



● 寄语 1
代表取缔役会长 兼 CEO 泷泽 利一

● 华尔卡技术志于冬季号出版之际 2
取缔役CTO 青木 睦郎

● 技术论文
螺栓紧固方法对大口径管法兰连接件
密封特性的影响 3

● 技术论文
盘根的压缩方法对密封性的影响的评价 10

● 技术论文
半金属密封垫片的性能比较
及金属齿形垫片系列的介绍 14

● 产品介绍
急速开关型气缸阀的介绍 18

● 产品介绍
罐槽清洗用喷射球™的开发 21

● 技术志的最近的往期杂志 26

寄语

株式会社华尔卡
代表取缔役会长 兼 CEO

泷泽 利一



值此令和2年（2020年）初春之际，在此敬贺诸位新年快乐！
感谢各位读者长期以来对本刊物的爱戴与支持，在此致上无限感谢。

去年5月1日，日本正式进入了“令和”时代。

第一个令和新年到来之时，我们却还身处于各种各样的问题之中。比如，中美关系恶化及新型冠状病毒等都对市场情况造成影响，世界经济景气放缓的趋势更加明显。在日本，消费税增税导致内需减退，此外自然灾害的影响也尚未完全过去。今后，持续低迷的半导体需求及汽车销售等虽说都有触底反弹的征兆，但近期的商业环境还将始终处于剧烈变化的状态之中。在如此变化剧烈的商业环境中，企业如想脱颖而出，是否能够迅速提供针对市场课题的解决方案将变得极为重要。

本公司集团将去年定位为新生华尔卡元年，为了实现作为一家H&S公司的飞跃性发展，我们带着坚定的决心，制定了如下的目标，即将我们公司从一家仅生产硬件的公司建设成为一家同时包含了服务等在内的公司，构建起追求创造顾客价值的思维模式和商业模式。为了实现上述目标，我们带着对自己进行改革的坚定信念，推进着各项工作。在这样的一个背景之下，为了让公司内外能够了解我们公司的这样一种决心，去年我们构建起了全新的经营体制，要求忠实贯彻“Value（价值）”和“Quality（品质）”（本公司名称的由来），对于全球市场所需的目前及将来可能会出现各种课题，为了能够提供相应的解决方案，我们在革新创造上投注了大量的精力，同时我们也对体制做了强化，以便能够给顾客带去具有新的价值的产品和服务。

在此背景之下，本公司从2018年度起启动的第8次中期经营计划“New Valqua Stage Eight (NV·S8)”于2019年度结束，从2020年度起，我们将按照新的中期经营计划，以创业100周年为目标，安排各项工作以实现业务增长。在这新的中期计划中，我们将以H&S理念为主轴，进一步推进革新性的工作，向顾客们提供更加紧贴世界市场课题的解决方案。通过密封工程服务向顾客提供“安心、安全”（本公司的基本课题），此外，对于紧迫的全球性课题——环境负荷问题，我们将通过本公司所能提供的技术方案，在解决广义的可持续发展相关课题方面付出我们的努力，进而为实现符合联合国所推动的全球开发目标SDGs（Sustainable Development Goals）的多样性社会的健康、可持续发展贡献我们的力量。

今年是本公司的改革元年，而今年夏天奥运会也将在东京举办，这可谓是给这个新的令和时代起了一个好头。希望各位能够继续给予我们更多的关照，同时祝愿各位读者都能取得更好的成就。祝愿各位新年快乐！

华尔卡技术志 于冬季号出版之际



值此令和2(2020)年新春之际,在此敬贺诸位新年快乐!感谢各位读者长期以来对Valqua Technology News的爱戴与支持,在此致上衷心的感谢。

进入令和时代,对于革新在企业成长上所能带来的作用,其关注度和期待也越来越高。IoT及AI等技术革新带来的变化,使得市场需求也在慢慢发生变化,基于单一产品技术开发的解决方案与其他技术方案相结合,而我們也需要向市场提供具有复合化或多样化附加价值的产品及服务。此外,在该变化起到推动作用的技术开发方面,做出追求高效率和高速的成果将不可或缺,产官民(产业界/民间企业、政府机构、地区居民/NPO)三方组织也在携手合作,以开放式创新这一关键词作为指引,为构建起一个将全球各种各样的技术开发活动进行有机结合的技术开发生态系统而在共同努力。

在这样的一种潮流之下,本公司为了紧跟时代的浪潮,在2018年开始的中期事业计划NV・S8中就已经开始了各方面的工作。尤其是去年在产业技术综合研究所内设立了华尔卡产总研尖端材料技术研究所,与此同时,我们还在推进构建一种有效的机制,以便可以更好地运用来自硅谷等Start Ups企业的技术。在从本年度开始执行的新的中期经营计划中,我们也将运用这些新的技术方案,在本公司创业以来所积累的密封技术、氟树脂等树脂加工技术等核心技术领域中引入尖端新材料、密封技术、IoT及AI技术等新的技术元素,进一步强化我们的技术开发工作,以便能够在包括从硬件产品到服务在内的领域中给出顾客真正需求的解决方案,为其提供H&S商品。此外,为了以高品质商品的形式向市场提供尖端技术解决方案,我们在推进生产技术革新的同时还将考虑引进RPA(机器人流程自动化)等技术。

在此背景之下,本期技术志将以本公司推进的下一代技术的引进作为着眼点,其内容构成如下所示。首先聚焦作为基础技术的密封工程的核心技术,然后是介绍本公司技术的论文,以及核心产品的介绍。在技术论文方面,有大口径法兰连接件的紧固方法对密封特性等造成的影响的分析,有对由盘根紧固带来的压缩特性的考察,还有半金属密封垫片的性能评价等,都是一些可供各位读者参考的有关工厂成套设备安心安全的技术评论。此外产品介绍方面,有其有效性再次得到了市场确认的快速开闭气缸阀,有新开发的用于清洗的喷射球等,都是一些于顾客今后选择产品有用的信息。

希望各位读者今年还能一如既往地华尔卡技术志给予多多关照。

取締役 CTO 青木 睦郎

螺栓紧固方法对大口径管法兰连接件密封特性的影响

1. 前言

带密封垫片的管法兰连接件被广泛应用于各产业的压力容器及配管紧固件中。我们知道不仅是密封垫片的特性会对紧固件的密封特性造成影响，压缩密封垫片的螺栓的紧固方法也会对其密封特性造成影响。根据高压气体保安协会¹⁾的报告，在密封垫片紧固件的泄漏事故中，约67%都是因螺栓紧固不良所造成。造成紧固不良的原因之一为紧固螺栓时产生的弹性相互作用。这是在紧固多个螺栓时会发生的相互影响的现象，各螺栓轴力会低于目标螺栓轴力，而且各螺栓还会存在轴力不均的问题。这个结果就会造成得不到合适的螺栓轴力，因此也就会得不到密封所需的密封垫片压缩力，从而导致发生泄漏。想要完全消除这个弹性相互作用的影响是非常困难的一件事。而为了降低这个影响，我们采取的对策有增加紧固圈数，或是采用对角紧固螺栓的方法等等。但是，这些对策都是基于经验进行的，很难说已经经过了充分的技术性研究^{2)~5)}。

在这样的一种背景之下，近年来为了达到合适的螺栓轴力，会在各标准中提供螺栓紧固的方法。在美国，ASME PCC-1⁶⁾ Guidelines for Pressure Boundary Bolted Flange Joint Assembly于2000年提供了螺栓紧固的方案，并在2013年及2019年作了修订。在日本，JIS B 2251⁷⁾“法兰接头紧固方法”于2008年公布。2018年中国公布了“法兰接头安装技术规定”。但是，在这些标准中作为指标的都是最终的螺栓轴力，对于实际需要的连接件的密封特性都未有涉及。

在上一期的Valqua Technology News Vol.37中，使用ASME 150级4英寸小口径和ASME 300级24英寸大口径管法兰连接件，用ASME PCC-1⁶⁾和JIS B 2251⁷⁾的紧固方法对于密封特性造成的影响进行了研究评价，得到了两个方法都能够得到足够密封特性，是合适方法的结论⁸⁾。但是，ASME PCC-1⁶⁾中也有好几种螺栓紧固方法，而这些紧固方法对于连接件密封特性造成

的影响则未有涉及。

在本期技术志中，对ASME 300级24英寸连接件，使用包括了ASME PCC-1⁶⁾中新增的Alternative #1、#2、#3在内的紧固方法，对螺栓轴力的不均、密封特性、螺栓紧固时间及扳手移动距离造成的影响进行研究探讨。在这里，对象密封垫片将使用本公司产品中的高性能密封垫片No.GF300及柔性石墨填料带缠绕式密封垫片No.6596V。

2. 试验方法

2-1) 试验装置

Figure1所示为本研究中使用的带密封垫片的管法兰连接件。尺寸为ASME规格中最大标称直径的24英寸，压力为300等级、形状为W/N、底座为RF、材质为SUS304。我们知道，有管和无管两种状态时，其法兰连接件的力学特性也会发生变化。因此，在本研究中，我们使用了具有约800mm管道的装置，在更加接近实际机器的条件下进行了研究探讨。

试验中，我们使用了24枚SNB7制、标称尺寸M39的六角螺栓。并且，我们还在各螺栓上贴了2片应变仪，可对所有螺栓的轴力进行测量。此外，各螺栓上的应变仪事先都进行了校准，螺栓、螺母的螺纹部位及接合面上都涂覆了二硫化钼。

试验气体使用了氮气，内压为2MPa。通过压力下降法测量连接件的泄漏量。通过压力表测量压力变化，并通过以下公式(1)计算。

$$L=1atm \times \frac{MV}{\rho tRT_1c} \left(P_1 - \frac{T_1}{T_2} P_2 \right) \quad (1)$$

此处

- L : 密封垫片外周部位的泄漏量、 $[\text{Pa} \cdot \text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})]$
- M : 摩尔质量、 $[\text{mg}/\text{mol}]$
- V : 管法兰连接件的内容积、 $[\text{ml}]$
- ρ : 试验气体密度、 $[\text{mg}/\text{ml}]$
- t : 测量时间、 $[\text{s}]$
- R : 气体常数 ($=8.314$)、 $[\text{J}/\text{mol} \cdot \text{k}]$
- T_1 : 试验开始时的绝对温度、 $[\text{K}]$
- T_2 : 试验结束时的绝对温度、 $[\text{K}]$
- P_1 : 试验开始时的绝对内压、 $[\text{MPa}]$
- P_2 : 试验结束时的绝对内压、 $[\text{MPa}]$
- c : 密封垫片的接触外径周长、 $[\text{m}]$
- atm : 标准气压($=0.101325$)、 $[\text{MPa}]$

Figure2 所示为管法兰连接件的紧固作业的照片，以扭矩为指标，使用扭矩扳手进行螺栓紧固。目标密封垫片面压如下：密封垫片 No.6596V 为 40MPa、密封垫片 No.GF300 为 25MPa。通过以下公式(2)决定目标扭矩值 T 。Table1 所示为目标密封垫片应力和扭矩。

$$T = K \frac{\sigma_g}{N} A_g d \quad (2)$$

此处

- T : 扭矩、 $[\text{N} \cdot \text{m}]$
- K : 扭矩系数、($=0.135$)
- σ_g : 目标密封垫片应力、 $[\text{MPa}]$
- A_g : 密封垫片接触面积、 $[\text{mm}^2]$
- N : 螺栓根数、 $[\text{根}]$
- d : 螺栓标称直径、 $[\text{m}]$

