

Valqua Technology News

华 尔 卡 技 术 志

2019年 夏季号

No.37 Summer 2019

- 寄语 1
董事CTO 青木 睦郎
- 客户解决方案《投稿》
新防锈技术的提案 2
东京电设服务株式会社
地中事业本部副本部长（现埼玉中心所长） 三栖 达夫
- 客户解决方案
基于ASME PCC-1的
密封垫片紧固安装的基本培训的介绍 7
营业本部 技术解决方案组 野野垣 肇
营业本部 H&S事业推进担当 山本 隆启
- 技术论文
紧固步骤对密封性的影响 10
研究开发本部 商品开发部 藤原 隆宽
中国综合研究所 密封工程开发组 郑 兴
三菱化学株式会社 冈山事业所 森本 吏一
- 技术论文
弹性体O形圈的选择指南以及选择时的问题及其对策 16
营业本部 技术解决方案组 保科 正次
- 产品介绍
便携间隙 / 段差测定器的介绍 22
研究开发本部 P&I服务开发部 本居 学
- 产品介绍
高温用密封垫片新阵容
缠绕式密封垫片 No.H590系列
金属齿形垫片 No.HR540H 25
研究开发本部 商品开发部 高桥 聪美
- 技术志的最近的往期杂志 29



株式会社华尔卡

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

寄语



衷心感谢各位平时对Valqua Technology News的关注。

本公司集团在本年度股东大会以后，以泷泽代表取缔役会长兼CEO和本坊代表取缔役社长COO为核心，提出了新的经营体制，并在积极推进第8次中期经营计划即“NV·S8”中规定的战略，作为向客户提供H&S解决方案的企业，我们的目标是实现持续的、健康的成长。此外，作为支撑起这个成长的重要战略因素，为了进一步强化整个价值链所需的技术能力，为了在创造革新的活动中倾注更多的力量，我公司设立CTO这个职位作为全公司技术相关问题的最高负责人，而本人所接任的正是这个职位。

在这个新的CTO体制下，为了使从NV·S7就已经开始推进的密封工程服务中的，以实现顾客感动为目标的整体解决方案的提供能力更上一层楼，我们将开始推进技术开发能力的提升和多样化。具体做法为，促进本公司内积累的材料、设计等因素技术的进化，同时，结合IoT、AI等技术，强化公司技术部门团结一致、整体作战的能力，以便在向客户提供客户今后所需的商品和服务时，能够做到迅速应对。

对于这种在技术的提升和多样化方面的努力，正如以前所介绍的那样，我们将运用开放式创新的手法，同时也会在最大限度运用外部技术资源方面投入力量。下面的就是其中一个具体例子。从2019年6月开始，在产业技术综合研究所内设立了“华尔卡 产总研尖端功能材料开发合作实验室”，为了开发出用于下一代H&S商品的技术，我们在多个课题上展开了共同研究开发活动。另外，在海外初创企业所拥有的尖端技术的运用方面，我们也是积极投入，为了将最新的技术解决方案提供给客户，我们正在努力对技术能力的底盘基础进行扩充和提升。

本期与上一期相同，也是由1) 客户解决方案、2) 技术论文、3) 产品介绍，这3个部分所构成。涉及主题的选取则是以从H&S的视点的实践性内容为中心。我们衷心希望本刊物对于各位读者朋友而言，不仅仅只是起到参考作用。希望各位读者朋友在阅读了本技术志中的技术信息后，对于实现本公司集团和客户朋友们所共同追求的“安全、安心”的作业有所帮助，希望这些内容能在实际生产现场的工作中得到很好的运用。

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。

董事 CTO 青木 睦郎

新防锈技术的提案

1. 前言

在我国(日本)高度经济成长期所建设的众多大型工厂中的成套设备,都已经使用了30年以上,并开始出现设备老化的问题。目前,正有大量技术人员在不分昼夜的进行设备的维护工作。而另一方面,对于可靠性、运作率的要求则比以前更高了。而且,现在所需求的是一种合理的设备维持管理,且这种合理的设备维持管理需要确保设备能在很长的一个时间跨度里,其可靠性不会下降。

随着时间的推移,设备会出现腐蚀、老化等问题,因此,必须要进行相应的维护,以确保这些工厂设备的功能不会受损。尤其是几乎所有的工厂设备都建在沿海地区,因此,必然会日夜暴露在这恶劣的盐害环境之下。对于建在这种恶劣环境下且已经使用了多年的设备而言,要想确保这些工厂设备的可靠性,仅凭每一次头痛医头脚痛医脚的维护工作是远远不够的。

尤其是设置环境所带来的、不可避免的生锈问题,一般情况下都是通过施以涂料等形成保护膜的方式来进行防锈处理的,但是重新涂装时,将老化的保护膜去除却不是

一件轻松的事情。尤其是对于形状复杂的设备而言,要想将之完全去除,是极其困难的。再者,之后的再次涂装,其效果远远不如第一次涂装,这也是一个问题。

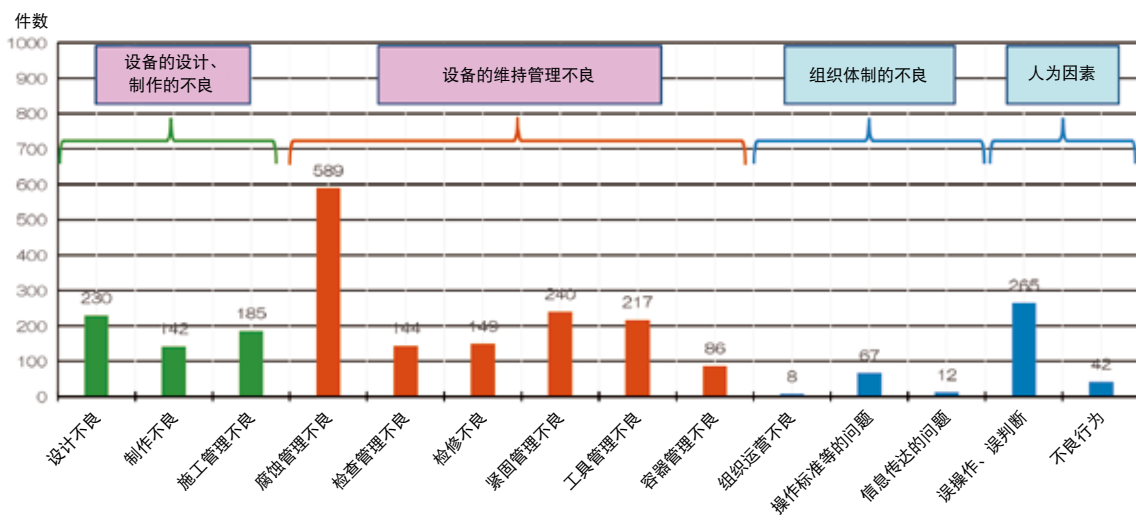
东京电设服务(以下称“该公司”)从2013年起引进了在海外也已经取得了成绩的基于热可塑性树脂的新防锈技术和工法,它对于各种设备的合理的功能维持非常有效,下面就其概要进行阐述。

2. 工厂成套设备事故的状况

Figure1所示为由经济产业省 产业保安组所开示的,2013年~2018年所发生的高压气体设备事故件数(按事故原因分类)。

设备的维持管理不良所导致的事故占了整体的约60%。其中,腐蚀管理不良特别多,占了整体的约25%。

在防止腐蚀的问题上,以往普遍采用的方法都是通过涂装进行防锈。但是,这里告诉我们,作为维护对策,这种方法并不一定有用。



经济产业省 高压气体相关统计资料(其他分类除外)截止至2018年12月底

Figure1 2013~2018年 按事故原因分类对高压气体事故进行的分析 N = 2376

3. 新防锈材料的特点

Figure2所示为将新防锈材料用于螺栓时的示意图。与通过涂装进行防锈不同，由热可塑性塑料高分子聚合物所构成的材料会包裹住对象，并会自行渗出材料中内含的油脂，从而达到长期防止腐蚀的目的，且还具有如下特点。

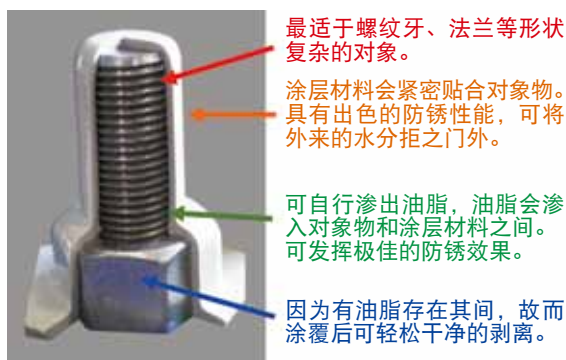


Figure2 螺栓防锈示意图

- 半永久性抑制生锈！
为可渗出油脂的特殊材料，可发挥出色的防锈效果。通过定期的维护，可半永久性地持续使用对象物。
- 即使在沿海地区、海上等恶劣环境下，也能发挥稳定的防锈效果！
即便是在通过涂装防锈时需要在较短间隔内重复施工的恶劣环境下，也能发挥出稳定的防锈效果，因此，可达到降低生命周期成本的目的。
- 施工时间短！防止飞散，养护容易！
与涂料相比，其材料不会出现飞散问题，仅需通过简易的养护即可施工。此外，其硬化时间仅需约3分钟，可大幅缩短养护时间。
- 对于难以清理的复杂形状，同样适合！
因为油脂会将对象物整个包裹起来，因此即使是第3类清理也能发挥充分的防锈效果，可用于难以清理的复杂形状的施工。
- 可轻松剥离！因此，可方便地实施开放检查！
可用刀片轻松切断涂层，并且可剥离的干干净净，因此，即使是开放检查时，也能在短时间内轻松方便地完成检查。
- 通过剩余寿命诊断技术，可提供最适合的修补时期方案！
通过本公司独创的剩余寿命诊断技术(※)，可最大限度地发挥防锈效果，并可提供最佳的再次施工时期的方案。

※专利第6051276号“油含浸树脂膜的剩余寿命诊断方法”

- 出色的绝缘性能！还可用于防止触电！
其电气绝缘性能高达53kV/4mm，而且任何形状都能进行施工，因此，也可作为防止触电的措施加以运用。
- 环保材料！
不使用有机溶剂、有害化学物质，为环保材料。

4. 防锈装置

现场施工时所使用的装置如Figure3所示。

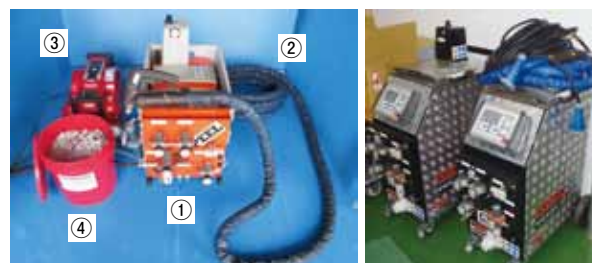


Figure3 防锈装置主体

融解装置主体
(融解量 12kg型)

- ①融解装置主体
(融解量5kg型)
※5kg型在H&S演示车中介绍¹⁾
- ②喷射软管(10m：带融解热电偶)
- ③压缩机(用来改变喷射压力)
- ④材料片(10kg/罐)

5. 施工事例

- ①用于海湾停车场消防配管
作为延长定期配管修复(3年→5年)期间及缩短给停车用户造成困扰的时间的对策而被采用。
(涂装需要涂3次(3天)→防锈施工(1小时))



Figure4 施工前(配管施工后)

施工后

- ②缩短定期开放检查的所需时间
定期实施法兰部的开放检查时，与涂料不同，可在短时间(1天→1小时)完成开放检查，且还可以准确地确认现有的紧固扭矩，故被采用。



Figure5 开放法兰部施工前 仅开放部位涂覆

③现有设备至报废期为止的延寿对策

有设备报废计划，在该期间内可延迟生锈的速度、维持设备，并可防止完全固化，因此可在紧急时进行开闭操作。而且还能发挥可手工清理(禁火区域)的优点，故被采用。



Figure6 涂覆前 涂覆后



Figure7 轴部防锈 涂覆后(不会固化, 故可操作)

