ICS77.120.99

H14



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—xxxx

|  |
| --- |
|  |

烧结钕铁硼永磁体 恒定湿热试验

Sintered neodymium iron boron permanent magnets — Steady state damp heat tests

（送审稿）

|  |
| --- |
|  |
|  |

XXXX - XX - XX发布

XXXX - XX - XX实施

国家市场监督管理总局

**中国国家标准化管理委员会** 发布

目 录

[前 言 I](#_Toc118124248)

[1 范围 1](#_Toc118124249)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc118124250)

[3 术语和定义 1](#_Toc118124251)

[4 概述 2](#_Toc118124252)

[5 试验设备 2](#_Toc118124253)

[6 加湿用水 3](#_Toc118124254)

[7 试验条件 4](#_Toc118124255)

[8 样品 5](#_Toc118124256)

[9 试验步骤 5](#_Toc118124257)

[9.1 样品框及样品的摆放方式 5](#_Toc118124258)

[9.2 试验前检测 5](#_Toc118124259)

[9.3 试验过程要求 6](#_Toc118124260)

[9.4 试验后检测 6](#_Toc118124261)

[10 样品外观描述规范用语 7](#_Toc118124262)

[11 试验报告 8](#_Toc118124263)

[附录A （资料性） 普通恒定湿热试验中避免样品上产生凝露的控制方法 9](#_Toc118124264)

参考文献 12

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由全国稀土标准化技术委员会（SAC/TC 229）提出并归口。

本文件起草单位：宁波科宁达工业有限公司、北京中科三环高技术股份有限公司、宁波招宝磁业有限公司、杭州美磁科技有限公司、宁波永久磁业有限公司、天津三环乐喜新材料有限公司、中国科学院宁波材料技术与工程研究所、安徽大地熊新材料股份有限公司、福建省长汀金龙稀土有限公司、宁波韵升股份有限公司、杭州科德磁业有限公司、国合通用测试评价认证股份公司、有研稀土（荣成）有限公司、赣州富尔特电子股份有限公司、宁波松科磁材有限公司、包头天和磁材科技股份有限公司、杭州象限科技有限公司、北京工业大学。

本文件主要起草人：金国顺、曹朔豪、姜兵、陈治安、丁立军、薛慧力、左季敏、宋冠禹、申立汉、程俊峰、贾生礼、李建忠、刘伍利、宋振纶、黄秀莲、王金凤、李玲玲、赵秀红、闫文龙、张保国、戚植奇、吴聪祥、武志敏、赵毅、刘卫强、姚丽红、姜建军、林笑。

烧结钕铁硼永磁体 恒定湿热试验

1 范围

本文件规定了烧结钕铁硼永磁体的恒定湿热试验方法。依据试验时试验箱内蒸汽压高低，烧结钕铁硼永磁体恒定湿热试验分为高压蒸汽恒定湿热试验和普通恒定湿热试验，其中高压蒸汽恒定湿热试验又分为饱和高压蒸汽恒定湿热试验（以下简称 PCT 试验）和非饱和高压蒸汽恒定湿热试验（以下简称 HAST 试验）。

本文件适用于评价有覆盖层的烧结钕铁硼永磁体的耐湿热能力；覆盖层包括金属防护层、涂层、转化膜层和复合防护层。也可用于评价烧结钕铁硼永磁体恒定湿热试验后开路状态下的磁通不可逆损失。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。 其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB/T 13560 烧结钕铁硼永磁材料

GB/T 34491 烧结钕铁硼表面镀层

GB/T 38437 用抽拉或旋转方式测量铁磁材料样品磁偶极矩的方法

GB/T 40793 烧结钕铁硼表面涂层

QB/T 3814 轻工产品金属镀层和化学处理层的外观质量测试方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