实验中，在每一圈的紧固中都对螺栓轴力和法兰间隙进行测量。



Figure1 实验中使用的 ASME 300 级 24 英寸管法兰连接件装置的照片



Figure 2 紧固作业的照片

Table 1 目标扭矩、目标螺栓轴力及密封垫片面压

法兰连接件尺寸	Class300 24B	
	No.6596V	No.GF300
密封垫片		
推荐紧固面压[MPa]	50	35
目标密封垫片应力[MPa]	40	25
目标螺栓轴力[kN]	98.4	85.6
目标扭矩[N·m]	520	451

2-2) 使用的密封垫片

本实验使用的密封垫片的尺寸如下所示：No.GF300 为 $\phi 612 \times \phi 772 \times t 3.0$ 、No.6596V 为 $\phi 603.2 \times \phi 628.6 \times \phi 685.8 \times \phi 717.6 \times t 4.5$ 。均为 ASME 300 级 24 英寸的直径尺寸。

3. 紧固方法

本实验使用 7 种螺栓紧固方法，对连接件的螺栓轴力的不均、密封特性及紧固时间进行了比较。Table2 所示为各紧固方法，以下对各紧固方法的概要进行说明。

3-1) 基于 JIS B 2251 的紧固方法⁷⁾

在 JIS B 2251 法兰接头紧固方法⁷⁾的 4b) 项中有这样一段陈述，“当法兰螺栓根数在 12 根以上时，应以指定紧固扭矩的 110% 作为目标紧固扭矩。”本研究中，除了 100% 的目标扭矩的情况，还对 110% 的目标扭矩的情况也做了测量及研究。而在 5.3b) 4) 项中则有如下陈述，“使用缠绕式密封垫片时，因密封垫片宽度较窄，容易产生紧固偏向一侧的情况，为了防止这种情况发生需在临时紧固的最后，将所有螺栓的紧固扭矩紧固至目标紧固扭矩的 50%，然后再以顺时针或逆时针方向的紧固步骤进行绕圆周 1 圈的紧固”。因此，缠绕式密封垫片 No.6596V 和板材密封垫片 No.GF300 的紧固方法是不

同的。此外，在JIS B 2251⁷⁾中，有些情况下还会要求追加紧固，本实验中也实施了追加紧固。

基于JIS B 2251的紧固方法⁷⁾的最大特点是，先仅对4枚(螺栓枚数在24枚以下时)进行临时紧固，然后在正式紧固时则是对所有螺栓采用按照圆周方向绕圈的方式进行紧固。因为正式紧固采用的是单纯的圆周绕圈的紧固方式，因此可以缩短时间，并且还能防止紧固遗漏等问题。

3-2) 基于ASME PCC-1的紧固方法⁶⁾

ASME PCC-1⁶⁾不同于JIS B 2251⁷⁾，其紧固方法不会因为密封垫片种类的不同而发生变化。本次实验的对象为很早以前就已提出的Legacy、及从2013年起新提出的Alternative #1、#2、#3。

Legacy对所有的螺栓均采用对角紧固的方式，是最为

广泛采用的紧固方法，但它也被指太过耗时。

Alternative #1和#2的方法则是通过在Step1和Step2中对不同的4根螺栓分阶段地提升其扭矩的方式，来减少初期阶段需要紧固的螺栓根数。

Alternative #3则与JIS B 2251⁷⁾相同，先是对4根螺栓进行临时紧固，之后再按照圆周方向绕圈进行紧固。

在ASME PCC-1⁶⁾的4种紧固方法的最后一步中都有如下的描述，“直到螺母不再转动为止”。Table2中所记载的紧固圈数为本实验中螺母不再转动的圈数结果。

3-3) 3 Rounds紧固方法

在JIS B 2251及ASME PCC-1的紧固方法之外，还对分阶段实施3圈对角紧固的简便方法也进行了研究。

Table2 本实验中使用的螺栓紧固方法

	目标扭矩	密封垫片		Step 1	Step 2	Step 3	Step 4	合计
JIS B 2251 110%	110%	No.6596V	螺栓数目	4	24	24	24	232 bolts
			紧固圈数	4	1	6	2	
			顺序	对角	圆周绕圈	圆周绕圈	圆周绕圈	
		No.GF300	螺栓数目	4	24	24	—	208 bolts
			紧固圈数	4	6	2		
			顺序	对角	圆周绕圈	圆周绕圈		
JIS B 2251 100%	100%	No.6596V	螺栓数目	4	24	24	24	232 bolts
			紧固圈数	4	1	6	2	
			顺序	对角	圆周绕圈	圆周绕圈	圆周绕圈	
		No.GF300	螺栓数目	4	24	24	—	208 bolts
			紧固圈数	4	6	2		
			顺序	对角	圆周绕圈	圆周绕圈		
ASME Legacy	100%	No.6596V No.GF300	螺栓数目	24	24	24	—	216 bolts
			紧固圈数	3	3	3		
			顺序	对角	圆周绕圈	圆周绕圈		
ASME Alt.#1	100%	No.6596V No.GF300	螺栓数目	4	16	24	24	120 bolts
			紧固圈数	2	1	1	3	
			顺序	对角	对角	对角	圆周绕圈	
ASME Alt.#2	100%	No.6596V No.GF300	螺栓数目	4	16	24	24	120 bolts
			紧固圈数	2	1	1	3	
			顺序	对角	对角	对角	圆周绕圈	
ASME Alt.#3	100%	No.6596V No.GF300	螺栓数目	4	24	—	—	108 bolts
			紧固圈数	3	4			
			顺序	对角	圆周绕圈			
3rounds	100%	No.6596V No.GF300	螺栓数目	24	—	—	—	72 bolts
			紧固圈数	3				
			顺序	对角				

4. 实验结果

4-1) 法兰面间隙分布

Figure3所示为使用7种方法进行紧固时的法兰面间隙分布。使用的密封垫片为No.GF300的结果使用实线表示，No.6596V的结果使用虚线表示。密封垫片为No.GF300时受紧固方法的影响较为轻微。另一方面，No.6596V时使用基于JIS B 2251⁷⁾和ASME PCC-1⁶⁾标准的方法时得到了几乎相同的结果，但使用3rounds 方法时间隙稍大、压缩量较小。

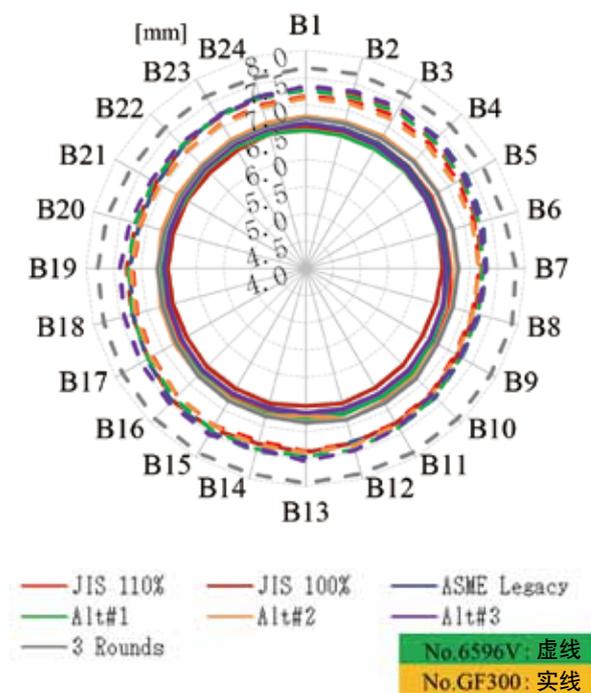


Figure3 法兰面间隙分布

4-2) 螺栓轴力分布

Figure4及Figure5所示的为使用No.GF300密封垫片时，各自最终螺栓轴力分布及轴力不均的情况。各紧固方法下，都出现了基于弹性相互作用的轴力不均问题。尤其是3 Rounds方法时不均较大，紧固系数 $Q (=F_{max}/F_{min})$ 为2.62。关于最小螺栓轴力 F_{min} ，因受弹性相互作用的影响，所有紧固方法下都未达到目标螺栓轴力85.6kN。据此，JIS110% (Table2)时 Q 值为1.31，Alt#3时 $Q=1.33$ ，显示为最小值。

Figure6及Figure7所示的为使用No.6596V密封垫片时，各自最终螺栓轴力分布及轴力不均的结果。与No.GF300时相同使用3 Rounds方法时不均问题较为显著，3根中有1根的螺栓轴力为零。Figure7中， Q 值为JIS110%时 $Q=1.47$ ，显示为最小值。此外，还显示出No.6596V紧固的 Q 值比No.GF300紧固的 Q 值更大。

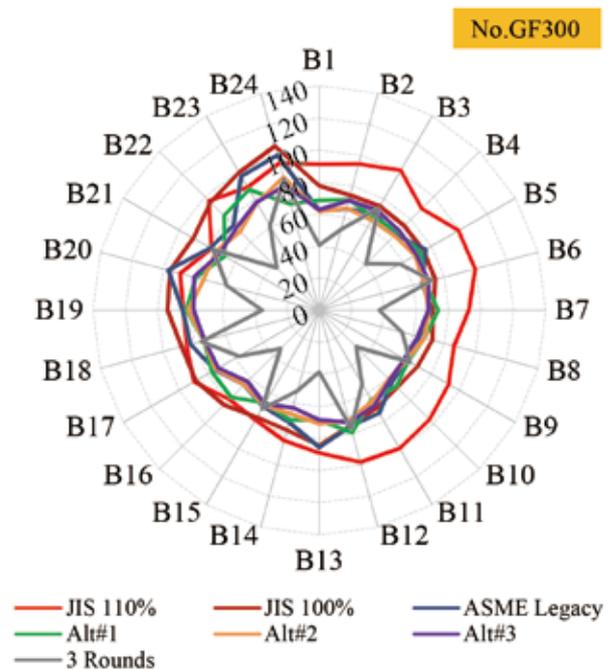


Figure4 螺栓轴力分布(No.GF300)

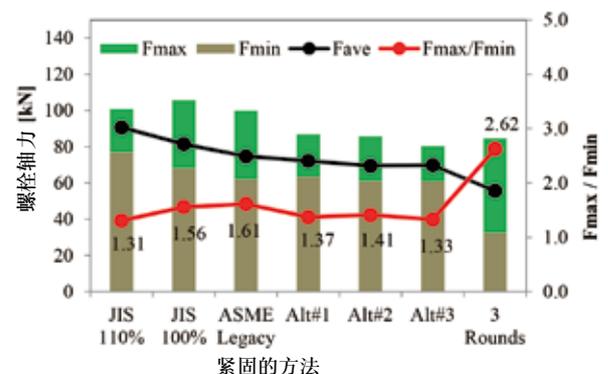


Figure5 螺栓轴力的不均(No.GF300)

No.6596V

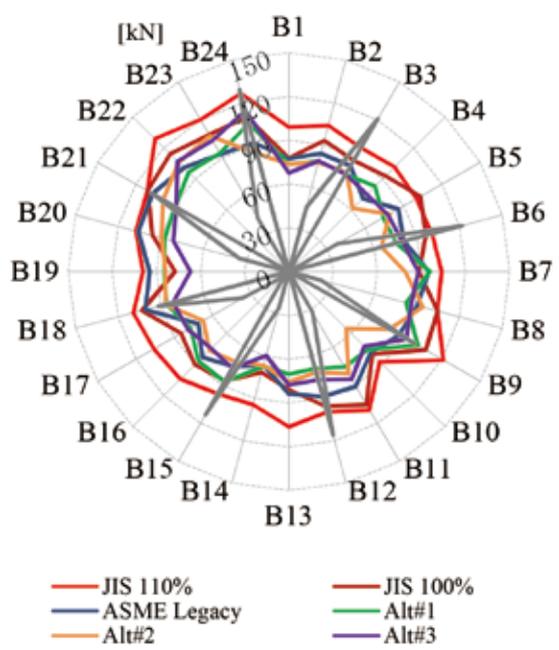


Figure6 螺栓轴力分布(No.6596V)

