

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

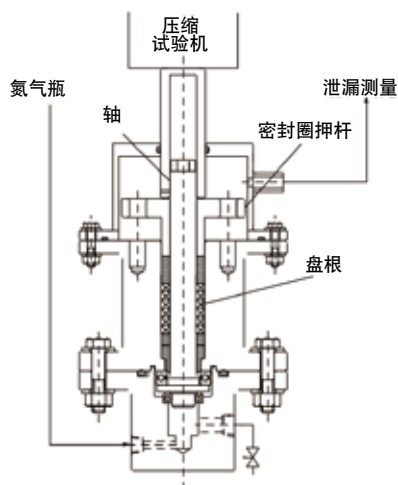


Figure 1 压缩试验机及试验夹具

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。

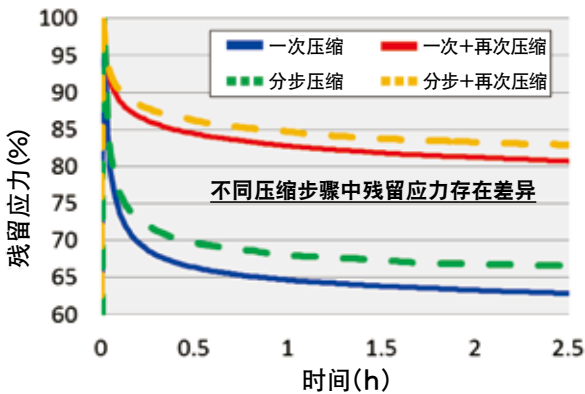


Figure2 碳纤维(No.6137)的残留应力

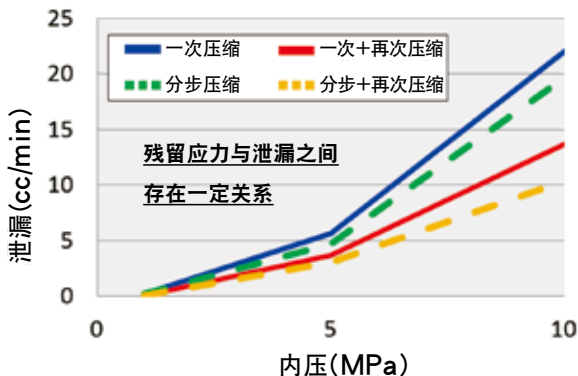


Figure3 碳纤维(No.6137)的泄漏

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。

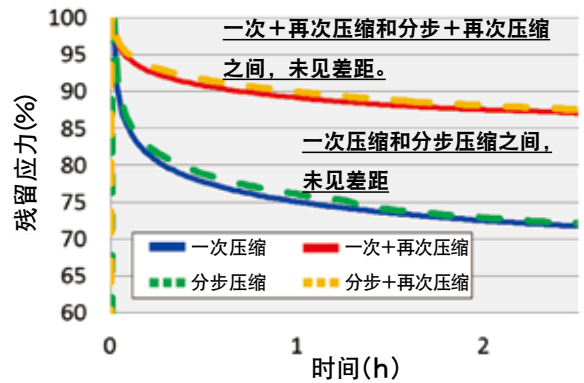


Figure4 PTFE(No.7233)的残留应力

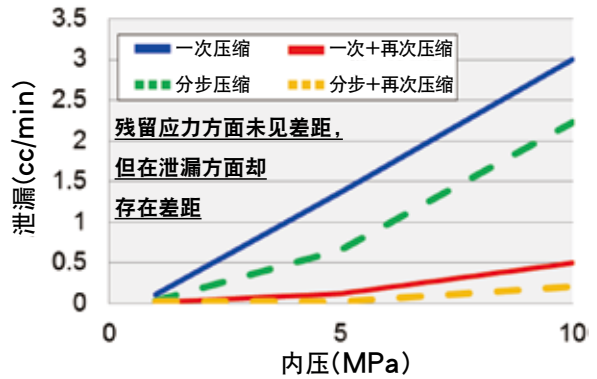


Figure5 PTFE(No.7233)的泄漏

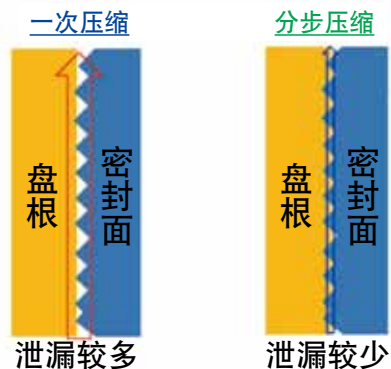


