国家标准《铽镝铁磁致伸缩材料》送审稿编制说明

一、工作简况

1.1立项的目的和意义

铽镝铁磁致伸缩材料是一种极其重要的功能材料。铽镝铁磁致伸缩材料在磁场作用下，其长度发生变化，可发生位移、力而做功，在交变磁场作用可发生反复伸张与缩短，从而产生振动或声波。同时，磁致伸缩材料可将电磁能转换为机械能或声能，相反也可以将机械能转换成电磁能，是重要的能量与信息转换功能材料。

铽镝铁磁致伸缩材料在声呐，水声换能器技术，电声换能器技术、海洋探测与开发技术、微位移驱动、减振与防振、减噪与防噪系统、智能机翼、机器人、自动化技术、燃油喷射技术、阀门、泵、波动采油等高技术领域具有广泛的应用。同时铽镝铁磁致伸缩材料在磁场、力等传感器领域也展现了出色的应用前景。

随着铽镝铁磁致伸缩材料研究的不断进展，其各类性能指标及测试表征方法在原有基础上都有所提高，包括磁致伸缩系数，尺寸、磁致伸缩温度系数等。一定磁场下的磁致伸缩系数有较大提升，市场常见的铽镝铁棒最大直径从原来的30mm增长到现在的70mm甚至更大。

铽镝铁磁致伸缩材料应用领域的不断扩展以及具体应用器件的产品化都对铽镝铁磁致伸缩材料提出了进一步的要求，如更加细致的磁致伸缩性能的划分、更准确的磁致伸缩应变率的测量，对磁致伸缩温度系数的要求等。更加细致的磁致伸缩系数划分直接关系到磁致伸缩器件的一致性与稳定性；准确的磁致伸缩应变率与磁致伸缩主动执行类器件的输出性能密切相关；磁致伸缩温度系数具有非常重要的意义，铽镝铁磁致伸缩材料的磁致伸缩性能受温度影响极大，而作为产品在具体应用端使用时，温度变化是难以避免的，温度变化带来磁致伸缩系数的改变直接影响器件的精度及稳定性，所以应用端对铽镝铁磁致伸缩材料提出了小磁致伸缩温度系数的要求。

随着铽镝铁磁致伸缩材料研究及市场的不断进展，已有的产品标准在牌号、性能指标等方面已不能满足现有市场需求。修订铽镝铁磁致伸缩材料产品标准，对规范铽镝铁磁致伸缩材料产品，推动铽镝铁磁致伸缩材料市场化应用具有重要意义。

1.2任务来源

根据《关于印发《稀土复合钇锆陶瓷粉》等 24 项国家、行业标准计划任务落实会议纪要的通知》（稀土标委[2024]6号），国家标准制修订计划正式下达，项目编号为20230778-T-469，完成年限为2024年。

任务承担单位：包头稀土新材料技术研发中心、有研稀土新材料股份有限公司、中国北方稀土(集团)高科技股份有限公司、中国计量科学研究院、北京中科三环高技术股份有限公司、国瑞科创稀土功能材料(赣州)有限公司、信丰县包钢新利稀土有限责任公司、钢铁研究总院、河北工业大学、有研稀土高技术有限公司、西安交通大学。（部分参加单位仍正在与稀土标准委员会沟通，未记录至会议纪要上，包括北京科技大学、浙江大学、杭州应用声学研究所（中国船舶重工集团公司第七一五研究所）、沈阳工业大学；北京航空航天大学刘敬华、中国科学院声学研究所刘永平以个人名义参与。）

