《镓基液态金属》

推荐性国家标准预审稿

编制说明

中国科学院理化技术研究所

2019年10月

## 《镓基液态金属》

编制说明（预审稿）

### 工作简况

* 1. 项目背景和立项意义

液态金属是一大类合金材料，在常温下或工作状态下为液态，具有液态温区宽、导热率高、导电性强等特性，可广泛应用于热控与能源、印刷电子、生物医疗、柔性机器等领域，并具有广阔的市场前景。发展液态金属材料与器件具有重大工业价值和科技战略意义，相关技术将为尖端信息、光电器件和新兴能源动力应用等提供关键保障，并为生物医学工程、印刷电子学、先进制造等提供全新解决方案，所形成的上下游产业链极为宽广。2017年1月23日，发改委、工信部、科技部、财政部联合制定的《新材料产业发展指南》（工信部联规[2016]454号）将液态金属列为新材料产业的重点扶持方向之一。2017年6月，液态金属被列入工信部编制的《重点新材料首批次应用示范指导目录（2017年版）》。

目前液态金属材料无国家标准和行业标准，国际上也没有相关标准。并且，由于液态金属物化性质的特殊性，现行材料检测方法用于检测液态金属材料参数多不适用，液态金属材料及其衍生产品缺乏有效的质量检验依据。因此需要立项制定液态金属材料的国家标准，以使液态金属的性能指标统一化、规范化、标准化，指导液态金属这一新兴产业的健康有序发展。

以金属镓为基体的合金材料无毒无害，使用安全，是当前应用最广的一类液态金属材料。《镓基液态金属》国家标准的制定，是液态金属材料系列标准的第一步；而液态金属系列材料标准将使液态金属新材料在国内、国际的推广应用具有合法性、合规性，使液态金属这一原创性科技成果产业化之路更加顺畅。

* 1. 任务来源

根据国家标准化管理委员《关于下达2018年第三批国家标准制修订计划的通知》（国标委发〔2018〕60号）的要求，由中国科学院理化技术研究所负责起草制定国家标准《镓基液态金属》，项目计划编号为20182009-T-610，计划完成年限为2020年。

* 1. 标准编制单位简况

中国科学院理化技术研究所组建于1999年6月，是以原中国科学院感光化学研究所、低温技术实验中心为主体，联合北京人工晶体研究发展中心和化学研究所的相关部分整合而成。全所现有在职职工505人，其中中国科学院院士5人、中国工程院院士2人、第三世界科学院院士2人、研究员81人、副高级专业技术人员150人。设有物理学、化学、动力工程及工程热物理3个一级学科博士、硕士研究生培养点，化学工程与技术一级学科硕士研究生培养点，材料学二级学科博士、硕士研究生培养点，动力工程、化学工程、光学工程、材料工程4个专业学位硕士研究生培养点，化学、物理学、动力工程及工程热物理3个一级学科博士后流动站。现有在学博士和硕士研究生500余人。理化所是以物理、化学和工程技术为学科背景，以高科技创新和成果转移转化研究为职责使命的研究机构。主要研究领域为光化学转换与功能材料、低温科学（工程）与技术、功能晶体与激光技术、仿生智能界面材料、特种功能材料与生物医用技术。全所现有1个国家级工程研究中心，1个国家级重点实验室，5个中科院重点实验室，2个北京市重点实验室，1个所级重点实验室，若干研究中心和研究组。

云南科威液态金属谷研发有限公司成立于2015年6月，注册资本1000万元。主要开展液态金属应用研发和产业转化。公司现有研发人员30余人，产业化队伍40余人；研发人员中，教授5人，副教授3人，有11人拥有博士学位，国家“杰出青年基金”获得者1人，中国科学院“百人计划”入选者2人。经过四年的发展，已向国家知识产权局申请了液态金属材料相关发明和实用新型专利130余项，针对市场需求完成10余个新产品研制开发。公司建成云南省液态金属企业重点实验室、云南省科学技术院液态金属研发中心、云南省液态金属产品质量检验中心、云南省新材料液态金属标准化分技术委员会等平台，其中云南省液态金属产品质量检验中心通过CMA认证。

