稀土国家标准《烧结稀土永磁体拼接技术规范》(送审讨论稿)编制说明

一、工作简况

（一）任务来源

1、计划批复

国家标准化管理委员在2023年8月6日正式下达《烧结稀土永磁体拼接技术规范》国家标准制定计划，项目计划编号为20230781-T-469，完成年限为2025年2月。

2、任务落实和进度概况

全国稀土标准化技术委员会于2023 年9 月20 日～9 月22 日在四川省成都市召开2023 年第六次稀土标准工作会议上完成了《烧结稀土永磁体拼接技术规范》国家标准的任务进度、具体的时间节点安排及参与单位等具体问题的落实。2024年2月4日发出了国家标准计划落实的会议纪要。

《烧结稀土永磁体拼接技术规范》国家标准由宁波韵升股份有限公司牵头负责标准制订，报名参加起草单位有：安徽大地熊新材料股份有限公司、赣州富尔特电子股份有限公司、包头金山磁材有限公司、中国科学院宁波材料技术与工程研究所、杭州千石科技有限公司、江西中石新材料有限公司、有研稀土（荣成）有限公司、包头稀土研究院、虔东稀土集团股份有限公司、福建省长汀金龙稀土有限公司、宁波同创强磁材料有限公司、杭州科德磁业有限公司、杭州美磁科技有限公司、杭州象限科技有限公司、有研稀土新材料股份有限公司、宁波科田磁业有限公司、中科三环（赣州）新材料有限公司和包头市英思特稀磁新材料股份有限公司18家单位。

同时确定标准制定工作进度：2024年2月29日前起草单位提出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；于 2024年3月31日完成预审稿，2024年8月31日完成送审稿，建议2024年9月19日会议审定。

（二）主要参加单位和工作成员及其所做的工作

1、主要参加单位情况

本文件由宁波韵升股份有限公司牵头负责标准制订，通过微信群、电话、邮件和会议形式征求意见。电话是对对方是否收到邮件或微信情况进行确认。

烧结稀土永磁体拼接技术规范标准讨论小组微信群是由宁波韵升股份有限公司、安徽大地熊新材料股份有限公司、赣州富尔特电子股份有限公司、包头金山磁材有限公司、中国科学院宁波材料技术与工程研究所、杭州千石科技有限公司、江西中石新材料有限公司、有研稀土（荣成）有限公司、包头稀土研究院、虔东稀土集团股份有限公司、福建省长汀金龙稀土有限公司、宁波同创强磁材料有限公司、杭州科德磁业有限公司、杭州美磁科技有限公司、杭州象限科技有限公司、有研稀土新材料股份有限公司、宁波科田磁业有限公司、中科三环（赣州）新材料有限公司和包头市英思特稀磁新材料股份有限公司等20家单位起草人员组成。

意见稿通过邮件或微信方式由宁波韵升股份有限公司按计划发给钕铁硼企业及相关研究机构（不包括上述起草单位），并获取反馈意见。

宁波韵升股份有限公司（简称“宁波韵升”，股票代码：600366）成立于1994年，注册资本98911.37万元，是一家专业从事稀土永磁材料的研发、制造和销售的国家高新技术企业。宁波韵升拥有国家级企业技术中心、浙江省重点企业研究院和博士后科研工作站等创新平台，是国家技术创新示范、国家知识产权示范和国家制造业单项冠军产品企业。公司牵头制定已发布国家标准3项，参与14项，完成浙江团体标准1项。公司在本文件制定过程中负责计划制订、起草包括性能测试、数据统计、意见收集和处理、修改等工作。

2、主要工作成员所负责的工作情况

本标准主要起草人及工作职责见表1。

表1 主要起草人及工作职责

|  |  |
| --- | --- |
| 起草人 | 工作职责 |
| 张民、沈国迪、赫建林、杨晓露、李钊、竺晓东、李科辉、潘卫东、潘佳静 | 牵头单位内部讨论，参与稀土标委会的讨论会、预审会和审定会；负责制订计划、起草文本、数据统计、意见收集和处理、修改等工作。 |
| 陈静武、戚植奇、王瑜、王春国、赵宁宁、陈海波、罗阳、付建龙、朱晓婷、张久磊、陈侃、张超越、贾生礼、赵毅、闫文龙、严长江、向春涛、董改华、林建强 | 参与讨论稿、预审稿和审定稿等阶段文本提出修改意见，并提供所在单位的性能数据。参与稀土标委会会议。 |

（三）研制背景

1、项目的必要性简述

1）烧结钕铁硼拼接永磁体为电机解决涡流发热问题的方案

在新能源汽车和智能网联汽车、轨道交通的驱动电机和工业电机应用领域，采用烧结钕铁硼拼接永磁体，可有效降低电机运行时涡流损耗，从而减轻电机降温的附加成本，给电机结构设计带来简单化、可靠性和轻量化。新能源汽车和智能网联汽车是中国的优势产业，在其产业链中的烧结钕铁硼永磁材料，晶界扩散工艺的应用，磁性能得到了快速提高，促进了烧结钕铁硼拼接永磁体成为电机设计的一种解决涡流发热问题的方案，该类烧结钕铁硼拼接永磁体处于快速发展阶段，市场前景广阔。

目前，主流的汽车整车厂商开发的新能源汽车已采用了拼接永磁体电机作为驱动电机。某知名盘式电机设计和制作商，主要为奔驰、雷诺、保时捷、法拉利等知名汽车商提供采用拼接永磁体的盘式电机。

国内轨道交通机车用永磁电机制作商如中车、经纬，在电机设计时也逐步采用拼接永磁体取代传统整体永磁体。目前宁波轨道交通四号线，五号线的驱动电机均采用了拼接永磁体。该两条轨道交通的路线目前稳定运行。

2）行业急需烧结稀土永磁体拼接工艺规范的国家标准

烧结稀土永磁体拼接工艺规范所提到的烧结钕铁硼拼接永磁体，采用了烧结钕铁硼永磁材料（GB/T 13560）或晶界扩散钕铁硼永磁材料（国标待发布），按内禀矫顽力大小分为特高矫顽力SH、超高矫顽力UH、极高矫顽力EH及至高矫顽力TH四个种类，属于高性能稀土磁性材料，是《“十四五”原材料工业发展规划》中新材料创新发展工程重点突破的关键材料品种。

《烧结稀土永磁体拼接工艺规范》属于《2022年全国标准化工作要点》（国标委发［2022］8号）的11.研制智能电网、智慧医疗、智能制造、智慧交通、智能家电、超高清视频、新能源汽车和智能网联汽车等领域急需标准，将健全高质量发展的标准化体系。

目前拼接永磁体存在着多片永磁体粘接时，永磁体间的粘接强度离散性较大、胶层的厚度一致性不高的技术问题；同时，电机设计人员对拼接永磁体缺少深刻认识，因而在电机设计时不敢采用拼接永磁体。为此，研制统一的标准，统一我国该类永磁体特有的工艺要求和质量要求，推广拼接永磁体技术，很有必要。

3）推广和应用烧结钕铁硼拼接永磁体，具有较大的社会效益和经济效益。

烧结稀土永磁体拼接工艺规范所提到的烧结钕铁硼拼接永磁体应用于宁波轨道交通四号线部分、五号线全部的驱动电机，是钕铁硼技术发展创新的成功案例，列车总能耗节能20%以上，具有较大的社会效益和经济效益。

参考文献：

裘文超，蒋晓东，黎少东，丁勇.宁波轨道交通4 号线车辆永磁同步牵引系统的研制［J］.铁道机动与动车，2021（8）：21-25.

