

Valqua Technology News

华 尔 卡 技 术 志

2018年 冬季号

No.34 Winter 2018



【客户解决方案特辑】

- 寄语 1
代表取缔役社长 兼 CEO 泷泽 利一
- 华尔卡技术志于冬季号出版之际 2
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 3
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 7
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
- 技术论文
改良EPDM材料的高温环境特性的评价 14
研究开发本部 第1商品开发部 铃木 究
中部电力株式会社 松田 真一
中部电力株式会社 杉村 卓哉
- 技术论文
密封垫片的选择指南以及选择错误时及其对策 19
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
..... 24
扭矩系统株式会社 代表取缔役 北原 真一
- 事业介绍
H&S演示车的介绍 28
H&S 事业本部 野野垣 肇
- 产品介绍
改良版密封膏 31
研究开发本部 第1商品开发部 滨出 真人
- 产品介绍
多用途化学用盘根 33
研究开发本部 第1商品开发部 须川 修司
研究开发本部 第1商品开发部 滨出 真人
- 技术志的最近的往期杂志 38



日本华尔卡工业株式会社

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

寄语

日本华尔卡工业株式会社
代表取缔役社长 兼 CEO

泷泽 利一



值此2018年初春之际，在此敬贺诸位新年快乐！

深深感谢各位读者长期以来对本刊物的爱戴与支持。

在多方的支持之下，本公司的技术志也迎来了创刊60周年。

对于各位用户和读者长年以来的协助和帮助，谨在此致以诚挚的谢意。

今后，我们还将继续以在过往积累的独创性技术基础上进一步发展出的“密封工程服务”为主轴，通过本公司的革新性技术创造，勇敢地挑战新价值的发起挑战，为实现社会的可持续发展贡献我们的力量。此外，我们将继续不懈努力，以便读者们能够更好地理解和运用本刊。

回首去年，日本国内经济方面，以IT产业为中心的出口已现恢复端倪，个人消费的坚挺推移得到反映，企业的收益也开始呈现改善的趋势。

海外经济方面，美国凭借以内需为中心的设备投资托底支撑等措施，开始逐渐恢复。而在中国经济结构改革、政治地理学问题日益严峻等背景下，发展中国家的成长开始减速。

此外，在日本国内制造业方面，以质量检查体制为代表的关乎制造业根本的违法舞弊问题频发，这使得我们重新认识到了企业的社会责任及风险管理的重要性。另一方面，过去的一年也是各工业领域积极引进运用AI、IoT等新技术的一年。

在此背景下，华尔卡集团将在完成第7个中期经营计划“New Valqua Stage Seven (NV·S7)”的同时，将面向下一阶段 (NV·S8)，把以“密封工程服务”为核心的技术开发推进作为经营课题，以在全球市场上创造新的价值为目标展开事业活动。

最后，希望各位能够一如既往地给予更多的关照，同时祝愿各位读者都能收获更好的成就。祝愿各位新年快乐！

华尔卡技术志 于冬季号出版之际



新年快乐！

衷心感谢各位平时对Valqua Technology News的关注。

去年是在各方面环境发生了诸多变化的一年。IoT和AI都已经进入了实用化阶段，还以及自动驾驶和Home connected Internet等等，市场结构焕然一新，与此同时，在这一新局面下，市场机会也得到了进一步的扩大。另一方面，世界各方对于环境问题的关心程度越来越高，政府机构和民间企业都在加速推进技术开发。这种技术开发给各个市场带来的变迁，以汽车产业的电动汽车为例，可以发现对现有产品如果仍按以往的产品生命周期思路来看待，是根本无从应对的。作为企业，这是我们必须思考应如何应对的一年。

在这样的大环境下，作为一家创业达90年的密封工程领军企业，我们将坚守The Valqua Way的企业理念，以独创技术为社会的可持续发展不断贡献自己的力量。并且，在这一技术开发环境中，我们还将以立足于顾客视角的新时代的解决方案提供商的身份，在各种各样的领域之中发挥我们的作用。

本期特辑刊载了工业中有益于“安全、安心”的技术论文和事业简介。包括在去年ASME PVP的Computer Technology & Bolted Joints Technical committee上获得了最优秀论文奖的论文在内，本次刊载了包括地震时的法兰连接件的动、重大事故应对、密封相关问题对策等特殊环境下在内的与安全、安心相关的各种技术论文。此外，还介绍了与H&S（硬件&密封工程服务）事业相关的投稿和本公司的努力事项。这些都是华尔卡独有的技术信息，如能对各位起到参考作用，则不甚荣幸。

今后，我们还将继续提供符合时代要求的技术信息。希望各位能够一如既往地继续给予本刊物及本公司产品多多照顾。

常务执行董事 研究开发本部长 青木睦郎

ASME PVP 2016 获奖论文说明

1. 前言

本公司于2016年向美国的机械学会ASME(American Society of Mechanical Engineers)中的PVP(Pressure Vessels & Piping Conference: 压力容器和配管相关的技术学会)投稿了一篇与大口径法兰连接件的力学特性有关的论文,即“内压作用下的带管道大口径法兰连接件的应力分析和密封性的评价”。

ASME的PVP共分为12个委员会,每年都会举行发表论文的学会,其中会选出约10篇左右的优秀论文,本公司的论文获得了作为委员会之一的Computer Technology & Bolted Joints Technical Committee的表彰。

Figure1是表彰式的情景。Figure2则是所获优秀奖的奖状。

本报将就该论文的内容进行说明,并对今后基础研究的展望进行叙述。



Figure2 ASME PVP AWARD



从Honors and Awards Chair的Trevor G. Seipp(左)手中接受奖状的情况

Figure1 表彰式的情景

2. 基础研究方面的努力

本公司以密封工程技术作为核心,根据客户的工厂设备运作所需的作业提供与法兰施工相关的服务以进行相关的开发。

我们知道,根据法兰的大小,螺栓的紧固力等会有所不同,紧固螺栓时所使用的工具也可能不同。作为我们的服务之一,本公司会向客户提供适合其使用环境的最佳工具选择方案。

随着如上所述的提案慢慢渗透市场,在大口径法兰的紧固方面,不仅仅是工具的选择,关于最佳的紧固步骤等施工要领相关的咨询也越来越多。

但是,大口径法兰的紧固使用的螺栓数目较多,而保证密封垫片密封性的螺栓轴力受相邻螺栓的紧固的影响较大,这种被称之为相互弹性作用的现象是法兰紧固所特

有的，其发生情况比较显著，无论密封垫片性能如何，常有泄漏问题发生。

因此，如要提出最佳的法兰施工要领提案，则必须弄清楚与法兰连接件相关的力学特性，开展构建螺栓紧固法的基础研究。

因此，如Figure3所示，本公司制作了最大规格24英寸的法兰连接件，对使用有限元(FEM)应力分析来预测密封性的技术展开了相关研究，找到了其方法并发表了论文。

所谓有限元(FEM)应力分析，是指从力学特性对结构体的变形动作等进行计算，并对变化进行预测的技术。



Figure3 24英寸法兰连接件

3. 论文说明

本论文中，通过有限元(FEM)应力分析，提出了法兰连接件的密封性评价法及螺栓紧固法的提案。

首先，考虑到法兰连接件的密封性来自于密封垫片被压缩时所产生的内部应力，因此通过有限元(FEM)应力分析，对密封垫片因螺栓而受到压缩后，法兰连接件的内部承受来自流体的压力时的面压进行了计算。此外，所使用的密封垫片为膨胀石墨填料带缠绕式密封垫片和压缩板(No.6596 V, No.6500)，使用A B A Q U S作为分析代码。

Figure4为承受内压(P)时的法兰连接件的模型。

Figure5为有限元模型的元素分割情况，考虑到法兰连接件的对称性，轴向为1/2，周向为1根螺栓时的模型。

Figure6显示了相对于缠绕式密封垫片半径方向的轴向面压分布。横轴为密封垫片半径方向位置除以密封垫片内径后的无因次数。

此外，本次的研究中，假定法兰是平行紧固的，并假定密

封垫片的面压在周向上基本没有变化，而仅分布在半径方向上。

通过该图可知，法兰越大，则密封垫片外径侧所承受的面压越高。

这是因为在紧固螺栓后会附加来自流体的压力，在法兰的外周侧发生了变形的旋转。

另外，密封垫片的基本泄漏量通过J I S B 2490求取。

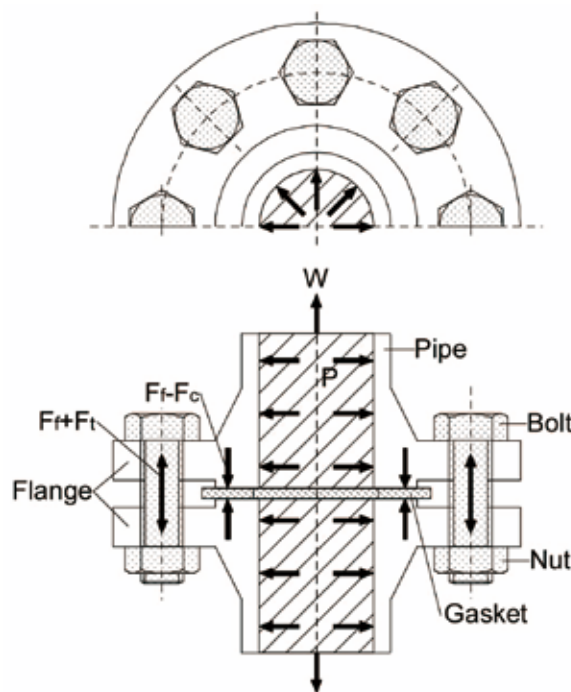


Figure4 法兰连接件的分析模型

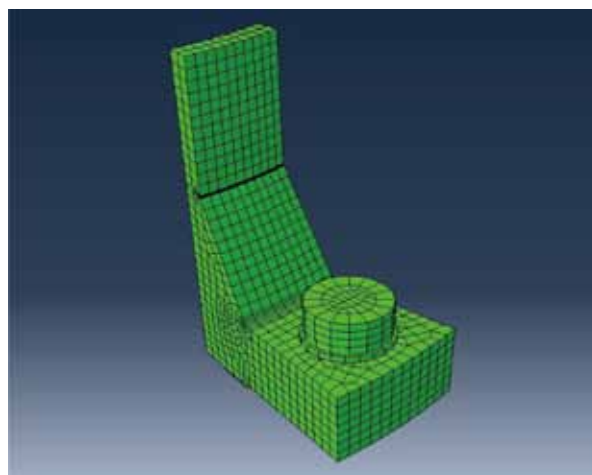


Figure5 有限元模型

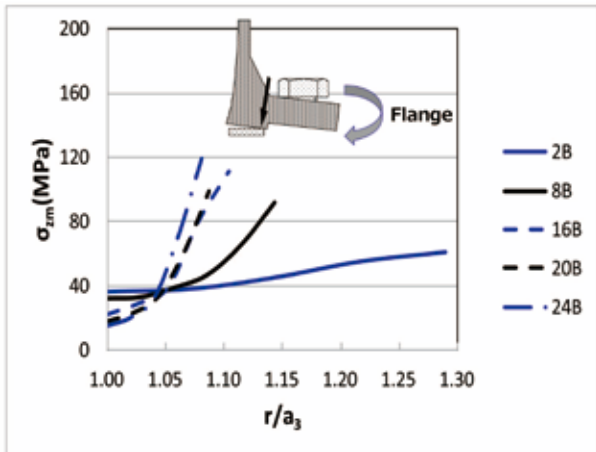


Figure6 缠绕式密封垫片的半径方向面压分布

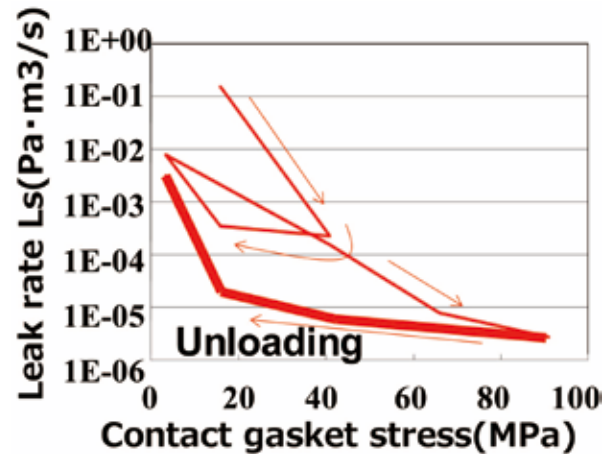


Figure8 缠绕式密封垫片的基本泄漏量测定结果

Figure 7 显示了 JIS B 2490 的试验装置的概要。

Figure 8 显示了 JIS B 2490 的试验结果，密封垫片的基本泄漏特性按粗线所示的去载时的密封垫片面压泄漏量求得。

对该密封垫片基本泄漏量和通过 Figure 6 的密封垫片面压分布的平均值计算出的法兰连接件泄漏量的结果与通过实验求得的泄漏量进行了比较。

Figure 9 显示了实验结果和分析结果的比较。

红线为缠绕式密封垫片，蓝线为压缩板，在垫片面压上升时，两种密封垫片的泄漏量均下降。此外，实验结果和分析结果完美一致，从而确认了分析方法的妥当性。

可以认为，通过本分析方法可以预测法兰连接件的泄漏量。另外，从中可知，设计较高的螺栓初始紧固力可以起到降低泄漏量的效果。

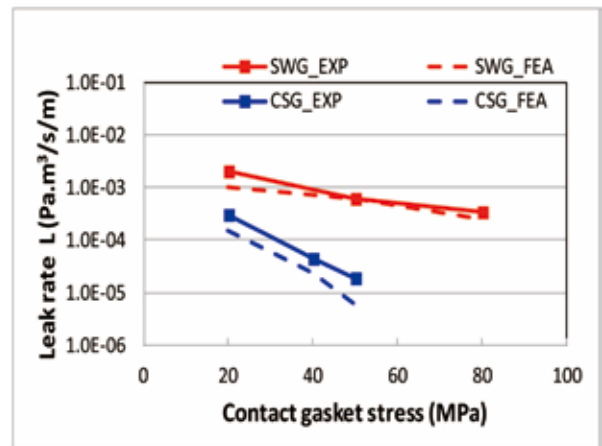


Figure9 实验结果和分析结果的比较

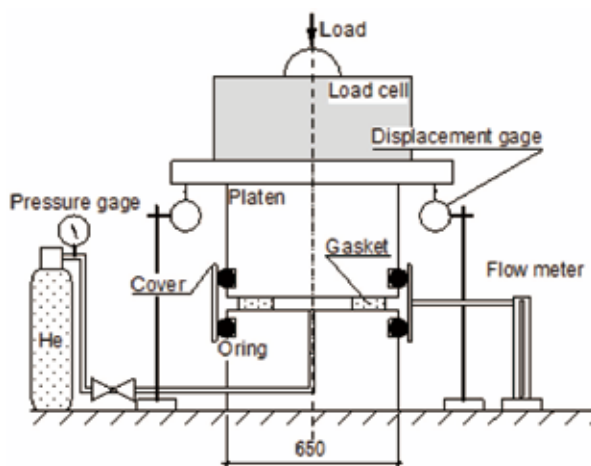


Figure7 JIS B 2490 试验装置概要

4. 今后的展望

目前，本公司正在研究将本次的成果应用至我们正在推动的法兰施工要领的提案服务中去。

也就是说，通过应用该基础研究的技术，可由本公司对客户感到有问题的施工要领进行评价、分析，并提供最佳的施工方法方案。

此外，本次的论文获奖意味着密封技术相关研究盛行的美国学术界对此研究给予了肯定，这不仅会对提高本公司品牌形象有所贡献，也是对公司提供的法兰连接件的评价方法及施工要领妥当性的肯定。本论文发表之后，立刻就收到了美国的大型石油企业关于大口径法兰连接方法的咨询，这充分体现了国际社会对该课题的高度关注。

此外，从中我们也可了解到，石油巨头同样有着大口径法兰连接上的苦恼和问题，并谋求与拥有密封技术的企业开展合作。通过本研究夯实本公司的技术基础，就能获得与石油巨头之间的合作的可能性。

