

中华人民共和国建材行业标准

JC/T 2402—2017

船舶用液相烧结碳化硅陶瓷密封环

Liquid-phase sintered silicon carbide ceramics seal ring for ships

2017-04-12 发布

2017-10-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国建筑材料联合会提出。

本标准由全国工业陶瓷标准化技术委员会功能陶瓷分技术委员会 (SAC/TC 194/SC 3) 归口。

本标准起草单位：中国科学院上海硅酸盐研究所、合肥通用机械研究院、中船重工集团第 704 研究所。

本标准主要起草人：黄政仁、姚秀敏、谭寿洪、陈忠明、刘学建、杨金晶、陈健、李鲲、李学虎。

本标准为首次发布。

船舶用液相烧结碳化硅陶瓷密封环

1 范围

本标准规定了船舶用液相烧结碳化硅陶瓷密封环的产品标记、技术要求、检测方法、检验规则以及标志、包装、运输和贮存等。

本标准适用于大型船舶转动轴密封用液相烧结碳化硅陶瓷密封环，船舶工业中各类机泵密封用液相烧结碳化硅陶瓷密封环也可以参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB 1184—1980 形状和位置公差 未注公差的规定

GB/T 6384—2008 船舶及海洋工程用金属材料在自然环境中的海水腐蚀试验方法

GB/T 6569 精细陶瓷弯曲强度试验方法

GB/T 8489 精细陶瓷压缩强度试验方法

GB/T 10700 精细陶瓷弹性模量试验方法 弯曲法

GB/T 11337 平面度误差检测

GB/T 16534 精细陶瓷室温硬度试验方法

GB/T 16535 精细陶瓷线热膨胀系数试验方法 顶杆法

GB/T 25995 精细陶瓷密度与显气孔率试验方法

GJB 330A 固体材料 60~2 773 K 比热容测试方法

GJB 1201.1 固体材料高温热扩散率试验方法 激光脉冲法

JC/T 2138—2012 精细陶瓷耐酸碱腐蚀性能试验方法

3 产品标记

产品标记由产品名称、产品使用标准、外径和密封面宽度组成。

示例：符合 JC/T 2402，外径 500 mm，密封面宽度 20 mm，液相烧结碳化硅陶瓷密封环，其标记为：

密封环 JC/T 2402-LPSIC-SR-500-20

标记中各要素的含义如下：

LPSIC——液相烧结碳化硅陶瓷；

SR——密封环；

500——密封环外径为 500 mm；

20——密封环密封面宽度为 20 mm。

4 技术要求

4.1 外观质量

不允许有裂纹；工作端面每 10 cm^2 面积不允许存在 2 个以上 $0.1\text{ mm}\sim 0.3\text{ mm}$ 尺寸范围的气孔，不允许存在尺寸大于 0.3 mm 的气孔。

4.2 形位公差与尺寸公差

4.2.1 工作端面平面度

应符合表 1 的规定。

表1 工作端面平面度公差

密封环外径 D mm	平面度公差 μm
≤ 30	≤ 0.3
$> 30\sim 100$	≤ 0.9
$> 100\sim 200$	≤ 1.5
$> 200\sim 300$	≤ 2.1
$> 300\sim 400$	≤ 2.4
$> 400\sim 500$	≤ 3.0
$> 500\sim 600$	≤ 3.6
$> 600\sim 700$	≤ 4.2

4.2.2 表面粗糙度

工作端面表面粗糙度 R_a 值不大于 $0.2\text{ }\mu\text{m}$ ，与辅助密封圈接触的密封端面表面粗糙度 R_a 值不大于 $0.8\text{ }\mu\text{m}$ 。

4.2.3 平行度

工作端面与辅助密封圈接触的密封端面的平行度为 GB 1184—1980 中规定的 7 级公差。

4.2.4 垂直度

与辅助密封圈接触的密封环外圆和内孔的垂直度为 GB 1184—1980 中规定的 7 级公差。

4.2.5 尺寸公差

密封环和辅助密封圈接触的外圆和内孔的尺寸公差带为 GB 1184—1980 中规定的 h7 或 H7。

4.3 物理性能

应符合表 2 的规定。

表2 物理性能

序号	项 目	指 标
1	体积密度/(g/cm ³)	≥3.20
2	维氏硬度 HV5/GPa	≥22
3	弯曲强度/MPa	≥550
4	压缩强度/MPa	≥2 200
5	弹性模量/GPa	≥380
6	断裂韧性/(MPa·m ^{1/2})	≥4.5
7	热导率[(25±0.5)℃]/[W/(m·K)]	≥75
8	线热膨胀系数(室温~1 000℃)/(10 ⁻⁶ /℃)	≤4.8

4.4 耐腐蚀性能

应符合表 3 的规定。

表3 耐腐蚀性能

项目	腐蚀介质	年平均腐蚀速率 mg/(cm ² ·y)
耐酸碱腐蚀性能	98wt% H ₂ SO ₄	<2.0
	25 wt% HCl	<0.2
	70 wt% HNO ₃	<0.2
	50 wt% NaOH	<2.0
	45 wt% KOH	<0.2
耐海水腐蚀性能	天然海域海水	<0.2