④基于材料的电气绝缘性能的防止触电措施

运用材料的电气绝缘性能，因施工期间作业位置和充电部位难以确保隔离，故作为临时性的防止触电对策，而被采用。

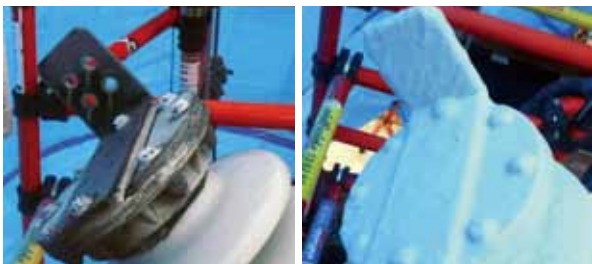


Figure8 充电裸露部 涂覆前 涂覆后

⑤用于超长吊桥吊缆固定部

作为吊缆固定部(钢缆和桥的支点部)的防锈措施，在钢缆内部注入润滑脂状的防锈剂后，再作为外层的被覆防锈而被采用。



Figure9 根据钢缆表面的形状而开发的浸渍装置的外层被覆防锈工法(本公司专利技术)

6. 带防锈效果的树脂盖 (FITCAP)

客户所困扰的问题：

- 螺栓螺母会生锈
- 不把大型器材带进来，就不能进行防锈施工吗？
- 现场装有很多不同尺寸的螺栓、锚类配件。是否不制作模具，就不能制作盖帽？
- 正在为因螺纹牙生锈而拧不动的螺栓螺母的切割问题而伤脑筋
- 虽然担心松动问题，但使用双螺母进行紧固也非常麻烦。我们在考虑到上述客户的心声之后，开发了一种定制的防锈盖(FITCAP)

①用于一般电气设备的台架部

因周围的环境条件，导致螺栓螺母快速老化，故采用了防锈盖。

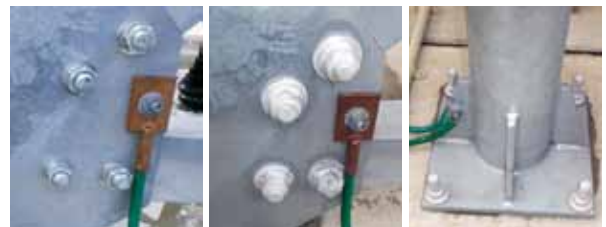


Figure10 左 安装前
中 螺母侧的防锈盖的安装情况
右 地脚螺栓的防锈盖的安装情况
(都由客户自行安装)

②用于桥梁上部钢缆支撑螺栓螺母

虽有在定期进行支撑螺栓螺母松动的确认检查，但因没有现有盖帽的模具，而全新制作的费用又较高，因此

基于削减模具制作费和防锈维持观点出发，采用了分割型防锈盖。



Figure 11 左 拆去M42尺寸现有盖帽后，存在部分生锈问题
右 分割型防锈盖的安装情况(由客户自行安装)

③用于高速公路等电光显示板基础部的螺栓螺母

设备维持管理规章修订后，制定了定期对支撑螺栓进行探伤试验的规定。试验时，需对头顶部进行研磨。设备管理者基于到下一次测定为止的防锈和提升继续测定时的精度，更加简便的开放以及缩短道路管制的时间的方面的考虑，采用了防锈盖。



Figure 12 左 基础支撑螺栓(土中或空气中)
中 探伤试验时，对头顶部进行研磨并测定
右 探伤试验结束后，防锈盖的安装情况(由客户自行安装)

7. 各种试验结果

对于使用材料，公司内部和材料厂商的各种试验结果如下所示。

①中性盐水喷雾复合循环试验(依据JIS H8502)如Figure13所示。

试验条件：全新螺栓 120个循环(40天)



Figure 13 试验情况 有防锈涂覆 无涂覆

②中性盐水喷雾试验(依据JIS Z2371)如Figure14所示。



Figure 14 试验情况 有防锈涂覆 无涂覆

试验条件：事先使之生锈的螺栓3264小时(136天)
有实施防锈涂覆的螺栓，虽然因防锈油的置换问题而呈现出变黑的情况，但生锈的速度得到了抑制。没有涂覆的螺栓，则可看到其螺纹牙已经消失了。

③材料厂商的浸渍试验

Table 1 耐化学品等浸渍试验【试验期间：6个月】

试验液	状态变化	试验液	状态变化
20% 硫酸	没有影响	氢氧化钠	表面侵蚀
20% 盐酸	没有影响	乙醇	稍稍软化
20% 醋酸	稍稍软化	二甲苯	不合适
20% 氨	没有影响	甲醇	不合适
20% 磷酸	没有影响	乙醇	不合适
自来水	没有影响	柴油	没有影响
净化水	没有影响	汽油 软化	软化、膨胀
海水	没有影响	甲基异丁基甲酮	不合适

④材料厂商的材料性能官方试验

Table 2 热可塑性树脂 E170 颜色：灰色

试验项目	试验方法	判定
阻燃性试验	UL94 (水平法)	HB
阻燃性试验	UL94 (垂直法)	V-2
绝缘破坏电压测定	JIS C2110-1	52.7kV (5次平均)
高分子冲击试验	JIS K7111-1	6.2kJ/m ² (9次平均)
热分析试验	JIS K7121	136.9℃
透湿度试验	JIS Z0280:1976	43g/m ² /、24H (3次平均)

⑤产品安全数据表(SDS)

热可塑性树脂 E170 已于2011年4月1日制作完成

⑥剩余寿命诊断服务

本公司会在现场设置后定期进行少量采样，通过独创的管理方法(取得了专利)对材料进行分析，可借此了解防锈材料的现下性能并预测出再次施工的时期。老化预测图(示意图)如Figure15所示。

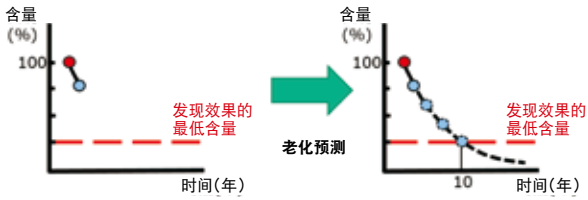


Figure 15 老化预测图

我公司的防锈技术有幸在株式会社华尔卡的H&S事业“密封工程服务(防锈施工)”中得到运用。我们希望今后也能与株式会社华尔卡一起，为解决客户的课题而共同努力。请继续给予我们支持，谢谢。

东京电设服务株式会社 主页 <http://www.tdsnet.co.jp/>

8. 结语

对于新的防锈技术，当初是以电力设备的寿命延长/效率提升为目的而被引进的，但是，关于生锈相关的苦恼，可以说无关设备，是全社会共同的课题。

9. 参考文献

- 1) 野野垣 肇：华尔卡技术志No.34、29(2018)



三栖 达夫

东京电设服务株式会社
地中事业本部副本部长
(现埼玉中心所长)

基于ASME PCC-1的密封垫片 紧固安装的基本培训的介绍

1. 前言

近年来,在日本技术传承的延迟及年轻作业人员的经验不足问题受到了越来越多的关注,持续性维持及提升技能成为一大课题。此外,在新设备及增设备计划较多的发展中国家等地,因人手不足问题导致的密封材料的选择不当及施工不良导致的泄漏事故频有发生,连接作业工人的培训已成当务之急。

为了满足这些需求,我公司于2014年设立了体验型培训中心“密封培训中心(STC)”¹⁾,以作为学习现场施工要领的场所。

STC在日本国内有2处(东京都町田市、奈良县五条市),在海外有6处(中国、台湾、越南、泰国、韩国、新加坡)。STC获得了工厂负责人、工厂工程相关企业为首的众多客户的高度评价。

此外,2017年还根据STCW条约(The International Convention on Standards of Training, Certification and Watch keeping for Seafarers, 1978)开发了船员技术训练用密封培训,并从一般财团法人日本海事协会(以下称为“ClassNK”)取得了海员技术训练培训认证²⁾。

此次,因已成功开发了符合美国机械学会(American Society of Mechanical Engineers, ASME)所规定之指南的“ASME PCC-1基本培训”,并从Class NK取得了教育培训认证(Figure1),故在本报进行介绍。



Figure1 ASME PCC-1基本培训的ClassNK认证

2. ASME PCC-1

用于防止工厂设备、装置等泄漏的法兰连接技术,是与工厂设备的安全运转息息相关的重要技术,需要由拥有专业知识和经验的技术人员实施。在海外,已经制定了ASME PCC-1-2013; Guidelines for pressure boundary bolted flange joint assembly (以下称为“ASME PCC-1”)、及EN 1591-4:2013; Flanges and their joints Qualification of personnel competency in the assembly of the bolted connections of critical service pressurized systems等,对包含对施工作业人员的培训方法在内的,与连接相关的资格,已经以认证制度的形式作了规范。

ASME PCC-1是螺栓法兰接头装配(BFJA)的指南,用于“ASME 压力技术规约及标准”适用范围内的接头组装,同时对于根据其他规约及标准安装的设备同样适用,对于依据JIS、JPI安装的配管、机器,同样可以适用。关于施工作业人员及其管理者的培训和认证,请见附件A中的规定。

一般而言,日本国内工厂设备的法兰连接, JIS、JPI等的国内标准是主流,但是,日本国内标准并没有技能资格认证制度。日本高压技术协会(HPI)虽然制定了法兰连接作业培训指南HPI TR Z 110:2018,但是却并没有制定与法兰连接相关的资格认证制度。本公司之前STC的内容参考了JIS、JPI,也不能授予技能资格认证。

而“ASME PCC-1基本培训”是依据ASME PCC-1附件A执行的培训,且获得了第三方机构ClassNK的认证,本公司可以代ClassNK向受训人发放资格证明。

3. 一般财团法人 日本海事协会的认证

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和教育培训认证等多种多样的事业。本次所介绍的“ASME PCC-1 基本培训”的认证也是其取得的这种教育培训认证之一。

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，占到全世界超过50家船级协会的约20%（截止到2018年3月），具有国际性权威²⁾。

该协会的认证包括了教育培训计划、教育培训所使用的设备及实施教育培训的讲师的认证，可进行高品质的教育培训。认证步骤流程图如Figure2³⁾所示。

4. ASME PCC-1基本培训

“ASME PCC-1 基本培训”是根据ASME PCC-1 附件A开发编制的教育培训课程，其目的是：通过课堂上的理论学习和通过实际技能训练进行的实践，来有效地掌握法兰连接件组装相关教育课程的内容。实际技能培训的情景如Figure3所示。



Figure3 本公司培训实际技能训练的情景

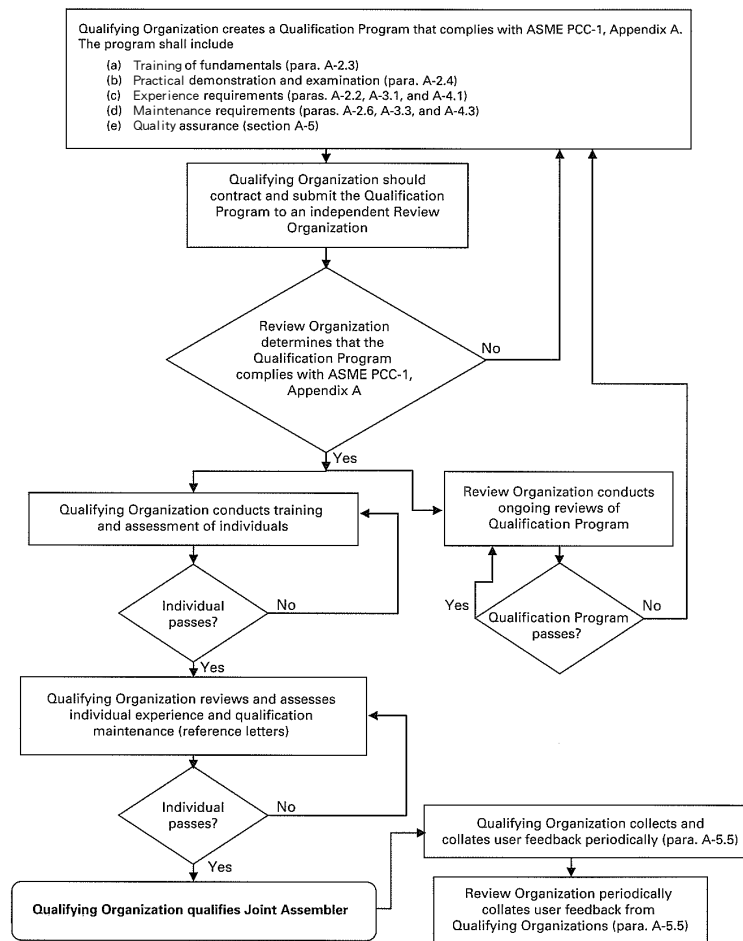


Figure2 认证步骤流程图

课程内容为课堂学习和实际技能培训两个部分，共计8小时。设定为1.5天的培训课程。

课堂学习和实际技能分别有相应的考核测验，用来确认受训人的学习成果，合格者将会获得ClassNK认证的结业证书(Figure4)。



Figure4 课程学习的流程

从事法兰连接作业6个月以上的全职工、或从事法兰接头施工领域相关工作6个月以上的临时工，都可参加本课程。此外，参加本培训前，如工作经验不满上述时间要求

的，也可参加考核，但是在认证考核合格后，将在等工作经验满足上述时间要求后，才会发放认证证书。

5. 结语

日本国内工厂成套设备的法兰连接主要都是依据JIS、JPI等日本国内标准实施的，但是如上所述，没有技能资格认证的制度。此外，ASME PCC-1对于根据ASME以外标准安装的设备同样适用，因此，它在培养具有一定水准以上技能(资格认证)的连接作业人员的问题上，定能有所作为。

