稀土行业标准《钐镁合金》（送审稿）编制说明

1. 任务概况
   1. 任务背景

钐镁合金主要用于高强高韧、耐蚀和高温抗蠕变镁合金结构材料的生产和应用。随着交通领域、电子产品、航空航天、军工等领域对高性能镁合金需求量的不断增加，混合稀土钐元素成为提高镁合金性能的最主要添加元素之一。高端镁合金产品对于上游生产厂家的产品质量和性能指标提出了更高的要求，因此急需制定钐镁合金产品国家技术标准。本标准的制定对下游高强高韧、耐蚀和高温抗蠕变高性能镁合金产品的规模化生产、扩大其推广应用领域有着深远的影响。

目前欧美国家制定的ASTM镁合金标准里面虽然含有稀土钐元素的牌号较少，但是由于且Sm与La、Ce和Nd等稀土元素特性相近，近年关于Sm在镁合金中的研究广泛开展，如AE42、AE44、EK30、EZ33、EZ41等多种含有La、Ce和Nd元素的稀土镁合金，都可以用Sm来替代，原因是Sm的价格也比较低，只比La、Ce略高，确比Nd的价格低很多，这些合金钐含量约占总量的0.15%～6wt%。由于国外稀土资源的匮乏，少有大规模钐镁合金的生产企业，一般在配置稀土镁合金选用含有钐原材料的时候，采用熔配法用真空感应熔炼炉在高温下制备少量的钐镁合金，由于钐熔点较高（900℃左右）直接加入会由于温度高损耗设备和加入钐元素容易偏析这样的缺点，所以都是采用先做出钐镁合金，这样再以钐镁合金加入到金属溶液中即解决了偏析的问题又因为温度较低而不会损耗设备。由于近几十年国外不开采稀土或者开采少导致国外稀土价格昂贵，从中国进口，所以制备上述稀土镁合金成本较高。早期由于稀土元素成本高导致稀土镁合金成本价格高，所以多用于航空航天、军工等不考虑成本的高科技尖端领域，随着国内控制稀土出口配额，国外也开始开采与生产，稀土价格降低，稀土应用呈现良好势头，同时由于近年稀土分离技术的突飞猛进，钐铕钆富集物混合稀土金属中价格较贵的铕钆被分离出来，并被广泛应用于磁性材料，从而使得提取铕钆后剩余的钐金属大量剩余，钐加入到镁合金中正好也成为其用途之一。国内相对来说稀土资源较丰富，现在镁合金由于减轻重量的特殊优势，稀土元素钐能够提高常规镁合金的力学性能、耐蚀、高温抗蠕变性能。为了应用镁合金以减轻重量，同时还要满足不同形式对镁合金的使用要求，添加稀土钐和其他稀土能够提高镁合金的综合性能，成为高性能的新型镁合金。添加稀土钐是镁合金中应用量最大，最重要的元素之一，钐是镁合金的优良添加剂，国外已经应用几十年，由于国内技术开发较晚，最近十几年才逐渐应用广泛。国内制备钐镁合金一般采用熔配法与电解法两种方法，熔配法优点是操作简单、成分稳定，缺点是原材料成本高、设备损耗快、制备的钐镁合金成本较高；电解法正与之相反，原材料成本低、对设备损耗小、制备的钐镁合金成本也低、但电解法电解设备复杂、产品成分不稳定，还需进一步熔配成标准的合金成分。目前中国科学院长春应用化学研究所、包头稀土研究院、湖南稀土金属材料研究院、北京有色研究院、贵州安吉有色铸造有限责任公司、岳阳昱华冶金新材料有限公司、太原华银泰合金有限公司、山西中泰华创科技有限公司、赣州虔东公司等都能够生产该产品，并且在研发制备方面做了大量的工作，随着稀土镁合金的应用扩大，钐镁合金用量也会相应变大，提出的标准完全可以作为未来技术发展的参考基准。国内外没有相应标准，该标准项目对于国内外镁合金行业都是急需的参考标准。由于钐元素熔点高，难以直接加入到镁合金中，制备钐镁合金是添加钐元素到镁合金的必须途径，可见制备钐镁合金是必要的。