5 检测方法

5.1 外观质量

裂纹按照附录 A 规定的荧光渗透法进行检测。气孔尺寸采用带标尺的放大倍数不低于 100 的显微镜进行检测。

5.2 形位公差与尺寸公差

5.2.1 工作端面平面度

按 GB/T 11337 规定的方法进行检测。

5.2.2 表面粗糙度

采用精度为 0.01 μm 的粗糙度测量仪进行检测，并计算其平均值。

5.2.3 平行度

采用精度为 0.01 mm 的仪器(推荐使用三坐标测量仪)进行检测,并计算其平均值。

5.2.4 垂直度

采用精度为 0.01 mm 的仪器(推荐使用三坐标测量仪)进行检测,并计算其平均值。

5.2.5 尺寸公差

采用精度为 0.02 mm 的游标卡尺进行尺寸检测,沿环向间隔 90° 测量外圆或内圆,并计算其平均值。

5.3 物理性能检测

5.3.1 体积密度

按 GB/T 25995 规定的方法进行检测。

5.3.2 维氏硬度

按 GB/T 16534 规定的方法采用 5.0 kg 载荷进行检测。

5.3.3 弯曲强度

按 GB/T 6569 规定的方法(三点弯曲)进行检测。

5.3.4 压缩强度

按 GB/T 8489 规定的方法进行检测。

5.3.5 弹性模量

按 GB/T 10700 规定的方法(弯曲法)进行检测。

5.3.6 断裂韧性

按附录 B 规定的方法进行检测。

5.3.7 热导率

热导率 λ 按公式(1)进行计算:

$$\lambda = \rho \alpha C_p \dots\dots\dots (1)$$

式中:

λ ——热导率,单位为瓦每米每开尔文[W/(m·K)];

ρ ——体积密度,单位为千克每立方米(kg/m³);

α ——热扩散率,单位为平方米每秒(m²/s);

C_p ——比热容,单位为焦每千克每开尔文[J/(kg·K)];

其中:热扩散率 α 按照 GJB 1201.1 规定的方法进行检测;比热容 C_p 按照 GJB 330A 规定的方法进行检测。

5.3.8 线热膨胀系数

按照 GB/T 16535 规定的方法(室温~1 000℃)进行检测。

5.4 耐腐蚀性能

5.4.1 耐酸碱腐蚀

5.4.1.1 试验条件

25℃、静止状态、试验时间不少于半年。

5.4.1.2 试样

长方体试样，至少一个方向表面积不小于 1 cm^2 ，所有面均应加工，表面粗糙度不大于 $0.2\text{ }\mu\text{m}$ ，且边缘倒角；每种腐蚀介质的试验试样数量不少于 5 件。

5.4.1.3 试验方法

按 JC/T 2138—2012 中第 4 章和第 7 章规定的仪器设备和试验方法进行检测。

5.4.1.4 试验结果

试样年平均腐蚀速率按公式(2)计算并取平均值：

$$V = \frac{W_a - W_b}{St} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

V ——年平均腐蚀速率，单位为毫克每平方米每年 $[\text{mg}/(\text{cm}^2 \cdot \text{y})]$ ；

W_a ——试验前试样重量，单位为毫克(mg)；

W_b ——试验后试样重量，单位为毫克(mg)；

S ——试样表面积，单位为平方厘米(cm^2)；

t ——试验时间，单位为年(y)。

5.4.2 耐海水腐蚀

5.4.2.1 试样

长方体试样，厚度不小于 3.00 mm ，宽度不小于 36.00 mm ，长度不小于 45 mm ；试样长度方向，在上下顶部距边界约 5 mm 处各加工一个直径 $4\text{ mm} \sim 5\text{ mm}$ 的圆孔，用于试样固定；所有的面均应加工，表面粗糙度不大于 $0.2\text{ }\mu\text{m}$ ，且边缘倒角；每种试验条件的试样数量不少于 3 件。

5.4.2.2 试验

按 GB/T 6384—2008 中第 3 章、第 4 章和第 7 章 规定的试验条件、试样设备及装置和试验步骤进行检测。

5.4.1.3 试验结果

年平均腐蚀速率按公式(2)计算并取平均值。

6 检验规则

6.1 检验分类

分为出厂检验和型式检验两类。检验项目应符合表 4 的规定。

表4 检验项目

检验项目	要 求	检测方法	出厂检验	型式检验
外观质量	4.1	5.1	√	√
工作端面平面度	4.2.1	5.2.1	√	√
表面粗糙度	4.2.2	5.2.2	√	√
平行度	4.2.3	5.2.3	√	√
垂直度	4.2.4	5.2.4	√	√
尺寸公差	4.2.5	5.2.5	√	√
体积密度	4.3	5.3.1	—	√
维氏硬度 HV5	4.3	5.3.2	—	√
弯曲强度	4.3	5.3.3	—	√
压缩强度	4.3	5.3.4	—	√
弹性模量	4.3	5.3.5	—	√
断裂韧性	4.3	5.3.6	—	√
热导率	4.3	5.3.7	—	√
线热膨胀系数(室温~1 000℃)	4.3	5.3.8	—	√
耐酸碱腐蚀性能	4.4	5.4.1	—	√
耐海水腐蚀性能	4.4	5.4.2	—	√
注：表中“√”表示必检项目；“—”表示不检项目。				

