

ICS 71. 120. 10; 21. 140

G 91

备案号: 34476—2012

HG

中华人民共和国化工行业标准

HG/T 4169—2011

非接触金属蜂窝密封

Non-contact metal honeycomb seal

2011-12-20 发布

2012-07-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

前 言

本标准由中国石油和化学工业联合会提出。

本标准由全国化工机械与设备标准化技术委员会归口。

本标准负责起草单位：北京中智渝桐节能设备有限公司。

本标准参加起草单位：海军装备部沈阳局。

本标准主要起草人：王春江、欧阳小龙、吴春芳、李岩、徐金荣、谷春雷。

非接触金属蜂窝密封

1 范围

本标准规定了非接触金属蜂窝密封的术语和定义、要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输、贮存。

本标准适用于离心式压缩机、鼓风机、汽轮机和燃气轮机等轴径 50 mm 至 1 000 mm 的透平机械用非接触金属蜂窝密封。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

- GB/T 191 包装储运图示标志(mod GB/T 191—2008,ISO 780 : 1997)
- GB/T 699 优质碳素结构钢
- GB/T 3077 合金结构钢
- GB/T 3280 不锈钢冷轧钢板和钢带
- GB/T 8117 (所有部分) 汽轮机热力性能验收试验规程
- GB/T 10859 镍基钎料
- GB/T 14100 燃气轮机 验收试验
- GB/T 20878 不锈钢和耐热钢 牌号及化学成分
- GJB 3318A 航空用高温合金冷轧带材规范
- JB/T 3165 离心和轴流式鼓风机和压缩机热力性能试验

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

芯格 cell

通过连接波带节点形成蜂窝带中的单个封闭的开环,见图 1。

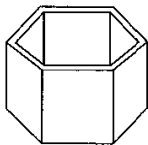


图 1

3.2

芯格宽度 cell width

芯格内侧平行的两侧面间的距离,见图 2。

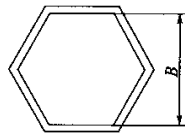


图 2

3.3

芯格高度 cell depth

芯格中两开面之间的垂直距离,见图 3。

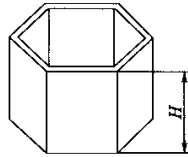


图 3

3.4

波带 ribbon

形成一系列相邻芯格壁的单条金属带。

3.5

蜂窝带 honeycomb band

由一组相同规格的波带拼接成一系列开面相邻的芯格,这组波带叫做蜂窝带。

3.6

蜂窝结构 honeycomb structure

蜂窝带与支撑面永久连接成的组件。

3.7

蜂窝高 honeycomb depth

蜂窝结构最终加工后其芯格开面到支撑面的垂直距离。

3.8

钎着率 brazing rate

钎焊后蜂窝带与其支撑面间永久连接的面积与蜂窝带钎焊面面积的比例。

3.9

节点 node

与相邻一条波带接触的波带表面。

3.10

连续芯格 consecutive cells

由相邻波带经节点连接后形成的连续的完整芯格,见图 4 中 1 至 6 芯格。

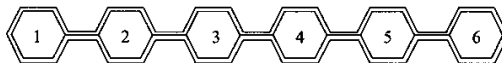


图 4

3.11

相邻芯格 adjacent cells

具有共用边的芯格,见图 5。

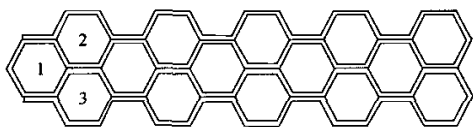


图 5

3.12

开口芯格 open cell

经加工制造后形成的没有完全封闭的芯格,见图 6 中芯格 1、芯格 2。

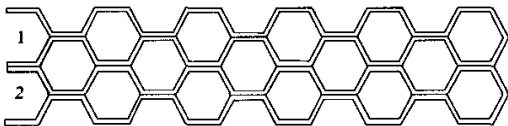


图 6

4 要求

4.1 规格参数和性能指标

4.1.1 规格参数

非接触金属蜂窝密封芯格规格参数见表 1。

表 1 芯格规格

单位为毫米

芯格壁厚	0.05			0.08				0.10					
芯格宽度	1.6	2.4	3.2	1.6	2.4	3.2	4.2	1.6	2.4	3.2	4.2	6.4	
芯格高度	3.2	4.2	5.5	3.2	4.2	5.5	6.7	8.0	3.2	4.2	5.5	6.7	8.0 10.4
注:其他规格可根据用户需要制造。													

