

团体标准《金属注射成形钕铁硼磁性能测试试样》编制说明

一、工作简况

1、任务来源

钕铁硼永磁材料具有较高的剩磁、矫顽力和最大磁能积，是微电机、传感器、消费电子、机器人及精密磁功能器件等领域的重要基础材料。随着终端产品向小型化、复杂化、集成化方向发展，复杂形状钕铁硼磁体的制备和性能评价需求持续增加。金属注射成形（metal injection molding, MIM）技术将粉末冶金与塑料注射成形相结合，具有复杂形状成形能力强、材料利用率高、批量一致性好等特点，为小型复杂钕铁硼磁体的制备提供了新的工艺路径。

在企业实际开发、工艺验证和客户交付过程中，MIM 钕铁硼材料通常需要通过专门制备的试样评价粉末、喂料、取向、脱脂、烧结和热处理等工艺条件对磁性能的影响。现有永磁材料磁性能测试标准对磁性能测试方法、测试装置和一般试样要求已有规定，可用于指导磁性能测试本身，但并未针对金属注射成形钕铁硼这一特殊工艺规定试样的制备来源、烧结尺寸范围、取向方向一致性、浇口与顶出痕控制、缺料与表面状态等要求。对于 MIM 工艺而言，粉末粒度、粉末装载量、粘结剂比例、脱脂方式和烧结制度均可能影响收缩、孔隙、取向保持和表面状态；若仅满足一般磁性能测试方法的试样要求，仍难以保证不同企业、不同喂料和不同工艺批次之间的测试结果具有充分可比性。

目前 MIM 钕铁硼磁性能评价中，存在异形产品直接测试可比性不足、不同单位自行设计试样导致尺寸和方向不统一、粉末和喂料变化后缺少统一试样基础等问题。为减少形状、尺寸、方向和工艺来源差异对测试结果的影响，建立可重复、可追溯、可比较的材料本体磁性能评价基础，依照粉末冶金产业技术创新战略联盟及中国材料与试验团体标准化委员会粉末冶金标准化领域委员会有关团体标准制订工作安排，编制《金属注射成形钕铁硼磁性能测试试样》标准。

2、工作过程

标准立项后，起草单位成立标准编制工作组，围绕金属注射成形钕铁硼磁性能评价中试样不统一、方向定义不清、烧结收缩差异影响尺寸一致性、复杂异形产品直接测试结果可比性不足等问题开展资料调研和技术讨论。

编制工作组查阅了永磁（硬磁）材料磁性试验方法、永磁材料脉冲测量方法以及金属注射成形相关标准文件，结合金属注射成形钕铁硼粉末、喂料、注射成形、取向、脱脂、烧结和热处理等工艺特点，对试样的形状、烧结后尺寸范围、取向方向、充磁方向、测试方向、外观和表面状态、制备要求及记录要求进行了讨论。

在标准草案形成过程中，编制工作组重点论证了采用圆柱形试样的适用性、烧结后尺寸范围的设置、不同粉末和喂料收缩差异对试样尺寸控制的影响，以及各向异性试样取向方向、充磁方向和测试方向统一的必要性。经内部讨论、专家意见反馈和修改完善，形成标准草案及本编制说明。

3、主要参加单位和相关人员

本标准主要起草单位：深圳艾利佳材料科技有限公司，深圳北理莫斯科大学。

主要成员：余鹏、莫畏、叶曙龙。

工作内容：标准编制工作组负责标准制订计划安排、资料调研、标准草案起草、技术内容讨论和文件修改完善。其中，余鹏负责标准总体框架和技术路线；莫畏负责资料收集、标准条文起草和编制说明编写；叶曙龙负责试样尺寸、方向要求、测试方法适用性及制备要求的技术讨论和验证。

二、标准编制原则和确定主要内容的论据及解决的主要问题

1、标准编制原则

本标准按照 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，并结合测试试样类标准文件的编写思路确定标准结构。

