

《增材制造碳化硅基陶瓷光固化成型 工艺与技术规范》

编制说明

团标制定工作组

二零二五年二月

一、工作简况

（一）任务来源

根据 2024 年全国标准化工作要点，大力推动实施标准化战略，持续深化标准化工作改革，加强标准体系建设，提升引领高质量发展的能力。依据《中华人民共和国标准化法》，以及《团体标准管理规定》相关规定，中国中小商业企业协会决定立项并联合东莞理工学院等相关单位共同制定《增材制造碳化硅基陶瓷光固化成型工艺与技术规范》团体标准。于 2024 年 12 月 16 日，中国中小商业企业协会发布了《增材制造碳化硅基陶瓷光固化成型工艺与技术规范》团体标准立项通知，正式立项。

（二）编制背景及目的

增材制造（Additive Manufacturing, AM），即 3D 打印技术，是一种基于计算机三维模型，通过逐层添加材料进行成型的制造工艺。近年来，增材制造技术因其在复杂结构、个性化定制、零部件小批量生产等方面的独特优势，已广泛应用于航空航天、汽车、医疗、电子、能源等行业，并不断推动传统制造模式的变革。

增材制造技术的种类繁多，包括粉末床熔融（PBF）、熔融沉积建模（FDM）、光固化立体打印（SLA）、选择性激光烧结（SLS）等。其中，光固化成型（SLA）技术作为增材制造中的一种重要方法，已经在诸多领域得到了广泛应用。光固化成型技术通过紫外激光或光源固化液态树脂，逐层构建模型，具有高精度、精细的层次分辨率和良好的表面光洁度。随着增材制造技术的不断进步，材料的多样性和复杂性逐渐成为行业发展的关键。早期增材制造多以塑料、金属为主要材料，但随着技术的不断提升，基于陶瓷、复合材料的增材制造逐步成为研究热点。陶瓷材料，特别是碳化硅基陶瓷，因其优异的耐高温、

抗腐蚀、耐磨损性能，被广泛应用于航空航天、电子、能源等高端领域。

一、碳化硅基陶瓷的应用前景

碳化硅（SiC）基陶瓷是一种具有极高硬度和耐磨性、耐高温、抗氧化、耐腐蚀等特性的先进陶瓷材料。由于其在极端条件下的稳定性，碳化硅基陶瓷在高温结构件、热交换器、燃气涡轮、半导体器件等领域具有广泛应用。此外，碳化硅基陶瓷的导热性好、电绝缘性优异，是航空航天、电子通讯、机械加工等领域中的重要材料。

然而，碳化硅基陶瓷的传统制造方式通常包括压制、烧结等固态成型工艺。这些传统工艺虽然在一定程度上能够满足生产要求，但对于复杂形状、微细结构的加工往往力不从心，且生产效率较低。尤其在高性能部件和个性化定制领域，传统制造工艺的局限性逐渐显现。

随着增材制造技术的发展，基于增材制造的碳化硅基陶瓷成型工艺逐步成为研究热点。增材制造技术在碳化硅陶瓷制造中的应用可以实现更为复杂的几何形状，同时大幅提高材料利用率和生产效率。此外，增材制造技术还能够灵活调节成型过程中材料的组成和结构，从而进一步优化碳化硅基陶瓷的性能。

二、光固化成型技术在陶瓷制造中的应用

光固化成型技术（SLA）是增材制造技术中一种重要的成型方法，它利用紫外激光束或光源通过逐层曝光，使液态光敏树脂固化，最终成型所需的三维结构。与其他增材制造技术相比，光固化成型具有更高的精度和表面光洁度，适用于制造复杂结构和微细部件。

在陶瓷制造领域，光固化成型技术已经逐步得到应用。陶瓷光固化成型工艺通常包括光敏树脂的制备、光固化成型和后处理过程。光固化树脂通常由陶瓷粉末、光敏树脂和其他辅料组成，其中陶瓷粉末