5. 结语

在本次的研究中，我们构建的是一个理想状态的法兰连接件模型，其法兰及螺栓都没有任何伤痕及变形，密封

垫片均衡紧固等等。

但是，现场可不会存在如此理想的法兰连接，或多或少都会存在密封垫片压缩状态不均衡的问题。今后，我们的目标是弄清上述不均衡的紧固状态对于法兰连接件密封性的影响，据此确立解决现场问题的方法。

此外，实际的配管还极有可能会受到热负载或外力的作用，今后我们也将进行将这些影响一并考虑在内的各种研究。



村松 晃
H & S 事业本部

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

1. 前言

带密封垫片的管法兰连接件被广泛用于炼油厂设备、化学厂设备和发电厂设备中等。过去在日本，曾因其耐热性、密封性、高强度及使用上的简单方便性和低廉的价格，而广泛采用石棉密封垫片，其相关研究也曾非常盛行^{1)~3)}。但是，因其对人体健康的危险，自2008年起，对石棉密封垫片的使用实施了管制⁴⁾。

石棉密封垫片可分为石棉填料带缠绕式密封垫片和石棉压缩板2大类。在石棉管制后，缠绕式密封垫片在更换为膨胀石墨填料后并未出现太大问题，但压缩板却遇到了一些问题。对于压缩板，为了替代石棉纤维而开发了芳纶纤维的密封垫片，但是因需要调配更多的橡胶成分，故而在耐热性方面出现了一些问题。此外，虽膨胀石墨压缩板在耐热性方面没有问题，但因材料较脆，故存在表面容易划伤难题。因上述原因，改良后的PTFE(Poly-Tetra-Fluoro-Ethylene)系列的密封垫片得到了广泛的应用。改良后的PTFE系列密封垫片具有出色的耐化学品性和耐热性，根据调配和制造方法，可改善蠕变这一传统难题，故而被用于众多的连接部⁵⁾。但是，带PTFE密封垫片的管法兰连接件的密封垫片接触应力分布、密封性能、法兰颈部应力及螺栓轴力变化等力学特性尚不明确。

笔者们对于常温及高温环境下的带PTFE的管法兰连接件的上述力学特性进行了大量研究，发现它比石棉压缩板更加出色^{6)、7)}。

近年来，日本先后于1995年发生了兵库县南部地震、2007年发生了新潟县中越近海地震、2011年发生了东北近海地震、2016年发生了熊本地震等大地震。再加上有一种说法认为在10年内可能会发生南海海沟大地震。而震源地周边有着许许多多的工厂成套设备及建筑物，因此人们非常担心会遭受莫大的灾害。

在发生兵库县南部地震时，因地面液化导致配管弯曲，导致LP气体从法兰连接件泄漏，造成了7万人被要求疏散避难。因此工厂设备的地震对策也不可或缺。洋

等人对带缠绕式密封垫片的法兰连接件受到配管弯曲影响时的力学特性进行了研究^{8)~10)}。加拿大蒙特利尔工学院的Tightness Testing and Research Laboratory对带延伸PTFE的法兰连接件承受配管弯曲时的螺栓轴力的特性进行了研究¹¹⁾，而Koves等人则对配管弯曲的影响提出了通过等价内压进行评价的方法^{12)~16)}。

但是遗憾的是，并没有开展针对承受了配管弯曲和内压的带PTFE的密封垫片的管法兰连接件的研究。在PTFE密封垫片被广泛使用的当今，为了今后地震等灾害的应对，对带PTFE的管法兰连接件的力学特性进行评价是非常重要的。

本研究的目的是通过FEM应力分析和实验，弄清承受配管弯曲和内压的带PTFE的管法兰连接件的力学特性。首先，是根据JIS B 2490对密封垫片的基础特性进行调查。通过有限元(FEM)应力分析计算出螺栓轴力、法兰颈部应力及密封垫片接触应力分布，并根据密封垫片接触应力分布和密封垫片基础特性推测出泄漏量。为了确认FEM应力分析的妥当性，对螺栓轴力和法兰颈部应力与实验结果进行比较。通过实验，对从连接件的泄漏量、螺栓轴力及法兰颈部应力进行测定。连接件尺寸为ASME/ANSI class300 4inch。

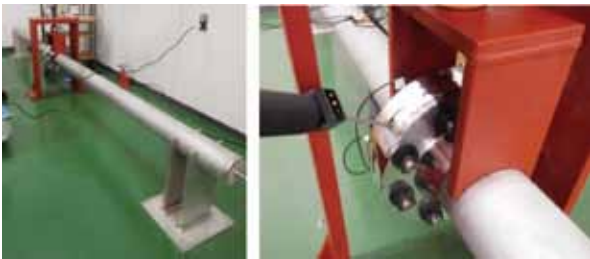
本研究中使用的评价密封垫片为No.GF300。No.GF300完全不含橡胶成分，且不存在基于热及时间的化学老化等问题，故应可获得高精度的力学评价。

2. 实验方法

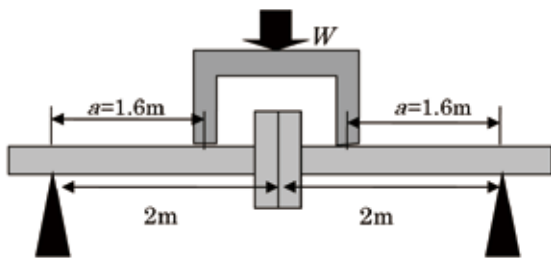
Figure1(a)为管法兰连接件配管弯曲实验装置的照片，Figure1(b)是概要图。它可通过四点弯曲的方式承受配管弯曲力矩，并通过连接的氮气储气罐承受内压。

连接件的尺寸为ASME/ANSI class300 4inch，法兰及管的材料为SUS304¹⁷⁾。各管长度为2m，两者相加为约4m的装置。为配合连接件，密封垫片的直径尺寸定为ASME/ANSI class300 4inch，厚度定为1.5mm。

使用应变仪测定法兰颈部应力、螺栓轴力，使用氦气泄漏检测器、通过 Sniffer 法测定泄漏量。此外，初始的螺栓紧固根据 JIS B2251“法兰接头紧固方法”进行紧固¹⁸⁾。螺栓紧固后，使负荷四点弯曲力矩和内压，测定法兰颈部应力、螺栓轴力及泄漏量。作用弯曲力矩 M 通过 $M=W/2 \times \alpha$ 求得。此外， α 为有效管长(=1.6m)。螺栓初始紧固力：使平均密封垫片应力为 10MPa，每根螺栓 11.1kN，作用内压定为 2MPa。



(a)装置照片



(b)装置概要

Figure 1 承受四点弯曲力矩的管法兰连接件的力学特性测定实验装置

3. 密封垫片特性

因为是用于 FEM 应力分析，所以对密封垫片的压缩特性及密封特性进行评价。

3-1) 压缩特性

对处于室温下的密封垫片的应力-变形特性进行评价。Figure 2 所示为用于评价的实验装置概要¹⁹⁾。法兰的凸面尺寸与 JIS 10K 50A 相当，通过压缩试验机进行压缩。Figure 3 是实验所得的 No.GF300 密封垫片的应力-变形关系。变形值是由 3 个位移计的平均值所得的压缩量除以初始厚度所得的值。

3-2) 密封特性

对于密封垫片的密封特性，这里使用 Figure 2 所示的装置、根据 JISB 2490 进行了评价。将从储气罐供给的氦气加压到 2MPa，通过皂膜流量计对通过套管从密封垫片回收的泄漏量进行测定。Figure 4 所示为实验所得的泄漏量和密封垫片接触应力的关系。密封垫片接触应力最大负荷达约 40MPa，但因 20MPa 以上时，泄漏量过小、未能测得数值，故在数据中没有显示。

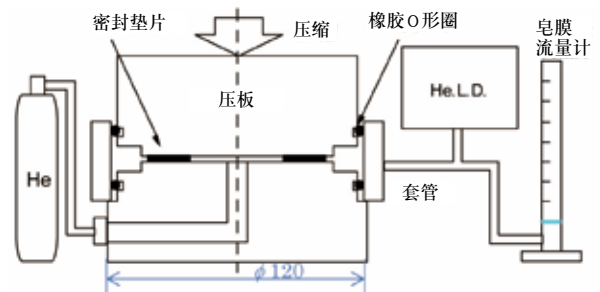


Figure 2 密封垫片特性评价试验装置概要

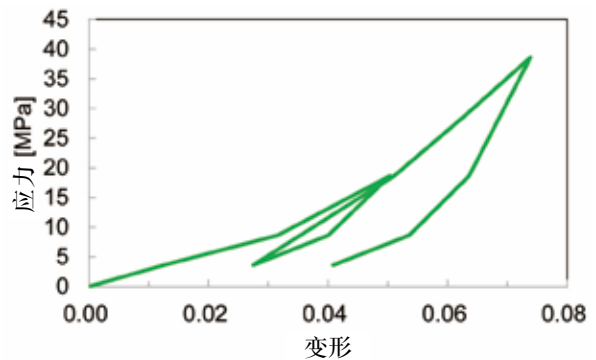


Figure 3 No.GF300 密封垫片的应力-变形特性

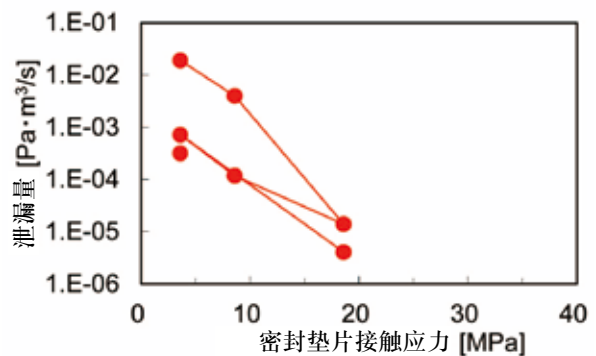


Figure 4 泄漏量-密封垫片接触应力关系

4. 有限元 (FEM) 应力分析

Figure5所示为Figure1中所示的承受四点弯曲及内压的带密封垫片的管法兰连接件的FEM模型。考虑到对称性, 其为1/4(轴向1/2、周向1/2)模型。螺栓、螺母的螺纹省略, 螺母也从六角形简化为相同截面积的圆。Figure6所示为FEM应力分析的边界条件。固定各对称面, 螺栓紧固则通过对各螺栓施加与轴力相当的拉力而实现。四点弯曲为在固定配管端部的基础上, 使法兰附近的夹具承受 $W/2$ 的负荷。对于内压的影响, 则是使管法兰容器内侧负荷压力。法兰及螺栓通过弹塑性元素、密封垫片通过ABAQUS垫片元素进行建模。通过FEM分析计算出螺栓轴力、法兰法兰颈部应力和密封垫片接触应力分布。

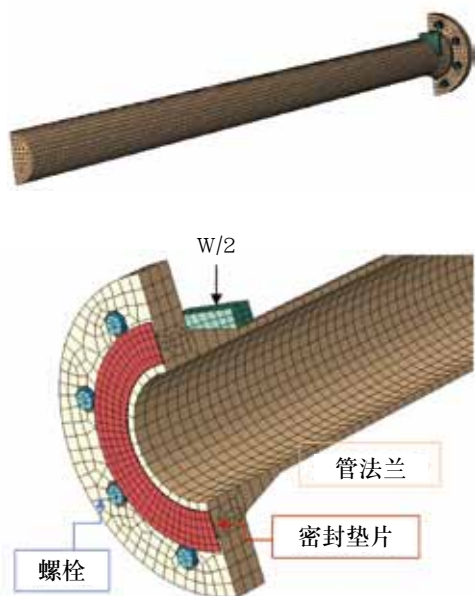


Figure5 管法兰连接件的FEM模型

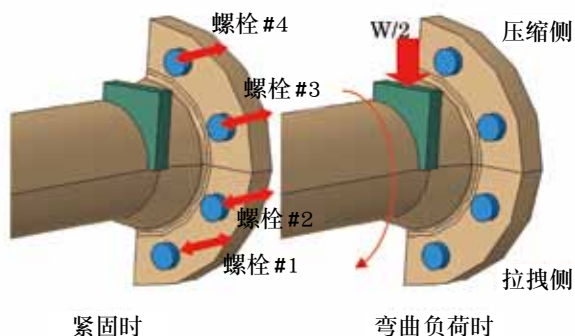


Figure6 FEM应力分析的边界条件

5. FEM应力分析结果和实验结果

5-1) 螺栓轴力

Figure7所示的是Figure6中所示的4根螺栓各自的轴力变化, 是通过FEM应力分析及实验所得的值。横轴表示弯曲力矩 M 、纵轴表示螺栓轴力、实线表示实验结果, 虚线表示FEM应力分析结果。#1和#2的螺栓, 当弯曲力矩增加时, 轴力也会随之增加, 但#3和#4却会下降。其原因是, 当配管弯曲时, #1、#2侧会因法兰接触面开口而致使螺栓受到拉拽, 从而导致轴力增加。相反, #3、#4侧则在配管弯曲时, 法兰接触面会紧闭, 故而螺栓收缩, 从而导致轴力下降。FEM分析结果和实验结果完美一致, 充分说明了FEM应力分析的妥当性。

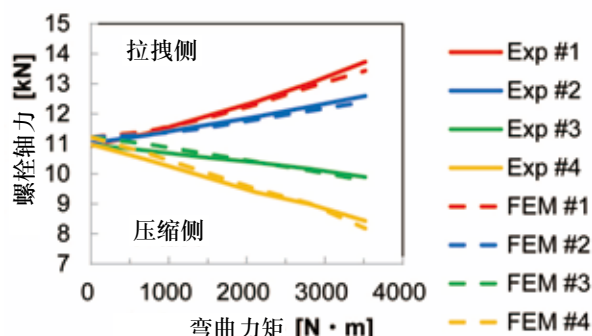


Figure7 从FEM应力分析和实验所得的, 承受配管弯曲时的螺栓轴力的变化

5-2) 密封垫片接触应力分布

Figure8所示为从FEM应力分析所得的初始紧固时、负荷 $3500\text{N}\cdot\text{m}$ 的配管弯曲时、及负荷 $3500\text{N}\cdot\text{m}$ 的配管弯曲+内压时的密封垫片接触应力分布的等高线图。密封垫片外缘的接触应力为零, 这是因为在凸面外侧没有与法兰接触。从初始紧固时的密封垫片接触应力分布中我们可以看到, 因法兰旋转所致, 越是外径侧其接触应力就越高。此外, 周向的接触应力倾斜基本没有。负荷 $3500\text{N}\cdot\text{m}$ 的弯曲力矩时, 部分(图中为左侧)密封垫片接触应力明显下降; 负荷内压时, 密封垫片接触应力进一步下降。

Figure9所示的是, 各阶段接触最外径部($r=46.05\text{mm}$)周向的密封垫片接触应力分布。从图中我们可以知道, 当负荷弯曲力矩时, 法兰接触面发生开口, 此时接触应力分布出现了巨大的变化。

此处, 通过该从FEM应力分析所得的密封垫片接触应力分布和Figure4中所示的密封特性的关系, 对密封垫片的泄漏量进行推测²⁰⁾⁻²¹⁾。Figure10所示为推测而得的泄漏量和实验所测得的泄漏量的值。随着弯曲力矩的增加,

泄漏量也会慢慢增加,当弯曲力矩超过约 $3000\text{N}\cdot\text{m}$ 时,泄漏量会明显增加。其原因如Figure8所示,弯曲力矩导致一部分的密封垫片接触应力变为了零。泄漏量的推测值和实验值完美一致,显示了FEM分析及泄漏量推测方法的妥当性。

