

O形圈的粘着故障原因和解决方法

1. 前言

橡胶制O形圈是同时适用于静态密封(垫片)、动态密封(密封圈)的密封材料。此外,因为材质是软质的弹性体,有着易于与对象面的贴合,使用较小的紧固力即可实现密封以及如下所示的诸多优点。

- 可在从高压到低压的范围内使用。
- 能够节省安装部分的空间。
- 安装部分的构造简单,因而易于进行安装作业。
- 已经实现标准化,易于获取且成本低。

因此,作为最具通用性的密封产品,被汽车、油空压、机床、食品、半导体、航空航天等为代表的各种产业领域的各种装置、设备所使用。

除了本身恢复原来形状的弹性外,橡胶是具有不易打滑、容易粘连等性状的材料,充分发挥止动、不易脱落等性质,被用作轮胎、软管、皮带等各种设备零件。另一方面,其性质使得在使用产品是会发生难以安装、难以取出等问题。橡胶制O形圈甚至可能出现产品相互黏连、粘着在对象面上等故障。

本文将介绍O形圈的粘着原因及其解决方法和以降低粘着为目的而开发的本公司产品。

2. 粘着现象和原因

2-1) O形圈的粘着

橡胶O形圈如果在被加压的状态下与金属等对象面接触,会发生粘着在对象面上的现象。这一现象程度较轻时,也被称为粘附。根据不同的使用环境,可能会发生剥离时会损坏橡胶材料的牢固粘附情况。静态密封的情况下,很多时候即使发生粘着,密封性能本身也不会产生问题,但在更换O形圈时需要非常大的力才能打开法兰,大口径O形圈的情况下,与对象面的接触面积大,形成很大的粘着力,甚至可能导致法兰无法打开。另外,打开法兰时粘着的橡胶会断裂并粘附在沟槽或对象面上,导致难

以清除等维护上的问题。

另一方面,动态密封的情况下,粘着会导致O形圈从沟槽中脱落,进而影响到密封性能,导致运行迟缓、异音和异常震动等设备运行故障,直接引起所使用设备的故障。

2-2) 粘着原理

粘着现象是由于橡胶与对象面接触,导致橡胶链段分子扩散、吸附到对象面而产生的二次键(氢键和范德华力等),并因此而形成界面,首先发生的是初始粘着(物理粘着)。尽管没有明确的区分,且说法口径不一,但粘着程度较轻时,也被称为粘附。此外,初始粘着有时会受到锚固效应和负压效应等的影响。接着,在该界面中生成一次键(化学键等)的同时,粘着强度逐渐增大,最终发展成为牢固粘着(化学粘着+物理粘着)。¹⁾²⁾

2-3) 粘着影响因子

粘着强度因橡胶的种类和对象材料的材质而异,但除此之外影响粘着强度的主要因子有橡胶的硬度,使用温度和湿度、橡胶与对象面的表面粗糙度等。关于这些因子对粘着强度的影响,与其他因子一起进行了详细的报告,³⁾我筛选出其中具有代表性的因子并总结如下。⁴⁾

- 橡胶硬度越高,粘着强度越小。
- 温度越高越容易粘着,但也不能一概而论。
- 湿度的影响因橡胶与对象材料的组合而异。
- 表面粗糙度方面,橡胶和金属越粗糙,粘着强度越低。这与接触面积有关。

3. 粘着对策

作为防止粘着的对策，简单的有涂抹润滑脂和润滑油等，但因为容易成为污染产品和安装部分的原因，以及从缩短作业时间等的观点出发，需要对O形圈本身采取防粘着对策。Figure1所示为O形圈具有代表性的防粘着方法。



Figure1 防粘着方法的分类

3-1) 基于配方的方法

橡胶混炼时加入油、PTFE等固体润滑剂，或润滑成分、脱模成分等内部添加剂等，通过选择配方化学品以降低粘着的方法。通常上述配方化学剂会对橡胶的物理特性和压缩永久变形等产生影响，因此需要考虑到各项特性的平衡。

3-2) 表面改性方法

赋予橡胶表面以不易粘着的特性，从而降低粘着的方法。有在橡胶表面形成不易粘着的薄膜的涂层方法，和浸泡在化学试剂等中、用等离子或射线照射以进行表面处理的方法。涂层分为通过物理熔融的类型和在橡胶表面发生反应形成提高与母材的贴合性的类型，薄膜是否对橡胶母材具有追随性也很重要。表面处理时，比较常见的方法有在含有硫化剂的化学试剂中浸泡橡胶，加热以使橡胶表面硬化的方法。但是，表面改性的改性范围局限于橡胶表面，当磨损导致改性层消失后，其效果也就烟消云散，因此在运用于动态密封时需要予以注意。

3-3) 基于聚合物设计的方法

是通过作为O形圈原料的聚合物本身进行改良以降低粘着的方法。通常，分子量较高的聚合物粘着较少，因此侧链和末端基团(如COOH、-OH、>CO等)越少，粘着越低。另外，抑制分子链运动的结构，例如提高玻璃相变点的结构也有一定效果。但是，要在保持橡胶弹性的同时具备降低粘着的结构目前仍无法实现，这有待于今后基于新结构的聚合物和聚合物合金等在分子设计层面上

的研究。

本公司备有运用各种防粘着方法的降低粘着性的产品阵容，下面为大家介绍其中具有代表性的产品。

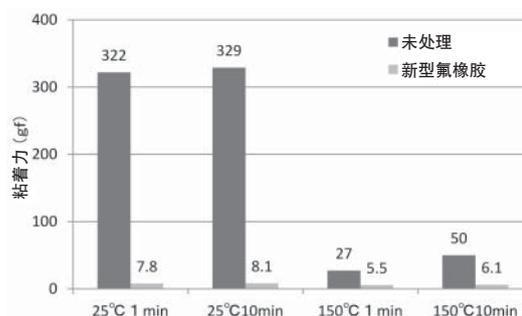
4. New Rubberflon (新型氟橡胶)

