国家标准

《增材制造用硼化钛颗粒增强铝合金粉》

编制说明

（征求意见稿）

**标 准 编 制 组**

**2018年11月19日**

国家标准《增材制造用硼化钛颗粒增强铝合金粉》

编制说明(征求意见稿)

1、工作简况

1.1 任务来源

我国原铝产量位居世界之首，但在高新技术铝合金材料的研究、推广应用上具有极大的提升发展空间。《有色金属工业发展规划》（2016-2020年）提出的主要任务之一是大力发展高端材料，满足我国新一代信息技术、航空航天、海洋工程及高技术船舶、先进轨道交通、节能与新能源汽车等高端领域的关键基础材料需求。《新材料产业发展指南》重点任务中提出要大力扩展高性能复合材料在航空航天装备、先进轨道交通装备、汽车轻量化等领域的应用范围，以支撑中国制造实现由大变强的历史跨越。

先进粉末制备技术是3D打印技术的基础，是相关新兴高技术产业的先导。高性能、低成本粉末的广泛应用会改变3D打印发展的生产内容，促进生产方式的变革。发展高性能粉末及其制备技术，已成为当今材料科学与工程研究中十分活跃的高科技前沿领域。

TiB2陶瓷颗粒增强铝基复合材料是在铝及铝合金熔体中添加熔盐，通过化学合成反应生成陶瓷颗粒纳米、亚微米陶瓷TiB2规则圆整增强颗粒，得到TiB2分布均匀、界面相容性好、性能稳定的铝基复合材料。相比基体材料，其强度、弹性模量大幅度提高；具有轻质高强度、高刚度、耐疲劳、低膨胀、高阻尼、易加工等特点，已批量应用于军工、航天、航空、汽车、电子等高新技术领域。在教育部组织的项目鉴定会上，与会专家给出的鉴定结论是“达到国际先进水平”；且列入中华人民共和国工业和信息化部《重点新材料首批次应用示范指导目录（2017年版）》，《重点新材料首批次英语示范指导目录（2018年版）》。

本项目是根据安徽相邦复合材料有限公司生产的原位自生TiB2陶瓷颗粒增强铝基复合材料的自身特点，通过真空雾化粉体制备技术，通过对限制式喷嘴的改进，大幅缩短气流自出口至液流的距离，使气流的能量最大限度地转化为金属熔滴的表面能，把复合材料内部陶瓷颗粒对于气雾化过程的影响降到最低；同时通过对熔体过热度，雾化器的结构，雾化气压等参数的控制获得适用于激光增材制造技术的铝基复合材料超细粉体。

增材制造用TiB2陶瓷颗粒增强铝基复合材料粉作为一种轻质、高强、综合性能优异的新兴材料，虽然具有广阔的市场前景，但目前国内外尚没有明确的标准予以对应。为了能使该材料更好地得到应用，制定相应的国家标准就成为迫切需要解决的问题。相应标准的制定和颁布，不仅可以规范企业的产品设计、质量控制，加速提升企业的研发、制造水平，也为产、供、销三方提供基本的技术数据和使用依据。使增材制造用TiB2陶瓷颗粒增强铝基复合材料在国民经济建设和发展中得到更好的广泛应用，为相关企业产品升级换代提供更多选择和强大支撑。

安徽相邦复合材料有限公司根据国家标准化管理委员会国标委综合［2018］60号 20182022-T-610号文件的要求，联合上海交通大学特种材料研究所及相关单位共同起草《增材制造用硼化钛颗粒增强铝合金粉》国家标准。

1.2 起草单位

在全国有色金属标准化技术委员会的组织下，成立了安徽相邦复合材料有限公司联合上海交通大学特种材料研究所等相关单位成立了编制工作组。编制工作组起草单位和主要合作单位简介如下：

1）安徽相邦复合材料有限公司

安徽相邦复合材料有限公司成立于2013年1月，坐落于淮北市经济技术开发区龙湖工业园内，占地138亩。是国家级高新技术企业、武器装备科研生产保密资格单位、安徽省军民融合新材料产业创新联盟理事长单位，通过了武器装备质量管理体系认证和武器装备科研生产许可证认证。现建有院士工作站、安徽省铝基复合材料工程研究中心、淮北市铝基复合材料工程技术研究中心；先后获得安徽省“省十佳科研团队”、“安徽省高层次科技人才团队”等荣誉称号，并得到安徽省“三重一创”科技重大专项、2017年工业转型升级（中国制造2025）国家新材料生产应用示范平台建设项目（与中国商用飞机有限责任公司、飞机设计研究院合作）、安徽省陶铝新材料研制及产业化项目资助。目前拥有发明专利4项，上海交通大学独家授权专利9项。