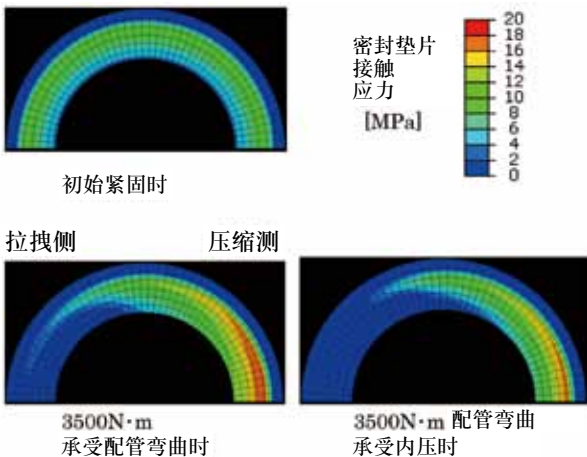


Figure8 由FEM应力分析所得的密封垫片接触应力分布

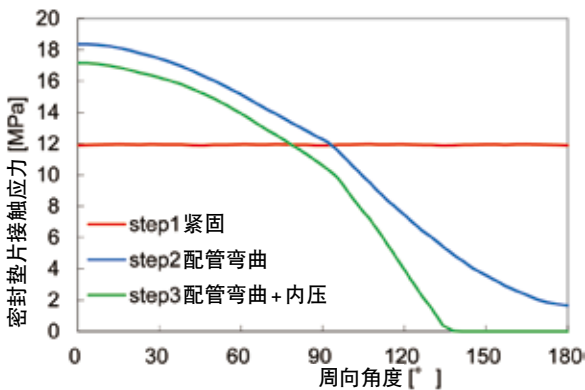


Figure9 各阶段的接触应力分布

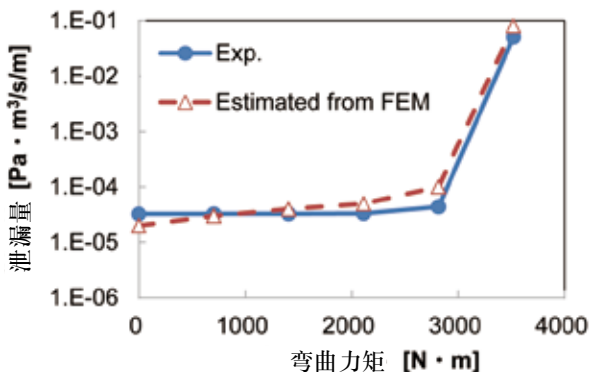


Figure10 配管弯曲作用下的连接件的泄漏量比较

5-3)法兰颈部应力

Figure11显示了产生于法兰颈部的轴向最大主应力和弯曲力矩之间的关系。该图中同时记载了根据ASME提出的方法计算的值(但是,ASME的值为当弯曲力矩为零时的值)²²⁾。从图中可以知道,当弯曲力矩增加时,由实验及FEM应力分析所得的法兰颈部应力值也在增加。实验结果和FEM应力分析结果完美一致,从而确认了本分析的妥当性。

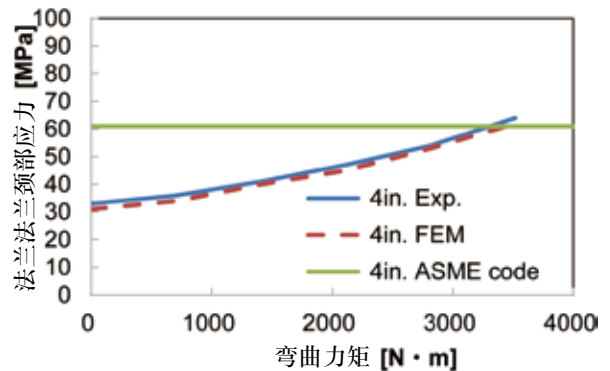


Figure 11 弯曲力矩对法兰颈部应力造成的影响

6. 考察

6-1)连接件公称直径对螺栓轴力特性造成的影响

使用FEM应力分析,对连接件的公称直径对螺栓轴力特性带来的影响进行调查。Figure12显示的是当装入了No.GF300密封垫片的管法兰连接件负荷了弯曲力矩时,增加最多的和减少最多的螺栓轴力的变化。公称直径定为4、8、12、16、20、24inch,条件定为不承受内压。纵横为初始螺栓紧固时的螺栓轴力比,横轴为每根螺栓承受的弯曲力矩。紧固时的密封垫片接触应力为10MPa、承受的最大弯曲力矩M定为 $3500\text{N}\cdot\text{m}$ 。也就是说,公称直径越大,螺栓数N越大,因此M/N的最大值就会变小。因弯曲力矩而承受拉拽的螺栓的数据以实线表示,承受压缩(收缩)的螺栓的数据以虚线表示。从Figure12中我们可以知道,公称直径越小,螺栓轴力受到弯曲力矩的影响越大。也就是说,假设承受相同的弯曲力矩时,则公称直径越小其密封性就越可靠安全。

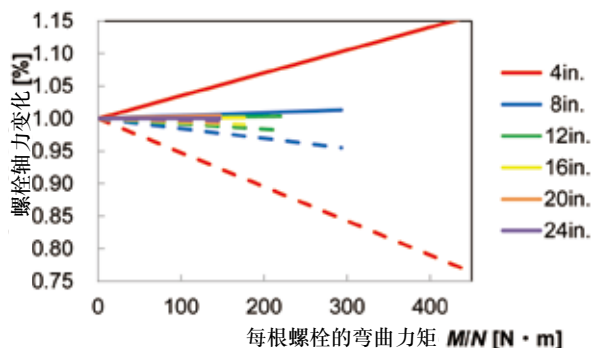


Figure 12 公称直径对承受弯曲力矩的管法兰连接件的螺栓轴力特性造成的影响

6-2) 弯曲力矩和内压承受顺序的影响

Figure 13 显示了弯曲力矩和内压的承受顺序对泄漏量造成的影响。分别按 step1: 紧固、step2: 承受弯曲力矩、step3: 承受内压(红色实线)和按 step1: 紧固、step2: 承受内压、step3: 负荷弯曲力矩(蓝色实线)的 2 中顺序执行泄漏实验, 其结果如 Figure 13 所示。纵轴表示泄漏量, 横轴表示承受的弯曲力矩。在弯曲力矩为 3000N·m 以上时, 当采用 step2: 承受内压、step3: 承受弯曲力矩的顺序时, 虽泄漏量有些许增加, 但基本上在误差范围以内, 其泄漏量的差异极小。故在本实验中, 未发现弯曲力矩和内压的承受顺序会对泄漏量造成明显影响。

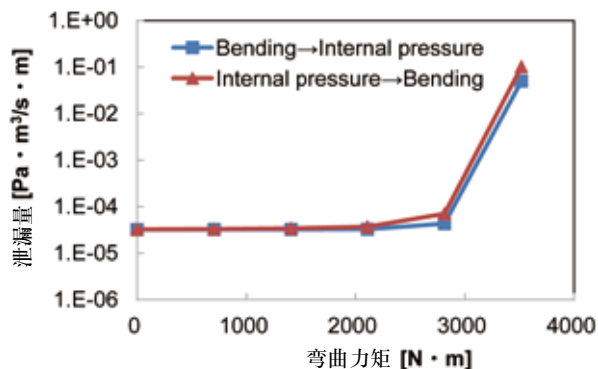


Figure 13 弯曲力矩和内压的承受顺序对密封性的影响

6-3) 弯曲力矩作用位置的影响

如 Figure 14 所示, 针对螺栓配置问题, 对在不同位置承受弯曲力矩时的情况进行研究。Figure 14 (a) 所示的是一

般采用的在垂直方向两侧配置螺栓的条件(模式 A)。Figure 14 (b) 所示的是在垂直位置配置了螺栓的条件(模式 B)。Figure 15 是各模式下的泄漏量和弯曲力矩的关系图。结果显示, 模式 A 的泄漏量比模式 B 的小。

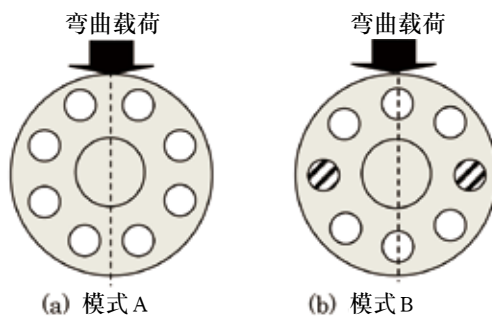


Figure 14 弯曲力矩作用位置

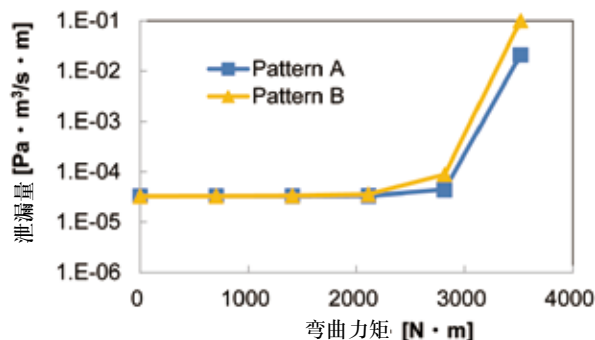


Figure 15 弯曲力矩作用位置对密封性的影响

7. 结语

本报通过实验及 FEM 应力分析对承受配管弯曲的带 PTFE 密封垫片的管法兰连接件的螺栓轴力、法兰颈部应力、密封性等力学特性进行了研究, 并得出了以下结论。

- (1) 使用 FEM 应力分析, 计算出了承受配管弯曲和内压的 4inch 管法兰连接件的密封垫片接触应力。承受配管弯曲时, 接触面的一部分的密封垫片接触应力会下降, 当达到约 3500N·m 时, 接触应力将变为零, 泄漏量将会急剧增大。
- (2) 通过实验和 FEM 应力分析对承受弯曲力矩时的紧固螺栓轴力进行了评价, FEM 应力分析结果与实验结

- 果完美一致。再者，按每根螺栓的弯曲力矩M/N整理后发现，公称直径越大，对配管弯曲的抗性越高。
- (3) 通过由FEM应力分析所得的密封垫片接触应力分布和由实验所得的密封垫片的泄漏量—接触应力分布，对泄漏量进行了预测。其预测结果与实验值基本一致，因此证明了FEM应力分析方法及泄漏量预测方法的妥当性。
 - (4) 通过对弯曲力矩和内压的承受顺序对密封性的影响进行调查，发现承受顺序对于泄漏量并无太大影响。
 - (5) 通过对弯曲力矩作用位置对密封性的影响进行调查，发现一般采用的螺栓位置(模式A)与将螺栓配置在垂直位置的模式B相比，其对于配管弯曲的抗性更好。

8. 参考文献

- 1) T. TAKAKI, K. SATO, Y. YAMANAKA, T. FUKUOKA, "Effects of Flange Rotation on the Sealing Performance of Pipe Flange Connections", ASME PVP Vol.478, (2004), pp.121-128.
- 2) T. SAWA, N. OGATA, T. NISHIDA, "Stress Analysis and Determination of Bolted Preload in Pipe Flange Connections with Gasket under Internal pressure", Transactions of the ASME, Journal of Pressure Vessel Technology, Vol.124, (2002), pp.22-27.
- 3) T. KOBAYASHI, T. NISHIDA, Y. YAMANAKA, "Effect of Creep-Relaxation Characteristics of Gaskets on the Bolt Loads of Gasketed Joints", ASME PVP Vol.457, (2003), pp.111-118.
- 4) 厚生劳动省“劳动安全卫生法施行令等的部分修正法令”，政令第349号,(2008)。
- 5) 日本华尔卡工业株式会社“，密封垫片”，产品目录 No.YC08,(2016)
- 6) K. SATO, A. MURAMATSU, T. KOBAYASHI, T. SAWA, "FEM Stress Analysis and Sealing Performance of Bolted Flanged Connections using PTFE Blended Gaskets under Internal Pressure", PVP2015-45268, Proceeding of ASME PVP 2015 Conference, (2015).
- 7) K. SATO, T. SAWA, T. KOBAYASHI, "FEM STRESS ANALYSIS of Long-term Sealing Performance for Bolted Pipe Flange Connections with PTFE Blended Gaskets under Elevated Temperature", PVP2016-63372, Proceeding of ASME PVP 2016 Conference, (2016).
- 8) T. SAWA, Y. TAKAGI, K. SATO, Y. OMIYA, H. DOI, "Effects of scattered bolt preload on the sealing performance of pipe flange connection with gaskets under external bending moment and internal pressure", PVP2012-78411, Proceeding of ASME PVP 2012 Conference, (2012).
- 9) Y. Takagi, H. Torii, T. Sawa, K. Funada, "Evaluation of Sealing Performance of Pipe Flange Connection Subjected to External Bending Moments", PVP2009-77494, Proceeding of ASME PVP 2009 Conference, (2009).
- 10) F. Ando, T. Sawa, M. Ikeda, and T. Furuya, "Assessing Leakage of Bolted Flanged Joints under Internal Pressure and External Bending Moment", Proceeding of ASME PVP 1998 Conference, 376, pp.39-44, (1998).
- 11) TTRL Tightness Testing and Research Laboratory, "Room temperature external bending moment tightness test (ROBT) on the selco seal 4" cl 150 lb 316SS/GORE-TEX gasket style", 1996.
- 12) W. J. Koves, "Analysis of Flange Joints Under External loads", Journal of Pressure Vessel Technology, Vol.118, pp59-63,(1996).
- 13) W. J. Koves, "Design for Leakage in Flange Joints under External Loads" PVP2005-71254, Proceeding of ASME PVP 2005 Conference, (2005).
- 14) E. C. Rodabaugh, S. E. Moore, "Evaluation of the Bolting and Flanges of ANSI B16.5 Flanged Joints - ASME Part A Design Rules", (1976).
- 15) C. J. Dekker, H. J. Brink, "External flange loads and 'Koves' -method", International Journal of Pressure Vessels and Piping, Vol.79, pp145-155, (2002).
- 16) W. Brown, "Improved Analysis of External Loads on Flanged Joints" PVP2013-97814, Proceeding of ASME PVP 2013 Conference, (2013).
- 17) ANSI/ASME B 16.5, "Pipe Flanges and Flanged Fittings", (1996).
- 18) 日本工业标准JIS B 2251“法兰接头紧固方法”,(2008)。
- 19) Japanese Industrial Standards. JIS B 2490 "Test method for sealing behavior of gaskets for pipe flanges", (2008).
- 20) Y. OMIYA, T. SAWA, Y. TAKAGI, "Stress Analysis and Design of Bolted Flange Connections under Internal Pressure", PVP2014-28606, Proceeding of ASME PVP 2014 Conference, (2014).

21) Y. OMIYA, T. SAWA, "Stress Analysis and Sealing Performance Evaluation of Bolted Pipe Flange Connections with Smaller and Larger Nominal Diameter under Repeated Temperature Changes", PVP2014-28730, Proceeding of ASME PVP 2014 Conference, (2014).

22) ASME Boiler & Pressure Vessel Code Section VIII Division 1 "Rules for construction of Pressure Vessels" App.2, (2004).