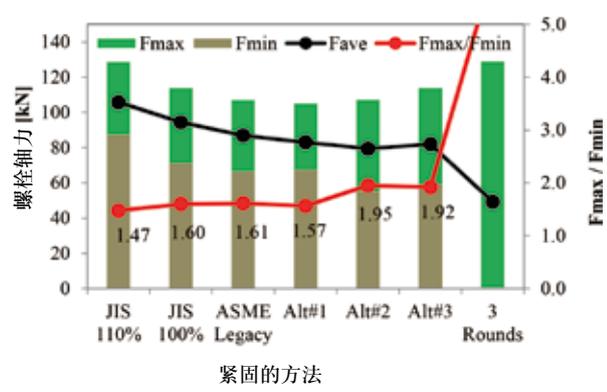


Figure7 螺栓轴力的不均(No.6596V)

4-3) 密封特性

Figure8所示为使用各方法紧固后的管法兰连接件泄漏量的测量结果。各紧固方法下，使用No.GF300密封垫片时的连接件均比使用No.6596V时的连接件的泄漏量较小。此外，该图中还同时标有24根螺栓的最小螺栓轴力 F_{min} 。对各紧固方法下的泄漏量进行比较后，发现最小螺栓轴力越大，泄漏量就越小。反言之，最小螺栓轴力越小，局部密封垫片接触应力越小，泄漏量越大。也就是说，这表示最小的密封垫片接触应力对于泄漏量造成的影响较大。在带密封垫片的管法兰连接件中，部分情况下当螺栓轴力较低时，可能容易从其附近的密封垫片接触

面发生泄漏。这表示要想提升密封特性，尽量增大最小螺栓轴力是非常重要的。

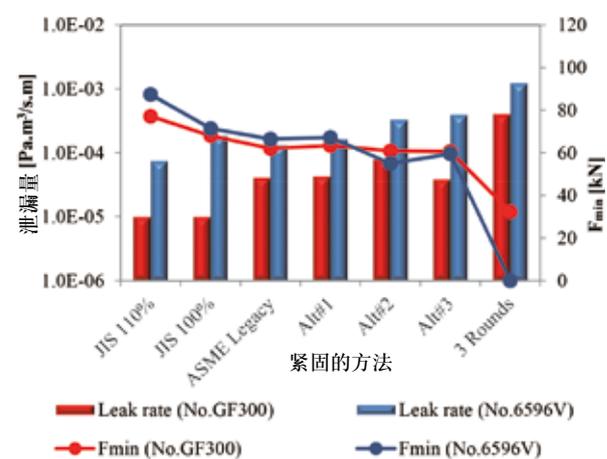


Figure8 密封特性

4-4) 扳手的移动距离

Figure9所示为使用6种紧固方法连接时的扳手的移动距离。移动距离并非是螺栓孔间的直线距离，而是沿圆周的最短距离计算得出的结果。JIS B 2251及ASME Alt#3的移动距离相对较短。3 Rounds方法时，虽然紧固螺栓数目最少，但其移动距离却是最长的。可以说存在以下倾向，即沿圆周方向绕圈紧固较多的紧固方法，其移动距离较短，而对角紧固较多的紧固方法则移动距离较长。

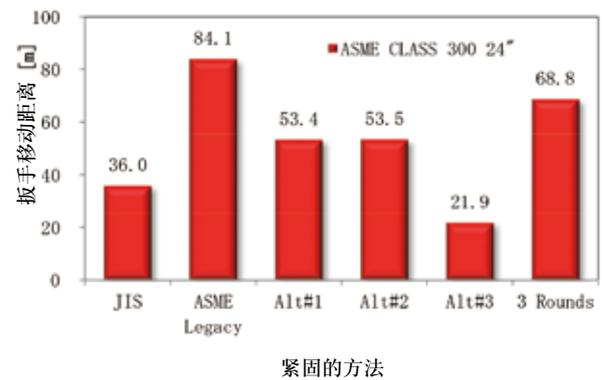


Figure9 扳手的移动距离

4-5) 紧固时间

Figure10所示的为6种紧固方法各自所需的紧固时间。本实验中，虽然在紧固作业中对法兰面间隙进行了测量，但Figure10所示的结果中并未包含间隙测量时间。紧固螺栓数目较多的JIS B 2251⁷⁾及ASME PCC-1⁶⁾ Legacy的紧固时间较长，紧固螺栓数目较少的3

Rounds 紧固方法的紧固时间最短。此处使用了扭矩扳手，若使用液压扳手、扭矩张紧器等工具，则工具及现场环境的不同可能会造成紧固时间发生巨大变化。

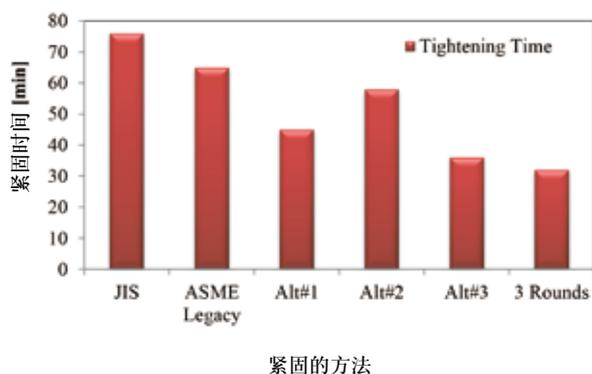


Figure10 紧固时间

5. 总结

在本技术志中，使用大口径管法兰连接件，对No. GF300 及No.6596V的2种密封垫片，就使用7种紧固方法进行紧固时的密封特性、法兰间隙、螺栓轴力、扭矩扳手的移动距离及紧固时间进行了测定，并得到了以下结果。

- (1) 无论使用何种紧固方法，法兰间隙分布都没有太大的差异。
- (2) 管法兰连接件的密封特性受到紧固方法的影响，JIS B 2251⁷⁾ 110% 的紧固方法下，泄漏量最小。接下来是JIS B 2251⁷⁾ 100%。3 Rounds紧固方法虽然简便，但密封特性最差。
- (3) 管法兰连接件的密封特性受到最小螺栓轴力的影响，尽量增大最小螺栓轴力对于提升密封特性极其重要。
- (4) 固方法方面，对角紧固较多时存在扭矩扳手移动距离较长的倾向，而紧固次数较多的紧固方法则存在紧固时间较长的倾向。
- (5) JIS B 2251⁷⁾及ASME PCC-1⁶⁾ Legacy、Alt#1的泄漏量相对较少，但所需的紧固时间较长。3 Rounds方法的泄漏量相对较大，但它的紧固时间却是JIS B 2251⁷⁾的一半以下。

6. 结语

美国机械工程师协会(ASME)引入了紧固效率 η (assembly efficiency)因子。 η 为达成的所有螺栓轴力和目标螺栓轴力的比，其值比1小。也就是说，在实际的设计施工中要设得大一点，即需要在螺栓轴力的目标值的基础上再乘上 $1/\eta$ 。JIS B 2251⁷⁾ 110%的基本思路为加大10%进行紧固。但是，这是螺栓轴力基准，我们知道它并不一定正确，也有建议使用泄漏量基准的紧固效率的方案⁹⁾。我们认为还有向以所追求的密封垫片连接件的密封特性为指标的，更具效率的紧固方法做改良的余地。希望这个实验研究能够对工厂成套设备的紧固作业有所帮助。

此外，本实验中还得到了三菱化学株式会社森本吏一的建议和意见。特在此表示感谢。

7. 参考文献

- 1) 村松晃“，体验型密封施工研修中心密封培训中心”，Valqua Technology News Vol. 33,(2017)
- 2) H. Lejeunt, Y. Birembaut, Alexander Riedl, Arne Schunemann, “Investigation on Different Tightening Procedures on Several Bolted Flange Types, dimensions and Their Associated Gasket Types”, PVP2011-57525, Proceeding of ASME PVP 2011 Conference, (2011)
- 3) H. Gong, Russell R. Flocken, “Study of Bolt Tightening Methods Using Load Indicating Bolts”, PVP2016-63723, Proceeding of ASME PVP 2016 Conference, (2016)
- 4) H. Gong, Wesley Pudwill, Elysia J. Sheu, “Study of Alternative Assembly Patterns Using Finite Element Analysis and Lab Tests”, PVP2018-84465, Proceeding of ASME PVP 2018 Conference, (2018)
- 5) W. Brown, “Efficient Assembly of Pressure Vessel Bolted Joints”, PVP2004-2635, PVP-Vol. 478, Analysis of Bolted Joints, (2004)
- 6) ASME PCC-1, “Guidelines for Pressure Boundary Bolted Flange Joint Assembly”, (2013)
- 7) Japanese Industrial Standards. JIS B 2490“法兰接头紧固方法”,(2008)

- 8) 藤原隆宽“，紧固步骤对密封特性的影响”，Valqua Technology News Vol. 37,(2019)
9) X. Zheng, K. Sato, T. Fujihara, Y. Akamatsu, T. Sawa, “Effect of Tightening Procedure on

the Sealing Performance of Bolted Gasketed Pipe Flange Connections”, PVP2019-93497, Proceedings of ASME PVP 2019 Conference, (2019)



郑 兴
中国综合研究所
密封工程开发组



佐藤 广嗣
研究开发本部
第1商品开发部



藤原 隆宽
研究开发本部
第1商品开发部



泽 俊行
广岛大学 名誉教授

盘根的压缩方法对密封性的影响的评价

1. 前言

盘根为使用螺栓紧固密封圈押杆，通过对盘根形成压缩来达到对内部流体实现密封的目的。已知其密封性极大地依赖于压缩面压，但是压缩步骤带来的影响尚未清楚。压缩步骤分为两种，一种是将数圈一起压缩的一次压缩，另一种是每2~3圈进行一次压缩的分步压缩。虽认为分步压缩比一次压缩所获得的盘根密度更高，密封性也会更佳，但是，定量性效果尚不明确。此外，因为此法比较耗时，故一般采用的都是一次压缩的方法。本研究中使用不同材质的盘根，与应力松弛等力学特性一起，对压缩步骤对密封性带来的影响进行了评价。此外，还对各压缩步骤所需的作业时间进行了计测，从密封性和作业效率的观点也进行了评价。

2. 试验方法

2-1) 试验装置及试验方法概要

压缩试验机及试验夹具的概要图如图Figure1所示。使用该试验装置，对一次压缩和分步压缩的两种压缩步骤

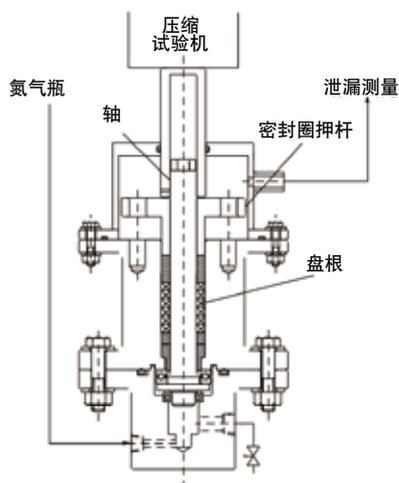


Figure 1 压缩试验机及试验夹具

带来的密封性能进行了比较。此外，还在一次压缩及分步压缩后，对与追加紧固具有相同效果的再次压缩后的密封性也做了测量。试验中使用了3种盘根，分别是碳纤维盘根(No.6137)、PTFE盘根(No.7233)及膨胀石墨盘根(No.VF-10T)。

