

团 体 标 准

T/TMAC ×××—202X

高精度伺服电机用钐钴磁体

Samarium-cobalt magnet for high-precision servo motor

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

已授权的专利证明材料为专利证书复印件或扉页，已公开但尚未授权的专利申请证明材料为专利公开通知书复印件或扉页，未公开的专利申请的证明材料为专利申请号和申请日期。

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中国技术市场协会 发布

中国技术市场协会（TMAC）是科技领域内国家一级社团，以宣传和促进科技创新，推动科技成果转移转化，规范交易行为，维护技术市场运行秩序为使命。为满足市场需要，做大做强科技服务业，依据《中华人民共和国标准化法》《团体标准管理规定》，中国技术市场协会有序开展标准化工作。本团体成员和相关领域组织及个人，均可提出修订 TMAC 标准的建议并参与有关工作。TMAC 标准按《中国技术市场协会团体标准管理办法》《中国技术市场协会团体标准工作程序》制定和管理。TMAC 标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议多数专家、成员的同意，方可予以发布。

在本文件实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料反馈至中国技术市场协会，以便修订时参考。

本作品著作权归中国技术市场协会所有。除了用于国家法律或事先得到中国技术市场协会正式授权或许可外，不许以任何形式复制本文件。第三方机构依据本文件开展认证、评价业务，须向中国技术市场协会提出申请并取得授权。

中国技术市场协会地址：北京市海淀区复兴路甲 23 号城乡华懋大厦 12 层 1217。

邮政编码：100036 电话：010-68270447 传真：010-68270453

网址：www.ctm.org.cn 电子信箱：136162004@qq.com

目 次

前 言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 技术要求..... 1

 4.1 外观要求..... 1

 4.2 化学成分..... 2

 4.3 基本性能要求..... 2

 4.4 磁性能要求..... 2

 4.5 理化性能要求..... 2

 4.6 表面质量要求..... 3

5 试验方法..... 3

 5.1 外观检测..... 3

 5.2 化学成分检验..... 3

 5.2 基本性能试验方法..... 3

 5.3 磁性能试验方法..... 4

 5.4 理化性能试验方法..... 4

 5.5 表面质量试验方法..... 5

6 检验规则..... 5

 6.1 检验分类..... 5

 6.2 型式检验..... 5

 6.3 出厂检验..... 5

 6.4 抽样方法..... 6

 6.5 检验报告..... 6

7 标志、包装、运输与贮存..... 6

 7.1 标志..... 6

 7.2 包装..... 6

 7.3 运输..... 6

 7.4 贮存..... 6

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国技术市场协会提出并归口。

本文件起草单位：自贡市江阳磁材有限责任公司、北京中研博采技术服务有限公司。

本文件主要起草人：邓志刚、乐志斌、夏卫彬。

高精度伺服电机用钐钴磁体

1 范围

本文件规定了高精度伺服电机用钐钴磁体的技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输与贮存。

本文件适用于以烧结工艺制备、用于高精度伺服电机的高磁稳定性、低温度系数、高均匀性钐钴永磁体的设计、生产和检验。

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 191 包装储运图形符号标志
- GB/T 230.1 金属材料 洛氏硬度试验 第1部分： 试验方法
- GB/T 1423 贵金属及其合金密度的测试方法
- GB/T 1958 产品几何技术规范（GPS） 几何公差 检测与验证
- GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B： 高温
- 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 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划
- GB/T 3177 产品几何技术规范（GPS） 光滑工件尺寸的检验
- GB/T 3217 永磁（硬磁）材料 磁性试验方法
- GB/T 9286 色漆和清漆 划格试验
- GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验
- GB/T 10610 产品几何技术规范（GPS） 表面结构 轮廓法 评定表面结构的规则和方法
- GB/T 13560 烧结钕铁硼永磁材料
- GB/T 24270 永磁材料磁性能温度系数测量方法
- XB/T 610.1 钐钴永磁合金化学分析方法 第1部分：钐、钴、铜、铁、镨、钆、镱 配分量的测定
- XB/T 610.2 钐钴永磁合金化学分析方法 第2部分： 钙、铁量的测定 原子吸收光谱法
- XB/T 610.3 钐钴永磁合金化学分析方法 第3部分：氧量的测定 脉冲-红外吸收法