1.3起草单位

项目承担单位包头稀土研究院于1960年按照聂荣臻副总理指示筹建，目前是全国最大的综合性稀土科技研发机构。研究院是以稀土资源的综合开发、利用为宗旨，以稀土冶金、环境保护、新型稀土功能材料及在高新技术领域的应用、稀土提升传统产业的技术水平、稀土分析检测、稀土情报信息为研究重点的，多专业、多学科的综合性研发机构，下设资源与环境研究所、金属材料研究所、磁性材料研究所、稀土功能材料研究所4个专业研究所和国内最大的稀土新材料中试基地。全院形成规范的母子公司体系，拥有以科技开发和行业服务及生产经营为主的全资、控股、参股公司13家。研究院建有国家级的“白云鄂博稀土资源研究与综合利用全国重点实验室”、“稀土冶金及功能材料国家工程研究中心”和“北方稀土行业生产力促进中心”等多个研究平台；建有内蒙古自治区和包头市两级“稀土新材料院士工作站”、“稀土永磁材料院士工作站”；在天津设立分院“天津包钢稀土研究院有限责任公司”。本院建有“世界稀土专利检索系统”；承办的“中国稀土网”是稀土行业门户网站；负责《稀土》、英文版《 China Rare Earth Information 》、《稀土信息》等杂志的出版发行。依托本院建有国家级的“国家稀土产品质量监督检验中心”，并拥有“全国分析检测人员能力培训中心”的资质。 研究院现有在册职工700余人，工程技术人员占总人数的一半以上，有多位国家级和自治区级有突出贡献的技术专家，形成了一支行业一流的高水平研发队伍。建院50多年来，共承担“863计划”、“973计划”等国家级科技项目、省部、地市级研发项目和为企业服务的各类项目1900多项，取得各类科研成果870多项，获得国家发明奖和省部级以上各类科技成果奖260多项，获得国家授权专利100多项。研究院通过了质量体系认证、环境与职业健康安全管理体系认证，为诸多国家重点工程，研制生产了大量的关键材料和器件，为我国稀土产业的发展和现代化建设做出了重大贡献。

近几年以来，包头稀土研究院对铽镝铁磁致伸缩材料及应用相关技术进行了大量研究，能够制备出能满足行业需求的铽镝铁磁致伸缩材料产品。

1.4工作过程

本标准编制过程如下：

1）2023年6月—2023年11月：调研、查阅资料，了解铽镝铁磁致伸缩材料的生产动态及应用领域的变化，完成资料的消化吸收，编写标准初稿、编制说明。

2）2023年12月：起草单位提出标准征求意见稿发至各有关单位及稀土标委会秘书处征求意见。

3）2024年01月—2024年04月：起草单位完成意见汇总，形成预审稿和编制说明，并将标准预审稿、编制说明、意见汇总等(电子版)发送至稀土标委会秘书处。

稀土标委会负责将预审稿及编制说明挂网征求更广泛的意见，召开标准预审会。

4）2024年05月—2024年09月：在预审会专家意见的基础上，对预审稿、编制说明、意见汇总处理表进行修改、调整，标准编制小组达成一致意见后形成送审稿，并将相关资料(电子版)发送至稀土标委会秘书处。

5）2024年09月：稀土标委会负责将送审稿及编制说明挂网征求更广泛的意见，召开标准审定会，报出报批稿。

二、编制原则和依据及标准主要内容

2.1 产品分类及论据

按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则》的规定编写，本标准的制定主要依据近年来铽镝铁磁致伸缩材料的性能变化、后端产品对铽镝铁磁致伸缩材料的要求及生产厂家和主要用户的意见，是在大量的重复性工作、生产及用户单位调研的基础上进行的修订。在牌号划分和主要技术指标方面兼顾到多数生产和用户单位的一般要求和部分特殊要求，若需方还有更多的特殊要求，双方应在合同中协商确定，本标准不一定包含全部特殊要求。依据国家相关的法律、法规；查询相关标准和收集生产、用户单位的相关技术要求，积极向相关国际标准、世界领头企业的技术标准要求靠拢，做到标准的先进性，力求做到标的合理性、实用性，与时俱进。

本标准产品分类主要以20℃、80$kA/m$、8$ N/mm^{2}$磁场下铽镝铁磁致伸缩材料的平行磁致伸缩系数作为划分依据，同时将压力影响考虑在内。本标准的分类旨在为生产、使用方提出合适的分类，使标准具有可操作性和适应性。