2-2) 试验条件

压缩面压	: 19.6MPa
流体	: 氮气
流体压力	: 1、5、10MPa
盘根数	: 6个

2-3) 试验步骤

以一次压缩、一次压缩+再次压缩(以下称之为一次+再次压缩)、分步压缩、分步压缩+再次压缩(以下称之为分步+再次压缩)的4种压缩步骤，在应力松弛稳定后实施了密封试验。

一次压缩

- ① 安装6个盘根到试验夹具
- ② 在压缩试验机上，以19.6MPa的压力对盘根实施30秒的压缩后，固定压缩试验机的头部位置
- ③ 放置到应力松弛趋于稳定为止
- ④ 向试验夹具中注入氮气(1、5、10MPa)，进行泄漏测量
- ⑤ 排出氮气
- ⑥ 在与②相同条件下，再次压缩(一次+再次压缩)
- ⑦ 实施③~④

分步压缩

- ① 安装2个盘根到试验夹具
- ② 在压缩试验机上，以19.6MPa的压力对盘根实施30秒的压缩后，开放压缩
- ③ 反复实施2次①~②，在合计安装、压缩了6个盘根的状态下，固定压缩试验机的头部位置

- ④ 放置到应力松弛趋于稳定为止
- ⑤ 向试验夹具中注入氮气(1、5、10MPa), 进行泄漏测量
- ⑥ 排出氮气
- ⑦ 在压缩试验机上, 以19.6MPa的压力对盘根实施30秒的再次压缩后, 固定压缩试验机的头部位置(分步+再次压缩)
- ⑧ 实施④~⑤

3. 实验结果、考察

3-1) 碳纤维盘根(No.6137)

Figure2所示的是碳纤维盘根(以下称之为碳纤维)应力松弛后的残留应力。残留应力从低到高依次为一次压缩<分步压缩<一次+再次压缩<分步+再次压缩。

Figure3所示为应力松弛后的密封试验结果。泄漏量从多到少依次为一次压缩>分步压缩>一次+再次压缩>分步+再次压缩。发现残留应力越高的压缩步骤, 其泄漏就越少, 因此可以认为残留应力和泄漏之间存在一定的关系。

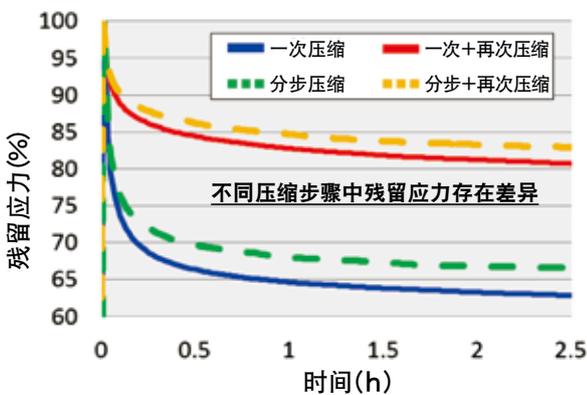


Figure2 碳纤维(No.6137)的残留应力

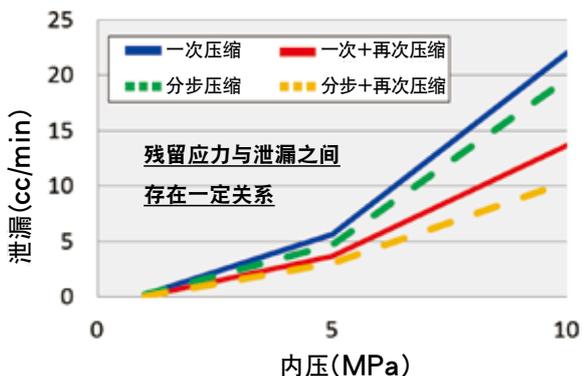


Figure3 碳纤维(No.6137)的泄漏

3-2) PTFE 盘根(No.7233)

Figure4所示为PTFE盘根(以下称之为PTFE)的应力松弛后的残留应力, Figure5所示为应力松弛后的密封试验结果。一次压缩和分步压缩的残留应力几乎相同, 一次+再次压缩和分步+再次压缩也几乎相同。但是, 各自的密封性存在差异。

其原因应当为如Figure6所示, 一次压缩时因压缩次数仅为1次, 故通过压缩向密封面压紧的次数较少, 这导致了密封面和盘根之间的间隙较大, 从而导致泄漏较多; 而分步压缩时因进行了3次压缩, 故盘根和密封面之间的间隙被填满, 从而使得泄漏较少。

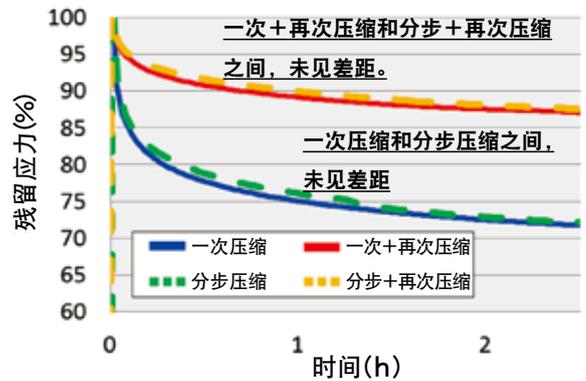


Figure4 PTFE(No.7233)的残留应力

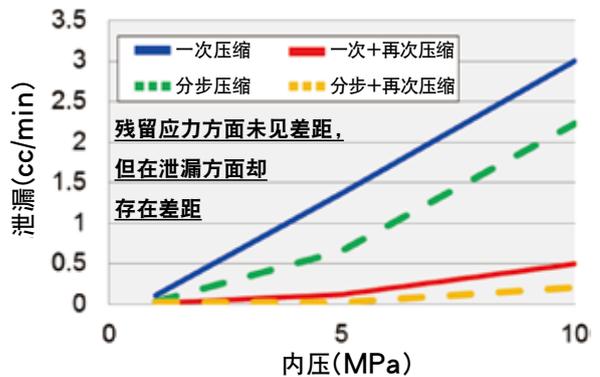


Figure5 PTFE(No.7233)的泄漏

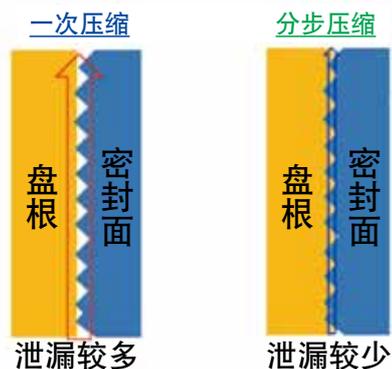


Figure6 密封面的状态和泄漏量

3-3)膨胀石墨盘根(No.VF-10T)

Figure7所示为膨胀石墨盘根(以下称之为膨胀石墨)的应力松弛后的残留应力。膨胀石墨原本空隙就较小、密度较高,故其应力松弛较小,所有压缩步骤下其残留应力都较高,均达到了95%以上,相互之间的差距也较小。虽然各压缩步骤下的残留应力之间几乎没有什么差距,但是密封性方面却存在差距。

Figure8所示为应力松弛后的密封试验结果。碳纤维及PTFE时,一次+再次压缩时的泄漏量比分步压缩时要少,但是膨胀石墨时正好相反,分步压缩时的泄漏量比一次+再次压缩时要少。分步压缩时,为了装入下一个盘根,需要暂时开发压缩。因膨胀石墨是粉末压固形成,故在分步压缩中即使开放压缩也很难复原,也不易引起密度下降或对密封面的贴合度变差的问题,故分步压缩的泄漏量才会比一次+再次压缩时更小。

而纤维状的碳纤维及PTFE因为容易复原,故容易引起盘根的密度下降及对密封面的贴合度变差的问题,因此与膨胀石墨相比,其分步压缩的效果才会比较小。

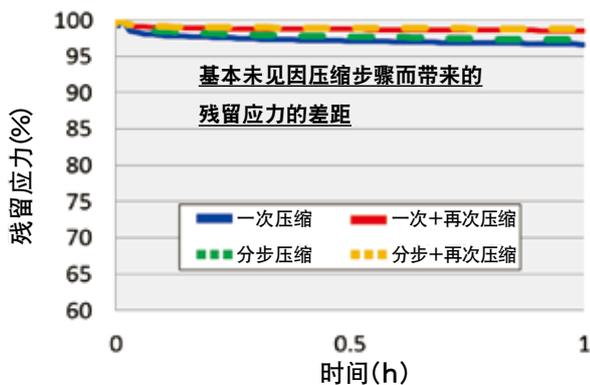


Figure7 膨胀石墨(No.VF-10T)的残留应力

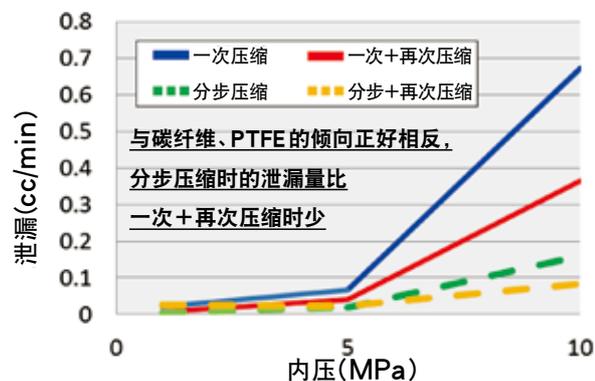


Figure8 膨胀石墨(No.VF-10T)的泄漏

3-4)各种盘根的压缩步骤的效果

Figure9的图表对不同材质盘根的压缩步骤的效果进行了比较。图表的纵轴表示以蓝色的一次压缩时的泄漏量作为100%时的,其他压缩方法的泄漏变化率。在所有种类的盘根中,分步+再次压缩为泄漏最少的压缩步骤。

对一次+再次压缩和分步+再次压缩进行比较后,发现碳纤维和PTFE的泄漏差距为10~14%,由压缩步骤带来的差距较小。与此相对,膨胀石墨时的泄漏差距为43%,由压缩步骤带来的差距较大。其原因正如3-3)中所述,碳纤维及PTFE为纤维状物质,存在容易复原的特性;而膨胀石墨为粉末压固后形成,故不易复原。因此,它不易出现密度下降及及对密封面的贴合度变差的问题,故而膨胀石墨时由分步压缩所带来的效果才会这么明显。

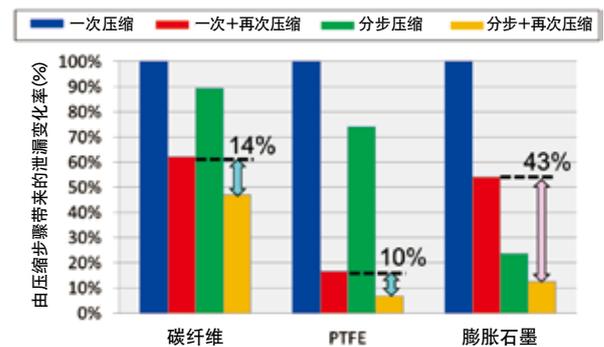


Figure9 由压缩步骤带来的泄漏量差异

3-5)各压缩步骤的作业时间

Figure10所示为各压缩步骤的作业时间。分步+再次压缩所花费的作业时间是一次+再次压缩的3.6倍。在泄漏差距为10~14%的碳纤维及PTFE上实施分步+再次压缩,应该说效率不高。