2、项目的可行性简述

（1）起草单位标准研制技术能力

宁波韵升股份有限公司简称“宁波韵升”，股票代码：600366，成立于1994年，主营稀土永磁材料，是国家高新技术企业、国家技术创新示范企业、国家知识产权示范企业和国家制造业单项冠军产品企业，拥有国家企业技术中心、省重点企业研究院和人事部博士后科研工作站等创新平台，建有浙江省企业重点技术创新团队“韵升高性能稀土永磁材料及应用创新团队”，获得国家科技进步奖二等奖2项，国家专利优秀奖、浙江省、宁波市科技进步奖等一系列荣誉21项，近5年承担或参与科技部重点研发计划专项项目或课题6项，参与工信部专项5项。公司拥有稀土永磁材料发明专利95项，实用新型13项，2023年研发投入占比约3.8%。

公司掌握了高性能基体材料制备、晶界扩散制备等技术，开发出N58系列的N58、55M、52SH以及晶界扩散的52UH、50EH和54SH等牌号产品，主持或参与制定、修订国家标准，及时制修订企业标准，大大提高了企业技术软实力，宣传公司新技术、新工艺和新产品成果，加速产品在高档数控机床和机器人、先进轨道交通装备、节能与新能源汽车和高性能医疗器械等重点领域应用，客户为众多国际知名企业如美国Harman、Bose、Seagate，欧洲Continental，日本松下、三洋、日立、韩国三星和中国的比亚迪等，客户遍布美洲、欧洲和日本等全球30多个国家和地区。2022年实现产品年销售收入 542487.18 万元，市场占有率约8%，已经成为钕铁硼永磁材料行业较强影响力的企业之一。

公司有良好的标准化管理和工作基础，积极参与全国稀土标准化技术委员会和全国电工合金标准化技术委员会国家标准和行业标准制定、修订工作。公司制修订国家标准17项、其中主持制定国家标准3项，参与2项行业标准，完成浙江团体标准1项，目前主持在研该国家标准计划1项、申请立项1项。主持或参与制定了国家标准，如表2。

表2 韵升参与标准主要情况

| **序号** | **标准号** | **标准名称** | **主持/参与** |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | GB/T 34491-2017 | 烧结钕铁硼表面镀层 | 主持 |
| 2 | GB/T 40793-2021 | 烧结钕铁硼表面涂层 | 主持 |
| 3 | GB/T 42160-2022 | 晶界扩散钕铁硼永磁材料 | 主持 |
| 4 | GB/T 38090-2019 | 电动汽车驱动电机用永磁材料技术要求 | 参与 |
| 5 | GB/T 17951-2022 | 硬磁材料一般技术条件 | 参与 |
| 6 | GB/T 21219-2023 | 磁性材料 分类 | 参与 |

本标准编制组成员单位还有安徽大地熊新材料股份有限公司、赣州富尔特电子股份有限公司、包头金山磁材有限公司、中国科学院宁波材料技术与工程研究所、杭州千石科技有限公司、江西中石新材料有限公司、有研稀土（荣成）有限公司、包头稀土研究院、虔东稀土集团股份有限公司、福建省长汀金龙稀土有限公司、宁波同创强磁材料有限公司、杭州科德磁业有限公司、杭州美磁科技有限公司、杭州象限科技有限公司、有研稀土新材料股份有限公司、宁波科田磁业有限公司、中科三环（赣州）新材料有限公司、包头市英思特稀磁新材料股份有限公司和宁波招宝磁业有限公司拥有多年的烧结钕铁硼研究、生产经验，长期致力于高性能钕铁硼的设备和工艺技术开发，是国内极为重要的烧结稀土永磁体拼接技术规范生产企业与研究机构。

（2）已有标准体系的基础和研制标准的意义

钕铁硼相关现有标准包括GB/T13560-2017《烧结钕铁硼永磁材料》、GB/T 34495-2017《热压钕铁硼永磁材料》、GB/T 34490-2017《再生烧结钕铁硼永磁材料》、GB T 34491-2017《烧结钕铁硼表面镀层》、GB/T 38090-2019《电动汽车驱动电机用永磁材料技术要求》、GB/T 40793-2021 《烧结钕铁硼表面涂层》、GB/T 42160-2022《晶界扩散钕铁硼永磁材料》等产品标准，另外还有GB/T 40792-2021 《烧结钕铁硼永磁体失重试验方法》、GB/T 40794-2021《 稀土永磁材料高温磁通不可逆损失检测方法》方法标准。

已发布的GB/T 13560-2017《烧结钕铁硼永磁材料》，着重采用常规铸片、制粉、成型和烧结工艺生产技术的主要磁性能；GB/T 34490-2017《再生烧结钕铁硼永磁材料》着重用制粉再生等方法制备烧结钕铁硼的主要磁性能；还有GB/T 34495-2017《热压钕铁硼永磁材料》，这种采用热压热挤出的工艺生产的钕铁硼；而GB/T 18880-2012《粘结钕铁硼永磁材料》，阐述了采用快淬粉（GB/T 20168-2017《快淬钕铁硼永磁粉》）添加环氧树脂压制成型再固化或添加尼龙注射成型的钕铁硼磁体性能。GB/T 40790-2021《烧结铈及富铈永磁材料》 标准，着重体现添加La、Ce等元素后能够制备出磁体的主要磁性能，其性能牌号已包括了采用晶界扩散工艺制备的磁体性能。

烧结稀土永磁体拼接工艺规范将在GB/T13560-2017《烧结钕铁硼永磁材料》、《晶界扩散钕铁硼永磁材料》、GB/T 40790-2021《烧结铈及富铈永磁材料》、GB/T 4180-2012《稀土钴永磁材料》、GB T 34491-2017《烧结钕铁硼表面镀层》和GB/T 40793-2021 《烧结钕铁硼表面涂层》产品标准，以及一系列测试方法标准基础上，形成更加完善的标准体系（表3）。

（四）主要工作过程

1、预研阶段

宁波韵升股份有限公司在2005年开始从事拼接永磁体业务，目前已开发出近百种规格拼接永磁体的工艺和产品，自行设计、制造拼接自动化组装设备和检测设备，紧密地与客户合作，掌握了大批量生产技术，具备了进一步提升承接烧结钕铁硼拼接永磁体业务的能力。

2、立项阶段

2022年3月宁波韵升股份有限公司提出了《烧结钕铁硼拼接永磁体》立项建议书。5月27日全国稀土标准化技术委员会（简称稀标委）召开网络会议，对项目进行了评审，许多专家认为：现有永磁材料标准着重磁性能，有烧结钕铁硼永磁材料、再生钕铁硼永磁材料、热压、快淬磁粉、氢脆磁粉、烧结稀土永磁体拼接技术规范、铈磁体和粘接磁体等产品标准，建议新项目改成工艺或技术规范；另外大地熊代表提出需要包含烧结钐钴。6月份宁波韵升修改后上报给稀标委上网投票审批。11月宁波韵升配合稀标委为国标委评审中心答辩准备了讲稿。国家标准化管理委员在2023年8月6日正式下达《烧结稀土永磁体拼接技术规范》国家标准制定计划。

3、起草阶段

1. 全国稀土标准化技术委员会于2023 年9 月21在四川省成都市召开2023 年第六次稀土标准工作会议上完成了《烧结稀土永磁体拼接技术规范》国家标准的任务落实。2024年2月4日稀标委发出了国家标准计划落实的会议纪要。
2. 2024年2月7日宁波韵升建立了起草单位标准微信群。2024年2月23日、2月29日，牵头单位内部开会讨论，加以完善。3月4日在起草单位中开始讨论，3月9日获得了意见，共153条意见。3月27日宁波韵升内部对反馈意见讨论，处理后的意见表见表4。3月30日形成标准征求意见稿。

表4 起草单位发表意见处理汇总统计以及数据征集情况

| 单位 | 意见总数 | 采纳数 | 部分采纳数 | 不采纳数 | 占比 | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 采纳率 | 部分采纳率 | 采纳和部分采纳率 |
| 宁波材料技术与工程研究所 | 2 | 2 | 0 | 0 | 100% | 0% | 100% |
| 江西中石新材料有限公司 | 10 | 9 | 1 | 0 | 90% | 10% | 100% |
| 杭州美磁科技有限公司 | 6 | 5 | 1 | 0 | 83% | 17% | 100% |
| 福建省长汀金龙稀土有限公司 | 5 | 4 | 1 | 0 | 80% | 20% | 100% |
| 包头市英思特稀磁新材料股份有限公司 | 12 | 10 | 1 | 1 | 83% | 8% | 92% |
| 安徽大地熊新材料股份有限公司 | 4 | 3 | 1 | 0 | 75% | 25% | 100% |
| 杭州千石科技有限公司 | 4 | 3 | 1 | 0 | 75% | 25% | 100% |
| 宁波同创强磁材料有限公司 | 4 | 3 | 1 | 0 | 75% | 25% | 100% |
| 杭州科德磁业有限公司 | 21 | 10 | 8 | 3 | 48% | 38% | 86% |
| 虔东稀土集团股份有限公司 | 7 | 5 | 0 | 2 | 71% | 0% | 71% |
| 有研稀土（荣成）有限公司；有研稀土新材料股份有限公司 | 5 | 2 | 3 | 0 | 40% | 60% | 100% |
| 中科三环（赣州）新材料有限公司 | 14 | 10 | 2 | 2 | 71% | 14% | 86% |
| 包头稀土研究院 | 5 | 3 | 1 | 1 | 60% | 20% | 80% |
| 包头金山磁材有限公司 | 7 | 3 | 2 | 2 | 43% | 29% | 71% |
| 杭州象限科技有限公司 | 15 | 6 | 6 | 3 | 40% | 40% | 80% |
| 赣州富尔特电子股份有限公司 | 8 | 3 | 2 | 3 | 38% | 25% | 63% |
| 宁波科田磁业有限公司 | 24 | 8 | 5 | 11 | 33% | 21% | 54% |
| 合计 | 153 | 89 | 36 | 28 | 58% | 24% | 82% |

