稀土国家标准《晶界扩散钕铁硼永磁材料》(送审讨论稿)编制说明

1. 工作简况

（一）任务来源

1、计划批复

根据国家标准化管理委员委关于下达2020年第二批推荐性国家标准计划的通知（国标委发〔2020〕37号），“国标委”《晶界扩散钕铁硼永磁材料》国家标准制定计划正式下达，项目计划编号为20202885-T-469，完成年限为2022年。

2、任务落实和进度概况

全国稀土标准化技术委员会于2020年9月11日在陕西省西安市召开的《2020年度第五次稀土标准工作会议》上完成了《晶界扩散钕铁硼永磁材料》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。《晶界扩散钕铁硼永磁材料》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、北京中科三环高技术股份有限公司、北京工业大学、有研稀土新材料股份有限公司、包头稀土研究院、赣州富尔特电子股份有限公司、中国科学院宁波材料技术与工程研究所、福建省长汀金龙稀土有限公司、中国北方稀土（集团）高科技股份有限公司等，同时确定标准制定工作进度，2020年11月30日前起草单位提出标准意见稿发至各有关单位及稀土标委会秘书处征求意见；于2021年2月28日前起草单位完成意见汇总， 2021年3月30日完成预审稿，2021年6月09日前完成预审会上所提出的意见修改，2021年8月26日进行审定。

（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。

烧结钕铁硼表面涂层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、北京中科三环高技术股份有限公司、北京工业大学、有研稀土新材料股份有限公司、包头稀土研究院、赣州富尔特电子股份有限公司、中国科学院宁波材料技术与工程研究所、福建省长汀金龙稀土有限公司、中国北方稀土（集团）高科技股份有限公司、包头天和磁材科技股份有限公司等起草人员组成。

征求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，是国家知识产权示范企业。公司牵头制定已发布国家标准1项，参与4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。

参加单位具体参与工作情况请见表1。

表1 参加单位发表意见条数以及数据征集情况

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 单位 | 讨论稿  2020-11-18处理 | | | 年会讨论会上  2020-12-3处理 | | | 性能数据征集 |
| 采纳 | 部分采纳 | 不采纳 | 采纳 | 部分采纳 | 不采纳 |
| 宁波韵升股份有限公司 | 起草、讨论和征集意见 | | | 1 | 1 | 0 | ★ |
| 安徽大地熊新材料股份有限公司 | 4 | 10 | 8 | 2 | 0 | 1 | ☆ |
| 北京中科三环高技术股份有限公司 | 5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | ☆ |
| 北京工业大学 | 4 | 2 | 2 | 1 | 0 | 1 |  |
| 有研稀土新材料股份有限公司 | 3 | 4 | 3 | 0 | 0 | 0 |  |
| 包头稀土研究院 | 2 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 |  |
| 赣州富尔特电子股份有限公司 | 3 | 2 | 4 | 0 | 0 | 0 |  |
| 中国科学院宁波材料技术与工程研究所 | 1 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 |  |
| 福建省长汀金龙稀土有限公司 | 4 | 1 | 7 | 0 | 0 | 0 | ☆ |
| 中国北方稀土（集团）高科技股份有限公司 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |  |
| 包头天和磁材科技股份有限公司 | 3 | 2 | 5 | 4 | 0 | 0 | ☆ |
| 钢铁研究总院（出席年会） |  |  |  | 0 | 1 | 0 |  |
| 小计 | 29 | 26 | 35 | 8 | 3 | 2 |  |

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2。

表2 主要起草人及工作职责

|  |  |
| --- | --- |
| 起草人 | 工作职责 |
| 吕向科、张民、沈国迪、梁凤基 | 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。 |
| 刘友好、金国顺、岳明、罗阳、付建龙、戚植奇、宋振纶、张久磊、娄树普、董义、黄秀莲、曹朔豪、刘卫强、闫文龙、庞再升、杨丽景、姜建军 | 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。 |

（三）主要工作过程

1、起草阶段

1. 2020年9月11日全国稀土标准化技术委员会在陕西省西安市召开的《2020年度第五次稀土标准工作会议》上完成了《晶界扩散钕铁硼永磁材料》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。
2. 2020年11月12日宁波韵升内部讨论形成标准**草案稿**，在起草单位标准起草微信群发布，征求起草单位内的意见；11月18日形成了意见汇总处理表Ⅰ（表1中的讨论稿栏目）。2020年11月23日宁波韵升内部讨论形成标准年会**会议讨论稿**，供年会讨论。
3. 2020年11月27日参加了在张家口市举办的2020年度全国稀土标准技术委员会年会上讨论了意见汇总处理表Ⅰ和标准会议讨论稿；专家在会上或会后发表意见共13条。
4. 2020年12月3日宁波韵升内部讨论形成意见汇总处理表Ⅱ（表1中的年会讨论会上）和征求意见稿，12月4日再次在起草单位标准起草微信群发布；截止12月11日起草单位无意见。

2、征求意见阶段

征求了20家单位意见，其中4家没有意见，其他16家回复了74条，不采纳32条，不采纳率为43.2%。意见处理汇总表请见附件。

表3 征求意见阶段处理汇总结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **单位** | **意见条数** | **不采纳条数** | **不采纳率** | **采纳条数** | **部分采纳条数** | **其他** |
| 1 | 杭州美磁科技有限公司 | 3 | 0 | 0.0% | 1 | 2 | 0 |
| 2 | 浙江鑫盛永磁科技有限公司 | 3 | 0 | 0.0% | 1 | 2 | 0 |
| 3 | 中国稀土学会 | 2 | 0 | 0.0% | 2 | 0 | 0 |
| 4 | 宁波市磁性材料商会 | 2 | 0 | 0.0% | 0 | 2 | 0 |
| 5 | 浙江东阳东磁稀土有限公司 | 2 | 0 | 0.0% | 1 | 1 | 0 |
| 6 | 宁德市星宇科技有限公司 | 2 | 0 | 0.0% | 1 | 1 | 0 |
| 7 | 京磁材料科技股份有限公司 | 1 | 0 | 0.0% | 1 | 0 | 0 |
| 8 | 桂林电气科学研究院有限公司 | 9 | 1 | 11.1% | 7 | 1 | 0 |
| 9 | 西南应用磁学研究所 | 13 | 5 | 38.5% | 3 | 4 | 1 |
| 10 | 横店集团东磁股份有限公司 | 8 | 3 | 37.5% | 2 | 2 | 1 |
| 11 | 中国计量科学研究院 | 2 | 1 | 50.0% | 1 | 0 | 0 |
| 12 | 宁波招宝磁业有限公司 | 4 | 3 | 75.0% | 1 | 0 | 0 |
| 13 | 宁波科田磁业有限公司 | 14 | 11 | 78.6% | 2 | 1 | 0 |
| 14 | 上海电驱动股份有限公司 | 7 | 6 | 85.7% | 0 | 1 | 0 |
| 15 | 宁波金鸡强磁股份有限公司 | 1 | 1 | 100.0% | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 安泰科技股份有限公司 | 1 | 1 | 100.0% | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 宁波永久磁业有限公司 | 0 | 0 | - | 0 | 0 | 0 |
| 18 | 烟台首钢磁性材料股份有限公司 | 0 | 0 | - | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 卧龙电气（上海）中央研究院有限公司 | 0 | 0 | - | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 上海大郡动力控制技术有限公司 | 0 | 0 | - | 0 | 0 | 0 |
|  | 合计 | 74 | 32 | 43.2% | 23 | 17 | 2 |

另外起草单位中有2家（安徽大地熊新材料股份有限公司、有研稀土新材料股份有限公司）发表了30条意见，不采纳11条，不采纳率为36.7%。

3、审定阶段

待

4、报批阶段

待

二、标准编制原则

标准负责起草单位在任务落实会上广泛地征求了与会专家和代表的意见，确定了制订的方案；确定了标准起草原则、主要内容框架和依据：

1. 依据国家相关的法律、法规；
2. 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；
3. 根据目前国内烧结钕铁硼表面涂层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，确定技术指标，力求做到标准的合理性、实用性，与时俱进；
4. 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。

三、标准主要内容、确定依据及主要试验和验证情况分析

（一）标准的主要内容、确定的依据

本标准为制定标准，过程中主要对以下几个方面进行了确认：

1. 本文件规定了晶界扩散钕铁硼永磁材料的品种与牌号、要求、试验方法、检验规则和包装、标志、运输、贮存。本文件适用于经晶界扩散工艺处理的钕铁硼永磁材料。
2. 本文件引用了以下文件：

GB/T 2828.1-2012 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 3217 永磁（硬磁）材料 磁性试验方法

GB/T 3850 致密烧结金属材料与硬质合金 密度测定方法

GB/T 4339 金属材料热膨胀特征参数的测定

GB/T 5166 烧结金属材料和硬质合金弹性模量测定

GB/T 5167 烧结金属材料和硬质合金电阻率的测定

GB/T 6525 烧结金属材料室温压缩强度的测定

GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB/T 9097 烧结金属材料（不包括硬质合金） 表观硬度和显微硬度的测定

