

# 耐火陶瓷纤维替代密封材料

## 1. 前言

作为石棉的替代产品，人们开发并使用了各种人造矿物纤维，但其中部分存在致癌可能，因此各国对其实施了管制。在日本国内，同样也在2015年11月将耐火陶瓷纤维(以下称RCF)定位为特定化学物质障碍预防规则(以下称特化则)的第二类管理物质以及特别管理物质。主要管制内容如下所示，主要是需要在制造方面进行各种管理<sup>1)</sup>。

<主要管理项目>

- ①安装局部排气装置
- ②选派作业主管
- ③公告、制作并保存作业记录
- ④实施作业环境测量
- ⑤实施健康诊断

但是，用粘合剂固定的成形产品和RCF被密封的产品虽然不属于管制对象，但对相关产品进行切断、研磨等时，可能会有RCF等的粉尘飘散，因此适用特化则。

RCF作为可在1,000℃以上的高温区域适用的耐火、隔热材料，在钢铁、石油、化学等各种工厂设备中得到广泛运用。在密封材料方面，也因其优异的耐热性被用于密封垫片、盘根等各种产品。本公司根据法规，采用替代RCF的具有生物体内溶解性的无机纤维，开发出了兼顾安全性与性能的产品。这些纤维即使被吸入到呼吸道内，也很容易在体内溶解，对健康影响的风险较低，不属于法规管制对象。

Table1中所示为RCF替代对象产品。本刊中，将对缠绕式密封垫片、金属包覆密封垫片、橡胶夹布密封垫片、盘根等中的替代产品进行介绍。

Table1 RCF替代对象产品

对象产品群	本公司型号
缠绕式密封垫片	No.8590系列
金属包覆密封垫片	No.N510、N520、N530、N570、N580、N6520、N6580
橡胶夹布密封垫片	No.P-N314
纺织品	No.P-101S、P-102SF、P-102S、P-105S、P-105SN、P-112S、P-112S-N
盘根	No.N340G-F、N340M-F

## 2. 缠绕式密封垫片

缠绕式密封垫片是作为高温高压用产品而设计的半金属密封垫片，因其优越的密封性和耐热性而被用于一般配管、机器等广泛用途，作为蒸汽和热媒等的密封使用。是将弯折成V字形的金属带(环带)和软质密封带(填料)缠绕成蜗卷状的产品，根据使用条件，一般使用装有金属制内外环的产品。

无机质纸是缠绕式密封垫片中使用的填料之一，是将有机与无机纤维、填充材料以及橡胶粘合剂混合、抄纸而成，最高使用温度为500℃。无机质纸填料中，使用RCF作为替代石棉的无机纤维。

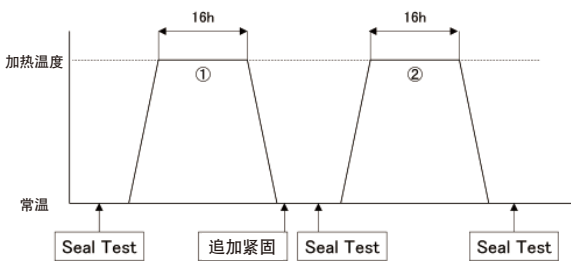
作为RCF的替代纤维，本公司开发出了使用生物体溶解性岩棉的无机质纸填料缠绕式密封垫片(No.8590系列)(Figure1)。生物体溶解性岩棉是不属于特化则管制对象的纤维，根据EU指令97/69/EC“人造非晶质纤维的致癌分类和包装标识”的Note Q，被排除在致癌性分类外。

以下所示为使用了生物体溶解性岩棉的RCF替代产品(以下称RCF替代产品)的性能。做为高温密封特性评价，Table2是在将密封垫片紧固到法兰上的状态下进行加热，对冷却至常温后的密封性进行评价的结果。混合填料带是为了防止膨胀石墨填料氧化消失而在两端配置了无机质纸填料的产品。经过确认，RCF替代产品不产生泄漏，具有充足的高温密封性。



Figure1 No.8590系列(RCF替代产品)

Table2 No.8596V、No.8596VL的高温特性比较



循环次数	试样	泄漏量 [Pa · m³/s]		
		No.8596V (RCF替代产品)		No.8596VL (RCF替代夹线品)
		加热温度	400℃	500℃
0		无泄漏	无泄漏	无泄漏
1		无泄漏	无泄漏	无泄漏
2		无泄漏	无泄漏	无泄漏