1. 2024年4月1日在起草单位再次征集意见，同时向外发出征求意见。

4、征求意见阶段

（1）2024年4月1日宁波韵升向外部发送了征求意见稿，发送单位数18个。截止4月10日回函的单位数17个，未回函的单位数1个，回函并有建议或意见的单位数11个共96条。另1家起草单位回函并有建议或意见7条。

**表5 征求意见稿征集情况**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 单位属性 | 单位个数 | 有反馈意见单位个数 | 意见条数 |
| 研究机构、大学或商会 | 6 | 4 | 45 |
| 稀土永磁材料企业 | 7 | 3 | 20 |
| 电机企业（用户单位） | 5 | 4 | 31 |
| 起草单位企业 | 19 | 1 | 7 |
| 合计 | 37 | 12 | 103 |

（2）2024年4月10日宁波韵升处理整理反馈意见，处理统计如下表6，采纳与部分采纳为67%。遗留1个问题需要讨论。根据采纳和部分采纳的意见，修改后形成了送审讨论稿。征求意见稿反馈意见处理统计见表6，具体处理请见表7。

表6 征求意见稿反馈意见处理统计

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 处理意见 | 条数 | 百分比 |
| 采纳 | 51 | 49.5% |
| 部分采纳 | 18 | 17.5% |
| 不采纳 | 31 | 30.1% |
| 不需要 | 1 | 1.0% |
| 已考虑 | 1 | 1.0% |
| **讨论（在预审会上）** | 1 | 1.0% |
| 合计 | 103 |  |

5、预审会议

（1）2024年4月24日在重庆召开预审会议。

二、标准编制原则、主要内容及其确定依据

1、编制原则

（1）查询相关标准和收集国内外客户的相关技术要求，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；

（2）根据目前国内烧结稀土拼接永磁体生产企业的具体情况及技术水平，结合烧结钕铁硼用户的要求及应用技术的发展趋势，确定过程控制技术规范，力求做到标准的合理性、实用性，与时俱进；

2、主要技术内容及其确定的依据

（1）内容确定

1)信息家电用烧结稀土永磁体拼接工艺规范

拼接技术过程包括稀土永磁材料设计、单元体制作、表面防护、充磁、粘胶组合、检验检测、包装。

所用稀土永磁材料和粘胶剂材料做了规定，包括稀土永磁材料毛坯状态的尺寸规格、磁性能，粘胶剂类型、室温剪切力和使用温度上限。机械加工工艺和设备提供了方案，机械加工后尺寸偏差和形位偏差做了规定。表面防护种类、工艺、镀层厚度、耐蚀性和结合力做了规定。在粘胶组合工序，要求采用粘胶定位夹具，拼接永磁体的胶层厚度、固化温度、拼接永磁体的剪切强度。获得的拼接永磁体，对磁偶极矩及一致性、湿热试验、胶层厚度、室温剪切强度、外观质量和尺寸的要求和试验方法做了规定。

2)电机用烧结稀土永磁体拼接技术规范

拼接技术过程包括稀土永磁材料设计、单元体制作、粘胶组合、机械加工、表面防护、充磁、检验检测、包装。

所用稀土永磁材料和粘胶剂材料做了规定，包括稀土永磁材料毛坯状态的尺寸规格、磁性能，粘胶剂类型、室温剪切力和使用温度上限。机械加工工艺和设备提供了方案，机械加工后尺寸偏差和形位偏差做了规定。在粘胶组合工序，要求采用粘胶定位夹具，拼接永磁体的胶层厚度、固化温度、拼接永磁体的胶层电阻和剪切强度。表面防护种类、工艺、镀层厚度、耐蚀性和结合力做了规定。获得的拼接永磁体，对磁偶极矩及一致性、高温磁通不可逆损失、胶层厚度、室温和高温剪切强度、胶层电阻、外观质量和尺寸的要求和试验方法做了规定。

另外电机用烧结稀土永磁体拼接特殊工艺技术规范，采用信息家电用烧结稀土永磁体拼接工艺流程，也是可选的方案。

1. 技术规范参数、引用材料或方法标准
2. 信息家电用烧结稀土永磁体拼接工艺规范

表8 信息家电用烧结稀土永磁体拼接技术规范参数、引用材料或方法标准

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **工序** | **材料或对象** | **工艺和设备** | **性能要求1** | **试验方法** | **性能要求2** | **试验方法** |
| 1 | 稀土永磁材料要求 | GB/T 13560 、GB/T 40790和GB/T 42160或GB/T 4180稀土永磁材料 | | 根据单元体尺寸、机械加工工艺，设计烧结稀土永磁材料毛坯状态的尺寸规格 | | | |
| 主要磁性能 | GB/T 3217或GB/T 29628 | 温度系数 | GB/T 24270或GB/T 29628 |
| 2 | 单元体机械加工 | 加工及设备标准中的表1 | | 尺寸及形位允许偏差标准中的表2、表C.2 | 应采用与要求相适应的量具测量尺寸 |  |  |
| 3 | 表面防护 | 经过电镀镍、电镀镍铜镍、复合电镀镍与化学镍、电镀锌等方法处理的单元体，其表面防护层厚度、耐蚀性和结合力应达到GB/T 34491规定的要求。镀锌引起尺寸偏差为±0.005mm、镀镍引起尺寸偏差为±0.010mm。 | | | | | |
| 4 | 充磁 | 在充磁设备和线圈中充磁使单元体磁偶极矩（磁通）达到饱和。如果有必要，在充磁设备和多极充磁线圈中充磁使粘合体表磁分布达到客户要求。单元体或粘合体之间宜放置非磁性隔离片。特殊要求由供需双方商定 | | | | | |
| 5 | 粘接组合 | 胶粘剂类型见表3 | 粘接定位夹具使粘胶面受力均匀；室温或高温固化 | 胶粘剂常温剪切强度≥8MPa；在80℃时剪切强度≥6MPa。 | GB/T 7124 | 胶层厚度0.005～0.02mm | 工具显微镜或影像仪。争议时：GB/T 6462 |
| 6 | 检验检测 | 拼接永磁体 | | 剪切强度 | 参照QJ/T 1634A | 湿热试验，持续时间24小时，拼接永磁体不脱胶 | GB/T 2423.50 |
| 磁偶极矩及一致性，表C.1 | GB/T 38437 | 目测外观质量。表面不应有影响使用的镀层脱落、镀层鼓包、溢胶、边角脱落等缺陷，边角脱落等外观缺陷的尺寸限制、数量及其它特殊要求由供需双方商定 | 尺寸偏差序号2、3和5的复合。方块类拼接永磁体尺寸偏差在0.04～0.10mm以内。相适应的量具测量 |
| 7 | 包装 | 拼接永磁体 | | 对取向方向不易辨别的产品，应标明充磁方向 | | 产品的包装、标志、运输和贮存GB 39176 | |

1. 电机用烧结稀土永磁体拼接技术规范

表9 电机用烧结稀土永磁体拼接技术规范参数、引用材料或方法标准

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **工序** | **材料或对象** | **工艺和设备** | **性能要求1** | **试验方法** | **性能要求2** | **试验方法** |
| 1 | 稀土永磁材料要求 | GB/T 13560 、GB/T 40790和GB/T 42160或GB/T 4180稀土永磁材料 | | 根据单元体尺寸、机械加工工艺设计烧结稀土永磁材料毛坯状态的尺寸规格 | | | |
| 主要磁性能 | GB/T 3217或GB/T 29628 | 温度系数 | GB/T 24270或GB/T 29628 |
| 2 | 单元体机械加工 | 加工及设备标准中的表1 | | 尺寸及形位允许偏差标准中的表2、表C.2、表C.3、表C.4 | 应采用与要求相适应的量具测量尺寸 |  |  |
| 3 | 粘接组合 | 胶粘剂类型见表3 | 粘接定位夹具使粘胶面受力均匀；室温或高温固化 | 常温剪切强度≥20MPa | GB/T 7124 | 胶层厚度0.03mm～0.2mm | 工具显微镜或影像仪。争议时：GB/T 6462 |
| 粘合体 | | 高温剪切强度表4 | QJ/T 1634A | 胶层电阻值要求由供需双方商定 | GB/T 31838.4 |
| 4 | 粘合体机械加工 | 加工及设备标准中的表1 | | 尺寸及形位允许偏差标准中的表2、表C.2、表C.3、表C.4 |  |  |  |
| 5 | 表面防护 | 经过磷化、喷涂环氧等方法处理的拼接永磁体，其表面防护层厚度、耐蚀性和结合力应达到GB/T 40793规定的要求。喷涂环氧后涂层引起尺寸偏差为±0.02 mm | | | | | |
| 6 | 检验检测 | 拼接永磁体 | | 室温剪切强度不低于8MPa  150℃剪切强度不低于3MPa  150℃老化剪切强度不低于5MPa | 参照QJ/T 1634A | 胶层厚度0.03mm～0.2mmmm | 工具显微镜或影像仪。争议时：GB/T 6462 |
| 目测外观质量。表面不应有影响使用的裂纹、砂眼、夹杂、边角脱落和胶缝气孔等缺陷，边角脱落等外观缺陷的尺寸限制、数量及其它特殊要求由供需双方商定 | 尺寸偏差为序号4和5的复合。 | 胶层电阻值要求由供需双方商定 | GB/T 31838.4 |
| 7 | 充磁 | 在充磁设备和线圈中充磁使单元体磁偶极矩（磁通）达到饱和。特殊要求由供需双方商定 | | 磁偶极矩及一致性，表C.1 | GB/T 38437 | 高温磁通不可逆损失 | GB/T 40794 |
| 8 | 包装 | 拼接永磁体 | | 对取向方向不易辨别的产品，应标明充磁方向 | | 产品的包装、标志、运输和贮存GB 39176 | |