GB/T 9637 电工术语 磁性材料与元件

GB/T 13560 烧结钕铁硼永磁材料

GB/T 22588 闪光法测量热扩散系数或导热系数

GB/T 24270 永磁材料磁性能温度系数测量方法

GB/T 29628 永磁（硬磁）脉冲测量方法指南

[GB/T 31967.2](http://www.sac.gov.cn/SACSearch/search?channelid=97779&templet=gjcxjg_detail.jsp&searchword=STANDARD_CODE=%27GB/T%2031967.2-2015%27&XZ=T) 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 34491 烧结钕铁硼表面镀层

GB/T 38437 用抽拉或旋转方式测量铁磁材料样品磁偶极矩的方法

GB 39176 稀土产品的包装、标志、运输和贮存

GB/T \*\*\*\*\* 烧结钕铁硼表面涂层

GB/T \*\*\*\*\* 烧结钕铁硼永磁体失重试验方法

GB/T \*\*\*\*\* 稀土永磁体高温磁通不可逆损失检测方法

1. 本文件的术语和定义

GB/T 9637和GB/T 13560界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

本文件仅定义了所涉及的“晶界扩散钕铁硼永磁材料”一个术语，如下表4。

永磁材料用permanent magnet materials，原因解释如下：

1. 美国磁性材料制造协会（MAGNETIC MATERIALS PRODUCERS ASSOCIATION）有一标准，编号为MMPA0100-00，名称为STANDARD SPECIFICATIONS FOR PERMANENT MAGNET MATERIALS
2. GB/T 3217-2013 永磁（硬磁）材料 磁性试验方法，其对应的英文名称为permanent magnet （magnetically hard）materials—Methods of measurement of magnetic properties。其中magnetically hard materials［来源：GB/T 9637-2001 221-01-14永磁材料、硬磁材料］。
3. 对本文件来说，涉及磁体和材料，永磁材料用permanent magnet materials较确切。

**表4 主要术语和定义总结表**

| **序号** | **术语** | **英文** | | **定义** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **对应术语** | **出处** |
| 1 | 晶界扩散钕铁硼永磁材料 | grain boundary diffusion NdFeB permanent magnet materials | grain boundary diffusion为固定搭配。NdFeB对应钕铁硼,简洁,而不采用繁冗的neodymium iron boron。永磁材料用permanent magnet materials | 对烧结钕铁硼永磁材料（GB/T 13560）进行晶界扩散工艺（3.2）处理后制成的永磁材料。 |
| 2 | 晶界扩散工艺 | grain boundary diffusion technology |  | 晶界扩散工艺是指通过热处理，使得重稀土元素沿着烧结钕铁硼永磁体的晶界，从永磁体表面扩散进入永磁体内部，提升烧结钕铁硼永磁体的内禀矫顽力。 |

1. 本文件晶界扩散钕铁硼永磁材料按内禀矫顽力大小特征分为高矫顽力H（*H*cJ≥1353 kA/m）、特高矫顽力SH（*H*cJ≥1592 kA/m）、超高矫顽力UH（*H*cJ≥1990 kA/m）、极高矫顽力EH（*H*cJ≥2388 kA/m）、至高矫顽力TH（*H*cJ≥2786 kA/m）五个品种。

每个品种由若干个牌号组成，牌号以第二个磁特征最大磁能积区分。

晶界扩散钕铁硼永磁材料的牌号由材料制造特征、主称、磁特征组成。第一部分G，表示材料制造特征的晶界扩散工艺；第二部分为主称由钕的元素符号Nd、铁的元素符号Fe和硼的元素符号B组成，即NdFeB；第三部分为斜线前的数字，是钕铁硼材料最大磁能积(*BH*)max的标称值（单位为kJ/m3）；第四部分为斜线后的数字，是钕铁硼材料内禀矫顽力*H*cJ的最小值（单位为kA/m）的十分之一，数值采用四舍五入取整。

1. 本文件提出了附录A晶界扩散钕铁硼永磁材料的化学成分、制造工艺、内部*H*cJ的变化及应用；附录B晶界扩散钕铁硼永磁材料习惯上采用CGS单位制牌号与牌号对照；附录C 晶界扩散钕铁硼永磁材料的磁性能温度系数；附录D晶界扩散钕铁硼永磁材料的其它物理性能；附录E永磁体尺寸及形位偏差。这些附录都为资料性，仅供用户设计使用、双方交流参考，不作验收依据和拒绝的依据。

（二）主要技术内容说明

1、牌号的确定

根据工作计划，宁波韵升确定了本文件晶界扩散钕铁硼永磁材料涉及的牌号即技术内容的范围。

本文件是在烧结钕铁硼基础上的晶界扩散永磁材料，没有涉及热压钕铁硼永磁材料，主要原因是热压市场小，考虑热压晶界扩散存在市场小和可实现提高内禀矫顽力的技术路线存在问题；另一方面也没有涉及烧结铈及富铈永磁材料，主要原因是在”烧结铈及富铈永磁材料”标准的附录中已经声明用晶界扩散工艺。

目前N、M系列采用晶界扩散，与H以上系列牌号相比，市场需求低、竞争优势还不明显表现、技术成熟度处于雏形阶段。矫顽力达到40kOe的需求和竞争力存在问题。这些可待后续提出单独立项或修改解决。

考虑目前常规工艺制备的晶界扩散基体材料所含的重稀土Dy、Tb的水平以及磁性能所处的水平，最后确定36个牌号，如下：

G-NdFeB-415/135（G52H）、G-NdFeB-435/135（G55H）、G-NdFeB-450/135（G57H）、G-NdFeB-360/159（G45SH）、G-NdFeB-380/159（G48SH）、G-NdFeB-400/159（G50SH）、G-NdFeB-415/159（G52SH）、G-NdFeB-435/159（G55SH）、G-NdFeB-260/199（G33UH）、G-NdFeB-280/199（G35UH）、G-NdFeB-300/199（G38UH）、G-NdFeB-320/199（G40UH）、G-NdFeB-335/199（G42UH）、G-NdFeB-360/199（G45UH）、G-NdFeB-380/199（G48UH）、G-NdFeB-400/199（G50UH）、G-NdFeB-415/199（G52UH）、G-NdFeB-430/199（G54UH）、G-NdFeB-220/239（G28EH）、G-NdFeB-240/239（G30EH）、G-NdFeB-260/239（G33EH）、G-NdFeB-280/239（G35EH）、G-NdFeB-300/239（G38EH）、G-NdFeB-320/239（G40EH）、G-NdFeB-335/239（G42EH）、G-NdFeB-360/239（G45EH）、G-NdFeB-380/239（G48EH）、G-NdFeB-400/239（G50EH）、G-NdFeB-220/279（G28TH）、G-NdFeB-240/279（G30TH）、G-NdFeB-260/279（G33TH）、G-NdFeB-280/279（G35TH）、G-NdFeB-300/279（G38TH）、G-NdFeB-320/279（G40TH）、G-NdFeB-335/279（G42TH）、G-NdFeB-360/279（G45TH）。

GB/T13560-2017相比，G52H、G55H、G57H、G50SH、G52SH、G55SH、G48UH、G50UH、G52UH、G54UH、G45EH、G48EH、G50EH、G40TH、G42TH和G45TH 16个牌号的磁性能是新立，另外G48SH、G45UH、G42EH 和G38TH4个牌号的内禀矫顽力比GB/T13560-2017性能相对应的牌号的高1kOe。

2、主要磁性能数据的确定

1. 在确定了以上36个牌号后，首先统一*H*cJ。H品种，*H*cJ为17kOe；SH品种，*H*cJ为20kOe；UH品种，*H*cJ为25kOe；EH品种，*H*cJ为30kOe；TH品种，*H*cJ为35kOe。
2. 其次依据了以下原则，具体请见表5。
3. H品种，综合性能≥67，*(BH)*max的上下差为-3～1 MGOe；
4. SH品种，综合性能≥68，*(BH)*max的上下差为-3～1 MGOe；综合性能＜68，*(BH)*max的上下差为-2～1 MGOe；
5. UH品种，综合性能≥70，*(BH)*max的上下差为-3～1MGOe；综合性能＜70，*(BH)*max的上下差为-2～1 MGOe；
6. EH品种，综合性能≥72，*(BH)*max的上下差为-3～1MGOe；综合性能＜72，*(BH)*max的上下差为-2～1 MGOe；
7. TH品种，综合性能≥75，*(BH)*max的上下差为-3～1MGOe；综合性能＜75，*(BH)*max的上下差为-2～1 MGOe。

即(G50H没有列入)、G48SH、G45UH、G42EH和G40TH为界限，以上牌号（包括界限）*(BH)*max的上下差为-3～1 MGOe，以下牌号*(BH)*max的上下差为-2～1 MGOe,。