此外，在海外，依据ASME PCC-1安装设备已成主流，ASME PCC-1认证可以帮助培养和吸收法兰连接作业的专业人才。

目前，本公司在日本的ASME PCC-1基本培训的授课点有东京都町田市和奈良县五条市2处STC基地。此外，为了向海外的STC基地作横向展开，我们将以海外运作率最高的台湾STC基地为首，依次向各国基地推广展开。

为了进一步提升客户对于可靠的密封施工和技能培训的关注度，本公司将始终以客户观点出发，以独创的密封工程为核心，在全球范围内推进各种服务的开发和普及，进而对减少世界上工厂设备的泄漏事故，对实现安全、安心的设备运作贡献力量。

6. 参考文献

- 1) 村松 晃，华尔卡技术志，No.33，15-18(2017)
- 2) 山本 隆启，华尔卡技术志，No.35，2-4(2018)
- 3) ASME PCC-1, "Guidelines for Pressure Boundary Bolted Flange Joint Assembly", (2013)



野野垣 肇
营业本部
技术解决方案组



山本 隆启
营业本部 H&S 事业推进担当

紧固步骤对密封性的影响

1. 前言

在密封垫片连接体中,为了防止紧固偏向一侧,做到均衡紧固,建议采用逐渐提升紧固力的施工方法。减小每一次的紧固力,增加紧固次数,此法可以缩小紧固力之差,但是相对的,会增加紧固的工作量。

对于 JIS B 2251¹⁾、ASME PCC-1²⁾等的标准,每位用户都有其自己的紧固方法。虽然有对不同紧固方法下的螺栓紧固力进行评价的数据^{3、4)},但却很少有对密封性进行评价的数据⁵⁾。

在本文中,对不同紧固方法对螺栓轴力的举动和密封性造成的影响进行了评价。

2. 试验方法

2-1)试验条件

本次的试验条件一览如 Table1 所示。

试验中使用的密封垫片选用了以柔性石墨为填料的缠绕式密封垫片(No.6596V)和辊压密封垫片(No.6500),尺寸为 JPI Class150 4inch和 JPI Class300 24inch。所有的螺栓上都贴上了应变感应探头,通过应变仪读取螺栓轴力。根据事先进行的试验结果,将密封达成面压(泄漏量 2.0×10^{-4} [Pa·m³/s·m]以下的面压)定为目标密封垫片面压。

Table1 试验条件

试验所用密封垫片	缠绕式密封垫片 No.6596V	
尺寸	JPI Class150 4inch、t 4.5	JPI Class300 24inch、t 4.5
法兰突台直径	φ 157.2	φ 692.2
螺栓	M16、8 根	M39、24 根
目标密封垫片面压 ⁽¹⁾	20MPa	40MPa
试验所用密封垫片	辊压密封垫片 No.6500	
尺寸	JPI Class150 4inch、t 1.5	JPI Class300 24inch、t 3.0
法兰突台直径	φ 157.2	φ 692.2
螺栓	M16、8 根	M39、24 根
目标密封垫片面压 ⁽¹⁾	35MPa	40MPa

注(1) 根据事先进行的试验结果,将密封达成面压定为目标密封垫片面压。

2-2)试验装置

本次所使用的试验装置如 Figure1 和 Figure2 所示。

将密封垫片装入管法兰,对紧固至规定的密封垫片面压时的螺栓轴力、法兰面间隙进行测定后,向装置内施以内压,测量泄漏量。



Figure1 试验装置(JPI Class150 4inch)



Figure2 试验装置(JPI Class300 24inch)

2-3)紧固方法

采用的紧固方法为 JIS B2251 及 ASME PCC-1,一次较小紧固量、增加紧固次数(分 13 次),以及相反的一次较大紧固量、减少紧固次数(分 3 次)(参照 Table2)。此外,以螺栓轴力为指标进行紧固。

JPI Class300 24inch 时,螺栓数为 24 根。JIS B2251 紧固时,以规定紧固扭矩的 110% 作为目标紧固扭矩。此外,采用 2 种模式进行分 13 次的紧固。一种是对角紧固,另一种是圆周紧固。

Table2 紧固方法一览

	分3次	JIS B 2251	ASME PCC-1	分13次 (对角紧固)	分13次 (圆周紧固)
到目标值为止的 紧固次数	分3次	分4次	分3次	分13次	分13次
紧固步骤	对角紧固(Figure3) · 紧固步骤 参照Table3	预紧固：对角紧固 (Figure5) ↓ 正式紧固：圆周紧固 (Figure4)	对角紧固(Figure5) · 紧固步骤 参照Table3 ↓ 圆周紧固 (Figure4)	对角紧固(Figure3) · 紧固步骤 参照Table3	圆周紧固 (Figure4)
对象螺栓	所有螺栓	预紧固： 所有螺栓 (4inch) 4根(24inch) 正式紧固： 所有螺栓 (4inch、24inch)	所有螺栓	所有螺栓	所有螺栓
到完成紧固为止的 总紧固次数	分3次	4inch：分9次 24inch：分11次	分8次	分13次	分13次
JPI Class150 4inch	○	○	○	○	
JPI Class300 24inch	○	○	○	○	○
备注	-	24inch以目标扭矩的 110%进行紧固	圆周紧固时，一直紧固至 螺母不再转动为止	-	-

备注 以螺栓轴力为指标实施紧固。



Figure3 对角紧固的紧固方法

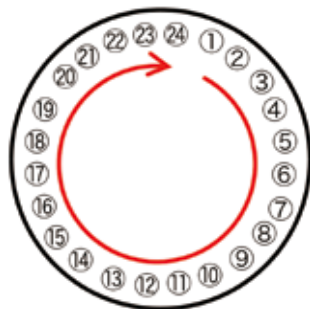


Figure4 圆周紧固的紧固方法

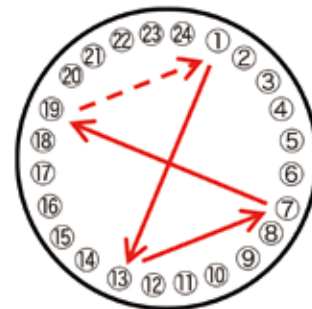


Figure5 JIS预紧固的紧固方法

Table3 对角紧固的螺栓紧固步骤

Sequence
①-⑬-⑦-⑰-④-⑱-⑩-⑫-②-⑭-⑧-⑲
⑤-⑰-⑪-⑲-③-⑮-⑨-⑲-⑥-⑱-⑫-⑲

Table4 密封性试验条件一览

试验气体	氦气
内压	2MPa
泄漏量的测量	压力下降法
密封标准	$2.0 \times 10^{-4} [\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s} \cdot \text{m}]$ 以下

2-4)密封性试验条件

密封性试验条件如Table4所示。

试验气体、内压为氦气、2MPa；泄漏量通过压力下降法测量。此外，为了消除尺寸因素的影响，将实际测得的泄漏量除以接触外周长度，计算出单位长度泄漏量。

3. 试验结果

3-1)螺栓轴力和分布

将No.6596V及No.6500紧固至目标密封垫片面压时的螺栓轴力和分布如Figure6及Figure7所示。

分3次紧固时,JPI Class150 4inch和JPI Class300 24inch都有螺栓间的轴力差较大、最小值大幅低于目标轴力的螺栓。其他方法紧固时,JPI Class150 4inch时未见紧固方法造成的螺栓轴力差。另一方面,JPI Class300 24inch时,虽然其严重程度不如分3次紧固时,但不同紧固方法下还是出现了螺栓轴力差。

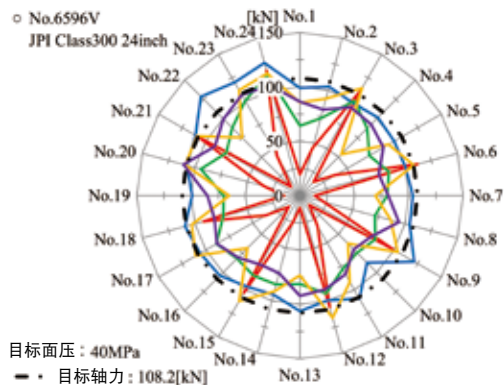
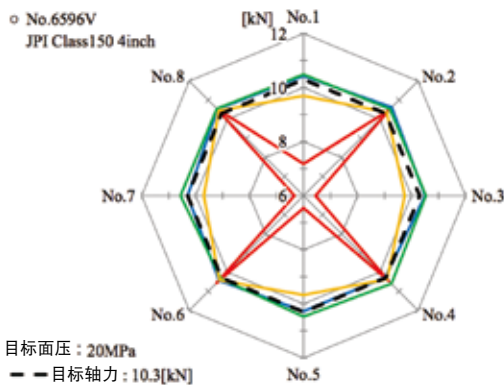


Figure6 螺栓轴力和分布(No.6596V)

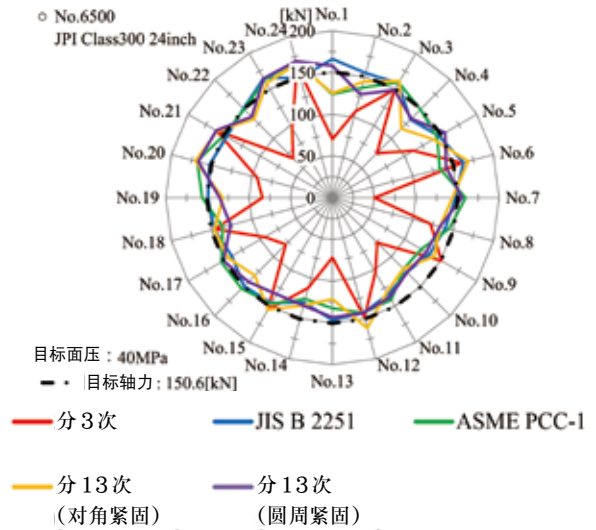
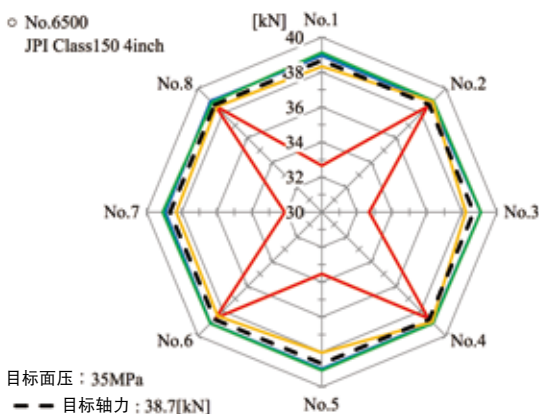


Figure7 螺栓轴力和分布(No.6500)

3-2)密封性试验

No.6596V和No.6500的密封性试验结果如Figure8和Figure9所示。

No.6596V和No.6500都出现了基于不同紧固方法的泄漏量差,在分3次进行的紧固中,两者的泄漏量都超过了密封标准(2.0×10^{-4} [Pa·m³/s·m]以下)。其他紧固方法时,泄漏量在密封标准以下。JPI Class150 4inch时,未见因紧固方法造成的泄漏量差,JPI Class300 24inch时,JIS B2251的泄漏量最小,之后按ASME PCC-1、分13次紧固(对角紧固)、分13次紧固(圆周紧固)的顺序,泄漏量依次增加。在JIS B2251中,以目标轴力的110%进行了紧固,这应是泄漏量较少的主要原因。此外,分13次进行的对角紧固和圆周紧固,其泄漏量程度相当。

螺栓轴力的①最大值、②最小值和泄漏量的汇总,如Figure10及Figure11所示。

螺栓轴力的最大值对于泄漏量的影响较小,但最小值越小呈现出泄漏量越大的趋势。在分3次进行紧固时,应是螺栓轴力的最小值未能达到可密封的密封垫片面压,所以其泄漏量较大。对No.6596V和No.6500进行比较后发现,相较于No.6500, No.6596V的螺栓轴力的最大值和最小值之差较大,其泄漏量趋势程度却相当。

