**稀土行业标准《铽铁合金》送审稿**

**编制说明**

**一、工作简况**

**（一）任务来源**

2024年4月8日，工业和信息化部办公厅关于印发2024年第一批行业标准制修订计划的通知（发文字号：工信厅科〔2024〕18号），《铽铁合金》行业标准制定项目计划号为2024-0327T-XB ，完成年限为2025年。本文件由全国稀土标准化技术委员会（SAC/TC 229）提出并归口，由有研稀土新材料股份有限公司、湖南稀土金属材料研究院有限责任公司、广西贺州金广稀土新材料有限公司、中稀天马新材料科技股份有限公司、中国北方稀土（集团）高科技股份有限公司、包头稀土研究院、乐山有研稀土新材料有限公司、虔东稀土集团股份有限公司、甘肃稀土集团有限责任公司、宁波复能稀土新材料股份有限公司、有研稀土高技术有限公司、赣州晨光稀土新材料有限公司等多家单位共同参与起草。

**（二）****主要参加单位和工作成员及其所做的工作**

本标准牵头起草单位有研稀土新材料股份有限公司（简称“有研稀土”）负责组织标准调研、验证、标准起草、预审、审定报批工作。有研稀土是2001年由中国有研科技集团有限公司（原北京有色金属研究总院）作为主发起人对“稀土国家工程研究中心”进行整体改制而设立的股份公司，有研稀土新材料股份有限公司（简称有研稀土）隶属于中央企业中国有研科技集团有限公司，是国家高新技术企业、国家企业技术中心，拥有国内稀土领域唯一的国家工程研究中心：稀土国家工程研究中心。其前身1952年开始稀土研究，是我国最早从事稀土研究开发的单位之一，也是我国稀土工业技术的主要发源地。有研稀土一直积极参与标准的制修订工作，牵头/参与制定了《高纯金属铽》、《高纯金属镝》、《高纯金属镱》、《金属钬》、《氟化镝》、《氟化钕》、《稀土术语-稀土金属及合金》、《稀土术语-稀土矿产品及化合物》、《快淬钕铁硼永磁粉》、《粘结钕铁硼永磁材料》、《钕铁硼速凝薄片合金》等多项稀土国际标准/国家标准/行业标准。多次参与制修订国务院新闻办《中国的稀土状况与政策》白皮书，工信部《稀土行业发展规划（2016-2020年）》、《稀土行业规范条件》、科技部《稀土化合物及金属技术发展战略研究报告》，中国工程院科技咨询项目《稀土功能材料及应用发展战略研究》等稀土政策以及重点报告，为稀土行业发展献言献策。

湖南稀土金属材料研究院有限责任公司是国内最早从事稀土冶炼分离以及稀土材料应用研究开发的机构之一，是“两弹一星”成功研制授勋单位、国家技术创新示范企业、国家级“专精特精”小巨人企业。自创建以来，累积获得科研成果400余项、省部级以上科技成果奖励300余项、国家授权发明专利82件，牵头或参与制定并颁布实施的国家、行业标准70项，建设有工业产品（稀土冶炼与加工品）质量控制技术评价湖南实验室等2个国家级创新平台，以及稀土功能材料湖南省重点实验室等6个省部级创新平台，承担了国家863计划、高新工程、工业强基工程等多项国家及省部级课题。

中国北方稀土(集团)高科技股份有限公司(简称北方稀土)，始建于1961年，是内蒙古自治区工业长子——包钢集团的控股子公司，也是中国稀土工业的起源。目前，北方稀土已拥有分子公司近50家，员工9000余人，分布全国11个省(市、自治区)，实现了跨地区、跨所有制、多领域协同发展。依托白云鄂博矿得天独厚的资源优势，北方稀土建立起全球规模最大的稀土原料生产基地和稀土功能材料制造基地，可生产各类稀土产品共11个大类、50余种、近千个规格。冶炼分离产能12万吨/年，稀土金属产能1.6万吨/年；磁性材料产能4.1万吨/年，抛光材料产能3.2万吨/年，贮氢材料产能8300吨/年，催化材料产能1.2万立方米/年；镍氢动力电池产能100万只/年，成功进军稀土永磁高效节能电机产业，搭建起从稀土冶炼分离—新材料精深加工—终端应用的全产业链体系。公司建有“白云鄂博稀土资源研究与综合利用国家重点实验室”“稀土冶金及功能材料国家工程研究中心”等多个国家级创新平台，并拥有国内最大的稀土新材料中试基地。