**表5 *(BH)*max下差根据综合磁性能的档次**

| **品种** | **牌号** | **CGS单位制牌号** | ***(BH)*max，MGOe** | | **综合磁性能**  ***(BH)*max+*H*cJ** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **下差** | **上差** |
| H | G-NdFeB-415/135 | G52H | -3 | 1 | 69 |
| G-NdFeB-435/135 | G55H | -3 | 1 | 72 |
| G-NdFeB-450/135 | G57H | -3 | 1 | 74 |
| SH | G-NdFeB-360/159 | G45SH | -2 | 1 | 65 |
| G-NdFeB-380/159 | G48SH | -3 | 1 | 68 |
| G-NdFeB-400/159 | G50SH | -3 | 1 | 70 |
| G-NdFeB-415/159 | G52SH | -3 | 1 | 72 |
| G-NdFeB-435/159 | G55SH | -3 | 1 | 75 |
| UH | G-NdFeB-260/199 | G33UH | -2 | 1 | 58 |
| G-NdFeB-280/199 | G35UH | -2 | 1 | 60 |
| G-NdFeB-300/199 | G38UH | -2 | 1 | 63 |
| G-NdFeB-320/199 | G40UH | -2 | 1 | 65 |
| G-NdFeB-335/199 | G42UH | -2 | 1 | 67 |
| G-NdFeB-360/199 | G45UH | -3 | 1 | 70 |
| G-NdFeB-380/199 | G48UH | -3 | 1 | 73 |
| G-NdFeB-400/199 | G50UH | -3 | 1 | 75 |
| G-NdFeB-415/199 | G52UH | -3 | 1 | 77 |
| G-NdFeB-430/199 | G54UH | -3 | 1 | 79 |
| EH | G-NdFeB-220/239 | G28EH | -2 | 1 | 58 |
| G-NdFeB-240/239 | G30EH | -2 | 1 | 60 |
| G-NdFeB-260/239 | G33EH | -2 | 1 | 63 |
| G-NdFeB-280/239 | G35EH | -2 | 1 | 65 |
| G-NdFeB-300/239 | G38EH | -2 | 1 | 68 |
| G-NdFeB-320/239 | G40EH | -2 | 1 | 70 |
| G-NdFeB-335/239 | G42EH | -3 | 1 | 72 |
| G-NdFeB-360/239 | G45EH | -3 | 1 | 75 |
| G-NdFeB-380/239 | G48EH | -3 | 1 | 78 |
| G-NdFeB-400/239 | G50EH | -3 | 1 | 80 |
| TH | G-NdFeB-220/279 | G28TH | -2 | 1 | 63 |
| G-NdFeB-240/279 | G30TH | -2 | 1 | 65 |
| G-NdFeB-260/279 | G33TH | -2 | 1 | 68 |
| G-NdFeB-280/279 | G35TH | -2 | 1 | 70 |
| G-NdFeB-300/279 | G38TH | -2 | 1 | 73 |
| G-NdFeB-320/279 | G40TH | -3 | 1 | 75 |
| G-NdFeB-335/279 | G42TH | -3 | 1 | 77 |
| G-NdFeB-360/279 | G45TH | -3 | 1 | 80 |

1. 再次依据了公式

计算*B*r的最小值。

此时的*(BH)*max为各个牌号的下限值，其中H品种，μrec=1.036；SH、 EH、UH、TH品种品种，μrec=1.035。

1. 最后，依据了公式

计算*H*cB的最小值。

此时的*B*r为各个牌号的最小值，计算*H*cB时统一按*μ*rec=1.04，同时*H*cB归整到3个有效数字（CGS制）。

主要磁性能数据请见表12。

3、磁性能数据的收集

参与单位提供了晶界扩散钕铁硼永磁材料磁性能检测数据，请见表6晶界扩散钕铁硼永磁材料磁性能检测结果。

4、磁性能温度系数数据的收集

参与单位提供了晶界扩散钕铁硼永磁材料磁性能温度系数检测数据，请见表7晶界扩散钕铁硼永磁材料磁性能温度系数检测结果。

5、其它物理性能、失重及高温磁通不可逆损失数据的收集

参与单位提供了晶界扩散钕铁硼永磁材料其它物理性能、失重及高温磁通不可逆损失检测数据，请见表8晶界扩散钕铁硼永磁材料其它物理性能、失重检测结果，表9晶界扩散钕铁硼永磁材料高温磁通不可逆损失检测结果。

四、标准中涉及专利的情况

本标准不涉及专利和知识产权问题。

五、预期达到的社会效益

（一）项目的必要性简述

钕铁硼自80年代问世以来，由于它具有高的剩磁和最大磁能积，良好的动态回复特性和高的性价比，是制造效能高、体积小、重量轻的工业磁性功能器件的理想材料，在家庭消费和工业生产方面均有着广泛运用，对计算机、信息、通讯、办公自动化、医疗仪器、汽车、工业电机等许多高技术领域产生了革命性的影响。钕铁硼永磁材料连续三十几年高速发展，据统计，从2005年到2015年期间年平均增长率为9.4%。2016年、2017年和2018年我国钕铁硼产量分别为 13.5万吨、14.8万吨和15.5万吨，平均增长率为7.4%。经过多年的发展，中国的钕铁硼的产量占全球的比例超过 90%，是全球最大的稀土永磁材料研发中心和生产基地，是名符其实的钕铁硼永磁材料制造强国。未来几年应用于信息技术、高档数控机床和机器人、轨道交通、节能与新能源汽车、高性能医疗器械和节能家电等领域的钕铁硼市场年均消费增速保持10%。这些应用领域迫切需求高性能钕铁硼永磁材料。

晶界扩散工艺是一种可以有效改善和提高钕铁硼磁体磁性能的技术手段。该技术是在磁体表面获得含有重稀土元素Dy/Tb 的金属或化合物的涂层，再通过热处理使Dy/Tb 经晶界扩散到烧结磁体主相内。晶界扩散技术可有效的改善钕铁硼磁体的矫顽力和使用温度，同时很少影响磁体剩磁，可制备出常规工艺无法企及的高性能钕铁硼磁体。同时晶界扩散技术可明显的降低重稀土的用量，从而降低生产成本。目前，晶界扩散技术是制备高性能钕铁硼磁体的主要工艺手段，越来越受到钕铁硼生产企业和使用企业的重视。

晶界扩散技术对烧结钕铁硼性能的提升及降低重稀土用量效果显著。随着高性能烧结钕铁硼材料在变频压缩机、混合动力、工业伺服电机等高端领域的推广速度和应用范围的迅速扩大，晶界扩散技术制备高性能烧结钕铁硼是烧结钕铁硼产业界今后发展的趋势。

目前，日本企业信越化工已列出综合磁性能为68.5-73.5的[N52AS-G](file:///E:\烧结磁体\07.省级研发中心\2010年\技术研发中心\3情报资料\情报资料收集\技术文献\样本\国外企业钕铁硼样本20170603\03%20信越\17%20N52H-Gsheet.pdf)F、[N50SH-G](file:///E:\烧结磁体\07.省级研发中心\2010年\技术研发中心\3情报资料\情报资料收集\技术文献\样本\国外企业钕铁硼样本20170603\03%20信越\18%20N50AS-Gsheet.pdf)F、[N49TS-GR](file:///E:\烧结磁体\07.省级研发中心\2010年\技术研发中心\3情报资料\情报资料收集\技术文献\样本\国外企业钕铁硼样本20170603\03%20信越\19%20N49SH-GFsheet.pdf)、[N47TS-GF](file:///E:\烧结磁体\07.省级研发中心\2010年\技术研发中心\3情报资料\情报资料收集\技术文献\样本\国外企业钕铁硼样本20170603\03%20信越\21%20N47TS-GFsheet.pdf)、[N48UH-GR](file:///E:\烧结磁体\07.省级研发中心\2010年\技术研发中心\3情报资料\情报资料收集\技术文献\样本\国外企业钕铁硼样本20170603\03%20信越\20%20N47UH-GRsheet.pdf)、[N44TU-GR](file:///E:\烧结磁体\07.省级研发中心\2010年\技术研发中心\3情报资料\情报资料收集\技术文献\样本\国外企业钕铁硼样本20170603\03%20信越\22%20N44TU-GRsheet.pdf)、[N44UZ-GR](file:///E:\烧结磁体\07.省级研发中心\2010年\技术研发中心\3情报资料\情报资料收集\技术文献\样本\国外企业钕铁硼样本20170603\03%20信越\23%20N42UZ-GRsheet.pdf)、[N41Z-GR](file:///E:\烧结磁体\07.省级研发中心\2010年\技术研发中心\3情报资料\情报资料收集\技术文献\样本\国外企业钕铁硼样本20170603\03%20信越\24%20N41Z-GRsheet.pdf)、[N41MZ-GR](file:///E:\烧结磁体\07.省级研发中心\2010年\技术研发中心\3情报资料\情报资料收集\技术文献\样本\国外企业钕铁硼样本20170603\03%20信越\24%20N41Z-GRsheet.pdf)和[N37EZ-G](file:///E:\烧结磁体\07.省级研发中心\2010年\技术研发中心\3情报资料\情报资料收集\技术文献\样本\国外企业钕铁硼样本20170603\03%20信越\26%20N37EZ-Gsheet.pdf)以及综合磁性能为73-76S类6个合计16个牌号，TDK（HAL工艺）列出综合磁性能为73-74的NEOREC51DSX、48DUH和44DUX共3个牌号，日立金属列出综合磁性能为69.5-73的NMX-E50CH、E49SH、U48SH、U47EH、E45EH和E41EH共6个牌号。而国内多家企业晶界扩散技术生产烧结钕铁硼也日益成熟，并已批量化生产，但均未见晶界扩散烧结钕铁硼材料标准。