3 术语和定义

下列界定的术语和定义适用于本文件。

3.1

高精度伺服电机用钐钴磁体 samarium-cobalt magnet for high-precision servo motor

采用粉末冶金与真空烧结工艺制备，具有高磁均匀性、低温度系数、高矫顽力、优异高温稳定性，专用于高精度伺服电机定子/转子的钐钴永磁体。

4 技术要求

4.1 外观要求

磁体表面应洁净、平整，无裂纹、崩角、气孔、夹杂物、锈蚀及明显划痕；棱角清晰，无毛刺、飞边；表面镀层、涂层均匀，无起皮、漏镀、鼓泡。

4.2 化学成分

高精度伺服电机用钕钴磁体化学成分应满足表1要求。

表1 高精度伺服电机用钕钴磁体化学成分

成分	范围 (%)
钕 (Sm)	20.00~50.00
钴 (Co)	40.00~80.00
铜 (Cu)	0.10~10.00
铁 (Fe)	0.10~20.00
锆 (Zr)	0.10~2.00
钆 (Gd)	0.10~10.00
镨 (Pr)	0.10~10.00
钙 (Ca)	0.020~0.50
氧 (O)	0.10~0.50

4.3 基本性能要求

高精度伺服电机用钕钴磁体基本性能应满足表2要求。

表2 基本性能要求

项目	指标
外形尺寸偏差	$\leq \pm 0.02 \text{ mm}$
平行度	$\leq 0.01 \text{ mm}$
平面度	$\leq 0.008 \text{ mm}$
垂直度	$\leq 0.01 \text{ mm}$
同轴度/圆度	$\leq 0.01 \text{ mm}$
厚度均匀性	$\leq 0.01 \text{ mm}$

4.4 磁性能要求

高精度伺服电机用钕钴磁体磁性能应满足表3要求。

表3 磁性能要求

项目	1:5型	2:17型
剩磁Br (T)	≥ 0.80	≥ 0.95
内禀矫顽力Hcj (kA/m)	≥ 1100	≥ 1400
最大磁能积(BH) max (kJ/m³)	≥ 120	≥ 180
Br温度系数 (%/°C)	≤ -0.040	≤ -0.035
Hcj温度系数 (%/°C)	$\leq +0.030$	$\leq +0.025$
磁性能均匀性	同一批次Br偏差 $\leq 2.0\%$	—
极性一致性	无反向磁区、无 局部退磁	—

4.5 理化性能要求

高精度伺服电机用钕钴磁体理化性能应满足表4要求。

表4 理化性能要求

项目	要求
密度 (g/cm³)	≥8.2
洛氏硬度HRC	≥35
最高工作温度	1: 5型: 250℃; 2: 17型: 350℃
高温稳定性 (最高工作温度/1000 h)	磁性能衰减≤3.0%
耐腐蚀性 (中性盐雾168 h)	无锈蚀、镀层无脱落
热冲击 (-40 ℃~150 ℃, 10次循环)	无开裂、无变形、磁性能衰减≤2.0%

4.6 表面质量要求

高精度伺服电机用钕钴磁体表面质量应满足以下要求:

- a) 表面粗糙度 $Ra \leq 0.4 \mu m$;
- b) 镀层、涂层附着性 (百格法): 无脱落、无起层;
- c) 表面无磁性异物、颗粒污染。

5 试验方法

5.1 外观检测

高精度伺服电机用钕钴磁体外观检测在照度不低于600 lx的日光灯照明条件下进行, 将磁体置于洁净平台上, 目视检查其表面质量。必要时可使用3~5倍放大镜辅助观察。检查内容包括:

- a) 是否洁净、平整, 是否存在裂纹、崩边、掉角、锈蚀、油污;
- b) 镀层是否均匀, 有无起皮、气泡;

5.2 化学成分检验

高精度伺服电机用钕钴磁体化学成分检验按照表5执行。

表5 高精度伺服电机用钕钴磁体化学成分检验

成分	试验方法	执行标准
钕 (Sm)	X射线荧光光谱法	XB/T 610.1
钴 (Co)	X射线荧光光谱法	XB/T 610.1
铜 (Cu)	X射线荧光光谱法	XB/T 610.1
铁 (Fe)	X射线荧光光谱法	XB/T 610.1
锆 (Zr)	X射线荧光光谱法	XB/T 610.1
钆 (Gd)	X射线荧光光谱法	XB/T 610.1
镨 (Pr)	X射线荧光光谱法	XB/T 610.1
钙 (Ca)	原子吸收光谱法	XB/T 610.2
氧 (O)	脉冲-红外吸收法	XB/T 610.3