安徽相邦复合材料有限公司已经建立起年产5000吨TiB2陶瓷颗粒增强铝基复合材料生产线，现拟扩建年产1.8万吨生产线，铝基复合材料精密铸造生产线、铝基复合材料半连续铸造生产线、铝基焊丝生产线，3D打印机粉体生产线，反重力铸造系统；配备有电感耦合等离子体光谱仪，离子色谱仪，直读光谱仪、图像分析仪等分析测试设备。

公司瞄准世界新材料技术发展前沿，将TiB2陶瓷颗粒增强铝基复合材料与激光增材制造技术相结合，在TiB2陶瓷颗粒增强铝基复合材料雾化制粉、选区熔化、致密化等增材制造核心技术上取得了重要突破，形成了具有自主知识产权的TiB2陶瓷颗粒增强铝基复合材料激光增材制造新技术、新工艺，在国际上率先实现了高性能陶瓷增强铝合金的激光增材制造。

公司已经与上海交通大学、西北工业大学等高校和航天八院、航天四院、中航工业623所等研究院所建立了长期战略合作关系，共同致力于增材制造用TiB2陶瓷颗粒增强铝基复合材料粉的新技术、新工艺研发，积极开辟和拓展增材制造用TiB2陶瓷颗粒增强铝基复合材料粉新的应用领域，建设高水平先进材料的研发团队。

2）上海交通大学特种材料研究所

上海交通大学特种材料研究所是上海交通大学材料学院二级科研平台，是“金属基复合材料国家重点实验室”的重要组成部分。  研究所主要从事新型特种材料的制备及其成形技术研究，近年来在高性能铝基复合材料原位合成过程、组织调控和成形技术的机理、方法和工艺等方面取得突破，率先实现了熔体控制原位自生铝基复合材料的规模化生产应用。研究成果已应用于国防装备、航空航天和电子领域，为多个构件提供了关键材料支撑，为解决轻质、高强金属基复合材料发展与应用的关键问题开辟了新途径。获得2013年度教育部“技术发明一等奖”，2017年度上海市技术发明一等奖。

   研究所多年来承担国防重点攻关项目、国家自然科学基金、国际合作项目等三十余项，总研究经费超过2.6亿元。在国内外学术刊物上发表学术研究论文一百余篇，获授权中国国家发明专利60余项。

  研究所始终将满足国家战略需求放在第一位，注重基础理论与实际应用相结合，积极推进多学科交叉。与中国商用飞机有限责任公司、中国航发商用航空发动机有限责任公司开展紧密合作，致力于新型航空航天材料开发，在轻质高强复合材料、复合材料强韧化设计与制备以及高性能增材制造技术方面进行针对性研发，助推自主知识产权先进金属基复合材料发展。

1.3 主要工作过程和内容

接到标准制定计划后，在全国有色金属标准化技术委员会组织下，安徽相邦复合材料有限公司联合上海交通大学特种材料研究所等相关单位《增材制造用硼化钛颗粒增强铝合金粉》成立了标准制订工作小组，制定了工作计划，查阅、收集和整理了大量国内外的相关的资料。2017年11月经过标准制定工作小组成员认真调查、分析、研究，初步制定了《增材制造用硼化钛颗粒增强铝合金粉》标准草稿。2018年11月在淮北召开了该标准征求意见稿的讨论会，制定起草计划及工作分配。2018年12月3日-5日安徽相邦复合材料有限公司和上海交通大学等单位参加了在福建福州召开了“颗粒增强铝合金粉任务落实标准项目研讨会”。会上工作组汇报了标准制定进度和工作计划，与会专家对《增材制造用硼化钛颗粒增强铝合金粉》标准的材料牌号和性能规定进行了认真的讨论，提出了宝贵意见。在该标准的起草过程中，工作组认真调查、分析、研究颗粒增强铝合金粉材料、成型工艺和质量管控、现行相关标准规范，并对我国目前增材制造用硼化钛颗粒增强铝合金粉的应用市场进行调研，采集具有代表性的产品样品，分别在安徽相邦复合材料有限公司、上海交通大学特种材料研究所、中国商发、中国商飞等进行产品试制与试验。最后，在综合研究、分析、整理所有调查资料及试验数据的基础上，对技术要素、参数、性能指标、试验方法等进行了确立，计划于2019年7月底完成该标准的送审稿。

