本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

**中 国 国 家 标 准 化 管 理 委 员 会 发布**

201×-××-××实施

201×-××-××发布

烧结钕铁硼 表面涂层

Nonmetallic coatings for sintered neodymium iron boron permanent magnets

（审定稿）

GB/T XXXX-201X

中华人民共和国国家标准

ICS 77.120.99

H 65

1. 前  言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由全国稀土标准化技术委员会（SAC/TC 229）提出并归口。

本标准主要起草单位：宁波韵升股份有限公司、中国科学院宁波材料技术与工程研究所、北京中科三环高技术股份有限公司、钢铁研究总院、有研稀土新材料股份有限公司、福建省长汀金龙稀土有限公司、包头稀土研究院、安徽大地熊新材料股份有限公司、宁波金坦磁业有限公司、赣州富尔特电子股份有限公司、北京金风科创风电设备有限公司、中国北方稀土（集团）高科技股份有限公司。

本标准主要起草人：宋振纶、胡依群、姜建军、沈国迪、张民、杨丽景、金国顺、姜兵、张久磊、朱明刚、付建龙、陈静武、黄秀莲、林建强、戚植奇、闫文龙、宋佺。

烧结钕铁硼 表面涂层

1. 范围

本标准规定了烧结钕铁硼永磁材料涂层代号、基体的要求和涂装前准备、性能要求、试验方法及检验规则。

本标准适用于烧结钕铁硼永磁材料表面的防护与装饰性涂层，包括磷化或锆化等转化膜以及电泳、喷涂、化学气相沉积等涂层。

1. 规范性引用文件

下列文件对于本标准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标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 2423.22 环境试验 第2部分：试验方法 试验N：温度变化

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

GB/T 3138 金属及其他无机覆盖层 表面处理 [术语](http://std.samr.gov.cn/gb/search/gbDetailed?id=71F772D80AF3D3A7E05397BE0A0AB82A)

GB/T 6739 色漆和清漆 铅笔法测定漆膜硬度

GB/T 6807 钢铁工件涂装前磷化处理技术条件

GB/T 8264 涂装技术术语

GB/T 9286 色漆和清漆 漆膜的划格试验

GB/T 10125 人造气氛中的腐蚀实验-盐雾实验

GB/T 13452.2 色漆和清漆 漆膜厚度的测定

GB/T 34491 烧结钕铁硼表面镀层

GB/T ?? 新能源汽车驱动电机用稀土永磁材料表面涂镀层结合力的测定

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

1. 术语和定义

GB/T 3138、GB/T 8264和GB/T 34491界定的术语和定义适用于本标准。

1. 涂层代号
   1. 转化膜涂层代号

磷化转化膜用PH表示，锆化转化膜用ZR表示。

* 1. 非转化膜涂层代号
     1. 涂层代号包括4个部分，按先后顺序依次为：涂层符号、涂层颜色与类别、涂层厚度和涂装工艺。示意如下：

T. Xxx-YY NN. ZZ

涂层符号

涂层颜色与类别

涂层厚度

涂装工艺

* + 1. 涂层符号用字母“T”表示，无歧义时可缺省；当喷涂锌铝或硅铝或硅钛涂层时，不可缺省。
    2. 涂层颜色与类别用字母表示，该部分中涂层颜色可缺省。
    3. 用数字表示涂层厚度的典型值，数字取整数，单位为微米（μm），该部分可缺省。
    4. 涂装工艺用字母表示，详见表1。

1. 涂装工艺及表示代号示例

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 字母 | 涂装工艺 | 缺省状态 |
| ED | 电泳 | 可缺省 |
| SP | 喷涂 | 可缺省，当涂层类别为环氧层时，该项不可缺省 |
| CVD | 化学气相沉积 | 可缺省 |

* + 1. 第一部分(涂层符号)与第二部分(涂层颜色与类别)之间、第三部分(涂层厚度)与第四部分(涂装工艺)之间均以“.”连接，第二部分(涂层颜色与类别)与第三部分(涂层厚度)之间以空格连接。
  1. 如是多层复合涂镀层，则涂（镀）层间采用“+”连接。
  2. 涂层代号见表2。