虔东稀土集团股份有限公司是一家集稀土基础材料、功能材料和稀土应用开发为一体的高新技术企业集团。产品主要有稀土氧化物、稀土金属、稀土发光材料、稀土合金、稀土陶瓷、稀土磁材和稀土应用加工装备制造等50余种产品。企业先后被评为 "国家火炬计划重点高新技术企业"、江西省"五一劳动奖状"、"诚信企业"、"高新技术企业"等。

 乐山有研稀土新材料有限公司位于乐山市峨边彝族自治县，是有研稀土新材料股份有限公司独资的国有企业，主要从事稀土金属及合金制备生产，生产能力3000t/a，产能位居全国前十位，是西南地区最大的稀土金属及合金生产企业之一，项目采用绿色、环保的氧化物电解工艺，主要产品有金属镧、金属铈、金属镨、金属钕和镨钕合金等。

包头稀土研究院成立于1963年，直属原冶金工业部。1992年进入包钢（集团）公司，是全国最大的综合性稀土科技研发机构。本院是以稀土资源的综合开发与利用为宗旨，以稀土选矿、冶金、稀土材料及其在高新技术领域的应用和利用稀土提升传统产业的技术水平为研究重点，以稀土分析检测、稀土标准制订和稀土信息为行业服务的多专业、多学科综合性研发机构；本院形成了以“白云鄂博稀土资源研究与综合利用国家重点实验室”、“稀土冶金及功能材料国家工程研究中心”等3个国家级平台、6个自治区级平台以及5个院级平台为主的科学技术研究和科技成果转化体系。搭建了“稀土新材料国际合作基地”、自治区及包头市两级“院士专家工作站”等国际、国内合作研究与交流平台。

本标准共同起草单位及参与标准制定人的情况见表1，涵盖了国内高纯稀土金属生产优势单位，提供各单位有关铽铁合金产品生产情况、技术指标及产品的应用情况，为本标准的制定提供更好的技术内容依据。

表1 主要起草人及工作职责

| 单位名称 | 工作职责 |
| --- | --- |
| 有研稀土新材料股份有限公司 | （1）牵头制定标准，负责项目任务的组织管理、落实和执行等；（2）成立铽铁合金行业标准项目编制小组，组织标准技术内容讨论；（3）收集汇总各标准参与单位和行业内容各专家代表的意见，负责编制铽铁合金标准征求意见稿、编制说明等文件；（4）调研铽铁合金产品的应用情况及其技术要求；（5）负责完成标准报批文件。 |
| 湖南稀土金属材料研究院有限责任公司、广西贺州金广稀土新材料有限公司、中稀天马新材料科技股份有限公司、中国北方稀土（集团）高科技股份有限公司、包头稀土研究院、乐山有研稀土新材料有限公司、虔东稀土集团股份有限公司、甘肃稀土集团有限责任公司、宁波复能稀土新材料股份有限公司、有研稀土高技术有限公司、赣州晨光稀土新材料有限公司等 | （1）提供各单位有关铽铁合金生产情况、产品技术指标，以及产品的应用情况；（2）参与标准技术内容的讨论并给出技术意见反馈；（3）积极参与稀土标委会组织的预审会、审定会，协助标准牵头单位共同完成标准的预审、审定和报批工作。 |