2、标准制定主要原则和依据

1）本标准编制遵循“统一性、协调性、适用性、一致性、规范性”的原则，与国际国内标准接轨，注重标准的可操作性。

2）本标准严格按照GB/T 1.1-2009《标准化工作导则第1部分：标准的结构和编写规则》的规定进行编写和描述。

3）本标准制定过程中广泛获取资料，查阅了相关标准和国内外颗粒增强铝合金粉种类、颗粒增强铝合金粉制备工艺等方面的内容。

4）本标准中主要技术指标和试验方法参考[GB/T 4309-2009](http://www.zjsis.com/DataCenter/Standard/StdDetail.aspx?ca=ExPaaUqoqfc=" \t "_blank) 《粉末冶金材料分类和牌号表示方法》、MPIF35-2012《美国粉末冶金结构零件材料标准》、[GB/T 2085.1-4](http://www.zjsis.com/DataCenter/Standard/StdDetail.aspx?ca=KxmfQWYySB4=" \t "_blank)《铝粉》等标准进行编制，并参照其技术指标做出相应规定，并制定相应的取样及试验方法，以确保高性能颗粒增强铝合金粉质量。

5）本标准采用特征值来衡量产品质量指标值的大小。特征值不仅能考核产品自身质量水平，同时能体现整批产品的质量稳定性。采用特征值来衡量产品质量，是一种依赖于概率论与数理统计并将其作为强有力的理论依据的科学计算方法。

6）本标准着重考虑增材制造用硼化钛颗粒增强铝合金粉的化学成分、外观质量和产品合格标准。

3、确定标准主要技术内容

3.1 产品分类（牌号、状态和标记）的确定

工作组依据国内外相关资料，给出增材制造用硼化钛颗粒增强铝合金粉所涉及的合金牌号和状态，并列表给出（如表1所示）。结合国标 [GB/T 4309-2009](http://www.zjsis.com/DataCenter/Standard/StdDetail.aspx?ca=ExPaaUqoqfc=" \t "_blank)《粉末冶金材料分类和牌号表示方法》，指出“若有除此之外的需求，双方协商并在订货单（或合同）中注明”，以满足多种需求和未来的发展需求。

表 1增材制造用硼化钛颗粒增强铝合金粉牌号

|  |  |
| --- | --- |
| 合金粉牌号 | TiB2质量分数% |
| FKL7NA356，FKL7NA357，FKL7N2024，FKL7N7075， FKL7N Al7SiCuMg， FKL7NAlSi10Mg | 2.5-12 |

3.2 化学成分的确定

工作组依据国内外相关资料，在标准中规定了FKL7NA356，FKL7NA357，FKL7N2024，FKL7N7075， FKL7N Al7SiCuMg，FKL7N AlSi10Mg牌号合金的化学成分（如表2所示），规定了其它杂质的单个质量分数和合计质量分数，并规定“需方有其它要求时，由供需双方协商确定后在订货单（或合同）中注明”。

**表2**增材制造用硼化钛颗粒增强铝合金粉主要控制元素质量分数（％）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | Si | Mg | Cu | B | Ti | Fe1 | Cr | Mn | Ni1 | Zn | O2 | N2 | Al |
| FKL7NA356 | 6.5-7.5 | 0.25-0.4 | 0.21 | 1.2-2.0 | 3.5-4.5 | 0.4 | Sn0.051 | 0.61 | 0.05 | 0.31 | 800 | --- | 余量 |
| FKL7NA357 | 6.5-7.5 | 0.3-0.45 | 0.11 | 1.2-2.0 | 3.5-4.5 | 0.12 | --- | 0.051 | --- | 0.051 | 600 | --- | 余量 |
| FKL7N2024 | 0.151 | 1.2-1.5 | 3.7-4.5 | 1.2-2.0 | 3.5-4.5 | 0.2 | 0.11 | 0.15-0.8 | --- | -- | 800 | --- | 余量 |
| FKL7N7075 | 0.41 | 2.1-2.9 | 1.2-2.0 | 1.2-2.0 | 3.5-4.5 | 0.5 | 0.18-0.28 | 0.31 | --- | 5.1-6.1 | 2000 | 500 | 余量 |
| FKL7N Al7SiCuMg | 6.5-7.5 | 0.9-1.5 | 0.75-1.2 | 0.5-1.0 | 1.0-2.0 | 0.3 | --- | 0.21 | 0.08 | 0.21 | 800 | 500 | 余量 |
| FKL7N AlSi10Mg | 9.0-11.0 | 0.2-0.45 | 0.11 | 3.0-4.5 | 7.8-9.0 | 0.55 | --- | 0.451 | 0.05 | 0.11 | 0.2 | 0.05 | 余量 |
| 注1：方框内只有单列数值没有范围的表示是杂质，且不超过这个数值。  注2：氮、氧含量单位ppm。 | | | | | | | | | | | | | |

