，

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

××××-××-××实施

××××-××-××发布

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

Determination for coating adhesion of rare earth permanent magnetic materials for drive moter of new energy vehicle

**（20190527讨论稿）**

GB/T XXXXX—201×

中华人民共和国国家标准

ICS 77.120.99

H 65

1. 前 言
2. 本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草的。
3. 本标准由全国稀土标准化技术委员会（SAC/TC 229）提出并归口。
4. 本标准起草单位：中国科学院宁波材料技术与工程研究所、、XXX、XXX、XXX。

本标准主要起草人：宋振纶、姜建军、杨丽景、胡方勤、丁雪峰、XXX、XXX、XXX。

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

1. 范围

本标准规定了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方法。

本标准适用于新能源汽车驱动电机用稀土永磁材料表面的单层或多层涂镀层结合力的测定，涂镀层包括采用磷化或锆化等技术的化学转化膜以及电镀、电泳、喷涂、物理气相沉积、化学镀等技术的涂镀层（以下简称涂镀层产品）。共包含四种方法，方法1拉开法，方法2剪切法，方法3划格法，方法4热震法，均为破坏性试验。其中拉开法和剪切法适用于拥有平整表面的涂镀层产品，划格法和热震法适用于任何尺寸的涂镀层产品。四种结合力测定方法优先推荐方法1拉开法。

1. 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/T 12609 电沉积金属覆盖层和有关精饰 计数检验抽样程序

GB/T 16825.1 静力单轴试验机的检验 第1部分：拉力和(或)压力试验机 测力系统的检验与校准

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 3138 金属及其他无机覆盖层 表面处理 术语

GB/T 5270 金属基体上的金属覆盖层 电沉积和化学沉积层 附着强度试验方法评述

GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB/T 9286 色漆和清漆 漆膜的划格试验

1. 术语和定义

GB/T 3138界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

基体 substrate

本标准中涉及到的基体，指涂镀层覆盖下的稀土永磁材料。

结合力 adhesion

使涂镀层的不同膜层分离所需的力，或使涂镀层从相应表面的某一区域和基体分离所需的力。

表面处理 surface treatment

改进表面性能的处理。

1. 方法1:拉开法
   1. 方法原理

将试柱用胶黏剂固定在涂镀层上，利用试验机在涂镀层的法线方向上连续地施加载荷，当该载荷大于涂镀层的结合力时，涂镀层即从基体上剥落。用破坏涂镀层/基体界面间附着所施加的最大力或最大力与受力面积的比值来表示涂镀层的结合力。

* 1. 试验设备与试验装置
     1. 高低温冲击试验箱

用于涂镀层产品的高低温交变处理。可使用两个独立的温度试验箱或一个快速温度变化的试验箱。试验箱应能使高低温转换在3 min内完成。可采用人工或自动转换方法。

* + 1. 试验机

试验机的的测力系统应按照GB/T 16825.1进行校准，其精确度应为1级或优于1级。试验机横梁应能保持空载速度在0.5 mm/min以内恒速运行，加卸力应平稳、无振动、无冲击。

* + 1. 试验装置

适宜的拉开法试验装置如图1所示。装置A适用于上下表面平行的涂镀层产品，采用该装置对同轴度无要求。对厚度小于5 mm的涂镀层产品，为避免拉伸过程中因涂镀层产品强度不够而导致断裂，建议在涂镀层产品的另一面粘接一块厚度为3~5 mm的钢片，使下夹具的力作用在钢板上；对于厚度大于5 mm的涂镀层产品，可不粘接钢片。装置B适用于被测面为平面及瓦形的涂镀层产品，采用该装置应确保上下试柱同轴。

