

附件

“两链”融合增材制造重点专项 揭榜挂帅课题任务

任务一：国产 3D 打印专用 GH4169 高温合金粉末材料性能优化研究

需求背景：

面向航天器高温段复杂结构增材制造技术需求，基于 GH4169 高温合金在温度 650℃ 之下具有优越的综合性能，随着航天领域对零部件性能的要求逐渐提高，要求更高的性能及更高的工作温度，这就要求 GH4169 镍基高温合金要不断的改进与完善。针对目前国内 3D 打印专用 GH4169 高温合金材料高温性能不高、波动较大无法满足使用需要的现状，合金中的偏析程度会直接影响合金组织与性能的均匀性，粉末成分、形貌、粒度分布等特性对增材制造构件性能有显著影响，需要依据增材工艺和强韧性匹配原则，对粉末特性进行优化控制。

研究内容：

①合金在等离子体热源、高速离心力、快速凝固等多因素耦合条件下的粉末形成机制及球化机理研究；

②高纯净度超高转速等离子旋转电极法合金粉末制备及关键特性控制技术研究；

③高温塑性、持久延伸率提升，确保产品多批次质量稳定性。

考核指标：

1. 交付物:

①3D 打印专用 GH4169 高温合金粉末 500Kg;

②粉末制备工艺规范 1 份;

③3D 打印成形工艺规范 1 份。

2. 技术指标:

①粉末球形度 $\geq 94\%$, 空心粉含量 $\leq 0.8\%$, 非金属夹杂 <10 个/kg;

②所成形零件力学性能满足一下要求: 1) 650℃高温拉伸性能: 抗拉强度 $\geq 1000\text{MPa}$ 、屈服强度 $\geq 860\text{MPa}$, 延伸率 $\geq 15\%$; 2) 690℃/690MPa 持久性能 $\geq 24\text{h}$, 延伸率 $\geq 3\%$ 。

经费预算: 400 万元。

知识产权归属:

本项目需求方有权利用揭榜方按照本合同约定提供的研究开发成果, 进行后续改进。由此产生的具有实质性或创造性技术进步特征的新技术成果归需求方享有, 需求方享 100%权益。

时间节点:

本项目此 2022 年 1 月开始至 2023 年 12 月结束, 执行期共两年。2023 年 6 月前, 需完成粉末交付。

其他要求:

1) 揭榜单位不得在向需求方交付研究开发成果之前, 自行将研究开发成果转让给第三人。

2) 揭榜单位应保证交付给需求方的研究成果不存在任何侵犯他人知识产权的情形, 否则由此导致的任何责任, 均由揭榜方承担, 造成需求方承担的, 需求方有权向揭榜方追偿。

3) 揭榜单位需自觉按照课题任务书节点形成课题成果，需求方按节点对揭榜单位进行课题进度审核，通过后拨付课题经费。

4) 揭榜单位应遵守科研诚信管理要求，揭榜单位和课题参与人应遵守中国知识产权法律、法规、规章、具有约束力的规范性文件及在中国适用的与知识产权有关的国际公约，不存在知识产权失信违法行为。

需求方联系方式：

西安铂力特增材技术股份有限公司，杨柳青，
15249009184

任务二：高精度宽幅域电子束偏转聚焦系统开发

需求背景：

电子枪系统是粉床电子束增材制造（Selective Electron Beam Melting，简称 SEBM）装备中的核心，电子束偏转聚焦系统决定了电子束最大扫描幅域及幅域内束斑品质，而电子束品质及扫描精度则直接决定了装备成形尺寸、成形精度、冶金质量、成形效率。随着航空航天、高端装备制造、生物医疗等领域对大尺寸复杂精密金属零件的需求不断增多，SEBM 装备对电子枪的电子束宽幅扫描与动态聚焦技术也提出了更高要求。因此，SEBM 装备要实现大尺寸零件高精度快速成形，要求电子枪系统具备高精度的宽幅域扫描和电子束动态偏转聚焦特性，以确保打印大尺寸零件过程中电子束在远距离大偏转角扫描时，维持设定的扫描精度及束斑品质，满足零件打印精度及质量的需求。