3.3 粒径分布的确定

《增材制造用硼化钛颗粒增强铝合金粉》粒径分布直接取用 GB∕T 19077-2016 《粒度分布 激光衍射法》的规定，以保持标准体系的统一性和系统性。

3.4 外观质量要求的确定

《增材制造用硼化钛颗粒增强铝合金粉》外观质量检测参考 [GB/T 2085.4-2014](http://www.zjsis.com/DataCenter/Standard/StdDetail.aspx?ca=KxmfQWYySB4=" \t "_blank)《铝粉 第4部分：氮气雾化铝粉》的规定，以保持标准体系的统一性和系统性。并明确指出检测方式为“颜色用目视法，球形用100倍的放大镜检测”；并在已有的 [GB/T 2085.4-2014](http://www.zjsis.com/DataCenter/Standard/StdDetail.aspx?ca=KxmfQWYySB4=" \t "_blank)《铝粉 第4部分：氮气雾化铝粉》规定基础上，规定采用标准明确规定之外要求应该“并在订货单（或合同）中注明”以减少和避免相关纠纷。

3.5 试验方法的确定

3.7.1 化学成分

《增材制造用硼化钛颗粒增强铝合金粉》规定的化学成分分析及仲裁按Q/AXB 006规定的方法进行，氧、氮、氢按照GB∕T 14265《金属材料中氢、氧、氮、碳和硫分析方法通则》，以保持标准体系的统一性和系统性。

3.7.2 粒径分布

《增材制造用硼化钛颗粒增强铝合金粉》粒径分布试验方法的确定参考 GB∕T 19077 《粒度分布 激光衍射法》的规定。

3.7.3 外观质量

《增材制造用硼化钛颗粒增强铝合金粉》外观质量试验方法的确定参考 [GB/T 2085.4-2014](http://www.zjsis.com/DataCenter/Standard/StdDetail.aspx?ca=KxmfQWYySB4=" \t "_blank)《铝粉 第4部分：氮气雾化铝粉》的规定。

3.8 检验规则的确定

3.8.1 检查和验收

《增材制造用硼化钛颗粒增强铝合金粉》检查和验收规则确定的主体内容应用[GB/T 2085.4-2014](http://www.zjsis.com/DataCenter/Standard/StdDetail.aspx?ca=KxmfQWYySB4=" \t "_blank)《铝粉 第4部分：氮气雾化铝粉》的规定，以保持标准体系的统一性和系统性；将仲裁修规定为“如需仲裁，应由供需双方协商确定”，以满足供需双方的多样性需求。

3.8.2 组批

《增材制造用硼化钛颗粒增强铝合金粉》组批规则的规定直接应用 [GB/T 2085.4-2014](http://www.zjsis.com/DataCenter/Standard/StdDetail.aspx?ca=KxmfQWYySB4=" \t "_blank)《铝粉 第4部分：氮气雾化铝粉》的规定，以保持标准体系的统一性和系统性。

3.8.3 检验项目

《增材制造用硼化钛颗粒增强铝合金粉》检验项目的规定直接应用 [GB/T 2085.4-2014](http://www.zjsis.com/DataCenter/Standard/StdDetail.aspx?ca=KxmfQWYySB4=" \t "_blank)《铝粉 第4部分：氮气雾化铝粉》的规定，以保持标准体系的统一性和系统性。

3.8.4 取样

《增材制造用硼化钛颗粒增强铝合金粉》取样的规定参考 [GB/T 5314-2011](http://www.zjsis.com/DataCenter/Standard/StdDetail.aspx?ca=KxmfQWYySB4=" \t "_blank)《粉末冶金用粉末 取样方法》的规定，并将取样位置和数量规定进行了统一。

3.8.5检验结果的判定

《增材制造用硼化钛颗粒增强铝合金粉》检验结果判定的规定中，化学成分、力学性能、外观质量三项直接应用[GB/T 2085.4-2014](http://www.zjsis.com/DataCenter/Standard/StdDetail.aspx?ca=KxmfQWYySB4=" \t "_blank)《铝粉 第4部分：氮气雾化铝粉》的规定。