目前国内外没有钐镁合金相关的行标或者企标。以往多用于航空航天、军工等高端领域、用量不能够批量，随着军转民的大势所趋，越来越多的含有稀土元素的镁合金在民用产品中大量应用。例如，以往用于战斗机等机翼与蒙皮的MB8（Mg-0.35Ce-0.27Mn）合金现今已应用于民用飞机蒙皮和机翼、西安海美特镁业有限公司AE44-1、AE44-2、AE42（E代表钐元素，其含有质量百分比4％或2％）等含有混合钐元素的稀土镁合金牌号，以优异的抗蠕变性能、铸造性、延展性并具备较高的屈服强度、抗腐蚀性、强度和韧性的优异搭配、工作温度可达175ºC的性能，原先只是用于奔驰、宝马高端汽车发动机缸体部分，目前也逐渐用于低端汽车及其零部件，如缸体、曲轴箱、制动件、油底壳等（见表一）。对于这种趋势，更应该提早做出钐镁合金的标准为将来无论军用还是民用钐镁合金作为标准参考是势在必行的。正因为国外由于目前的稀土状况，没有制定钐镁合金的相关标准，国内更应该在这种情况下优先做出钐镁合金的相关标准，为将来可能到来的大量应用奠定基础。综上说述，钐镁合金对于高性能稀土镁合金铈至关重要的，而高性能稀土镁合金在应用领域更是关系到国家安全、国防成功的关键材料之一。镁合金早已被公认为21世纪的最重要最具潜力的结构材料，而它的高端产品稀土镁合金更是很早就展现出了在航空航天、国防军工领域的巨大作用，可见这里建议将钐镁合金产品制定成国家标准是必要的。

表一 钐镁合金产品及标准的国内外状况

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 生产情况 | 需求情况 | 消费情况 | 标准 | 备注 |
| 国内 | 国内多家企事业单位都能够生产钐镁合金产品，并且生产能力较高，年产10~100吨不等 | 国内用量主要应用于AZ91+LaCe、AE42、AE44等牌号，一般用量不固定，随当前市场情况变动，年平局需求约5～20吨不等 | 由于钐混合稀土成本价格随着稀土行业变动逐年走低，钐镁合金产品成本逐年降低，以能够满足当前市场需求状况。在民用领域，如汽车交通和3C电子产品，军工和航空航天等都逐渐增加使用。 | 无 |  |
| 国外 | 国外由于缺乏稀土资源，且稀土价格昂贵，因此国外并没有常规的生产厂家，由于使用量有限，当用到时，现加工生产或者直接从中国购买。 | 国外应用于常规含有钐的稀土镁合金较多，如AE42、AE44、EK30、EZ33、EZ41等多种含钐混合稀土金属的稀土镁合金，但种类多，用量少，一般应用于高端奔驰、宝马等发动机壳体、变速箱等，由于成本较高，用量较少，一般自己生产或者从中国进口。 | 多用于汽车类压铸镁合金产品，如变速箱壳体和发动机缸体等。少量也应用到航空航天、军工、高端汽车领域。如机身飞船成像系统电器箱；导弹壳体、雷达零件及波导管；战斗机机翼、反坦克导弹舱体等。 | 无 |  |

* 1. 任务来源

根据稀土标委[2018]06号文件“关于召开《钇铁合金》等8项稀土标准工作会暨2018年度第一次稀土标准工作会议的通知”拟落实任务稀土国家标准计划项目清单，由中国科学院长春应用化学研究所承担《钐镁合金》国家标准的制定任务，计划号为20161879-T-469，计划完成时间为2020年。

* 1. 起草单位情况

中国科学院长春应用化学研究所始建于1948年12月，经过几代应化人的不懈努力，现已发展成为集基础研究、应用研究和高技术创新研究及产业化于一体，在国内外享有崇高声誉和影响的综合性化学研究所，成为我国化学界的重要力量和创新基地。