1. 涂层代号

|  |  |
| --- | --- |
| 涂层或复合涂(镀)层 | 代号 |
| 烧结钕铁硼工件上涂装磷化转化膜 | PH |
| 烧结钕铁硼工件上涂装锆化转化膜 | ZR |
| 烧结钕铁硼工件上电泳灰环氧涂层 | T.Gry-EP.ED |
| 烧结钕铁硼工件上喷涂25μm的黑环氧涂层 | T.Blk-EP 25.SP |
| 烧结钕铁硼工件上喷涂15μm的锌铝涂层 | T.ZnAl 15.SP |
| 烧结钕铁硼工件上喷涂硅铝涂层 | T.SiAl.SP |
| 烧结钕铁硼工件上喷涂硅钛涂层 | T.SiTi.SP |
| 烧结钕铁硼工件上喷涂20μm的Everlube涂层 | T.EVL 20.SP |
| 在烧结钕铁硼工件上先电镀3μm的底镍层，2μm的铜层，5μm的镍层，然后化学气相沉积3μm的派瑞林（Parylene，聚对二甲苯）涂层 | Ni3Cu2Ni5+T.PRL 3.CVD |
| 在烧结钕铁硼工件上先喷涂25μm的黑环氧涂层，然后化学气相沉积派瑞林（Parylene，聚对二甲苯）涂层 | T.Blk-EP 25.SP+T.PRL.CVD |

1. 基体的要求和涂装前准备
   1. 基体的组织应细小、均匀、致密，表面不得有肉眼可见的裂纹或针孔。
   2. 表面处理工件的尺寸偏差、形位偏差、表面状况等应验收合格。
   3. 工件残留磁性的大小会影响涂层质量，供需双方在涂装前应事先约定。
   4. 涂装前宜进行倒角，倒角后曲率半径通常大于0.1mm。倒角后不应出现过度的缺角、划伤或磨蚀。
   5. 工件涂装前应进行除油、清洗等处理。
   6. 磷化或锆化、电泳、喷涂、化学气相沉积等技术工艺指南分别参见附录A、附录B、附录C、附录D。
2. 性能要求
   1. 外观
      1. 磷化、锆化产品表面外观

6.1.1.1磷化、锆化产品表面外观色泽无特别要求，膜层应结晶致密、连续。

6.1.1.2磷化、锆化后的工件具有下列情况或其中之一时，视为允许缺陷：

a）轻微的水迹、擦白及挂灰现象；

b）由于产品退磁以及表面加工状态的不同而造成颜色和结晶不均匀。

6.1.1.3 磷化、锆化后的工件具有下列情况或其中之一时，视为不允许缺陷：

a）有沉淀杂物附于表面；

b）有锈蚀或缺膜区。

* + 1. 非转化膜涂层表面应色泽均匀，光滑平整，不允许有毛刺。不允许有龟裂、明显的桔皮、起泡、集结的颗粒、漏涂等缺陷。
    2. 采用挂具时，允许非主要表面上有肉眼可见、无法避免的挂具接触痕迹2处~4处，但此接触痕迹不应暴露出基体和不影响产品整体防护性能。
  1. 涂层厚度

在典型使用环境条件下，各种涂层典型厚度范围见表3。涂层厚度影响耐蚀性，随着使用环境的严酷性增加，涂层厚度一般也要相应增加。

1. 常见涂层典型厚度范围

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 涂层 | 代号 | 典型厚度范围(μm) |
| 磷化 | PH | —注 |
| 锆化 | ZR | — |
| 电泳环氧涂层 | EP | 10~35 |
| 喷涂环氧涂层 | EP.SP | 10~50 |
| 喷涂锌铝涂层 | T. ZnAl | 5~30 |
| 喷涂硅铝涂层 | T.SiAl | 5~40 |
| 喷涂硅钛涂层 | T.SiTi | 5~30 |
| 喷涂Everlube涂层 | EVL | 10~50 |
| 化学气相沉积Parylene涂层 | PRL | 2~8 |
| 注：“—”是指对指标不作要求（下同）。 | | |

* 1. 耐蚀性

烧结钕铁硼永磁材料的耐蚀性不仅与基体的耐蚀性有关，而且与表面涂层种类、涂层厚度及涂装工艺有关。表4为各种涂层在三种常规环境试验条件下开始出现腐蚀的典型试验时间。在典型试验时间范围内，涂层不允许出现肉眼可见的起泡、起皮、锈蚀、粉化等缺陷，允许涂层有轻微变色、发黄变暗。