目前，国内鲜有专业从事增材制造装备用电子枪扫描聚焦系统研发生产的单位，国内单电子枪增材制造装备最大平面成形尺寸为 $200\text{mm} \times 200\text{mm}$ ，较该技术引领者——美国 GE 公司同类型装备（ $\text{Ø}380\text{mm}$ ）仍有较大差距。需求单位将开发打印幅域尺寸达 $400\text{mm} \times 400\text{mm}$ 及以上的新一代大尺寸粉床电子束 3D 打印装备，现有电子束扫描聚焦系统已无法满足该型号装备技术要求，亟待研发并量产适用于大尺寸粉床电子束 3D 打印装备的电子枪扫描聚焦系统，突破现有装备技术瓶颈，满足大尺寸粉床电子束 3D 打印装备开发及应用需求。

研究内容：

① 设计开发宽幅域 mA 级电子束大偏转角工况下校准、聚焦及偏转系统，满足增材制造对大幅域电子束偏转工况下束斑品质的需求；

② 设计开发宽幅域聚焦偏转系统和动态象差矫正技术和线圈，以及电子束校准算法和相关控制软件，形成完整的 SEBM 装备用宽幅域电子枪电磁聚焦偏转系统；

③ 形成高精度宽幅域电子束偏转聚焦系统软硬件的技术攻关能力，保障粉末床电子束增材制造装备核心器件研制品质。

考核指标：

1. 交付物：

① 高精度宽幅域电子束偏转聚焦系统研制报告 1 份；

②工程化电子枪扫描聚集系统 2 台套。

2. 技术指标：

①电子束最大偏转角 $> 20^{\circ}$ ；

②电子束最大扫描幅域 $> 400 \times 400\text{mm}$ ；

③完成电子束校准算法和相关控制软件的开发，电子束最大扫描幅域内束斑直径 $< 0.3 \pm 0.05\text{mm}$ 。

经费预算：300 万元。

知识产权归属：本项目执行期间所产生的知识产权和成果归双方共同所有，双方不得把共同享有的知识产权和相关成果提供给第三方或擅自发表。双方均对方享有的知识产权承担保密义务，并按照国家有关规定做好保密工作，在知识产权享有方将享有的知识产权公布前，严禁将相关的任何细节发表或透漏给第三方。

时间节点：

2022 年 3 月-2022 年 6 月：完成宽幅域动态聚焦，高速偏转精确扫描线圈的关键技术点的实验验证摸底工作，确定技术方案。

2022 年 7 月-2022 年 9 月：完成高精度宽幅域电子束偏转聚焦系统的系统方案结构设计及其技术评审。

2022 年 10 月-2023 年 6 月：完成高精度宽幅域电子束聚焦偏转系统制造、测试及验证工作，查找系统设计及制造技术不足，进行系统优化。

2023 年 7 月-2023 年 12 月：完成高精度宽幅域电子束偏转聚焦系统的工程化样机设计、制造及验证。交付工程化

的电子枪扫描聚焦系统 2 台套。

其他要求：

1) 具备电子枪设计制造、电子枪聚焦偏转系统研发生产经验的企业或相关研发机构优先。

2) 揭榜单位应推荐 1 名高级职称科研人员作为课题负责人，并安排不少于 3 名科研人员参与课题组织实施，统筹管理课题实施进度、经费安排和结题验收等工作。

3) 揭榜单位需自觉按照课题任务书节点形成课题成果，需求方按节点对揭榜单位进行课题进度审核，通过后拨付课题经费。

4) 揭榜单位应遵守科研诚信管理要求，需承诺所提交材料真实性，揭榜单位和课题参与人应遵守中国知识产权法律、法规、规章、具有约束力的规范性文件及在中国适用的与知识产权有关的国际公约，用于揭榜申报项目的成果无知识产权明晰争议，归属或技术来源正当合法，不存在知识产权失信违法行为。

需求方联系方式：

西安赛隆金属材料有限责任公司，贺卫卫，18502973760

任务三：聚醚醚酮（PEEK）植入物高性能 3D 打印装备

需求背景：

采用选择性激光烧结（SLS, Selective Laser Sintering）的增材制造方式进行医用聚醚醚酮（PEEK）颅骨修补板的个性化成型，可以弥补传统机械加工制造的材料浪费严重的问题。

题。但以 PEEK 为代表的高熔点聚合物 SLS 成形，一直是整个增材制造行业的难点和热点，亟待解决的问题包括：（1）设备层面：缺少工艺参数开放的、能够满足工业化生产要求的可稳定运行的高温 SLS 成形设备；（2）工艺层面：缺少可满足临床产品需要，且可极大提高粉末烧结区域粉末回收率的工艺参数包。