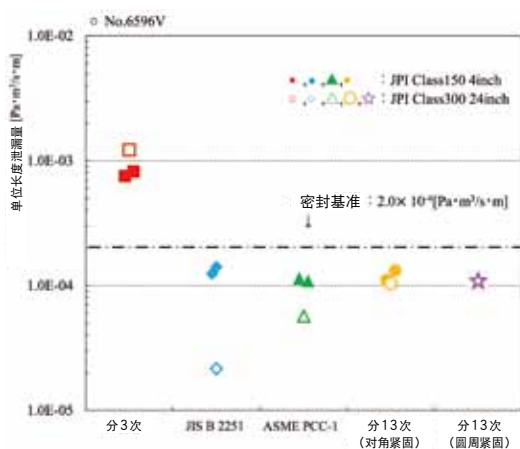


Figure8 密封性试验结果(No.6596V)

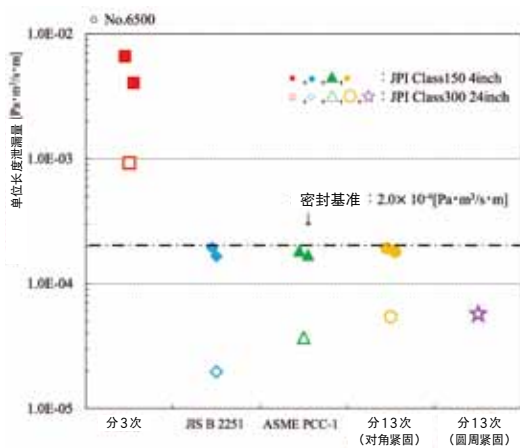


Figure9 密封性试验结果(No.6500)

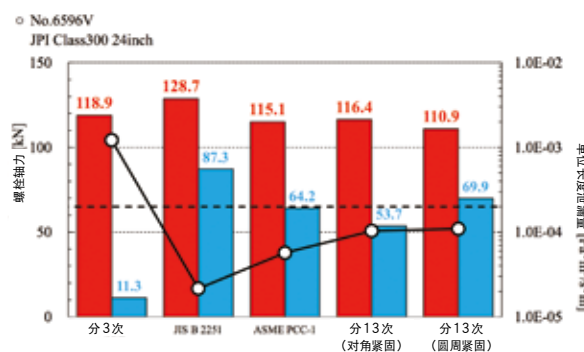
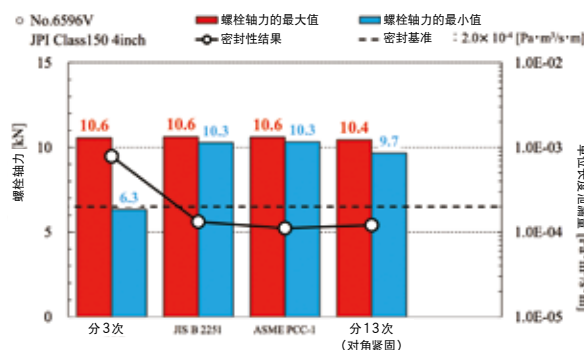


Figure10 螺栓轴力和泄漏量(No.6596V)

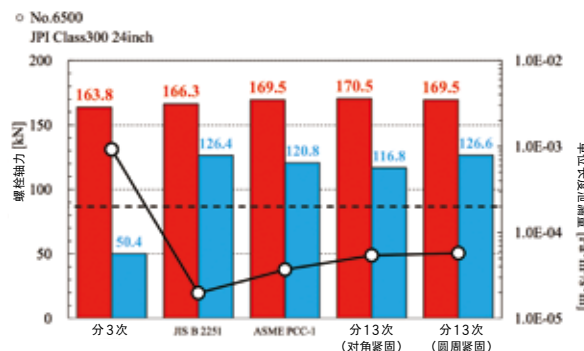
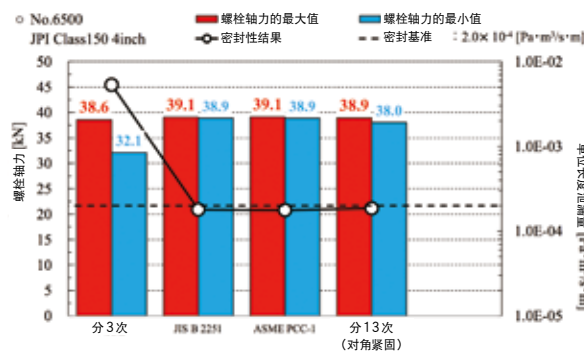


Figure11 螺栓轴力和泄漏量(No.6500)

3-3)法兰面间隙的移位置

将No.6596V和No.6500紧固至目标密封垫片面压时,法兰面间隙的最终移位置如图Figure12和Figure13所示。

No.6596V与No.6500在分3次进行紧固时,与其他的紧固方法相比,其法兰面间隙的移位置较小。在JPI Class150 4inch中,在分3次进行紧固以外的紧固方法时,未见差异;JPI Class300 24inch中, JIS B2251的移位置最大,然后是ASME PCC-1、分13次(对角紧固)、分13次(圆周紧固),从中可以看出与密封性试验结果之间是存在相关关系的。

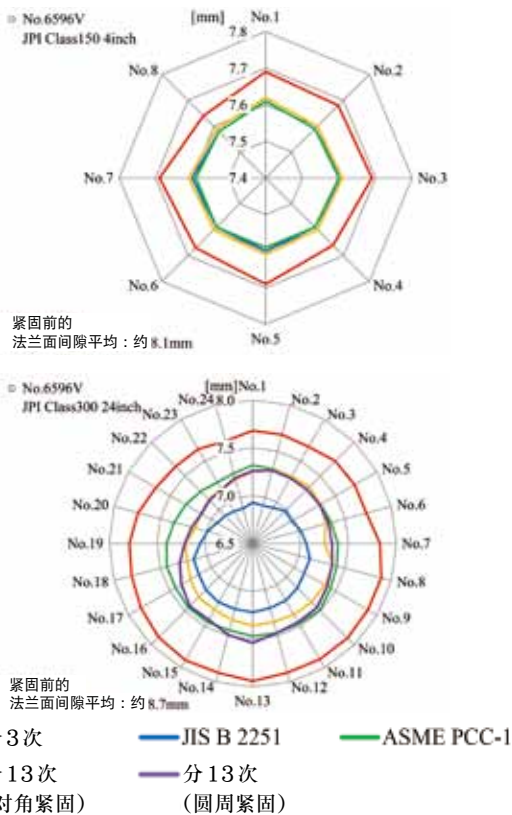


Figure 12 法兰面间隙的移位量(No.6596V)

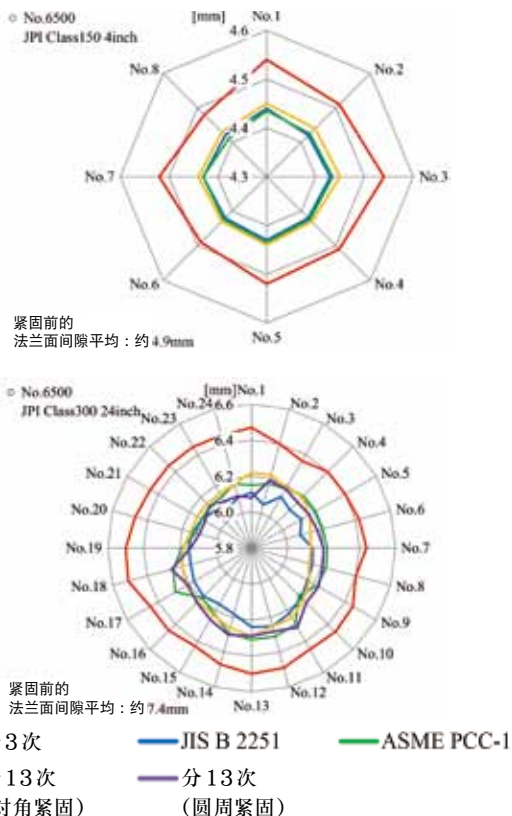


Figure 13 法兰面间隙的移位量(No.6500)

3-4) 扳手移动距离

各紧固方法下的扳手移动距离的计算结果如Figure 14所示。计算方法为沿着法兰周向的移动量，而非螺栓间以最短距离移动时的情况。

JPI Class150 4inch中未见大的差异，JPI Class300 24inch中可见基于紧固方法的差异，JIS B2251和分13次紧固(圆周紧固)可密封且效率较高。此外，JPI Class300 24inch中，ASME PCC-1至完成紧固位置的总紧固次数虽然比JIS B2251为少，但是，其扳手移动距离却较之为长。应是对角紧固时，作为紧固对象的螺栓根数之差(JIS B2251中为4根，但ASME PCC-1中为所有螺栓(24根))所致。

在分13次紧固中，对角紧固和圆周紧固时，其泄漏量、轴力的程度均相当，但在扳手移动距离上出现较大差距。可以说，紧固时，尤其是大口径时，相较于对角紧固，圆周紧固是更为高效的紧固方法。但是，本次为分13次紧固的结果，对于减少紧固次数时的影响，是今后的课题。

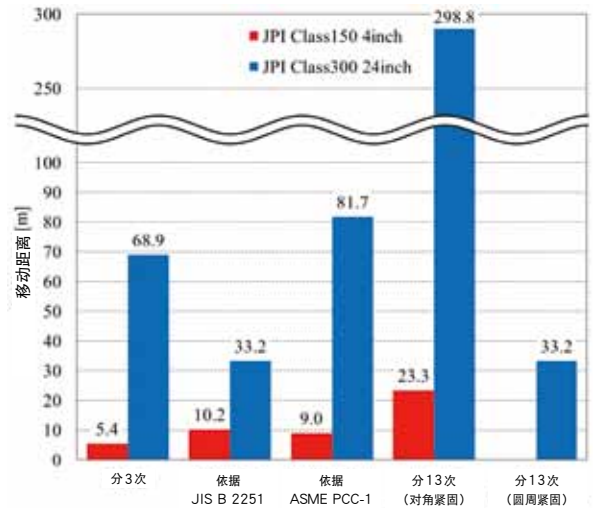


Figure 14 扳手移动距离

4. 结语

本次实验中，对JPI Class150 4inch及JPI Class300 24inch的管法兰连接件在不同紧固方法下的密封性进行了确认，并得到了以下结论。

○不同的紧固方法下，确认到了泄漏量存在差异。尤其是相较于小口径而言，大口径在这个问题上尤为显著。

- 发现螺栓轴力的最小值会对泄漏量造成影响，未达到可密封的面压时，泄漏量较大。
- 如想要提高螺栓轴力的最小值，以较大的力进行紧固、或更加均衡的紧固极为重要。
- 确认了JIS B2251及ASME PCC-1等标准方法可对螺栓轴力进行均衡的紧固。此外，在分13次紧固中，无论是对角紧固还是圆周紧固，其泄漏量、螺栓轴力方面均未见差异，但就作业效率而言，圆周紧固效率较高。
- 根据扳手的移动距离、泄漏量，认为JIS B2251的效率应该是最高的(但是，24inch时是以目标轴力的110%紧固的)。

5. 参考文献

- 1) JIS B2251, 法兰接头紧固方法(2008)
- 2) ASME PCC-1, Guidelines for Pressure Boundary Bolted Flange Joint Assembly (2013)
- 3) 渡边芳和, 山口笃志, 金田忍, 辻祐一, “JIS法兰接头紧固方法的适用范围扩大(延伸PTFE密封垫片的紧固模拟)”, 山梨报告会报告论文集, 152-153(2009)
- 4) 高木知弘, “基于有限元法的管法兰连接件的紧固及力学特性评价的相关研究”, 神户商船大学博士论文(2013)
- 5) 大宫裕也, 高木爱夫, 泽俊行, 鸟居广康, “螺栓轴力的散差对带密封垫片的大口径法兰连接件密封性能造成的影响”山梨报告会报告论文集, 160-161(2010)