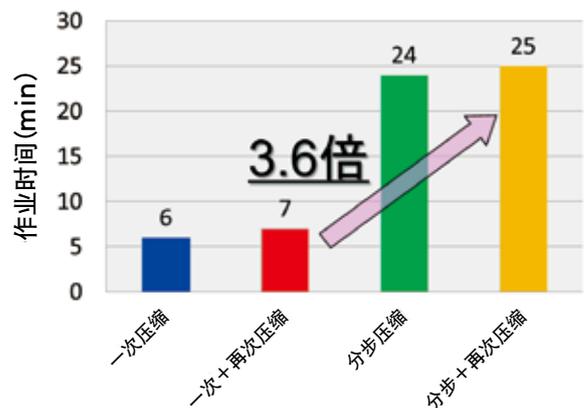


Figure10 各压缩步骤的作业时间

膨胀石墨时，使用分步+再次压缩比使用一次+再次压缩，其密封性改善了43%。因为分步+再次压缩会花费3.6倍的作业时间，故建议在需要较高密封性的用途中使用。

4. 结语

通过本研究，对由压缩步骤的差异所带来的密封性和作业时间之间的关系进行了评价。在本试验条件下，碳纤

维及PTFE时，一次+再次压缩及分步+再次压缩的泄漏并无太大差距，故从作业效率的观点出发，建议使用一次紧固后追加紧固的方法。膨胀石墨时，则可根据用途选择压缩步骤，从而获得所需的效果。如，作业效率优先时，可在实施一次紧固后再追加紧固；密封性优先时，可在分步紧固后再追加紧固。

工厂成套设备等工作现场，盘根的装卸、紧固等作业需要花费大量的时间。希望本研究能对作业效率的提升有所帮助。



滨出 真人
研究开发本部
商品开发部

半金属密封垫片的性能比较及金属齿形垫片系列的介绍

1. 前言

缠绕式密封垫片、金属包覆密封垫片、金属齿型垫片，这些半金属密封垫片被广泛应用于石油精炼、石油化学及能源等领域。

缠绕式密封垫片被广泛应用于配管及各类机器之中。金属包覆密封垫片密封宽度较窄，还能做成带筋的垫片，故被广泛应用于热交换器等设备之中。金属齿型垫片在海外的应用极为广泛，近年来，因其性能及良好的操作性，日本国内也逐步开始普及。

半金属密封垫片在使用上会有如上所述的区分。然而，随着对于设备的老化及保养管理的观念的多样化，需要我们根据使用条件再次进行选择。但是，我们却没有太多这些半金属密封垫片的性能比较数据。因此，这一次我们提供了一些半金属密封垫片的比较评价数据，希望它能够成为用户选择密封垫片时的一项指标。此外，也对本公司扩充产品阵容后的金属齿型垫片系列的特点进行了介绍。

本次的对象产品为使用了柔性石墨的缠绕式密封垫片(No.6596V)、金属齿型垫片(No.6540H)和金属包覆密封垫片(No.N520)。

2. 特性比较评价

2-1) 常温密封特性

常温密封特性如Figure1所示。评价方法为JIS B 2490。此外，根据一般的使用方法，对金属包覆密封垫片涂覆了密封膏(No.6)。

常温密封性的结果为，缠绕式密封垫片表现最好。金属齿型垫片和金属包覆密封垫片在低面压(12.5~50MPa)状态下泄漏较多，提升至50MPa以上后，泄漏量降到了测量灵敏度以下，可以获得足够的密封性，即低于在工厂成套设备运作时的泄漏量判定中使用的肥皂水气泡法所能检测到的泄漏量的密封性。

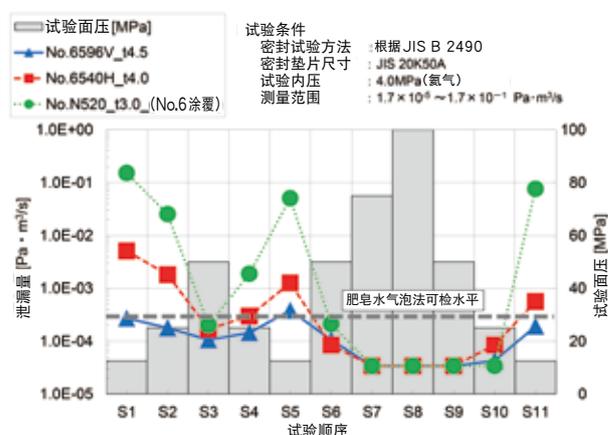


Figure 1 常温密封特性

2-2) 压缩回弹特性

压缩复原特性如Figure2所示。将面压5MPa和面压100MPa时的密封垫片移位置差作为压缩量，将面压100MPa和之后降低至面压12.5MPa时的密封垫片移位置差作为回弹量。Table1显示了各密封垫片的压缩量和回弹量。

根据Table1，可以得知缠绕式密封垫片无论是压缩量还是回弹量，都是最大的。金属包覆密封垫片的压缩量虽大，但回弹量较小。而金属齿型垫片的压缩量和回弹量都较小。热循环等法兰面间隙的变化较大时，适合使用压缩回弹特性都最出色的缠绕式密封垫片。

Table 1 压缩量和回弹量

	压缩量[mm]	回弹量[mm]
	面压 5MPa → 面压 100MPa	面压 100MPa → 面压 12.5MPa
No.6596 t4.5	0.850	0.198
No.6540H t4.0	0.432	0.060
No.N520 t3.0 (No.6 涂覆)	0.918	0.079

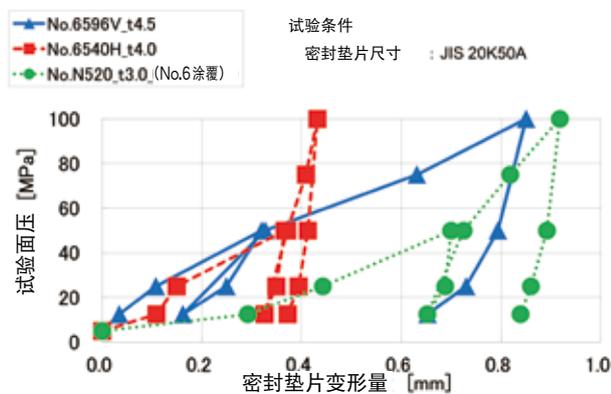


Figure2 压缩回弹特性

2-3)热循环特性

作为高温密封特性评价方法，其通过将密封垫片紧固于法兰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。

热循环特性如Figure3、4所示。所有试样的紧固面压均采用了70MPa，此外还在各密封垫片的推荐紧固面压下也进行了试验。加热温度设为400℃及500℃。

根据Figure3、4所示，缠绕式密封垫片、金属齿型垫片都能维持稳定的密封性。另一方面，虽然金属包覆密封垫片加热前的泄漏量在可检水平以下，但加热后泄漏量有所增加。这应该是因为反复的温度循环导致中芯材料的回弹性出现了下降的原因所致。

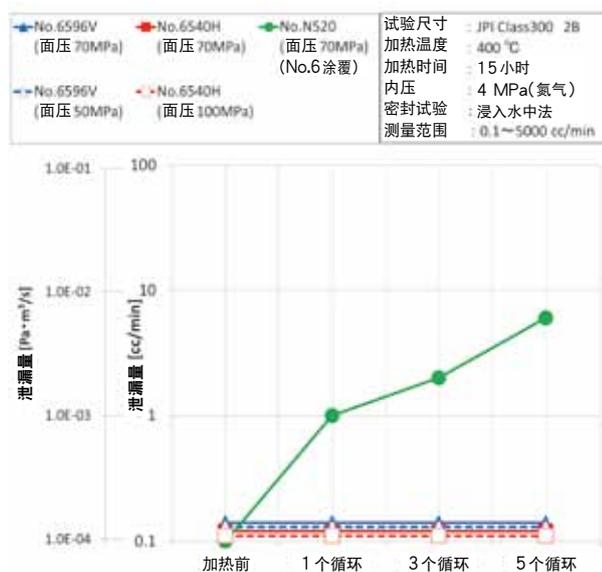


Figure3 400℃热循环特性

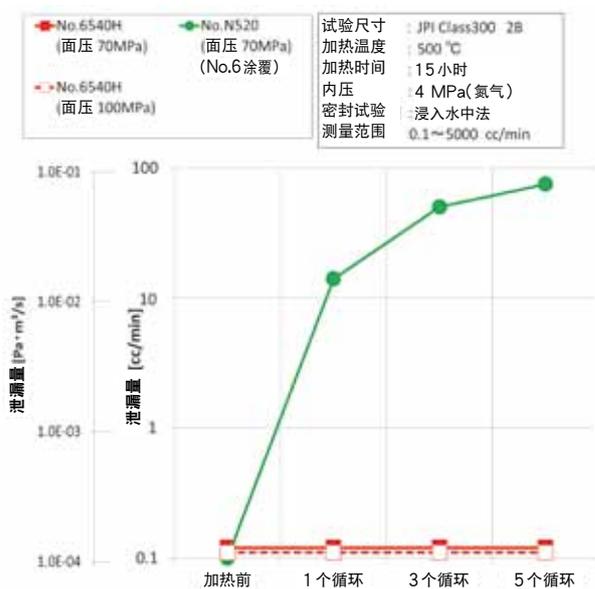


Figure4 500℃热循环特性

2-4)半金属密封垫片的区分使用

在半金属密封垫片中，性能最为出色的为缠绕式密封垫片。但是，如操作难度大、大口径、及密封垫片宽度较窄的形状等，也存在一些缠绕式密封垫片难以使用的情况。因此，密封垫片直径不足 $\phi 1000$ ，及可以确保足够密封宽度的场合，适合使用缠绕式密封垫片。另一方面，大口径($\phi 1000$ 以上)、无法确保足够密封宽度的场合，以及高处作业的场合则适合使用金属齿型垫片及金属包覆密封垫片。此外，金属包覆密封垫片还具有可加工成椭圆、矩形等各种形状的优点，和金属齿型垫片比较是相对较为经济的一款密封垫片。

3. 金属齿型垫片系列

3-1)特点

正如前面所述，近年来金属齿型垫片正开始在日本国内普及。有鉴于此，本公司开发出了新的金属齿型垫片，扩充了产品阵容。现在，已可根据使用条件来选择贴合在带槽的金属密封垫片上的表层材料了。

贴合了柔性石墨板材的产品(No.6540H)为可用于各种条件下的通用产品。在柔性石墨存在氧化消失问题的400℃以上的温度区域使用时，适合使用耐热性更高的贴合了VALQUA HEAT RESIST SHEET™的产品(No. HR540H)。贴合了PTFE板材的产品(No.7540H)与柔性石墨产品相比，虽然其使用温度较低，但非常适合用于因担心污染而无法使用柔性石墨的管线。

3-2)特性评价

No.HR540H的特点是其耐热性。Figure5所示为表面层使用了VALQUA HEAT RESIST SHEET™、柔性石墨板材的金属齿型垫片在600℃时的热循环特性。

根据600℃的结果，可以知道No.HR540H即使提高了加热温度，其泄漏量也不会出现太大的变化，但No.6540H的泄漏量却出现了较大的增加。这是由于柔性石墨的氧化消失所导致。柔性石墨在400℃以上时，会慢慢氧化消失，因此难以长期维持密封性。Figure6、7中显示了柔性石墨板材和VALQUA HEAT RESIST SHEET™随温度、时间变化而出现的重量减少率。Figure7所示为到240小时为止的评价结果。可知即使在400℃~500℃左右的温度下，柔性石墨也会出现减少，因此从2~4年的长期观点来看，其密封稳定性存在不足。而VALQUA HEAT RESIST SHEET™则仅在加热初期出现了少量的减少，长期来看大部分都能得到保存。此外，即使提升了加热温度，减少率也不会变化，从长期来看减少率比较稳定，因此可获得稳定的密封性。