佐藤广嗣
研究开发本部
第1商品开发部

泽 俊行 广岛大学
森本 吏一 三菱化学株式会社
小林 隆志 沼津工业高等专科学校
元野 雄太 研究开发本部 第1商品开发部

改良EPDM材料的高温环境特性的评价

1. 前言

之所以会对改良EPDM材料(本公司调配No. H3070)的高温环境特性进行评价,是因为有如下所述的需求。对于反应堆压力容器(以下称之为“PCV”)的密封材料而言,需要一种即使在200℃的高温蒸汽和数百kGy的高辐射剂量双重作用的重大事故时(以下称之为“SA时”)的环境下,也能维持密封性能的密封材料。

迄今为止在PCV中使用的密封材料一般都是耐热性出色的硅橡胶及氟橡胶材料,但在200℃的高温蒸汽、数百kGy的高辐射剂量双重作用的环境下,出于聚合物结构上的问题,水解会造成分子量下降,暴露在γ线等高能线下会造成低分子量的加剧,因此可能会出现密封性能丧失,因此必须要更换其他新材料¹⁾。

而作为新材料提出的,就是以高温蒸汽环境下使用为预设条件而研发的改良EPDM材料。迄今为止,已经进行了各种各样的评价来确认其密封健全性。在进行确认健全性的评价时,我们可在SA时确保对PCV的放射线物质实现密封为目标,设定了200℃、0.854MPa高温蒸汽环境这一基本条件,并在此条件下实施了各种试验。实验结果表明,在上述环境下,该材料具备足够的密封性能²⁾。

Figure1所示为根据改良EPDM材料的数据及现有密封材料硅橡胶、氟橡胶的过往评价结果,对特性的图示。横轴为蒸汽温度、纵轴为辐射剂量。硅橡胶及氟橡胶在SA时的环境下,难以维持密封功能。与之相对的,改良EPDM材料即使在200℃以上的高温蒸汽及γ线800kGy以上的环境下,也能维持其密封功能。

如上所述,证明了改良EPDM材料非常适合SA时的环境,将它选作了PCV的新密封材料。有鉴于此,确认改良EPDM材料的密封功能的极限环境,检验在SA时的环境下的优势就变得极为重要。因此,我们还决定在远远超过SA时的环境的高温环境下进行评价。

评价方法如下:实施对检验密封寿命非常有效的压缩

永久变形试验和通过模拟实机法兰的小型法兰实施泄漏试验,以此来确认密封健全性。

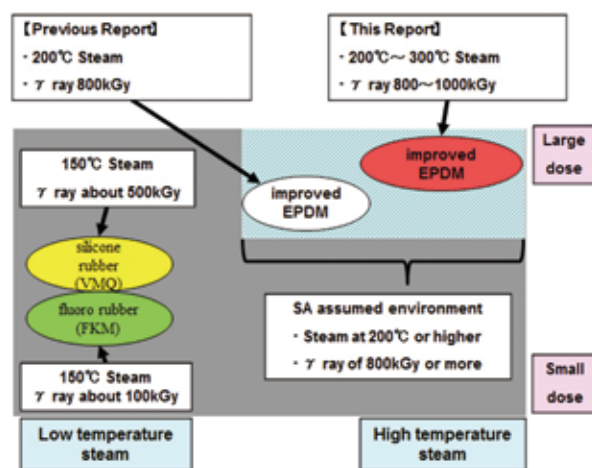


Figure1 密封材料的一般特性图

2. 评价

2-1) 设定评价温度所需的预备试验

该评价的目的是确认改良EPDM材料的密封极限,故将材料不会发生具有实际意义的变化的温度设为上限进行评价。方法为通过热重量分析进行判断。Figure2中,紫色的曲线为热重量减小率,从超过300℃的温度带开始发生重量减少,故而可认为到300℃为止,主骨架构造不会发生大的变化,因此进行了上限300℃的健全性确认。

2-2) 评价方法

2-2-1) 压缩永久变形试验

使用2种评价方法,对300℃环境下的健全性进行了确认。其中之一便是采用了在确认密封寿命时非常有效的压缩永久变形试验。

测定方法依据JISK6262:2013“硫化橡胶及热可塑性橡

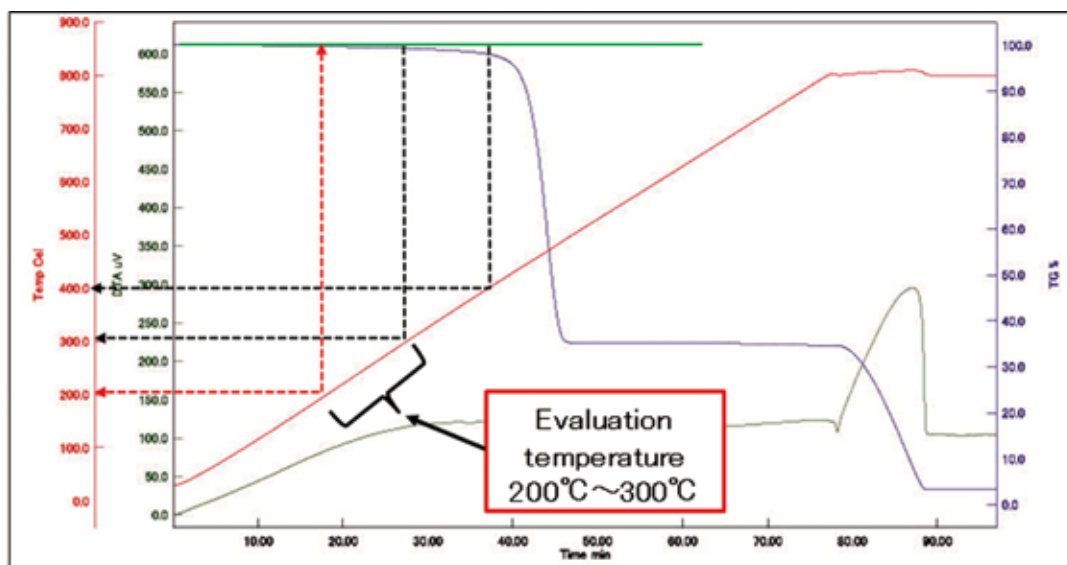


Figure2 热重量分析结果

胶-常温、高温及低温下的压缩永久变形的求法”。试样形状采用JIS大型试验片(直径φ29mm、厚度12.5mm圆柱状试验片)，压缩率设定为25%。

压缩永久变形是将高温环境下、在压缩状态下使用时产生的塑性变形(并不一定局限于高温环境)加以数值后的概念。当从压缩状态中释放后，将完全恢复至原状的情况设为0%，将完全没有任何恢复的设为100%，并将其定义为最糟的状态。橡胶的老化是因化学反应所致，因此如Figure3所示，设横轴为时间、纵轴为压缩永久变形率后，就可预测出到达规定变形为止的时间。

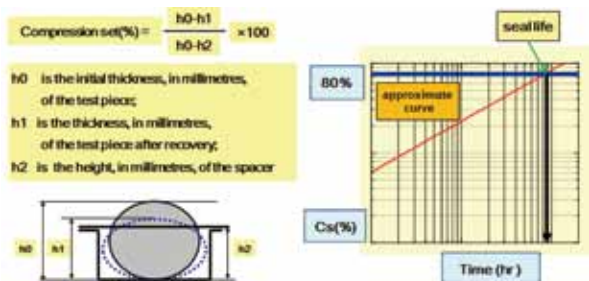


Figure3 压缩永久变形试验及寿命预测图

评价条件如Table1所示。根据SA时的环境，在饱和蒸汽环境、γ辐射剂量800~1000kGy、温度200~300°C的条件下实施评价。但是，假定SA时PCV内环境为上限0.854MPa，但由于本次是在饱和蒸汽条件的环境下实施

试验的，故施加于试样的压力会特别高(200°C的饱和蒸汽压1.6MPa、300°C的饱和蒸汽压8.6MPa)，因此比SA时的PCV内环境更为严苛。

Table1 压缩永久变形试验条件

Test No.	Radiation dose	Environ	Temp	Time
	kGy	-	°C	hr
1-1	800	Steam	200	24
1-2	800	Steam	200	72
1-3	800	Steam	200	168
2-1	800	Steam	225	24
2-2	800	Steam	225	72
2-3	800	Steam	225	168
3-1	800	Steam	250	24
3-2	800	Steam	250	72
3-3	800	Steam	250	168
4-1	1000	Steam	265	72
4-2	1000	Steam	265	168
4-3	1000	Steam	265	336
5-1	1000	Steam	280	168
6-1	1000	Steam	300	24
6-2	1000	Steam	300	72
6-3	1000	Steam	300	168

2-2-2)通过小型法兰实施的泄漏试验

第2种评价方法为通过小型法兰实施的泄漏试验。为了确认能够在SA时的温度、压力下维持密封功能，故采用了模拟实机法兰的小型法兰。小型法兰简图见Figure4，小型法兰尺寸见Table2。法兰槽截面形状及截面尺寸与实

际机器相同，此外密封垫片的截面形状及截面尺寸也相同。SA时，因内压作用PCV法兰会发生开口问题。为了模拟这一现象，我们在小型法兰内的平滑部插入了调整隔片以便调整开口量，使用He从小型法兰的内侧加压，可实现在模拟实机环境状态下的泄漏试验。

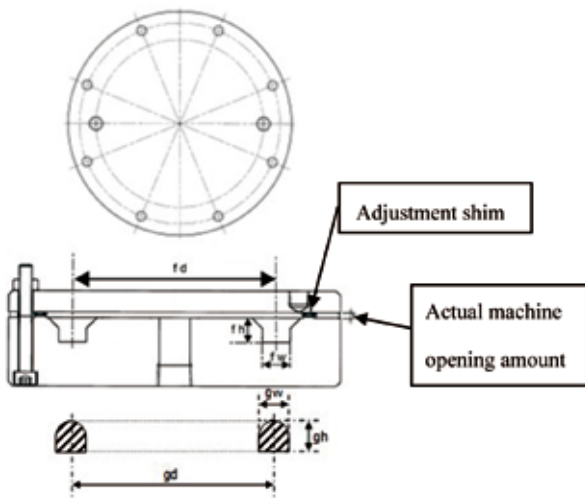


Figure 4 小型法兰简图

Table 2 小型法兰尺寸

	Seal material dimensions			Groove dimensions			Opening amount
	Center diameter (gd)	Width (gw)	Height (gh)	Center diameter (fd)	Width (fw)	Height (fh)	
Small flange	Shrink actual machine	Same dimension as actual machine	Same dimension as actual machine	Shrink actual machine	Same dimension as actual machine	Same dimension as actual machine	Actual machine opening amount

Table 3 泄漏试验条件

Test No.	Radiation dose kGy	Heating				
		Exposure environment			Test environment	
		Environ	Temp °C	Time hr	Environ	Temp °C
7-1	1000	Steam	280	168	Dry	280
8-1	1000	Steam	300	168	Dry	300

试验条件如Table3所示。在法兰温度到达规定温度后，使用1MPa的He加压10分钟，以此判断有无泄漏。当此试验中发生了He泄漏时，可从法兰外侧确认到泄漏，故可通过水中置换法收集泄漏的He，以此计算出He的单位时间的泄漏率。试验装置概要如Figure5所示。

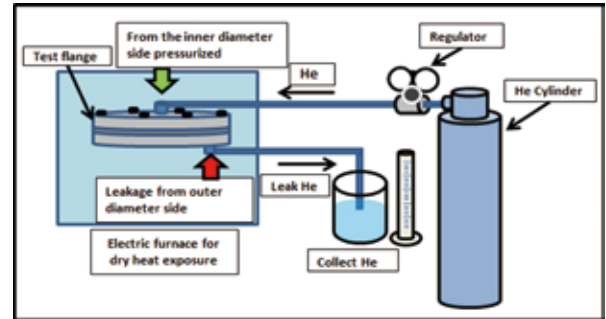


Figure 5 小型法兰泄漏试验装置概要

3. 评价结果

3-1) 压缩永久变形试验

压缩永久变形试验的结果如Table4所示。Table4中的“Cs”表示压缩永久变形率，当温度一定时，压缩永久变形率会随着时间的增加而增加；当时间一定时，它会随着温度的上升而增加。

Table 4 压缩永久变形试验结果

Test No.	Radiation dose kGy	Environ	Temp °C	Time hr	Cs %
1-1	800	Steam	200	24	10
1-2	800	Steam	200	72	11
1-3	800	Steam	200	168	16
2-1	800	Steam	225	24	10
2-2	800	Steam	225	72	15
2-3	800	Steam	225	168	18
3-1	800	Steam	250	24	13
3-2	800	Steam	250	72	16
3-3	800	Steam	250	168	22
4-1	1000	Steam	265	72	25
4-2	1000	Steam	265	168	34
4-3	1000	Steam	265	336	38
5-1	1000	Steam	280	168	53
6-1	1000	Steam	300	24	47
6-2	1000	Steam	300	72	67
6-3	1000	Steam	300	168	84

条件最为严苛的300°C 168小时的试验片(TestNo.6-3)的外观照片如Figure6所示。虽未在侧面确认到异常，但密封面的中央附近却发现了凹陷，故将该试样切开，对截面进行了检查确认。凹陷的原因是因内部发生的龟裂所致，但为贯穿到密封面。而发生龟裂的原因可能是因高压饱和蒸汽减压时，压缩蒸汽的突然急剧的膨胀所致。具体原因是，由于是在300°C饱和蒸汽环境下进行的评价，因此承受了8.6MPa的蒸汽压，而进入橡胶之中的蒸汽也出

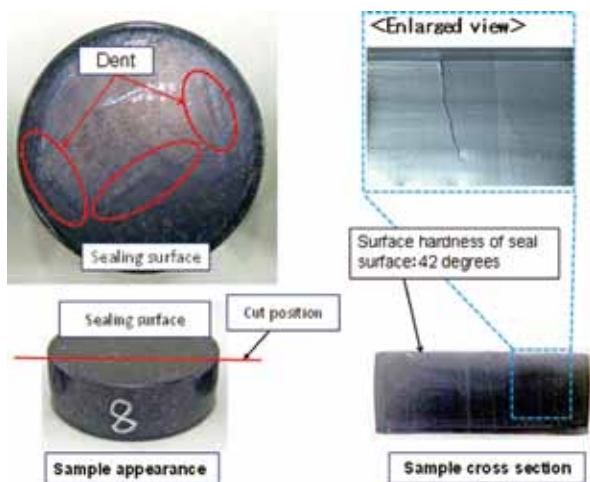


Figure6 Test No 6-3 试验后试样照片

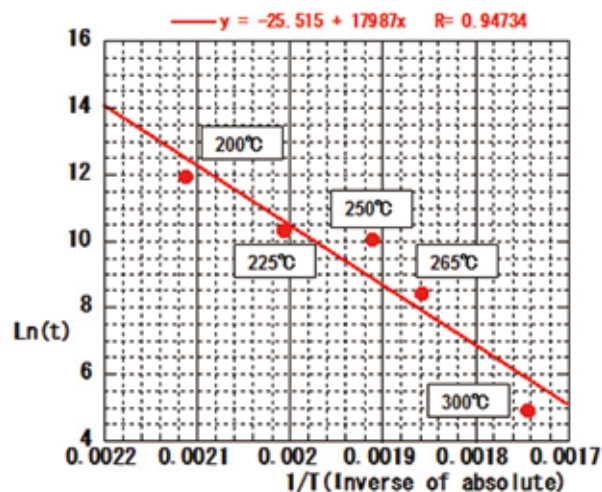


Figure8 基于 200~300℃ 的数据的阿利纽斯作图法

于被压缩的状态之下，当评价结束时从压力容器中释放高压蒸汽时，便发生了急剧性的减压，受此影响，橡胶中被压缩的蒸汽发生急剧碰撞，这最终导致了橡胶发生龟裂。

但是，本次的龟裂是因评价设备的物理原因所致，而SA时的压力上限值为0.854MPa，故在实际SA时，应该不会发生龟裂。

有极高的相关系数，且近似曲线的倾斜也相当类似。此外，Figure8是针对各温度，按一般可以确保密封功能的80%的压缩永久变形率³⁾的时间进行整理的结果(阿利纽斯作图法)，这里也具有极高的相关系数且可能近似直线。

热老化是由化学反应所引起，故老化程度会随投入的热能量而加剧。但处于并没有大幅超过材料极限的温度带时，且评价环境较为稳定时，应会显示比较规则的老化特性。

因为，本次的200℃~300℃饱和蒸汽环境下，其老化与化学反应论相符，并非突发性的异常老化，故为可预测寿命的老化。

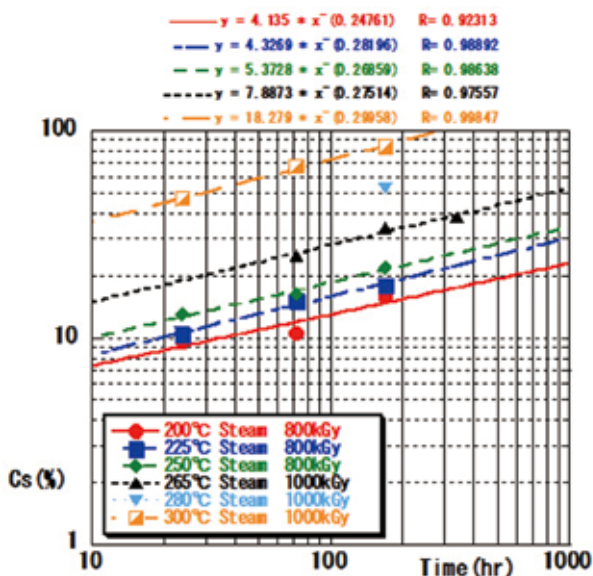


Figure7 压缩永久变形试验结果图

Figure7对压缩永久变形的结果进行了图表化。横轴为时间、纵轴为压缩永久变形率，绘制所得的数据后，就可得到各种温度下的近似曲线。如Figure7所示，它们都具

3-2)通过小型法兰实施的泄漏试验

通过小型法兰实施的泄漏试验的结果为：在280℃及300℃的温度下、暴露于饱和蒸汽环境下168小时后，未从试样上发现泄漏问题。

评价结束后，对小型法兰进行了拆解，并确认检查了密封垫片的外观。Figure9所示为在280℃温度下暴露168小时后的试样照片，未见外观异常。同样，在300℃的温度下，暴露168小时后的试样上，虽在周向上确认到部分龟裂，但也未见可对泄漏造成影响的内外径方向上的龟裂或破损。上述龟裂与压缩永久变形试验的内部龟裂相同，应该是因突然急剧性的减压所引起的压缩蒸汽的急剧膨胀所致。