2.2 技术指标的确定与论据

任务下达后，稀土院标准课题组组织相关人员成立了《铽镝铁磁致伸缩材料》国家标准编制小组。在标准编制的过程中，按照标准的编制程序，标准编制小组成员对相关标准及研究进行了调研，与北京航空航天大学、北京科技大学、钢铁研究总院、杭州应用声学研究所（中国船舶重工集团公司第七一五研究所）、中国科学院声学研究所等主要生产及用户单位进行了充分交流，根据各单位所生产的铽镝铁磁致伸缩材料产品的实际情况，进行了标准制定前广泛调研、了解市场生产情况和用户应用情况及相应的论证；据此形成了标准的征求意见稿发至包头稀土新材料技术研发中心、有研稀土新材料股份有限公司、中国北方稀土(集团)高科技股份有限公司、中国计量科学研究院、北京中科三环高技术股份有限公司、国瑞科创稀土功能材料(赣州)有限公司、信丰县包钢新利稀土有限责任公司、钢铁研究总院、河北工业大学、有研稀土高技术有限公司、西安交通大学、北京科技大学、浙江大学、杭州应用声学研究所（中国船舶重工集团公司第七一五研究所）、北京航空航天大学、中国科学院声学研究所、沈阳工业大学等单位广泛征求相关意见如下：

1.任务落实时名字改为《铽镝铁磁致伸缩材料》的依据不足，仍沿用原标准名称《铽镝铁大磁致伸缩材料》，具有延续性一致性；后续经预审会专家建议，就采用《铽镝铁磁致伸缩材料》这一名称，与任务落实名称一致。经标准编制小组充分讨论，采用预审会专家建议。

2.牌号要和17803-稀土产品牌号标识方法保持一致，简化代号意义不大应删除。经标准编制小组充分讨论，采用此建议。

3.牌号TbDyFe-D-5（Pxx）中牌号表示不怕长，但一定要规范。经标准编制小组充分讨论，采用此建议，删除简化符号。

4.讨论了是否加入曲线类型问题，未取得一致结论，后续再讨论。经标准编制小组讨论及意见征求，不加入曲线类型。

5.室温23℃±3℃条件下测量，23℃±3℃条件太宽，可能会影响牌号划分等问题，建议参照其它标准对室温的描述进行修改；牌号判定标准尽量唯一；经标准编制小组充分讨论，采用此建议，按其他标准确定室温20℃。

6.给压力范围容易引起牌号混乱，有建议压力用定值，也有提出扩大压力范围（到60Mpa，有会关注到高压下的性能），未取得一致意见。经考虑预审会专家意见及9月份标准编制小组讨论会最终确定，以80$kA/m$、20℃、预压应力8$ N/mm^{2}$条件下平行磁致伸缩系数所在区间下限值作为牌号划分依据，且删除D及Pxx。

7.建议引入平行度、垂直度、粗糙度及倒角控制；经标准编制小组充分讨论，采用此建议，并根据加工精度、已有材料确定平行度、垂直度范围；粗糙度及倒角未引入标准，可在购买合同中另行约定。

8.尺寸偏差中，产品描述“圆柱、方柱”说法不太规范，环柱去掉；采用此建议，改为圆柱体、长方体描述。

9.磁致伸缩性能的测量按附录C或附录D的规定进行。经考虑预审会专家意见及9月份标准编制小组讨论会最终确定，以附录C中应变片测试方法作为仲裁测试方法。

10.物理性能中，实际抗压强度可能达不到400$N/mm^{2}$，建议修改数值；经参考已有资料及征求各单位意见，确定抗压强度值为300$N/mm^{2}$。

11.物理性能中，应用方不太关心不均匀度问题，是否加入后续由做材料单位在讨论确定，密度不关心，可去掉或放置后表；经标准编制小组充分讨论，仍加入不均匀度这一指标，在物理性能中删除密度这一指标。

12.性能要求与实验方法条目要对应，（6.1-6.8）写法不规范需要有标题有描述。采纳此建议，按标准规范进行修改。

13.第七部分需要修改，包括取样的规范（尺寸外观全检，部分指标抽检，取样有相关标准规范）、合格判定、测试检验内容与方法等。7.4取最差值放到7.5中，因其是一个检验结果的判定。采纳此建议，并按标准规范进行修改。

14.附录A.1中的一些易测的指标可以作为物理性能的指标，如磁导率、温度系数、电阻率等；经标准编制小组充分讨论，将磁导率放入物理性能部分。

15.附录C，磁场范围至160kA/m可以，图中也对应测至160kA/m，且横坐标间隔合适，最好有背底线。采纳此建议，并按标准规范进行修改。最终根据预审会专家意见，并征求标准编制小组意见，删出对应曲线图。

16..磁伸曲线，三次取平均值。经标准编制小组充分讨论，采纳此意见.