钕铁硼现有标准包括《GB/T13560-2017烧结钕铁硼永磁材料》、《GB/T 17803-2015稀土产品牌号表示方法》、《热压钕铁硼永磁材料 GB/T 34495-2017》、《再生烧结钕铁硼永磁材料 GB/T 34490-2017》、《GB/T 34491-2017烧结钕铁硼表面镀层》等相关标准，另外还有稀土行业标准XB/T617.1～7涉及钕铁硼合金化学分析方法，缺少针对晶界扩散钕铁硼永磁材料的相关标准。国内已有多家企业规模化生产晶界扩散钕铁硼永磁材料，例如：宁波韵升、中科三环、厦门钨业、烟台正海和江西金力等。区别于传统工艺制备的烧结钕铁硼磁体，具有高磁性能、不同表现的辅助磁性能以及物理、力学和抗腐蚀特性，统一我国晶界扩散工艺制备高性能钕铁硼磁体的性能、牌号分类、检验方法，方便行业交流，也为用户提供设计和验收依据；推动钕铁硼企业产品质量的提高，满足新的市场需求，避免产品贸易中无标准为依据解决质量纠纷，也力争用标准作为技术支撑之一助力我国早日成为钕铁硼制造强国。

（二）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（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，是国家知识产权示范、国家技术创新示范和国家单项冠军（产品）企业；拥有授权专利140项，其中发明专利84项；承担2项工信部项目、完成5项863课题、8项国家火炬计划和重点新产品，其中“高性能稀土永磁材料产业化”项目2010年被工信部评为国家重大科技成果转化项目；获得2项国家科技进步二等奖、5项省部级科技进步奖。

宁波韵升在宁波、包头、北京及青岛拥有稀土永磁产品坯料生产、机械加工及表面处理生产线，具有年产坯料10000吨的生产能力，是中国主要的稀土永磁材料制造基地，产品应用于信息技术、高档数控机床和机器人、航空航天、先进轨道交通装备、节能与新能源汽车、高性能医疗器械以及节能家电等领域，客户遍布美洲、欧洲和亚洲各地，与众多国际知名企业达成战略合作关系。2019年公司资产总计56.26亿元，营业收入19.4574亿元。净利润4483.86万元，上缴税费总额9487.37万元。

公司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标准制修订工作，起草或参与制定了如表10所示的国家标准。

**表10 韵升参与标准情况**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准编号 | 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 20168-2017 | 快淬钕铁硼永磁粉 | 参与 |
| 3 | GB/T 13560-2017 | 烧结钕铁硼永磁材料 | 参与（个人参与） |
| 4 | [GB/T 38090-2019](http://std.samr.gov.cn/gb/search/gbDetailed?id=95A47695C5244F2CE05397BE0A0AB3E0) | 电动汽车驱动电机用永磁材料技术要求 | 参与 |
| 5 | [GB/T 39494-2020](http://std.samr.gov.cn/gb/search/gbDetailed?id=B4C25880C2D41CB3E05397BE0A0A92D0) | 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 | 参与 |
| 6 | 已审定20182090-T-469 | 烧结钕铁硼表面涂层 | 主持 |
| 7 | 已审定20182089-T-469 | 烧结钕铁硼永磁体失重试验方法 | 参与 |
| 8 | 已审定20182091-T-469 | 烧结铈及富铈永磁材料 | 参与 |
| 9 | 已审定20190885-T-469 | 稀土永磁体高温磁通不可逆损失检测方法 | 参与 |
| 10 | 已审定修订GJB1912 | 永磁体表面磁场均匀性测试方法 | 参与 |
| 11 | 修订GB/T 17951 | 硬磁材料一般技术条件 | 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、北京中科三环高技术股份有限公司、北京工业大学、有研稀土新材料股份有限公司、包头稀土研究院、赣州富尔特电子股份有限公司、中国科学院宁波材料技术与工程研究所、福建省长汀金龙稀土有限公司、中国北方稀土（集团）高科技股份有限公司、包头天和磁材科技股份有限公司等（排名不分先后）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，是国内极为重要的晶界扩散钕铁硼永磁材料生产企业与研究机构。

2、已有标准体系的基础

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。2020年在研制的烧结铈及富铈永磁体标准，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。

而本标准将规范化地确定了“晶界扩散钕铁硼永磁材料”主要磁性能、磁性能温度系数等的性能要求，以常规铸片、制粉、成型和烧结工艺生产的基体（GB/T 13560-2017烧结钕铁硼永磁材料）基础上，采用前处理、包覆和扩散工艺而制备获得，使得重稀土沿烧结钕铁硼永磁体的晶界扩散进入磁体内部，晶界扩散钕铁硼磁体中重稀土的含量由磁体表面到中心逐渐减小，在钕铁硼主相晶粒表层形成高重稀土含量的壳层，提高了磁体磁性能、降低镝铽等重稀土用量，完善了中国钕铁硼制造大国的标准化体系。

3、研制内容科学性

“晶界扩散钕铁硼永磁材料”规定了包括出厂检验和型式检验在内的磁性能（主要磁性能和方形度）、磁性能温度系数、其它物理性能（包括密度、硬度、抗压强度、抗弯强度、热传导率、杨氏模量、电阻率、热膨胀系数、最高使用温度）、失重、镀层（涂层）防护、磁矩一致性、高温磁通不可逆损失等的要求，这些是下游产业链应用企业所关注的。标准引用了已有如“GB/T 3850-2015 致密烧结金属材料与硬质合金 密度测定方法”、“GB/T 4339 金属材料热膨胀特征参数的测定”、“GB/T 5166-1998 烧结金属材料和硬质合金弹性模量测定”、“GB/T 5167-2018 烧结金属材料和硬质合金电阻率的测定”等，或引用了已审定的试验方法如“20182089-T-469 烧结钕铁硼永磁体失重试验方法”、“20190885-T-469稀土永磁体高温磁通不可逆损失检测方法”、“20182090-T-469烧结钕铁硼表面涂层”专门提到的试验方法，体现科学性和标准化完整性。

本标准，依据于主要钕铁硼生产企业实际生产数据和研究机构，研制过程也征询了广大的钕铁硼生产企业，本标准适应市场发展的需要，反映近年来烧结钕铁硼行业的技术进步，本标准是钕铁硼生产企业和下游产业链应用企业的重要指南。

（三）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。

目前，日本企业信越化工已列出综合磁性能为68.5-73.5的[N52AS-G](file:///E:\烧结磁体\07.省级研发中心\2010年\技术研发中心\3情报资料\情报资料收集\技术文献\样本\国外企业钕铁硼样本20170603\03%20信越\17%20N52H-Gsheet.pdf)F、[N50SH-G](file:///E:\烧结磁体\07.省级研发中心\2010年\技术研发中心\3情报资料\情报资料收集\技术文献\样本\国外企业钕铁硼样本20170603\03%20信越\18%20N50AS-Gsheet.pdf)F、[N49TS-GR](file:///E:\烧结磁体\07.省级研发中心\2010年\技术研发中心\3情报资料\情报资料收集\技术文献\样本\国外企业钕铁硼样本20170603\03%20信越\19%20N49SH-GFsheet.pdf)、[N47TS-GF](file:///E:\烧结磁体\07.省级研发中心\2010年\技术研发中心\3情报资料\情报资料收集\技术文献\样本\国外企业钕铁硼样本20170603\03%20信越\21%20N47TS-GFsheet.pdf)、[N48UH-GR](file:///E:\烧结磁体\07.省级研发中心\2010年\技术研发中心\3情报资料\情报资料收集\技术文献\样本\国外企业钕铁硼样本20170603\03%20信越\20%20N47UH-GRsheet.pdf)、[N44TU-GR](file:///E:\烧结磁体\07.省级研发中心\2010年\技术研发中心\3情报资料\情报资料收集\技术文献\样本\国外企业钕铁硼样本20170603\03%20信越\22%20N44TU-GRsheet.pdf)、[N44UZ-GR](file:///E:\烧结磁体\07.省级研发中心\2010年\技术研发中心\3情报资料\情报资料收集\技术文献\样本\国外企业钕铁硼样本20170603\03%20信越\23%20N42UZ-GRsheet.pdf)、[N41Z-GR](file:///E:\烧结磁体\07.省级研发中心\2010年\技术研发中心\3情报资料\情报资料收集\技术文献\样本\国外企业钕铁硼样本20170603\03%20信越\24%20N41Z-GRsheet.pdf)、[N41MZ-GR](file:///E:\烧结磁体\07.省级研发中心\2010年\技术研发中心\3情报资料\情报资料收集\技术文献\样本\国外企业钕铁硼样本20170603\03%20信越\24%20N41Z-GRsheet.pdf)和[N37EZ-G](file:///E:\烧结磁体\07.省级研发中心\2010年\技术研发中心\3情报资料\情报资料收集\技术文献\样本\国外企业钕铁硼样本20170603\03%20信越\26%20N37EZ-Gsheet.pdf)，以及属于S类综合磁性能为73-76的N52TS-SGF、N50UH-SGF、N48UZ-SGR、N47TU-SGF、N44Z-SGR、N41EZ-SGR，共16个牌号，TDK（HAL工艺）列出综合磁性能为73-74的NEOREC51DSX、48DUH和44DUX共3个牌号，日立金属列出综合磁性能为69.5-73的NMX-E50CH、E49SH、U48SH、U47EH、E45EH和E41EH共6个牌号。