Figure6 密封面的状态和泄漏量

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。

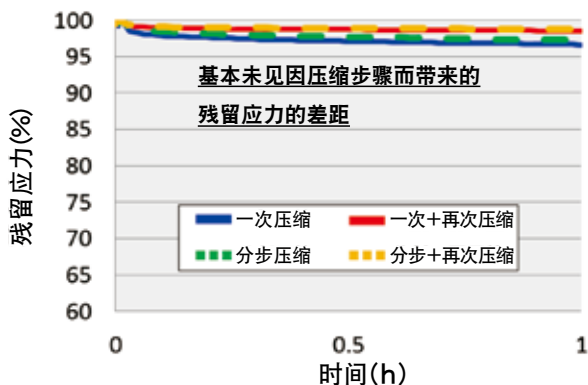


Figure7 膨胀石墨(No.VF-10T)的残留应力

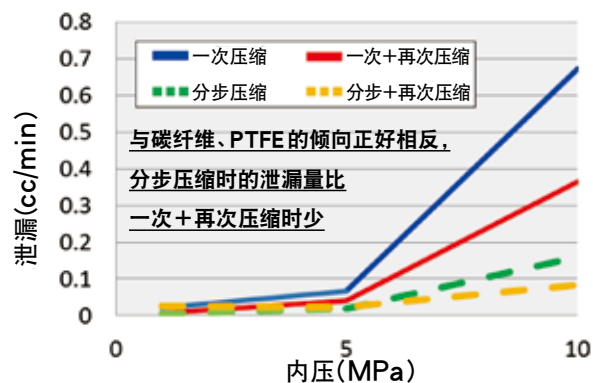


Figure8 膨胀石墨(No.VF-10T)的泄漏

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。

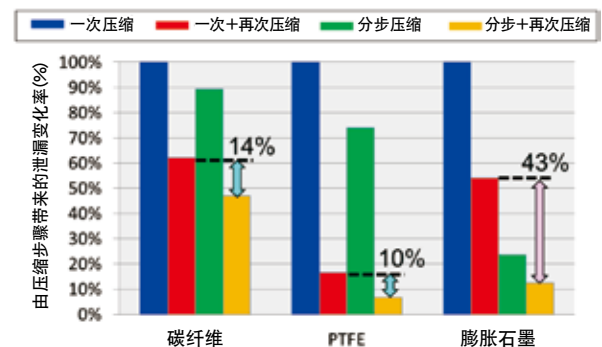


Figure9 由压缩步骤带来的泄漏量差异

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。

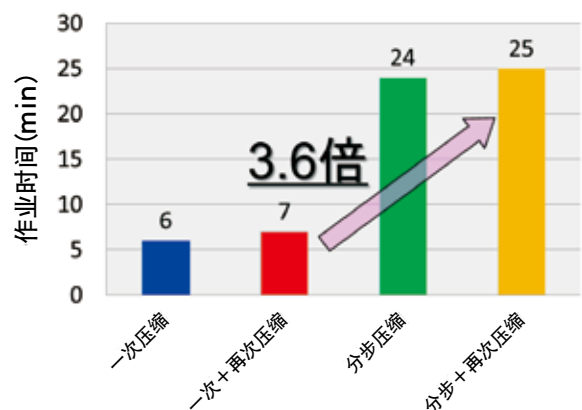


Figure10 各压缩步骤的作业时间

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