标准中表1 机械加工工艺和设备

|  |  |
| --- | --- |
| **机械加工工艺** | **设备** |
| 磨削类加工 | 平磨、立磨、通过式双面磨、成型磨、双面磨（高精度）、内外圆磨和无心磨 |
| 切割类加工 | （单）线切割、内圆切片机、多线切割和激光切割 |
| 倒角加工 | 振磨、倒角机、成型磨和雕刻机 |

标准中表2 机械加工方块类的尺寸及形位允许偏差

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 尺寸范围  mm | 普通精度要求 | | 高精度要求 | | 垂直度  mm |
| 尺寸公差  mm | 平行度  mm | 尺寸公差  mm | 平行度  mm |
| ≤5 | ±0.02 | 0.02 | ±0.010 | 0.015 | 0.04 |
| ＞5～10 | ±0.03 | 0.03 | ±0.015 | 0.020 | 0.05 |
| ＞10～30 | ±0.03 | 0.04 | ±0.020 | 0.025 | 0.10 |
| ＞30～80 | ±0.04 | 0.05 | ±0.030 | 0.030 | 0.15 |
| ＞80 | ±0.05 | 0.06 | ±0.040 | 0.040 | 0.20 |

标准中表3 胶粘剂与粘合体高温剪切强度

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 胶粘剂类型 | 使用温度上限  ℃ | 粘合体高温剪切强度a  MPa  ≥ |
| 双组份丙烯酸胶、丙烯酸胶、双组份环氧胶 | 100 | 5 |
| 耐温型丙烯酸胶、双组份耐温型环氧胶、环氧胶 | 150 | 3 |
| 中温环氧胶 | 200 | 2 |
| 高温环氧胶 | 250 | 2 |
| a高温剪切强度是在使用温度上限的条件下恒温时测量的剪切强度。 | | |

标准中表C.1 拼接永磁体磁偶极矩一致性

|  |  |
| --- | --- |
| 永磁体质量  g | 磁偶极矩一致性  % |
| ≥10 | ≤5 |
| 5～＜10 | ≤6 |
| 0.5～＜5 | ≤8 |
| ＜0.5 | ≤12 |

标准中表C.2 机械加工瓦形、扇形类的尺寸及形位偏差

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 位置 | 尺寸范围  mm | 普通精度要求  mm | 高精度要求  mm |
| 壁厚 | ≤3 | ±0.020 | ±0.015 |
| ＞3～6 | ±0.025 | ±0.020 |
| ＞6 | ±0.035 | ±0.030 |
| 长度 | ≤10 | ±0.020 | ±0.015 |
| ＞10～30 | ±0.035 | ±0.020 |
| ＞30～80 | ±0.035 | ±0.030 |
| ＞80 | ±0.060 | ±0.040 |
| 轮廓度 | ≤10 | 0.10 | 0.08 |
| ＞10～20 | 0.10 | 0.08 |
| ＞20～50 | 0.15 | 0.10 |
| ＞50～80 | 0.20 | 0.15 |

标准中表C.3 机械加工圆柱类的尺寸及形位偏差

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 尺寸范围  mm | 普通精度要求 | | 高精度要求 | |
| 尺寸公差  mm | 圆度、圆柱度  mm | 尺寸公差  mm | 圆度、圆柱度  mm |
| ≤5 | ±0.015 | 0.020 | ±0.010 | 0.015 |
| ＞5～10 | ±0.02 | 0.030 | ±0.015 | 0.025 |
| ＞10～30 | ±0.025 | 0.035 | ±0.020 | 0.030 |
| ＞30～80 | ±0.035 | 0.045 | ±0.030 | 0.040 |
| ＞80 | ±0.04 | 0.050 | ±0.035 | 0.045 |

标准中表C.4 机械加工圆环类的尺寸及形位偏差

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 内孔尺寸范围  mm | 普通精度要求  mm | 高精度要求  mm | 同心度  mm |
| ≤3 | ±0.020 | ±0.015 | 0.06 |
| ＞3～10 | ±0.030 | ±0.025 | 0.07 |
| ＞10～30 | ±0.035 | ±0.030 | 0.08 |
| ＞30～50 | ±0.040 | ±0.035 | 0.10 |
| ＞50 | ±0.050 | ±0.040 | 0.12 |

三、试验验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果

1、试验结果

（1）\*\*试验验证

2、标准的先进性、创新性、标准实施后预期产生的经济效益和社会效益

本标准尚未检索到国际同类标准。

本标准规范了烧结稀土永磁体拼接技术规范，为钕铁硼行业、指导用户在烧结稀土拼接永磁体性能要求以及检验方法等方面提供依据，促进我国烧结稀土拼接永磁体工艺制备的性能规范化、标准化技术提升，从而实现我国稀土新材料的产业进步和发展。

四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况，或者与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况

本标准尚未检索到国际同类标准。

五、采标情况，以及是否合规引用或采用国际国外标准

经查，国外无相同类型的标准。本标准未采用（包括等同采用、修改采用及非等效采用）国际标准或国外先进标准。

六、与有关法律、法规的关系

本标准是完善了现有烧结钕铁硼标准化体系，具体请见“一、工作简况（三）研制背景2、项目的可行性简述（2）已有标准体系的基础和研制标准的意义”。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

1、标题、术语及英文

2、标准所包含的要求项目范围

3、主要磁性能

八、涉及专利的有关说明

本标准不涉及专利问题。

九、贯彻国家标准的要求，以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期的建议等措施建议

1、应在实施前保证文本的充足供应，使每个生产单位、检测机构和用户代表都能及时获得本标准文本，同时在“国家标准公开”网上提供免费阅读，这是保证新标准贯彻实施的基础。

2、建议起草单位通过发表解读标准的文章等形式，提供除标准文本外的内容扩展。本标准将作为烧结稀土永磁体拼接技术规范性能和检测的标准要求，可向企业和科研院校（所）推荐，组织生产和检测单位学习与宣贯。

3、建议本标准批准发布6个月后实施。

十、其它应当说明的事项

建议该标准为推荐性国家标准。

宁波韵升股份有限公司

2024年4月17日

**表3钕铁硼标准化体系**

| **类型** | **标准名称** | **标准覆盖范围** | **其他支撑标准** | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **过程产品标准或特定产品标准** | | **检测方法** | |
| 硬磁材料 | 硬磁材料一般技术条件GB/T 17951-2022 | 硬磁合金材料、硬磁陶瓷材料（硬磁铁氧体）和粘结硬磁材料3大类，细分11小类，包括稀土铁硼合金。 |  |  | 磁性材料居里温度的测量方法 第1部分：永磁材料20204848-T-339 | 永磁（硬磁）材料 磁性试验方法GB/T 3217  永磁材料磁性能温度系数测量方法GB/T 24270  永磁（硬磁）脉冲测量方法指南GB/T 29628 |
| 烧结钕铁硼 | 烧结钕铁硼永磁材料 GB/T 13560-2017 | 烧结钕铁硼基本磁特性 | 烧结钕铁硼表面镀层 GB/T 34491-2017 | 钕铁硼速凝薄片合金 GB/T 29655-2013 | 钕铁硼合金化学分析方法 XB/T 617.1～7-2014 | 钕铁硼废料化学分析方法XB/T 612.1～3 |
| 烧结钕铁硼表面涂层GB/T 40793-2021 | 氢碎钕铁硼永磁粉 GB/T 34494-2017 | 稀土永磁材料物理性能测试方法 第1部分：磁通温度特性的测定GB/T 31967.1 | 稀土永磁材料物理性能测试方法 第2部分：抗弯强度和断裂韧度的测定GB/T 31967.2 |
| 晶界扩散钕铁硼永磁材料GB/T 42160-2022 | 晶界扩散钕铁硼永磁材料和磁体特性 | **烧结稀土永磁体拼接工艺规范（本标准）** | 钕铁硼连铸用结晶辊YB/T 4545-2016 | 烧结钕铁硼永磁体失重试验方法GB/T 40792-2021 | 稀土永磁材料高温磁通不可逆损失检测方法GB/T 40794-2021 |
| 再生烧结钕铁硼永磁材料 GB/T 34490-2017 | 电动汽车驱动电机用永磁材料技术要求GB/T 38090-2019 | 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GB/T 39494-2020 | 进出口钕铁硼永磁材料中钕、镝、镨、镧、钴、硼、铝的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法SN/T 4242-2015 |
| 烧结铈及富铈永磁材料GB/T 40790-2021 | 含铈3%以上稀土铁硼磁体 | 钕铁硼生产加工回收料GB/T 23588-2020 | 风力发电机用烧结钕铁硼磁体NB/T 10212-2019 | 永磁体磁偏角的测量方法GB/T 43266-2023 |  |
| 粘结钕铁硼 | 粘结钕铁硼永磁材料 GB/T 18880-2012 | 粘结钕铁硼基本磁特性 | 快淬钕铁硼永磁粉 GB/T 20168-2017 | 各向异性钕铁硼永磁粉GB/T 41967-2022 |  |  |
| 热压钕铁硼 | 热压钕铁硼永磁材料 GB/T 34495-2017 | 热压钕铁硼基本磁特性 |  |  |  |  |