因此，在280℃、300℃的饱和蒸汽环境下，在168小时这个阶段，并无具有实际意义的密封材料的破损等问题，故认定可以维持密封功能。



Figure9 Test No. 7-1 泄漏试验后试样照片

4. 总结

下面根据高温饱和蒸汽环境下的压缩永久变形试验及通过小型法兰实施的泄漏试验，对结果进行总结。

- 改良 EPDM 材料(本公司调配 No. H3070)在 200℃ ~ 300℃ 时的老化特性为同一原理，因温度变化而发生突发性异常老化的可能性较低。
- 根据通过小型法兰实施的泄漏试验的结果，在 300℃ 饱和蒸汽 168 小时的条件下，未见泄漏。

- 根据上述内容，可确定其在约 300℃ 以内的饱和蒸汽环境下，是可以稳定使用的密封材料。

5. 结语

根据本评价，若限定在该环境下，则 EPDM 材料是即便在 300℃ 这一极为严苛的环境下，也能维持密封功能的材料。通过此次研究，我们又一次深切地感受到了不被先入为主的观点和一般常识所影响的自由的开发、验证，以及倾听用户的声音是多么重要的一件事。今后，我们将继续努力进取，绝不满足于现状，以便能够提出更多这样的报告。

此外，本次报告对在 2017 年日本原子能学会 秋季大会上发表的内容作了部分编辑。

在本报刊载之际，借此机会对给予我们许多帮助的中部电力株式会社的各位表示衷心的感谢。

6. 参考文献

- 1) 伊藤 浩史“，真空弹性体的抗辐射性调查”第 27 届线性加速器技术研究会，7P-19
- 2) 铃木 宪：华尔卡技术志，No.30, 14-19(2016)
- 3) 川村 敏夫“，O 形圈的寿命和可靠性”，华尔卡评论 Vol26, 1982



铃木 宪
研究开发本部
第 1 商品开发部

松田 真一 中部电力株式会社
杉村 卓哉 中部电力株式会社

密封垫片的选择指南以及 选择错误时及其对策

1. 前言

密封材料在工厂设备中所发生的问题原因如Figure1所示，多数为“施工不良”和“选择不良”，以前曾介绍过，因选择不良而引发的问题占整体的1/4左右。¹⁾。要想使密封材料的性能得到充分的发挥，就必须作出正确选择。

本报将对选择密封垫片时的思路、选择方法、因选择失误所造成的问题示例及其对策进行说明。

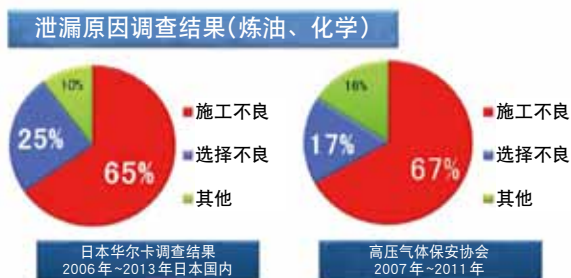


Figure 1 泄漏原因调查统计例

2. 密封垫片的选择指南

2-1) 选择密封垫片的思路

要在各种各样的密封垫片的使用条件中，选择合适的密封垫片，就必须在掌握众多条件的基础上进行判断。首先，我们将在选择时需要考虑的条件列在Figure2中。

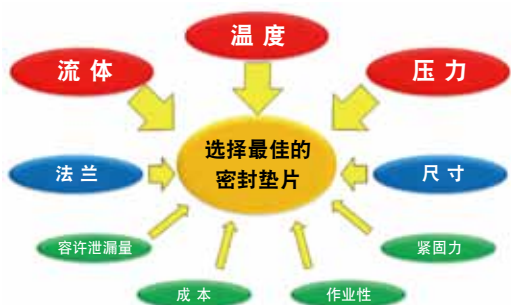


Figure2 密封垫片的选择条件

上述条件中，尤其需要重点考虑的是“流体”、“温度”和“压力”。这3个条件是选择时不可或缺的必须信息。

接着，需要确认法兰形状及尺寸(直径、厚度、宽度)。比如：形状怪异或密封宽度极端狭窄时，则不能使用缠绕式密封垫片，而应使用板材密封垫片或其他密封垫片。其中，也有制作非标尺寸的密封垫片或更改法兰的情况。

此外，在选择密封垫片时还应考虑的项目还有容许泄漏量、紧固力以及成本和作业性等因素。降低容许泄漏量等，重视性能时，产品成本就可能会上升。因此，必须在考虑优先条件的基础上，选择最佳、最合适的密封垫片。

再者，在上述项目以外，还应考虑的条件为密封垫片的使用位置。根据用途和装置，可以使用的密封垫片会受到一定的限制。Table1所示的是，各种装置、机器中经常使用的密封垫片²⁾。比如，用于泵的外壳等设备的密封垫片，其形状较为复杂，且大都使用的是厚度较薄的密封垫片，因此就不能选择那些无法符合此种需求的密封垫片。此外，在制造工艺上的重要位置、万一发生泄漏时会对周围造成重大影响的位置等，都必须选择可靠性更高的密封垫片材质。

Table1 密封垫片和使用设备

密封垫片的种类	装置、机器				
	配管	热交换器	阀门	塔釜式反应器	泵
无石棉橡胶垫片	◎	◎	◎	◎	◎
膨胀石墨密封垫片	○	△	○	△	○
PTFE包裹密封垫片	◎	○	○	◎	○
含填充材的PTFE密封垫片	◎	○	◎	◎	○
缠绕式密封垫片	◎	◎	◎	◎	◎
贴膨胀石墨的带槽金属密封垫片	○	◎	△	○	△
金属包覆密封垫片	○	◎	○	○	△
金属扁平密封垫片	△	○	△	○	△
锯齿形密封垫片	△	○	△	○	△
金属环形垫片	◎	△	◎	◎	△

符号说明 ◎：使用频率高的密封垫片
○：使用的密封垫片
△：使用频率低，某些条件下可使用

2-2)选择密封垫片的步骤

选择密封垫片的流程如Figure3所示。此外，各STEP的详细内容，请见后文。



Figure3 选择密封垫片的条件

STEP 1 区分流体

根据使用流体的种类，确认流体分类。本公司将流体分为以下10类。各分类的代表性流体汇总于Table2中。

Table2 流体分类和代表性流体

流体分类	代表性流体
① 水、热水、水蒸气	清水、工业用水、温水、热水、水蒸气、过热蒸汽、锅炉供水、排水、城市排水、污水等
② 原油、酒精、动植物油、传热油等	原油、石脑油、油气、汽油、轻油、煤油、重油、焦油、燃油、润滑油、一般矿物油、工作油、甲醇、乙醇、乙二醇、甘油、动植物油、传热油等
③ 一般溶剂、弱酸、弱碱等	一般性溶剂、芳香族碳氢化合物(B、T、X等)、酮类、胺类、醚类、酚醛类、丙烯腈类等 醋酸、甲酸、草酸、柠檬酸、硼酸、磷酸等 氨、碳酸钠等
④ 强酸、强碱	硫酸、硝酸、盐酸、高锰酸等 氢氧化钠、氢氧化钾、氢氧化钙 氢氧化钡、氢氧化锂、黑液等
⑤ 空气、氮气、惰性气体等	空气、氮气、氨、氫、氦等
⑥ 废气	废气
⑦ 可燃性气体	氢、甲烷、乙烷、丙烷、丁烷、乙烯、乙炔、丙烯等
⑧ 有毒气体	氨、一氧化碳、碳酰氯、二氧化硫 氯乙烯、醋酸乙烯、氧化亚甲、氟、氯、溴、碘、硫化氢、亚硫酸气体等
⑨ 氧等	氧、臭氧、液态氧
⑩ 极低温流体	LNG、LPG、液体氮、液态氢、液态乙烯、液态氩等

STEP 2 压力、温度适用范围表

选择符合流体分类的压力、温度选择图，根据压力、温度选择可使用的密封垫片。比如：流体为水蒸气、压力1MPa、温度180℃时，流体分类为①水、热水、水蒸气。该选择图如图Figure4所示。压力和温度条件相交的位置为②，选择高性能板材密封垫片。

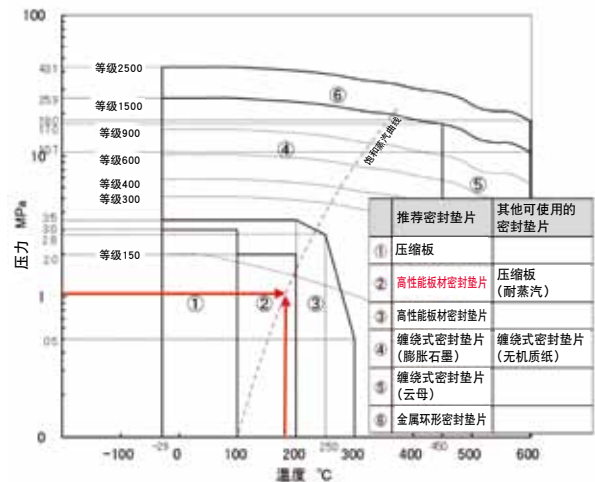


Figure 4 水、热水、水蒸气的温度压力选择图

STEP 3 流体适合表

对于在STEP2中选择的密封垫片是否适合使用流体，在流体适合表中作进一步确认。如何不适合，则返回STEP2，选择“其他可使用的密封垫片”或选择上一档的密封垫片。举例如下：①水、热水、水蒸气的流体适合表如Table3所示。根据STEP2中所示的条件，流体为水蒸气，可判断为选择的高性能板材密封垫片可适用。

Table 3 水、热水、水蒸气的流体适合表

流体分类 Fluid Segment	流体种类 Type of Fluid	流体名称 Fluid	高性能板材密封垫片														
			UF300	MF300	GF300	SP300	6000 · 6030 · 6500AC	6502 · 6603 · 6503AC	7010 · 7103AC (Zene · ZeneS)	7020	7046	VF-30 · VF-3BE	6580 Series 6590 Series 6590T Series	7390 Series	M300 Series M350 Series M390 Series	N700 Series (reference)	
			① 水、热水、水蒸气 Water, Hot Water, Steam 中性和微酸性水溶液 Neutral and slightly acidic aqueous solutions	温水、热水、锅炉供水 warm water · hot water · boiler feedwater		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	清水、工业用水 clear water · industrial water		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	水蒸气、过热蒸汽 steam · superheat steam		○	○	○	○	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	排水、城市排水、污水 drain · municipal effluent · dirty water		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	氯化钙 calcium chloride		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	氯化钠 sodium chloride		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	海水 seawater		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	硝酸钠 sodium nitrate		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	氯化钠 sodium fluoride		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	硫酸钠 Sodium sulfate		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

STEP 4 法兰的适合性

确认法兰的密封垫片接合面的形状是否适合。各法兰接合面的软质密封垫片的适合性见Table4, 缠绕式密封垫片对法兰及公称压力、直径的适合性见Table5。

Table4 法兰接合面和软密封垫片之间适合性

密封垫片		法兰接合面的种类			
种类	形状	平面	凸面	凹凸面	榫槽面
压缩板/高性能板材密封垫片 氟树脂密封垫片(含填充材)	FF	●	●	—	—
	FR	●	●	●	●
氟树脂密封垫片 (单体)	FF	—	—	—	—
	FR	—	—	● 最大 16K	● 最大 20K
氟树脂包覆密封垫片	FF	▲	—	—	—
	FR	●	●	—	—
膨胀石墨密封垫片	FF	▲	—	—	—
	FR	●	●	▲	▲

Table5 法兰接合面和缠绕式密封垫片之间的适合性

26~60B	1/2~24B	公称直径 密封垫片接合面	公称压力 等级 150	等级 300~600	等级 900~1500
附内外环	附外环 ⁽¹⁾⁽²⁾	凸面		附内外环	
		(平面)		附外环 ⁽¹⁾⁽²⁾	
附内环		凹凸面		附内环	
		榫槽面			基本形
基本形 ⁽³⁾					

注(1) 填料为膨胀石墨及PTFE时, 建议附内外环

(2) 流体为单体时, 建议附内外环

(3) 大口径时, 为了操作上的方便性, 建议附内环

STEP 5 密封垫片的形状、尺寸

最后决定密封垫片的形状、尺寸, 确认是否可以制作。如不能制作, 则即刻返回STEP2, 重新选择。

另外还要确认密封垫片的紧固力是否合适。对于紧固、拆卸作业的便利性、经济性、市场上的人手性(交货期)等问题, 在考虑好哪项优先的基础上进行选择。

此外, 通过流体、温度、压力条件选择密封垫片时, 可以通过本公司的“密封垫片”产品目录(No.YC08)及密封垫片选型网站“Seal Quick Searcher[®]”(密封快速搜索)进行选择³⁾。

2-3)选择时, 需要引起注意的流体

以下流体, 在选择时需要特别注意。

- ① 氧气、助燃性气体: 应该避免选择使用了可燃性材料的密封垫片。建议选择PTFE填料的缠绕式密封垫片或PTFE类密封垫片、铜制包覆密封垫片、金属扁平密封垫片。
- ② 聚合性单体: 在苯乙烯单体、氯乙烯单体等的聚合性单体中使用压缩板、PTFE类密封垫片时可能会发生问题。建议选择附内外环的缠绕式密封垫片或金属密封垫片。
- ③ 含泥浆的流体: 使用软质密封垫片时可能会因侵蚀而导致破损或泄漏。建议选择附内外环的缠绕式密封垫片或金属密封垫片。
- ④ 传热油: 使用压缩板时, 可能会因橡胶粘合剂老化而发生泄漏。此外, 因其渗透性较强, 故长期使用无石棉填料的缠绕式密封垫片可能会发生泄漏。建议选择膨胀石墨的板材密封垫片或膨胀石墨填料的缠绕式密封垫片。
- ⑤ 放射性流体: PTFE的抗辐射能力较弱, 不建议使用。膨胀石墨具有 1.0×10^6 Gy的抗辐射能力。建议确认辐射剂量后再行选择。

2-4)厚度选择

板材密封垫片的垫片厚度和垫片特性之间的关系见Table6所示。垫片厚度越厚, 压缩量就越大, 就越能吸收法兰的变形和起伏。相对的, 垫片厚度越薄, 渗透泄漏就越小, 密封性就越高, 而且因其蠕变松弛较小, 故可保持长期的稳定性。在压缩断裂特性方面, 厚度较薄的垫片对外力的抵抗强度更高。综上所述, 基本上我们推荐使用厚度较薄的密封垫片。但是, 若为法兰面起伏或变形较大的大口径法兰、或因长期使用而致使法兰面变得粗糙的法兰, 则出于吸收变形的需要, 建议使用厚度较厚的密封垫片。

Table6 垫片厚度及特性(板材密封垫片)

特性	垫片厚度	
	薄	厚
压缩量	大	小
密封性	高	低
蠕变松弛	大	小
压缩断裂面压	高	低

3. 因选择错误造成的问题事例及其对策

过去曾经介绍过因流体的不适合而引发的问题事例⁴⁾。下面将介绍除此以外的因选择错误而造成的问题事例。

3-1) 压缩板的热老化

压缩板的构成材料中含有橡胶粘合剂。因此,当在超过100℃的温度条件下时,橡胶粘合剂会出现硬化,从而导致垫片整体出现硬化。在此状态下,若受到了追加紧固或配管应力等外力作用,则可能会出现如Figure5所示的开裂问题。为了安全起见,如需进行追加紧固,则压缩板一般需在100℃以下使用。此外,如在100℃以上的条件下使用,则建议选择不含橡胶粘合剂的高性能板材密封垫片No.GF300等垫片。



Figure5 压缩板的硬化开裂

另一方面,在机器用途方面也有如下的使用例子。即将其厚度减薄,使其不易发生应力松弛,并在初始紧固面压30MPa以上实施管理,以便控制泄漏和减轻老化问题⁴⁾。在100℃以上的环境中使用时,建议遵守以下事项,以便可以不用追加紧固。