**（三）研制背景**

**1、项目的必要性简述**

稀土元素是重要的战略资源，广泛应用于国防工业、电子行业、环境保护、新能源行业等领域，是高新技术产业发展中必需的重要原料。铽铁合金主要用于制备钕铁硼等高性能稀土永磁功能材料。钕铁硼永磁材料自80年代问世以来，因其具有最高的磁性能而广泛地应用于电机、家用电器、计算机、医疗器械等行业。为了提升稀土永磁材料的磁性能，尤其提高内禀矫顽力和热稳定性，在稀土永磁材料中添加少量的稀土金属铽，可以改善稀土永磁材料上述性能，通常在永磁材料中加入金属铽量为0.1~3%。双碳背景下，随着新能源汽车、3C电子、人工智能、高端机床、医疗健康等高端应用场景对高性能钕铁硼磁体需求快速增长，全世界高性能钕铁硼永磁材料的产量将继续呈现快速的增长趋势，2022年全球高性能钕铁硼永磁材料产量约7万吨，预计2023年将突破10万吨，目前，金属铽系列产品的市场规模约500吨，市场规模50亿元以上。

金属铽除了作为稀土永磁材料的添加剂之外，还用于其它稀土功能材料中，如稀土超磁性伸缩合金(FeDy0.7Tb0.3)。在上述稀土功能材料中，金属铽通常以纯金属铽或铽铁合金方式加入。由于铽铁合金的熔点低于纯金属铽，相比纯金属铽形式加入，以铽铁合金形式加入钕铁硼等合金熔炼过程中更利于合金化，成分更加均匀。随着铽铁合金应用领域和需求量的不断增加，下游生产厂家对其产品质量提出了更高的要求，且铽铁合金属于高价值产品，因此需要建立一个行业技术标准来统一、规范该产品的的要求、试验方法、检验规则等。

铽铁合金的制备方法主要分为熔盐电解法和熔炼对掺法。该产品无国际标准，也无国外企业规模化生产铽铁合金的报道。目前，国内多个厂家生产和销售铽铁合金，且工艺技术成熟，具有一定市场规模，据估算国内年产量达到百吨。国内铽铁合金主要生产企业包括有研稀土新材料股份有限公司、赣州晨光稀土新材料有限公司、福建省长汀金龙稀土有限公司、虔东稀土集团股份有限公司等。

项目申请单位是国内铽铁合金生产及供应单位，已建立铽铁合金规模化生产线，工艺技术稳定，稳定供应铽铁合金产品；同时，申报单位已具备该产品相应分析检测能力，为标准技术指标的设定提供了良好的基础。此外，项目申请单位牵头/参与制定了《氟化镝》、《氟化钕》、《稀土术语-稀土金属及合金》、《稀土术语-稀土矿产品及化合物》、《快淬钕铁硼永磁粉》、《粘结钕铁硼永磁材料》、《钕铁硼速凝薄片合金》、《金属钬》、《高纯金属镝》、《高纯金属铽》等100多项稀土国际标准/国家标准/行业标准，具备承担标准制定项目的能力。

因此，本标准的制订，将对下游钕铁硼等高性能稀土永磁功能材料的规模化生产、扩大其推广应用领域有着深远的影响。同时，还将对于规范铽铁合金产品的生产和销售贸易，促进企业技术改造和产品质量的提高，减少生产厂家和用户之间的贸易纠纷，规范铽铁合金行业的发展具有非常重要的重要意义。

**2、项目的可行性简述**

项目牵头单位和参与单位涵盖了国内主要铽铁合金生产单位和使用单位，建立了铽铁合金的完整生产工艺及生产线，同时为铽铁合金产品建立了较完善的工艺操作制度和分析检测制度，为标准技术指标的合理设定提供了良好的基础。此外，有研稀土新材料股份有限公司成立20多年来一直积极参与标准的制修订工作，牵头/参与制定了《氟化镝》、《氟化钕》、《稀土术语-稀土金属及合金》、《稀土术语-稀土矿产品及化合物》、《快淬钕铁硼永磁粉》、《粘结钕铁硼永磁材料》、《钕铁硼速凝薄片合金》、《金属钬》、《高纯金属镝》、《高纯金属铽》等60多项稀土国际标准/国家标准/行业标准，具备承担标准制修订任务的能力。