藤原 隆宽
研究开发本部
商品开发部



郑 兴
中国综合研究所
密封工程开发组



森本 吏一
三菱化学株式会社
冈山事业所

弹性体O形圈的选择指南 以及选择时的问题及其对策

1. 前言

将O形圈用作密封件的领域非常之多，其结构简单、安装方便、密封不存在方向性，而且可适用的压力范围也非常广。

以各种液压、气压工业为中心，它被广泛应用于一般产业、食品工业、半导体、飞机、航天相关设备等领域。

但是，一方面，O形圈作为密封件拥有出色的优点，但另一方面，它在基于各种流体的材料选择、沟槽设计上，如采用了错误的使用方法，则很多时候都会大幅影响其耐久性能。因此，使用O形圈时，必须要采用能充分发挥其特点优点的正确使用方法。

本报将对选择O形圈时的思路、选择方法、因选择失误所造成的问题事例及其对策进行说明。

2. O形圈的选择指南

2-1) O形圈所需的特性(功能)

- ① 具有机械强度(耐压性、耐磨损性)。
- ② 不被接触的流体(油、化学品、溶剂等)所侵蚀。
- ③ 适应广泛的温度范围(耐热性、耐寒性)。
- ④ 较小的压缩永久变形。

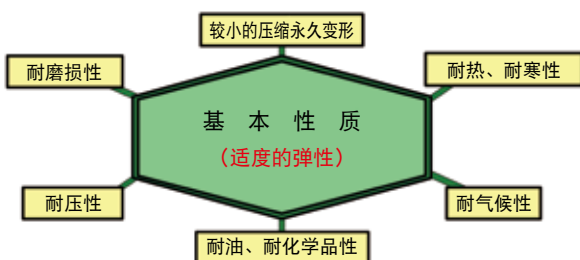


Figure1 O形圈所需的特性

2-2) O形圈防止泄漏的原理

O形圈通过压缩时的反斥力+流体压力实现密封。密封结构如Figure2所示。

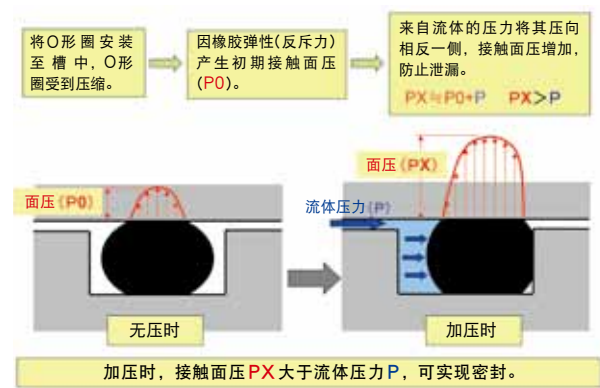


Figure2 O形圈防止泄漏的原理

2-3) FEA (有限元法)

FEA是一种模拟，用于针对各种规格标准进行最佳的产品设计及材料选择。此外，还可实现用于避免故障的解决方案活动。分析步骤示例如图Figure3所示。

2-4) O形圈的选择方法

O形圈的用途可分为用于固定部和可动部，必须要根据使用条件选择合适的尺寸、材料，否则将无法获得长期稳定的密封性能，可能在短期内就会发生密封不良。以下为选择时的参考资料。

2-4-1)主要的O形圈材料种类和特点

适用规格和材料一览表如Table1所示。

2-4-2)橡胶材料的耐油、耐化学品、耐气体性

依据JISK 6258将橡胶浸渍到各药液中，根据浸渍前后的物性对比确认到的耐油、耐化学品、耐气体性的结果如Table2所示。

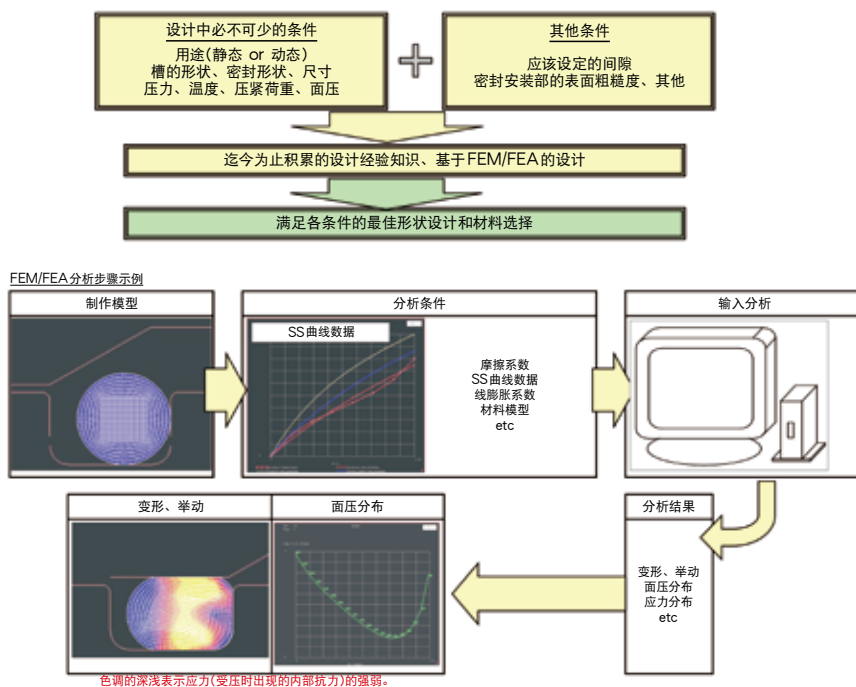


Figure3 FEA分析步骤示例

Table 1 O形圈材料的种类和特点

种类	适用规格与JIS规格相当的其它编号	橡胶的种类	华尔卡材料符号	物性				使用温度范围℃(参考)	用途及特点	华尔卡产品编号
				A型硬度计硬度	拉伸强度MPa	伸长率%	压缩永久变形% (°C×hr)			
标准材料	NBR-70-1	丁腈橡胶 (NBR)	B0570	72	17.6	340	20 (120X72)	-35~120	具有耐油、耐热、耐磨损性, 为用于液压力气的标准材料	640
	NBR-90		B0390	89	16.8	190	16 (120X72)	-35~120	与B0570基本同等, 为具有出色耐压性的材料	
	NBR-70-2		B0170	71	16.1	310	8 (100X72)	-30~120	适用于灯油、汽车等优异的一般燃料油用材料	
	EPDM-70	三元乙丙橡胶 (EPDM)	H0970	72	16.2	230	15 (150X70)	-50~150	用于乙二醇、刹车油及动植物油的材料	5640
	-	硅橡胶 (VMQ)	E0170	72	6.0	190	19 (175X22)	-60~200	具有出色的耐热、耐寒性的材料	
	FKM-70	氟橡胶 (FKM)	D2770	73	15.2	300	26 (200X72)	-15~200	具有出色的耐热、耐油性, 为压缩永久变形较小的材料	
主要特殊材料	一般工业用 (ISO)	丁腈橡胶 (NBR)	B0570	72	17.6	340	20 (120X72)	-35~120	具有耐油、耐热、耐磨损性, 为用于液压力气的标准材料	640
	-		B1370	70	13.2	210	-	-50~120	具有出色耐寒性的丁腈橡胶	
			B2070	70	14.5	370	13 (100X70)	-20~120	耐油性、耐汽油性尤为突出的丁腈橡胶	
		氢化丁腈橡胶 (HNBR)	B5170	71	24.3	270	14 (150X70)	-30~150	具有出色耐热、耐油、高强度、耐磨损性的材料	
	-	氟橡胶 (FKM)	D0270	71	13.9	230	4 (175X22)	-15~200	较低压缩永久变形的真空用材料	4640
			D2570	72	13.6	230	3.8 (175X22)	-15~230	与传统的氟橡胶相比, 其压缩永久变形极小, 是一款具有出色耐热性的材料	
			D2470	69	21.0	450	30 (175X30)	-12~200	具有出色耐酸性的材料	
			D0290	88	15.0	162	8 (175X22)	-15~200	与D0270基本同等, 为具有出色耐压性的材料	
			D0970	73	15.7	290	23 (175X22)	0~200	具有出色耐热水、耐碱性的材料	
			D0875	78	18.6	190	8 (175X22)	-30~200	比D0270的耐寒性更为出色的材料	
	氟硅橡胶 (FVMQ)	E0470	73	7.8	280	29 (175X22)	-60~200	在低温~高温的燃油、矿油等中表现出色的材料	5640	
	-	三元乙丙橡胶 (EPDM)	H0970	72	16.2	230	15 (150X70)	-50~150	具有出色耐蒸汽、耐植物油·刹车油、耐阻燃性机油的材料	640
		氯丁橡胶 (CR)	J0170	68	19.4	350	20 (100X70)	-30~120	具有出色耐氟利昂气体、耐气候性的材料	
		丁基橡胶 (IIR)	F0075	74	12.3	170	4 (100X70)	-20~150	用于自来水不锈钢管接头密封, 具有出色耐热水、耐蒸汽性的材料	
		JASOF404 4类E	丙烯酸酯橡胶 (ACM)	L0770	71	10.8	200	20 (150X22)	-25~150	
-		聚氨酯橡胶 (AU、EU)	R0490	93	43.0	360	28 (80X70)	-20~80	在耐油、高强度、耐磨损性方面表现最为出色的材料	

备注 使用温度范围会因流体、压力、温度等的使用条件和要求性能等而发生变化。

Table2 各种橡胶材料的耐油、耐化学品性及耐气态性评价结果一览表

种类	NBR	HNBR	FKM	聚氨酯	VMQ	EPDM
一般矿油类	A	A	A	A	B	D
水、二醇类	B	A	B	D	D	A
汽油、轻油	A	A	A	A	C	D
有机酸	C	C	D	D	B	D
高浓度无机酸	B	B	A	D	C	B
低浓度无机酸	B	B	A	C	B	A
高浓度碱	B	B	D	D	A	A
低浓度碱	B	B	C	D	A	A
苯、甲苯	C	C	A	D	C	C
乙醇	A	A	A	C	A	A
MEK	D	D	D	D	B	A
醋酸乙酯	D	D	D	C	C	A
臭氧	D	B	A	A	A	A
热水、蒸汽	B	A	B	D	C	A

备注 评价基准是对试验后的体积变化率及其他物性进行综合研究后设定的。

种类	A	B	C	D
评价内容	优	良	中	差
评价指标(体积变化率)	10%以内	11~20%	21~50%	51%以上

气体的种类	NBR	FKM	FFKM	VMQ	EPDM
氯气	B	A	A	A	A
氟气	A	A	A	A	A
氢气	A	A	A	C	A
二氧化碳	A	A	A	B	B
氯气	D	D	A	B	B
氟气	D	A	A	D	D
液化石油气	A	A	A	C	D
液化天然气	A	A	A	B	D
甲烷	A	A	A	D	D
乙烯	A	A	A	D	B
乙烷	A	A	A	D	D
丙烷	A	A	A	D	D
丁烷	A	A	A	D	D
戊烷	A	A	A	D	D
焦炉气	D	A	A	B	D

2-4-3)规格外O形圈的尺寸选择指南

根据下述 Table3 的压缩率及槽占用率值, 计算设定O形圈的粗细(ϕW)。

计算公式

压缩率 = $(W - H) / W$

槽占用率 = $(W^2 \times \pi / 4) / (B \times H)$

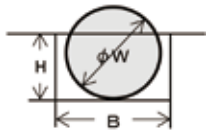


Table3 压缩率及槽占用率值

	用于往复运动	用于旋转运动	用于圆筒面固定	用于平面固定
压缩率 (%)	8~18	5~10	10~20	20~30
槽占用率 (%)	75~85 (用于固定真空 80~90)			

2-4-4)大口径O形圈的尺寸选择指南

O形圈的内径公差被设定为与直径尺寸成正比例, 因此, 大口径O形圈的公差范围必然会比较大, 而当实际尺寸属正公差一侧时, 在向槽内安装时, O形圈可能会因为出现重叠现象而无法安装的情况。

Table4 为内径尺寸的设定基准, Table5 为粗细尺寸的设定指南。

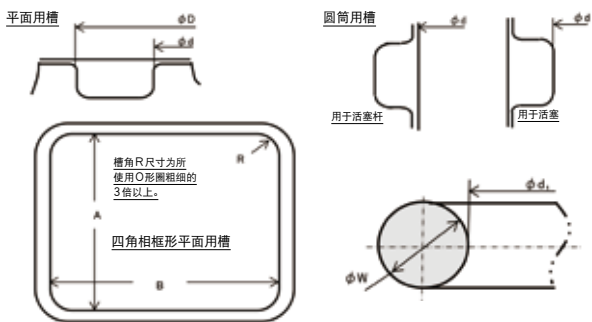


Table4 压缩率及槽占用率值

槽规格	d1 (基准公差为±设定)	
平面槽	用于内压	D-2W
	用于外压	0.99d
	用于活塞杆	1.003d
圆筒槽	用于活塞杆	1.003d
	用于活塞	0.99d
框架平面槽	$0.98 L / \pi$ $L=2(A+B)-8R+2R\pi$	

