

2023年度科研进展

焊接与激光制造研究所

2024年1月

饮水思源 · 爱国荣校

CONTENTS
目录

- 1 人才培养
- 2 科研进展
- 3 其他方面

1. 人才培养



**国家级
人才1人**

青年拔尖



陈科

学术带头人



芦凤桂

启明星



沈忱

浦江人才



张东石

**上海市
人才3人**

1. 人才培养-课程建设



新增

国家级一流

本科课程

2门

□ **材料科学基础** 责任教授：**李铸国**

□ **材料制造数字化技术基础** 责任教授：**唐新华**



李铸国



唐新华

1. 人才培养-其他获奖



张东石老师获得
中科院一区《极端制造》期刊
优秀编委



张东石/李铸国教授论文

“Irregular LIPSS produced on metals by singlelinearly polarized femtosecond laser”

入选中国科协优秀论文、中国机械工程学会优秀论文

2. 科研进展



新增 重点研发课题 3项

□ **蔡艳**--重点研发课题负责人，金额：**282万元**

同/异质SiCp/Al 复合材料构件激光智能焊接技术与装备

□ **李铸国**--重点研发课题负责人，金额：**280万元**

复杂构件激光随形强化过程固态相变组织精密调控

□ **芦凤桂**--重点研发课题负责人，金额：**250万元**

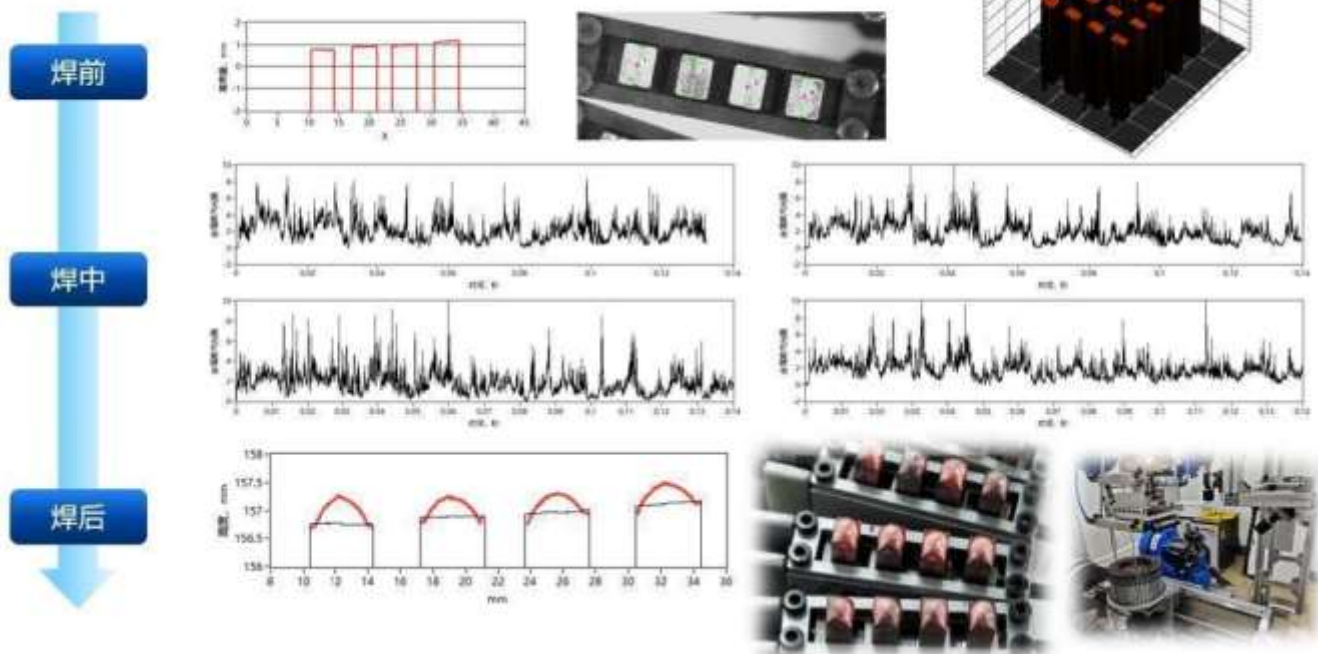