稀土国家标准《烧结稀土永磁体拼接技术规范》(送审讨论稿)编制说明

表7 征求意见稿意见汇总处理表

标准项目名称：《烧结稀土永磁体拼接技术规范》 承办人：沈国迪 共 11 页

标准项目负责起草单位：宁波韵升股份有限公司

电话：13586680396 2024年4月 1-16日填写

| **序号** | **标准章条编号** | **意见内容** | **提出单位** | **处理意见** | **备注** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 题目英文 | 标准英文名称与术语定义不一致。建议改为：Technical specification of sintered rare earth permanent magnet spliced。Splice 比laminate更贴切。sintered rare earth permanent magnet是专用词了，用Spliced比Spliceing好，符合英语语法。 | 西南应用磁学研究所 | 不采纳 | 英国客户用laminated magnet; 德国客户用segmented magnet。 |
| 2 | 题目英文 | 建议magnet改为复数 magnets。并且题目建议改成“Laminating technical specification of sintered rare earth permanent magnets ”或“ Sintered rare earth permanent magnets laminating technical specification ”。因为本标准是关于磁体的拼接技术规范，拼接修饰或限定的是技术规范；如果拼接修饰限定的是磁体，则为：laminating magnets更妥 。 | 宁波永久磁业有限公司 | 不采纳 | 讨论稿：Technical specification for laminating of sintered rare earth permanent magnets；网上计划：Technical specification of sintered rare earth permanent magnet laminating |
| 3 | 题目、3.1标题 | 题目英文翻译laminating与laminated，与中文的拼接一词不对应，建议修改 | 北京工业大学 | 不采纳 | 见上 |
| 4 | 1 | 范围内容“本文件规定了烧结稀土永磁体拼接工艺流程、烧结稀土永磁材料设计、单元体制作、表面防护、充磁、粘接组合、检测检验和包装等技术规范。”表述不准确，不规范。建议改为：“本文件规定了烧结稀土永磁体拼接工艺流程、拼接永磁体设计、磁体单元加工、表面防护、技术磁化、拼接、检验、试验和包装等技术规范”。解释：1、永磁材料和永磁体是两个不同概念和术语，不能混淆。永磁体是由永磁材料加工成一定形状和尺寸的元件。2、本文件不涉及永磁材料的设计，而是拼接永磁体。3、单元体概念不能准确反映本文件所述的特征。4、用“拼接”比用“粘接组合”更合适，与标准名称和主题一致。5、充磁不是标准术语，而是习惯用语。 | 西南应用磁学研究所 | 部分采纳 | 最终第一章已修改 |
| 5 | 3 | 该标准是否适用尺寸相仿的海尔贝克阵列（Halbach Array）磁体，如不含应说明，如包含，须在后续相应充磁、粘接、性能要求等处具体描述；如不包含，应说明，避免标准混淆使用 | 上海电器科学研究所（集团）有限公司 | 采纳 | 包含海尔贝克阵列（Halbach Array） |
| 6 | 3 | 建议把 术语3.1和3.2调换。3.1变成3.2，3.2变成3.1。 | 西南应用磁学研究所 | 不采纳 | 按重要性或出现的先后次序排列 |
| 7 | 3.1 | “烧结稀土拼接永磁体 sintered rare earth laminated permanent magnets。由烧结稀土永磁材料二片及以上叠加组成，片间采用胶粘剂或改性胶粘剂粘接”，建议改为：“拼接永磁体 permanent magnets Spliced由二个及以上永磁体单元拼接而成，磁体单元间采用胶粘剂或改性胶粘剂粘接。”注1： 必要时，永磁体单元在拼接前需要进行表面防护，见附录A。解释：1、术语越简洁越好；2、用拼接保持用于一致，拼接也易理解。3、这里不能用“烧结稀土永磁材料”术语，概念错误，永磁材料是无规定形状尺寸。删除注1和注2。 | 西南应用磁学研究所 | 不采纳 | 不同意删去粘合体术语。 |
| 8 | 3.1、3.2 | “二片及”改为“两片及”，符合语言逻辑 | 京磁材料科技股份有限公司 | 采纳 |  |
| 9 | 3.1及3.3 | 感觉“烧结稀土拼接永磁体”与“粘合体”的概念间没有联系，未阐述粘合体与拼接体的区别与联系,实际上的附录A中表明拼接工艺均来源于单元体、粘合体，因此拼接磁体应该要定义出拼接磁体与粘合体间的联系与区别，我理解为：粘合体为过程体，拼接体为最终产品的形态。另外，行文中多处有粘合体与拼接体的表述以及转化，难以理解什么形态叫粘合体，什么形态叫拼接永磁体。或者固化完成的粘合体可以称为拼接体？这里建议3.1写单元体，3.2写粘合体，烧结稀土拼接永磁体应该调整到3.3最后写，并且“烧结稀土拼接永磁体 ”的定义“由烧结稀土永磁材料二片及以上叠加组成，片间采用胶粘剂或改性胶粘剂粘接。” 改成“由烧结稀土永磁材料二片及以上叠加组成，片间采用胶粘剂或改性胶粘剂粘接。粘合体可以直接作为烧结稀土拼接永磁体，也可以对粘合体做进一步的机械加工而成为烧结稀土拼接永磁体。” 或者不互换3.1、3.3内容，将3.3的定义“由二片及以上单元体采用胶粘剂或改性胶粘剂粘接组成。”改成“由二片及以上单元体采用胶粘剂或改性胶粘剂粘接组成。粘合体可以作为拼接永磁体，也可以对粘合体进一步加工等处理而成为拼接永磁体。” | 宁波永久磁业有限公司 | 不采纳 | 提出单位理解是到位的。见第6条 |
| 10 | 3.2 | “单元体 component magnets由烧结稀土永磁材料采用机械加工与表面防护工艺或直接机械加工工艺制备的磁体。注3：附录A中粘结组合之前的过程对象就是单元体。”建议改为：“永磁体单元 unit of permanent magnets由烧结稀土永磁材料加工而成的独立永磁体。”注2：烧结稀土永磁材料是指稀土钴永磁材料（GB/T 4180）、烧结钕铁硼永磁材料（GB/T 13560）、晶界扩散钕铁硼永磁材料（GB/T 42160）和烧结铈及富铈永磁材料（GB/T 40790）。解释：1、本文件所指的加工还包含激光加工，见表1。2、附录A和B的拼接工艺流程所指的单元体（即永磁体单元）是在表面防护之前就加工而成了。3、注3的说明画蛇添足，应删除。4、在该术语下增加注2。 | 西南应用磁学研究所 | 部分采纳 | 单个磁体、删去注3 |
| 11 | 3.2 | 单元体 component magnets 中文与英文不严格对应：建议改为“单元磁体”或“componet parts” | 杭州美磁科技 | 不采纳 | Magnet切合本文件用语。 |
| 12 | 3.2 | “由烧结稀土永磁材料采用机械加工与表面防护工艺或直接机械加工工艺制备的磁体”磁体一词略显突兀，前后文都为永磁体。建议改为：“由烧结稀土永磁材料采用机械加工与表面防护工艺或直接机械加工工艺制备的永磁体” | 上海电驱动 | 采纳 |  |
| 13 | 3.3 | 粘合体 adherend magnets中文与英文不严格对应：建议改为“粘合磁体”或“adherend parts” | 杭州美磁科技 | 不采纳 | Magnet切合本文件用语。 |
| 14 | 3.3 | “粘合体”就是“拼接永磁体”，应删除“粘合体”术语，全文中出现“粘合体”的地方替换为“拼接永磁体” | 西南应用磁学研究所 | 不采纳 | 第5章：“粘合体”不等于“拼接永磁体”；有条件下是相同的 |