Table5 粗细尺寸设定指南

O形圈内径	O形圈粗细
$\phi 400 \sim \phi 1000$	10
$\phi 1000 \sim \phi 2000$	12
$\phi 2000 \sim$	15

备注 建议在选择粗细时需要考虑法兰面的平行度、翘曲(起伏)及偏芯量等因素。

2-4-5)特殊槽的设计指南

①燕尾槽

在配管法兰及各种容器的盖子等中, 当O形圈安装槽为垂直或朝下时, 为了防止O形圈脱落而采用此槽。

Table6 为用于双燕尾槽的尺寸基准, Table7 为用于单燕尾槽的尺寸基准。

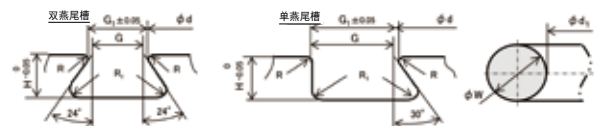


Table6 用于双燕尾槽的尺寸基准

用途	O形圈内径(d1)	H	G	G1	R	R1,MAX
用于加压 用于真空	依据下表*用于单燕尾槽的基准"	0.73~0.83W	0.82~0.85W	0.90~0.93W	0.15~0.5	0.4~1.6
		0.71~0.76W	0.86~0.88W	0.92~0.95W	0.2~0.4	0.8~1.6

Table7 用于单燕尾槽的尺寸基准

系列	W	H	H	G	G1	R	R1,MAX	
P·G	1.9	d=100 以下	1.5	1.77	1.92	0.2	0.4	
	2.4		1.9	2.23	2.38		0.5	
	3.1		2.5	2.88	3.10	0.3	0.8	
	3.5		2.8	3.26	3.48			
	5.7		4.5	5.30	5.67	0.5	1.6	
	8.4		6.7	7.81	8.18			
AS	1.78	d=400 以下	1.4	1.66	1.81	0.2	0.4	
	2.62		2.1	2.44	2.66			
	3.53		d=400 超过	2.8	3.28	3.50	0.3	0.8
	5.33			4.3	4.96	5.25		
V	6.98	基准公差 +0 -1.2% 内压、外压均适用	5.6	6.49	6.78	0.4	1.6	
	4		3.2	3.72	3.94			0.3
	6		4.8	5.58	5.95	0.5	0.8	
10	8	9.30	9.89	0.8	2.0			

②三角槽

在常规的方槽加工空间不够时，有时会采用三角槽。因设计、结构上的原因，容易咬入O形圈，因此在装入时需要充分留意。

Table8所示为用于三角槽的尺寸基准。

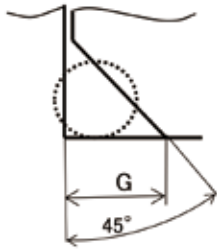


Table8 用于三角槽的尺寸基准

G	O形圈粗细 × 1.3
---	-------------

2-4-6)挡圈(防止挤出对策)

流体的压力可能会造成O形圈被挤入至缝隙导致其破损，而该部分再次被挤入最终会造成大的缺损，从而导致密封不良。作为上述情况的防止对策，建议配合使用挡圈。

挤出取决于压力、缝隙和橡胶硬度，其关系性如图Figure4所示。

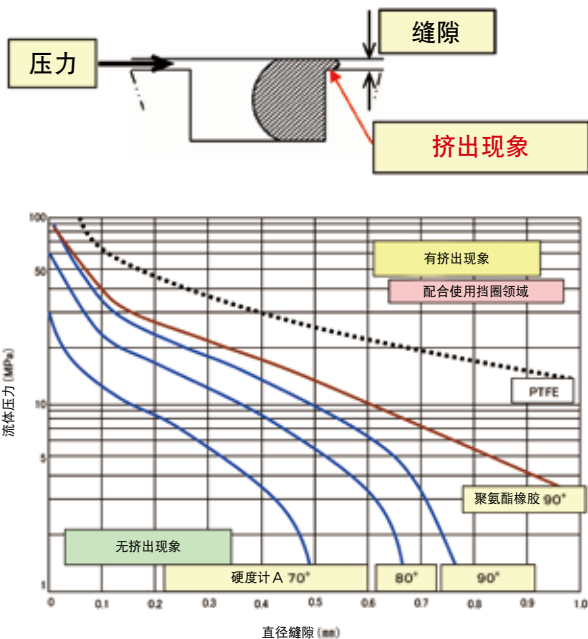


Figure4 挤出极限曲线(橡胶硬度、压力和缝隙之间的关系)

挡圈标准材料PTFE的压缩强度较小，容易变形，因此，它是一种保护效果较为出色的材料。但在高压领域，PTFE材料本身就会发出挤出现象，因此最好是与工程

塑料等高强度材料配合使用。

Table9所示为挡圈的材料构成和耐压力。但是，还要考虑到缝隙的问题，因此仅供参考。

Table9 (参考)挡圈的材料构成和耐压力

	材料构成	耐压(MPa)
①	PTFE	~ 50
②	带填料PTFE	~ 100
③	带填料PTFE+工程塑料	100 ~
④	带填料PTFE+工程塑料+金属	200 ~



用于超高压的挡圈构成的功能机制

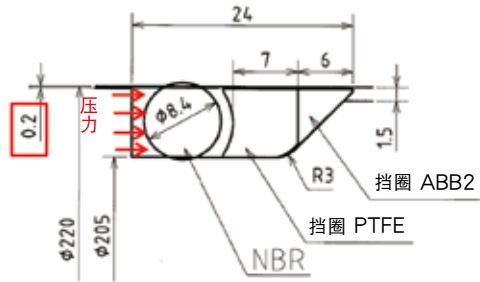
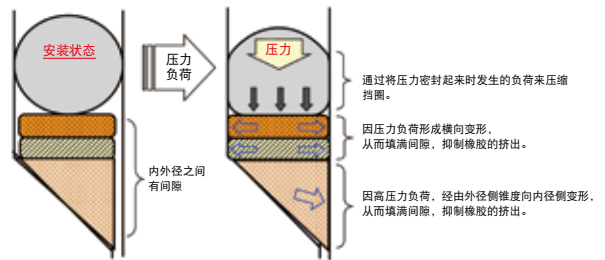


Figure5 FEA模型

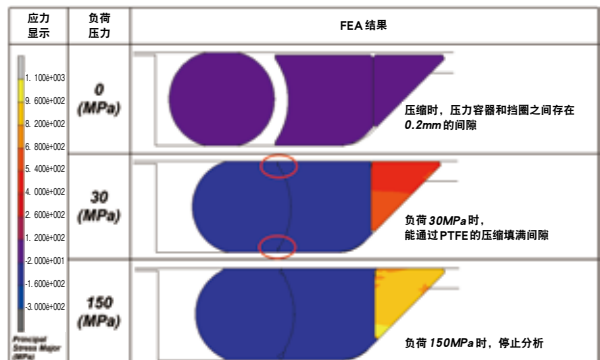


Figure6 FEA结果

使用斜切形时，发生过O形圈挤出至斜切部的缝隙(下图Z)导致破损等情况的问题事例。

对于这个缝隙(Z尺寸)，通过参考AS规格(MS28774)制定了Figure7的容许范围。

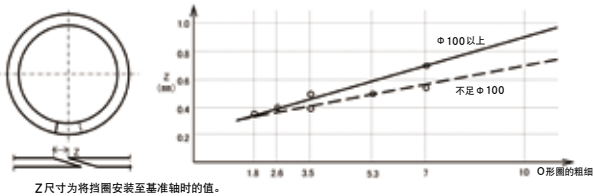


Figure7 圆筒用挡圈的斜切部缝隙的容许范围

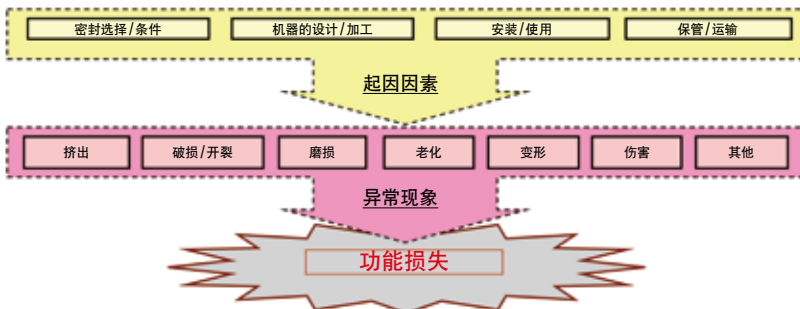
PTFE的线膨胀系数与一般的树脂在同一水平上，特别是在23℃附近有着材料所特有的转移点，发生故障时，需要确认使用位置的环境温度范围，然后在根据以下Table10的线膨胀系数进行尺寸补偿的基础上进行应对处理。

Table 10 温度范围和线膨胀系数的关系

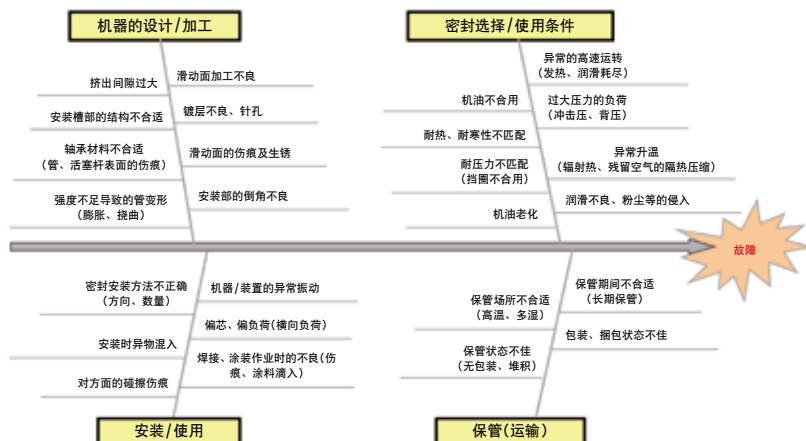
温度范围(°C)	25~100	25~50	25~30	25~20	25~0	25~-50
线膨胀系数(×10 ⁻⁵ /°C)	12.4	12.4	16	79	20	13.5

3. 选择错误的主要原因及其对策

3-1)产品故障的起因因素和异常现象流程图












3-2)故障主要原因图



3-3)使用O形圈时的注意事项

- ① O形圈在扭曲的状态下装入时，可能会有磨损或破损的危险，因此，请勿在扭曲的状态下安装O形圈。
- ② 安装时使用润滑脂或润滑油时，会使O形圈发生膨润，因此，请事先确认其耐受性等问题。
- ③ 棉纱布、劳保手套的线头、切屑、垃圾等会缩短O形圈的寿命，因此，需要防止这些异物、垃圾混入其中。
- ④ O形圈过度拉伸将无法恢复原状，这将导致无法装入机器、或造成泄漏。请勿使用蛮力过度拉伸。
- ⑤ 安装时有可能被螺丝部或边缘部等损伤时，请使用安装夹具(软质金属或树脂制品)进行安装，注意避免O形圈受损。
- ⑥ 有的材料会对人体造成不良影响。用于食品、医药用途时，请事先确认或进行咨询。
- ⑦ 焚烧O形圈有可能会释放出有害气体，因此，请勿焚烧O形圈。