5.2 基本性能试验方法

高精度伺服电机用钕钴磁体基本性能试验方法按照表6执行。

表6 高精度伺服电机用钕钴磁体基本性能试验方法

项目	试验方法	执行标准
外形尺寸 偏差	使用符合精度要求的光学测量仪、影像测量仪或三坐标测量机对磁体的长、宽、高等外形尺寸进行测量	GB/T 3177

平行度	将被测磁体基准面固定在平台上，使用千分表或三坐标测量机测量指定面相对于基准面的最大与最小距离之差	GB/T 1958
平面度	将磁体被侧面朝上放置，使用平面度测量仪、激光干涉仪或三坐标测量机，按网格布点法测量整个表面，计算其相对于理想平面的偏差	GB/T 1958
垂直度	以磁体一个面为基准，使用直角尺配合塞尺，或使用三坐标测量机，测量指定侧面与基准面的夹角偏差，并换算为线性值	GB/T 1958
同轴度/ 圆度	对于圆柱形磁体，使用圆度仪或高精度三坐标测量机，在多个横截面上测量，评价实际要素对基准轴线的变动量（同轴度）或横截面轮廓的圆度误差	GB/T 1958
厚度 均匀性	使用千分尺或激光测厚仪，在磁体表面均匀选取多个点（通常不少于5点）测量厚度，计算最大值与最小值的差值	GB/T 3177

5.3 磁性能试验方法

高精度伺服电机用钕钴磁体磁性能试验方法按照表7执行。

表7 高精度伺服电机用钕钴磁体磁性能试验方法

项目	试验方法	执行标准
剩磁Br	使用脉冲磁场磁强计或闭路磁滞回线测试仪，在饱和磁化后，测量并记录磁体在闭合磁路中的剩余磁感应强度	GB/T 3217
内禀 矫顽力	使用脉冲磁场磁强计或闭路磁滞回线测试仪，测量使磁体的磁化强度降为零所需的反向磁场强度	GB/T 3217
最大 磁能积	通过测量得到的退磁曲线（B-H曲线），计算曲线上各点磁感应强度B与磁场强度H乘积的最大值	GB/T 3217
Br温度 系数	在设定的温度范围（如-40℃至指定工作温度）内，测量不同温度点下的剩磁Br，并按公式计算其相对于基准温度的平均变化率	GB/T 24270
Hcj温度 系数	在设定的温度范围内，测量不同温度点下的内禀矫顽力Hcj，并按公式计算其相对于基准温度的平均变化率	GB/T 24270
磁性能 均匀性	从同一批次磁体中按标准抽样，测量每个样品的剩磁Br，计算其平均值，然后求各样品Br值与平均值的最大偏差百分比	GB/T 3217
极性 一致性	使用磁通计配合霍尔探头或高斯计，扫描磁体工作表面，检查磁通密度分布图，确认无局部磁通反向或显著低于平均值的区域（局部退磁区）	磁通扫描成像或高斯计逐点测量法

5.4 理化性能试验方法

高精度伺服电机用钕钴磁体理化性能试验方法按照表8执行。

表8 高精度伺服电机用钕钴磁体理化性能试验方法

项目	试验方法	执行标准
密度	采用流体静力学法（阿基米德法）。使用精度不低于0.0001g的天平，分别测量磁体在空气中和在已知密度液体（如无水乙醇）中的质量，通过计算得出体积和密度。	GB/T 1423
洛氏硬度	使用洛氏硬度计，选用C标尺（金刚石圆锥压头，总试验力1471 N）。将磁体平稳放置于试台上，在规定部位施加初试验力、主试验力并保持规定时间后卸除主试验力，读取硬度值。应在磁体不同位置测量至少3点取平均值。	GB/T 230.1
最高工作 温度	此项通常不直接测试，而是由材料成分（1:5型或2:17型）和烧结工艺保证。在技术文件中予以规定。可参考相关材料标准。	GB/T 13560
高温 稳定性	a) 老化试验：将磁体样品置于高温箱中，在规定的最高工作温度（SmCo ₅ : 250℃ 或 Sm ₂ Co ₁₇ : 350℃）下持续放置1000 h。 b) 性能测试：试验结束后，将样品冷却至室温（23℃±5℃），按GB/T 3217规定的方法测量其磁性能（主要为剩磁Br和内禀矫顽力Hcj）。 c) 计算衰减：比较试验前后磁性能值，计算衰减百分比。	GB/T 2423.2 GB/T 3217

耐腐蚀性	采用中性盐雾试验（NSS试验）。将磁体样品置于盐雾试验箱内，在（35±2）℃下，用（5±1）%的氯化钠溶液连续喷雾168小时。试验结束后，取出样品，用清水冲洗并干燥，然后目视检查表面锈蚀和镀层脱落情况。	GB/T 10125
热冲击	a) 温度循环：根据GB/T 2423.22规定，将磁体样品先置于-40℃±3℃的低温箱中保持30 min，然后在5 min内转移到+150℃±3℃的高温箱中保持30分钟，此为一个循环。重复进行10次循环。转移时间应尽量短； b) 试验后检查： 1) 外观：目视检查磁体是否有开裂、变形； 2) 磁性能：按GB/T 3217测量试验后样品的磁性能（主要为剩磁Br），计算相对于试验前的衰减百分比。	GB/T 2423.22 GB/T 3217

