

附件 1

中国中小企业协会团体标准制定修订项目建议书

项目名称（中文）	增材制造 立体光固化成形陶瓷型芯制备技术规范		项目名称（英文）	Additive Manufacturing- Technical specification for the production of stereo lithography forming ceramic core	
制定或修订	☒ 制定	☐ 修订	被修订标准号		
起草单位	中国科学院金属研究所		计划起止时间	2024.06-2024.12	
参编单位	西安交通大学、通标亿泽标准化技术服务（北京）有限公司				
负责人姓名	李乔磊	电话	15909824962	邮箱	qlii@imr.ac.cn
项目意义	1、目的、意义 增材制造（Additive Manufacturing，简称 AM），通常也被称为 3D 打印，与传统的切削或去除材料的制造方法相比，增材制造的突出优势是通过建立 CAD 数值模型、逐层堆叠成型，逐渐构建三维物体，集设计与制造为一体、无需工装模具，为复杂结构零部件的设计和生提供了更多的灵活性。传统制造主要通过铸造、锻造、机械加工等方式将原材料加工为所需的零部件或产品，这种加工方式对加工流程简单的产品可以实现大规模生产，生产效率较高，但对于批量较小，工艺复杂的产品则效率显著下降。增材制造技术可以实现对复杂结构、小批量结构的高效制造，为传统制造领域进行了有效补充。航空航天领域由于对关键零部件的结构轻量化、复杂化有高要求，成为增材制造的自然适配领域。 随着科技水平的提高，航空发动机技术取得了巨大的进步，极大地提高了飞机的性能。与此同时，对飞行器动力水平的要求越来越高，其中提高推重比是改善发动机性能最有效的方式，研究表明，每当涡轮前进气口温度提高 100℃时，发动机的推力就大约增加 10%。涡轮前进气口燃气温度的提高是提升航空发动机推重比的关键。但单纯依靠提高材料的承温能力和防-隔热技术已无法满足需求，通过涡轮叶片复杂气冷内腔结构提高叶				



片冷效是提升先进发动机进气口温度的另一有效措施，而陶瓷型芯是制造叶片内部冷却流道的关键过渡部件，型芯结构越复杂，叶片冷却效果越出色。

陶瓷型芯的制备方法主要有热压注成型法、凝胶注模成型法、灌浆成型法以及增材制造中的立体光固化成形技术。以热压注成型为例，陶瓷型芯的制备过程为：设计和制造模具→制备浆料→型芯压注→型芯矫正→脱脂-烧结→型芯修整→强化。而使用立体光固化成形技术制备陶瓷型芯与传统方式相比具有以下优势：

1. 高精度与复杂形状制造能力：能够制造出具有复杂内部结构和精确尺寸的陶瓷型芯，满足涡轮叶片的精密铸造要求。
2. 缩短生产周期：大幅减少了模具制作和后处理的时间，加快了产品迭代速度。
3. 降低成本：无需模具，简化了生产流程，减少了原材料浪费，降低了生产成本。
4. 优化设计灵活性：能快速实现型芯设计数模与型芯性能的快速迭代和验证，实现定制化生产。

目前国内外已有多家公司使用 3D 打印设备生产陶瓷型芯，立体光固化技术是陶瓷型芯打印成型的主要制造方法之一，但尚未有使用立体光固化技术制备陶瓷型芯相关的现行国家标准、行业标准。本项目的提出，旨在借助标准化手段，填补相关领域标准空白，引领并推动航空航天行业的高质量发展。

2、必要性、可行性

必要性：航空发动机涡轮空心叶片的内部气冷流道由于结构复杂，其成形是一项挑战，用熔模精密铸造进行成形时，普通加工方法难以完成，于是各种类型的陶瓷型芯被发明并广泛运用。陶瓷型芯的制备过程直接影响到陶瓷型芯成品的合格率和产品的质量。通过制定立体光固化成形陶瓷型芯制备技术的标准，可以为制造厂商制备立体光固化成形陶瓷型芯提供规范化指导，进而提高光固化 3D 打印陶瓷型芯的综合性能。