由于医疗市场化应用，对 PEEK3D 打印装备的稳定性要求较高，且该装备涉及大量核心部件及全面系统的测试验证。作为增材制造产业链的下游产品制造商，对于高性能装备的上游制造并不擅长。因此，需要高端装备制造的企业或研究机构进行合作。如有需要，我公司可为项目提供测试用原材料、前期积累的部分技术经验等，核心装备及软件、工艺等需要揭榜方作为主力自行研发解决。

研究内容：

①以 PEEK 为代表的高性能医用高分子材料增材制造系统（主要包括关键烧结设备、配套软件、核心成型工艺等）的技术研究；

②PEEK 3D 打印设备设计方案及模拟仿真；

③PEEK 3D 打印设备样机制造及测试应用。

考核指标：

1. 交付物：

①设计开发 3 套可长期稳定运行的 PEEK 粉末选区激光烧结设备系统，包括：激光烧结主设备、粉末烘干前处理设

备、激光成型的后处理设备、相配套的气站、水冷、叉车等辅助设备；

②设计开发配合设备使用的相关软件系统，包括：CT 数据处理软件、医用数据建模及切片软件、增材制造扫描策略设置软件、增材制造设备控制运行软件；

③设计开发可满足 PEEK 植入物临床要求的工艺参数包，包括：激光扫描功率、激光扫描速度、激光扫描路径、零件摆放位置、铺粉层厚、激光烧结温度、气氛条件等。

2. 技术指标：

①平均故障率 $\leq 5\%$ ；（平均故障间隔=100%×总维修时长/总测试时长）；

②单位能耗 ≤ 30 千瓦时（KW·h）（单位能耗，即平均生产一个产品在一个小时的用电量）；

③原材料必须为已通过生物相容性检验，能够满足临床植入物要求的 PEEK 医用材料；

④可实现 PEEK 粉末的回收利用，连续使用 8 次以上，材料利用率达到 80%；

⑤打印的 PEEK 颅颌骨成品能够满足临床使用，表面无裂纹、无锋棱毛刺、尺寸精度 $\leq 2\%$ 、标准样件断裂伸长率 $\geq 7\%$ ；

⑥形成可长期稳定运行的激光烧结及其相关设备 3 套，并配套相应的软件系统及工艺参数包。

经费预算：1000 万元。

知识产权归属：

本项目执行期间所产生的知识产权和成果归双方共同所有，双方不得把共同享有的知识产权和相关成果提供给第三方或擅自发表。双方均对对方享有的知识产权承担保密义务，并按照国家有关规定做好保密工作，在知识产权享有方将享有的知识产权公布前，严禁将相关的任何细节发表或透漏给第三方。

时间节点：

2022 年 3 月-2022 年 9 月：完成 PEEK 纤维束选区激光烧结成形系统中设备和工艺的关键技术点的实验验证摸底工作，确定技术方案。

2022 年 10 月-2022 年 12 月：完成 PEEK 纤维束选区激光烧结系统方案结构设计及其技术评审。

2023 年 1 月-2023 年 6 月：完成 PEEK 纤维束选区激光烧结系统制造、测试及工艺验证工作，查找系统设计及制造技术不足，进行系统优化。

2023 年 7 月-2023 年 12 月：完成 PEEK 纤维束选区激光烧结成形系统的工程化样机设计、制造及验证。交付工程化的 PEEK 纤维束选区激光烧结系统 3 台套，包括配套的各类软件及工艺参数包等。

其他要求：

揭榜单位应建有研发机构，或依托相关领域科技创新平台开展课题研究，揭榜单位前期应在 PEEK 高分子增材制造领域拥有核心专利技术，具备高温高分子增材制造设备的设计及制造能力。

揭榜单位需完成适用于 PEEK 粉末选区激光烧结成形设备与工艺研制，满足 PEEK 颅颌骨植入物高精度、高力学性能、高生物相容性、高材料利用率的要求。

3) 揭榜单位需自觉按照课题任务书节点形成课题成果，需求方按节点对揭榜单位进行课题进度审核，通过后拨付课题经费。基于课题研究所形成的知识产权成果归双方共同所有。

4) 揭榜单位应遵守科研诚信管理要求，需承诺所提交材料真实性，揭榜单位和课题参与人应遵守中国知识产权法律、法规、规章、具有约束力的规范性文件及在中国适用的与知识产权有关的国际公约，用于揭榜申报项目的成果无知识产权明晰争议，归属或技术来源正当合法，不存在知识产权失信违法行为。