**（四）主要工作过程**

**1、标准起草**

根据任务落实会议精神，我公司牵头组建了《铽铁合金》编制工作组，建立了相应工作交流群，成员涵盖了项目牵头单位和参与单位生产部门、质管办、市场部技术人员。主要进行了如下工作。

1. 确立了《铽铁合金》行标起草遵循的基本原则；
2. 对生产、使用厂家进行调研取样、收集资料；
3. 查阅相关标准；
4. 确定产品主要技术内容；
5. 确定建立仲裁方法；
6. 对产品进行分析测试；
7. 根据测试数据确定技术指标取值范围；
8. 编写征求意见稿等文件。
9. 咨询生产厂家及用户，认真听取了用户和专家对产品的意见，汇总后编写征求意见稿。

本文件标准草案形成后，牵头起草单位通过邮件形式将《铽铁合金》行业标准文本发送至湖南稀土金属材料研究院有限责任公司、广西贺州金广稀土新材料有限公司、中稀天马新材料科技股份有限公司、中国北方稀土（集团）高科技股份有限公司、包头稀土研究院、乐山有研稀土新材料有限公司、虔东稀土集团股份有限公司、甘肃稀土集团有限责任公司、宁波复能稀土新材料股份有限公司、有研稀土高技术有限公司、赣州晨光稀土新材料有限公司等共同起草单位，提出了以下主要修改意见：

1. 表1中“稀土杂质”修改为“稀土杂质合量”；
2. 表1中删除“RE+Fe”，直接列出Fe的指标：20±1；
3. 表1中O含量“0.15”建议修改为“0.1”，原因是按照“7.4.2 化学成分分析取样时，首选将试样打磨干净。分析氧含量时，在惰性气氛保护下从合金锭中间位置截取试样，取样量不少于10 g；”条款要求取样，O是完全可以达到0.1%以下；
4. 稀土总量(RE)的分析方法按GB/T 26416.1中方法3不适用，应具体指明采用方法1或方法2的规定进行铽铁合金中稀土总量(RE)的测定；
5. 删除“TbG/RE”中的“G”；
6. “＞50~100、＞100~200、＞200~500、＞500”应分别修改为“≥50~100、≥100~200、≥200~500、≥500”，否则50,100,200及500对应的取样件数不明确；
7. 建议将“化学成分分析结果与本文件不符合时，则从该批产品中取双倍样对不合格项目进行重复检验，如仍有任一项结果不合格，则判该批产品为不合格。”修改为“化学成分分析结果与本文件不符合时，则判该批产品为不合格”；修改理由为：因为：1、“7.4.1 化学成分分析的取样件数”的条款中取样的件数已经具备代表性了；“7.4.2分析其他杂质含量时，....取样量不少于10 g，将取好的试样迅速混匀缩分至所需数量，并立即密封保存。”条款中的取样采用的缩分法也具备代表性了；实验室对来样的检测都是进行平行三份检测；
8. 建议：将随行文件中的“c) 产品使用说明书”修改为“c) 产品安全说明书。原因是“产品使用说明书”是属于工艺方面，应用单位有自己工艺文件，知道如何使用；而“产品安全说明书”是供应商应提醒应用单位注意的安全问题，必须随货附上。

**2、征求意见阶段**

2023年9月，牵头单位通过邮件形式对《铽铁合金》征求意见稿。本标准发送《征求意见稿》的单位数13个，回函的单位数9个，函并有建议或意见的单位数4个，具体见《铽铁合金》意见汇总处理表。

2024 年9 月26 日，在吉林省长春市召开2024 年第七次稀土标准工作会议，来自稀土行业的40余名行业内专家代表参会，与会专家对《铽铁合金》行业标准项目（工信厅科[2024]18号2024-0327T-XB ）进行了预审。专家组审阅了相关资料，听取了标准牵头单位的工作汇报，经质询、讨论，形成意见如下：