六十九年来，长春应化所高擎发展应用化学，贡献国家人民的旗帜，坚持走基础研究和应用研究协调发展之路，共取得科技成果1200多项，其中包括镍系顺丁橡胶、火箭固体推进剂、稀土萃取分离、高分子热缩材料等重大科技成果450多项，创造了百余项“中国第一”，荣获国家自然、发明、科技进步奖60多项，院省（部）级成果奖400余项；申请国内和国际专利2100多项、授权1900多项；发表科技论文16000多篇，专利申请、授权数和论文被SCI收录引用数持续位居全国科研机构前5位；培育了以中科院系统第一家境内上市公司—长春热缩材料股份有限公司（“中科英华”），构建了吉林省化工新材料重大科技创新基地、浙江（杭州）材料与化工研究院、常州储能材料与器件研究院、青岛中科应化研究院等创新基地；建成了3个国家重点实验室、2个国家级分析测试中心、2个中科院重点实验室和1个中科院工程化研发平台；成批成建制地向30余个新兴科研机构和新兴企业输送专业人才1200多人，有28位在本所工作和学习过的优秀科学家当选为中国科学院院士、中国工程院院士和发展中国家科学院院士，被誉为“中国应用化学的摇篮”；先后荣获“全国五一劳动奖状”等多种荣誉称号，不断为我国经济建设、国家安全和社会可持续发展做出了重要创新贡献。

长春应化所现有职工903人，其中中国科学院院士6人、发展中国家科学院院士4人、研究员132人，国家千人计划、万人计划、国家百千万人才工程、国家杰出青年科学基金、中国科学院“百人计划”获得者分别为11人、9人、7人、22人和38人，有2个团队获国家重点领域创新团队、4个研究团队入选国家基金委创新研究群体。

长春应化所稀土资源利用国家重点实验室有50年从事稀土冶炼、分离、分析和稀土资源综合利用的工作基础，担任过氯化镁制备、富钇-镁中间合金、稀土铝合金、稀土在铝镁锌铜中应用等重大任务。稀土镁合金项目组利用我们的稀土镁中间合金与621所合作研发的高强镁合金MB26在某航天件上应用，为航空航天事业的发展作出了贡献,并获得国家发明奖。 在十五期间解决了下沉阴极电解的关键工艺，开发出镁下沉和固态液态组合阴极，在氯化物和氧化物熔盐体系中，电解制取稀土与镁的中间合金，以及低成本的稀土富集物与镁的中间合金，申请了9项国家发明专利。形成了比较成熟的稀土镁中间合金技术和工艺。“十一五”期间申请了中国科学院知识创新工程重要方向项目－稀土镁中间合金的研制和应用。长春应化所利用稀土镁中间合金与一汽集团合作研发了系列新型镁合金如：AZ91+LaCe合金，其蠕变性能比AZ91D提高20倍，耐热性与德国的商业化耐热镁合金相当，Mg-Sm-Zn-Zr铸态和挤压合金，其力学性能提高100MPa以上，其性能与高稀土含量的Mg-Gd-Y-Zr合金相当，耐腐蚀性能也相应提高10倍，已用作锡柴460马力发动机罩盖上；与嘉瑞创金镁科技（深圳）有限公司研发的AZ91+LaCe镁合金用于薄壁笔记本壳体批量生产。MB26稀土镁合金在某航天件上应用，使得航天件减重13公斤，为航空航天事业的发展作出了贡献。到目前为止，已生产几十吨多各类稀土镁中间合金，供美国GM公司、一汽集团、南阳红星、上海交大、吉林大学、东北大学、哈尔滨工业大学、沈阳工业大学、中科院金属所、重庆大学等30多个单位使用，各单位反馈效果良好。

2006年建立稀土镁合金中试基地，投入600万元进行100吨/年生产能力的稀土镁中间合金中试基地建设。经过承担863和国家科技攻关项目，已经形成了老、中、青结合的强有力的研发队伍，共有研究员3人，副研究员5人，助理研究员5人，实验师3人，技术工人8人，研究生8人。基地现拥有氯化物结晶料脱水、熔盐电解、熔盐纯化和尾气处理的稀土镁中间合金的研发生产设备。3000A、30V整流器、500A、24V电解设备，100Kg镁合金熔化保温炉，镁合金真空熔炼炉，光电直读光谱仪、ICP光谱仪、化学快速分析法，测定熔盐的电化学工作站、测试熔盐物理化学的综合测试仪以及研究合金组织结构和稀土作用机理的DTA-TGA、XRD、XPS、TEM等仪器。

标准起草制定

本标准编制计划

本标准编制计划如下：

1）2019年01月－2019年6月：调研、查阅相关资料、图书几文献，了解国内外钐镁合金的目前研发状况、生产动态及应用领域的变化，依据主要生产单位厂家提供的单位编写标准初稿 、编制说明。