* 1. 主要工作过程

中科院理化所接受任务后，成立了由理化所牵头，云南科威液态金属谷研发有限公司、云南中宣液态金属科技有限公司、云南省科学技术院等单位组织相关技术人员，成立了《镓基液态金属》国家标准标准编制组，主要工作过程经过以下几个阶段。

* + 1. 起**草阶**段

本标准依据我国镓基液态金属市场、生产、加工能力和分析水平等实际情况首次制定。

（1）2018年10月成立标准编制组，并明确了工作的职责和任务。

（2）2018年11月-2019年2月，对镓基液态金属的国内外生产和使用状况进行了相关资料的收集和总结，对技术资料进行了对比分析。

（3）2019年3月-2019年5月通过对镓基液态金属性能试验方法等技术资料的总结分析，经过多次研究论证，形成了《镓基液态金属》国家标准的讨论稿及编制说明。

* + 1. 征求意**见阶**段

（1）2019年5月，全国有色金属标准化技术委员会稀有金属分标委会在乌鲁木齐市召开了《镓基液态金属》等国家标准的讨论会。来自宝钛股份有限公司、国家钨与稀土产品质量监督检验中心、国标（北京）检验认证有限公司、国核宝钛锆业股份公司、有研工程技术研究院有限公司、广东省工业分析检测中心、广西壮族自治区分析测试研究中心、西北有色金属研究院宁夏有限公司、金堆城钼业股份有限公司、宝钛集团有限公司、西部超导材料科技股份有限公司等单位的专家代表参加了会议。各代表对本标准（讨论稿）、编制说明进行了认真、细致的讨论，并提出了对本标准的修改意见和建议。并形成以下会议意见：

——对用以保证产品的使用或分类要求的物理性能，规定其极限值；

——建议编制组广泛征求意见，对分歧意见进一步协商讨论。

（2）2019年6月，标准编制组按照乌鲁木齐会议讨论结果，对标准文稿和编制说明进行修改后形成征求意见稿，并发送到相关高校、科研院所、企业征求意见。

（3）2019年9月，根据反馈的意见，形成了意见汇总处理表和标准预审稿。

征求意见阶段，共发送国家标准《镓基液态金属》（征求意见稿）的单位 个，收到回函的单位 个，回函并有建议或意见的单位 个，无回函的单位 个，详见征求意见稿意见汇总处理表。征求意见范围广泛且具代表性，编制组根据意见对征求意见稿进行修改，于2019年10月形成了国家标准《镓基液态金属》（预审稿）。

### 标准编制原则

标准负责起草单位在任务落实会上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；

（3） 根据目前国内镓基液态金属产品生产企业的具体情况及技术水平，结合用户的要求，力求做到标准的广泛适用，操作可行；

（4） GB/T 1.1 《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》。

### 标准主要内容的确定依据

* 1. 范围

本标准规定了镓基液态金属的术语和定义、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存及质量证明书与订货单（或合同）内容。

本标准适用于常温或工作状态下为液态的镓合金，可用作散热流体工质、导电流体工质、热界面材料、相变蓄热材料、电子浆料、磁流体材料等。

* 1. 规范性引用文件

本标准针对客户对镓基液态金属的要求编写。要求包括：产品分类、外观质量、熔化温度、熔化焓、比热容、导热系数、电导率、密度、表面张力、粘度等方面。引用了推荐性国家标准5项，推荐性行业标准2项、美国材料试验协会标准1项。

* 1. 术语和定义

给出了镓基液态金属的主要特征及必要的相关定义。

* 1. 产品分类

经编制组协商，综合乌鲁木齐会议意见，最后采纳如下产品分类方法：

（1）产品按开始熔化温度分为6类。

1. 分类

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 代号 | 产品类别 | 开始熔化温度  ℃ |
| LMG | 1 | 25 <*T*i ≤30 |
| 2 | 20 <*T*i ≤25 |
| 3 | 15 <*T*i ≤20 |
| 4 | 10 <*T*i ≤15 |
| 5 | ≤10 |