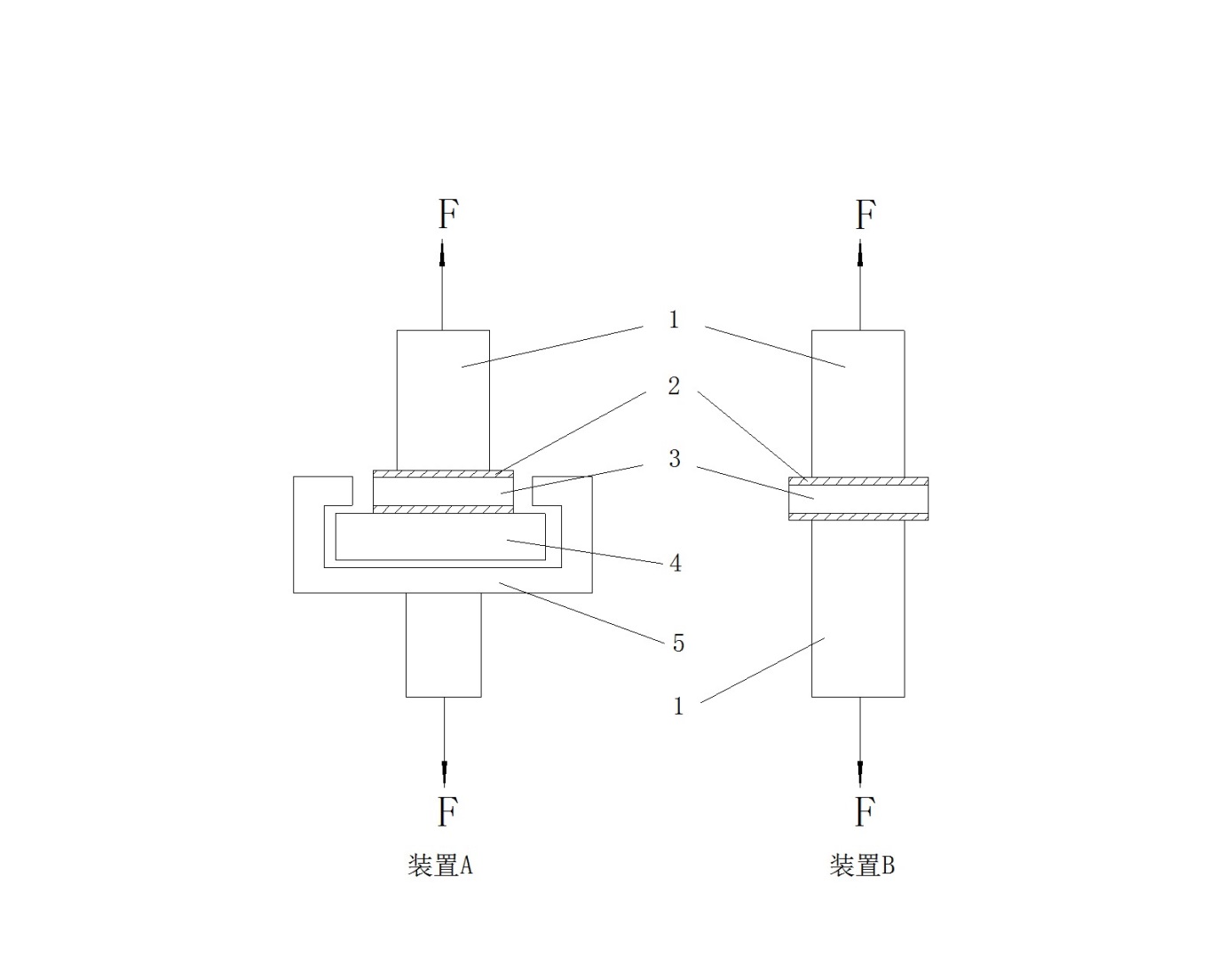


图1 适宜的拉开法试验装置示例

1——涂有胶黏剂的试柱；

2——涂镀层；

3——基体；

4——涂有胶黏剂的钢片；

5——下夹具。

* + 1. 试柱

试柱由不锈钢圆柱组成。试柱一端连接拉力试验机，试柱另一端是利用胶黏剂与涂镀层粘接的平整表面，该平面应与试柱的轴线相垂直（90±0.5°），且边缘保持直角不得倒角，表面需进行磨光处理（建议*Ra*值0.4~12.5 μm，可根据胶黏剂性能作适当调整）。粘接面积越大，测得的结合力越接近涂镀层的真实结合力。建议试柱粘接面的直径为10~20 mm，试柱的长度不低于其直径。（如涂镀层产品为瓦形等非平面规格，应根据涂镀层产品的尺寸将试柱粘接面切割成瓦形，确保试柱的粘接面能与涂镀层粘接面贴合紧密。该条件测得的数值包含了剪切分量，需注明磁体外形的几何信息）。