| 15 | 4.1 | 4,1 标题 “信息家电用烧结永磁体拼接工艺流程”改为“信息家电用拼接永磁体工艺流程”。正文内容“信息家电用烧结稀土永磁体拼接工艺流程见附录A图A.1。”改为“信息家电用拼接永磁体工艺流程见附录A图A.1。”解释：工艺流程A.1，不仅含有拼接，而且还有拼接永磁体设计、拼接前永磁体单元的加工等 | 西南应用磁学研究所 | 采纳 | 广义的“拼接”（就在标题中）是整个过程，而且在粘胶组合过程阐述中，不用拼接这词 |
| 16 | 4.2/5.2 | 叠片数较多（叠片系数低）及胶层较厚会影响“实际得材率”的，仍按照GBXXX要求磁性能是否可达到，请材料行业斟酌。如有影响，应按照“实际得材率”折算指标要求 | 上海电器科学研究所（集团）有限公司 | 采纳 | 不冲突。4.2/5.2是讲材料要求（改为材料要求），后续有磁偶极矩、磁通不可逆损失要求。 |
| 17 | 4.2 | “4.2　烧结稀土永磁材料设计”应该为“4.2　拼接永磁体设计”解释：不涉及烧结稀土永磁材料材料设计，而是拼接永磁体设计，包括拼接永磁体结构、永磁体单元等 | 西南应用磁学研究所 | 部分采纳 | 改成“烧结稀土永磁材料要求”，拼接永磁体设计、单元体设计的最终输出是提出烧结稀土永磁材料规格和磁性能要求。 |
| 18 | 4.2.1 | “4.2.1　拼接永磁体常见结构见附录B图B.1，根据拼接永磁体逐一设计单元体。”应该为：“4.2.1　拼接永磁体常见结构见附录B图B.1，根据拼接永磁体逐一设计永磁体单元，并在设计图中和实际永磁体单元上标注磁极。如果拼接永磁体所需的永磁体单元形状和尺寸不相同时，应对每个不同的永磁体单元进行编号”。 | 西南应用磁学研究所 | 不采纳 | 没有必要这么啰嗦。 |
| 19 | 4.2.2 | “4.2.2　根据单元体尺寸、机械加工工艺设计烧结稀土永磁材料规格。”应该为：“4.2.2　根据拼接永磁体结构，设计相应的永磁体单元。永磁体单元的设计包括形状、尺寸磁极方向与磁体磁偶极矩”。 | 西南应用磁学研究所 | 不采纳 | 拼接永磁体设计为过渡，目的是烧结稀土永磁材料要求。 |
| 20 | 4.2.2 | 改为：根据单元体尺寸、机械加工工艺进行烧结稀土永磁材料设计。与附录A.1说法对应 | 卧龙电气驱动集团股份有限公司 | 部分采纳 | 误解了。改成“烧结稀土永磁材料要求” |
| 21 | 4.2.2 | “永磁材料规格”建议改为：“永磁材料磁性能”后文描述都为磁性能要求，规格和永磁体比较搭。 | 上海电驱动 | 不采纳 | 存在误解。 |
| 22 | 4.2.3 | “4.2.3 烧结稀土永磁材料主要磁性能，包括剩磁Br、内禀矫顽力HcJ、矫顽力HcB、最大磁能积(BH)max，符合GB/T 13560 、GB/T 40790和GB/T 42160的N、M、H或SH品种要求，或符合GB/T 4180要求。”应该为：“永磁体单元所用烧结稀土永磁材料的的磁性能（最大磁能积(BH)max和内禀矫顽力HcJ）应满足拼接永磁体的性能要求，见4.2.4。烧结稀土永磁材料最大磁能积(BH)max和内禀矫顽力HcJ的测量按照GB/T 3217和GB/T 29628的规定进行。如对烧结稀土永磁材料磁性能温度系数有要求时，磁性能温度系数的测量按照GB/T 24270的规定进行。”解释：1、稀土永磁材料的最大磁能积(BH)max由剩磁Br和矫顽力HcB决定，因此永磁材料关键磁性能是最大磁能积(BH)max和内禀矫顽力HcJ，烧结稀土永磁材料的牌号也说明这一点。2、当HcJ超出GB/T 3217的规定时，应按GB/T 29628-2013（永磁(硬磁)脉冲测量方法指南）执行。 | 西南应用磁学研究所 | 部分采纳 | 删去品种限定。 |
| 23 | 4.2.3 | 建议去除“N、M、H或SH品种要求”，过于限制范围，最终牌号由客户设计端决定，也有用UH的 | 杭州美磁科技 | 采纳 | 3C用UH？ |
| 24 | 4.2.4 | 该条是否需要？对于单元体的检验，除了磁性能，还应该包括其他条款的内容。 | 卧龙电气驱动集团股份有限公司 | 采纳 |  |
| 25 | 4.2.4 | “4.2.4　烧结稀土永磁材料主要磁性能的测量按照GB/T 3217的规定进行。烧结稀土永磁材料磁性能温度系数的测量按照GB/T 24270的规定进行。”删除。此条应该为：“4.2.4　 拼接永磁体的磁偶极矩或表面磁通密度应满足合同书要求，不同拼接永磁体的磁偶极矩或表面磁通密度偏差应符合附录C.1规定”。 | 西南应用磁学研究所 | 不采纳 | 4.2节改成“烧结稀土永磁材料要求”。磁偶极矩等在检验检测中提到。 |
| 26 | 4.2.5 | 增加“4.2.5 拼接永磁体的尺寸与尺寸公差”规定拼接永磁体的尺寸与尺寸公差。 | 西南应用磁学研究所 | 不采纳 | 4.2是“烧结稀土永磁材料要求” |
| 27 | 4.3 | “4.3　单元体制作”建议改为：“4.3　永磁单元加工” | 西南应用磁学研究所 | 部分采纳 | 改为“单元体机械加工” |
| 28 | 4.3.1 | 建议改为：“推荐采用表1所示机械加工工艺和设备制作单元体。”表示推荐，5.3.1同改 | 桂林电器科学研究院有限公司 | 采纳 |  |
| 29 | 4.3.2 | 建议改为：“为达到粘合体尺寸允差要求和减少粘合体机械加工工作量，机械加工方块类的尺寸及形位允许偏差不宜超出表2的给定，机械加工瓦形、扇形类的尺寸及形位允许偏差不宜超出附录C中表C.2的给定。”表示推荐，5.3.2同改 | 桂林电器科学研究院有限公司 | 采纳 |  |
| 30 | 4.4 | 表面防护缺少驱动电机主流镀层的描述，如磷化或环氧镀层； | 方正电机 | 采纳 | 请见5.6.2 |
| 31 | 4.4、5.6 | 是否需要提及钐钴类磁体是否需要表面防护？具体防护层种类？ | 北京工业大学 | 不需要 | 钐钴情况请大地熊补充确认；原因是钐钴耐腐蚀的。 |
| 32 | 4.4.1 | “烧结钕铁硼类单元体一般采用锌或镍金属覆盖层防护”改为“烧结钕铁硼类单元体一般采用锌或镍金属涂层以及环氧涂层覆盖防护” | 京磁材料科技股份有限公司 | 部分采纳 | 特殊情况可以采用其他类的。如5.6.2，在5.10.2提到。 |
| 33 | 4.4.3 | 增加对环氧镀层的要求“环氧涂层双面后引起尺寸偏差为±0.010mm” | 京磁材料科技股份有限公司 | 不采纳 | 5.6.3有这部分内容。 |
| 34 | 4.4.3 | 建议改为：“单元体双面镀锌后引起尺寸偏差为±0.005 mm、双面镀镍后引起尺寸偏差宜在±0.010 mm以内。” | 桂林电器科学研究院有限公司 | 采纳 |  |
| 35 | 4.4.3 | “单元体镀锌双面后引起尺寸偏差为±0.005mm、镀镍双面后引起尺寸偏差为±0.010mm。”改为“单元体镀锌后镀层引起尺寸偏差为±0.005mm、镀镍后镀层引起尺寸偏差为±0.010mm。”，原表述有些不好理解。 | 宁波永久磁业有限公司 | 采纳 |  |
| 36 | 4.5 | 增加内容“如果有必要，磁片与磁片之间放置非磁性隔离片” | 京磁材料科技股份有限公司 | 采纳 |  |
| 37 | 4.5 | 改为：单元体充磁 | 卧龙电气驱动集团股份有限公司 | 部分采纳 | 见38条，大部分是Halbach Array，所以4.5就是单元体充磁，标题不强调单元体。 |
| 38 | 4.6 | 补充粘合体充磁要求 | 卧龙电气驱动集团股份有限公司 | 采纳 | 粘合体多极充磁在4.5中阐述。 |
| 39 | 4.6 | 4.6.1中“80℃时剪切强度不低于4MPa”的描述是否与“表3”冲突，如冲突应修改一致 | 上海电器科学研究所（集团）有限公司 | 采纳 | 改成6MPa |