对铽镝铁磁致伸缩材料的生产及用户单位进行了广泛调研后，收集了大量资料，对调研结果与包头稀土研究院生产数据进行充分分析之后，经过多次讨论及征求意见，形成了《铽镝铁磁致伸缩材料》预审稿；再预审会议专家意见基础上，又进行征求意见及讨论，形成《铽镝铁磁致伸缩材料》送审稿。

三、主要技术内容说明

全国稀土标准化技术委员会于2023年9月在四川省成都市召开了2023年第六次稀土标准工作会议，会上落实了《铽镝铁磁致伸缩材料》国家标准的任务。与会代表对铽镝铁磁致伸缩材料标准制订的方案进行了认真的讨论，确定了制定的进度。全国稀土标准化技术委员会于2024年4月在重庆市召开2024年稀土标准论证会及第三次稀土标准工作会议，会议预审《铽镝铁磁致伸缩材料》标准，并提出相关意见。经标准编制小组召开多次讨论会议并充分征求意见，对技术内容进行多轮修订。

主要技术内容：

1.调研阶段

通过查阅资料，与生产、用户单位进行沟通，了解生产动态及使用实际。调研了北京航空航天大学、北京科技大学等生产单位，并与杭州应用声学研究所（中国船舶重工集团公司第七一五研究所）、中国科学院声学研究所进行了充分沟通，对产品的制备工艺与应用领域进行了深入了解，对生产、用户单位关注点进行了较为充分地掌握。

2.指标收集阶段

在确定技术要求时，以电话、微信、线下（同时线上）会议等形式征询了包头稀土新材料技术研发中心、有研稀土新材料股份有限公司、中国北方稀土(集团)高科技股份有限公司、中国计量科学研究院、北京中科三环高技术股份有限公司、国瑞科创稀土功能材料(赣州)有限公司、信丰县包钢新利稀土有限责任公司、钢铁研究总院、河北工业大学、有研稀土高技术有限公司、西安交通大学、北京科技大学、浙江大学、杭州应用声学研究所（中国船舶重工集团公司第七一五研究所）、北京航空航天大学、中国科学院声学研究所进行了征集，基本达成一致，征集的技术要求汇总如下

产品按特定条件下的特征技术参数（80$kA/m$、20℃、预压应力8$ N/mm^{2}$条件下平行磁致伸缩系数所在区间下限值）分为12个牌号，数字牌号符合GB/T 17803的规定；字符牌号表示方法为TbDyFe – XXX，更加贴合生产、使用，便于实际使用。

磁致伸缩性能

材料磁致伸缩性能应符合表1的规定，其磁致伸缩性能在室温20℃下测量。

表1 铽镝铁磁致伸缩材料20℃下磁致伸缩性能

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 数字牌号 | 字符牌号 | λ∥×10-6（80$kA/m$，10$ N/mm^{2}$） | 磁致伸缩不均匀度 |
| 203000 | TbDyFe-500 | 500≤ λ∥ ＜600 | ≤10 % |
| 203001 | TbDyFe-600 | 600≤ λ∥ ＜700 |
| 203002 | TbDyFe-700 | 700≤ λ∥ ＜800 |
| 203003 | TbDyFe-800 | 800≤ λ∥ ＜900 |
| 203004 | TbDyFe-900 | 900≤ λ∥ ＜1000 |
| 203005 | TbDyFe-1000 | 1000≤ λ∥ ＜1100 |
| 203006 | TbDyFe-1100 | 1100≤ λ∥ ＜1200 |
| 203007 | TbDyFe-1200 | 1200≤ λ∥ ＜1300 |
| 203008 | TbDyFe-1300 | 1300≤ λ∥ ＜1400 |
| 203009 | TbDyFe-1400 | 1400≤ λ∥ ＜1500 |
| 203010 | TbDyFe-1500 | 1500≤ λ∥ ＜1600 |
| 203011 | TbDyFe-1600 | λ∥ ≥1600 |