（2）产品型号以产品的代号、类别表示，中间以“-”符号隔开。

* 1. 外观质量

液态金属的外观质量直接反应和影响其性能。因此本标准规定产品表面应洁净有光泽，不允许有明显色差和灰尘、油污等异物。

* 1. 物理性能

根据产品用途，用户关心产品的特定物理性能参数，通常是熔化温度、熔化焓、比热容、导热系数、电导率、密度、表面张力、粘度等中的一部分。以本标准规定的型号表示方法，同一型号下有不同组分的产品，所以同一型号的产品除开始熔化温度外的物性参数有较大变化范围。本标准将这些物理性能分为三类：

（1）规定可选值的物理性能

开始熔化温度是确定产品型号分类的依据，按分类要求规定产品的开始熔化温度可选值范围；

（2）规定极限值的物理性能

导热系数和电导率是产品用途要求的主要性能。对云南中宣液态金属科技有限公司生产的常用镓基液态金属物理性能进行了测定和统计，结果如表2、表3所示，其中导热系数和电导率的测试温度为25℃。

1. 室温下的物理性能（云南科威液态金属谷研发有限公司）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 型号 | 化学成分  质量分数% | 开始熔化温度  ℃ | 导热系数  W/(m·K) | 电导率  106 S/m |
| LMG-1 | Ga-3.6Zn | 25.2 | 27.81 | 3.2 |
| LMG-2 | Ga-13.5Sn | 20.8 | 26.44 | 3.6 |
| LMG-3 | Ga-10.8Sn-2.9Zn | 16.7 | 27.36 | 3.0 |
| LMG-4 | Ga-24.5In | 15.3 | 28.82 | 3.1 |
| LMG-5 | Ga-12In-16Zn | 13.0 | 27.74 | 3.5 |
| Ga-29In-4Zn | 13.0 | 24.09 | 3.6 |
| LMG-6 | Ga-25In-13Sn | 10.4 | 24.11 | 3.4 |
| Ga-21.5In-10Sn | 10.4 | 24.77 | 3.4 |
| Ga-21.5In-16Sn | 10.4 | 24.40 | 3.3 |
| LMG-7 | Ga-25In-13Sn-1Zn | 7.8 | 24.00 | 3.3 |

1. 室温下的物理性能（中科院理化技术研究所）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 型号 | 化学成分  质量分数% | 开始熔化温度  ℃ | 导热系数  W/(m·K) | 电导率  106 S/m |
| LMG-1 | Ga-3.6Zn | 25.0 | 26.85 | 3.2 |
| LMG-2 | Ga-13.5Sn | 20.5 | 25.88 | 3.6 |
| LMG-3 | Ga-10.8Sn-2.9Zn | 17.0 | 26.04 | 2.8 |
| LMG-4 | Ga-24.5In | 15.7 | 26.96 | 3.1 |
| LMG-5 | Ga-12In-16Zn | 13.0 | 25.67 | 3.5 |
| Ga-29In-4Zn | 13.0 | 23.81 | 3.6 |
| LMG-6 | Ga-25In-13Sn | 10.5 | 23.80 | 3.4 |
| Ga-21.5In-10Sn | 10.5 | 23.96 | 3.4 |
| Ga-21.5In-16Sn | 10.5 | 23.82 | 3.3 |
| LMG-7 | Ga-25In-13Sn-1Zn | 7.9 | 23.79 | 3.3 |

根据实验结果，经编制组协商，对液态金属产品导热系数和电导率的极限值规定如表4：

1. 室温下的物理性能规定

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 产品型号 | 导热系数  W/(m·K) | 电导率  106 S/m |
| LMG-1 | ≥25 | ≥2.5 |
| LMG-2 | ≥25 | ≥2.5 |
| LMG-3 | ≥25 | ≥2.5 |
| LMG-4 | ≥20 | ≥2.5 |
| LMG-5 | ≥20 | ≥2.5 |

（3）由供方确定数值的物理性能

熔化焓、密度、表面张力、粘度等物理性能是产品应用的重要依据，应用需求的多样化也决定了这些特性的多样化，因此本标准确定这些性能的检测方法，但不确定各参数的具体量值，由供方在需方提出要求时提供性能数据。