作为主要填充材料，负责提供所需的物理性质。光固化成型的优点在于能够制造高精度、高复杂度的陶瓷部件，特别适用于小批量生产、定制化生产等需求。

然而，目前光固化成型技术在碳化硅基陶瓷的应用仍面临一些技术难题。首先，碳化硅陶瓷粉末的分散性和流动性差，导致其在光固化树脂中的分散性不均，影响成型质量。其次，碳化硅陶瓷的光固化成型过程中容易出现裂纹、翘曲等缺陷，尤其是在高温烧结过程中。此外，光固化成型过程中，陶瓷粉末的烧结收缩问题以及后处理过程中的质量控制也是亟待解决的问题。

三、行业需求与技术发展

随着碳化硅基陶瓷增材制造技术的逐步发展，市场对高性能陶瓷部件的需求不断增长。尤其在航空航天、半导体、高端制造等领域，对碳化硅基陶瓷的需求愈加迫切。然而，现有的增材制造技术和工艺，尤其是在光固化成型过程中，仍存在许多亟待解决的技术瓶颈。具体而言，当前碳化硅基陶瓷的增材制造技术在以下几个方面亟待提升：

（1）光固化树脂的制备与优化：目前用于光固化成型的树脂大多以氧化铝等传统陶瓷为填料，而碳化硅陶瓷的应用仍然存在树脂配方的瓶颈。如何实现高质量、高分散性的碳化硅陶瓷粉末与光敏树脂的复合，以及优化树脂的光固化性能，成为技术开发的关键。

（2）成型过程的精度控制：光固化成型工艺具有高精度的优势，但在碳化硅基陶瓷成型过程中，往往会出现翘曲、裂纹等缺陷，影响最终成品的质量。因此，如何在成型过程中控制温度、湿度等工艺参数，以减少缺陷的产生，是技术研发中的重要问题。

（3）后处理技术的提升：碳化硅基陶瓷的后处理，包括烧结、脱脂、去除支撑结构等，是影响最终产品质量的关键环节。目前，光

固化成型的陶瓷材料在烧结过程中存在较大的收缩率和形变，如何优化烧结工艺，保证成型件的尺寸精度和结构稳定性，是亟待解决的问题。

（4）技术标准的缺乏：目前，关于碳化硅基陶瓷光固化成型的相关技术标准较为缺乏，导致企业在研发和生产过程中缺少统一的规范和指导。此外，不同企业之间的技术差异较大，也使得市场上出现了不同质量水平的产品。因此，制定适应行业发展的技术标准，成为提升行业整体技术水平和产品质量的迫切需求。

综上所述，编制《增材制造碳化硅基陶瓷光固化成型工艺与技术规范》团体标准，旨在规范和指导增材制造碳化硅基陶瓷光固化成型工艺的技术要求和检验方法，推动行业技术进步，满足行业对高性能材料的需求，促进增材制造技术的健康发展。

（三）编制过程

1、项目立项阶段

目前有国家标准 GB/T 37698-2019《增材制造 设计要求、指南和建议》标准，规定了在进行增材制造之前的设计要求，是对准备工作的要求，与本团体标准预期达到的目的是不同的，GB/T 39328-2020《增材制造 塑料材料挤出成形工艺规范》标准，规定了塑料材料的挤出成形工艺的要求，包括工艺的分类和等级、材料要求、设备要求、成形过程的要求等，与碳化硅基陶瓷光固化成型工艺的差别较大，并不适用。此外，还有地方标准 DB41/T 2589-2024《增材制造 立体光固化后处理工艺规程》，对立体光固化后处理的工艺要求进行了规定，是增材制造成形后的产品进行进一步打磨使之符合要求的步骤。《增材制造碳化硅基陶瓷光固化成型工艺与技术规范》团体标准将会参考结合东莞理工学院生产进行增材制造碳化硅基陶瓷光固化成型的要

求，对增材制造碳化硅基陶瓷光固化成型工艺提出规范化的要求。东莞理工学院向中国中小商业企业协会提交了《增材制造碳化硅基陶瓷光固化成型工艺与技术规范》团体标准的制订申请，并于 2024 年 12 月 16 日正式立项。