| 40 | 4.6 | 永磁体价格远高于胶水价格，应规定“胶水的使用温度上限不低于永磁体的使用温度上限” | 上海电器科学研究所（集团）有限公司 | 采纳 |  |
| 41 | 4.6.1 | 表3中“粘合体高温剪切强度”中的高温是否就是“胶水的使用温度上限”？需明确。 | 上海电器科学研究所（集团）有限公司 | 采纳 |  |
| 42 | 4.6.1 | 表1放到4.3.1条后。表1格式建议调整，删除序号列，设备可以写在一个单元格中。 | 卧龙电气驱动集团股份有限公司 | 采纳 |  |
| 43 | 4.6.1：表1 | 在切割类加工一列增加“单线切割”，针对切割大尺寸、较厚产品。在倒角加工一列增加“精雕加工”，非规则曲面加工，只能使用雕刻机进行精雕加工 | 京磁材料科技股份有限公司 | 部分采纳 | 在线切割前，增加“（单）” |
| 44 | 4.6.1 | 胶粘剂剪切强度的高温仅定义到80℃，但在驱动电机里转子温度一般接近或高于150℃，推荐按照磁钢Hcj牌号温度等级关联 | 方正电机 | 部分采纳 | 请见5.10.2 |
| 45 | 4.6.1 | 建议改为：“胶粘剂常温剪切强度应（或宜）不低于8 MPa。胶粘剂在80 ℃时剪切强度应（或宜）不低于4 MPa。胶粘剂剪切强度测量按照GB/T 7124的规定执行。胶粘剂类型见表3。”如果是规定用“应”；如果是推荐用“宜” | 桂林电器科学研究院有限公司 | 采纳 |  |
| 46 | 4.6.1 | 表2放到4.3.2条后。 | 卧龙电气驱动集团股份有限公司 | 采纳 |  |
| 47 | 4.6.1 | 表2中垂直度改为90°±0.5° | 卧龙电气驱动集团股份有限公司 | 部分采纳 | 改成mm表示。 |
| 48 | 4.6.1 | “表3胶粘剂与粘合体高温剪切强度”，高温是什么意思？ | 卧龙电气驱动集团股份有限公司 | 采纳 |  |
| 49 | 4.6.1 | 表3中单体环氧胶有三个温度，是否可以统一规定一个温度？ | 卧龙电气驱动集团股份有限公司 | 不采纳 | 不是型号或牌号，是类型 |
| 50 | 4.6.1 | 粘合体高温剪切强度列单位重复 | 卧龙电气驱动集团股份有限公司 | 采纳 |  |
| 51 | 表3 | “≥”改为“≥”；删除第二行至第五行的“MPa” | 桂林电器科学研究院有限公司 | 采纳 |  |
| 52 | 4.6.2 | “在单元体的粘接面，均匀涂覆胶粘剂或改性胶粘剂...” 胶水是不是一定要均匀涂敷，不一定，主要是看胶缝填充效果，建议增加粘缝内胶水填充率这一概念的定义和要求，能分档描述最好； | 方正电机 | 不采纳 | 个性需求 |
| 53 | 4.6.2 | 建议改为：“在单元体的粘接面，应（或宜）均匀涂覆胶粘剂或改性胶粘剂，……”。如果是规定用“应”；如果是推荐用“宜” | 桂林电器科学研究院有限公司 | 采纳 |  |
| 54 | 4.7 | 建议增补粘胶两侧绝缘性相关测试描述或胶缝胶水填充率的测试要求 | 方正电机 | 不采纳 | 存在误解，此章节是非电机用 |
| 55 | 4.7.1 | “QJ 1634A”应为“QJ/T 1634A”。5.7.1.2,5.7.2.2同改 | 桂林电器科学研究院有限公司 | 采纳 |  |
| 56 | 4.7.2 | “24小时”改为“24 h”。5.7.2.2同改 | 桂林电器科学研究院有限公司 | 采纳 |  |
| 57 | 4.7.2 | 在4.6中补充湿热试验相关要求，作为该条对应依据 | 卧龙电气驱动集团股份有限公司 | 不采纳 | 避免阐述重复啰嗦现象。 |
| 58 | 4.7.3 | 在4.6中补充磁偶极矩及一致性要求，作为该条对应依据 | 卧龙电气驱动集团股份有限公司 | 不采纳 | 避免阐述重复啰嗦现象。 |
| 59 | 4.7.4 | 在4.6中补充外观质量要求，作为该条对应依据 | 卧龙电气驱动集团股份有限公司 | 不采纳 | 避免阐述重复啰嗦现象。 |
| 60 | 4.7.5 | 在4.6中补充尺寸要求，作为该条对应依据 | 卧龙电气驱动集团股份有限公司 | 不采纳 | 避免阐述重复啰嗦现象。 |
| 61 | 4.7.5 | 表述有问题。1.没有规定负偏差；2.如果偏差为0.02mm,判为不合格？可否改为“±0.12 mm以内”。建议改为：“方块类拼接永磁体尺寸偏差应在±0.04 mm～±0.12 mm以内,特殊要求由供需双方商定。应采用与要求相适应的量具测量。” | 桂林电器科学研究院有限公司 | 采纳 |  |
| 62 | 4.7.5 | “方块类拼接永磁体尺寸偏差在0.04～0.12mm以内”建议改为：“方块类拼接永磁体尺寸偏差在0.04～0.12mm”或者“方块类拼接永磁体尺寸偏差在0.04～0.12mm之间” | 上海电驱动 | 采纳 |  |
| 63 | 5.2.1 | 拼接永磁体常见结构见附录B图B.2。有些磁钢的胶缝不是垂直面的，也可能是斜面，甚至是多面，看是否适当增补这类结构； | 方正电机 | 部分采纳 | 增加多面的 |
| 64 | 5.2.2 | “粘合体可加工成多个拼接永磁体”建议改为：“粘合体可加工成多种拼接永磁体” | 上海电驱动 | 不采纳 | 提高生产效率，所以有粘合体机械加工工序。 |
| 65 | 5.2.2 | “附录B图B.3的a）、b）粘合体分别对应附录B图B.2的a）、b）拼接永磁体。”没有看出明确的对应关系。 | 上海电驱动 | 部分采纳 | 附录B图B.3的b）粘合体分别对应附录B图B.2的b）拼接永磁体，存在8倍关系。 |
| 66 | 5.2.3 | “永磁材料规格”建议改为：“永磁材料磁性能”同4.2.2 | 上海电驱动 | 不采纳 | 误解了。改成了“烧结稀土永磁材料要求” |
| 67 | 5.2.4 | 建议改为：“…，应符合GB/T 13560……” | 桂林电器科学研究院有限公司 | 采纳 |  |
| 68 | 5.2.4 | 建议去除“H、SH、UH、EH或TH”，过于限制范围，最终牌号由客户设计端决定，也有用M的 | 杭州美磁科技 | 采纳 |  |
| 69 | 5.2.4、5.2.5、5.8 | “粘合体”是否包含由不同材料牌号的“单元体”组成（电机实际使用中是可以有且需要的），如是，则检测的具体指标不宜约定“符合GB/T XXXX…要求”，而改为“协商约定”等；如不是，需在“3术语和定义”中写明。 | 上海电器科学研究所（集团）有限公司 | 采纳 | 结构设计问题，所以在5.2.1有阐述不同牌号的。 |
| 70 | 5.2.5 | 建议改为：“…，烧结稀土永磁材料磁性能温度系数按照GB/T 24270的规定测量或采用脉冲法测量。” | 桂林电器科学研究院有限公司 | 部分采纳 | 不限品种，改成统一阐述。 |
| 71 | 5.2.5 | “烧结稀土永磁材料主要磁性能的测量按照GB/T 3217或GB/T 29628的规定进行。烧结稀土永磁材料磁性能温度系数的测量按照GB/T 24270的规定进行或采用脉冲法测量。”如果拼块磁钢采用的是不同性能牌号的磁钢，这种磁钢的性能测试是否增加一些补充描述？ | 方正电机 | 采纳 | 结构设计问题，见69条 |
| 72 | 5.2.5 | 句末的“或采用脉冲法测量。”改成“或采用GB/T 29628脉冲法测量。”， 不然脉冲法测量有点唐突，不容易知道来源。 | 宁波永久磁业有限公司 | 采纳 |  |
| 73 | 5.3.2 | 建议改为：“机械加工方块类的尺寸及形位偏差不宜超出表的给定。机械加工瓦形、扇形类的尺寸及形位偏差不宜超出附录C中表C.2的给定。机械加工圆柱类的尺寸及形位偏差不宜超出附录C中表C.3的给定。机械加工圆环类的尺寸及形位偏差不宜超出附录C中表C.4的给定。” | 桂林电器科学研究院有限公司 | 采纳 |  |