普通恒定湿热试验 conventional steady state damp heat test

在湿热箱内进行的非饱和蒸汽恒定湿热试验。温湿度通常控制范围：30 ℃～95 ℃，50 %RH～95 %RH。

3.2

HAST试验 highly accelerated stress test

在压力容器内进行的非饱和高压蒸汽恒定湿热试验。温湿度通常控制范围：105 ℃～135 ℃，75 %RH～98 %RH。

3.3

PCT试验 pressure cooker test

在压力容器内进行的饱和高压蒸汽恒定湿热试验。温度通常控制范围：105 ℃～135 ℃，湿度为饱和控制模式。

3.4

转化膜 conversion film

烧结钕铁硼永磁体表面经化学或电化学处理所形成的化合物薄膜；转化膜包括磷化膜、锆化膜和各类氧化膜（如钝化膜）。

4 概述

恒定湿热试验用于确定烧结钕铁硼永磁体对高湿度环境的适应能力，主要考察试验后样品外观或磁性能变化情况。在普通恒定湿热试验和HAST试验中，样品表面均不允许出现凝露，主要是水汽吸附、扩散和吸收等物理现象导致样品发生变化；PCT试验较HAST试验更严酷，样品表面必须出现凝露。必须强调指出的是，进行湿热加速试验时，样品在严酷试验条件下的失效机理与正常使用条件下的失效机理并不完全相同。

5 试验设备

5.1 普通恒定湿热试验箱

普通恒定湿热试验箱应满足下列要求：

a） 能产生本文件表1规定的普通恒定湿热试验条件，并保持其在试验期间不间断；

b） 试验期间，能提供受控的温湿度条件，并能根据规定的条件升温和降温。为确保放置样品的试验区湿度偏差在±5 %RH范围内，试验区温度均匀度应小于 1.5 ℃，温度波动度应在 ±1 ℃范围内；

c） 试验箱内壁凝结水不允许滴落在试验样品上；

d） 试验箱内凝结水可持续排出，且可持续补充加湿水；

e） 试验箱内湿度传感器上的湿球纱布在试验时应始终处于充分湿润状态；

f） 试验箱壁结构材料不应引起试验样品的明显腐蚀或降低加湿水的质量。

5.2 高压蒸汽恒定湿热试验箱

5.2.1 HAST 试验箱

HAST 试验箱应满足下列要求：

a） 能产生本文件表1规定的 HAST 试验条件，并维持给定的水蒸汽压，且保持其在试验期间不间断；

b） 试验箱在恒温恒湿状态下，为确保放置样品的试验区湿度偏差在 ±5 %RH 范围内，试验区温度均匀度应小于1.5 ℃，温度波动度应在 ±1 ℃范围内；

c） 在升温阶段，试验箱试验区的环境温度应始终比加湿水的温度高；

d） 试验箱内壁凝结水不允许滴落在试验样品上；

e） 试验箱内湿度传感器上的湿球纱布在试验时应始终处于充分湿润状态；

f） 试验箱壁结构材料不应引起试验样品的明显腐蚀或降低加湿水的质量。

5.2.2 PCT 试验箱

PCT 试验箱应满足下列要求：

a） 能产生本文件表1规定的 PCT 试验条件，并维持给定的水蒸汽压，且保持其在试验期间不间断；

b） 在升温及恒温阶段，试验箱试验区的环境温度应始终与加湿水的温度保持一致；

c） 试验箱内壁凝结水不允许滴落在试验样品上；

d） 试验箱壁结构材料不应引起试验样品的明显腐蚀或降低加湿水的质量。

6 加湿用水

应采用蒸馏水或去离子水。在环境温度23 ℃± 5 ℃时，该水的pH 值应在 6.0 ～ 7.2 之间，普通恒定湿热试验和HAST试验的加湿用水电阻率应不小于0.5 MΩ • cm ， PCT试验的加湿用水电阻率应不小于1 MΩ • cm。