1. 补充完善编制说明，更多提供技术指标确认依据；
2. 表1中“RE”更改为“稀土总量（RE）”，其它地方同修改；
3. 表1中“Tb/RE”更改为“铽相对纯度（Tb/RE）”；
4. 表1中铽相对纯度建议修改为99.9、稀土杂质合量更改为0.1，具体再调研氧化铽原料纯度水平，根据其来确定相对纯度和稀土杂质合量指标；
5. 化学成分仍按GB/T 26416的规定进行；
6. 化学分析方法中测试方法GB/T 26416.X合并为GB/T 26416；
7. 6.1中“∑稀土杂质量含量”更改为“稀土杂质合量”；
8. 删除7.4.2中在“惰性气氛保护下”。

2024年11月，本标准项目起草单位根据预审会意见，完成文本内容的修改后，通微信方式发送项目起草工作组内进行意见征集，具体见下表所示。

表2 项目编制组意见征集情况

| **序号** | **标准章****条编号** | **意见内容** | **提出单位** | **处理****意见** | **备注** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1范围 | 建议修改为：本文件适用于电解法、熔配法制备用作钕铁硼永磁材料和铽镝铁磁致伸缩材料的铽铁合金。 | 中国北方稀土（集团）高科技股份有限公司 | 部分采纳 | 本文件适用于电解法、熔配法生产的铽铁合金，主要用于制备钕铁硼永磁材料、铽镝铁磁致伸缩材料等。 |
|  | 4 | 应增加牌号具体表示方法 | 中稀天马新材料科技股份有限公司 | 不采纳 | 产品牌号表示方法应符合GB/T 17803的规定，无特殊要求。 |
|  | 表1  | 单列出Fe的含量要求 | 虔东稀土集团股份有限公司 | 采纳 |  |
|  | 表1 | 稀土总量(RE)建议修订为RE | 包头稀土研究院 | 不采纳 | 预审会建议将RE修改为稀土总量(RE) |
|  | 表1 | 稀土总量(RE)+铁(Fe),不小于建议修订为Fe | 包头稀土研究院 | 不采纳 | 同上 |
|  | 表1 | 铽相对纯度(Tb/RE),不小于建议修订为Tb/RE不小于 | 包头稀土研究院 | 不采纳 | 同上 |
|  | 表1 | 稀土杂质合量修订为稀土杂质合量/RE | 包头稀土研究院 | 不采纳 | 同上 |
|  | 表1 | 成分表中三个牌号的非稀土杂质建议分成三个指标来表述更加合理。 | 包头稀土研究院 | 采纳 |  |
|  | 5.2.2 | 建议改为：产品表面应洁净，无目视可见残留物、机械夹杂物及氧化脱落粉末。 | 中稀天马新材料科技股份有限公司 | 不采纳 | 夹杂物包括氧化物、氟化物、异金属等残留物 |
|  | 6.1.1 | 将6.1.1中各指标的检测方法一一列出：稀土总量按GB/T 26416.1的规定进行；铁量按GB/T 26416.4的规定进行；硅(Si)量按GB/T 26416.8的规定进行；钙(Ca)、镁(Mg)、铝(Al)、镍(Ni)按GB/T 26416.3的规定进行；碳(C)量按GB/T 26416.7的规定进行；氧(O)量按GB/T 26416.5的规定进行. | 虔东稀土集团股份有限公司 | 不采纳 | 预审会意见：化学分析方法中测试方法GB/T 26416.X合并为GB/T 26416 |
|  | 6.1.2  | 稀土杂质量的测定按GB/T 26416.2的规定进行，铽的相对纯度(Tb/RE）由计算得出，即…… | 虔东稀土集团股份有限公司 | 不采纳 |  |
|  | 7.1.1 | 产品由供方或第三方进行检验，保证产品质量符合本文件的规定。建议在符合本文件后增加并填写质量证明书。 | 中国北方稀土（集团）高科技股份有限公司、包头稀土研究院、湖南稀土金属材料研究院有限责任公司 | 采纳 | 修改为：产品由供方质量检验部门或第三方进行检验，保证产品质量符合本文件规定，并填写产品质量证明书。 |
|  | 7.1.2 | 建议“需方应对收到的产品按本文件的规定进行检验。如检验结果与本文件规定不符时，应在收到产品之日起2个月内向供方提出，由供需双方协商解决。如需仲裁，可委托双方认可的单位进行，并在需方共同取样。”修改为“需方可对收到的产品按本文件的规定进行检验。如检验结果与本文件规定不符时，应以书面形式向供方提出，由供需双方协商解决。属于外观质量异议，应在收到产品之日起1个月内提出；属于化学成分的异议，应在收到产品之日起2个月内提出。如需仲裁，应由供需双方在需方共同取样并委托双方认可的单位进行。” | 湖南稀土金属材料研究院有限责任公司 | 采纳 |  |
|  | 7.2 | 每一批是否有重量限制？ | 中国北方稀土（集团）高科技股份有限公司 | 采纳 |  |
|  | 7.2 | 产品应成批提交检验，每批应由同一牌号的产品组成。建议增加每批重量应不大于1000kg。 | 包头稀土研究院 | 采纳 |  |
|  | 7.4 | 改为取样 | 中国北方稀土（集团）高科技股份有限公司 | 采纳 |  |
|  | 7.4.2 | “用直径5~10 mm的钻头在合金锭上上、下两面等距离处各钻取3点以上”中“5~10 mm”修改为“5mm~10mm” | 虔东稀土集团股份有限公司 | 采纳 |  |
|  | 7.4.2  | 化学成分分析的取样方法建议增加按下述规定进行。 | 包头稀土研究院 | 不采纳 |  |
|  | 7.5.1 | 建议修改为化学成分分析结果与本文件不符合时，则从该批产品中取双倍样锭对不合格项进行复验，如仍有一项结果不合格，则判该批产品不合格 | 中国北方稀土（集团）高科技股份有限公司、中稀天马新材料科技股份有限公司 | 采纳 |  |