- ① 将垫片厚度控制在1.5mm以下。
- ② 涂覆密封膏。
- ③ 使紧固面压在30MPa以上。
- ④ 用于不易负荷配管应力的位置或容易更换的位置。
- ⑤ 建议使用垫片外径尺寸为螺栓内切尺寸的密封垫圈,以便提高密封垫片紧固面压。

3-2) 氟树脂类板材密封垫片的变形

氟树脂类的密封垫片,即使是在常温下也较容易发生蠕变松弛,尤其是使用氟树脂单体的密封垫片时,需要注意由蠕变松弛所导致的变形。因此,在使用氟树脂单体的

密封垫片时,原则上建议使用榫槽面的法兰。

此外,氟树脂的蠕变松弛在高温条件下会更加活跃,会变得容易发生如Figure6所示的因软化而导致的变形。因此,如在温度超过100℃左右的高温条件下使用,请建议选择添加了填料而减少了氟树脂的量的密封垫片,以此来减轻蠕变松弛的程度。



Figure6 氟树脂板材密封垫片的变形

3-3) 缠绕式密封垫片的变形

缠绕式密封垫片的填料为膨胀石墨及PTFE时,当使用附外环的缠绕式密封垫片时,因填料的滑动可能会导致如Figure7所示的内径侧出现压曲变形的情况,从而导致密封性下降。因此,当填料为膨胀石墨及PTFE时,建议选择附内外环的缠绕式密封垫片。

此外,当流体为单体时,为抑制渗透、聚合,也建议选择附内外环的密封垫片。



Figure7 缠绕式密封垫片的变形

3-4)因尺寸设定错误导致的问题

一般而言,需要进行适合法兰尺寸的密封垫片的尺寸设定,若使用了不合法兰尺寸的密封垫片,则可能会出现泄漏问题。比如,当使用的密封垫片的尺寸比凸面法兰的适用尺寸小时,密封垫片将无法正确居中,从而出现如图8所示的偏芯状态,此时就会发生密封垫片的局部接触宽度狭窄的问题。而此问题可能会导致接触宽度狭窄位置无法承受内压,最终出现向外径侧挤压从而变形或断裂的情况。此外,偏芯也可能导致密封垫片本身嵌入配管内径之中,从而出现密封垫片破损导致泄漏的问题。

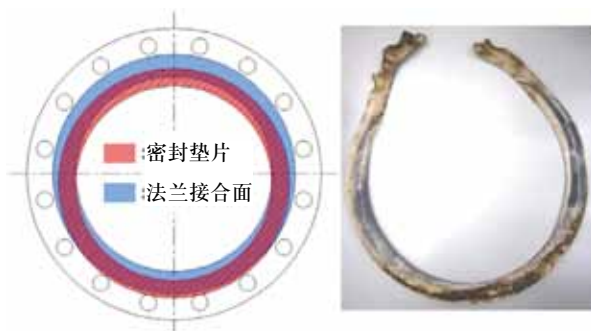


Figure8 因密封垫片偏芯导致的变形

3-5)因腐蚀引发的问题

密封垫片引起的腐蚀,首先有“间隙腐蚀”。这种腐蚀是因流体渗入密封垫片和法兰间的间隙或渗入密封垫片本身,因流体中的氯离子等发生作用而发生的腐蚀。尤其是当为氯离子较多的海水时,使用不锈钢法兰时多有发生。法兰和密封垫片的接触面的内径侧的紧固面压较低,容易出现微小的间隙。当含有氯离子的流体渗入不锈钢法兰和密封垫片间的间隙中或渗入密封垫片内部后,不锈钢将因钝化膜的形成反应导致形成氧浓差电池,而这将造成pH下降和氯离子浓度上升。这将导致法兰金属的快速溶解,也就是发生间隙腐蚀⁵⁾。为了防止此类间隙腐

蚀,行之有效的手段是使用低氯的密封垫片或涂覆防腐蚀膏(密封膏)以避免出现间隙。此外,在紧固方面还有密封垫片的高面压负荷、法兰变形的补偿、法兰接合面的平滑处理等应对方法。

除此以外,还有发生于不同金属法兰之间的接合部的“电腐蚀”。当离子化倾向不同的金属接触时,在浸泡在电解液中时两种金属之间就会产生电位差,形成原电池,离子化倾向较低的金属就会发生腐蚀。当在不同金属之间的法兰接合部使用金属等容易导电的密封垫片时,可能会形成电池,从而发生法兰腐蚀的现象。为了防止这种现象的发生,需要对法兰接头作绝缘处理。氟树脂包覆密封垫片等的氟树脂类的密封垫片都是绝缘性较高的密封垫片。除密封垫片外,为了螺栓部位的绝缘,还建议使用绝缘螺栓。

4. 结语

本文对选择密封垫片时的思路、选择方法、因选择失误所造成的问题示例及其对策进行了说明。对于此处未能详细介绍的密封垫片选型,请使用本公司的“密封垫片”产品目录(No.YC08)及密封垫片选型网站“Seal Quick Searcher[®]”(密封快速搜索)³⁾。如有上述未有记载的选型条件,则请咨询本公司。掌握正确的产品选型的思路和步骤,作出正确的选择,就能防止因密封垫片所引起的泄漏问题。希望本报能给大家提供一些参考。

5. 参考文献

- 1)池田 隆治: 华尔卡技术志. No.31, 2-7(2016)
- 2)华尔卡手册. 92(2011)
- 3)江西 俊彦: 华尔卡技术志. No.32, 22-25(2017)
- 4)江西 俊彦: 华尔卡技术志. No.33, 2-3(2017)
- 5)西田 隆仁: 现代密封垫片概论. 87(2015)



松下 明日香
营业本部
技术解决方案组

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

1. 前言

螺栓紧固作业中可以使用的紧固工具有许许多多，根据使用的环境、所需的紧固精度，选择合适的工具并正确使用该工具，就能减轻作业负担、提升紧固精度和作业效率，并能提升安全性。

除了工厂设备建设时需要螺栓的紧固作业，在保养检修时同样需要螺栓的紧固作业。但是由于螺栓紧固作业的管理难度大，即使是现在，很多时候依然都是依靠工作人员的感觉和经验在进行的。此外，在熟练工不断减少的同时，虽为造成工厂设备发生泄漏及火灾等事故的重大原因，但却没有对同为一个系统内的紧固工具的选择及使用方法进行培训和教育。近年来，许多国家都制定了法兰紧固作业的资格认定制度¹⁾，在防止泄漏方面取得了一定的成果。但是在日本国内，目前还是依赖于设备所有人或工程公司的判断。

本公司的主营业务是销售和出租那些单靠人力难以完成紧固的大型螺栓紧固所需的工具。同时，我们在现场监督人方面也倾注了很大的努力，以对每次作业都有人员更换、紧固技术不稳定的现场进行监督管理，并在此方面获得了极高的肯定。

下面将从工具选择和施工注意事项2方面，对本公司在现场积累而得的紧固作业经验进行阐述。

2. 选择合适的工具

首先，使用工具的优点如下所示：

施工品质上的优点

- 给予螺栓正确的紧固力
- 避免给密封垫片、法兰、螺栓过度的负担。
- 可按扭矩值或轴力值管理，具有重现性。

作业上的优点

- 所需作业人员和作业时间更少，可减少工时。

- 可省去高强度作业，减轻作业人员的负担。
- 可在周围没有空间的狭窄位置作业。

若要享受上述的优点，选择合适现场的工具是极为重要的。下面将对各要点逐一展开说明。

① 紧固扭矩值或轴力值

一旦知道了紧固扭矩，就能以工具的70%以下的最大输出发挥该扭矩。

【要点】考虑工具的紧固能力。

一般的参考标准为，从具有目标扭矩值1.5倍左右的能力的工具中选出候选名单。将轴力值(螺栓拉伸值)作为目标时，如Figure1所示，则将根据螺栓张紧器或液压扭矩扳手和超声波轴力计进行管理。



Figure 1 通过超声波轴力计实施的拉伸测量

② 螺栓、螺母的形状、个数

全螺纹螺栓、双头螺栓、六角螺栓、盖形螺帽等，工具受到螺栓、螺母的形状的限制，所选的工具必须能够适用。

【要点】确认工具是否适用

如果螺栓突出螺母顶面较长，则将不能使用六角套筒，而应选择穿心孔式工具或螺栓张紧器。

【要点】考虑工具的速度

因需要尽量缩短每1根螺栓的作业时间，故应选择紧固速度快的工具或考虑多台工具同时紧固。

③ 周围的余隙、设置环境

确认紧固对象螺栓周围的余隙及设置环境。

【要点】螺栓轴向上有无空间

气动扭矩扳手等，也即所谓的手枪型工具在轴向上需要较大的空间，而液压型扭矩扳手则不太需要太大的空间，适用范围更广。但是，如配管的弯头下方等位置，部位位置没有空间的案例中，需要引起注意。

【要点】工具的设置方向

这对作业性会有很大影响，尤其是从下面操作时，工具的重量非常重要。当使用超过10kg的工具从下往上作业时，必须要有相应的保持及防坠对策。

④ 可确保的动力源

确认可准备的动力源。

【要点】确保200V电源、稳定的压缩空气

如果没有动力时，则只能选择增力扳手或电池式扭矩扳手(需要充电)。也可使用手压泵对螺栓张紧器加压。

根据以上要素，比对Table1中所示的各工具的特长，就可找到可作为候选的工具。其中，螺栓张紧器与根据扭矩法进行紧固时不同，它是通过直接张紧螺栓，以达到给予

轴力的目的的工具。其优点是，基本不会受到接触面的摩擦系数的影响、具有极高的紧固精度且不会损伤螺纹部和法兰面。但是，因为有很多机器设备并不是以使用螺栓张紧器进行紧固而设计的，因此对于现有设备而言，有时需要对设备进行部分改造，如更换螺栓等。

3. 施工注意事项

3-1) 螺栓、螺母的保养

接下来非常重要，对紧固对象的螺栓和螺母的保养。尤其是扭矩紧固时，该保养状态的差异将会影响到螺栓负荷的轴力，因此非常重要。

以下①~④为保养的步骤。

- ① 去锈、去氧化皮
- ② 螺纹牙损伤的保养
- ③ 向螺母接合面及螺纹部位涂覆润滑剂
- ④ 法兰表面的平滑性(如不可则安装垫圈)

根据迄今为止去过的现场，①、②都有执行，但③做的

Table 1 各工具的特长和评价

	增力扳手	电池式扭矩扳手	气动扭矩扳手	液压扭矩扳手	螺栓张紧器
对象螺栓	M16~36	M20~48	M20~56	M30~76	M30~100以上
扭矩范围	300~2,000N·m	500~4,000N·m	500~6,000N·m	1,000~30,000N·m	按轴力(kN)管理
主要特长	使用极小的力就能 负荷极大的扭矩	无线&手枪式，操作简单	手枪式，操作简单	相同扭矩下为最小型、 最轻量	无螺纹咬合， 可多根同时紧固
优点	无需动力	任何人都能简单操作 速度快	任何人都能简单操作 速度快	扭矩精度高 扭矩范围广	高精度紧固 无跟转问题
缺点	紧固用时长	需定期充电	需要稳定的空气供应	需要泵及液压软管	安装麻烦 工具较重
动力源	不需要(人力)	充电电池	压缩空气500Kpa~	压缩空气500Kpa~、 电源100V、200V	压缩空气500Kpa~
防暴应对	○	×	○	○参照泵	○
适用条件1	螺栓轴向需250mm 以上的空间	螺栓轴向需500mm 以上的空间	螺栓轴向需500mm 以上的空间	螺栓轴向仅需 最小限度的空间即可	螺栓轴向约需 300mm以上的空间
适用条件2	确保相邻螺栓等的 反作用力点	←	←	←	螺栓头需伸出1d以上 (d:直径)
管理方法	输入扭矩扳手	数字预设	空气压力	液压压力~70Mpa	液压压力~150Mpa
同时紧固	不可	不可	不可	可(~4根)	最佳选择(2根~半数)
作业人数	1人/台	1人/台	1人/台	1~2人/台	0.5~1人/台
螺母安装	套管	套管	套管	套管 or 直挂	装卸器
速度	☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆	☆☆
精度	☆☆	☆☆☆	☆☆☆	☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
操作性	☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆	☆☆
工具轻量度	☆☆☆	☆☆☆☆	☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆
多根紧固	☆	☆☆☆	☆☆☆	☆☆☆	☆☆
多尺寸应对	☆☆☆	☆☆☆☆	☆☆☆☆	☆☆☆☆	☆☆
引进成本	☆☆☆☆☆	☆☆☆	☆☆☆	☆☆	☆☆☆

不充分的案例较多。采用扭矩紧固时,对于受摩擦影响极大的螺母接合面而言,通过涂覆润滑剂,可使轴力值发生很大的变动。此外,当法兰表面状态不佳时,通过安装垫圈即可得到改善的例子有很多。

此外,全螺纹螺栓时,不在紧固一侧的相反一侧螺母接合面涂覆润滑剂,可使不易跟转。

3-2) 紧固步骤

为了达到在均匀压缩密封垫片的同时紧固法兰螺栓的目的,须按照 JIS B2251²⁾或 JPI-8R-15³⁾等的所示,分阶段实施紧固。

但现实情况是,这些标准并没有被严格遵守。而且,这些标准都是以使用1台工具为前提所制定的步骤。当使用的工具数量不同时,正确的操作步骤也会不同。因此,应该制定与使用的工具数量相符的高效的作业步骤。其中,本公司尤为推荐的是,如Figure2所示,至少在对角方向上使用2台以上的工具同时进行紧固作业。



Figure2 使用2台液压扭矩扳手同时紧固

这不仅可以减少到紧固完成为止的每根螺栓的作业次数、缩短施工时间,而且还能获得均衡的密封垫片压缩效果,可防止因紧固偏颇而导致的不良问题。至于其效果,在日本华尔卡工业株式会社的密封培训中心⁴⁾配备有可体验大口径法兰的同时紧固的设备,建议可去亲身体验一下。

3-3) 反作用力点的注意事项

一般而言,进行扭矩紧固的工具,在其结构上都需要反作用力。因此,确保稳定的反作用力点,将直接关系到正确的紧固力和安全性。从要紧固的螺栓的中心在以水平

延长线上作为基准的位置上,在施力时牢牢固定反作用力臂是即为重要的。在一般的法兰案例中,多数情况下都能在相邻的螺母上确保反作用力点。除此以外的情况时,应事先做好充分研究,以便能够确保正确的反作用力点。

3-4) 为实现高效作业

选择工具后,在进入实际作业之前,一些简单的准备可大幅缩短施工时间。因此,建议尽可能进行以下所示的准备工作。

① 防跟转扳手

Figure3所示为防跟转扳手的照片。这是一种设置在与紧固侧相反一侧的螺母上,防止发生跟转且能简单拆下的工具。如果没有防跟转扳手,那么就必须使用敲击扳手或錾子等工具来防止跟转,此时与螺母的紧固时间先比,拆除扳手所需的时间更长。



Figure3 防跟转扳手

② 大排出量的液压泵

液压扭矩扳手和螺栓张紧器的速度取决于泵的排出量。因此,特别是使用大型工具时,将会有很大差距。但因会有移动不便的问题,故需根据现场情况进行研究考虑。

③ 液压软管不能太长

过长的液压软管不仅会影响站立移动而且还会影响操作,此外还会导致工具速度变慢。应以5m左右为标准长度。

④ 螺母劈开器

Figure4所示为液压式的螺母劈开器的照片。此仅限于松开时,当螺母和螺栓粘合、螺母无法转动时,可使用液压力快速切断螺母。拔出螺栓。



Figure4 螺母劈开器

4. 结语

本章介绍了用于大口径法兰的螺栓紧固时的工具选择和施工注意事项。

迄今为止，本公司一直都以解决现场的螺栓紧固作业问题和课题为第一目的，致力于对于现场有用的产品的开拓，与各个现场相符的工具选择和及时地安排、操作上的现场指导以及通过超声波轴力计实施的紧固管理等工作。