※试验条件

内压 : 4MPa (400℃、500℃)、1MPa (600℃)  
 紧固力 : 相当于面压70MPa的螺栓紧固

Table3 所示为耐蒸汽性的评价结果。通常,具有生物体内溶解性的纤维在与蒸汽及水接触的条件下,纤维强度可能会降低。为评价耐蒸汽性,在暴露于蒸汽后使用氮气进行密封性评价,确认了老化情况。确认结果是RCF替代产品未发生泄漏,具有与含RCF产品同等的密封性能。

此外,尽管变更了纤维,m、y值等设计数据未发生改变,可以与以往的含RCF产品一样进行使用。

Table3 No.8596V的耐蒸汽特性比较

蒸汽暴露期间	密封评价 内压 [MPa]			
	No. 8596V (含RCF产品)		No. 8596V (RCF替代产品)	
	2.0	4.0	2.0	4.0
暴露前	无泄漏	无泄漏	无泄漏	无泄漏
1week	无泄漏	无泄漏	无泄漏	无泄漏
3week	无泄漏	无泄漏	无泄漏	无泄漏

※试验条件

暴露流体 : 30K蒸汽(230℃、3MPa)  
 紧固力 : 相当于面压70MPa的螺栓紧固

### 3. 金属包覆密封垫片

金属包覆密封垫片是在毛毡(无机材料构成的厚板)外侧用金属薄板包覆的半金属密封垫片。可以制作复杂的形状和宽度较窄的尺寸,因此被用于塔槽类和热交换机等中。

金属包覆密封垫片很多时候在500℃以上的条件下使用,作为中芯材料的毛毡使用了耐热性优异的RCF。金属包覆密封垫片的毛毡完全被金属包覆,所以暴露危险较低。因此不属于前述的法规管制对象,但为了更安心、安全地使用,我们开发了由非“特化则管制对象”物质的无机纤维进行替代的金属包覆密封垫片(No.N510、N520等)(Figure2)。

作为含RCF产品、RCF替代产品的比较数据,Figure3所示为600℃的热循环密封特性结果。这是将密封垫片紧固到法兰上,施加多次温度循环后对常温密封性进行比较的结果。由Figure3可知,与含RCF产品相比,RCF替代产品在加热循环后仍具有同等以上的密封性。

此外,与缠绕式密封垫片相同,各种设计数据未发生改变,可以与含RCF产品一样进行使用。



Figure2 No.N510、N520等(RCF替代产品)

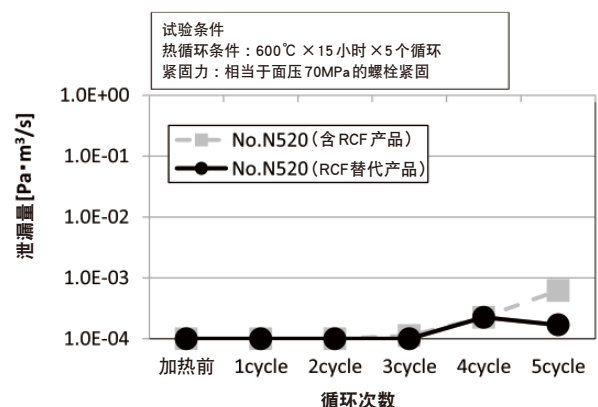


Figure3 No.N520的高温特性比较

## 4. 织布密封垫片

织布密封垫片是布或缎带、纱线等形状的密封垫片，RCF材料在500℃以上使用。其中，对织布密封垫片进行了含浸橡胶等特殊处理的密封垫片主要被用于机器的检修孔、排气风管的法兰等比较能容许泄漏的部位。

本公司为替代RCF，开始供应使用生物体溶解性纤维(BSF)的密封垫片。BSF是生物体内滞留性比RCF低的纤维、不属于特化则的管制对象。RCF替代产品是以BSF为主要原料，对添加了少量有机纤维的织布密封垫片含浸橡胶等，从而提升了密封性的产品。

作为含RCF产品、RCF替代产品的比较数据，Figure4所示为800℃的热循环密封特性结果。由Figure4可知，与含RCF产品相比，RCF替代产品具有同等以上的密封性。