注：试验期间及试验后从试验箱排出的水不得循环使用。

7 试验条件

按表1规定的试验条件进行烧结钕铁硼永磁体恒定湿热试验。表1中典型试验持续时间适用于有一定覆盖层厚度的圆片或方片钕铁硼永磁体。对于异形或覆盖层较薄的永磁体，试验持续时间允许与表 1 中的规定有一定偏离。

表 1 烧结钕铁硼永磁体恒定湿热试验条件

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 试验类型 | | 温度a  (℃) | 相对 湿度b  (%RH) | 绝对  蒸汽压(MPa) | 典型试验持续时间c  (h) | 适用覆盖层 |
| 普通恒定  湿热试验 | | 60 | 90 | / | 4 | 磷化膜、锆化膜和各类氧化膜 |
| 85 | 85 | / | 4 | 磷化膜、锆化膜和各类氧化膜 |
| 85 | 85 | / | 48 | Zn类 (防护层厚度≥10μm) |
| 85 | 85 | / | 168 | Al类、Sn类及最外表层为Al类或Sn类的复合层(防护层厚度≥10μm)，CuNi类及最外表层为CuNi类的复合层 (防护层厚度≥15μm)，环氧类及最外表层为环氧类的复合层 (防护层厚度≥20μm) |
| 高压蒸汽恒定湿热试验 | HAST  试验 | 130 | 95 | 0.26 | 48 | 环氧类及最外表层为环氧类的复合层 (防护层厚度≥20μm) |
| PCT  试验 | 120 | 饱和模式 | 0.20 | 48 | Al类、Sn类及最外表层为Al类或Sn类的复合层  (防护层厚度≥10μm) |
| 120 | 饱和模式 | 0.20 | 96 | CuNi类及最外表层为CuNi类的复合层 (防护层厚度≥15μm)  环氧类及最外表层为环氧类的复合层 (防护层厚度≥20μm) |
| a 试验装置中心试验区的温度允许偏差：± 2 ℃；  b 试验装置中心试验区的湿度允许偏差：± 5 %RH；  c 试验期间不允许中断，试验时间不包括升降温时间，试验时间只允许上偏差：0 h～+ 1 h。 | | | | | | |

8 样品

8.1 样品基材应符合 GB/T 13560的规定，样品表面镀层应符合 GB/T 34491的规定，样品表面涂层应符合 GB/T 40793的规定。

8.2 同一批次试验样品数量以 3 片～ 5 片为宜。

8.3 样品表面应洁净。必要时，非转化膜层样品可清洗干燥后再进行试验。

8.4 若试验后只观察样品外观变化，宜用未充磁的样品进行试验。

9 试验步骤

9.1 样品框及样品的摆放方式

9.1.1 在试验条件下样品框不应产生肉眼可见的腐蚀，也不应引起试验样品明显腐蚀。宜使用高硼高硅耐高温玻璃或 304 不锈钢等耐腐蚀材质的容器或支架放置样品。

9.1.2 样品摆放方式不应明显阻碍蒸汽流动。未充磁样品，其间距不小于 10 mm。已充磁样品，其间距应确保样品不会因磁相互作用而移动。样品框多层放置时，应避免上层样品的腐蚀产物对下层样品造成污染。不同批次样品若存在因相互干扰导致试验结果变化的可能，则不允许在一个试验箱同时进行试验。

9.1.3 样品与试验箱内壁间距不小于 50 mm。

9.1.4 若样品已充磁且不便退磁，普通恒定湿热试验前后只观察外观变化的，宜将样品框放在一块镀镍纯铁板上，然后再将样品放在样品框内；也可将样品直接吸附在镀镍纯铁板上进行普通恒定湿热试验。