4.1.2 性能指标

非接触金属蜂窝密封的性能指标见表 2。

表 2 非接触金属蜂窝密封的性能指标

名 称	指标值
最高工作温度/℃	750
最高工作压力/MPa	16
最高转速(线速度)/(m/s)	450
钎缝剪切强度/MPa	200
钎缝抗拉强度/MPa	650
注:本表所列钎缝剪切强度和抗拉强度值是常温试验结果。	

4.2 材料

4.2.1 蜂窝带所使用的镍基高温合金 GH 3030、GH 3536 其化学成分、力学性能和带材厚度偏差应符合 GJB 3318A 标准要求;所使用的不锈钢冷轧钢带 06Cr19Ni10、12Cr18Ni9 其化学成分、力学性能和带材厚度偏差应符合 GB/T 3280 标准要求。

4.2.2 钎料 BNi82CrSiBFe、BNi92SiB、BNi71CrSi 其化学成分和物理性能应符合 GB/T 10859 标准

要求。

4.2.3 金属蜂窝密封环座所使用的碳钢 20、35、45 及合金钢 15CrMo 和不锈钢 06Cr13、12Cr13、20Cr13、06Cr19Ni10、12Cr18Ni9 其化学成分和力学性能应分别符合 GB/T 699、GB/T 3077、GB/T 20878 标准要求。

4.2.4 除使用上述原材料外,也可以使用其他已经证明同样适用的原材料。

4.3 制造

4.3.1 环座

4.3.1.1 环座的蜂窝支撑面表面粗糙度 $R_a \leq 3.2 \mu\text{m}$ 。

4.3.1.2 环座的蜂窝支撑面内孔与基准圆柱面的同轴度偏差应符合表 3 规定。

表 3 同轴度偏差

单位为毫米

内孔直径	≤ 250	$> 250 \sim 500$	$> 500 \sim 1\,000$
偏差	$\phi 0.03$	$\phi 0.04$	$\phi 0.06$

4.3.1.3 环座与设备的连接尺寸应符合设备安装要求。

4.3.2 蜂窝节点焊接

4.3.2.1 每批蜂窝带在节点焊接前应先进行扭转试验,扭转试验后焊点开裂不得超过 10 个。

4.3.2.2 蜂窝带未焊牢节点数和未焊节点数之和不得超过总节点数的 5 %。

4.3.2.3 蜂窝带连续未连接节点数最大为 2 个。

4.3.2.4 蜂窝带最外侧连续波带上的所有节点不应开焊。

4.3.2.5 蜂窝带节点上焊点不允许有超过直径 0.40 mm 的穿孔。

4.3.3 蜂窝带

4.3.3.1 蜂窝带表面应平整、无脏物及油污,芯格中不允许有异物存在。

4.3.3.2 蜂窝带平均芯格宽度,其偏差不得超过基本尺寸 $\pm 8\%$ 。

4.3.3.3 蜂窝带宽度偏差不大于芯格宽度的 1/2。

4.3.3.4 蜂窝带芯格损坏包括芯格的弯曲、扭曲、破损或部分芯格从波带上脱落;芯格损坏应符合以下规定:

- a) 当芯格损坏不超过芯格高度的 25 % 时,其芯格损坏数不得超过蜂窝带芯格总数的 1 %;
- b) 当芯格损坏超过芯格高度的 25 % 时,其芯格损坏数不得超过蜂窝带宽度所包含芯格数的 1/3,同时还应满足表 4 规定,二者取其小值。

表 4 芯格最大允许损坏数

芯格宽度/mm	连续芯格数/个	相邻芯格数/个
6.4	1	2
4.2		
3.2	2	4
2.4		
1.6	3	6

4.3.3.5 蜂窝带拼接应与波带方向成自然斜角,拼接接头之间距离应大于 50 mm。

4.3.3.6 钎焊后,蜂窝高应为芯格高度,其公差为 $\pm 0.07_{-0.02}^{+0.07}$ 。对于蜂窝圈切割成两块或两块以上然后拼成整圆再次加工基准外圆和蜂窝内孔的,其同一环座上最大蜂窝高与最小蜂窝高之差应符合表 5 规定。