此外，含浸了橡胶的织布密封垫片的各种设计数据未发生改变，可以与含RCF产品一样进行使用，但是作为未含浸橡胶的织布纺织品，使用布或缎带时，需要注意最高使用温度。以往使用RCF的织布密封垫片的最高使用温度为1260℃，而使用BSF的织布密封垫片的最高使用温度为1000℃。这是因为BSF的耐热性不如RCF。能在1000℃以上使用的无机纤维有氧化铝纤维，但非常昂贵，在该领域仍有课题有待解决。

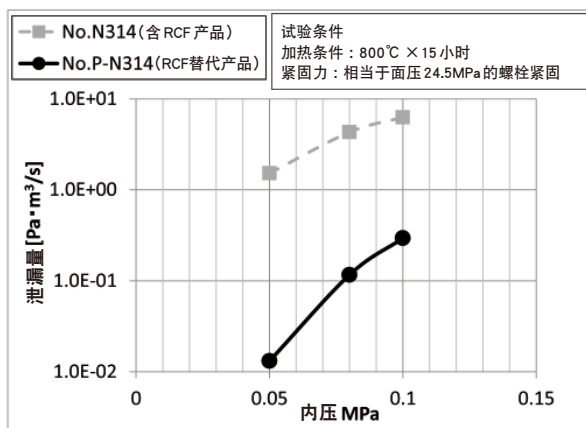


Figure4 No.N314、P-N314的高温特性比较

## 5. 盘根

盘根作为阀门、回转泵以及其他各种机器的轴封用密封件被广泛运用，因其截面形状类似编织绳的形状，作为密封材料的通用性较高，还可作为可容许少量泄漏且要求耐热性的锅炉、汽轮机的排热风管的接头部分、检修孔等的固定部分等的密封材料使用。

上述用途大部分为400℃以上的高温，因此盘根中使用了耐热性较高的RCF。但是，RCF属于特化则的管制对象，因此开始提供使用非管制对象纤维BSF的RCF替代盘根(Figure5、6)。



Figure5 No.N340G-F (RCF替代产品)



Figure6 No.N340M-F (RCF替代产品)

做为No.N340M(含RCF产品)、N340M-F(RCF替代产品)的比较数据，Figure7所示为500℃的热循环密封特性结果。由Figure7可知，与No.N340M(含RCF产品)品相比，No.N340M-F(含RCF产品)具有同等以上的密封性。

另一方面，RCF替代产品所使用的BSF具有生物体溶解性，在高炉气体和排气等几乎不含水分的高温条件下(干热)，可发挥与以往的含RCF产品同等的性能，但在蒸汽和热水等条件下(湿热)的耐性不明，需要注意。

虽然被少量水沾湿时不会立即发生分解，但此时建议在充分干燥后使用。

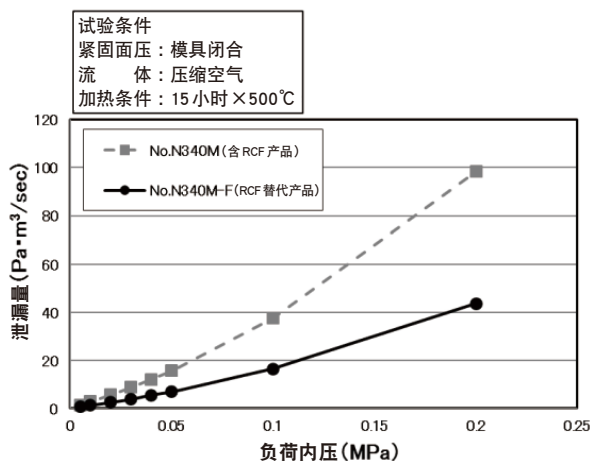


Figure7 高温时的密封特性比较

## 6. 结语

为了能在各种恶劣条件下使用，密封材料由具有耐热性、耐化学品性、高强度等多种多样的特性的材料组合构成。

但是，为减轻环境负荷及对人体的不良影响，国际管制在不断强化，可使用材料可能会进一步受限。

我们密封件制造商今后将不断开发减轻环境负荷、对人体没有不良影响的产品，从而为顾客的安全、安心做出贡献。

## 7. 参考文献

- 1) 陶瓷纤维工业会 陶瓷纤维产品的使用  
2016年1月修订版



滨出 真人  
 研究开发本部  
 第1商品开发部