3-4)问题事例及其对策

外 观		原 因	对 策
现象	外 观		
硬化	 整体硬化，弯折时出现裂纹。	· 使用温度超过材料的耐热极限	· 变更为具有出色耐热性的材料 · 降低环境温度
膨润 (软化)	 整体软化膨胀。	· 密封对象物与材料不匹配	· 确认耐受性，更改橡胶材料
		· 溶剂类等清洗剂的残留	· 彻底去除清洗剂
弹性减弱	 以贴合安装槽的状态发生变形	· 在高温条件下使用	· 变更为具有出色耐热性的材料 · 降低密封部的温度
		· O形圈的压缩量过大	· 修改槽尺寸或O形圈尺寸
挤出	 圆周面(整体或部分)缺损。	· 安装槽与对象面之间的间隙过大	· 缩小间隙尺寸
		· 承受过大的压力	· 同时使用挡圈
		· O形圈材料的强度不足	· 提高橡胶硬度
伤痕	 圆周面上有摩擦产生的伤痕。	· 安装时被螺纹牙等划伤了圆周面	· 使用保护夹具，避免直接接触螺纹牙部等
磨损	 O形圈接触面有磨损。	· 对象面的表面精加工粗糙	· 使对象面粗糙度符合规定
		<用于可动部时> · 润滑不充分	· 改善润滑状态 · 变更为具有出色耐磨损性的材料
扭曲	 圆周上发生扭曲变形。	· 在扭曲的状态下安装	· 安装时需要注意 · 对O形圈进行新型氟橡胶处理
		<用于可动部时> · 运动速度过快 · 发生偏心运动	· 变更密封垫形状 · 消除偏心运动
咬入	 在圆周上有部分被切除、或被挖去。	· 安装时由于孔部、螺纹牙部、端部边缘等而造成缺损	· 注意端部等的倒角 · 安装时使用保护夹具等
		· 在压缩量过大的状态下强行安装	· 修改槽尺寸或O形圈尺寸
臭氧裂纹	 表面出现裂纹状龟裂。	· 在伸展状态下在空气中放置	· 请勿在伸展状态下放置 · 在适当的包装状态下保存
		· 臭氧浓度过高	· 变更为具有出色耐臭氧性的材料

4. 结语

本报对选择O形圈时的思路、选择方法、因选择失误所造成的问题事例及其对策进行了介绍。

对于其中没有提到的O形圈的选择，请参阅本公司“O形圈”产品目录(No.Lc01)及“华尔卡手册”2011年修订版。

对于这些资料中没有记载的选择条件，请咨询本公司。

了解O形圈的正确选择思路和步骤，正确地进行选择，可以防止因O形圈引起的泄漏问题。衷心希望本报能在这方面对您有所帮助。

5. 参考文献

- 1) 华尔卡评论编辑室，
华尔卡评论 VOL.31 No.3 No.4(1987)
- 2) 华尔卡手册技术篇 (2010)
- 3) 八木义则，弹性体密封技术资料(2014)



保科 正次

营业本部
技术解决方案组

便携间隙/段差测定器的介绍

1. 前言

近年来，人们对于工厂成套设备整体的安全作业意识逐渐提高，在通过监视预测异常的同时，还在加速推进以提高作业的可靠性来预防事故的工作。

作为事故预防的手段之一，在工厂成套设备现场，除了根据需要更换密封垫片的过程中在法兰连接作业后实施紧固品质检查，对螺栓紧固力加以管理外，还会进行法兰紧固不平均、偏心的确认等。紧固不平均会导致密封垫片发生局部紧固不足或过度紧固，引起泄漏和密封垫片压缩破坏等。另一方面，偏心会导致密封垫片的密封宽度减少，以及密封垫片被挤出至配管流路内，从而引发产品异物混入等问题，因此，它们是非常重要的管理项目。

在工厂成套设备现场确认紧固不平均时，为使用游标卡尺、锥度量规等测量紧固后法兰的多处面间尺寸(Figure1)求出其最大值和最小值，对于偏心则是用尺等测量法兰侧面多处的段差(Figure1)以求出其最大值。但是，这些管理方式都存在一些问题，那就是由不同人员测量，其结果会存在一定的偏差，还有读取和记录错误等问题。另外，要检查工厂成套设备内数量庞大的法兰，所消耗的工时也很成问题。

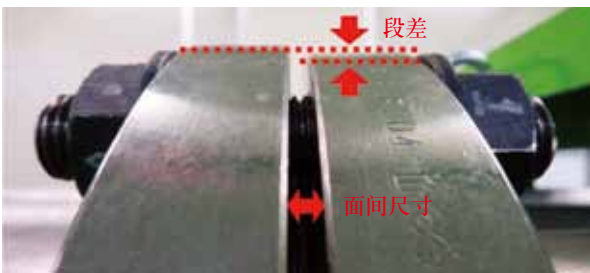


Figure 1 法兰的面间尺寸与段差

本报中介绍的便携间隙/段差测定器可以解决这些工厂现场存在的上述问题，它能将以往的手动测量机械化，并可提高正确性及减少工时。

2. 特点

2-1)使用激光和摄像头进行图像分析测量

通过使用激光照射工件，使用平面摄像头拍摄其轮廓并进行分析，可由机器自动计算出尺寸，这样就能够排除由不同人员测量所带来的偏差以及读取错误等人为失误。

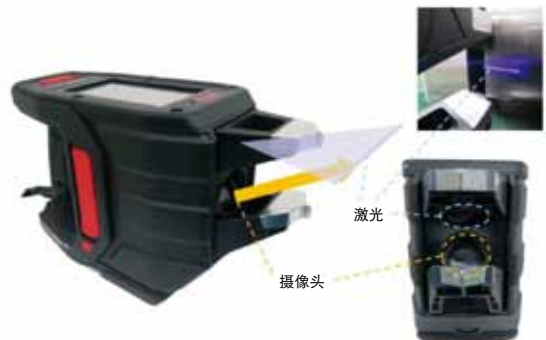


Figure 2 间隙/段差测定器的激光和摄像头

2-2)快速测量与同时记录

只需将测定器的前端固定在法兰上，扣下开关扳机即可瞬间(不到1秒)同时测量间隙和段差，因此，能缩短以往使用游标卡尺和标尺等进行测量时所需的工时。另外，在测量的同时会在内部PC中记录数据，可通过USB存储器进行数据的转移，因此，能排除由手写所引起的记录错误和传达错误。

2-3)室外规格

测定器具备防尘防水(保护等级:IP54)的能力，不会因雨水或沙尘等而发生障碍，可以在工厂现场等室外环境使用。

3. 测量原理

测定器运用形状测量手法之一的光切断法来测量法兰的面间尺寸和段差。

光切断法是在工件的形状测量与检查等方面被广泛运用的测量方法，如2-1)中所述，它使用狭缝状的激光照射工件，通过平面摄像头拍摄其轮廓，从而测量工件的截面形状。

其数据处理的流程是首先用视频摄像头拍摄照射到工件上的激光(Figure3)，从所得到的图像计算形状数据(Figure4)，通过独有的修正系数和与法兰面间尺寸、段差相符的特征点的设定来计算尺寸(Figure5)。



Figure3 法兰面间尺寸与段差的拍摄

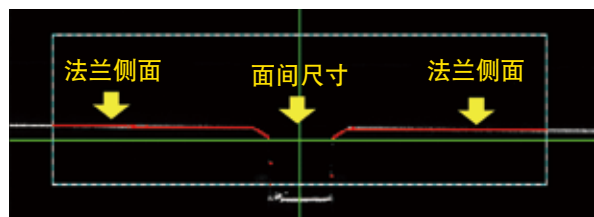


Figure4 形状数据处理

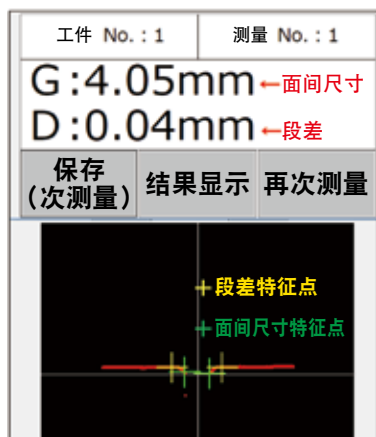


Figure5 特征点及其值的计算(实际的测量结果画面)

4. 规格

测定器的规格如Table1所示。间隙的可测量范围为2~25mm，可适用于标准法兰(但是，部分RTJ型法兰不适用)。另外，测量数据保存在CSV文件中，可方便地获取数据。

5. 效果

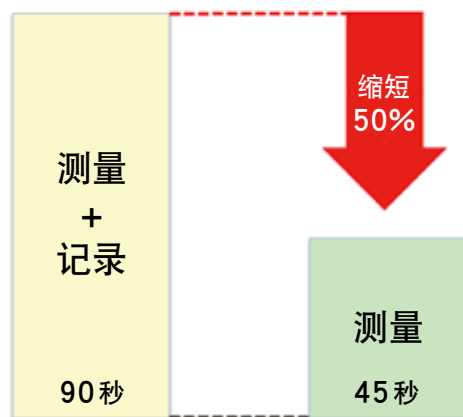
在公司内部对使用测定器带来的工时减少效果进行验证后，发现如Figure6所示，与以往使用游标卡尺的面间尺寸、段差测量相比，测量时间可缩短约50%(6B法兰)。另外，因为测定器无需记录员，因此可进一步缩短工时。

Table1 间隙/段差测定器规格

尺寸	宽度287.1×进深113.2×高度175.5	
重量	2.24kg	
测量对象	间隙、段差	
保护等级	IP54(JIS C 0920 防尘防水标准)	
使用环境温度	0~40℃	
激光	class2	
测量范围	间隙	2~25mm
	段差	0~5mm
测量精度 ⁽¹⁾	±0.1mm (段差仅在间隙2~12mm时适用)	
数据格式	CSV	
USB 端口 ⁽²⁾	microB(用于获取数据)	

注(1) 最佳条件下(测定器无倾斜，实施亮度调整)

(2) 要获取数据时，需要U盘等记录媒介



以往测量(游标卡尺) 间隙/段差测定器

Figure6 工时削减效果(根据公司内部调查)

6. 结语

此次介绍的间隙/段差测定器是具体体现本公司“提供真正解决方案的企业”目标的产品。我们希望通过测定器

进一步普及面间尺寸、段差管理的重要性，为工厂成套设备的安心、安全生产提供帮助。

另外，今后我们也将不局限于已有的本公司技术，为解决真正的用户需求尽心尽力，提供新的产品。



本居 学
研究开发本部
P&I服务开发部

高温用密封垫片新阵容

缠绕式密封垫片 No.H590系列

金属齿形垫片 No.HR540H

1. 前言

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

本公司于2017年12月开始销售解决了用于低压用途的橡胶夹布密封垫片和无机板材的问题的VALQUA HEAT RESIST SHEET™ No.HRS。No.HRS是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。No.HRS已在加热炉和分解炉等炉具类、管道类、动力设备的送风装置(风箱)等中接受了评估，并取得了良好的结果。

因为是板材类密封垫片, No.HRS针对的是在内压极低的微压条件下使用。JIS 16K、JPI Class150以上的部位适合采用金属与非金属材料组合的半金属密封垫片。

此次，我们开发了运用No.HRS耐热板材的缠绕式密封垫片No.H590系列、金属齿形垫片No.HR540H。No.H590系列、No.HR540H是解决了以往的密封垫片在高温用途领域存在的课题的产品。下文对No.H590系列、No.HR540H的特性进行说明。

2. 构成和产品规格

No.H590系列是以No.HRS耐热板材为填料的缠绕式密封垫片，No.HR540H则是在带槽金属密封垫片的表面粘贴耐热板材而成的金属齿形垫片。各密封垫片的外观图片、产品构成、产品规格如Table1所示。

各密封垫片的制作范围有所不同，选择时需要注意。耐热板材的最高使用温度为1200℃，但最高使用温度取决于构成金属材料。

3. 特点和用途

3-1)特点

No.H590系列

No.H590系列不含柔性石墨填料，因此不存在夹线垫片令人担心的石墨氧化消失问题，可长期稳定使用。另外，云母填料缠绕式密封垫片还可在No.M590、M590L系列的最高使用温度810℃以上使用。

No.HR540H

在柔性石墨金属齿形垫片使用受限的400℃以上环境下，No.HR540H的烧减量也较少，可长期维持稳定的密封性。

3-2)用途

凭借其耐热性，No.H590系列、No.HR540H对现有产品的各种问题改善效果值得期待(Figure1)。



Figure 1 相比现有产品的改善效果

Table1 No.H590系列、No.HR540H的产品规格

种类		缠绕式密封垫片		金属齿形垫片	
型号		No.H590 系列		No.HR540H	
外观、产品构成					
制作范围		公称厚度(mm)		4.5 (金属锯齿部厚度 3.0mm)	
		可制作内径(mm)		φ 19 ~ φ 1,600	
		可制作宽度		密封垫片本体内径 630mm 以下	35mm 以下
m, y 值 ^{(1),(2)}		m		3.00	
		y (N/mm ²)		68.9	
推荐紧固表面压力 ^{(3),(4)}		液体		35	
		气体		70	
构成金属材料		SUS316		SUS316L	
		SUS316L			
		铬铁镍耐热耐蚀合金 600			
可使用范围		SUS316		820℃	
		SUS316L			
		铬铁镍耐热耐蚀合金 600			
		最高使用温度 ^{(5),(6)}		820℃	
		最高使用压力 ⁽⁵⁾		14MPa	