本标准遵循“统一试样基础、兼容现行测试方法、突出金属注射成形工艺特征、便于生产和检测实施”的原则，重点规范用于磁性能评价的试样要求，使金属注射成形钕铁硼材料在粉末、喂料、工艺条件和批次之间进行磁性能比较时具有一致的试样基础和记录要求。

本标准与 GB/T 3217、GB/T 29628 等现行磁性能测试方法标准形成配套关系。现行标准解决“如何测试磁性能”的问题，本标准解决“用于 MIM 钕铁硼磁性能测试的试样应如何制备、尺寸如何控制、方向如何统一、外观和记录如何约束”的问题，避免把测试方法标准中一般性试样要求直接等同于 MIM 钕铁硼专用试样规范。

2、标准主要内容

本标准规定了金属注射成形钕铁硼磁性能测试试样的形状、烧结后尺寸范围、制备、方向、外观和记录要求，适用于采用金属注射成形工艺，经脱脂、烧结及热处理后（如需）制备的钕铁硼永磁材料磁性能测试试样。

标准主要包括范围、规范性引用文件、术语和定义、试验方法、试样、试样制备等内容。其中，试样章节规定了圆柱形试样的烧结后尺寸范围、高径比、端面平行度、端面平面度、方向关系及外观和表面状态要求；试样制备章节规定了试样应采用金属注射成形工艺制备，并对粉末、喂料、注射成形和取向、脱脂烧结和热处理、后加工和修整以及记录要求作出规定。

3、标准的主要技术内容及确定依据

3.1 试验方法

标准规定试样的磁性能测试按 GB/T 3217 或 GB/T 29628 的规定进行。每一检测批应报告不少于 3 件试样的测试数据，测试结果的数值修约按 GB/T 8170 的规定进行。

上述规定的主要依据是：本标准定位为磁性能测试试样规范，不另行建立磁性能测试方法，而是与现行永磁材料磁性试验方法和脉冲测量方法相衔接；通过规定测试数量和结果修约依据，提高测试数据的重复性和可追溯性。

3.2 试样形状和烧结后尺寸范围

标准规定试样形状为圆柱体，烧结后直径 D 为 8.0 mm~12.0 mm，烧结后高度 H 为 8.0 mm~12.0 mm，高径比 H/D 为 0.65~1.30，端面平行度不大于 0.05 mm，端面平面度

不大于 0.05 mm。试样的模具型腔尺寸可根据粉末装载量、脱脂和烧结收缩率进行设计，但烧结后试样尺寸应满足标准规定的范围要求。

采用圆柱体作为试样形状，主要考虑其结构简单、模具制造和注射成形方便，便于沿轴线方向进行取向、充磁和测试，也便于尺寸测量和端面修整。将尺寸要求规定为烧结后尺寸范围，而不是单一固定尺寸或单一模具型腔尺寸，主要是考虑 MIM 不同粉末装载量、粘结剂体系、粘结剂比例、脱脂烧结条件和致密化程度均会导致收缩率不同。若规定单一模具型腔尺寸，则不同喂料收缩后尺寸差异较大，影响横向比较说服力；若规定唯一烧结后尺寸，则会增加模具和工艺调整成本。采用烧结后尺寸范围可兼顾比较基础和实施便利性。

标准同时规定同一检测批内试样的实际直径和实际高度宜保持一致；用于不同粉末、喂料或工艺条件横向比较时，应优先采用相近的 D、H 和 H/D 值。该规定有利于在扩大标准适用范围的同时，提高横向比较结果的说服力。

3.3 取向方向、充磁方向和测试方向

标准规定各向异性试样的取向方向、充磁方向和测试方向应保持一致，均沿圆柱体轴线方向；各向同性试样可不进行磁场取向，充磁方向和测试方向应沿圆柱体轴线方向。

该规定的依据是各向异性钕铁硼磁体的磁性能与取向状态密切相关。若取向方向、充磁方向和测试方向不一致，会导致剩磁、矫顽力、最大磁能积等测试结果产生系统性差异。通过统一方向要求，可减少人为测试差异，提升不同批次、不同工艺条件之间的对比有效性。