2024年12月23日，将该标准预审征求意见稿发送至铽铁合金产品相关生产企业及其及下游用户单位，进行第二次标准意见征集。发送《征求意见稿》的单位数13个，收到《征求意见稿》后回函的单位数10个，其中回函并有建议或意见的单位数5个。具体见意详见送审意见汇总表。

**3、审定阶段**

 。。。。。

**4、标准报批**

审定会结束后，本标准牵头起草单位根据审定会会议纪要内容，逐条进行了修改，修改后的标准送审稿为报批稿，并报送至全国稀土标准化技术委员会秘书处，由稀土标委会秘书处作为推荐性行业标准上报。

二、标准编制原则、主要内容及其确定依据

1、本标准起草过程中遵循以下原则

（1）本标准是根据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》和GB/T 20001.4-2015《标准编写规则 第4部分：试验方法标准》的要求进行编写的；

（2）充分满足市场要求的原则；

（3）划繁就简的原则；

（4）有利于创新发展的原则。

2、主要技术内容及其确定的依据

**（1）标准范围**

本文件适用于电解法、熔配法生产的铽铁合金。铽铁合金的性质同镝铁、钬铁等稀土铁合金，在电解过程中，铽铁合金中稀土总含量最佳含量是80wt.%。当采用熔配法生产时，铽铁合金中稀土总量可以采用配料成分进行控制。目前，铽铁合金主要是供制作钕铁硼永磁材料、铽镝铁磁致伸缩材料等添加剂。针对下游应用客户对铽铁合金需求，按化学成分分为TbFe-85、TbFe-80、TbFe-75三个牌号，产品牌号表示方法符合GB/T 17803的规定。

**（2）化学成分**

铽铁合金经过真空精炼方式使电解时偏析的稀土总量、铁等均匀化、一致化，同时金属中夹杂的电解质或者还原渣也能通过精炼方式去除，从而提高合金产品的品质。通过控制铽铁合金成分的稳定性，可以提高钕铁硼永磁材料、铽镝铁磁致伸缩材料成分的稳定性，要求铽铁合金中稀土总量、铁含量均控制在±1wt.%范围内。