注(1) No.H590 系列的 m、y 值与 JISB8265 附录 G 中规定的值相同。
 (2) No.HR540H 系列的 m、y 值与 JISB8265 附录 G 中规定的锯齿形密封垫片相同。
 (3) 低压气体密封时，使用按上表的 m、y 计算出的螺栓载荷难以得到足够的密封性，因此建议以“推荐紧固表面压力”作为最小紧固力进行紧固。以根据 JISB8265 附录 G 计算出的紧固力(Wm1 和 Wm2)和根据推荐紧固表面压力计算出的紧固力中较大的紧固力为最小紧固力。
 (4) 推荐紧固表面压力不考虑流体压力，是在常规条件下所需的紧固表面压力，是密封垫片接触面积的表面压力。
 (5) 温度和压力分别表示各自的使用极限。根据不同的流体、温度，最高压力会有所不同。
 (6) 最高使用温度因环带及内外环的材质而异。超过标注的温度时，需要另行咨询。

例如，可作为乙烯工厂成套设备的分解炉、脱氢脱硫工厂成套设备、高温加热蒸汽管线等的密封材料使用。

400℃以上的高温环境下难以长期使用，而No.HR540H比较适合。

耐热性板材自身可在最高1200℃温度下保持形状，但No.H590系列、No.HR540H的最高使用温度因金属材料的材质而异，需要根据规格选择金属材料。

4. 特性评价

4-1)耐热板材·No.HR540H的耐热性

Figure2所示为开发品中采用的耐热板材和柔性石墨板在空气中加热时的烧减量评价结果。柔性石墨在400℃以上的氧气环境中会逐渐氧化消失，因此重量减少率会随着温度升高逐渐变大。与之相对的，开发品的耐热板材将有机物的量控制在了最小限度，因此在400℃以上的高温下重量减少也很少，即使温度升高减少率也不变。

Figure3所示为开发品的耐热板材在1000℃、1200℃的空气中加热后的外观照片。开发品的耐热板材在加热后也没有发生形状变化或粉末化，而是保持原有形状。

金属齿形垫片通常以粘贴柔性石墨板的产品为主，在

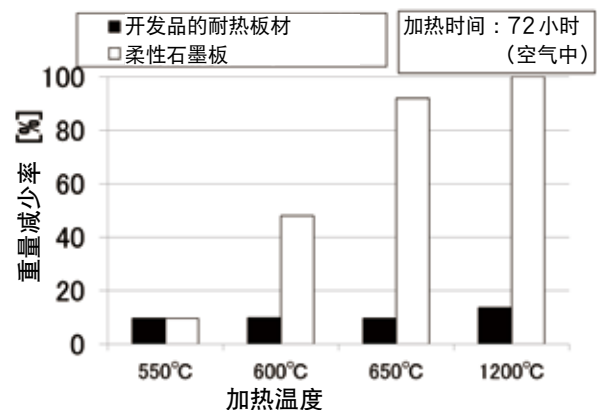


Figure2 空气中的重量减少率

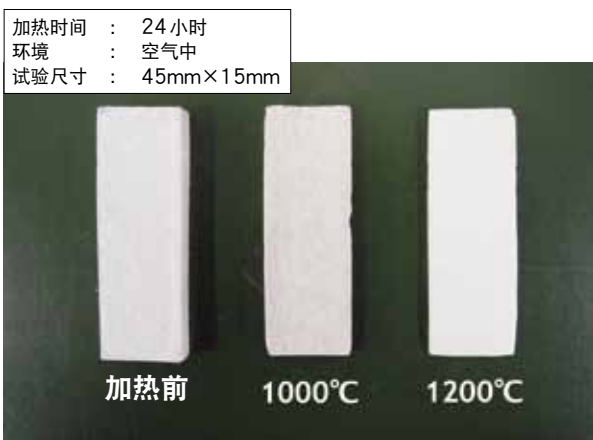


Figure3 加热后形状保持性评价结果

4-2) No.H590系列的耐热性

Figure4是作为高温密封特性评价，将缠绕式密封垫片No.H596V紧固到法兰上后反复进行加热、冷却，对冷却后的密封性进行评价的结果。作为对比，还同时列出了其他公司的耐热无机填料产品和柔性石墨夹线产品。

根据Figure4可知，以往的耐热无机填料产品在加热后泄漏量较多，夹线产品随着循环次数的增加泄漏量随之增多。与之相对的，No.H596V在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。

柔性石墨夹线产品是通过在柔性石墨填料两端配置无

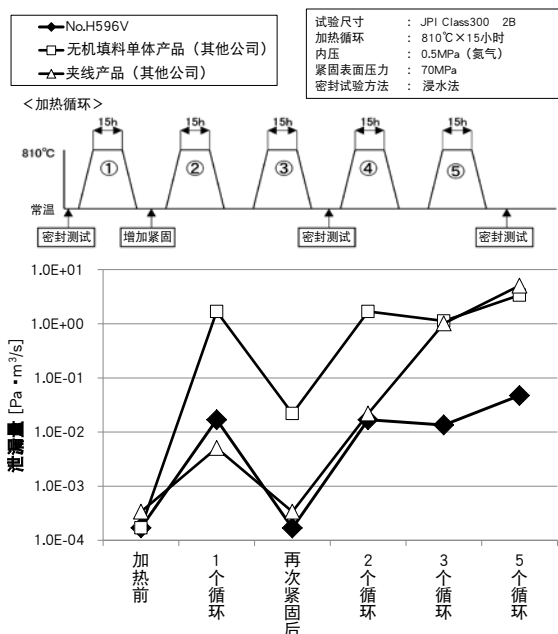


Figure4 热循环密封特性(缠绕式密封垫片)

机填料以实现氧气阻隔效果的产品。但是，在800℃以上的高温下难以完全阻隔氧气，柔性石墨逐渐氧化消失，在一定时间后泄漏量可能会增多。No.H590系列未添加柔性石墨填料可长期维持稳定的密封性。

4-3) 常温密封性

常温密封试验结果如Table2所示。No.H596V、No.HR540H在推荐紧固表面压力下均未检测到泄漏。No.H590系列未添加柔性石墨为单体填料，可用于气体类流体。另外，金属包覆密封垫片为确保气密性需要涂抹密封膏，而No.HR540H即使不涂抹密封膏也能获得充分的气密性。

Table2 常温密封试验结果

紧固表面压力 [MPa]	No.H596V	No.HR540H
70	无泄漏	无泄漏
100	无泄漏	无泄漏

试验尺寸	: JPI Class300 2B
内压	: 4MPa (氮气)
紧固表面压力	: 70、100MPa (螺栓连接)
密封试验方法	: 浸水法
检测限度	: $1.7 \times 10^{-4} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$

4-4) 耐压坏性

金属齿形垫片是在带槽金属密封垫片的表面粘贴板材而成，在紧固时金属部分外露，可能会损伤法兰。

Figure5所示为No.HR540H的耐压坏性评价结果。即使承受100MPa紧固表面压力金属部分也没有外露，不会损伤法兰。

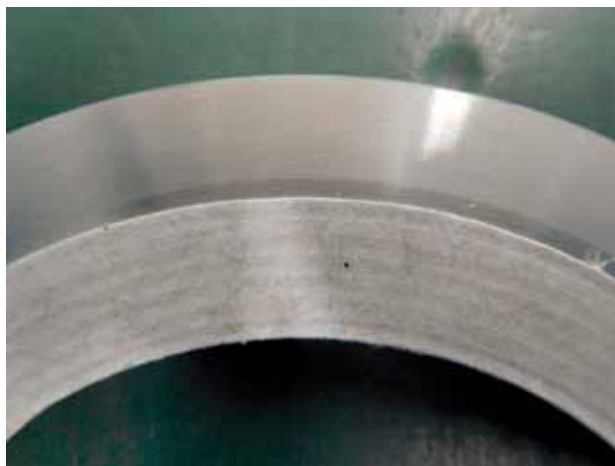


Figure5 承受100MPa表面压力时的外观

5. No.H590系列、No.HR540H的使用区分

缠绕式密封垫片No.H590系列、金属齿形垫片No.HR540H需要根据用途选择合适的密封垫片。

与金属齿形垫片相比，缠绕式密封垫片复原性较高，因此对法兰的追随性优异。金属齿形垫片不需要内外环，因此可在密封宽幅较窄的法兰上发挥作用。另外，从使用性来说，对于需要高处作业的大口径法兰也非常有效。

但是，从金属包覆密封垫片变更为金属齿形垫片时，由于m、y值比金属包覆密封垫片大，需要确认现有法兰的法兰强度和螺栓紧固力，确认可否使用。

6. 结语

此次介绍的缠绕式密封垫片No.H590系列、金属齿形垫片No.HR540H可在高温下用于JIS16K、JPIClass150以上的条件。它们具有出色的耐热性和密封性，希望能够很好地利用它们来解决现有产品的一些课题。



高桥 聪美
研究开发本部
商品开发部

技术志的最近的往期杂志

No.36 Winter 2019

- 寄 语
代表取缔役社长 兼 CEO 泷泽 利一
- 2019年：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
- 客户解决方案《合著》
船舶设备异常振动检测系统的介绍～预防维护用异常振动检测系统的可行性～
商船三井技术贸易株式会社 常务董事 羽根田 诚
研究开发本部 第1商品开发部 佐藤 央隆
研究开发本部 第1商品开发部 米田 哲也
研究开发本部 先行技术开发部 油谷 康
- 客户解决方案《投稿》
温差导致的法兰连接力变化体验学习设备 昭和四日市石油株式会社 四日市炼油厂 工务部装置管理课 高村 健一
- 技术论文 带No.GF300的24英寸管法兰连接体的力学特性与密封性评价
研究开发本部 第1商品开发部 佐藤 广嗣
中国综合研究所 密封工程开发组 郑 兴
广岛大学 名誉教授 泽 俊行
衬里槽罐(应用篇) 功能树脂PM直属 横山 竹志
- 产品介绍 长寿FEPM TOUGHUORO™ 研究开发本部 第1商品开发部 图师 浩文
低转矩&长寿命旋转接头 LFR JOINT™ 研究开发本部 第1商品开发部 西 亮辅

No.37

No.35 Summer 2018

- 寄 语
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)的海员技术培训用密封培训介绍 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
BLUE ENGINEERING株式会社 北川 将
- 技术论文 DYNAMICBELLOWS™(动态波纹管)的设计方针和设计问题及其对策措施
营业本部 技术解决方案组 伊奈 正文
衬里槽罐(基础篇) 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 研究开发本部 第1商品开发部 滨出 真人
高温用板材密封垫片 VALQUA HEAT RESIST SHEET™ No. HRS
研究开发本部 第1商品开发部 高桥 聪美
- 商号变更通知

No.34 Winter 2018

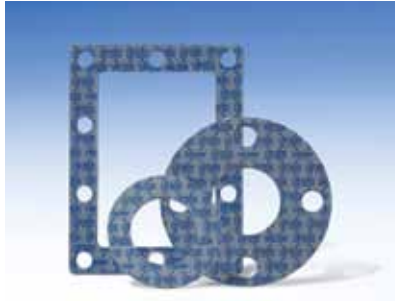
【客户解决方案特辑】

- 寄 语
代表取締役社長 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
- 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
营业本部 技术解决方案小组 松下 明日香
- 事 业 简 介 H&S演示车的介绍
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
- 产 品 介 绍 改良版密封膏
研究开发本部 第1商品开发部 滨出 真人
多用途化学用盘根
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

关爱地球、人类的产品制造



板材密封垫片



UNIVERSALHYPER® (UF300)

是可整合化学药液生产线中的密封垫片的板材密封垫片。

在高温、长期稳定性之外，提高了耐化学品性，大幅拓宽了适用流体范围。

可在强酸、强碱等任意生产线中使用。



BLACKHYPER™ (GF300)

凭借大量实际成绩支撑的可靠性和高性价比而深受好评的最畅销的板材密封垫片。

■UF300・GF300共通

●使用温度范围：-200～300℃ ●最大压力：3.5MPa

※请参阅产品目录、技术资料的注意事项。

株式会社华尔卡

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

VALQUA, 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

■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

■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

■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

■SINGAPORE

VALQUA INDUSTRIES SINGAPORE PTE, LTD.

TEL : (65)6352-2650 FAX : (65)6352-2653

VALQUA TECHNOLOGY NEWS

No.37 Summer 2019



VALQUA, 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.

【Bangpoo Head Quarters】

TEL : (66)2-324-0400 FAX : (66)2-324-0787

【Rayong Branch】 TEL : (66)38-026-136 FAX : (66)38-026-137

■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.