可行性：目前，国外 Lithoz、3Dceram 等公司已经实现了立体光固化陶瓷型芯材料的商品化，国内也已有多家公司如国宏天易、乾度高科、十

	维科技等使用光固化技术的 3D 打印设备生产陶瓷型芯，同时该方面的研究如中科院金属所、中科院空间中心、西安交通大学等也一直在进行，技术相对成熟，因此制定该标准是可行的。 3、应用前景、效益分析 增材制造是先进制造的重点发展方向，从 2015 年三部委发布的《国家增材制造产业发展推进计划（2015-2016 年）》开始，国家密集出台了一系列相关政策，并在 2021 年工信部、发改委等 8 部门联合印发《“十四五”智能制造发展规划》中，将增材制造列为重点项目，增材制造的重要性再上新台阶。根据工信部数据，2012-2022 年，中国增材制造产业规模自 10 亿元增长至 320 亿元，年复合增长率为 41.42%，2019-2022 年，中国增材制造产业市场规模年复合增长率为 26.52%，根据《增材制造十年发展及展望》数据，我国增材制造产业规模有望于 2027 年超过千亿元，2022-2027 年的年复合增长率有望达到 25.59%。 同时，陶瓷型芯的主要应用领域为航空发动机和燃气轮机的涡轮叶片制造。随着发动机对推重比等性能指标要求的持续提升，涡轮温度不断增加，导致涡轮叶片的空心气冷结构日趋复杂精密。在我国国防预算不断提升、军用飞机升级换代需求迫切和训练量不断加大的背景下，军用航空发动机市场呈现稳步增长态势，新战机的大量装备部队，以及新发动机的不断定型、量产，为陶瓷型芯行业市场规模的稳定增长态势奠定了坚实的基础。随着国产 C919、C929、ARJ21 等商用飞机研发试制进度的不断推进，对 CJ-500、CJ-1000、CJ-2000 等长江系列国产商用航空发动机的研发量产进度提出了明确要求，相关发动机型号定型量产交付，将极大地拓展陶瓷型芯的市场空间。燃气轮机方面，我国各类军用舰船生产及更新换代需求，以及“双碳”背景下预期燃气发电占比持续提升，将明显促进军用及民用市场对各功率级别国产燃气轮机的需求，进而为陶瓷型芯行业发展和市场规模增长提供新的增长点。此外，其他熔模铸造领域的发展，也将带动陶瓷型芯产业的发展。
国内外情况 简要说明	1、技术情况 该标准在制定过程中，充分考虑了市场需求和企业实际发展情况，并结合实际应用场景和国内外相关文献，对立体光固化成形陶瓷型芯的制备

	进行了详细的规定。标准涵盖了立体光固化成形陶瓷型芯制备的各个方面，包括原材料要求、制备工艺、标志、包装、运输和贮存，具有全面性。 先进性：标准参考了国内外相关标准和最新研究成果，并结合实际应用经验，提出了科学、有效的评价体系。 实用性：标准注重实际应用效果，通过大量实验和验证，确保评价的合理性和可行性。 灵活性：标准在制定过程中充分考虑了不同应用场景和客户需求，可以根据实际情况进行适当的调整和修改，具有灵活性。 广泛性：标准在制定过程采信了相关制造企业、高校院所等。 总之，《增材制造 立体光固化成形陶瓷型芯制备技术规范》标准是一个全面、先进、实用、灵活的技术规范，可以为制造企业立体光固化成形陶瓷型芯的制备提供规范化、统一化的指导和依据，促进行业水平的进步和可持续发展。 2、项目与国内外先进标准的采用程度 目前，国内外与立体光固化成形陶瓷型芯制备技术相关的标准尚未完全统一，也未检索到类似度高的标准文本，因此，采用程度较低。 3、与国内相关标准间的关系 目前，国内在立体光固化成形陶瓷型芯制备技术方面，暂无相关标准发布。 4、是否涉及知识产权问题 是。
主要技术内容、 技术要素、参数说明 及适用范围	本标准主要技术内容、技术要素、参数说明及适用范围如下： 1、主要技术内容 1、规范性引用文件：列出了本文件引用的其他规范性文件。 2、原材料：对立体光固化成形陶瓷型芯的使用材料进行规范。 3、制备工艺：对立体光固化成形陶瓷型芯的制备过程进行关键点控制。 4、标志、包装、运输和贮存。 2、技术要素 1、制备流程 浆料制备、3D 建模、光固化成形、后处理（素坯清洗、素坯脱脂、型