采用复合涂层可大幅提高防护效果（较高防护要求的涂层耐蚀性可参见附录E）。

* 1. 结合力

在采用划格法或高低温冲击试验法测试结合力试验过程中，不出现任何形式的分离；在采用拉伸试验法试验涂层结合力时，该结合力数值应大于供需双方商定的数值。

1. 涂层开始出现腐蚀的时间

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 涂层或复合涂(镀)层 | 代号 | 开始出现腐蚀的时间(h) 注 | | | |
| 中性盐雾试验 | 湿热试验 | 高压加速老化试验（不饱和模式） | 盐水浸泡试验 |
| 磷化 | PH | — | — | — | 2 |
| 锆化 | ZR | — | — | — | 2 |
| 电泳环氧涂层 | EP | 96 | 168 | 24 | — |
| 喷涂环氧涂层 | EP.SP | 48 | 168 | 24 | — |
| 电镀镍铜镍+电泳环氧复合涂层 | NiCuNi+ EP | 480 | — | — | — |
| 喷涂锌铝涂层 | T.ZnAl | 240 | — | 168 | — |
| 喷涂硅铝涂层 | T.SiAl | 480 | — | 192 | — |
| 喷涂硅钛涂层 | T.SiTi | 480 | — | 192 | — |
| 喷涂Everlube涂层 | EVL | 96 | — | 72 | — |
| 化学气相沉积Parylene涂层 | PRL | 168 | — | — | — |
| 注：中性盐雾试验、湿热试验、高压加速老化试验等的指标是指对一般规格（如Φ10mm×4mm、10mm×10mm×4mm等规格）的圆片、方块磁体进行涂覆后的结果。当磁体的规格等有变化时（如单重大于20g或者单重小于2g或者瓦型等其他形状或异形磁钢等等），试验指标也将相应的调整。 | | | | | |

* 1. 涂层硬度

电泳、喷涂等涂层，其铅笔硬度应大于或等于2H。

1. 试验方法
   1. 外观

涂层外观检查按QB/T 3814的规定执行。

* 1. 涂层厚度

涂层厚度的测定按GB/T 13452.2方法4A或方法4B执行。如有争议，可采用GB/T 13452.2方法6A进行。

* 1. 耐蚀性试验
     1. 中性盐雾试验

按GB/T 10125中的规定执行。采用连续喷雾试验方式，测试条件为：35℃±2℃、50 g/L±5 g/L氯化钠溶液、收集的盐雾沉降溶液的pH在6.5~7.2之间，试样放置角度对试验结果有影响，被试表面与垂直方向成20°±5°。

* + 1. 湿热试验

按GB/T 2423.50规定的测试方法执行。测试条件为：温度85℃±2℃、相对湿度85%±5%。

* + 1. 高压加速老化试验

将试样放入盛有电阻率大于1.0MΩ·cm的蒸馏水或去离子水的高压加速老化试验设备内。不饱和模式试验条件为：温度120℃±2℃、气压0.2MPa、相对湿度控制在1000 -5%；对更为严苛的饱和模式试验条件为：温度120℃±2℃、气压0.2MPa、相对湿度为100%。

* + 1. 盐水浸泡试验

按GB/T 6807规定的测试方法执行。将试样（已降至室温）浸入3%的氯化钠水溶液中，在15℃~25℃下，保持规定的时间，取出试样，洗净、吹干，目视检查试样表面是否出现锈蚀。

* 1. 结合力试验
     1. 拉伸试验法

按GB/T ??（新能源汽车驱动电机用稀土永磁材料表面涂镀层结合力的测定）中拉开法部分规定执行，试样通常不经高低温交变前处理，直接粘胶后测试结合力。

* + 1. 划格法

按GB/T 9286规定执行，用30°锐角刀在涂层表面刻痕成1mm×1mm多个排列的小方块，用专用胶带粘上，经剥离后，观察涂层与基体有无脱离。

* + 1. 高低温冲击试验法

按GB/T 2423.22规定的温度变化试验Na执行。

* 1. 涂层硬度

按GB/T 6739规定执行。

1. 检验规则
   1. 检查与验收
      1. 涂层性能由供方质量检验部门进行检验，符合本标准规定。
      2. 需方应对收到的产品按本标准的规定进行检验。如检验结果与本标准规定不符时，应在收到产品之日起1个月内提出，由供需双方协商解决。如需仲裁，则在需方共同取样，并委托双方认可的检验机构进行检测。
   2. 组批