本标准列出了综合磁性能58-80的36个牌号，其中综合磁性能≥77有6个牌号，具体请见表5，这些牌号具有前瞻性，领先于国际水平。

对比本标准与日本企业所给出的磁性能，首先关注*H*cJ落入的档次，这三家日本企业牌号*H*cJ可以划分如下：19.5-21、22.5-23、25、26.5-28、30-32.5和35六档，19.5-21、22.5-23对应本标准的SH的*H*cJ20，25、26.5-28对应本标准的UH的*H*cJ25，30-32.5对应本标准的EH的*H*cJ30，35对应本标准的TH的*H*cJ35；其次关注*(BH)*max的下限值，这三家日本企业牌号*(BH)*max的下限值与本标准下限值相同或相近，列入本标准同一行或相近位置。本标准与日本企业对比性能如表12（附后）。

本标准规定了下游产业链应用企业所关注的晶界扩散钕铁硼永磁材料磁性能、磁性能温度系数、其它物理性能（包括密度、硬度、抗压强度、抗弯强度、热传导率、杨氏模量、电阻率、热膨胀系数、最高使用温度）、失重、镀层（涂层）防护、磁矩一致性、高温磁通不可逆损失等要求，完整地表达客户需求。在磁性能要求中，首次用4个有效数字、末尾为0或5进位表达*B*r，这样防止发生测算*(BH)*max与实际不一致的现象，特别是防止发生相邻牌号最大磁能积相差1MGOe时、相邻牌号的*B*r由于原来3个有效数字而规定间隔数值太靠近的现象。

本标准规范了晶界扩散钕铁硼永磁材料性能，为钕铁硼行业技术交流、指导用户在晶界扩散钕铁硼永磁材料上述性能要求以及检验方法等方面提供依据，促进我国烧结钕铁硼高性能烧结钕铁硼采用晶界扩散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。

六、采用国际标准和国外先进标准的情况

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。

七、与现行法律、法规、强制性国家标准及相关标准的关系

本标准是完善了现有烧结钕铁硼标准化体系，具体请见“五、预期达到的社会效益（二）项目的可行性简述2、已有标准体系的基础”。

八、重大分歧意见的处理和依据

（一）术语及英文

请见“三、标准主要内容、确定依据及主要试验和验证情况分析（一）标准的主要内容、确定的依据3、本文件的术语和定义”。

（二）标准所包含的要求项目范围

意见不一致表现：有认为材料标准，永磁体涉及的要求不应该纳入；也有认为，本标准应该是永磁体标准，材料词也弱化或改名。

由于术语的定义，把magnet 与material揉合在一起，也是其他相近标准的惯例，如美国磁性材料制造协会（MAGNETIC MATERIALS PRODUCERS ASSOCIATION）MMPA0100-00 STANDARD SPECIFICATIONS FOR PERMANENT MAGNET MATERIALS，又如GB/T 17951-2005(mod iec IEC 60404-8-1:2001)以及GB/T 13560-2017，规定了材料性能，也提出了尺寸等永磁体要求。

同时切合下游产业链应用企业所关注的型式检验和出厂检验项目的需求，包括了磁性能（主要磁性能和方形度）、磁性能温度系数、其它物理性能（包括密度、硬度、抗压强度、抗弯强度、热传导率、杨氏模量、电阻率、热膨胀系数、最高使用温度）、失重、镀层（涂层）防护、磁偶极矩一致性、高温磁通不可逆损失等的要求。

以后随着试验方法标准化体系逐步完善，添加如磁偏角要求等项目。

为了使大家理解永磁材料与永磁体含义，编制如下表相同和细微差别点。

**表11 永磁材料与永磁体名词含义对比表**

|  | **永磁材料** | **永磁体** |
| --- | --- | --- |
| 定义 | ［来源：GB/T 9637-2001 221-01-14永磁材料、硬磁材料］对于磁通密度以及磁极化强度具有高矫顽力的磁性材料。 | 永磁体是指在开路状态下能长期保留较高剩磁的磁体。 |
| 含义 | 永磁材料，又称“硬磁材料”，指的是一经磁化即能保持恒定磁性的材料。实用中，永磁材料工作于深度磁饱和及充磁后磁滞回线的第二象限退磁部分。常用的永磁材料分为铝镍钴系永磁合金、铁铬钴系永磁合金、永磁铁氧体、稀土永磁材料和复合永磁材料等。 | 磁体：一般定义为能够吸引铁、钴、镍一类物质的物体。磁体是指能够产生[磁场](https://baike.baidu.com/item/%E7%A3%81%E5%9C%BA/63505)的物质或材料。是一种奇特的物质，它有一种无形的力，既能[吸引](https://baike.baidu.com/item/%E5%90%B8%E5%BC%95/33308)一些物质，又能[排斥](https://baike.baidu.com/item/%E6%8E%92%E6%96%A5/10717656)一些物质。一般分为[永磁体](https://baike.baidu.com/item/%E6%B0%B8%E7%A3%81%E4%BD%93/4776746)和[软磁体](https://baike.baidu.com/item/%E8%BD%AF%E7%A3%81%E4%BD%93/239327)。 |
| 英文 | 1、permanent magnet materials［来源： MMPA0100-00 STANDARD SPECIFICATIONS FOR PERMANENT MAGNET MATERIALS；GB/T 3217-2013 永磁（硬磁）材料 磁性试验方法，其对应的英文名称为permanent magnet （magnetically hard）materials—Methods of measurement of magnetic properties。］  2、permanent magnetic material  3、magnetically hard materials［来源：GB/T 9637-2001 221-01-14永磁材料、硬磁材料］ | permanent magnet |
| 相互之间关系 | 从以上来看，永磁材料和永磁体，都是物质。  永磁材料是制造永磁体的来源。  永磁体，按吸引铁、钴、镍铁磁性物质的说法，已经充磁了的。 | |
| 惯例 | 钕铁硼永磁材料制造企业一般认为：经原材料熔炼、制粉、成型和烧结后的毛坯，称为永磁材料。  接毛坯后续，机械加工成按照客户要求的形状和规格，特别是表面处理已经很接近客户成品了，此时都称为永磁体。 | |
| 本文件 | 按照以上的惯例，磁性能（主要磁性能和方形度）、磁性能温度系数、其它物理性能（包括密度、硬度、抗压强度、抗弯强度、热传导率、杨氏模量、电阻率、热膨胀系数、最高使用温度）、失重，属于永磁材料的特性，这些特性，不同形状、不同规格不会导致这些特性的差异，具有共同属性，其主语为永磁材料。  镀层（涂层）防护、磁偶极矩及一致性、高温磁通不可逆损失，这些与形状和规格有着联系的，其主语为永磁体。 | |
| 补充说明 | 毛坯材料的磁性能（样柱φ10×10 mm），实质上，不完全等于永磁体的磁性能，特别是微小永磁体，其退磁曲线发生变化。但是永磁材料的磁性能仍作为衡量要求。  另外，尽管晶界扩散是永磁体上的再处理，符合形状、规格接近客户要求的这一说法，但是，也有大块晶界扩散后再切成小块的，为此仍然维持上面本文件永磁材料与永磁体的区分。 | |

（三）主要磁性能

意见如“55H、55SH建议剩磁下限由14.7kGs调整为14.6kGs，磁能积可以达到52MGOe以上”。处理意见维持14.70 kGs，具体请见“三、标准主要内容、确定依据及主要试验和验证情况分析（二）主要技术内容说明2、主要磁性能数据的确定”。