在这些经验中，我们看到了许许多多的例子，都是因为

不知道或没能做好一些很小的注意事项，最终导致发生了各种问题。20年前，还有很多的熟练工，他们的作业都非常熟练，但是通过超声波轴力计对紧固的螺栓作实际检测后，还是会发现几乎所有的螺栓都存在过度紧固的问题。可以想象，想必当时肯定有很多法兰上的密封垫片都没能发挥密封垫片原本应该发挥的功能。

日本华尔卡工业株式会社所开展的密封培训中心的主要目的是，通过消灭“不知道”，以便大幅降低因用户的“不知道”而引起的风险。

此外，通过在法兰连接部的泄漏原因中占绝大多数的“施工不良”中的“螺栓紧固”部分加入我们的产品及服务，可以加深无法在纸上谈兵中获得的宝贵经验，我们的目标是为设计人员和工作人员提供有用的信息，并共同构建可对“从密封的选择到螺栓紧固的完成”提供全套支持的体制。

5. 参考文献

- 1)配管技术志：2017.11月号 菊池 务、近藤康治
《法兰、螺栓紧固管理标准》
- 2)法兰接头紧固方法，JIS B 2251(2008)
- 3)法兰、螺栓紧固管理基准，JPI-8R-15-2013
- 4)村松 晃：华尔卡技术志：No.33, 15-18(2017)



北原 真一
扭矩系统株式会社
代表取締役

H&S演示车的介绍

1. 演示车新版升级

本公司所要成为的H&S企业，其目标是以提供客户价值的最大化为基础方针，不仅仅是密封产品(硬件)，还要提供所有与密封工程相关的内容。

作为其中的一环，从2014年起开设了体验型密封施工培训中心，即“密封培训中心(STC)”。此外，为了其价值诉求和有效性的渗透，从2015年起“STC演示车”开始运作。该车上搭载了STC的部分学习设备，可开至客户单位地，客户可非常方便地在其中体验演示内容。

以上努力事项获得了众多客户的肯定，工厂设备主及工程相关方面的人员等都对此给予了高度的评价。STC学习每年都在增加，这实在是一件令人高兴的事情。

STC演示车通过2年间的活动，实现了STC的价值诉求这一目的。而为了更加多元地对H&S服务包进行宣传和进一步提升吸引力，STC演示车旧貌换新颜，以“H&S演示车”的全新面貌从2017年秋天起重新整装上线。



Figure 1 H&S演示车

2. 理念

“H&S演示车”的基本理念中不仅包含了为在STC学习进行宣传，而且车上还搭载了以密封工程为核心的本公司在H&S解决方案领域中新增(开发、经营)的服务包中的一

部分内容，通过提供实际演示和给予客户体验的机会，实现视觉上的和体验上的价值诉求。

此外，通过全面的新版升级，对于曾在多去对其演示过的客户，也能实现新的“H&S服务包”的价值诉求。

3. 搭载设备概要

3-1) 移动式密封培训系统(MSTS)

移动式密封培训系统(MSTS)是一套集成了设备和讲师培训功能的服务包。它将STC学习设备变为移动式、组装式的设备，开赴到现场，使客户自身能以讲师身份对现场的作业人员进行密封培训。

演示车上特别搭载了吸引力极高的“法兰紧固实习设备”和“扭矩体验实习设备”，可提供培训体验的机会。



Figure 2 移动式密封培训系统(MSTS)

3-2) 法兰解决方案工具

要想实现可靠的密封，除了选择正确的密封材料外，正确的施工管理也是极其重要的。配管法兰之间的位置关系不正确时，其修正作业常伴有风险，而且需要花费大量人力和时间。本公司已开始提供能确保此类作业安全高效地实施的法兰解决方案工具。

演示车上搭载了大型演示法兰单元，除了可以进行法兰偏移(对齐)调整等的演示外，还能进行液压扳手及螺栓张紧器等的螺栓紧固工具的实物展示。



Figure3 法兰解决方案工具

3-3) 防锈施工服务

考虑在流通方面的因素，各种工厂设备、船舶等主要都集中在国内沿海地区。沿海地区虽有流通上的便利性，但相对的，对于构成工厂设备或船舶的设备及配管而言，也存在着盐腐蚀(设备生锈)这一课题。

对此，目前主要是通过防锈涂装以进行应对的。但是，应寿命、施工工期、智能化等各种课题所需，亟待出现新的防锈技术。

目前被普遍使用的防锈涂料，在粘结性较差的设备和涂料之间产生间隙后，就会发生剥离，因此2~3年就需要再一次进行涂装施工。此外，在再次涂装之前还必须要实施清理作业，以便去除那些老化涂膜。对于严禁易燃物的工厂设备等，就必须要停机时的有限的时间内进行施工，而包括干燥工序在内，需要的工时却非常长。

通过使用具有以下特性的特殊防锈树脂材料进行防锈管理服务，就能解决上述课题。

- ① 长期防止腐蚀性
 - 树脂内部渗出的油分，可阻断氧和水分
 - 渗出时间跨度很长，故长期有效
- ② 可在运行过程中施工
 - 与一般的涂装相比，无需使用工具的清理作业
 - 对于接合部等无法清理(无法涂装)的部位，也能进行施工
- ③ 施工后的作业性极佳
 - 可用切刀切断，便于开放检查

演示车上搭载了“特殊防锈施工单元”，可进行特殊防锈树脂涂装的演示，可据此展示与一般涂装的差别，提升其吸引力。



Figure4 特殊防锈施工单元



Figure5 防锈施工示例

4. 结语

以上对以提升H&S解决方案的宣传和吸引力为目的的“H&S演示车”进行了介绍。至于其中的搭载内容，将针对

客户的需求，根据开发、经营状况依次修订。

我们将在日本全国全面铺开，以求能给客户带来帮助。



野野垣 肇
H&S 事业本部

改良版密封膏

1. 前言

将密封膏涂覆于密封垫片上，可填补法兰表面的伤痕，具有提升密封性的效果，自很久以前起密封膏就已被用于密封垫片连接件上。

虽然以往的密封膏在性能上也没有问题，但为了使用者的安全及出于社会对于环保方面的需求，我们开发了改良版的密封膏。

2. 产品概要

改良版密封膏为淡褐色的膏体，内含特殊非干性油脂的粘结剂和无机填料及少量溶剂。

它在以往密封膏的基础上作了配方变更，不含致癌性物质。且在消防法的分类中，其属于非危险物。因此改良版的密封膏为安全、环保的产品。



Figure 1 改良版密封膏

3. 特点

- ① 不含致癌性的结晶性硅石、高度有害的二氯甲烷和甲苯等有机溶剂，是安全、环保的产品。
- ② 使用了高燃点的溶剂，故被分类为非危险物(※指定可燃物 可燃性固体类)。
- ③ 与以往的密封膏具有同等性能。将密封膏涂覆于密封垫片上使用，具有密封辅助剂、防止法兰腐蚀、防止密封垫片与法兰之间发生粘结等的效果。
- ④ 盖子上带有刷子，可非常方便地将密封膏涂覆至密封垫片上。

※指定可燃物 可燃性固体类：指发生火灾时，其火势的蔓延和扩大即为迅速，且灭火极为困难的物品。石油沥青等即属于该类，当超过一定数量(3000kg以上)是，就会被分类为指定可燃物 可燃性固体类，但若低于3000kg时，则其使用和保管将被分类为非危险物。

4. 适用流体

水、空气、汽油、煤油、润滑油、天然气、液化石油气、硫化氢都可适用。

此外，使用乙烯、丁烷、乙烷等碳氢化合物时，尤其是也可用于防止不锈钢制法兰表面的间隙腐蚀。

5. 使用温度范围

-50 ~ 300℃

6. 产品形态

730g 金属罐装
盖子带刷子规格

7. 性能数据

该性能数据展示了改良版密封膏与以往的密封膏具有同等的性能。

7-1) 常温密封性能试验

在低面压下变动面压并对密封性能进行了评价，结果显示，在面压7.5MPa时泄漏停止，确认其具有同等以上的密封性能。

Table1 常温密封性能试验条件

使用密封垫片	No.GF300
垫片尺寸	JIS 10K 50A t=1.5mm
流体	氮气 3.5MPa
垫片面压	5、7.5MPa
使用密封膏	改良版密封膏 以往的密封膏
密封膏涂覆量	两面约0.7g

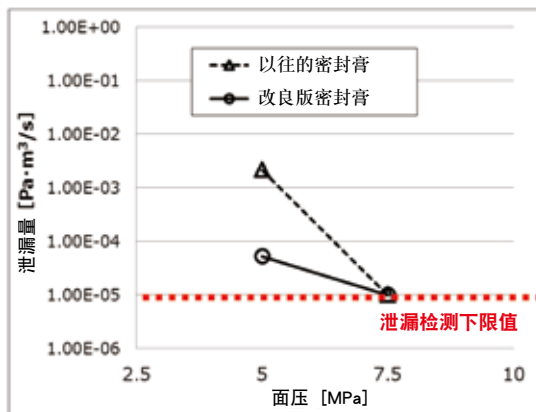


Figure2 常温密封性能试验结果

Table2 压缩断裂试验条件

使用密封垫片	No.6500
垫片尺寸	φ100×φ64 t=3mm
垫片面压	70、100MPa
密封膏涂覆量	两面约1.75g

7-2) 压缩断裂试验

在涂覆了密封膏的密封垫片上施加70、100MPa的面压，测量发生压缩断裂的面压。

改良版密封膏和以往的密封膏在70MPa以内都无异常，且两者都在100MPa发生了压缩断裂，故可认定两者具有同等的性能。Figure 3和4为发生了压缩断裂的密封垫片的放大照片。



Figure 3 以往的密封膏的压缩断裂试验在100MPa时，发生了压缩断裂



Figure 4 改良版密封膏的压缩断裂试验在100MPa时，发生了压缩断裂

8. 结语

因对社会安全和环境方面的需求，法律法规对于有害物质和危险物的管理管制变得越来越严格，顾客们对于符合上述要求的产品的需求也越来越高。为了响应这些需求，今后我们还将不断推进安全环保的产品的开发。



滨出 真人
研究开发本部
第1商品开发部

多用途化学用盘根

1. 前言

迄今为止，化学上使用的盘根多为具有耐热、耐化学品性的碳纤维类产品。但是，在单一产品中，需要根据用途和使用条件区别使用。因此，当库存有多种填料密封圈时，从库存中取出使用时，可能会因为选取错误导致使用了错误的填料密封圈，从而造成工厂设备的运作损失，且还可能造成潜藏安全隐患。

本次提供的填料密封圈新产品与此前的产品相同，其基材材料也是采用了碳纤维，在耐热、耐压、耐化学品性上都与此前的产品保持一致，但是该新产品却可以以单一产品应对各种用途条件，而不必根据使用用途而区分使用。因此，它不仅能够提升工厂设备的稳定运行和提升安全性，而且还能削减库存。

2. 构成

No.6137 系列是通过 PTFE 分散液对碳纤维进行处理，然后按方形截面进行编织的，它以通过 PTFE 分散液和微粒石墨构成的盘根作为基底，可根据有无油进行选择，可根据用途从 No.6137、No.6137-O、No.6137-SO 的 3 类中选择使用。

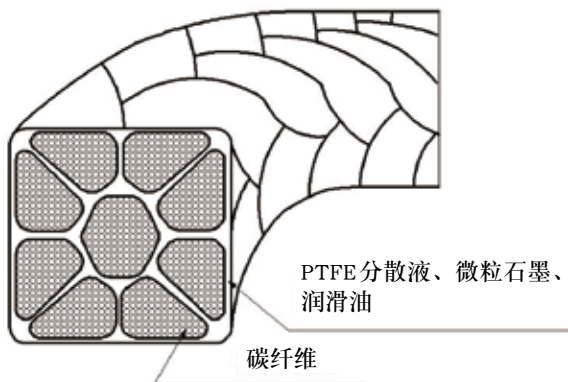


Figure 1 No.6137 系列构成示意图



Figure 2 No.6137 系列外观

3. 特点

- ① 可用于阀门、泵、机器等广泛用途。
- ② 以耐化学品出色的碳纤维和 PTFE 分散液作为主材，除强氧化性流体以外，几乎可用于所有流体。
- ③ 可用于广泛用途，性价比出色(削减库存)。

4. 用途

- 系列共通
使用化学流体等的阀门、泵、机器的轴封用填料密封圈（浓硫酸、浓硝酸等的氧化性酸、氧化剂除外）。
- No.6137 : 阀门及机器等的，禁油指定或禁止混入润滑油的用途，想要抑制因减少润滑油而引起的填料密封圈松弛的用途。
- No.6137-O : 低扭矩性及要求气体密封性的阀门及机器用途，离心泵等高速旋转泵用途。代替 No.6232、No.6262（产品合并，降低库存）。

- No.6137-SO : 在低扭矩性或要求气体密封性的机器中, 比No.6137-O温度更高的离心泵等的高速旋转泵用途。

5. 产品使用范围

Table1 产品规格

用途	阀门	泵	机器
最高使用温度	260 °C		
最高使用压力	15.5 MPa	1.6MPa	9.8MPa
ANSI 等级	Class 900	—	—
最高使用速度	—	20m/s ⁽¹⁾	5m/s ⁽¹⁾
容许PV值	—	14.7MPa·m/s ⁽¹⁾	—
pH范围	0~14		

注(1)最高使用速度、容许PV值以No.6137-O及No.6137-SO为对象。

6. 产品规格

公称直径: □ 3.0 mm ~ □ 25.0 mm
 包装单位: 3 m (也可制作环成型品)

7. 功能试验结果

7-1) 基础特性评价

基本特性试验是对与阀门用途、盘根相关的压缩变形特性、滑动特性、密封特性进行的评价。

< 试验条件 >

Table2 试验条件

填料密封圈试样	No.6137-O, No.6232 ⁽¹⁾
试验装置	参照 Figure3 基础特性试验示意图
填料密封圈尺寸	φ 20 × φ 33 × 6.5 ⁺
填料密封圈数	6环
轴半径间隙	0.5mm
紧固面压	4.9 ~ 58.8 MPa
流体	氮气
流体压力	1.0 ~ 9.8 MPa

注(1) No.6232 用于阀门、往复运动机器用途。

< 试验方法概要 >

- ① 将填料密封圈试样安装至试验夹具上。
- ② 使用压缩试验机, 对填料密封圈施加规定的面压。
- ③ 测量填料密封圈高度、轴扭矩。
- ④ 负荷流体压力, 测量泄漏量。
- ⑤ 分段提升紧固面压, 重复执行②~④。

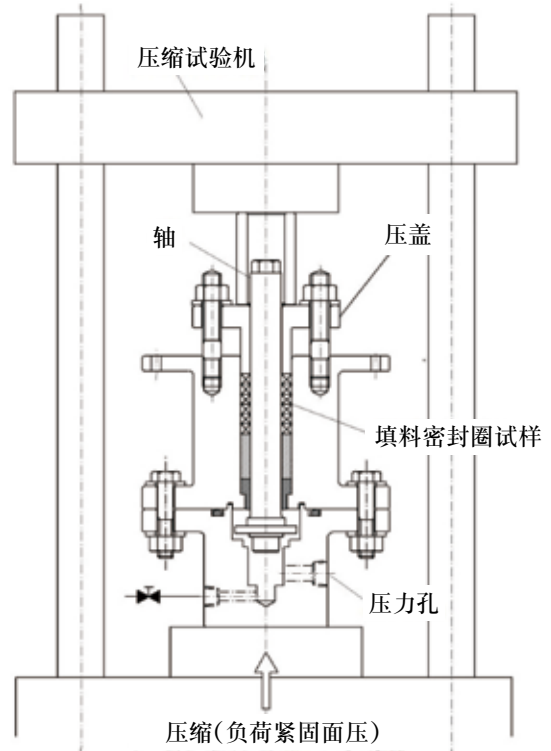


Figure3 基础特性试验示意图

< 试验结果 >

Figure4 到 Figure7 显示的是基础特性评价结果。

与现有产品 No.6232 相比, 压缩量有若干下降, 滑动特性的轴阻力减少, 性能有所提升。此外, 在密封性方面具有同等的结果。

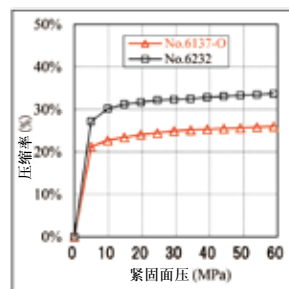


Figure4 压缩特性

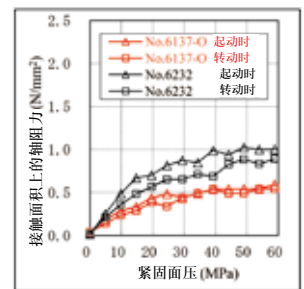


Figure5 滑动特性

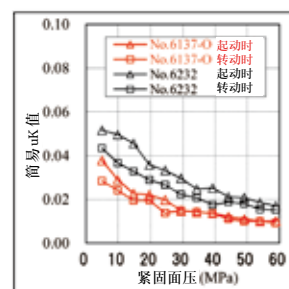


Figure6 滑动特性(μk值)