铽铁合金中铽相对纯度(Tb/RE)主要取决于氧化铽的相对纯度。通过对国内主要氧化铽企业生产的产品进行调研，目前市售的氧化铽原料的相对纯度(Tb/RE)≥99.9wt.%，因而本标准规定了铽铁合金中铽相对纯度(Tb/RE)应≥99.9wt.%，稀土杂质总量＜0.1wt.%。

铽铁合金中Si、Ca、Mg、Al、Ni、C和O等杂质元素对钕铁硼永磁材料、铽镝铁磁致伸缩材料等稀土材料的性能有显著的影响。杂质元素如Al、Si、Ca等杂质含量过高，会降低钕铁硼永磁材料的磁性能，具体表现为降低居里温度合磁化强度。氧、碳等杂质元素在钕铁硼永磁材料中存在会形成氧化钕和碳化钕等，这些杂质会削弱主相的磁性能，降低磁体的剩磁、内禀矫顽力和磁能积，特别是氧含量，优于钕铁硼对氧的亲和力大，氧含量的增加会导致材料的稳定性变差，甚至出现粉化现行；此外，杂质元素含量过高，会使材料的性能变得更加硬脆，容易破碎，增加机械加工难度和次品率。综上，下游用户要求氧含量控制在2000ppm以下，碳含量控制500ppm以下。

通过对国内主要铽铁合金生产厂家的产品进行调研，其技术指标见表3所示。铽铁合金生产技术水平，同时考虑到氧化铽原料中杂质含量情况，对非稀土杂质含量进行规定。比如Mg、Al、Si等杂质容易由于稀土氧化物、铁原料、阳极等带入产品中；镍、钨、钼等金属杂质元素由于不锈钢勺子、熔炼坩埚等用具之类会二次引入；碳杂质则是电解工艺或者还原过程中原料的引入及其氟化工艺引入；氧杂质则是精炼或者电解过程中因金属铽易发生易氧化现象，导致产品中的氧含量较高，一般能控制小于2000ppm。

表3 铽铁合金产品技术指标调研表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 企业 | A企业 | B企业 | C企业 | D企业 |
| 牌号 | TbFe-75 | TbFe-80 | TbFe-85 | TbFe-80 | TbFe-75 | TbFe-80 | TbFe-85 | TbFe-80 |
| 稀土杂质合量 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| Si | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.03 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.03 |
| Ca | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 |
| Mg | 0.01 | 0.01 | 0.01 | / | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| Al | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.03 |
| Ni | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.01 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 |
| Mn | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | / |
| W+Mo+Ti合量 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| C | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.03 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.03 |
| O | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.3 |

综上，针对下游用户对铽铁合金应用需求，以及其铽铁合金生产企业技术指标控制情况，规定了三种铽铁合金产品中杂质含量情况，其化学成分应符合表4的规定。因三种不同成分的铽铁合金中杂质含量主要取决于生产金属铽原料的纯度，且其配比情况对杂质含量影响较小，因此三种不同牌号的产品的稀土杂质和非稀土杂质含量的技术指标相同。如需方对产品有特殊要求，供需双方可另行协商，并在合同中注明。

表4 标准中规定铽铁合金产品的化学成分

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 产品牌号 | TbFe-85 | TbFe-80 | TbFe-75 |
| 化学成分(质量分数)/% | 稀土总量(RE) | 85±1 | 80±1 | 75±1 |
| 铁(Fe) | 15±1 | 20±1 | 25±1 |
| 稀土总量(RE)+铁(Fe),不小于 | 99 | 99 | 99 |
| 铽相对纯度(Tb/RE),不小于 | 99.9 | 99.9 | 99.9 |
| 杂质含量，不大于 | 稀土杂质合量 | 0.1  | 0.1 | 0.1 |
| 非稀土杂质 | Si | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| Ca | 0.03 | 0.03 | 0.03 |
| Mg | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| Al | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| Ni | 0.03 | 0.03 | 0.03 |
| Mn | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| W+Mo+Ti合量 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| C | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| O | 0.2 | 0.2 | 0.2 |