九、标准作为强制性或推荐性国家（或行业）标准的建议

建议该标准为推荐性国家标准。

十、贯彻标准的要求和措施建议

本标准将作为晶界扩散钕铁硼永磁材料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本标准。

十一、废止现行有关标准的建议

无。

十二、其它应予说明的事项

无。

宁波韵升股份有限公司

2021年5月28日

表6晶界扩散钕铁硼永磁材料磁性能检测结果

| 牌号 | 规定的要求 | | | | | | | 测试情况 | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 主要磁性能 | | | | | | 方形度 |
| Br | HcJ | HcB | (BH)max | | | Hk/HcJ |
| kGs | kOe | kOe | MGOe | | | % | Br | HcJ | HcB | (BH)max | Hk/HcJ | 样品规格 | 提供方 测试仪器 |
| 最小值 | 最小值 | 最小值 | 范围值 | | | 最小值 | kGs | kOe | kOe | MGOe | % |
| G52H | 14.25 | 17 | 13.5 | 49 | ～ | 53 | 90 | 14.38 | 17.39 | 14.07 | 50.64 | 98.7 |  | 长汀金龙 |
| G55H | 14.70 | 17 | 13.9 | 52 | ～ | 56 | 90 |  |  |  |  |  |  |  |
| G45SH | 13.35 | 20 | 12.6 | 43 | ～ | 46 | 90 | 13.48 | 22.33 | 13.26 | 44.53 | 99.0 |  | 长汀金龙 |
| G48SH | 13.65 | 20 | 12.9 | 45 | ～ | 49 | 90 |  |  |  |  |  |  |  |
| G50SH | 13.95 | 20 | 13.2 | 47 | ～ | 51 | 90 |  |  |  |  |  |  |  |
| G52SH | 14.25 | 20 | 13.4 | 49 | ～ | 53 | 90 | 14.54 | 20.47 | 14.33 | 52.51 | 97.4 | 10×10×4 | 韵升NIM-62000 |
| G55SH | 14.70 | 20 | 13.9 | 52 | ～ | 56 | 90 | 14.74 | 23.40 | 14.43 | 53.37 | 96.3 | 10×10×4 | 韵升NIM-62000 |
| G33UH | 11.35 | 25 | 10.7 | 31 | ～ | 34 | 90 |  |  |  |  |  |  |  |
| G35UH | 11.70 | 25 | 11.1 | 33 | ～ | 36 | 90 | 11.94 | 25.93 | 11.54 | 34.30 | 99.0 |  | 长汀金龙 |
| G38UH | 12.20 | 25 | 11.5 | 36 | ～ | 39 | 90 |  |  |  |  |  |  |  |
| G40UH | 12.55 | 25 | 11.8 | 38 | ～ | 41 | 90 | 12.65 | 27.36 | 12.51 | 39.45 | 92.1 |  | 长汀金龙 |
| G42UH | 12.85 | 25 | 12.1 | 40 | ～ | 43 | 90 | 13.14 | 26.18 | 12.87 | 42.44 | 92.6 | 10×10×4 | 韵升NIM-62000 |
|  |  |  |  |  |  |  |  | 13.08 | 26.86 | 12.67 | 41.20 | 99.0 |  | 长汀金龙 |
| G45UH | 13.20 | 25 | 12.5 | 42 | ～ | 46 | 90 | 13.46 | 25.61 | 13.13 | 43.96 | 95.7 |  | 长汀金龙 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G48UH | 13.65 | 25 | 12.9 | 45 | ～ | 49 | 90 | 13.80 | 25.13 | 13.52 | 47.14 | 96.2 | 10×10×4 | 韵升NIM-62000 |
|  |  |  |  |  |  |  |  | 13.72 | 28.81 | 13.12 | 45.22 | 95.6 |  | 长汀金龙 |
| G50UH | 13.95 | 25 | 13.2 | 47 | ～ | 51 | 90 |  |  |  |  |  |  |  |
| G52UH | 14.25 | 25 | 13.4 | 49 | ～ | 53 | 90 | 14.28 | 25.71 | 13.85 | 50.09 | 93.8 | Φ9.5×5 | 韵升NIM-62000 |
|  |  |  |  |  |  |  |  | 14.33 | 25.93 | 13.90 | 50.15 | 89.3 | Φ9.489×4 | 计量院NIM |
|  |  |  |  |  |  |  |  | 14.31 | 26.10 | 13.88 | 50.00 | 88.4 | Φ9.489×4 |
|  |  |  |  |  |  |  |  | 14.48 | 25.58 | 14.00 | 51.41 | 97.6 |  | 长汀金龙 |
| G54UH | 14.50 | 25 | 13.7 | 51 | ～ | 55 | 90 |  |  |  |  |  |  |  |
| G28EH | 10.35 | 30 | 9.7 | 26 | ～ | 29 | 90 |  |  |  |  |  |  |  |
| G30EH | 10.75 | 30 | 10.1 | 28 | ～ | 31 | 90 |  |  |  |  |  |  |  |
| G33EH | 11.30 | 30 | 10.7 | 31 | ～ | 34 | 90 |  |  |  |  |  |  |  |
| G35EH | 11.70 | 30 | 11.1 | 33 | ～ | 36 | 90 | 12.09 | 32.51 | 11.74 | 35.29 | 99.0 |  | 长汀金龙 |
| G38EH | 12.20 | 30 | 11.5 | 36 | ～ | 39 | 90 | 12.48 | 34.10 | 12.11 | 37.61 | 99.0 |  | 长汀金龙 |
| G40EH | 12.50 | 30 | 11.8 | 38 | ～ | 41 | 90 |  |  |  |  |  |  |  |
| G42EH | 12.70 | 30 | 12.0 | 39 | ～ | 43 | 90 | 12.79 | 33.50 | 12.37 | 39.42 | 96.5 |  | 长汀金龙 |
| G45EH | 13.15 | 30 | 12.4 | 42 | ～ | 46 | 90 |  |  |  |  |  |  |  |
| G48EH | 13.65 | 30 | 12.9 | 45 | ～ | 49 | 90 |  |  |  |  |  |  |  |
| G50EH | 13.95 | 30 | 13.2 | 47 | ～ | 51 | 90 | 13.97 | 29.73 | 13.55 | 47.79 | 93.4 | Φ10×4.7 | 韵升PFM14 |
| G28TH | 10.35 | 35 | 9.7 | 26 | ～ | 29 | 90 |  |  |  |  |  |  |  |
| G30TH | 10.75 | 35 | 10.1 | 28 | ～ | 31 | 90 |  |  |  |  |  |  |  |
| G33TH | 11.30 | 35 | 10.7 | 31 | ～ | 34 | 90 |  |  |  |  |  |  |  |
| G35TH | 11.65 | 35 | 11.1 | 33 | ～ | 36 | 90 |  |  |  |  |  |  |  |
| G38TH | 12.20 | 35 | 11.7 | 36 | ～ | 39 | 90 |  |  |  |  |  |  |  |
| G40TH | 12.35 | 35 | 11.8 | 37 | ～ | 41 | 90 |  |  |  |  |  |  |  |
| G42TH | 12.65 | 35 | 12.0 | 39 | ～ | 43 | 90 |  |  |  |  |  |  |  |
| G45TH | 13.15 | 35 | 12.4 | 42 | ～ | 46 | 90 |  |  |  |  |  |  |  |

表7晶界扩散钕铁硼永磁材料磁性能温度系数检测结果

| 牌号 | 规定的要求 | | | | 测试情况 | | | | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 基础温度 | 温度变化的上限温度 | *α* (Br)  %/K | *α* (HcJ)  %/K | 福建省稀土有限公司检测中心实际测试值 | | 室温磁性能，如下 | | | | | 温度变化的上限温度 | 样品规格 | 提供方 测试仪器 |
| *α* (Br)  %/K | *α* (HcJ)  %/K | Br | HcJ | HcB | (BH)max | Hk/HcJ |
| ℃ | ℃ | 不小于 | 不小于 | kGs | kOe | kOe | MGOe | % | ℃ |  |  |
| G52H | 20 | 100 | -0.115 | -0.66 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G55H | 120 | -0.125 | -0.62 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G45SH | 20 | 100 | -0.115 | -0.61 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G48SH |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G50SH | 150 | -0.125 | -0.55 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G52SH | -0.112 | -0.562 | 14.38 | 24.01 | 14.24 | 51.60 | 95.9 | 100 | 10×10×4 | 韵升NIM-62000 |
|  | -0.119 | -0.503 |  |  |  |  |  | 150 | 10×10×4 | 韵升NIM-62000 |
| G55SH | -0.113 | -0.567 | 14.74 | 23.40 | 14.43 | 53.37 | 96.3 | 100 | 10×10×4 | 韵升NIM-62000 |
|  | -0.123 | -0.507 |  |  |  |  |  | 150 | 10×10×4 | 韵升NIM-62000 |
| G33UH | 20 | 100 | -0.11 | -0.56 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G35UH | -0.113 | -0.420 | 12.04 | 31.02 | 11.94 | 35.90 | 80.6 | 180 |  | 长汀金龙PFM |
| G38UH |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G40UH | -0.107 | -0.443 | 13.08 | 26.86 | 12.67 | 41.20 | 99.0 | 180 |  | 长汀金龙PFM |
| G42UH | -0.127 | -0.458 | 13.18 | 26.40 | 12.93 | 42.73 | 93.1 | 180 | 10×10×5 | 韵升NIM-62000 |
| G45UH | 180 | -0.13 | -0.48 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G48UH |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G50UH | -0.101 | -0.496 | 14.04 | 28.07 | 13.63 | 48.24 | 95.2 | 100 | Φ10×4.7 | 韵升PFM14 |
| G52UH |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G54UH |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G28EH | 20 | 100 | -0.105 | -0.55 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G30EH |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G33EH |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G35EH |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G38EH |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G40EH | 200 | -0.13 | -0.46 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G42EH |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G45EH |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G48EH |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G50EH |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G28TH | 20 | 100 | -0.095 | -0.51 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G30TH |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G33TH |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G35TH |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G38TH | 200 | -0.12 | -0.43 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G40TH |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G42TH |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G45TH |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