9.1.5 若只是测量试验后开路状态下的磁通不可逆损失，宜将样品放置于高硼高硅耐高温玻璃培养皿内进行试验。

9.2 试验前检测

9.2.1 试验前参照QB/T 3814或有关规定对样品进行试验前外观质量检查。在光线明亮条件下用肉眼观察每个样品的所有表面，宜拍照记录样品表面状态。样品表面应光滑平整，色泽均匀，覆盖层连续；不应有砂眼、起泡、裂纹等基体或覆盖层缺陷，允许有表面处理工艺不可避免的少量挂具痕迹。磷化、锆化和氧化等转化膜层样品表面应无黄色锈迹，也不应有深色条纹或小黑点等可疑痕迹，可用不低于 30倍的放大镜观察确认。

9.2.2 若要测试试验后磁通不可逆损失，试验前还需测量磁通，测量方法应按 GB/T 38437的规定进行。

9.2.3 试验前所有操作过程中，样品不得与皮肤直接接触，宜使用手套或镊子拿取样品，避免污染样品。

9.3 试验过程要求

9.3.1 试验前应用满足本文件第 6 章规定条件的蒸馏水或去离子水清洗试验箱内部。

9.3.2 样品应在室温下保持0.5 h，再放入初始温度为室温的试验箱。为确保试验前后样品能一一对应，宜绘制样品摆放位置图。

9.3.3 普通恒定湿热试验和HAST试验中，样品上不应形成凝露；PCT试验中，样品上应有凝露形成；

9.3.4 HAST试验时，若样品质量＞100 g，可先用高温箱将样品和样品框一起加热至试验温度，然后再放入HAST试验箱内，这样可降低样品上形成凝露的风险。

9.3.5 普通恒定湿热试验时，为避免样品上形成凝露，可按下述方式控制升温及加湿。在30℃35%RH条件下进行初始温湿度稳态处理15 min后，选择合适升温速率（0.5 ℃/min～1 ℃/min）将温度升到试验规定值，然后恒温10 min～30 min，样品达到热平衡后，再将湿度升到试验规定值。（详见附录A）

注：样品质量越大，升温速率应越低，恒温时间应越长。质量100g样品，升温速率可选择1 ℃/min，恒温时间可选择15  min。

9.3.6 待试验箱内温湿度达到规定值并稳定后，开始计算试验持续时间。在试验持续时间内，温湿度应维持在本文件表 1 规定的容差范围内。

9.3.7 试验期间，不允许打开试验箱或将试验样品移出试验箱进行检测。

9.3.8 在规定的试验持续时间结束后，样品应在试验箱内通过自然冷却或程序控制的方式降温，降温时间不应超过 1 h。高压蒸汽恒定湿热试验时，不应通过放水、放气的方法快速降温。

9.3.9 试验结束后，普通恒定湿热试验应在试验箱内温度降至 50 ℃以下后打开试验箱门。高压蒸汽恒定湿热试验应在试验箱内压强降至一个标准大气压后打开试验箱门。

9.3.10 整个试验过程中，包括降温阶段，样品温湿度值上限不得超过试验条件上限值。

9.3.11 从试验箱内取出样品在实验室标准大气条件下恢复，恢复时间为 1 h ～ 2 h。

9.4 试验后检测

9.4.1 试验恢复后，应在光线明亮条件下用肉眼观察样品外观，宜拍照记录样品表面状态。外观观察以样品上表面及上边沿观察结果为主，以样品与样品框不接触的侧面观察结果为辅，无需观察样品与样品框接触面。

9.4.2 试验后，同一批样品中以腐蚀最严重的一片样品的腐蚀状态作为同批样品最终试验结果。试验结果可用“试验时间/腐蚀状态分类标识”表示。腐蚀状态分类方法见本文件第10章规定。

示例：如 3 片磷化样品在 60 ℃/90% RH条件下试验 4 h后， 1 片可见基体有轻微锈蚀，另 2 片未见基体有锈蚀，试验结果可以记为“4 h/C”。

9.4.3 若要测试试验后磁通不可逆损失，样品测量磁通前应在磁通测量室放置不少于 2 h。试验前后磁通测量环境温度差应小于 1.0 ℃，否则应对磁通测量值按该材料剩磁温度系数在室温下的参考值进行修正。恒定湿热试验后的磁通不可逆损失百分比以 *δ (T)*表示，按以下公式（1）计算，结果按 GB/T 8170规定进行数值修约，通常保留至小数点后一位即可。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | ………………（1） |