2）2019年7月－2019年12月：组织相关人员对标准初稿及编制说明进行讨论，并对标准初稿进行完善。

3）2020年1月－2020年8月：完成并发出标准的征求意见稿，根据反馈回来的意见和建议完善标准的征求意见稿，形成预审稿。

4）2020年09月－2020年10月：召集专家对预审稿进行预审，通过对各单位以及与会专家的意见和建议进行归纳整理，完成《钐镁合金》标准的送审稿。

5）2020年10月：稀标委召集专家对送审稿进行审定。

1. 编制原则与标准的主要内容及工作过程

3.1 编制原则和依据

（1）本标准根据GB/T1.1－2009《标准化工作原则》的规定编写；

（2）充分满足市场并有利于创新发展的原则；

（3）本着通用性的原则，使得标准既要满足现有大多数产品的需要，同时充分考虑国内外相关技术发展趋势，使得本标准具有技术先进性的要求。

3.2 标准的主要内容及工作过程

3.2.1 产品分类及论据

本标准产品分类主要以稀土总量为依据分为六个牌号，分别适用于不同性能镁合金的使用范围。这种分类是按调研时生产厂家和用户使用要求进行划分。本标准的分类旨在囊括目前所有可能用到的含量分类，综合生产厂家结合使用方提出最佳建议共同设定的，同时拟达到生产及使用效率最大化。这种分类有利于技术创新，并且在使用时发现不同牌号产品的其他功能。

3.2.2 技术指标的确定与论据

任务下达后，《钐镁合金》国家标准编制小组按照标准的编制程序，查阅了国内外与稀土镁合金相关的国际、国家标准、企业标准和技术资料。对标准中主要技术指标进行说明如下，

1. 合金化学成分：

通过起草单位和参与单位共同对SmMg–25A、SmMg–25B、SmMg–20A、SmMg–20B、SmMg–15A、SmMg–15B等6个牌号合金进行成分分析测定，最终确定上述6个合金牌号的测试范围；

1. 取样与制样：

综合起草单位和参与单位各个厂家企业确定即通用又优化的取样件数范围和取样方法。

在反复认真地分析研究基础上，根据近年来国内钐镁合金的实际生产、销售和应用的情况，编制了《钐镁合金》国家标准草案，经过多次讨论及征求意见，最终形成了《钐镁合金》的征求意见稿。其主要参与单位意见如表2，根据所征求意见单位反馈回来的建议和意见，对征求意见稿进行修改，形成《钐镁合金》的预审稿。通过预审会及审定会，形成标准的报批稿。