3.9 标志、包装、运输和贮存的确定

《增材制造用硼化钛颗粒增强铝合金粉》标志的规定主体参考 [GB/T](http://www.zjsis.com/DataCenter/Standard/StdDetail.aspx?ca=KxmfQWYySB4=" \t "_blank) 12463-2009 《危险货物运输包装通用技术条件》和GB/T 3199-2007 《铝及铝合金加工产品 包装、标志、运输、贮存》的规定，以保持标准体系的统一性与系统性。

3.10 质量证明书的确定

《增材制造用硼化钛颗粒增强铝合金粉》质量证明书的规定主体参考[GB/T 2085.4-2014](http://www.zjsis.com/DataCenter/Standard/StdDetail.aspx?ca=KxmfQWYySB4=" \t "_blank)《铝粉 第4部分：氮气雾化铝粉》的规定；增加对供方联系方式的规定，规定需注明“供方名称、地址、电话、传真”。

3.11 订货单（或合同）内容的确定

《增材制造用硼化钛颗粒增强铝合金粉》订货单（合同）内容规定主体参考 [GB/T 2085.4-2014](http://www.zjsis.com/DataCenter/Standard/StdDetail.aspx?ca=KxmfQWYySB4=" \t "_blank)《铝粉 第4部分：氮气雾化铝粉》的规定；将牌号、状态、规格三项内容分开以细化需求；并对需方的特殊要求进行细化，明确规定“特殊的尺寸偏差要求”、“特殊的室温拉伸力学性能要求”、“特殊的包装要求”、以及“其他特殊要求”应该在订货单（或合同）内容明确指出；并规定若有“其它”内容，也应明确在订货单（或合同）中指出。

4、与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

《增材制造用硼化钛颗粒增强铝合金粉》属于轻质、高强新型颗粒增强铝合金粉的基础标准，国家、省市各部门没有现行的相关法律、法规、规章及相关标准以及本行业的强制标准。

5、标准水平分析

本标准的制定根据我国实际生产和使用情况，属于轻质、高强颗粒增强铝合金粉基础标准，规定了增材制造用硼化钛颗粒增强铝合金粉的合金化学成分、产品的典型力学性能及外观质量。本标准在起草过程中等同采用ASTM标准体系和ISO标准体系的命名原则，也规定了如需其他合金牌号、状态时，由供需双方协商解决并在订货单（或合同）中注明，有利于满足不同用户的需求。本标准完善了我国基础材料标准体系，可以满足增材制造用TiB2陶瓷颗粒增强铝基复合材料粉的生产和国内外贸易的需求，为产、供、销三方提供基本的技术依据。

6、专利及涉及知识产权

本标准在起草过程中，对于新增的高强颗粒增强铝合金粉牌号进行了详细的论证，新增的国外牌号已经在国外的标准中出现；新增的国内牌号，已进行过牌号注册，并且经过了研发单位的许可，不涉及知识产权的问题。

7、重在分歧意见的处理经过和依据

无。

8、标准作为强制性或推荐性国家（或行业）标准的建议

本标准为轻质、高强颗粒增强铝合金粉及颗粒增强铝合金粉的基础标准，包含了现行适用的高强颗粒增强铝合金粉牌号，现行颗粒增强铝合金粉挤压表面质量要求以及力学性能范围。但随着高强颗粒增强铝合金粉应用的不断发展，新型高强颗粒增强铝合金粉品种的不断研发，新的牌号会层出不穷。因此，建议本标准作为推荐性国家标准发布实施。

9、贯彻标准的要求和措施建议

本标准是轻质、高强颗粒增强铝合金粉及颗粒增强铝合金粉的基础标准，是所有高强颗粒增强铝合金粉生产企业必须使用的标准之一，起规范颗粒增强铝合金粉行业和与国际颗粒增强铝合金粉行业发展接轨的作用，本标准发布执行后，建议标准主管单位在相关企业进行推广，相关单位组织宣贯执行。

**10、废止现行有关标准的建议**

无。

**11、其它应予说明的事项**

无。

**12、推广应用的预期效果**

随着颗粒增强铝合金粉行业的飞速发展，高强颗粒增强铝合金粉应用范围越来越广，是航空、航天、交通运输工具中不可缺少的重要结构材料，在国防建设和国民经济发展中具有重要的战略地位。然而相关国家标准的缺乏，大大限制了高强颗粒增强铝合金粉的广泛应用以及提高了企业间生产成本。通过本标准的制定，可以规范、促进高强颗粒增强铝合金粉的广泛应用，将大大推进设备轻量化，减少能源的消耗，具有良好的应用前景。

《增材制造用硼化钛颗粒增强铝合金粉》编制组

2018年11月19日