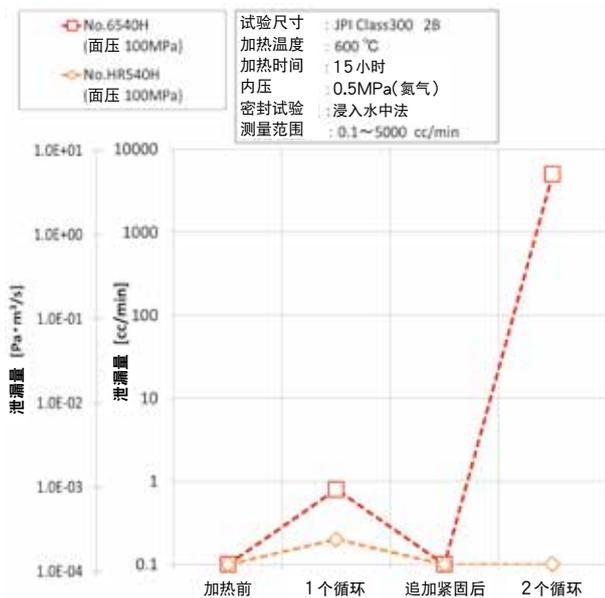


Figure5 600℃热循环特性

大口径因法兰偏转等问题，可能会对密封垫片施加高于推荐紧固面压的负荷。这可能会导致紧固时致使金属部分外露，从而伤到法兰。使金属齿型垫片负荷过大面压后，对其表层材料是否龟裂实施了评价，结果如Table2、Figure8所示。No.HR540H、No.6540H时，即使负荷了200MPa的面压，也未见金属外露，因此即使负荷了过大面压，对法兰造成伤害的可能性也较小。而

No.7540H在140MPa面压时，就出现了金属外露的情况。这可能是因为PTFE板材与柔性石墨板材相比更易出现滑移的原因所致。但是，No.7540H的推荐紧固面压为60MPa，即使负荷了2倍的推荐紧固面压也未见金属外露情况，因此使用上没问题。

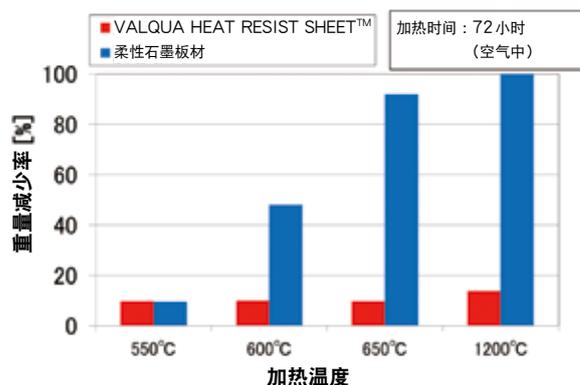


Figure6 由温度带来的重量减少率的变化

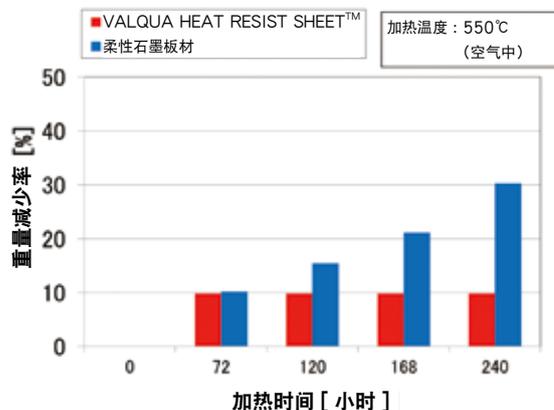


Figure7 由时间带来的重量减少率的变化

Table2 压缩变形特性

尺寸: JPI Class300 2B		金属外露的有无
No.HR540H	VALQUA HEAT RESIST SHEET™	200MPa, 无金属外露
No.6540H	柔性石墨板材	200MPa, 无金属外露
No.7540H	PTFE 板材	140MPa, 金属外露

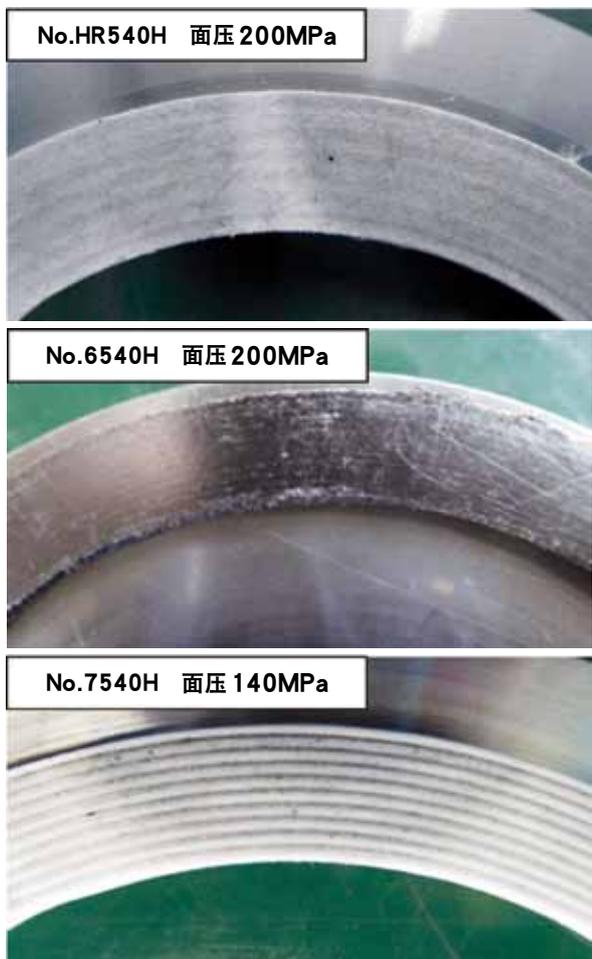


Figure8 负荷过大面压后的外观照片

4. 结语

在日本国内的石油精炼及石油化学的工厂成套设备中，因工厂设备的老化及定期维护的长期化，需要更加稳定的密封产品。希望本次的半金属密封垫片的性能比较，以及扩充了产品阵容的金属齿形垫片系列能够成为选择密封垫片时的一项指标，对密封垫片选择有所帮助。



高桥 聪美
研究开发本部
商品开发部

急速开关型气缸阀的介绍

1. 前言

一直以来，球阀和蝶阀被广泛用于作为可短时间内实现开关操作，且流体的流动阻抗较小的气动操作式自动阀。然而，它们在“耐久性、高速动作性”方面却存在一些难点。

虽然在常规的使用条件下，这些难点很少会构成实际的问题，但是作为需要高频率、高速度动作的炼铁厂轧制线冷却水切换阀使用时，则可能会构成一些问题。

其问题就是，因阀座密封部位为滑动接触结构，故随着动作次数的增加，阀座会出现磨损和损伤，因此极难长期保持良好的密封性。开关次数的限制为10万~20万次。此外，开关动作时间较短时，急速停止将会引起水流冲击现象，这将导致阀门1次侧的压力骤然上升，阀座密封部位、阀体支撑轴承、操作用阀杆可能会因此而受损，导致阀门无法操作。

在本技术志中，将对能够解决这些问题，并在附加额外价值的基础之上，对在约40年前开发的并开始制造销售，且至今仍有大量使用的急速开关型气缸阀进行介绍。

2. 特点

2-1)密封寿命长

阀座密封并非滑动接触结构，故不会出现基于磨损的密封性下降的问题。

2-2)动作可靠性佳

因采用了简单的内部结构，并减少了可动零部件的数量，故而故障发生概率极低。此外，对于由水流冲击现象导致的压力负荷的骤升问题，因阀门整体为圆筒形状，故具有足够的强度，因此不会出现动作不良的问题。

2-3)紧凑设计，操作性极佳

通过将驱动部分内置到阀门之中，实现了一体化的设计，因此整体极为紧凑而且重量较轻，操作性也极佳。此外，因为驱动部分没有凸出鼓起，故而可以节约配管空间，在安装姿势上也有限制。Figure1所示为气缸阀剖开后的样本图。

计，因此整体极为紧凑而且重量较轻，操作性也极佳。此外，因为驱动部分没有凸出鼓起，故而可以节约配管空间，在安装姿势上也有限制。Figure1所示为气缸阀剖开后的样本图。



Figure 1 驱动部分内置的一体化气缸阀

2-4)高速动作性佳

可动部分重量轻，动作行程短，故而可实现高速动作，且其动作性非常出色。标准规格下的动作时间一览表如Table1所示。

Table 1 气缸阀标准动作时间

流体压力 标称直径	动作时间(秒)				使用的空气设备(甲南电机制)	
	0.98MPa		1.96MPa		电磁阀	电磁阀速度控制器
标称直径	开→关	关→开	开→关	关→开		
15A	0.10	0.10	0.10	0.10	453S202C	SC6-02-8A
20A	0.11	0.10	0.13	0.10		
25A	0.14	0.12	0.17	0.12		
32A	0.21	0.19	0.26	0.17		
40A	0.21	0.19	0.26	0.17	413S302C	
50A	0.33	0.28	0.43	0.26		
65A	0.30	0.26	0.36	0.25	413S603C	SC6-04-10A
80A	0.34	0.29	0.42	0.27		
100A	0.44	0.38	0.57	0.35		
125A	0.68	0.59	0.85	0.54		
150A	0.94	0.81	1.2	0.74	413S604C	SC6-04-15A
200A	1.7	1.5	2.1	1.3		
250A	2.4	2.0	3.1	1.8	413S806C	SC6-08-20A
300A	2.6	2.1	3.5	1.9		
350A	3.1	2.6	4.0	2.4		
400A	3.4	3.1	3.8	2.8		
450A	4.8	4.5	5.3	4.1		

2-5) 空气消耗量较少

因将内部流体压力对阀门动作造成的影响控制在最小限度,故气缸有效面积较小。动作所需的压缩空气的量比相同尺寸的球阀动作所需的量少。

2-6) 流体流动阻抗较小

阀座为非滑动接触型的阀门(例如:球阀),因流体的流动方向会发生多次变化,因此流动阻抗就会较大。然而,气缸阀的流动方向很少变化,且流路形状也为流线型形状,故其流动阻抗较小,即使在大流量的用途中也能使用。二通阀的Cv值—差压—流量关系图如图Figure2所示。

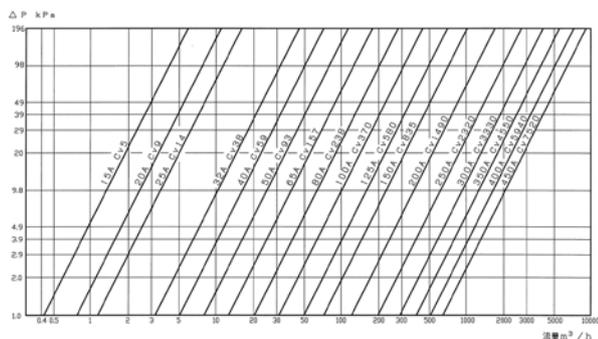


Figure2 Cv值—差压—流量关系图

3. 结构和动作

气缸阀主要由3个构成部件组成,分别为主体、阀盖和活塞。其他各接合部、可动部密封为使用了密封材料的结构。Figure3所示为二通气缸阀的断面结构图。此外,通过在二通阀的1次侧(主体管线法兰侧)安装T形部件,可构成三通气缸阀。Figure4所示为三通气缸阀的断面结构图。