* + 1. 胶黏剂

用于粘接涂镀层和试柱。选用合适的胶黏剂，固化温度一般不应高于120 ℃。例如可采用丙烯酸酯类或环氧树脂类的胶黏剂。为确保涂镀层能与基体剥离，选用的胶黏剂的粘接强度应大于被测涂镀层与基体的结合力。胶黏剂的应用和固化应按其制造厂商的技术要求进行。

* 1. 取样

按GB/T 12609规定的抽样方案抽样，每一批次产品任取3件以上。

* 1. 试样

涂镀层产品测试面应平整，不应有弯曲、挠曲、歪斜等变形。因稀土永磁材料的特殊性，试样不得由标准样板或不同规格的涂镀层产品代替。

* 1. 试验温度

试验应在10 ℃~35 ℃下进行。

* 1. 试验步骤
     1. 试样前处理

参照GB/T 2423.22规定的温度变化试验Na对涂镀层产品进行高低温交变处理。将涂镀层产品暴露于（﹣40±10）℃低温下，保持30 min后将涂镀层产品转换到（120±10）℃高温下，继续保持30 min，转换时间不宜超过3 min。经多次循环后肉眼观察涂镀层有无鼓泡、剥离。除非相关规范另有规定，优先采用的试验循环数为5。

* + 1. 试验制备

用酒精棉将涂镀层产品表面、试柱及钢片的油污擦拭干净。将胶黏剂均匀地涂覆在表面洁净的涂镀层产品表面、试柱及钢片上，在胶黏剂的固化期内把涂有胶黏剂的涂镀层面近中心处与试柱及钢片相连，并及时清理粘接过程中压出来的溢胶。要求能在涂镀层产品和试柱及钢片之间能产生牢固、连续的胶结面。胶黏剂完全固化后，如试柱周围残留胶黏剂，应用刀片去除。

* + 1. 测试

将试验装置固定在拉力试验机的上下夹具中，使施加的拉力能均匀地作用于试验面上而没有任何扭转、滑移。在涂镀层产品测试面法线方向上施加拉力，试验机的横梁移动速度应控制在0.1 mm/min~0.5 mm/min范围内某个恒定值，直至涂镀层产品与试柱之间分离。记录涂镀层产品与试柱分离的最大拉力。

* 1. 试验结果
     1. 稀土永磁材料涂镀层的结合力*σ*用下式（1）来计算，以MPa计：

............................（1）

式中：

*σ* ——稀土永磁材料涂镀层的结合力，单位为兆帕（MPa）；

*F* ——拉伸破坏的最大力值，单位为牛顿（N）；

*A* ——涂镀层与试柱的粘接面积，单位为平方毫米（mm2）。

注：如涂镀层产品为瓦形等非平面规格，用最大力值*F*来表示结合力。

* + 1. 结合力计算结果按GB/T 8170进行修约，精确到个位，试验结果以结合力的算术平均值、最高值、最低值来表示。
    2. 试样破坏性质按表1所示标记和破坏类型来确定。对每种破坏类型，估计破坏面积的百分数，精确至10%。

1. 破坏性质

|  |  |
| --- | --- |
| 标记 | 破坏类型 |
| A | 附着破坏：涂层与基体或涂镀层界面间的破坏 |
| B | 粘胶失败：胶黏剂与被测涂镀层完全脱开 |
| C | 基体内聚破坏：粘接强度大于基体自身强度 |

* 1. 精密度

重复性和允许差要求不适用于本标准。稀土永磁材料为粉末冶金材料，材料耐蚀性能较差且内部容易存在缺陷，后续表面处理过程会进一步放大缺陷，导致同一批样品测试结果离散度很大；另外，力学性能测试为破坏性试验，无法做重复性试验。

1. 方法2: 剪切法
   1. 方法原理

将试柱用胶黏剂固定在涂镀层上，利用试验机在平行于涂镀层的方向上连续地施加载荷，当该载荷大于其结合力时，涂镀层即从基体上剥落。用破坏涂镀层/基体界面间的最大力或破坏界面间的最大力与受力面积的比值来表示涂镀层的结合力。