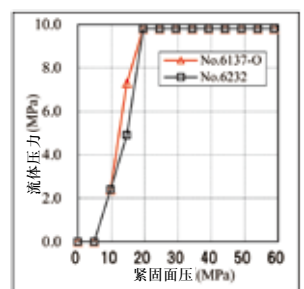


Figure7 密封特性

7-2) 往复运动耐久试验

往复运动耐久试验是对与阀门用途的盘根往复运动相关的滑动阻力特性及密封特性进行的评价。

Table3 试验条件

填料试样	No.6137-O, No.6232 ⁽¹⁾
试验装置	参照 Figure9 往复运动耐久试验装置示意图
填料密封圈尺寸	φ20×φ33×6.5 ^H
填料密封圈数	8环 (2环+套环+6环)×2
填料密封圈组合	
流体	水及加热水
试验温度	260℃
轴半径间隙	0.7mm (内径 φ21.4)
滑动次数	1000 往复×3 循环(合计 3000 往复)
紧固面压	初始紧固面压: 39.2 MPa 追加紧固面压: 39.2 MPa
轴工作条件	轴行程: 50 mm
	轴速度: 25 mm/sec
	轴停止: 1 sec
流体压力	加热时: 10.2 MPa
	常温耐压时: 11.0 MPa

注(1) No.6232 用于阀门、往复运动机器用途。

< 试验结果 >

Figure10 所示为往复运动耐久试验结果。

与现有产品 No.6232 相比, 滑动特性的轴阻力减少, 性能有所提升。此外, 在密封性方面具有同等的结果。

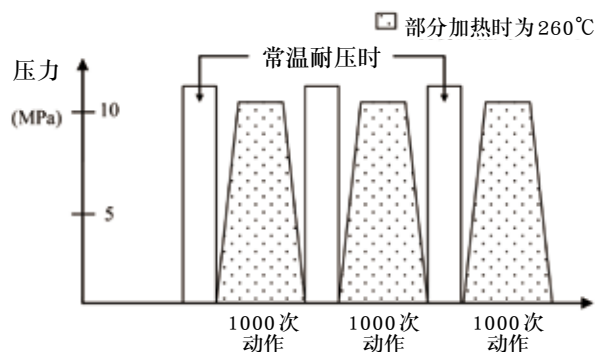


Figure8 试验循环示意图

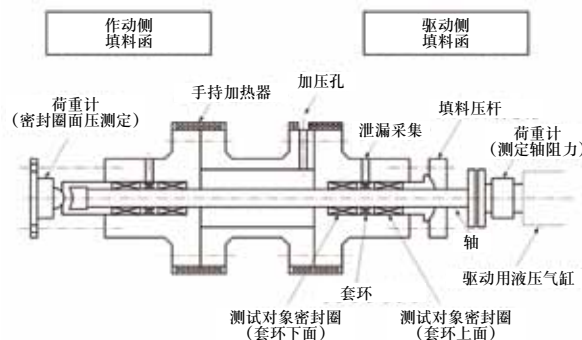


Figure9 往复运动耐久试验装置示意图

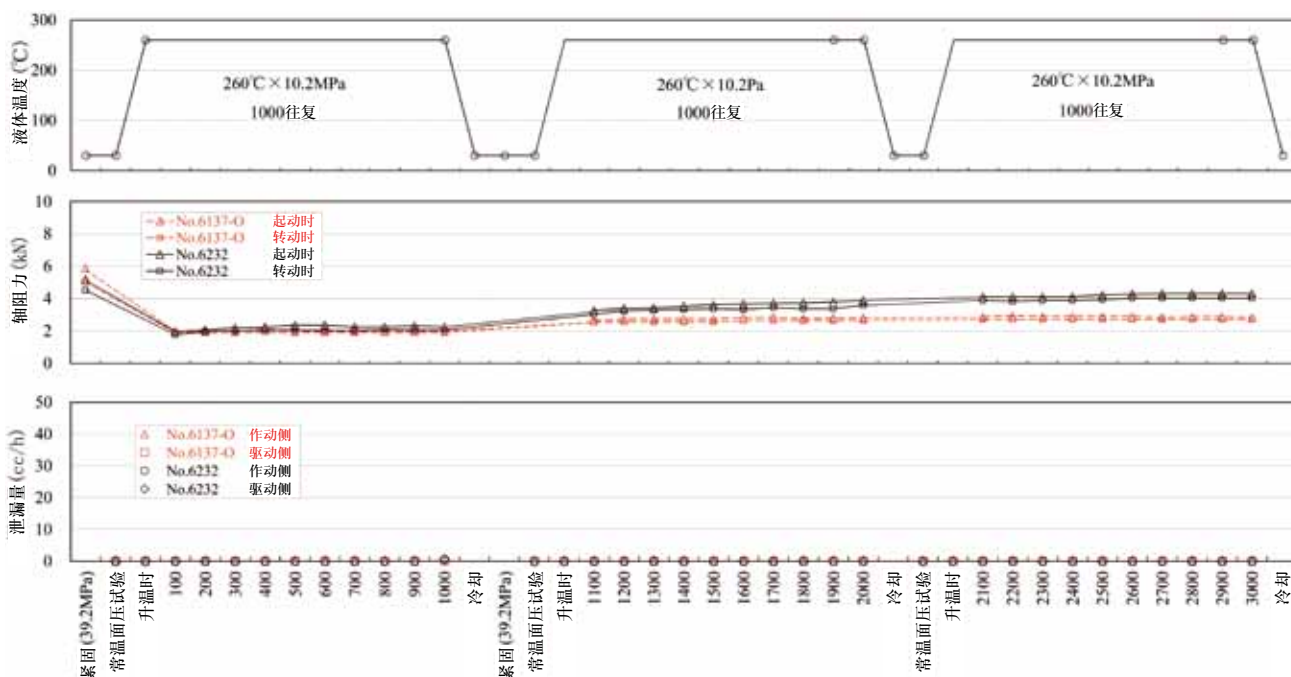


Figure10 往复运动耐久试验结果

7-3) 大口径耐压试验

大口径耐压试验是对盘根的耐压性进行的评价。

Table4 试验条件

填料密封圈试样	No.6137-O
试验装置	照 Figure11 大口径耐压试验装置示意图
填料密封圈尺寸	$\phi 80 \times \phi 112 \times 16.0^H$
填料密封圈数	6环
轴半径间隙	1.2mm (内径 $\phi 82.3$)
紧固面压	39.2 MPa
温度	常温
流体	水
流体压力	15.5MPa, 19.4MPa, 23.3MPa (最大 ANSI Class 900 X 1.5)

< 试验方法概要 >

- ① 将填料密封圈试样安装至试验夹具上。
- ② 使用扭矩扳手，以规定的紧固面压紧固填料密封圈试样。
- ③ 使用水压增强器负荷规定的流体压力。
- ④ 保持压力30分钟之后，确认有无漏气及泄漏。
- ⑤ 分段提升流体压力，重复执行④的确认动作。

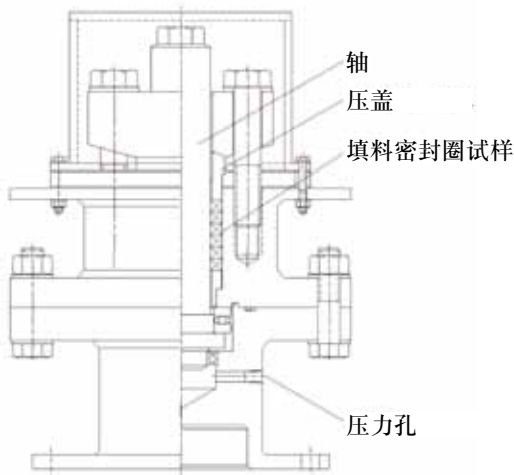


Figure11 大口径耐压试验装置示意图

< 试验结果 >

Table5 所示为大口径耐压试验结果。

与现有的No.6232的ANSI Class600相比，耐压性得到了提升，至ANSI Class900为止都可使用。

Table5 大口径耐压试验结果

流体压力(MPa)	19.4	23.3
ANSI 等级	Class 900 X 1.25	Class 900 X 1.5
漏 气	无	无
泄 漏	无	无

7-4) 基于实机泵的长期变频耐久性能

变频耐久试验是使用实机泵，通过变频器，使旋转泵电

机转速在60Hz和30Hz之间交替切换，使其周向速度和排出量不断变化，从而在比常规运行更为严苛的情况下对泄漏量和轴扭矩特性进行的评价。

Table6 试验条件

试验装置	参照 Figure13 长期变频耐久试验装置示意图	
填料密封圈试样	No.6137-O, No.6262 ⁽¹⁾	
填料密封圈尺寸	$\phi 35 \times \phi 51 \times 8^H$ (4环)	
流 体	水	
温 度	顺其自然	
压入压力	0.5MPa	
试验频率	60Hz	30Hz
转 数	1800rpm	900rpm
周向速度	3.30m / s	1.65m / s
排出压力	0.8MPa	0.6MPa
PV 值	2.64MPa · m / s	0.99 MPa · m / s

注(1) No.6262用于旋转泵、旋转机器用途。

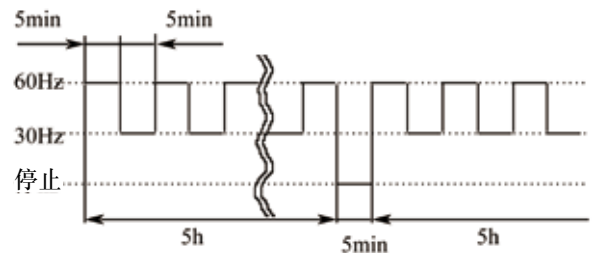


Figure12 变频动作周期

试验所使用的泵：通用单吸式离心泵
电机：4相200V(60Hz) 4极5.5kW
泵口径：65X50

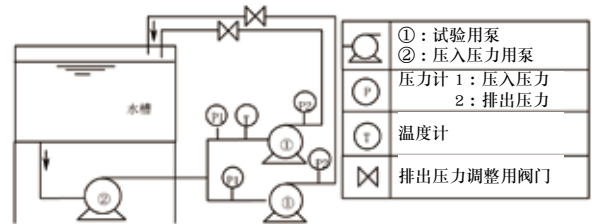


Figure 13 长期变频耐久试验装置示意图

< 试验结果 >

Table7及Figure14所示为变频试验结果。

在基于实机旋转泵变频运行的压力变动、周向速度变动的试验中，表现稳定，与现有的No.6262相比，在泄漏量、滑动阻力方面都具有同等的结果。

Table7 变频试验密封试验结果

运行时间	约1000小时			
流体温度 ⁽¹⁾	顺其自然			
填料密封圈试样	No.6137-O		No.6262 ⁽³⁾	
频率	60Hz	30Hz	60Hz	30Hz
泄漏量 ⁽²⁾ (cc/min)	最小值	6	6	9
	最大值	18	15	90
	平均值	14	13	26

注(1) 流体温度根据填料密封圈的摩擦热及配管阻力而变。

(2) 变频动作后的泄漏量

(3) 试验结果中不含试运行及初始调整的时间。

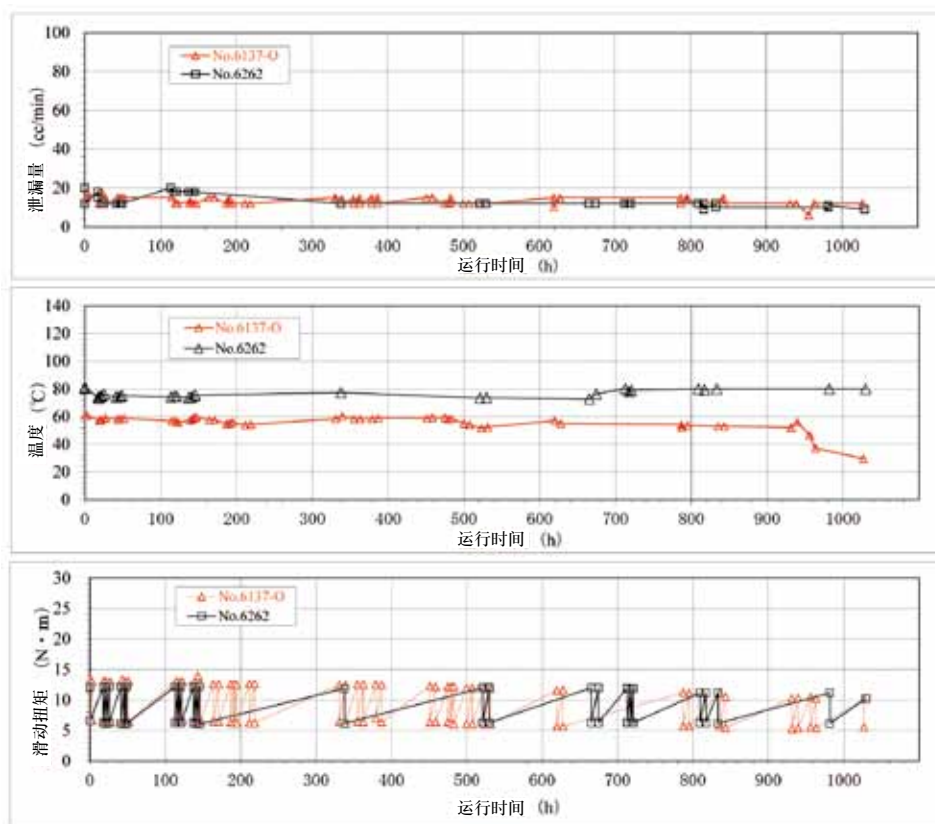


Figure 14 变频试验结果

8. 结语

本次介绍的产品无需根据用途而区分使用，可提升产品的库存管理效率，及降低因拿错产品而带来的风险。

今后，我们将继续全力开发符合客户需求的新产品。



须川 修司
研究开发本部
第1商品开发部



滨出 真人
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.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
- 安装密封垫片时的问题及其解决对策 营业本部 技术解决方案组 秋山 聪
密封快速搜索(SQS)的介绍和使用方法(弹性体篇) 研究开发本部 开发部 上田 彰
体验型密封施工研修中心 密封培训中心 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

No.32 Spring 2017

【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
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
- 密封件快速查找器(SQS)的说明和运用方法(垫片篇) 营业本部 技术解决方案团队 江西 俊彦
油缸用活塞密封系统的异响故障的原因和解决方法 研究开发本部 开发部 高桥 谦一
O 形圈的粘着故障原因和解决方法 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

No.31 Summer 2016

【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
- **解 说** 客户解决方案与评价技术 研究开发本部 开发部 部长 池田 隆治
- **技术论文** 密封垫片的紧固问题及其解决对策 研究开发本部 开发部 藤原 隆宽
大口径密封填料的安装问题事例与安装指针 研究开发本部 开发部 滨出 真人
高压气体、高挥发性液体导致的气泡问题的原因及其解决方法 研究开发本部 开发部 图师 浩文
O 型圈的转动问题的原因及其解决方法 研究开发本部 开发部 西 亮辅
衬里配管的问题事例 研究开发本部 开发部 功能树脂产品开发组 树脂第 1 小组 杏泽 义文
P T F E 线膨胀系数解说 研究开发本部 开发部 功能树脂产品开发组 树脂第 3 小组 太田 伸幸
- **投 稿** 一般工业机械用油压气缸的特点与所使用的密封系统的问题、针对 MRO 市场的应对措施 株式会社 T A I Y O 油压机器本部 技术统括部 上田 利典

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) TRADING CO., 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.34 Winter 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.