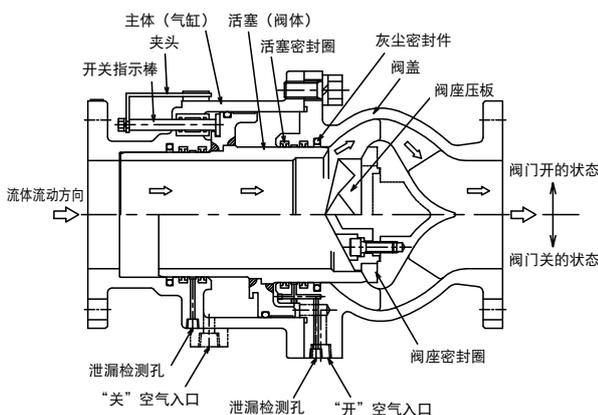


Figure3 二通气缸阀断面结构图

根据供给气缸(主体)的动作气压的切换,活塞将向阀座侧或反方向侧移动。当移动到阀座侧时,活塞前端顶住阀座密封圈,此时将流过主体流路及活塞内部的流体密封住,阀门处于“关”的状态。接下来,当动作气压切换,活塞移动至反方向侧时,活塞前端和阀座密封圈之间的流路打开,流体从主体流路及活塞内部经过阀盖流路,阀门处于“开”的状态。

至于阀门的开关状态,可通过安装在活塞上的开关指示棒方便地目测确认。此外,通过在开关指示棒上安装操作杆等装置,可实现基于限位开关或非接触式开关的开关状态检测、位置控制器的安装和实现控制阀化。

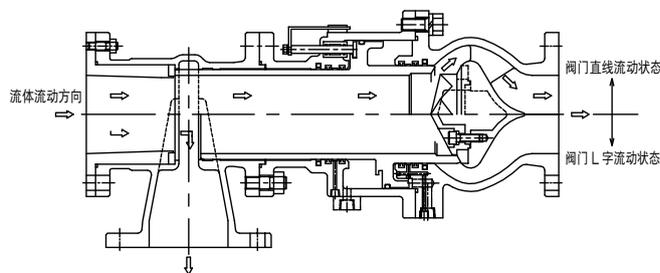


Figure4 三通气缸阀断面结构图

4. 标准规格

气缸阀的标准规格如下所示:

- 接液金属材质…………… SCS13、SUS304
- 密封圈材质…………… NBR,AU
(根据流体,也可选择其他材料)
- 连接…………… JIS10k、20k法兰
(CLASS 150也可)
- 尺寸…………… 标称直径 15A~450A
- 密封寿命…………… 50万次循环
- 最高使用压力…………… 依据Table2
- 操作气压…………… 0.4~0.7MPa
- 使用温度范围…………… 根据不同密封圈材质而异
(需要咨询)

Table2 气缸阀最高使用压力

分类	标称压力	最高使用压力
二通阀	10K	1.37MPa
	20K	3.33MPa
三通阀	10K	0.98MPa
	20K	2.45MPa

注 但是,20k-15A~25A,二通、三通都为1.97MPa

5. 用途

5-1) 以往的主要用途

主要用途为作为开发目的的炼铁厂及PSA式氮气发生装置。

5-1-1) 炼铁厂(包括有色金属)

厚板及热轧线的产品、滚动冷却用切换阀。

顾客需求：密封寿命、动作可靠性、高速开关、自动阀

5-1-2) PSA式氮气发生装置

大型装配式PSA式氮气发生装置的气体切换阀。

顾客需求：密封寿命、密封性、高速开关、自动ON-OFF 阀

5-2) 最近的新用途事例

最近的用途事例介绍如下。

5-2-1) 主题公园喷水设备

被用于包括主题公园内的喷水在内的表演项目。气缸阀被用作喷水项目的ON-OFF 阀及控制阀。通过其高速开关的喷水流量控制，可实现以往所无法实现的丰富表演。

顾客需求：动作可靠性、高速开关、自动ON-OFF 阀、控制阀

5-2-2) 工厂废水设备过滤器

工厂废水需经过过滤器，在满足了标准的状态下才能向工厂外排放。过滤废水的过滤机的滤芯上会附着垃圾，

如果在此状态下继续使用，则过滤能力将出现下降。因此，需要通过鼓风吹气的方式清除垃圾，但是，当ONOFF阀的使用频率过高时，将会发生空气的内部泄漏，此时必须要停机并实施维护。

一般而言，上述用途中会使用ON-OFF球阀，但球阀阀座为滑动接触结构，密封寿命较短。而采用了气缸阀后，就可以提升废水设备的运作率，并减少维护所需工时。

顾客需求：密封寿命、自动ON-OFF 阀

6. 结语

本次介绍的急速开关型气缸阀以可靠的密封/阀门技术方案解决(=价值的提供)了顾客难点/难题(=课题)。因其维持着较高的品质，故现在仍然在被使用。这正是本公司名字的由来“Value & Quality”的具体体现。

今后我们还将继续挖掘客户的潜在需求，通过提供解决方案与顾客之间建立起双赢的关系。

7. 参考文献

- 1) 社团法人日本阀门工业会：新版阀门便览，368-370 (2011)
- 2) 北泽正广：阀门技报. No.52, 80-81 (2004)



村山 聪
营业本部
技术解决方案组

罐槽清洗用喷射球™的开发

1. 前言

近年来，以工业用罐槽、配管等为对象，在组装和拆卸上无需花太多时间，作业人员几乎不用干预的CIP(定位清洗：Cleaning In Place)已成主流。

此处，就各行业罐槽内的清洗问题，我们将目光投向清洗喷嘴，对本公司生产的固定式、旋转式喷射球™及新研发的旋转式喷射球™进行介绍。

此外，医药品行业的重要工序的设备装置，也需要进行清洗校验。本公司的喷射球™也被选作了清洗设备的重要零部件之一，为顾客的风险管理做出了自己的贡献。

2. 什么是清洗

一般而言，清洗就是指清除污垢的行为。

在本技术志中，将不会影响到后续工序的处理、加工等程度的清除污垢(表面附着的固体物质)行为定义为清洗。

此外，广义的清洗还包括了将气体、液体中的杂质去除的行为，此处将这种情况排除。

清洗的清洁度根据目的和用途，各行各业的要求各不相同，如有的需要将附着物100%清除，而有的只需目测时看不出污垢即可等等。

3. 固定式喷射球™

用于对医疗、化学、食品等所有行业的反应槽、搅拌槽、储槽等罐槽内的清洗。接触液体部分为PTFE，具有耐热、耐化学品性的特点，可固定安装于罐槽内部。此外，可根据顾客的罐槽喷嘴定位设计喷射位置，可在短时间内实现高效的清洁，并可减少清洗液的消耗量。

喷射孔采用高精度加工并采取最优布局，因为是在施加压力后从小小的喷射孔中喷射而出的，故当为易燃性流体时，推荐使用导电性PTFE材质。这是因为喷射时会有静电蓄积，这有可能会引起起火。



Figure 1 固定式喷射球™的示意图

使用个数的标准见 Table 1 所示。

Table 1 单位罐体容积的各型号的使用个数

罐体容积	喷射球™的使用个数		
	型 号	立式反应槽	立式储槽
600ℓ以下	50	2个	1个
1~5m³	80	2个	1个
6~10m³	100	2个	1个

备注 上表的使用个数为大致标准。

如罐槽内有搅拌轴或挡板等时，为了对轴的背面进行清洗，建议增加喷射球™的个数。

其结构如Figure 2所示，由①上球②下球③ 2段法兰构成。为了准确瞄准目标清洗点进行喷射清洗，出于防止偏差错位的目的，安装时采用了2段法兰。

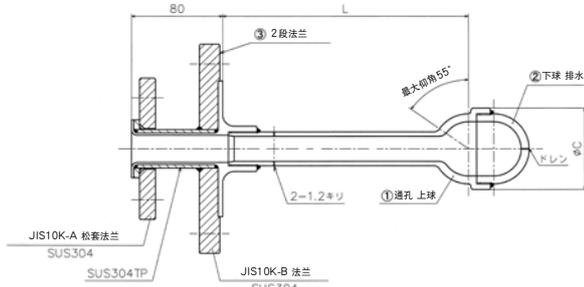


Figure2 固定式喷射球™的标准结构

关于标准尺寸，请见 Table2 所示。

Table2 标准尺寸

型号	清洗水量 (L/min)	法兰组合	φ C	L (最大)	
				PTFE	导电性PTFE
SB-50	15~40	25A×50A	46	400	300
SB-80	30~70	25A×80A	72	600	370
SB-100	70~100	40A×100A	97	500	370

此外，在T字管等上安装喷射球™时，需要装上连接件或防振件。这是为了防止喷射孔集中于一个区域时，向这个区域施加喷射压时发生翘曲。

关于法兰组合，除了Table2中所示外，也可指定其他尺寸；关于法兰材质，标准为SUS304，但也可指定SS400等其他材质。

4. 旋转式喷射球™



Figure3 旋转式喷射球™的示意图

旋转式喷射球™在用途、材质特性方面与固定式喷射球™相同，其特点如下所示。

- 其结构如Figure4所示，由①主体②上球③下球④固定环⑤凸缘构成，上球和下球为反向旋转。由清洗水本身控制旋转，因此内部并无旋转用的零部件。因此，其结构简单，易于维护。
- 喷射模式为形成直线水柱，即使低压状态也能实现高效清洗。
- 喷射模式(角度)、流量(孔径、孔数)可根据顾客规格作变更。

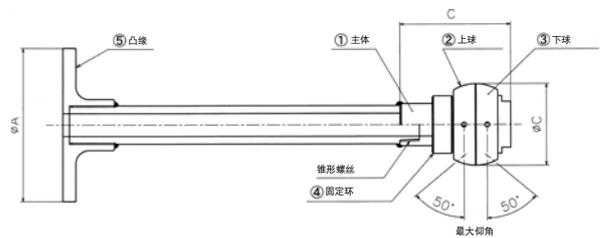


Figure4 旋转式喷射球™的标准结构

安装方法为，将⑤的凸缘插入到罐槽的喷嘴和配管侧的喷嘴中。因为旋转式喷射球™与固定式喷射球™不同，它无须向瞄准目标点喷射。

关于标准尺寸，请见 Table3 所示。

Table3 标准尺寸

型号	清洗水量 (L/min)	φ A	φ B	C	锥形螺丝
SB-50R	约25	100	42	57	1/2"
SB-80R	约90	130	64	86	3/4"
SB-100R	约140	155	88	118	1"

5. 关于固定式和旋转式的选择

上面对固定式喷射球™和旋转式喷射球™进行了说明，但在实际使用中经常会听到不知道应该要安装哪一个的意见，因此我们在 Table4 中对固定式和旋转式的特点进行了比较。

Table4 固定式和旋转式的比较

类型	清洗水量	清洗时间	对点清洗	维护	价格
固定式	○	○	○	△	○
旋转式	△	△	△	○	○

在清洗水量、清洗时间和对点清洗方面，固定式可以做到瞄准目标进行清洗，故相较于旋转式向四面八方喷射清洗液的方式，固定式的清洗更具效率，且清洗水量更

少、清洗时间更短。

另一方面，旋转式则适合用于罐槽内部的冲洗，因为结构简单，故分解维护也非常方便。此外，它的孔径较大，故不用担心它会发生孔洞堵塞的问题。

6. 清洗的课题

6-1)背景

罐槽清洗的难题是各喷嘴内部的清洗。

在以前，只要罐槽内的上镜、人孔(手孔)、照明口(透视灯口)能够清洗干净，则清洗检查就能判定为合格。但是，近年来这一标准发生了变化，在各个业界，如果不能将包括喷嘴内部在内都清洗干净，则清洗检查将被判定为不合格。