5.5 表面质量试验方法

高精度伺服电机用钕钴磁体表面质量试验方法按照以下规定进行：

- a) 表面粗糙度：使用接触式表面粗糙度轮廓仪或非接触式光学轮廓仪，在磁体主要工作表面上，按GB/T 10610规定的取样长度和评定长度，测量轮廓算术平均偏差Ra值。至少在不同位置测量3次取平均值；
- b) 镀层/涂层附着性：按照GB/T 9286规定，使用百格刀在磁体镀层/涂层表面切割出网格状划痕至基体，用软毛刷清除碎屑，然后将专用胶带紧密粘贴在网格区域并快速撕下，检查划格交叉处镀层/涂层是否有脱落；
- c) 表面无磁性异物、颗粒污染：在照度不低于600 lx光照下，目视检查磁体表面。对于微小颗粒，可使用3-5倍放大镜辅助观察。也可使用干净的白布或白手套轻轻擦拭表面，检查是否有脱落的污染物，磁性异物的特定检测，可采用高灵敏度的磁性颗粒检测仪或客户约定的方法。

6 检验规则

6.1 检验分类

本文件要求的检验分为型式检验和出厂检验两类。

6.2 型式检验

6.2.1 检验时机

有下列情形之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品试制定型鉴定；
- b) 正式生产后，如结构、材料、工艺等有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 正常生产满一年时；
- d) 间隔一年以上再生产时；
- e) 出厂检验结果与同产品型号或批次的型式检验有较大差异时；
- f) 由于质量问题监督检查、停产后再生产时。

6.2.2 检验项目及要求

型式检验应在国家认可的检测机构或者具备相关认证资质的实验室完成，检验的项目应包括本文件的所有指标。

6.2.3 判定规则及处理措施

所有检验项目均满足本文件的要求时，判定为合格。任一项不符合规定时，判定为不合格。对于不合格的产品，应进行返工或报废处理，返工产品应重新进行检验。

6.3 出厂检验

出厂检验的项目应包括：外观、尺寸偏差、磁性能、表面粗糙度。指标均满足本文件的要求时，方可被判定为合格产品。对于不合格的产品，应进行返工或报废处理。

6.4 抽样方法

产品检验的抽样方法应按照GB/T 2828.1的规定进行，采用逐批检验抽样计划。抽样检验的样本量应根据产品批量大小和接收质量限（AQL）确定。

6.5 检验报告

所有检验记录和报告应妥善存档，每次检验结束后应出具完整的检验报告，并包括下列内容：

- a) 基本信息：产品名称、产品批次编号、检验日期、检验机构和参与人员等；
- b) 检验目的与检验依据；
- c) 检验环境与检验设备清单等；
- d) 检验方法与检验过程；
- e) 检验数据：详细列出各项的检测数据；
- f) 检验结论：评估该批次产品是否合格。

7 标志、包装、运输与贮存

7.1 标志

高精度伺服电机用钕钴磁体产品的标志应满足以下内容：

a) 每盒/箱磁体的外包装上应粘贴清晰、牢固的标志，标志内容包括：产品名称、牌号、规格尺寸、生产批号、生产日期、生产厂家名称及地址、执行标准编号、“防潮”“防压”“远离磁场”等储运图示标志；

b) 储运图示标志应符合GB/T 191的规定。

7.2 包装

高精度伺服电机用钕钴磁体产品的包装应满足以下内容：

a) 磁体应采用防磁屏蔽、防潮、防震的包装方式。内层采用气泡膜或吸塑盒隔离，防止磁体相互碰撞；外层采用纸箱或木箱包装，必要时加装铁皮磁屏蔽层；

b) 每盒/箱磁体应单独包装，包装内随附产品合格证和质量证明书。

7.3 运输

高精度伺服电机用钕钴磁体产品的运输应满足以下内容：

a) 磁体在运输过程中应避免雨淋、受潮、剧烈震动和强磁场干扰，严禁与腐蚀性物质混装运输；

b) 运输工具应清洁、干燥，运输过程中应保持平稳；

c) 装卸过程中应轻拿轻放，严禁抛掷。

7.4 贮存

高精度伺服电机用钕钴磁体产品的贮存应满足以下内容：

a) 磁体应贮存在清洁、干燥、通风、阴凉的库房内，库房温度应控制在5℃～40℃，相对湿度应不大于70%，远离热源、水源、腐蚀性物质及强磁场环境；

b) 磁体应整齐堆放，防止压损；不同规格、不同批号的磁体应分开堆放，并有明显的标识；

c) 磁体的贮存期限自生产日期起不超过12个月，超过贮存期限的产品，使用前应重新进行检验，检验合格后方可使用。