* 1. 试验方法

液态金属的熔化温度、熔化焓、比热容、导热系数、表面张力、粘度等有现行国家标准或行业标准作为检测依据的项目，本标准采用现行标准：

1. 物理性能检测依据

|  |  |
| --- | --- |
| 性能 | 依据标准 |
| 熔化温度 | GB/T 1425 |
| 熔化焓 | ASTM E793 |
| 比热容 | NB/SH/T 0632 |
| 导热系数 | GB/T 22588 |
| 表面张力 | SY/T 5370 |
| 粘度 | GB/T 10247 |

液态金属的密度和电导率的测定并无现行适用的标准方法。本标准中，采用流体静力称衡法来测定液态金属的密度，规定了该方法的仪器设备、试验步骤和数据计算；采用四探针法来测定液态金属的电导率，规定了该方法的仪器设备、试验步骤和数据计算。

需要说明的是，表5中所列导热系数、表面张力和粘度的标准方法在原理上可用于液态金属的测定，但仍存在适用性问题。编制组已启动《液态金属物理性能测定方法》国家标准的起草，将针对液态金属的理化性质对这些方法进行优化。

* 1. 检验规则
     1. 取样

考虑样本的代表性和物理性能检验的需要，规定取样则为：随机抽取每批产品瓶数的5%（不少于5瓶，批量少于5瓶时全数抽取），每瓶任取5 g~25 g，混合均匀。

* + 1. 检验结果判定

（1）外观质量不合格说明样品受到污染，判该批产品不合格。

（2）开始熔化温度是确定产品型号分类的依据，检验不合格，判该批产品不合格。

（3）导热系数、电导率是产品用途要求的主要性能，检验不合格时，允许加倍取样重复试验。若重复试验结果中仍有试样性能不合格，则判该批产品不合格。

* 1. 包装、运输、储存要求

确保产品不在包装、运输、储存过程中有二次污染，可靠运输，与生产企业和用户协商确定。

### 标准水平分析

《镓基液态金属》国家标准属首次制订，目前国内外均尚无相关标准。随着生产技术进步、下游用户对产品要求的不断提高，该产品种类、质量要求也会发生变化。本标准处于国内领先水平，对国内生产企业及相关行业的技术进步将产生积极的推动作用。

### 与现行法律、法规、强制性国家标准及相关标准协调配套情况

与有关的现行法律、法规和强制性国家标准没有冲突。

### 标准中如涉及专利，应有明确的知识产权说明

标准中未涉及专利。

### 重大分歧意见的处理经过和依据

无。

### 标准作为强制性或推荐性国家（或行业）标准的建议

本标准中的内容全面覆盖了镓基液态金属的一般性通用要求，但由于具体应用不同，对质量控制重点要求也不尽相同，对各项指标的要求程度也不相同，在订货过程中，供需双方还要对特殊要求进行进一步的明确。因此，建议本标准作为推荐性国家标准发布实施。

### 贯彻标准的要求和措施建议，包括：

标准中的内容全面覆盖了镓基液态金属的一般性通用要求，建议相关单位组织专项标准宣贯会进行系统的学习与贯彻实施。如果需方对镓基液态金属有特殊要求时，建议供需双方在本标准基础上对特殊要求在订货合同中进行详细的约定或起草专项技术协议。

### 废止现行有关标准的建议

无。

### 其他应予说明的事项

本标准的发布实施，将对指导我国镓基液态金属的生产、检验和管理起到重要作用，将为生产商、用户、供应商三方提供最基本的技术依据，将进一步规范镓基液态金属的质量控制要求，并成为质量一致性检验的重要依据。

本标准的制定，是液态金属材料系列标准的第一步；而液态金属系列材料标准将使液态金属新材料在国内、国际的推广应用具有合法性、合规性，使液态金属这一原创性科技成果产业化之路更加顺畅，为尖端信息、光电器件和新兴能源动力应用等提供关键保障，并为生物医学工程、印刷电子学、先进制造等提供全新解决方案，还可大力促进有色金属产业的技术升级，延长其产业链，提升有色金属资源的附加值。

《镓基液态金属》标准编制组

二〇一九年十月十五日