在这种情况下，以前不能通过喷射球™清洗的喷嘴内部等细微部位，都是由作业人员使用刷子或抹布等工具进行手工清洁的。由于有了人工的介入，使得罐槽内会出现抹布纤维、灰尘等的残留，这对后续工序带来了巨大的麻烦。即所谓的污染问题。

正是由于这个原因，各业界才会想到了这种以零污染为目标的，不经人手的清洗CIP(定位清洗)。CIP还有一个优点，即因它具有稳定的清洗效果，故它可稳定并提升产品品质。正是因为以上原因，使得CIP成为了主流，而清洗喷嘴也开始受到了人们的关注。

6-2)课题的解决

首先，针对各喷嘴内的清洗，使用固定式喷射球™进行研究。使用该产品进行清洗时，如Figure5所示，增加管长后从下方向各喷嘴喷射，即可达到清洗的目的。但是，如Figure2所示，因最大仰角为55°，因此固定式喷射球™正上方将会出现一块无法清洗的区域。此外，根据每一个顾客的罐槽喷嘴定位设计喷射点，也是一件极为繁琐费力的工作。

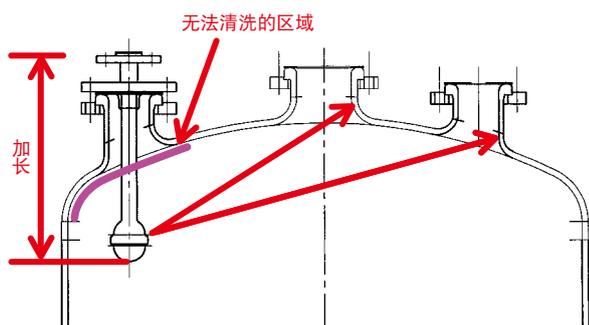


Figure5 喷嘴清洗研究方案

接下来，使用旋转式喷射球™进行研究。使用该产品进行清洗时，正如Figure4所示，因最大仰角为50°，且因只能通过规定的喷射轴，故无法对喷嘴内部进行清洗。

7. 开发品旋转式喷射球™

如前所示，固定式喷射球™在设计上费时费力，而以往的旋转式喷射球™则无法对喷嘴内部实施清洗。为了满足顾客的需求，我们新开发了狭缝型和孔阵型产品。下面对各开发品的特点进行说明。



Figure6 旋转式喷射球™的喷嘴(不同类型)

7-1)狭缝型

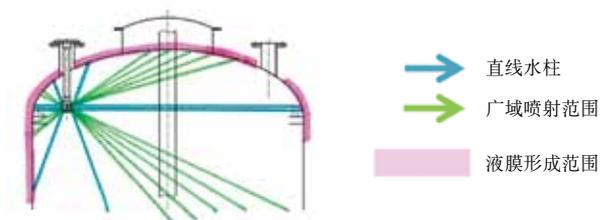


Figure7 狭缝清洗示意图

狭缝型的结构、材质与以往的标准品相同，也是上下球反向旋转，清洗效率较高。对于正上方、正下方这样的容易清洗不到的区域，使用直线水柱进行清洗，而人孔、照明口、各喷嘴则使用广域喷射(狭缝)进行清洗。(Figure7)

狭缝开口部较宽，故其喷射压力较孔状稍弱，但因它是扩散状的喷射，故相较于孔状而言，它更适用于大范围的清洗。

7-2)孔阵型

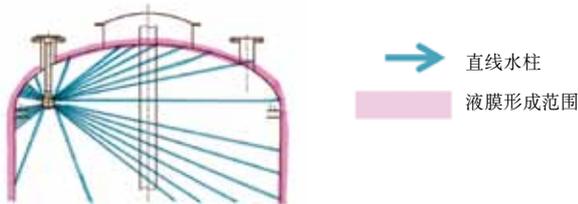


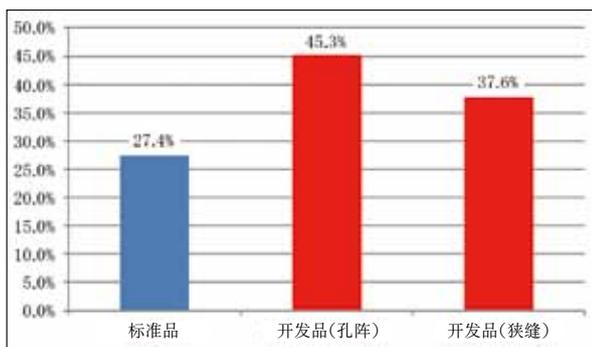
Figure8 孔阵清洗示意图

孔阵型的结构、材质与以往的标准品相同，也是上下球反向旋转。对于正上方、正下方这样的容易清洗不到的区域，使用直线水柱进行清洗，而人孔、照明口、各喷嘴则使用纵向2列排列的小孔进行清洗。从这些小孔中出来的水流将在保持水压的状态下达到清洗点，因此可与固定式喷射球™一样，发挥出较高的清洗能力。孔与孔之间的距离通过本公司独创的设计、加工使其紧密相连，这使得水流可以喷射至各喷嘴内。

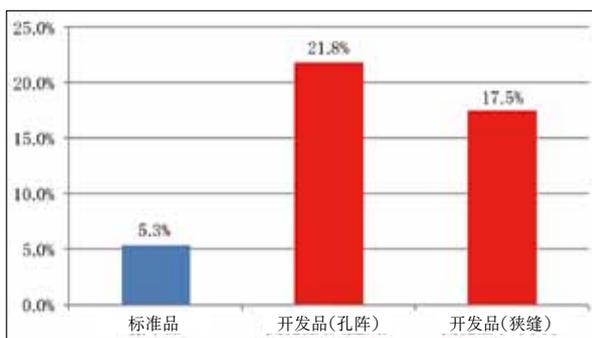
此外，其旋转速度也比狭缝型较慢，故可获得高效的清洗效果。(Figure8)

7-3)标准品和开发品的清洗率比较

下面对标准品和开发品(狭缝型、孔阵型)的清洗率进行比较，结果如Figure9所示。



罐槽内清洗率



喷嘴内清洗率

Figure9 罐槽内和喷嘴内的清洗率

根据这个结果我们可以知道，在罐槽内、喷嘴内的清洗上，相较于标准品，开发品(狭缝型及孔阵型)的表现更为出色。狭缝型可在短时间内对大范围进行清洗。而孔阵型则可在保持强劲水压的状态下到达清洗点，因此在喷嘴内的清洗上表现尤为突出。

此外，本清洗评价试验是在实施了下面的8. 清洗评价试验中所述的本公司设计的清洗评价试验后所得到的结果，之所以图表中的数值会比较低，是因为污染试样使用了附着性较强的物质，即因此此评价试验是在更为严苛的条件下进行的。

8. 清洗评价试验

具有代表性的清洗评价方法有目测检查、以水为主体的溶剂萃取法、表面采样检查等。但在决定清洗评价方法时，需要首先考虑与作为对象的设备装置相关的一般污垢，然后再据此选择合适的清洗评价方法。

Table5中对具有代表性的清洗评价方法及其优缺点作了汇总。

Table5 清洗评价法的比较

评价方法	优点	缺点
目测检测	<ul style="list-style-type: none"> · 实施简单 · 可检查出表面的污垢 · 不需要分析装置等设备 	<ul style="list-style-type: none"> · 主观 · 无法进行设备整体的检测 · 低浓度无法检查
冲洗水的采样检查	<ul style="list-style-type: none"> · 实施简单 · 可对清洗剂及其他水溶性物质进行检测 · 可用于清洗周期的日常监测 	<ul style="list-style-type: none"> · 无法检测出附着残留物 · 高精度分析对象物的回收比较棘手
擦拭检查	<ul style="list-style-type: none"> · 可检测出附着物质 	<ul style="list-style-type: none"> · 检查执行者不同，结果会有变化 · 需要进入到设备内部或进行分解

清洗评价试验方法和检查时机在各公司的使用手册中都有规定，各业界对此并无规定什么标准。

本公司产品喷射球™在交付时，有时会在顾客在场的情况下实施清洗评价试验。这么做是为了确定将喷射球™安装到实际罐槽后是否能够获得顾客所需的清洁水平。此时采取的检查方法主要是目测检测，具体方法如下：使用核黄素或食用红色素(粘度约100cp左右)作为污垢，以喷雾等方式使其布满罐槽内部，之后运行喷射球™1~2分钟左右(根据顾客而异)，之后目测确认污垢是否清除。核黄素在照射黑光(不可见光)时会出现反射现象，故污垢很容易被发现。但它也存在耐光性弱的特性，因此使用时需特别注意。食用红色素的获取和使用都比较简单，故被广泛使用。采用目测作为清洗判定时，正如Table5

中所示，虽具有方便实施、无需分析装置的优点，但也存在判断实施者的知识和经验会影响判定水平的缺点。为了消除这种差距，我们设计了将清洗评价试验结果简易数值化的方法。该评价方法的优点是无需特殊的材料和分析设备，实施简单、费用低廉，而且能够立刻得到结果。此外，与目测法不同，它可以数值化，不用担心其判定水平会受到判断实施者的影响。其问题是难以进行设备整体的试验以及需要进入到设备内部。

目前正在研究改良，以便投入实际使用。

9. 结语

这次我们介绍了罐槽内清洗喷嘴和清洗评价试验。以前，本公司的清洗喷嘴无论是固定式还是旋转式都只有1种类型，因此没能满足客户的广泛需求。

这一次，通过开发新的清洗喷嘴，我们可为客户提供各种各样的喷射模式。希望今后客户在根据用途选择清洗喷嘴时，我们的这些产品能对其有所帮助。

此外，我们打破了以往的技术框框，成功实现了清洗评价试验的数值化。以上述工作为开端，今后我们还将继续努力以求进一步提升清洗率，努力研究出新的清洗方法，努力开发出顺应时代和环境需求的服务。

今后，我们还将继续探索客户的真正需求，努力为其提供新的产品及服务。

10. 参考文献

1) 华尔卡 氟树脂衬里产品目录



本吉 真由美
研究开发本部
商品开发部

技术志的最近的往期杂志

No.37 Summer 2019

- **寄 语** 董事 CTO 青木 睦郎
- **客户解决方案《投稿》**
新防锈技术的提案 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
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
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

弹性体 O 形圈的选择指南以及选择时的问题及其对策
营业本部 技术解决方案组 保科 正次
研究开发本部 P&I 服务开发部 本居 学
- **产品介绍** 便携间隙 / 段差测定器的介绍
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 研究开发本部 商品开发部 高桥 聪美

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
功能树脂 PM 直属 横山 竹志
- **产品介绍** 衬里槽罐(应用篇)
长寿命 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

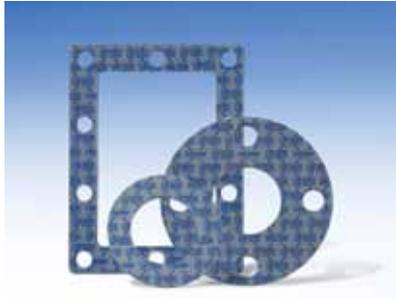
No.35 Summer 2018

- **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)的海员技术训练用密封培训介绍 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** DYNAMIC BELLOWS™ (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
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
衬里槽罐(基础篇)
研究开发本部 第 1 商品开发部 滨出 真人
- **产品介绍** 耐火陶瓷纤维替代密封材料
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**

关爱地球、人类的产品制造



板材密封垫片

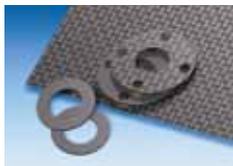


UNIVERSALHYPER® (UF300)

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.38 Winter 2020



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 Quaters】

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.