需求方联系方式：

西安康拓医疗技术股份有限公司，赵东东，18292019172，
029-85727408

任务四：面向增材制造的高模高导热沥青基碳纤维复合丝材制备与成形工艺研究

需求背景：

高导热沥青基碳纤维具有高导热、高模量、低电阻率等优异特性，可广泛应用于航空航天、兵器、电子等高端制造领域，增材制造技术具有周期短、可成形构型复杂度高等优势，满足复合材料低成本一体化快速制造的发展需求。高模量碳纤维通过增材制造工艺成形，将会实现结构性能、热性能及制造工艺性等的多维结合，大大拓展了沥青基碳纤维复合材料的应用领域，发展前景广阔。

然而高性能沥青基碳纤维模量高、断裂伸长率低，在增材制造成形过程匹配性低，无法直接使用现有工艺及装备进行增材制造成形，需从原材料、工艺、装备等多方面进行研究与优化。天策科技作为沥青基碳纤维的生产企业，拟邀请具有增材制造技术研究经验的下游制造优势院校或企业共同研究，发挥产业链各单位的优势，更好地实现高性能沥青基碳纤维的增材制造，满足我国航天器结构等重要领域的应用需求。

研究内容：

① 增材制造纤维摩擦、弯折损伤机理研究

研究增材制造成形过程中高模量纤维损伤过程，建立损伤机理模型，提出面向增材制造的纤维性能技术要求，确定

适合增材制造的碳纤维规格及性能。

② 沥青基碳纤维复材增材制造工艺与性能研究

针对沥青基碳纤维高模量 ($\geq 750\text{GPa}$)、低断裂伸长率特性,优化预浸丝复合丝材制备及增材制造成形装备,研究并优化增材制造工艺参数,减小纤维损伤。对复合材料样件性能进行评估与验证,确定增材制造专用的高模沥青基碳纤维复合丝材及复合材料制备专用工艺策略,成功实现沥青基碳纤维复合材料的增材制造成形。

考核指标:

1. 交付物:

① 连续沥青基碳纤维增强树脂预浸丝及短切碳纤维增强树脂丝材;

② 连续沥青基碳纤维/短切碳纤维增强树脂基复合材料样件, $400*400*1\text{mm}^3$ 三件;

2. 技术指标:

(1) 建立高模量纤维损伤机理模型,提出面向增材制造的纤维性能技术要求,确定增材制造专用的高模高导热沥青基碳纤维复合丝材及复合材料制备专用工艺策略。

(2) 实现连续沥青基碳纤维/短切碳纤维增强树脂基复合材料的增材制造,要求短切碳纤维丝材直径为 $1.75 \pm 0.05\text{mm}$,纤维体积含量 $\geq 20\%$,丝材最小可转弯半径 $\leq 5\text{mm}$,断丝率 $\leq 5\%$;连续碳纤维预浸丝直径 $\leq 0.6 \pm 0.05\text{mm}$,预浸丝孔隙率 $\leq 2.5\%$,预浸丝纤维含量 $\geq 40\%$,预浸丝拉伸强度 $\geq 700\text{MPa}$;预浸丝最小可转弯半径 $\leq 30\text{mm}$,纤维断丝率 $\leq 5\%$ 。

经费预算：150 万元。

知识产权归属：本项目执行期间所产生的知识产权和成果归双方共同所有，双方不得把共同享有的知识产权和相关成果提供给第三方或擅自发表。双方均对对方享有的知识产权承担保密义务，并按照国家有关规定做好保密工作，在知识产权享有方将享有的知识产权公布前，严禁将相关的任何细节发表或透漏给第三方。

时间节点：

2022 年 3 月-2022 年 9 月：进行高模量纤维损伤机理研究，建立高模量纤维损伤机理模型。

2022 年 10 月-2023 年 4 月：高导热碳纤维复合材料短切纤维丝材制备及增材制造研究。

2023 年 5 月-2023 年 12 月：进行高导热碳纤维预浸丝制备及增材制造研究，完善高模量碳纤维增材制造专用工艺策略。

其他要求：

1) 揭榜方具备连续/短切碳纤维增强树脂基复合材料增材制造技术研发经验，承担过国家级复合材料增材制造科研项目，备省级以上研发平台与复合材料增材制造相关的专用设备的企业优先。