每批涂层产品应由同一生产工艺，同一规格组成。

* 1. 检验项目

每批涂层产品应进行外观和涂层厚度检验，耐蚀性、涂层硬度和结合力为型式检验项目。

* 1. 取样

按供需双方商定的抽样方案抽样。如需方未提出具体的抽样方案，取样应符合表5规定。

表5 选取样品规则

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 检验项目 | | 要求的章条号 | 试验方法的章条号 | 取样规定 | 允许的最大不合格样品数（个） |
| 外观 | | 6.1 | 7.1 | 逐件取样 | — |
| 涂层厚度 | | 6.2 | 7.2 | 每一批次产品任取2件以上 | 0 |
| 耐蚀性 | 中性盐雾试验 | 6.3 | 7.3.1 | 每一批次产品任取2件以上 | 0 |
| 湿热试验 | 7.3.2 | 每一批次产品任取2件以上 | 0 |
| 高压加速老化试验 | 7.3.3 | 每一批次产品任取2件以上 | 0 |
| 盐水浸泡试验 | 7.3.4 | 每一批次产品任取2件以上 | 0 |
| 结合力 | 拉伸试验法 | 6.4 | 7.4.1 | 每一批次产品任取2件以上 | 0 |
| 划格法 | 7.4.2 | 每一批次产品任取2件以上 | 0 |
| 高低温冲击试验法 | 7.4.3 | 每一批次产品任取2件以上 | 0 |
| 涂层硬度 | | 6.5 | 7.5 | 每一批次产品任取2件以上 | 0 |

* 1. 检验结果判定
     1. 任一涂层产品的外观质量检验结果不合格时，则判该件产品为不合格，但允许逐件检验，合格者交货。
     2. 涂层产品的厚度、硬度、耐蚀性、结合力任一检验结果不合格时，则从该批产品中取双倍试样对不合格项目进行重复检验，若仍有不合格项，则该批产品为不合格。

1. （资料性附录）  
   转化膜工艺指南

A.1 涂层特点

磷化、锆化等转化膜主要用作喷涂、电泳的底层，以增强涂层与基体的结合力和耐蚀性，也用作工序间的防锈。

A.2工艺流程

转化膜工艺流程见图A.1。

超声波清洗

除油

去氧化层

转化膜

倒角

图A.1转化膜工艺流程图

A.3工艺过程

A.3.1倒角

小零件倒角可以采用离心光饰机，较大零件可以采用砂轮机磨过棱边后再用螺旋式振动或离心式漩涡光饰机倒角。倒角应在中性或偏弱碱性的介质中进行，切忌使用含酸性或有腐蚀性的介质倒角。

A.3.2除油

宜在中性或弱碱性的除油剂中进行。

A.3.3 去氧化层

使用稀硝酸溶液或弱有机酸短时间酸洗，但不应在强卤素酸中酸洗，切忌在高浓度的强酸中酸洗。也可使用喷砂工艺替代酸洗工艺，使用高能沙粒(<0.2mm)轰击磁体表面，去除锈层。

A.3.4 超声波清洗

超声波清洗用于保证清洗效果和防止污染下道工序。

A.3.5转化膜

为防止表面被污染或返锈，干燥后应尽快地涂装或包装存放。

1. （资料性附录）  
   电泳工艺指南

B.1 涂层特点

电泳涂层耐中性盐雾试验能力较强。适用于对耐蚀性有较高要求的客户使用。

B.2 工艺流程

烧结钕铁硼永磁材料电泳前，须经过倒角、除油、去氧化层、超声波清洗等清洁表面的工艺处理，以便后续电泳可得到结合良好、孔隙率低、耐蚀性持久的涂层。电泳工艺流程见图B.1。

超声波清洗

除油

去氧化层

电泳

倒角

图B.1电泳工艺流程图

B.3 工艺过程

B.3.1倒角

小零件倒角可以采用离心光饰机，较大零件可以采用砂轮机磨过棱边后再用螺旋式振动或离心式漩涡光饰机倒角。倒角应在中性或偏弱碱性的介质中进行，切忌使用含酸性或有腐蚀性的介质倒角。