	芯烧结、型芯清理和修整、高温强化、低温强化）、检验、过程记录。 2、检验要求 外观:表面光洁，无明显气泡、裂纹、流痕等缺陷 几何特征：尺寸精度$\pm 0.2\text{ mm}$；表面粗糙度：$\leq 6.0\text{ }\mu\text{m}$ 显气孔率：$\geq 25\%$ 高温抗弯强度（1500°C）：$\geq 10.0\text{ MPa}$，$\leq 25\text{ MPa}$ 室温抗弯强度：$\geq 35.0\text{ MPa}$ 热变形量：$\leq (60/L_2)\text{ mm}$，L_2 为陶瓷型芯不含芯头部分的长度 烧成收缩率：0.5%-6% 3、适用范围 本文件规定了增材制造立体光固化成形陶瓷型芯制备的原材料要求、制备工艺、标志、包装、运输和贮存。 本文件适用于采用立体光固化技术成形的陶瓷型芯制备过程的控制和检查。
项目进度计划	(1) 立项阶段 2024 年 6 月-7 月 填报《中国中小企业协会团体标准制定修订项目建议书》，准备标准草案初稿，申请标准立项，等待审批。 (2) 起草阶段 2024 年 7—8 月 由中国科学院金属研究所牵头组织，调研国内市场，初步确定标准框架。按确定的标准框架起草标准内容，内部研讨完善后，形成征求意见稿。 (3) 征求意见阶段 2024 年 9-10 月 提交征求意见材料，公开向社会征求意见，修改征求意见稿，形成标准草案送审稿、修改后的编制说明及征求意见汇总处理表。 (4) 标准审定阶段 2024 年 11 月 提交标准草案送审材料，召集专家进行审定，召开审查会议，根据各位专家提出的意见对标准草案送审稿进一步修改和完善，最终形成标准草案报批稿及相关报批材料。 (5) 标准报批阶段 2024 年 12 月 提交标准报批材料，等待标准审批和发布。

涉及专利的名称、专利号以及授权说明 (如不涉及填“无”)	[1]一种光固化 3D 打印改性陶瓷型芯及其制备方法, ZL202111364392.6 [2]一种光固化 3D 打印浸渍增强陶瓷型芯及其制备方法, ZL202111362650.7 [3]一种光固化 3D 打印铝基陶瓷型芯及其制备方法, ZL202111397616.3 [4]一种光固化 3D 打印复合陶瓷型芯及其制备方法, ZL202111362469.6 [5]一种光固化 3D 打印硅基陶瓷型芯及其制备方法, ZL 02111325715.0 [6]一种层状界面强化的光固化 3D 打印陶瓷型芯及制备方法, ZL202211445224.4		
申请单位意见	 (签字、盖公章) 2024 6 月 24 日	协会意见	 (签字、盖公章) 月 日