2) 揭榜单位应推荐 1 名高级职称科研人员作为课题负责人，并安排不少于 4 名科研人员全程参与课题组织实施，统筹管理课题实施进度、经费安排和结题验收等工作。在课题执行期内，课题负责人应为课题牵头单位（或参与单位）的

全职人员。

3) 揭榜单位需自觉按照课题任务书节点形成课题成果，需求方按节点对揭榜单位进行课题进度审核，通过后拨付课题经费。基于课题研究所形成的知识产权成果归双方所有。

4) 揭榜单位应遵守科研诚信管理要求，需承诺所提交材料真实性，揭榜单位和课题参与人应遵守中国知识产权法律、法规、规章、具有约束力的规范性文件及在中国适用的与知识产权有关的国际公约，用于揭榜申报项目的成果无知识产权明晰争议，归属或技术来源正当合法，不存在知识产权失信违法行为。

需求方联系方式：

铜川天策新材料科技有限公司，孙海成，13474107713

任务五：鞋中底隔振结构设计及 3D 打印技术研究

需求背景：

面向鞋中底全频段隔振的技术需求，针对目前鞋中底常见的低频失效、无法满足康复医疗及日常使用需求的现状，采用机器学习和模块化设计方法，开发具有全频段隔振效果的鞋中底结构，并采用复合材料 3D 打印工艺对该结构进行制作，实现鞋中底结构低成本、轻量化、一体化快速制造，大幅提升医疗及日常用鞋的隔振性能。

研究内容：

通过对全频段隔振效果鞋中底结构的开发与优化，提升

结构的全频段隔振性能，搭建基于复合结构 3D 打印工艺的鞋中底结构制作平台，实现隔振鞋中底结构的低成本快速制造。

考核指标：

1. 交付物：

- ①3D 打印全频段隔振鞋中底构件 2 套；
- ②申请专利 1 项；
- ③提交相应的鞋中底制备及成形工艺规范各 1 份，研究成果在医疗及日常用鞋的增材制造中实现应用。

2. 技术指标：

- ①3D 打印鞋中底样件在 0.1 Hz~2000 Hz 范围的振动传输损失（TL） ≤ -10 dB；
- ②3D 打印鞋中底样件疲劳寿命 ≥ 4 万次；
- ③3D 打印鞋中底样件疲劳后的减振效果 $\geq 75\%$ ；
- ④3D 打印加工成本降低 20%以上。

经费预算：120 万元。

知识产权归属：

本项目执行期间所产生的知识产权和成果归需求方所有，揭榜方不得把知识产权和相关成果提供给第三方或擅自发表。揭榜方有义务对需求方的知识产权承担保密义务，并按照国家有关规定做好保密工作，在知识产权享有方将享有的知识产权公布前，严禁将相关的任何细节发表或透漏给第三方。

时间节点：

本项目此 2022 年 2 月开始至 2023 年 12 月结束，执行期共二年。

其他要求：

1) 揭榜单位应建有研发机构，或依托相关领域科技创新平台开展课题研究，揭榜单位具备全频段隔振技术的研发能力，发表过全频段隔振技术相关的权威论文及专利，在复合材料 3D 打印研究方面承担过国家科研级科研项目，具备国家研发平台支撑，在复合材料 3D 打印工艺及材料研发方面实力雄厚。优先选择相关科研成果已获得省级及以上主管部门荣誉认定的行业优势单位。揭榜单位的科研工作应遵循质量管理体系和信息安全管理体系，优先选择通过相关体系认证的单位。

2) 揭榜单位应推荐 1 名高级职称科研人员作为课题负责人，并安排不少于 4 名科研人员全程参与课题组织实施，统筹管理课题实施进度、经费安排和结题验收等工作。在课题执行期内，课题负责人应为课题牵头单位（或参与单位）的全职人员。

3) 揭榜单位需自觉按照课题任务书节点形成课题成果，需求方按节点对揭榜单位进行课题进度审核，通过后拨付课题经费。基于课题研究所形成的知识产权成果归需求方所有。

4) 揭榜单位应遵守科研诚信管理要求，需承诺所提交材料真实性，揭榜单位和课题参与人应遵守中国知识产权法律、

法规、规章、具有约束力的规范性文件及在中国适用的与知识产权有关的国际公约，用于揭榜申报项目的成果无知识产权明晰争议，归属或技术来源正当合法，不存在知识产权失信违法行为。

需求方联系方式：

陕西非凡士三维科技有限公司，符威，18682950718