式中：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *δ* (*T*) | —— | 恒定湿热试验后的磁通不可逆损失百分比； |
| Φ (*T*) | —— | 永磁体恒定湿热试验（恒温温度为 T）后恢复到常温T0温度下的磁通值，单位为韦伯（Wb）； |
| Φ (*T0*) | —— | 永磁体恒定湿热试验前在常温T0温度下的磁通值，单位为韦伯（Wb）。 |

注：磁偶极矩j = 亥姆霍兹线圈常数k × 磁通φ，常用磁偶极矩值代替磁通值来计算磁通不可逆损失百分比。

10 样品外观描述规范用语

表 2 样品外观描述规范用语

| 覆盖层类别 | 腐蚀状态分类标识 | 外观描述规范用语 | 样品表面观察到的现象 |
| --- | --- | --- | --- |
| 磷化膜、锆化膜和各类氧化膜 | A | 未见基体有锈蚀 | 样品颜色无变化或有轻微变化但不发黄，无深色小黑点或深色条纹等可疑现象。 |
| B | 基体锈蚀不明显 | 用肉眼观察，样品表面可见深色小黑点或深色条纹等可疑现象时，再用不低于30倍放大镜观察，可疑处不存在明显黄褐色锈迹，但可见磷化膜腐蚀破坏，如深灰色或灰白色腐蚀斑痕。 |
| C | 可见基体有轻微锈蚀 | 用肉眼观察，样品表面未见黄褐色锈迹，但可见深色小黑点或深色条纹等可疑现象时，再用不低于30倍放大镜观察，可疑处存在明显黄褐色锈迹（不是均匀彩色斑点）。 |
| D | 可见基体有明显锈蚀 | 用肉眼或不低于30倍放大镜观察可见黄褐色锈迹。(与上一档的区别在于：如用肉眼观察存在疑似黄褐色锈迹时用放大镜确认存在锈迹) |
| CuNi类、  环氧类、  Al类、Sn类及最外表层为这四类之一的复合层 | A | 未见表面防护层有实质变化 | 样品表面无变化或可见色泽变化。 |
| B | 可见表面防护层有破损 | 样品表面可见防护层鼓泡、开裂，未见基体锈蚀痕迹。 |
| C | 可见基体有锈蚀 | 样品表面可见基体腐蚀产生的黄褐色锈迹或钕铁硼粉末。 |
| Zn层 | A | 未见Zn层有实质变化 | 样品表面无变化。 |
| B | 可见Zn层有腐蚀 | 样品表面可见白色腐蚀物或深灰色腐蚀斑，未见基体锈蚀痕迹。 |
| C | 可见基体有锈蚀 | 样品表面可见基体腐蚀产生的黄褐色锈迹或钕铁硼粉末。 |