**（3）外观质量**

根据下游用户的需求，产品为不规则块状，最大尺寸方向尺寸3 mm ~ 80 mm，表面及断口均呈银灰色金属光泽。若产品颗粒小于3mm，则产品中氧含量会大幅增高，影响下游产品的性；若产品尺寸过大，则不利于下游用户进行合理配料。此外，产品应洁净，无目视可见的夹杂物和氧化脱落粉末。

**（4）试验方法**

1）稀土总量(RE)的分析方法按GB/T 26416.1中方法1或方法2的规定进行。

2）铁(Fe)含量的分析方法按GB/T 26416.4的规定进行。

3）稀土杂质含量的分析方法按GB/T 26416.2的规定进行。

4）铽的相对纯度(Tb/RE）由计算得出，即[（稀土总量-∑稀土杂质含量）/稀土总量]×100%）。

5）硅(Si)含量的分析方法按GB/T 26416.8的规定进行。

6）钙(Ca)、镁(Mg)、铝(Al)、镍(Ni)含量的分析方法按GB/T 26416.3的规定进行。

7）碳(C)含量的分析方法按GB/T 26416.7 的规定进行。

8）氧(O)含量的分析方法按GB/T 26416.5 的规定进行。

**（5）化学成分分析的取样方法**

化学成分分析取样时，首先将试样打磨干净。分析氧含量时，从合金锭中间位置截取试样，取样量不少于10 g；制取分析其他杂质含量样品时，从合金锭中间位置截取试样，取样量不少于10 g或用直径5~10 mm的钻头在合金锭上、下两面等距离处各钻取3点以上，弃去距锭块表面0.5 mm~1.0 mm的钻屑，然后以低速钻取试样，取样量不少于10 g，将取好的试样迅速混匀缩分至所需数量，并立即密封保存。取样过程应防止样品发热氧化。

三、预期达到的社会效益

目前，国外还没有生产铽铁合金的报道，也无对应的国际标准，标准为首次制定。

本标准是我国第一部较完整的铽铁合金行业标准。本标准将为生产、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正确采用原材料，合理调整生产工艺，完善检测手段更细致地划分本企业的产品牌号，为用户生产出更满意的产品，让使用方合理、高效率、长寿命地使用本产品。本标准将会带来技术进步、品种增多、性能提高的竞争局面。

综上，《铽铁合金》行业标准的研制，将推动我国稀土金属产业的高质量发展，进一步提升我国在稀土金属冶炼产品的国际竞争力，具有重大经济和社会效益。

四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况

铽铁合金的制备方法主要分为熔盐电解法和熔炼对掺法。该产品无国际标准，也无国外企业规模化生产铽铁合金的报道。

目前，国内多个厂家生产和销售铽铁合金，且工艺技术成熟，具有一定市场规模，根据相关报道数据整理，国内铽铁合金产品年产量约为5吨。国内铽铁合金主要生产企业包括有研稀土新材料股份有限公司、赣州晨光稀土新材料有限公司、福建省长汀金龙稀土有限公司、虔东稀土集团股份有限公司等。

五、采标情况，以及是否合规引用或采用国际国外标准

经查，本标准的制订与现有的标准及制订中的标准协调配套，无重复交叉现象。

六、与有关法律、法规的关系

本标准本文件按照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。本标准与现行法律、法规和相关标准相协调、无冲突。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

无重大分歧。

八、涉及专利的有关说明

本标准未涉及相关知识产权。

九、贯彻标准的要求，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

发布后需要撰写宣贯推广材料，可以选择公众号、网站或其他方式进行宣贯推广。

十、其他应当说明的事项

无。

《铽铁合金》标准编制工作组

2024年12月31日