3.4 外观和表面状态

标准规定试样表面应完整，不应有裂纹、分层、鼓泡、明显缺角、粘连、缺料和其他影响磁性能测试的缺陷。试样端面应平整，且应与圆柱体轴线垂直；浇口痕、顶出痕、分型线或修整痕迹不应影响试样尺寸测量、装夹、充磁和磁性能测试。

标准还规定试样端面不得有影响磁路接触或测试夹持的明显凸起、凹陷、毛刺和污染物；用于闭磁路测试时，试样端面粗糙度 Ra 宜不大于 3.2 μm ；采用其他测试方法时，表面状态应满足相应测试设备的装夹和测试要求。试样存在轻微浇口残留、顶出痕或边缘缺损时，单处最大尺寸宜不大于 0.20 mm，且不得位于影响端面接触、尺寸测量或测试方向判定的位置。

上述要求主要用于避免 MIM 试样中常见的欠注、缺料、浇口残留、顶出痕、分型线、端面污染和端面不平等因素影响闭磁路接触、测试装夹、有效测试体积和方向判定。

3.5 试样制备和记录要求

标准规定试样应采用金属注射成形工艺制备，不应采用压制成形试样、机械加工试样或其他非金属注射成形试样替代。用于代表某一材料、喂料或工艺条件时，试样应与被评价对象具有明确对应关系，并应记录粉末、喂料、取向、脱脂、烧结和热处理等关键信息。

标准分别对粉末、喂料、注射成形和取向、脱脂烧结和热处理、后加工和修整提出了原则性要求。粉末应来源清楚、批次明确；喂料的粉末装载量、粘结剂体系或粘结剂比例发生变化时，应作为不同检测批进行记录和评价；各向异性试样应在规定方向进行

磁场取向；脱脂、烧结和热处理条件应与被评价材料或工艺具有代表性关系，且不应采用专门提高试样磁性能而与评价对象明显不一致的处理条件。

标准规定试样记录中宜至少包含本文件编号、试样编号、材料名称或牌号、粉末批号、喂料批号、取向状态、取向方向、充磁方向、测试方向、烧结后实际尺寸、测试状态、必要的修整方式及其他影响测试结果判读的信息。该要求有助于建立从粉末、喂料、工艺批次到测试结果的追溯链条。

4、解决的主要问题

本标准主要解决以下问题：一是复杂异形金属注射成形钕铁硼产品直接用于磁性能测试时，形状、尺寸和退磁因子差异导致结果可比性不足；二是各向异性试样取向方向、充磁方向和测试方向不统一导致测试结果波动；三是不同粉末、喂料和烧结条件引起收缩率差异，导致单一固定尺寸难以兼顾比较性和实施性；四是压制成形试样、机械加工试样等非 MIM 试样替代 MIM 试样时，不能真实代表金属注射成形工艺状态；五是浇口、顶出痕、缺料、端面粗糙度和缺陷状态不受控时，会影响装夹、充磁和磁性能测试；六是试样制备和测试记录不完整时，测试数据难以追溯。

项目	标准规定	确定依据或目的
试样形状	圆柱体	结构简单，便于注射成形、取向、充磁、测试和尺寸测量
烧结后尺寸范围	D 为 8.0 mm~12.0 mm；H 为 8.0 mm~12.0 mm；H/D 为 0.65~1.30	以烧结后尺寸范围作为统一基础，兼顾不同喂料收缩差异和横向比较需要
端面要求	端面平行度≤0.05 mm；端面平面度≤0.05 mm	保证尺寸测量、装夹和磁性能测试稳定性
方向要求	各向异性试样取向、充磁、测试方向一致，均沿圆柱体轴线方向	减少方向不一致导致的系统性测试偏差
外观要求	无裂纹、分层、鼓泡、明显缺角、粘连、缺料等影响测试的缺陷	避免缺陷影响有效测试体积、磁路接触和测试装夹
表面状态	用于闭磁路测试时端面粗糙度 Ra 宜不大于 3.2 μm	保证端面接触状态，降低表面状态对测试结果的影响
测试数量	每一检测批不少于 3 件	兼顾统计代表性和检测可操作性
制备要求	采用 MIM 工艺，不以压制或机加工试样替代	确保试样能够代表 MIM 材料和工艺状态