11 试验报告

试验报告原则上应包括但不限于下列内容：

a）样品来源、样品种类、样品尺寸及标识；

b）试验设备型号、样品框材质种类；

c）试验条件及持续时间；

d）试验前后样品外观描述（必要时提供照片）及试验结果；

e）测试试验后磁通不可逆损失时，应标明样品磁化方向，并提供试验前后磁通值(或磁偶极矩值)及磁通不可逆损失百分比值；

f）必要时还应包括试验过程的相关说明（如升降温方式、样品放置方式、样品外观观察方式、试验前后进行磁通测量时的温度及试验过程其它异常情况的说明等）。

附录A

（资料性）

普通恒定湿热试验中避免样品上产生凝露的控制方法

A.1 恒定湿热相关标准中对样品上是否产生凝露的不同要求

A.1.1　 　普通恒定湿热试验和HAST试验相关国际标准中，要求试验期间任何时间段内都不允许样品上有凝露出现，而且也不允许试验箱内壁上的凝结水滴落到样品上。

A.1.2　 　PCT试验相关国际标准中，要求试验中样品上一定要有凝露，确保试验严酷等级。

A.2 普通恒定湿热试验标准对升降温控制方式的有关规定

对升降温方式未进行具体规定，仅规定要求 3 h内达到试验条件，且要求整个试验过程（包括升降温）中试验箱内温湿度均不得超过试验条件温湿度上限值。

A.3 恒定湿热试验中样品表面出现凝露现象的原因分析

A.3.1 试验箱中环境温度升高时，样品与周围空气通过热交换而升温，样品内部温度低于表面温度，样品表面温度低于周围空气温度。恒温恒湿状态下，试验箱内每个区域温度一定，该区域空气遇冷导致温度下降，降温以后该温度对应的饱和水蒸汽含量值低于降温前空气中的水蒸汽含量，多余的水蒸汽便不能以气态继续存在而变成液态。在试验箱温湿度均匀上升的过程中，空气中水蒸汽处于未饱和状态；随着温度的升高，样品表面温度与周围空气的温差不断增加，空气中湿度上升到一定程度，可能导致试验箱内水汽含量高于样品表面温度对应的空气中饱和水蒸汽的含量，此时样品上会产生凝露。

A.3.2 样品质量越大，热交换会越慢，导致样品与周围空气温差越大，越易产生凝露；升温越快，也会导致样品与周围空气温差越大；另外湿度越高，空气中水蒸汽含量越高，自然越易产生凝露。

A.4 试验数据

用两种规格的样品通过不同的叠加组合出八种不同质量的试验样品进行普通恒定湿热试验和HAST试验，通过调整普通恒定湿热试验中升温速率和降低到达试验温度前的湿度，观察不同质量样品在不同升温控制方式下是否会产生凝露。凝露确认方式为通过普通恒定湿热试验箱观察窗观察到达试验条件过程中样品上何时产生凝露，以及HAST试验后样品表面是否有水渍残留痕迹。试验结果见表 A.1。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表A.1 八种不同质量的烧结钕铁硼永磁体在恒定湿热试验中不同升温加湿方式下出现凝露的情况统计 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 试验类型  （试验  条件） | 凝露与温湿度关系说明 | 湿度控制方式 | 升温速率（℃/min） | 不同质量的试验样品有无产生凝露的情况 | | | | | | | | | | | | | | |
| 960 g | 480 g | | 234 g | | 171 g | | 128 g | | | 106 g | | 75 g | | 53 g |
| 普通恒定  湿热试验  (85 ℃/  85% RH) | 升温越快，越易产生凝露。  (无初始温湿度稳态过程) | 升温时非斜率控制加湿，从60 %RH 升到85 %RH。 | 0.5 | 有 | 有 | | 有 | | 有 | | 无 | | | 无 | | 无 | | 无 |
| 0.8 | 有 | 有 | | 有 | | 有 | | 有 | | | 有 | | 无 | | 无 |
| 1.0 | 有 | 有 | | 有 | | 有 | | 有 | | | 有 | | 有 | | 有 |
| 升温过程中，相对湿度越大，越易产生凝露。  (无初始温湿度稳态过程) | 升温时斜率控制加湿，从60% RH 升到85% RH。  (0.5 %RH / min)。 | 1.0 | 有 | 有 | | 有 | | 有 | | 有 | | | 无 | | 无 | | 无 |
| 升到85 ℃后非斜率控制加湿，从60% RH 升到85% RH。 | 1.0 | 有 | 有 | | 有 | | 有 | | 无 | | | 无 | | 无 | | 无 |
| 注：234 g和171 g样品在升温时无凝露，加湿后出现凝露。 | | | | | | | | | | | | | | |
| 升到85 ℃后非斜率控制加湿，湿度从“OFF”升到85% RH。 | 1.0 | 有 | | 有 | | 无 | | 无 | | 无 | 无 | | 无 | | 无 | |
| 注：升温时湿球纱布有被烘干的风险，不推荐此方式。 | | | | | | | | | | | | | | |
| 在较低相对湿度条件下先将温度升到试验温度，然后恒温一段时间，可避免样品上产生凝露。 | 升到85 ℃后保温  10 min后再加湿，从60 % RH升到85% RH。 | 1.0 | 有 | | 有 | | 无 | | 无 | | 无 | 无 | | 无 | | 无 | |
| 升到85 ℃后保温15 min后再加湿，从  45% RH升到85% RH。 | 1.0 | 有 | | 无 | | 无 | | 无 | | 无 | 无 | | 无 | | 无 | |
| 升到85 ℃后保温30 min后再加湿，从  35% RH升到85% RH。 | 1.0 | 无 | | 无 | | 无 | | 无 | | 无 | 无 | | 无 | | 无 | |
| HAST试验 (130 ℃/95 %RH) | | 24 min升到130 ℃并恒温3 min后，加湿器才开始加热，湿度14 min内从39 %RH升至95 %RH。 | 自动控制 | 有 | | 有 | | 有 | | 有 | | 无 | 无 | | 无 | | 无 | |
| 凝露与样品质量关系说明 | | 质量越大，越易产生凝露。（尺寸为48 mm×24 mm×12 mm的NdFeB磁体质量约104 g，通常绝大部分钕铁硼试验样品质量小于100 g） | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 试验中其它现象说明 | | 初始温湿度稳态时间过短时，升温阶段试验箱内湿度均匀性较差，导致同规格样品仅相距5cm，一片可见凝露，一片未见凝露。 | | | | | | | | | | | | | | | | |