| 74 | 5.4和5.7.1条 | 除了剪切强度，粘接的拉伸强度是否需要定义 | 比亚迪汽车工业有限公司 | 不采纳 | 胶粘剂原材料要求采用GB/T 7124《胶粘剂 拉伸剪切强度的测定（刚性材料对刚性材料）》拉伸方法测试剪切强度，而对于拼接永磁体，采用的是QJ/T 1634A的压缩剪切强度测试方法，原因是磁体脆性材料，拉伸不好装夹。目前没有可参考的标准方法来测试粘接的拉伸强度。 |
| 75 | 5.4和5.7.1条 | 除了静态粘接强度，是否需要定义动态激励下的粘接强度 | 比亚迪汽车工业有限公司 | 不采纳 | 指机械强度方面的动态机械，电机在随机强度振动或者正弦强度振动下的强度问题。个性需求。 |
| 76 | 5.4.1 | 调整表述，更准确通顺。即“依据粘合体结构设计能保证单元体粘胶面受力均匀的粘接定位夹具。”改为“依据粘合体结构，设计并采用能保证单元体粘胶面受力均匀的粘接定位夹具。” | 宁波永久磁业有限公司 | 采纳 |  |
| 77 | 5.4.2，5.4.3 | 在“不低于20 MPa”及“均匀涂覆胶粘剂或改性胶粘剂，…”前加“应” | 桂林电器科学研究院有限公司 | 采纳 |  |
| 78 | 5.4.4 | “粘合体胶层电阻值要求由供需双方商定”。电阻值的测试标准和方法是否能增加一些标准或要求？ | 方正电机 | 采纳 | 请见5.7.1.3 |
| 79 | 5.5.1 | 建议改为：“如需机械加工，推荐采用表1所示粘合体加工工艺及设备。”表示推荐 | 桂林电器科学研究院有限公司 | 采纳 |  |
| 80 | 5.6.1 | “烧结钕铁硼类拼接永磁体一般采用磷化膜、环氧或其他涂层物质表面防护。”改为“烧结钕铁硼类拼接永磁体一般采用磷化膜、环氧或其他涂层物质作为表面防护层。”，与下文5.6.2的防护层进行呼应。 | 宁波永久磁业有限公司 | 采纳 |  |
| 81 | 5.6.3 | “粘合体喷涂双面环氧后引起尺寸偏差为±0.02mm”改为“粘合体喷涂环氧后涂层引起尺寸偏差为±0.02mm”，原表述有些不好理解。 | 宁波永久磁业有限公司 | 采纳 |  |
| 82 | 5.7.1.2 | “拼接永磁体在室温时剪切强度不低于20MPa” | 京磁材料科技股份有限公司 | 不采纳 | 个性要求。粘胶剂的原材料要求和实际产品上拼接永磁体的剪切强度是不一样的。 |
| 83 | 5.7.1.2，5.7.2.1，5.7.2.2 | 建议改为：“剪切强度不低于…”改为“剪切强度应不低于…” | 桂林电器科学研究院有限公司 | 采纳 |  |
| 84 | 5.7.1.3 | “拼接永磁体胶层电阻的测量方式：将万用表调至200MΩ档位，用万用表的两个测试触点分别接触拼接永磁体的两个相邻单元体，查看示数，以测试相邻两个单元体之间的胶层电阻值，其电阻值在室温时不低于20MΩ。”原文标准内的测试方法过于复杂，不切合实际需要 | 京磁材料科技股份有限公司 | 不采纳 | 有这种操作。正规的按国家标准，仔细阅读国家标准后操作是很简单的。 |
| 85 | 5.7.2条 | 除了恒温老化影响，冷热冲击对粘接强度的影响是否需要考虑 | 比亚迪汽车工业有限公司 | 不采纳 | 个性要求 |
| 86 | 5.7.2 | 电机工作温度不同，选用永磁体的耐温等级也不同，统一150℃规定，有失客观性。建议改成“在磁体最高工作温度时，剪切强度…”，以与电机实际耐温匹配，亦符合系统设计中整体与局部的一致性原则 | 上海电器科学研究所（集团）有限公司 | 部分采纳 | 150℃是典型温度，与5.4.2的表3不矛盾，可以在表3中供需双方协商插入温度点和高温剪切强度值。 |
| 87 | 5.7.2 | 是否应该叫“耐温性”，容易与磁性能的工作耐温混淆，建议合并在“粘接特性”里面，或改成“结构耐温性”等 | 上海电器科学研究所（集团）有限公司 | 采纳 | 合并到粘接特性中 |
| 88 | 5.7.2.2 | “剪切强度不低于20MPa”，5MPa是否要求过低 | 京磁材料科技股份有限公司 | 不采纳 | 个性要求。粘胶剂的原材料要求和实际产品上拼接永磁体的剪切强度是不一样的。 |
| 89 | 5.8.1 | “如果有必要，磁片与磁片之间放置非磁性隔离片” | 京磁材料科技股份有限公司 | 采纳 | 宜 |
| 90 | 5.8.3 | “拼接永磁体高温磁通不可逆损失的测量按GB/T 40794的规定进行。”改为“拼接永磁体高温磁偶极矩（磁通）不可逆损失的测量按GB/T 40794的规定进行。”，全文中没有单独叫磁通的表述，也没必要为了迎合标准中的磁通叫法而生硬的取一个磁通的名称，还是附带原来的磁偶极矩比较好。 | 宁波永久磁业有限公司 | 不采纳 | 高温磁通不可逆损失用词，与GB/T 40794一致 |
| 91 | 5.9.1 | “可充磁交货，如果有必要，磁片与磁片之间放置非磁性隔离片” | 京磁材料科技股份有限公司 | 采纳 | 宜 |
| 92 | 5.10.1 | 建议改为：“电机用烧结稀土永磁体拼接特殊工艺流程参照附录A中的图A.1。” | 桂林电器科学研究院有限公司 | 采纳 |  |
| 93 | 5.10.1 | 电机用烧结稀土永磁体拼接特殊工艺流程按照附录A图A.1执行，应改为图A.2执行； | 安泰科技 | 部分采纳 | 在图A.1，标注电机用烧结稀土永磁体拼接特殊工艺流程 |
| 94 | 5.10.2 | “拼接永磁体工艺过程按照5.2.4、5.3、4.4或5.6、4.5、5.4、5.7、5.8.2、5.8.3和5.9要求执行”，该条包含有4.4、4.5，是否避免交叉引用。 | 卧龙电气驱动集团股份有限公司 | 已考虑 | 特殊流程需要 |
| 95 | A.2 | 电机用烧结稀土永磁体拼接工艺也有先充磁后拼接的， | 杭州美磁科技 | 采纳 | 在图A.1，标注电机用烧结稀土永磁体拼接特殊工艺流程 |
| 96 | 附录B | 图中表示长度、高度、宽度等物理量的L,H,W等英文字母应为斜体，而表示磁极的N,S则为正体 | 桂林电器科学研究院有限公司 | 采纳 |  |
| 97 | B.1 | b和c示意图表达是同一意思，建议保留一个 | 杭州美磁科技 | 采纳 |  |
| 98 | B.2 | 建议增加Halbach示意图（比如多极圆环Halbach） | 杭州美磁科技 | 采纳 |  |
| 99 | 图B.2 | 增加两方向拼接、海尔贝克阵列（Halbach Array）拼接2个图 | 京磁材料科技股份有限公司 | 采纳 |  |
| 100 | 表C.1 | m应为斜体“m” | 桂林电器科学研究院有限公司 | 部分采纳 | 删去m |
| 101 | 附录D | 附录D在正文未提及。看了一下不便在正文中提及，建议改为在正文中表述。建议在正文中表述，增加第6章。6 拼接永磁体的应用6.1 信息家电用拼接永磁体……6.2 电机用拼接永磁体…… | 桂林电器科学研究院有限公司 | 部分采纳 | 合并于附录A中 |
| 102 | 全文 | 数字与单位之间应有1/4个汉字的间隙。如4.4.3，4.6.1，4.7.5…… | 桂林电器科学研究院有限公司 | 采纳 |  |
| 103 | 总体 | 1、术语、概念混用，不统一，不规范；2、感觉本文内容与标准名称不一致，既不是拼接永磁体的拼接技术，也不是拼接永磁体的产品规范，而是包括了拼接永磁体的设计、加工、拼接、产品性能与检验、试验、交货等。但是又有许多要求缺失，不好修改。否则需要全文大改。 | 西南应用磁学研究所 | 讨论 | 标准名称改成：烧结稀土拼接永磁体技术规范；**标准名称改成：烧结稀土拼接永磁体制造技术规范（意向）；**或者不改，原因序号15提到：广义的“拼接”（就在标题中）是整个过程，而且在粘胶组合中，不用拼接这词 |

说明（1）发送《征求意见稿》的单位数：18个；

（2）收到《征求意见稿》后，回函的单位数：17个；

（3）收到《征求意见稿》后，回函并有建议或意见的单位数：11个；

（4）没有回函的单位数：1个。

另1家起草单位回函并有建议或意见。