 TEL: (82)52-227-6717 FAX: (82)52-227-6719

### ■TAIWAN

TAIWAN VALQUA ENGINEERING INTERNATIONAL, LTD.  
【Head Office】 TEL: (886)7-556-6644 FAX: (886)7-556-9907  
【Hsinchu Office】 TEL: (886)3-572-0467 FAX: (886)3-573-7232  
【Luzhu Office】 TEL: (886)7-696-2400 FAX: (886)7-696-7100

### ■SINGAPORE

VALQUA INDUSTRIES(THAILAND), LTD. SINGAPORE BRANCH  
TEL: (65)6352-2650 FAX: (65)6352-2653

## VALQUA TECHNOLOGY NEWS

No.35 Summer 2018



### NIPPON VALQUA INDUSTRIES, LTD.

1-1, Osaki, 2-chome, Shinagawa-ku, Tokyo 141-6024, Japan  
TEL: 81-3-5434-7370 FAX: 81-3-5436-0560  
<http://www.valqua.co.jp>

### ■THAILAND

VALQUA INDUSTRIES(THAILAND), LTD.  
【Head Office】 TEL: (66)2-324-0400 FAX: (66)2-324-0787  
【Bangkok Branch】 TEL: (66)2069-9961 FAX: (66)2069-9964  
【Rayong Branch】 TEL: (66)3802-6136 FAX: (66)3802-6137

### ■USA

VALQUA AMERICA, INC.  
TEL: (1)408-986-1425 FAX: (1)408-986-1426

### VALQUA NGC, INC.

TEL: (1)713-691-1193 FAX: (1)713-691-4407

### ■VIETNAM

VALQUA VIETNAM CO., LTD.  
【Head Office】 TEL: (84)220-357-0075 FAX: (84)220-357-0079  
【Hanoi Branch】 TEL: (84)24-3222-2213 FAX: (84)24-3222-2216

\*The VALQUA registered trademark stands for VALUE and QUALITY.

\*The contents of this journal also appear on our home page. \*Unauthorized reprinting/reproduction is prohibited.