接下来为大家介绍的是作为具有防粘着效果的本公司产品之一的新型氟橡胶(Rubberflon是本公司的注册商标)。

新型氟橡胶是采用表面改性方法的产品，并不仅仅采用涂层，还通过反应性处理实现了与橡胶母材的出色贴合性，不易剥落。同时，不会对橡胶母材的物理特性产生影响，可以对除丁腈橡胶和氟橡胶等硅橡胶以外的绝大部分橡胶材料进行处理。新型氟橡胶具有低粘着性的同时，还具有低摩擦性，可以防止产品之间或与对象面之间的粘着，还可降低在安装圆筒面密封等O形圈时的插入阻力。⁵⁾⁶⁾ Figure2所示为新型氟橡胶的粘着力测量结果，Figure3所示为摩擦系数测量结果。

通过对O形圈实施新型氟橡胶处理，可以期待如下效果。

- 防止O形圈之间的粘着
- 防止与对象面粘着
- 改善O形圈的安装性(免润滑脂)
- 防止O形圈的扭曲现象和损伤



试验方法：粘着力试验机
使探针以规定条件与试片接触后，测量拉开时的力
试片：厚度2mm的丙烯酸橡胶片，负荷：100gf，
探针：不锈钢(#5mm)，拉起速度：600mm/min

Figure2 新型氟橡胶处理后的橡胶粘着力



试验方法：球状压头试验机，试验速度：60mm/min
 试验品：厚度2mm橡胶片，负荷：200gf，滚珠压子：SUS(Φ6)
 SBR：苯乙烯丁二烯橡胶，NBR：丁腈橡胶、FKM：氟橡胶，IIR：丁基橡胶
 EPDM：乙丙烯橡胶，CR：氯丁橡胶，ACM：丙烯酸橡胶，U：聚氨酯橡胶

Figure3 新型氟橡胶处理的动态摩擦系数

5. 非粘着用氟橡胶 D2370

氟橡胶具有耐热性、耐化学品性等优良特性，因而被广泛使用。通常说到“氟”，总会给人难以紧贴、易滑的感觉。但是，氟橡胶则与人们的预想相反，容易发生粘着现象，绝不是什么难以粘着的材料。

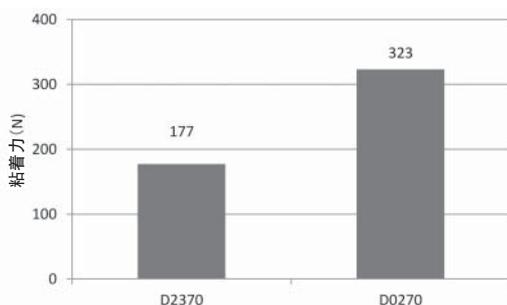
D2370采用本公司独有配方方法，在维持原有氟橡胶的耐热性和物理特性等的前提下，降低了粘着性。

Table1所示为D2370的物理特性一览，Figure4所示为D2370的粘着力测量结果。

Table1 非粘着用氟橡胶 D2370的物理特性一览

	D2370 非粘着用氟橡胶	D0270 本公司标准氟橡胶
硬度(Shore A)	70	71
拉伸强度(MPa)	14.0	13.9
伸展率(%)	190	230
压缩永久变形率(%)*)	14	16

*) 200℃ / 70hrs、25%压缩、Φ29盘
 表中数值均为测量值，并非标准值。



试验方法：使试片与对象材料按规定条件发生接触，在温室中冷却4小时后，测量拉开时的力
 试片：厚度2mm橡胶片，接触面压：5.88MPa，加热条件120℃：×20hrs
 对象材料：Φ25×Φ19的环状(SUS304)，拉起速度：50mm/min

Figure4 D2370的粘着力测量结果

D2370在使用常规的氟橡胶O形圈的闸门密封、闸阀密封等各种阀门中，作为常规氟橡胶的替代材料，通过减轻密封材料的粘着现象，有助于改善开闭位置的动作故障。此外，作为与法兰等对象面的粘着对策措施也很有效。

6. 结语

关于O形圈的粘着现象，以上对粘着原因和防止方法进行了说明，并介绍了本公司的粘着对策产品。

静态密封的情况下，粘着现象是导致维护性显著恶化的原因之一。但另一方面，在永久变形较大而判断为不可使用的领域，O形圈粘着能够保持密封性，有时会延长其使用寿命，因此不能仅仅局限于改善粘着，而是要在考虑到各种使用状况的基础上，推进解决对策。

此外，粘着现象会受到使用环境、条件等各种因素的影响，仅仅依靠密封材料很难彻底解决。因此，需要准确把握O形圈的使用状况，从广大用户那里获取最新的意见和信息，开发充分发挥橡胶材料特性的高附加值产品，并将其介绍给用户。

7. 参考文献

- 1) 森邦夫等，橡胶协会期刊，第60卷 第7号(1987)
- 2) 日本橡胶协会编纂的橡胶工业便览第四版(1994)
- 3) 森邦夫等，橡胶协会期刊、第60卷 第4号(1987)
- 4) 目功，华尔卡评论，第38卷 第8号(1994)
- 5) 目功 冈崎雅则，华尔卡评论，第41卷 第1号(1997)
- 6) 目功，月刊摩擦学，1998.3(1998)



冈崎 雅则

研究开发本部 开发部