* 1. 试验设备与试验装置
     1. 高低温冲击试验箱

高低温冲击试验箱的要求同4.2.1。

* + 1. 试验机

试验机的要求同4.2.2。

* + 1. 试验装置

适宜的试验装置如图2所示。

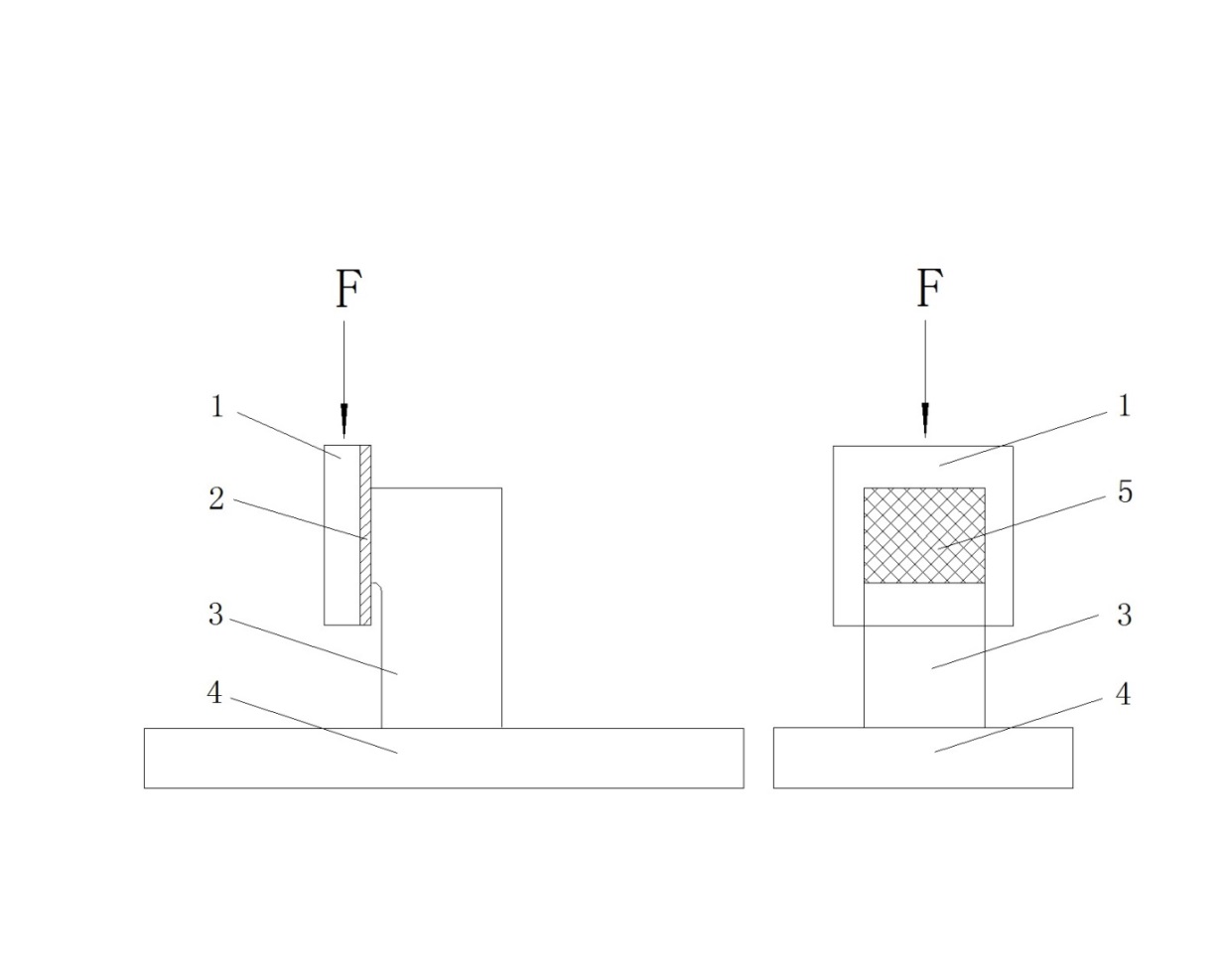


图2 适宜的剪切法试验装置示例

1——涂镀层产品；

2——涂镀层；

3——试柱；

4——底座；

5——粘接区域。

* + 1. 试柱

试柱由不锈钢组成。试柱的粘接面应与底座部分保持垂直（90°±0.5°），且边缘保持直角不得倒角，粘接面需进行磨光处理（建议*Ra*值0.4~12.5 μm，可根据胶黏剂性能作适当调整）。