三、主要试验（或验证）情况分析

本标准对磁性能测试试样规范，主要规定试样形状、烧结后尺寸范围、制备方式、方向关系、外观和记录要求，不规定具体磁性能指标。因此，标准验证重点不在于某一牌号磁性能是否达到特定数值，而在于试样要求的可制备性、测试适用性、方向一致性、外观可控制性和数据可追溯性。

1、试样尺寸和制备可行性验证

圆柱形试样结构简单，适合采用金属注射成形模具制备。将烧结后直径 D 和高度 H 规定为 $8.0\text{ mm}\sim 12.0\text{ mm}$ ，并规定 H/D 为 $0.65\sim 1.30$ ，可适应不同粉末装载量、粘结剂比例、脱脂烧结收缩率和模具设计条件。与限定单一烧结尺寸相比，该尺寸范围扩大了标准适用面；与仅规定模具型腔尺寸相比，该尺寸范围更有利于保证烧结后试样处于相近测试尺度，增强不同批次和不同单位测试结果的可比性。

2、方向一致性验证

各向异性钕铁硼磁体的磁性能测试与取向方向密切相关。标准将取向方向、充磁方向和测试方向统一规定为圆柱体轴线方向，有利于在注射成形取向、饱和充磁和磁性能测试三个环节保持方向一致，降低因方向定义不清造成的测试偏差。

3、测试方法适用性验证

标准直接引用 GB/T 3217 和 GB/T 29628 作为磁性能测试依据，并规定每一检测批不少于 3 件、数值修约按 GB/T 8170 执行。该安排与现行永磁材料磁性试验方法保持协调，避免重复规定测试方法，同时保证试样测试数据具有基本的统计代表性。

4、外观和表面状态适用性验证

MIM 试样在注射成形、脱脂、烧结和后加工过程中可能出现欠注、缺料、裂纹、分层、鼓泡、浇口残留、顶出痕、分型线、边缘缺损和端面不平等问题。标准对上述缺陷及端面粗糙度提出原则性要求，可降低外观和表面状态对装夹、磁路接触、尺寸测量、充磁和磁性能测试的影响。

5、记录完整性验证

标准对试样编号、材料名称或牌号、粉末批号、喂料批号、取向状态、方向关系、烧结后实际尺寸、测试状态和修整方式等提出记录要求，可满足试样从制备、测试到数据判读环节的信息追溯需要。该要求对于比较不同粉末、喂料、脱脂烧结工艺和热处理状态下的磁性能具有重要作用。

四、知识产权情况说明

本标准规定的主要内容为金属注射成形钕铁硼磁性能测试试样的形状、烧结后尺寸范围、制备方式、方向要求、外观和表面状态要求及记录要求。截至本编制说明形成阶段，暂未发现本标准实施所必需的专利。

五、产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效益

钕铁硼永磁材料在微电机、传感器、消费电子、机器人和精密磁功能器件等领域应用广泛。随着磁功能器件向小型化、复杂化和集成化方向发展，金属注射成形工艺在复杂形状钕铁硼磁体制备方面具有应用潜力。

目前，金属注射成形钕铁硼材料在粉末状态、喂料体系、取向方式、脱脂烧结工艺、热处理状态及产品结构方面存在差异，若缺少统一的磁性能测试试样规范，容易导致不同企业、不同实验室和不同批次之间测试结果缺乏可比性。本标准通过规定圆柱形试样、烧结后尺寸范围、方向一致性、外观和记录要求，可为工艺开发、批次评价、质量控制和供需双方技术沟通提供统一试样基础。