物理性能

材料物理性能应符合表2的规定。

表2 铽镝铁磁致伸缩材料物理性能

|  |  |
| --- | --- |
| 物理性能 | 指标 |
| 相对磁导率$μ\_{r}$（40kA/m~60kA/m） | 3~15 |
| 抗压强度（$N/mm^{2}$） | ≥300 |
| 注：材料其他物理性能不作为验收指标，若需方有要求，可参见附录A。 |

尺寸及其允许偏差

产品根据需方要求有所不同，主要产品几何形状为圆柱体、长方体等形状。外形尺寸及其允许形位偏差应符合供需双方约定，如无相关约定，应符合表3、表4规定。

表3 纵（轴）向尺寸及其允许偏差

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 长度/mm | 允许偏差/mm | 垂直度、平行度允许偏差/mm |
| 1.00 ~ 50.00 | 土0.08 | 土0.05 |
| 50.00 ~ 150.00 | 土0.10 | 土0.08 |
| ≥150.00 | 土0.15 | 土0.10 |

表4 横（径）向尺寸及其允许偏差

|  |  |
| --- | --- |
| 直径/底面边长 | 允许偏差 |
| ＜10.00 | ±0.08 |
| 10.00 ~ 40.00 | ±0.10 |
| ≥40 | ±0.15 |

四、标准水平分析

本标准在牌号、技术要求确定过程中都广泛收集数据，征求意见。修订后的标准不但为铽镝铁磁致伸缩材料产品的指标控制提供指导意义，而且还将为生产、使用、贸易三方提供最基本的技术依据；在本标准的基础之上促使生产方合理调整生产工艺，完善检测手段，为用户生产出更满意的产品。本标准的制定能够促进铽镝铁磁致伸缩材料制备技术的进步，提高产品使用量；助力国内生产企业及相关行业的技术进步；为铽镝铁磁致伸缩材料产品贸易提供仲裁的依据；为铽镝铁磁致伸缩材料产品的指标控制提供指导意义，整体技术达到国际先进水平。

五、与现行相关法律、法规、规章及相关标准的协调性

随着精密加工、高端智能制造、海洋探测等行业高质量发展，铽镝铁磁致伸缩材料的应用前景将越来越广泛。制定后的铽镝铁磁致伸缩材料标准将充分反映了当前国内生产企业的技术水平，便于生产，宜于应用。制定后的标准可为铽镝铁磁致伸缩材料产品贸易提供仲裁的依据；为铽镝铁磁致伸缩材料产品的指标控制提供指导意义。制定的铽镝铁磁致伸缩材料标准符合《新材料产业十四五发展规划》、《中国制造2025》等相关国家产业政策，对于解决稀土产品贸易纠纷发挥一定的依据作用。

六、标准中如涉及专利，应有明确的知识产权说明

截至目前，尚未发现与本标准内容相关的知识产权的问题。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准制定过程无重大分歧意见。

八、标准作为强制性或推荐性国家（或行业）标准的建议

本标准是根据我国实际生产使用情况制定的，其整体内容达到国际先进水平，建议保持原推荐性国家标准来制定。

九、贯彻标准的要求和措施建议，包括：

——组织措施

标准颁布实施后，需要国家有关部门组织大力宣传和贯彻，使相关企业及相关贸易单位能够主动地解读标准内容，充分认识和理解制订的标准条款，进而加以应用。

——技术措施

该标准综合产品用途及工艺方式，确定了各技术指标。相关企业参照使用本标准时，应对铽镝铁磁致伸缩材料的特性有充分的了解，应认真解读该产品标准。

十、废止现行有关标准的建议

本标准发布同时废止GB/T 19396—2012。

十一、其他应予说明的事项

 无。

十二、产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效果

目前铽镝铁磁致伸缩材料产品已经形成小批量生产规模，随着磁致伸缩器件的快速发展，对其品质要求及市场需求也与日俱增。本标准可以使现有产品的生产进一步规范，能够提升铽镝铁磁致伸缩材料产品质量的均一性和稳定性，使生产方更加关注应用端对材料端的指标要求，能够为下游用户提供质量可靠的铽镝铁磁致伸缩材料。本标准的经济效益主要还是体现在产品的销售及应用过程中。除此之外，本标准有助于规范铽镝铁磁致伸缩材料产品市场，为生产方、用户、贸易方提供有效指导。

包头稀土研究院

 二〇二四年九月十八日