* + 1. 胶黏剂

胶黏剂的要求同4.2.5。

* + 1. 安全防护罩

用于防止试样断裂碎片飞出伤害试验人员。

* 1. 取样

按GB/T 12609规定的抽样方案抽样，每一批次产品任取3件以上。

* 1. 试样

涂镀层产品测试面应平整，不应有弯曲、挠曲、歪斜等变形。因稀土永磁材料的特殊性，试样不得由标准样板或不同规格的涂镀层产品代替。

* 1. 试验温度

试验应在10 ℃~35 ℃范围内进行。

* 1. 试验步骤
     1. 试样前处理

试样前处理方法按4.6.1进行。

* + 1. 试验制备

用酒精棉将涂镀层产品及试验装置粘接面的油污擦拭干净。将胶黏剂均匀地涂覆在表面洁净的涂镀层产品及试验装置粘接面上，在胶黏剂的固化期内把涂有胶黏剂的涂镀层面近中心处与试验装置粘接面相连，并及时清理粘接过程中压出来的溢胶。要求能在粘接面上产生牢固、连续的胶结面。胶黏剂完全固化后，如试柱周围残留胶黏剂，应用刀片去除。

* + 1. 测试

将试验装置固定在试验机中，采用合适的安全防护罩进行防护。在与涂镀层产品被测平面平行的方向上施加压缩力，试验机的横梁移动速度应控制在0.1 mm/min ~0.5 mm/min范围内某个恒定值，直至涂镀层产品与试柱之间分离。记录涂镀层产品与试柱分离的最大压缩力。

* 1. 试验结果
     1. 稀土永磁材料涂镀层的剪切强度*τ*用下式（2）来计算，以MPa计：

............................（2）

式中：

*τ* ——稀土永磁材料涂镀层的剪切强度，单位为兆帕（MPa）；

*F* ——压缩破坏的最大力值，单位为牛顿（N）；

*A* ——涂镀层与试柱的粘接面积，单位为平方毫米（mm2）。

* + 1. 结合力计算结果按GB/T 8170进行修约，精确到个位，试验结果以结合力的算术平均值、最高值、最低值来表示。
    2. 试样破坏性质按表1所示标记和破坏类型来确定。对每种破坏类型，估计破坏面积的百分数，精确至10%。
  1. 精密度

同4.8。

1. 方法3: 划格法

参照GB/T 9286规定执行，用30°锐角刀在涂层表面刻痕成6×6条间距1 mm的正交切割线，用透明压敏胶带（宽25 mm，粘着力10 N/25 mm或供需双方商定）粘上，经剥离后，观察涂镀层有无起泡、脱离现象。

1. 方法4: 热震法

参照GB/T 5270规定的热震试验法执行。将涂镀层产品加温至表2所列的温度，此温度应保持在±10 ℃误差范围内，保温1 h后，放入不高于25 ℃的水中骤冷，观察涂镀层有无起泡、脱离现象。

表2 热震试验温度

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 涂镀层类别 | 镍，铜，金，银 | 锡，锌 | 铝 | 环氧，锌铝 |
| 试验温度 | 250 ℃ | 150 ℃ | 200 ℃ | 200 ℃ |

1. 试验报告

试验报告至少应包括以下信息：

a) 测试方法；

b) 试样尺寸和数量；

c) 涂镀层的类别；

d) 所选用的胶黏剂类型及固化的时间和条件；

e) 试验条件（环境温度、粘接试柱的尺寸和面积、试验机横梁移动速度）；

f) 试验结果（算术平均值、最高值、最低值、破坏性质）；  
g) 其他必要的说明。

参考文献

ISO 4624 Paints and varnishes — Pull-off test for adhesion