本标准实施后，可减少因试样形状、尺寸、方向和外观状态不一致造成的测试争议，提高磁性能评价的重复性和可追溯性，促进金属注射成形钕铁硼材料及制品的研发、检测和产业化应用。由于本标准不限定具体产品结构和磁性能等级，不要求企业为单一固定尺寸配置多套模具，实施成本相对较低，适合在材料开发、工艺验证、批量生产质量控制和第三方检测中推广应用。

六、国内外标准（包括国际标准和国外先进标准）对比

本标准与现行相关标准的关系主要体现在测试方法衔接和试样要求补充两个方面。现行永磁材料磁性试验方法主要规定磁性能测试方法和测试结果处理要求，未专门规定金属注射成形钕铁硼磁性能测试试样的制备来源、烧结后尺寸范围、方向关系、外观缺陷控制和记录要求。本标准在不改变现行磁性能测试方法的基础上，对 MIM 钕铁硼测试试样提出专门要求。

标准或文件	主要内容	与本标准的关系或差异
GB/T 3217	规定永磁（硬磁）材料磁性试验方法	本标准引用其作为磁性能测试方法之一；GB/T 3217 不专门规定 MIM 钕铁硼测试试样的制备来源、烧结后尺寸范围、外观缺陷和方向要求
GB/T 29628	规定永磁（硬磁）材料脉冲测量方法指南	本标准引用其作为磁性能测试方法之一；该文件重点为测量方法，不规定 MIM 钕铁硼试样制备要求
GB/T 8170	规定数值修约规则与极限数值的表示和判定	本标准引用其用于测试结果数值修约
本标准	规定金属注射成形钕铁硼磁性能测试试样的形状、烧结后尺寸范围、制备、方向、外观和记录要求	属于对 MIM 钕铁硼磁性能评价试样基础的专门规范，与现行磁性能测试方法协调配套

经现阶段调研，国内外尚缺少专门针对金属注射成形钕铁硼磁性能测试试样的统一规范。本标准填补了该类试样在形状尺寸、制备方式、方向要求和外观控制方面的标准化空白，有助于提升 MIM 钕铁硼材料磁性能评价的一致性。

七、与现行相关法律、法规、规章及相关标准的协调性

本标准作为团体标准，主要规范金属注射成形钕铁硼磁性能测试试样的形状、烧结后尺寸范围、制备要求、方向要求、外观要求和记录要求。标准内容与现行相关法律、法规、规章及相关标准无矛盾或冲突。

本标准引用 GB/T 3217、GB/T 29628 和 GB/T 8170 等现行标准，未另行规定与上述标准相冲突的测试方法或判定规则，能够与现行永磁材料磁性能测试体系协调使用。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

截至本编制说明形成阶段，标准编制过程中未出现重大原则性分歧。后续征求意见和技术审查过程中，如出现重大分歧意见，编制工作组将依据团体标准制修订程序组织讨论、协调和处理，并在后续编制说明中补充相关处理情况。

九、贯彻标准的要求和措施建议

建议本标准作为团体推荐性标准发布实施。标准发布后，可通过标准宣贯、技术交流、企业内控文件转换、检测机构培训等方式推动实施。

建议金属注射成形钕铁硼材料研发、生产和检测单位在进行材料批次评价、喂料体系对比、脱脂烧结工艺优化、热处理状态评价和供需双方技术沟通时优先采用本标准规定的圆柱形磁性能测试试样，并在测试记录中完整记录试样编号、实际尺寸、取向状态、取向方向、充磁方向、测试方向、测试状态和修整方式等信息。

建议标准实施后收集不同单位在试样制备、测试和记录中的应用反馈，必要时在后续修订中进一步完善试样尺寸范围、报告格式、缺陷判定和测试数据统计要求。

十、替代或废止现行相关标准的建议

无。

十一、其它应予说明的事项

本编制说明为草案阶段文件。标准编号、发布日期、实施日期、主要起草人、参与单位、验证数据和征求意见处理情况等内容，应在后续标准制订过程中根据实际情况补充完善。

《金属注射成形钕铁硼磁性能测试试样》编制工作组

2026 年 7 月 9 日