注：表格篇幅不够可另加页。

研究所

表 A.1 团体标准涉及专利信息披露表

团体标准信息				增材制造 立体光固化成形陶瓷型芯制备技术规范		
标准号		标准名称				
专利披露者信息						
☐ 个人		姓名	工作单位			
☒ 单位		单位名称	联系人	李乔磊		
联系地址		辽宁省沈阳市沈河区文化路72号				
邮政编码		110016	电话	15909824662	电子邮箱 qlli@imr.ac.cn	
团体标准涉及专利信息						
序号	专利申请号/专利公开号/专利号	专利名称	专利权人/专利申请人	涉及专利的标准条款(章、条、编号)	同族专利列表(选填)	专利与标准技术内容必要性对比(选填)
1	ZL202111364392.6	一种光固化3D打印改性陶瓷型芯及其制备方法	中国科学院金属研究所/梁静静, 李乔磊, 李金国, 周亦男, 孙晓峰			
2	ZL202111362650.7	一种光固化3D打印浸渍增强陶瓷型芯及其制备方法	中国科学院金属研究所/梁静静, 李乔磊, 李金国, 周亦男, 孙晓峰			
3	ZL202111397616.3	一种光固化3D打印钎基陶瓷型芯及其制备方法	中国科学院金属研究所/李金国, 李乔磊, 梁静静, 周亦男, 孙晓峰			
4	ZL202111362469.6	一种光固化3D打印复合陶瓷型芯及其制备方法	中国科学院金属研究所/李金国, 李乔磊, 梁静静, 周亦男, 孙晓峰			
5	ZL202111325715.0	一种光固化3D打印硅基陶瓷型芯及其制备方法	中国科学院金属研究所/李金国, 李乔磊, 梁静静, 周亦男, 孙晓峰			
6	ZL202211445224.4	一种层状界面强化的光固化3D打印陶瓷型芯及其制备方法	中国科学院金属研究所/李金国, 李乔磊, 梁静静, 周亦男, 孙晓峰			

专利披露者(签字/盖章):



2024年6月24日

注1: 专利信息的披露者为个人或单位, 请在表中选择填写。
注2: 专利信息的披露者在披露其知晓的他人的或其他单位的专利时, 在表中注明。

表 A.2 团体标准涉及专利实施许可声明表

标准信息				
标准号		标准名称	增材制造 立体光固化成形陶瓷型芯制备技术规范	
专利权人/专利申请人信息				
专利权人/专利申请人的姓名或单位名称	中国科学院金属研究所/中国科学院金属研究所			
联系人姓名	李乔磊	电话	15909824962	
邮政编码	110016	电子邮箱	qlii@imr.ac.cn	
联系地址	辽宁省沈阳市沈河区文化路72号			
必要专利实施许可声明				
当且仅当下表中的本专利权人或专利申请人专利成为最终发布标准的必要专利时，专利权人或专利申请人作出如下实施许可声明。 a) 专利权人或专利申请人同意在公平、合理、无歧视基础上，免费许可任何组织或者个人在实施该标准时实施专利。 注1: 专利权人/专利申请人可以在互惠条件下作出上述声明。 b) 专利权人或专利申请人同意在公平、合理、无歧视基础上，有偿许可任何组织或者个人在实施该标准时实施专利。 注2: 专利权人/专利申请人可以在互惠条件下作出上述声明。 c) 专利权人或专利申请人不同意进行专利实施许可。 本人/单位同意本许可声明在社会团体的成员资格终止之后仍应继续有效，并同意现在没有，将来也不会为规避本许可义务而转让本承诺中包括的专利。本人/单位承诺向第三方转让含有必要权利要求的专利时，在转让条款中要求该转让应受到本承诺已经承担的许可义务的约束，并要求第三方及其后继专利持有人对外转让上述专利时，也同样受到本承诺已经承担的许可义务的约束。 注：社会团体不负责对本表中专利和标准的必要性进行评估和鉴定。				
序号	专利号/专利申请号	专利名称	涉及标准名称	实施许可声明方式 (a)、b)或c)]
1	ZL202111364392.6	一种光固化3D打印改性陶瓷型芯及其制备方法	增材制造 立体光固化成形陶瓷型芯制备技术规范	b)
2	ZL202111362650.7	一种光固化3D打印浸渍增强陶瓷型芯及其制备方法	增材制造 立体光固化成形陶瓷型芯制备技术规范	b)
3	ZL202111397616.3	一种光固化3D打印铝基陶瓷型芯及其制备方法	增材制造 立体光固化成形陶瓷型芯制备技术规范	b)
4	ZL202111362469.6	一种光固化3D打印复合陶瓷型芯及其制备方法	增材制造 立体光固化成形陶瓷型芯制备技术规范	b)
5	ZL202111325715.0	一种光固化3D打印硅基陶瓷型芯及其制备方法	增材制造 立体光固化成形陶瓷型芯制备技术规范	b)
6	ZL202211445224.4	一种层状界面强化的光固化3D打印陶瓷型芯及制备方法	增材制造 立体光固化成形陶瓷型芯制备技术规范	b)
专利权人/专利申请人(签字/盖章): 2024年6月24日				