编制《增材制造碳化硅基陶瓷光固化成型工艺与技术规范》团体标准具有重要的现实意义和紧迫性，对于规范行业发展、提高技术水平、保障用户权益、促进国际贸易和推动节能环保等方面都将发挥积极的作用。

2、理论研究阶段

标准起草组成立伊始就增材制造碳化硅基陶瓷光固化成型工艺与技术进行了深入的调查研究，同时广泛搜集相关标准和国内外技术资料，进行了大量的研究分析、资料查证工作，确定了标准的制定原则，结合现有产品实际应用经验，为标准的起草奠定了基础。

标准起草组进一步研究增材制造碳化硅基陶瓷光固化成型工艺的主要特点，明确了要求和指标，为标准的具体起草指明方向。

3、标准起草阶段

在理论研究基础上，起草组在标准编制过程中充分借鉴已有的理论研究和实践成果，经过数次修改，形成了《增材制造碳化硅基陶瓷光固化成型工艺与技术规范》标准草案稿。

4、标准征求意见阶段

拟定于 2025 年 2 月开始征求意见。

（四）主要起草单位及起草人所做的工作

主要起草单位：东莞理工学院等多家单位的专家成立了规范起草小组，开展标准的编制工作。经工作组的不懈努力，在 2025 年 2 月，完成了标准征求意见稿的编写工作。

2、广泛收集相关资料。

在广泛调研、查阅和研究国际标准、国家标准、行业标准的基础上，形成本标准征求意见稿。本标准的制定引用的标准如下：

GB/T 9103 工业硬脂酸

GB 14554 恶臭污染物排放标准

GB 26503 快速成形机床 安全防护技术要求

GB/T 35022—2018 增材制造 主要特性和测试方法 零件和粉末原材料

GB/T 35351 增材制造 术语

GB/T 35493 钛酸酯偶联剂

GB/T 37698 增材制造 设计 要求、指南和建议

QB/T 2153 工业油酸

二、标准编制原则和主要内容

（一）标准制定原则

本标准依据相关行业标准，标准编制遵循“前瞻性、实用性、统一性、规范性”的原则，注重标准的可操作性，严格按照 GB/T 1.1 最新版本的要求进行编写。

（二）标准主要技术内容

本标准征求意见稿包括 9 个部分，主要内容如下：

1、范围

介绍本文件的主要内容以及本文件所适用的领域。

2、规范性引用文件

列出了本文件引用的标准文件。

3、术语和定义

GB/T 35351 界定的术语和定义适用于本文件。

4、原材料要求

对进行增材制造碳化硅基陶瓷光固化成型工艺的碳化物陶瓷体系、光固化树脂体系做出规定。

5、设备系统

对进行增材制造碳化硅基陶瓷光固化成型工艺的系统组成、要求做出规定。

6、操作人员、环境与安全

对工艺过程中的操作人员、环境与安全做出规定。

7、工艺过程

规定了增材制造碳化硅基陶瓷光固化成型工艺的工艺流程、模型设计、数据处理、陶瓷材料预处理、参数设定、光固化成型、初检查、后处理、脱脂烧结、表面处理的要求。

8、质量检查

规定了增材制造质量检查的要求。

9、技术资料交付

对制件的交付资料做出规定。

(三) 主要试验（或验证）情况分析

结合国内外的行业测试和企业内部管控项目进行试验验证。

(四) 标准中涉及专利的情况

不涉及。

(五) 预期达到的效益（经济、效益、生态等），对产业发展的作用的情况

有效指导生产和检验，有利于规范增材制造碳化硅基陶瓷光固化成型工艺，确立统一规范和标准。

(六) 在标准体系中的位置，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

符合现行相关法律、法规、规章及相关标准，与强制性标准协调一致。

（七）重大分歧意见的处理经过和依据

无。

（八）标准性质的建议说明

本标准为团体标准，供社会各界自愿使用。

（九）贯彻标准的要求和措施建议

无。

（十）废止现行相关标准的建议

本标准为首次发布。

（十一）其他应予说明的事项

无。

《增材制造碳化硅基陶瓷光固化成型工艺与技术规范》起草组

2025 年 2 月 13 日