表2 主要参与单位意见

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准章条编号 | 意见内容 | 提出单位 | 处理意见 | 备注 |
| 1 | 前言 | 本标准按照GB/T 1.1-1509给出的规则起草，修改为按照“GB/T 1.1-2020”给出的规则起草。 | 湖南稀土金属材料研究院 | 采纳 |  |
| 2 | 前言 | 稀土镁合金目前有钆镁合金、钕镁合金、钇镁合金、镧镁合金、镧铈镁合金等，有些有分析方法，有些没有，有些是行标，有些是国标。能否考虑在以后将这些分析方法整合为一大类系列标准：《稀土镁合金化学分析方法》，一来优化标准，二来使新建立的产品标准有方法可依。 | 四川省乐山锐丰冶金有限公司 | 采纳 |  |
| 3 | 1 | 不一定强调钐金属为原料，建议删除“以钐金属为原料制备的”。 | 有研稀土新材料股份有限公司 | 采纳 |  |
| 4 | 2 | 稀土总量的分析参照了GB/T 29916，碳的分析方法为何不能参照GB/T 29916？从产品类别上分，GB/T 29916比GB/T 12690.1更合适一点。 | 四川省乐山锐丰冶金有限公司 | 采纳 |  |
| 5 | 2 | 碳的分析方法可以参照GB/T 12690.1，只要测试范围包含或符合本标准的话，比镧镁合金中测试碳的方法更标准 | 包头稀土研究院 | 采纳 |  |
| 6 | 2 | 建议文件排序按国标号的数字大小排 | 赣州晨光稀土新材料股份有限公司 | 采纳 |  |
| 7 | 2 | GB/T 2968 金属钐，文件中没有用到这个标准，建议删除 | 有研稀土新材料股份有限公司 | 采纳 |  |
| 8 | 2 | 2、规范性引用文件中是否直接引用：  GB/T 39176-2020 稀土产品的包装、标志、运输和贮存（建议与会稀标委落实？是否可直接采用） | 湖南稀土金属材料研究院 | 不采纳 | 该标准还没有颁布 |
| 9 | 3.1 | 购买合金时杂质含量是否可以协商到所需要求 | 山西景浩科技有限公司 | 不采纳 | 有些牌号合金根据冶炼方法已经降低到了最小含量杂质，是无法改变的。 |
| 10 | 3.2 | Sm/RE，不小于改成“不大于”；稀土杂质项由于RE含量限制，将0.03改为“0.027”，0.15改为“0.135”，0.025改为“0.022”，0.125改为“0.11”，0.02改为“0.017”，0.1改为“0.085”. | 湖南稀土金属材料研究院 | 不采纳 | 应该改成“不小于”，且改成稀土杂质/RE相对含量 |
| 11 | 3.2 | 稀土杂质的满足表中要求上限，则不能保证Sm/RE满足要求，建议依次改为0.025，0.125，0.020，0.10，0.015，0.75。（与湖南稀土院提出的意见一致） | 四川省乐山锐丰冶金有限公司 | 不采纳 | 同上 |
| 12 | 3.2 | 合金不能只测碳，应该补充测氧含量，建议添加O含量的指标。 | 有研稀土新材料股份有限公司 | 不采纳 | 根据产品实际要求确定是否需要测定某些元素，如不需要，则增加了成本。 |
| 13 | 3.2 | 钐镁合金牌号是否过多，1-2个标准项目即可 | 山西景浩科技有限公司 | 不采纳 | 根据下游高端镁合金产品使用含量不同，3个牌号更能满足其使用要求。 |
| 14 | 5.1 | 钐镁合金的化学成分 ，跨页应该加上表头； | 有研稀土新材料股份有限公司 | 不采纳 |  |
| 15 | 5.1 | ，建议与表1的表头与表2 取样件数统一，或表1删除“钐镁合金的”。 | 有研稀土新材料股份有限公司 | 采纳 |  |
| 16 | 6.1.2 | 没写镁量的计算方法，建议：镁（Mg）量为100减去稀土总量和非稀土杂质量的总和。 | 赣州晨光稀土新材料股份有限公司 | 采纳 |  |
| 17 | 6.1.4 | 在GB/T 29916第6条稀土杂质的测定和第7条非稀土杂质的测定中，由于基体匹配不同，将La基体用Sm基体替代。”建议修改为“参照GB/T 29916规定执行，该标准文本中采用了稀土基体匹配，使用时将文本中La基体全部用Sm基体替代，稀土杂质项目为除钐以外所有稀土杂质，非稀土杂质测定项目不变。” | 湖南稀土金属材料研究院 | 采纳 |  |
| 18 | 7.1.1 | 产品由供方或第三方进行检验。”建议修改为“产品由供方质量检验部门进行检验，保证产品质量符合本标准规定，并填写产品质量证明书。” | 湖南稀土金属材料研究院 | 采纳 |  |
| 19 | 7.4.1 | 表2 内部竖线不应该加粗 | 有研稀土新材料股份有限公司 | 采纳 |  |
| 20 | 7.4.2 | 7.4.2和7.4.3 之间的段间距与 7.5.1和7.5.2 不同 | 有研稀土新材料股份有限公司 | 采纳 |  |

1. 国家标准作为强制或推荐性国家标准的建议

此次制定的《钐镁合金》新国家标准建议为推荐性国家标准。

1. 参考的相关标准和资料
2. GB/T56414-2010 钆镁合金
3. GB/T 2828.1-2003 计数抽样检验程序 第1部分：按接受质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划
4. GB/T15676-1995 稀土术语
5. GB/T3499-2003 原生镁锭
6. 致谢

本标准在起草过程中得到了全国稀土标准技术委员会秘书处的指导和帮助，同时对提供过数据、信息和建议的所有单位表示感谢！

中国科学院长春应用化学研究所

二〇一八年十一月八日