表 A.3 已披露的团体标准涉及专利清单

标准信息								增材制造 立体光固化成形陶瓷型芯制备技术规范	
标准号		标准名称		起草					
标准所处阶段									
标准中涉及的专利									
序号	专利申请号/ 专利号	专利名称	专利权人/ 专利申请人	涉及专利的标准 条款(章、条编号)	实施许可声明方式 [表A.2中的 a)、b)或c)]	获得实施许可 声明日期	专利与标准技术 内容的相关性(可选)	专利对实施标准 的必要性(可选)	
1	ZL202111364392.6	一种光固化3D打印改性陶瓷型芯及其制备方法	中国科学院金属研究所/ 梁静静、李乔磊、李金国、 周亦胃、孙晓峰		b)	2024年6月24日			
2	ZL202111362650.7	一种光固化3D打印浸渍增强陶瓷型芯及其制备方法	中国科学院金属研究所/ 梁静静、李乔磊、李金国、 周亦胃、孙晓峰		b)	2024年6月24日			
3	ZL202111397616.3	一种光固化3D打印铝基陶瓷型芯及其制备方法	中国科学院金属研究所/ 李金国、李乔磊、梁静静、 周亦胃、孙晓峰		b)	2024年6月24日			
4	ZL202111362469.6	一种光固化3D打印复合陶瓷型芯及其制备方法	中国科学院金属研究所/ 李金国、李乔磊、梁静静、 周亦胃、孙晓峰		b)	2024年6月24日			
5	ZL202111325715.0	一种光固化3D打印硅基陶瓷型芯及其制备方法	中国科学院金属研究所/ 李金国、李乔磊、梁静静、 周亦胃、孙晓峰		b)	2024年6月24日			
6	ZL202211445224.4	一种层状界面强化的光固化3D打印陶瓷型芯及其制备方法	中国科学院金属研究所/ 李金国、李乔磊、梁静静、 周亦胃、孙晓峰		b)	2024年6月24日			
工作组组长(签字/盖章):  2024年6月24日 社会团体(签字/盖章):								年 月 日	

表 A.4 一揽子许可声明函

成员信息			
姓名或单位名称	中国科学院金属研究所		
联系人姓名	李乔磊	电话	15909824962
邮政编码	110016	电子邮箱	qlli@imr.ac.cn
联系地址	辽宁省沈阳市沈河区文化路72号		
必要专利实施许可义务承诺声明			
当且仅当本人/单位的专利成为社会团体最终发布的团体标准的必要专利时，本人/单位同意作出如下实施许可声明(二选一)，并承诺向社会团体主动、及时地披露团体标准涉及的必要专利的有关信息。 ☐a) 同意在公平、合理、无歧视基础上，免费许可任何组织或者个人在实施该标准时实施专利。 注1: 专利权人/专利申请人可以在互惠条件下作出上述声明。 ☒b) 同意在公平、合理、无歧视基础上，有偿许可任何组织或者个人在实施标准时实施专利。 注2: 具体许可条件由专利权人或专利申请人与标准实施者协商。			
本人/单位同意本许可声明在成员资格终止之后仍应继续有效，并同意现在没有，将来也不会为规避本许可义务而转让本承诺中包括的专利。本人/单位承诺向第三方转让含有必要权利要求的专利时，在转让条款中要求该转让应受到本承诺已经承担的许可义务的约束，并要求第三方及其后继专利持有人对外转让上述专利时，也同样受到本承诺已经承担的许可义务的约束。			
承诺人(签字/盖章):  2024年6月24日			