表8晶界扩散钕铁硼永磁材料其它物理性能、失重检测结果

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 规定要求 | | | | 测试情况 | |
| 参数名称 | | 单位 | 参考值 | 长汀金龙 | 宁波韵升 |
| 密度 | | g/cm3 | 7.40~7.70 |  |  |
| 维氏硬度 | | HV | 500~700 |  |  |
| 抗压强度 | | MPa | 1000~1100 |  |  |
| 抗弯强度 | | MPa | 150~400 | 291.6 | 20mm\*6mm\*5mm 50UH：扩散前：336.66-503.08；扩散后：297.34-499.41； 45EH：扩散前：252.50-448.83；扩散后：302.20-405.79 |
| 热传导率 | | W/(m·K) | 5~10 |  |  |
| 杨氏模量 | | GPa | 150~200 |  |  |
| 电阻率 | C∥（20℃） | μΩ·m | 1.4~1.6 |  |  |
| C⊥（20℃） | μΩ·m | 1.2~1.4 |  |  |
| 热膨胀系数 | C∥（20-100℃） | 10-6/K | 4~9 |  |  |
| C⊥（20-100℃） | 10-6/K | -2~0 |  |  |
| 最高使用温度 | H品种 | ℃ | ≥120 |  |  |
| SH品种 | ℃ | ≥150 |  |  |
| UH品种 | ℃ | ≥180 |  |  |
| EH品种 | ℃ | ≥200 |  |  |
| TH品种 | ℃ | ≥230 |  |  |
| 失重 | 96 h | mg/cm2 | ≤10 | 0.0286、0.0858 （0.03、0.10）52\*21\*1.8温度120.0℃，相对湿度100%(饱和模式)，试验持续时间2h后 | 样品尺寸Φ10mm\*7mm；测试条件为100%RH、120℃、168h 50UH：扩散前：0.027-1.706(0.08-5.13)；扩散后：0.269-0.807(0.81-2.43)； 45EH：扩散前：0.944-1.591(2.84-4.78)；扩散后：0.782-1.294(2.35-3.89) |

表9晶界扩散钕铁硼永磁材料高温磁通不可逆损失检测结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | | | 50SH | 52SH | 52SH | 35UH | 40UH | 42UH | 45UH |
| 室温基本磁性能 | Br | kGs | 14.10 | 14.35 | 14.48 | 12.48 | 12.81 | 13.49 | 13.59 |
| HcJ | kOe | 24.87 | 25.47 | 25.58 | 28.88 | 27.72 | 26.33 | 25.39 |
| HcB | kOe | 13.29 | 13.86 | 14.00 | 11.81 | 12.44 | 12.66 | 12.89 |
| (BH)max | MGOe | 47.78 | 50.09 | 51.41 | 37.95 | 40.38 | 43.68 | 44.54 |
| 方形度Hk/HcJ | % | 98.68 | 98.30 | 97.55 |  |  | 91.14 | 98.95 |
| 产品形状和规格 | | mm | 38\*23\*1.8 | 70\*30\*2.5 | 42\*21\*1.8 | 63\*10\*1.8 | 40\*21\*1.8 | 52\*10.5\*1.8 | 61.5\*25\*2.4 |
| 高温试验温度 | | ℃ | 120℃ | 120℃ | 130℃ | 150℃ | 150℃ | 120℃ | 120℃ |
| 高温保温时间 | | h | 3.5min | 3.5min | 2h | 2h | 2h | 3.5min | 3.5min |
| 开路还是半开路磁通方式、样品间距、半开路磁通方式时所选试样框板材及厚度 | | | 全开路 | 全开路 | 半开路 | 半开路 | 半开路 | 全开路 | 全开路 |
| 磁衰减率 | | % | 1.13 | 0.54 | 0.29 | 0.74 | 1.13 | 0.41 | 0.46 |

高温磁通不可逆损失检测结果由长汀金龙提供

表12 晶界扩散钕铁硼永磁材料在室温20℃下的磁性能及与日本企业对比

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 本文件 | | | | | | | | | | | | | | 日本企业（信越化工、日立金属和TDK） | | | | | | | | | | |
| 品种 | SI单位制牌号 | 主要磁性能 | | | | 方形度 | CGS单位制牌号 | 主要磁性能 | | | | | | 牌号 | 主要磁性能 | | | | 主要磁性能 | | | | | |
| *Br* | *HcJ* | *HcB* | *(BH)max* | *Hk/HcJ* | *Br* | *HcJ* | *HcB* | *(BH)max* | | | *Br* | *HcJ* | *HcB* | *(BH)max* | *Br* | *HcJ* | *HcB* | *(BH)max* | | |
| T | kA/m | kA/m | kJ/m3 | % | kGs | kOe | kOe | MGOe | | | T | kA/m | kA/m | kJ/m3 | kGs | kOe | kOe | MGOe | | |
| 最小值 | 最小值 | 最小值 | 范围值 | 最小值 | 最小值 | 最小值 | 最小值 | 范围值 | | | 最小值 | 最小值 | 最小值 | 范围值 | 最小值 | 最小值 | 最小值 | 范围值 | | |
| H | G-NdFeB-415/135 | 1.425 | 1353 | 1074 | 390～422 | 90 | G52H | 14.25 | 17.00 | 13.5 | 49 | ～ | 53 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G-NdFeB-435/135 | 1.470 | 1353 | 1106 | 414～446 | 90 | G55H | 14.70 | 17.00 | 13.9 | 52 | ～ | 56 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G-NdFeB-450/135 | 1.495 | 1353 | 1122 | 429～462 | 90 | G57H | 14.95 | 17.00 | 14.1 | 54 | ～ | 58 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| SH | G-NdFeB-360/159 | 1.335 | 1592 | 1003 | 342～366 | 90 | G45SH | 13.35 | 20.00 | 12.6 | 43 | ～ | 46 | N47TS-GF | 1.33-1.39 | 1790 | 995 | 334～382 | 13.3-13.9 | 22.5 | 12.50 | 42 | ～ | 48 |
| G-NdFeB-380/159 | 1.365 | 1592 | 1027 | 358～390 | 90 | G48SH | 13.65 | 20.00 | 12.9 | 45 | ～ | 49 | N49TS-GR | 1.36-1.42 | 1790 | 1019 | 350～398 | 13.6-14.2 | 22.5 | 12.80 | 44 | ～ | 50 |
| NMX-U48SH | 1.36-1.43 | 1830 | 1018 | 358～397 | 13.6-14.3 | 23.0 | 12.79 | 45 | ～ | 50 |
| NMX-E49SH | 1.36-1.43 | 1790 | 1018 | 358～397 | 13.6-14.3 | 22.5 | 12.79 | 45 | ～ | 50 |
| N50SH-GF | 1.38-1.44 | 1671 | 1035 | 362～406 | 13.8-14.4 | 21.0 | 13.00 | 45.5 | ～ | 51 |
| G-NdFeB-400/159 | 1.395 | 1592 | 1051 | 374～406 | 90 | G50SH | 13.95 | 20.00 | 13.2 | 47 | ～ | 51 | N52AS-GF | 1.41-1.47 | 1552 | 1058 | 374～422 | 14.1-14.7 | 19.5 | 13.29 | 47 | ～ | 53 |
| N52TS-SGF | 1.41-1.47 | 1790 | 1058 | 374～422 | 14.1-14.7 | 22.5 | 13.29 | 47 | ～ | 53 |
| NMX-E50CH | 1.39-1.45 | 1552 | 1042 | 374～405 | 13.9-14.5 | 19.5 | 13.09 | 47 | ～ | 51 |
| NEOREC51DSX | 1.40-1.46 | 1830 | 1039 | 374～406 | 14.0-14.6 | 23.0 | 13.05 | 47 | ～ | 51 |
| G-NdFeB-415/159 | 1.425 | 1592 | 1067 | 390～422 | 90 | G52SH | 14.25 | 20.00 | 13.4 | 49 | ～ | 53 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G-NdFeB-435/159 | 1.470 | 1592 | 1106 | 414～446 | 90 | G55SH | 14.70 | 20.00 | 13.9 | 52 | ～ | 56 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| UH | G-NdFeB-260/199 | 1.135 | 1990 | 852 | 247～271 | 90 | G33UH | 11.35 | 25.00 | 10.7 | 31 | ～ | 34 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G-NdFeB-280/199 | 1.170 | 1990 | 883 | 263～287 | 90 | G35UH | 11.70 | 25.00 | 11.1 | 33 | ～ | 36 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G-NdFeB-300/199 | 1.220 | 1990 | 916 | 287～310 | 90 | G38UH | 12.20 | 25.00 | 11.5 | 36 | ～ | 39 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G-NdFeB-320/199 | 1.255 | 1990 | 939 | 302～326 | 90 | G40UH | 12.55 | 25.00 | 11.8 | 38 | ～ | 41 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G-NdFeB-335/199 | 1.285 | 1990 | 963 | 318～342 | 90 | G42UH | 12.85 | 25.00 | 12.1 | 40 | ～ | 43 | N44TU-GR | 1.29-1.35 | 2109 | 971 | 314～358 | 12.9-13.5 | 26.5 | 12.20 | 39.5 | ～ | 45 |
| 无 | - | - | - | - | - | 无 | - | - | - | - |  | - | NMX-E45EH | 1.30-1.37 | 2228 | 970 | 326～366 | 13.0-13.7 | 28.0 | 12.19 | 41 | ～ | 46 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | N44UZ-GR | 1.30-1.36 | 2228 | 979 | 318～362 | 13.0-13.6 | 28.0 | 12.30 | 40 | ～ | 45.5 |
| G-NdFeB-360/199 | 1.320 | 1990 | 995 | 334～366 | 90 | G45UH | 13.20 | 25.00 | 12.5 | 42 | ～ | 46 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 无 | - | - | - | - | - | 无 | - | - | - | - |  | - | N48UH-GR | 1.34-1.40 | 1989 | 1003 | 338～390 | 13.4-14.0 | 25.0 | 12.60 | 42.5 | ～ | 49 |
| N47TU-SGF | 1.33-1.39 | 2069 | 995 | 334～382 | 13.3-13.9 | 26.0 | 12.50 | 42.0 | ～ | 48 |
| NMX-U47EH | 1.35-1.42 | 1989 | 1010 | 350～390 | 13.5-14.2 | 25.0 | 12.69 | 44 | ～ | 49 |
| NEOREC48DUH | 1.35-1.41 | 1990 | 1002 | 350～382 | 13.5-14.1 | 25.0 | 12.59 | 44 | ～ | 48 |
| N48UZ-SGR | 1.34-1.40 | 2228 | 1003 | 338～390 | 13.4-14.0 | 28.0 | 12.60 | 42.5 | ～ | 49 |
| G-NdFeB-380/199 | 1.365 | 1990 | 1027 | 358～390 | 90 | G48UH | 13.65 | 25.00 | 12.9 | 45 | ～ | 49 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G-NdFeB-400/199 | 1.395 | 1990 | 1051 | 374～406 | 90 | G50UH | 13.95 | 25.00 | 13.2 | 47 | ～ | 51 | N50UH-SGF | 1.38-1.44 | 1989 | 1035 | 362～406 | 13.8-14.4 | 25.0 | 13.00 | 45.5 | ～ | 51 |
| G-NdFeB-415/199 | 1.425 | 1990 | 1067 | 390～422 | 90 | G52UH | 14.25 | 25.00 | 13.4 | 49 | ～ | 53 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G-NdFeB-430/199 | 1.455 | 1990 | 1090 | 406～438 | 90 | G54UH | 14.55 | 25.00 | 13.7 | 51 | ～ | 55 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