表 A.1 数据表明：质量小于100 g的样品，HAST试验过程中产生凝露风险很小；但普通恒定湿热试验中，若不对升温加湿过程进行控制，仍存在凝露风险。

按本文第9.3.5条规定进行85 ℃/85% RH试验时，观察到升温阶段的温湿度变化规律如下图所示：

A.5 结论

普通恒定湿热试验时，试验箱及样品应先在较低温湿度条件下进行稳态处理一定时间，确保正式升温前试验箱内试验区湿度足够低；然后再将样品温度升至试验规定值，并适当保温一定时间，确保样品内外与试验环境达到热平衡；再将湿度升到试验规定值。这种升温及加湿控制方式，可最大程度降低试验中样品上产生凝露的风险。85 ℃/85% RH试验时，质量400 g样品可参考表A.2中升温加湿方式进行过程控制。

表A.2 85℃/85%RH试验时升温加湿过程控制方式

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 过程名称 | 温湿度初始化阶段 | 升温阶段 | 恒温阶段 | 加湿阶段 |
| 参数设定 | 非暴露控制  30 ℃/35% RH 15 min | 按1 ℃/min速率升至85 ℃ / 35% RH 55 min | 85 ℃/35% RH 25min | 非斜率控制加湿至  85 ℃ / 85% RH 15 min |

参 考 文 献

[1] GB/T 2423.40 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cx：未饱和高压蒸汽恒定湿热

[2] GB/T 2423.50 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cy：恒定湿热 主要用于元件的加速试验

[3] GB/T 4937.4 半导体器件 机械和气候试验方法 第4部分：强加速稳态湿热试验（HAST）

[4] GB/T 11376 金属及其他无机覆盖层 金属的磷化膜

[5] GB/T 32065.6 海洋仪器环境试验方法 第6部分：恒定湿热试验

[6] JEDEC JESD22-A102E Accelerated Moisture Resistance. Unbiased Autoclave

[7] JEDEC JESD22-A110E Highly Accelerated Temperature And Humidity Stress test (HAST)