B.3.2除油

宜在中性或弱碱性的除油剂中进行。

B.3.3 去氧化层

使用稀硝酸溶液或弱有机酸短时间酸洗，但不应在强卤素酸中酸洗，切忌在高浓度的强酸中酸洗。也可使用喷砂工艺替代酸洗工艺，使用高能沙粒(<0.2mm)轰击磁体表面，去除锈层。

B.3.4 超声波清洗

超声波清洗用于保证清洗效果和防止污染下道工序。

B.3.5电泳

宜采用阴极电泳工艺，然后进行固化处理。

1. （资料性附录）  
   喷涂工艺指南

C.1涂层特点

喷涂涂层具有好的耐蚀性及耐磨性能，但成本相对较高。

C.2工艺流程

喷涂工艺流程图见图C.1。

超声波清洗

除油

去氧化层

喷涂

图C.1喷涂工艺流程图

C.3 工艺过程

C.3.1除油

宜在中性或弱碱性的除油剂中进行。

C.3.2去氧化层

使用稀硝酸溶液或弱有机酸短时间酸洗，但不应在强卤素酸中酸洗，切忌在高浓度的强酸中酸洗。也可使用喷砂工艺替代酸洗工艺，使用高能沙粒(<0.2mm)轰击磁体表面，去除锈层。

C.3.3超声波清洗

超声波清洗用于保证清洗效果和防止污染下道工序。

C.3.4喷涂

通常采用喷枪进行涂装，然后进行固化处理。

1. （资料性附录）  
   化学气相沉积派瑞林工艺指南

D.1涂层特点

化学气相沉积派瑞林涂层耐蚀性、耐溶剂性能优异，针对有内孔的工件覆盖能力强。

D.2工艺流程

化学气相沉积工艺如图D.1：

超声波清洗

除油

去氧化层

沉积

图D.1化学气相沉积工艺流程图

D.3 工艺过程

D.3.1除油

宜在中性或弱碱性的除油剂中进行，为避免氧化或渗氢，最好不进行阳极或阴极处理。

D.3.2去氧化层

使用稀硝酸溶液或弱有机酸短时间酸洗，但不应在强卤素酸中酸洗，切忌在高浓度的强酸中酸洗。也可使用喷砂工艺替代酸洗工艺，使用高能沙粒(<0.2mm)轰击磁体表面，去除锈层。

D.3.2超声波清洗

超声波清洗用于保证清洗效果和防止污染下道工序。

D.3.3沉积

沉积过程中控制工件三维翻转，保证涂层均匀性。

附录E  
（资料性附录）  
对耐蚀性有较高要求的涂层开始出现腐蚀的时间

E.1 随着钕铁硼表面防护技术的进步，各种涂层的耐蚀性有了大幅度的提升，另外采用复合涂层，涂层的耐蚀性还能够进一步提升。针对耐蚀性有较高要求的涂层，开始出现腐蚀的时间参见表E.1。

表E.1　较高使用要求的涂层开始出现腐蚀的时间

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 涂层或复合涂(镀)层 | 代号 | 开始出现腐蚀的时间(h) | | | |
| 中性盐雾试验 | 湿热试验 | 高压加速老化试验（不饱和模式） | 盐水浸泡试验 |
| 磷化 | PH | — | — | — | 24 |
| 锆化 | ZR | — | — | — | 24 |
| 电泳环氧涂层 | EP | 480 | 500 | 96 | — |
| 镍铜镍复合电泳环氧涂层 | NiCuNi+ EP | 2000 | — | — | — |
| 喷涂环氧涂层 | EP.SP | 480 | 500 | 96 | — |
| 喷涂锌铝涂层 | T.ZnAl | 2000 | — | 500 | — |
| 喷涂硅铝涂层 | T.SiAl | 1000 | — | 480 | — |
| 喷涂硅钛涂层 | T.SiTi | 1000 | — | 480 | — |
| 喷涂Everlube涂层 | EVL | 1000 | — | 120 | — |
| 化学气相沉积Parylene涂层 | PRL | 1000 | — | — | — |