6.2 出厂检验

每件产品均应进行外观质量、形位公差与尺寸公差检验，若有一项不符合要求，则判该产品不合格。

6.3 型式检验

6.3.1 检验时机

有下列情况之一时，应进行型式检验：

- 产品鉴定定型时；
- 正式生产后，如原料、工艺、设备有较大改变可能影响产品性能时
- 停产 12 个月及以上，恢复生产时；
- 批量生产时，每隔 24 个月进行一次。

6.3.2 试样

采用相同原料和工艺制备的随炉烧结试样作为检验试样。试样的尺寸均按相应检测标准进行加工，试样的数量按相应检测标准的要求制备两份，其中一份作为备份。

6.3.3 判定规则

表4中型式检验各检验项目均符合要求时，则判型式检验合格。如有一项不合格，则就该不符合项对备份试样进行复检。复检合格时，判型式检验合格；复检不合格时，则判型式检验不合格。

7 标志、包装、运输和贮存

7.1 标志

应包含以下内容：产品标记、批号和生产企业。

7.2 包装

包装箱内应附产品检验单和出厂检验合格证各一张，合格证上应标明产品标记、批号、出厂日期、数量、检验印章和生产企业名称等。包装箱上应有“易碎物品”等包装储运标志。

7.3 运输

产品装卸时应轻放，运输时应平稳，避免撞击、碰撞；包装箱不得斜放和侧放。

7.4 贮存

应贮存在清洁、干燥的仓库内。

附 录 A
(规范性附录)
碳化硅陶瓷裂纹荧光渗透检测方法

A.1 试验设备

烘箱、暗室、黑光灯。

A.2 试验步骤

A.2.1 试样表面清洗

首先采用蘸取酒精的白色无纺布对试样所有表面擦洗，直至无纺布不再变色为止；然后采用蘸取丙酮的白色无纺布对试样所有表面擦洗，直至无纺布不再变色为止。最后将试样放置在烘箱中于 $(80 \pm 20)^\circ\text{C}$ 烘 2 h。

A.2.2 荧光剂渗透

室内温度控制在 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，在试样待检测区表面均匀涂敷一层连续的水洗型荧光渗透剂，并保持至少 15 min，使荧光剂在试样表面充分渗透。

A.2.3 荧光剂清洗

依次采用去除剂和自来水充分擦洗试样表面的荧光渗透剂。

A.2.4 荧光渗透检测

将试样放置于暗室中，采用黑光灯照射的方式仔细检查试样的表面质量。

A.3 检测结论

如果试样表面无荧光线条，则表明试样表面无裂纹；如果试样表面存在荧光线条，则表明试样表面有裂纹。

附 录 B
(规范性附录)
碳化硅陶瓷断裂韧性试验方法

B.1 试验设备

采用 GB/T 16534 规定的维氏硬度仪进行测试。

B.2 试样

试样为具有圆形或长方形截面的规则柱状体，截面面积不小于 10 mm^2 ，试样厚度不小于 3 mm ，试样表面光滑、平整，上下面的平行度不低于 0.01 mm ，试样应抛光以确保精确测量压痕对角线长度。

B.3 试验步骤

B.3.1 预制微裂纹

首先采用乙醇或丙酮擦去试样表面的油污，然后采用压头在试样表面预制微裂纹，压头加压载荷 5 kg (49 N)，保持时间为 15 s 。

B.3.2 试验次数

试验次数不少于 5 次，各个压痕的中心距离原则上为裂纹长度的 5 倍以上。

B.3.3 压痕和裂纹长度的测量

采用试验机附属的显微镜测量压痕对角线长度和裂纹长度，原则上应在压力卸载后 10 min 内进行测量，测量处没有脱落，裂纹须满足以下条件：

- a) 裂纹从压痕的四角扩展到压痕对角线延长线上；
- b) 直行的 2 个方向的裂纹长度之差为平均裂纹长度的 10% 以下；
- c) 裂纹长度是压痕对角线的 2.5 倍以上。

B.4 计算

断裂韧性按公式 (B.1) 计算：

$$K_{IC} = 0.026 \frac{E^{\frac{1}{2}} P^{\frac{1}{2}} a}{C^{\frac{3}{2}}} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

K_{IC} ——断裂韧性，单位为帕·米的二分之一次方 ($\text{Pa} \cdot \text{m}^{1/2}$)；

E ——弹性模量，单位为帕 (Pa)；

P ——压入负荷，单位为牛顿 (N)；

a ——压痕对角线平均长度的二分之一，单位为米(m)；

C ——裂纹平均长度的二分之一，单位为米(m)。