表 5 蜂窝高度之差

单位为毫米

内孔直径	≤250	>250~500	>500~1 000
最大蜂窝高与最小蜂窝高之差	≤0.40	≤0.55	≤0.85

- 4.3.4 蜂窝带与环座的钎焊
- 4.3.4.1 波带方向是轴向时,钎着率应不小于 95 %,波带方向是周向时钎着率应不小于 80 %。
- 4.3.4.2 未钎着区域不允许有开口芯格、拼焊接头和两个以上完整的未连接相邻芯格。
- 4.3.4.3 未钎着区域的延伸长度不允许超过蜂窝带宽度的 1/3。
- 4.3.4.4 最大允许有 7 个未钎着区域,两个未钎着区域之间的距离应大于 50 mm。
- 4.3.4.5 单个未钎着区域面积不允许超过 200 mm²。
- 4.3.4.6 蜂窝带两侧面钎缝连续性应大于 98 %,每处不连续长度不大于 5 mm,两处不连续间隔应大于 50 mm。
- 4.3.4.7 钎料在芯格中填高不大于芯格高度的 25 %,但芯格壁覆盖钎料是允许的。
- 4.3.4.8 同一钎焊面,当蜂窝带宽大于 20 mm 时,允许装配两条及两条以上的蜂窝带,但蜂窝带之间的间隙不得大于 1 mm。
- 4.3.4.9 钎焊时,蜂窝带支撑面与蜂窝带之间的钎焊间隙不得大于 0.05 mm。
- 4.3.4.10 允许对不合格钎焊处进行补焊,每件补焊次数不超过两次。

5 试验方法

5.1 性能

5.1.1 用于离心式压缩机、鼓风机的金属蜂窝密封的工作温度、工作压力、转速的试验方法应根据 JB/T 3165 的规定进行;用于汽轮机的金属蜂窝密封的工作温度、工作压力、转速的试验方法应根据 GB/T 8117 的规定进行;用于燃气轮机的金属蜂窝密封的工作温度、工作压力、转速的试验方法应根据 GB/T 14100 的规定进行。

5.1.2 钎缝剪切强度的试样应符合以下规定:

- a) 钎缝剪切强度的蜂窝带试样尺寸宽度应大于或等于 40 mm,高度应为芯格高度,长度大于或等于蜂窝高的 12 倍,但不小于 80 mm。与试样波带方向垂直的两外侧不允许有开口芯格。
- b) 将蜂窝带试样两开面按规定工艺钎焊在两块金属试板之间。金属试板宽度比蜂窝带试样宽 6 mm,金属试板厚度根据蜂窝带强度而改变,一般建议为 18 mm,金属试板长度比蜂窝带试样长 80 mm。金属试板钎焊表面粗糙度 $R_a \leq 3.2 \mu\text{m}$ 。
- c) 蜂窝带试样 3 条外边界距金属试板边缘均为 3 mm。钎焊后的两金属试板远端与试验设备拉伸夹具联接,加载中线与试样中线误差小于 0.3 mm,具体连接方式根据设备情况确定。
- d) 试样数量为每批 5 个,1 个试样包含两块金属试板和一条蜂窝带试样钎焊的组合件。

5.1.3 钎缝抗拉强度的试样应符合以下规定:

- a) 钎缝抗拉强度的蜂窝带试样尺寸为边长大于或等于 40 mm 的正方形,高度应为芯格高度,与试样波带方向垂直的两外侧不允许有开口芯格。
- b) 将蜂窝带试样两开面按规定工艺钎焊在两块金属试板之间,两金属试板为边长比蜂窝带试样宽 6 mm 的正方形,金属试板的厚度根据蜂窝带强度而改变,一般建议为 18 mm。金属试板钎焊表面粗糙度 $R_a \leq 3.2 \mu\text{m}$ 。两金属试板与试验设备的联接根据设备情况确定,可在金属试板非钎焊面采用对称双立面柱或中心单立面柱等方法与试验设备联接。金属试板的加载中线与蜂窝带试样中心线的误差小于 0.3 mm。
- c) 蜂窝带试样外边界与金属试板外边界距离各为 3 mm。
- d) 试样数量同 5.1.2 d)。

中 华 人 民 共 和 国
化 工 行 业 标 准
非接触金属蜂窝密封

HG/T 4169—2011

出版发行:化学工业出版社

(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

化学工业出版社印刷厂

880mm×1230mm 1/16 印张 $\frac{3}{4}$ 字数16千字

2012年3月北京第1版第1次印刷

书号:155025·1240

购书咨询:010-64518888

售后服务:010-64518899

网址:<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定价:12.00元

版权所有 违者必究