表12 （续）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 本文件 | | | | | | | | | | | | | | 日本企业（信越化工、日立金属和TDK） | | | | | | | | | | |
| 品种 | SI单位制牌号 | 主要磁性能 | | | | 方形度 | CGS单位制牌号 | 主要磁性能 | | | | | | 牌号 | 主要磁性能 | | | | 主要磁性能 | | | | | |
| *Br* | *HcJ* | *HcB* | *(BH)max* | *Hk/HcJ* | *Br* | *HcJ* | *HcB* | *(BH)max* | | | *Br* | *HcJ* | *HcB* | *(BH)max* | *Br* | *HcJ* | *HcB* | *(BH)max* | | |
| T | kA/m | kA/m | kJ/m3 | % | kGs | kOe | kOe | MGOe | | | T | kA/m | kA/m | kJ/m3 | kGs | kOe | kOe | MGOe | | |
| 最小值 | 最小值 | 最小值 | 范围值 | 最小值 | 最小值 | 最小值 | 最小值 | 范围值 | | | 最小值 | 最小值 | 最小值 | 范围值 | 最小值 | 最小值 | 最小值 | 范围值 | | |
| EH | G-NdFeB-220/239 | 1.040 | 2388 | 780 | 207～231 | 90 | G28EH | 10.40 | 30.00 | 9.8 | 26 | ～ | 29 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G-NdFeB-240/239 | 1.080 | 2388 | 812 | 223～247 | 90 | G30EH | 10.80 | 30.00 | 10.2 | 28 | ～ | 31 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G-NdFeB-260/239 | 1.135 | 2388 | 852 | 247～271 | 90 | G33EH | 11.35 | 30.00 | 10.7 | 31 | ～ | 34 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G-NdFeB-280/239 | 1.170 | 2388 | 883 | 263～287 | 90 | G35EH | 11.70 | 30.00 | 11.1 | 33 | ～ | 36 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G-NdFeB-300/239 | 1.220 | 2388 | 916 | 287～310 | 90 | G38EH | 12.20 | 30.00 | 11.5 | 36 | ～ | 39 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 无 | - | - | - | - | - | 无 | - | - | - | - |  | - | N41Z-GR | 1.25-1.31 | 2387 | 939 | 294～334 | 12.5-13.1 | 30.0 | 11.80 | 37 | ～ | 42 |
| N41MZ-GR | 1.25-1.31 | 2586 | 939 | 294～334 | 12.5-13.1 | 32.5 | 11.80 | 37 | ～ | 42 |
| NMX-E41EH | 1.24-1.31 | 2546 | 923 | 294～334 | 12.4-13.1 | 32.0 | 11.60 | 37 | ～ | 42 |
| G-NdFeB-320/239 | 1.255 | 2388 | 939 | 302～326 | 90 | G40EH | 12.55 | 30.00 | 11.8 | 38 | ～ | 41 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G-NdFeB-335/239 | 1.270 | 2388 | 955 | 310～342 | 90 | G42EH | 12.70 | 30.00 | 12.0 | 39 | ～ | 43 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 无 | - | - | - | - | - | 无 | - | - | - | - |  | - | NEOREC44DUX | 1.30-1.36 | 2387 | 967 | 324～356 | 13.0-13.6 | 30.0 | 12.15 | 40.7 | ～ | 44.7 |
| N44Z-SGR | 1.30-1.36 | 2467 | 979 | 318～362 | 13.0-13.6 | 31.0 | 12.30 | 40 | ～ | 45.5 |
| G-NdFeB-360/239 | 1.320 | 2388 | 995 | 334～366 | 90 | G45EH | 13.20 | 30.00 | 12.5 | 42 | ～ | 46 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G-NdFeB-380/239 | 1.365 | 2388 | 1027 | 358～390 | 90 | G48EH | 13.65 | 30.00 | 12.9 | 45 | ～ | 49 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G-NdFeB-400/239 | 1.395 | 2388 | 1051 | 374～406 | 90 | G50EH | 13.95 | 30.00 | 13.2 | 47 | ～ | 51 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| TH | G-NdFeB-220/279 | 1.040 | 2786 | 780 | 207～231 | 90 | G28TH | 10.40 | 35.00 | 9.8 | 26 | ～ | 29 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G-NdFeB-240/279 | 1.080 | 2786 | 812 | 223～247 | 90 | G30TH | 10.80 | 35.00 | 10.2 | 28 | ～ | 31 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G-NdFeB-260/279 | 1.135 | 2786 | 852 | 247～271 | 90 | G33TH | 11.35 | 35.00 | 10.7 | 31 | ～ | 34 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G-NdFeB-280/279 | 1.170 | 2786 | 891 | 263～287 | 90 | G35TH | 11.70 | 35.00 | 11.2 | 33 | ～ | 36 | N37EZ-G | 1.18-1.25 | 2785 | 883 | 263～302 | 11.8-12.5 | 35.0 | 11.09 | 33 | ～ | 38 |
| G-NdFeB-300/279 | 1.220 | 2786 | 931 | 287～310 | 90 | G38TH | 12.20 | 35.00 | 11.7 | 36 | ～ | 39 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G-NdFeB-320/279 | 1.240 | 2786 | 947 | 295～326 | 90 | G40TH | 12.40 | 35.00 | 11.9 | 37 | ～ | 41 | N41EZ-SGR | 1.25-1.31 | 2785 | 939 | 294～334 | 12.5-13.1 | 35.0 | 11.80 | 37 | ～ | 42 |
| G-NdFeB-335/279 | 1.270 | 2786 | 963 | 310～342 | 90 | G42TH | 12.70 | 35.00 | 12.1 | 39 | ～ | 43 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G-NdFeB-360/279 | 1.320 | 2786 | 995 | 334～366 | 90 | G45TH | 13.20 | 35.00 | 12.5 | 42 | ～ | 46 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

日本企业牌号前缀为N，属于信越化工，共16个牌号；前缀为NMX-，属于日立金属，共6个牌号；前缀为NEOREC，属于TDK，共3个牌号。总计25个牌号。