大型轻合金构件高强韧低变形焊接技术

新能源汽车零部件全流程智能焊接系统



针对新能源汽车电机、电池等零部件，研发**全流程智能**激光焊接装备，融合知识驱动和数据驱动，实现了焊前精准引导、焊中融合感知及焊后质量评估。

激光焊接全流程智能感知与决策



新能源车电机定子智能焊接件

节拍 < 80s, 一次合格率 > 99%



承担项目：联合汽车电子有限公司等企业的智能焊接项目

船体外板大拼接缝智能无尘化除锈系统

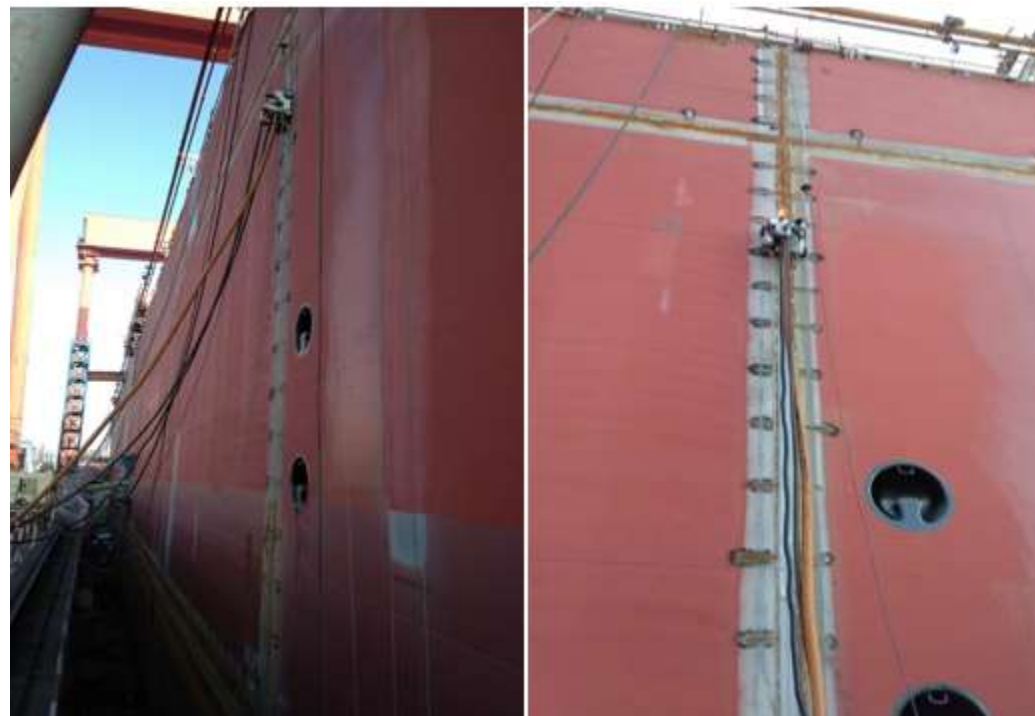


针对船体外板大拼接缝，研发智能无尘除锈系统，突破爬壁机器人、磨料回收与输送、自动补料、焊缝实时跟踪等关键技术，实现**大拼接缝除锈30m高空作业的机器人化，无尘化、智能化。**

智能无尘化喷砂除锈系统



船体大拼接缝高空无尘化除锈



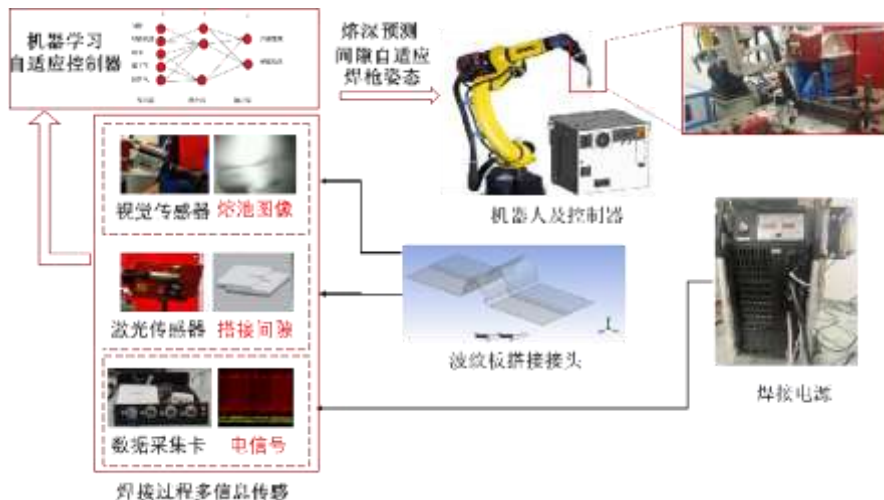
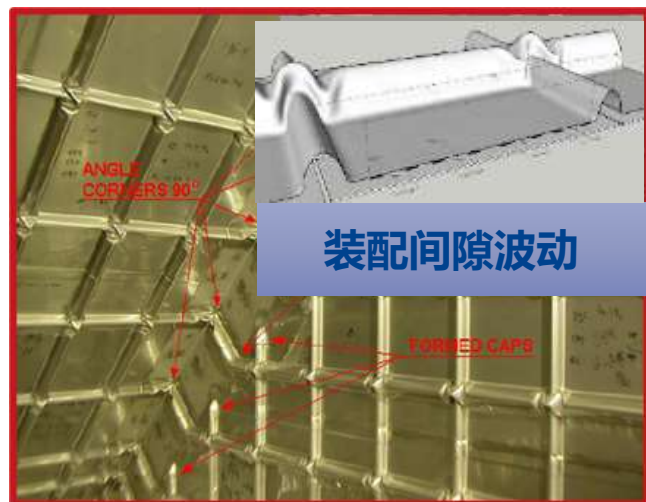
承担项目：工信部高技术船舶项目 xxxx

LNG船用液货围护系统智能制造



针对高价值船舶的智能建造需求，研发**LNG船用液货围护系统低温材料焊接与智能制造装备**，实现了**不锈钢波纹板无缺陷自适应焊接**，建造了**绝缘模块自动装配产线**，完成了应用推广。

LNG波纹板智能焊接系统



❌ 传统焊接——间隙波动导致孔洞缺陷

✅ 自适应焊接——无缺陷



LNG船用绝缘模块自动装配



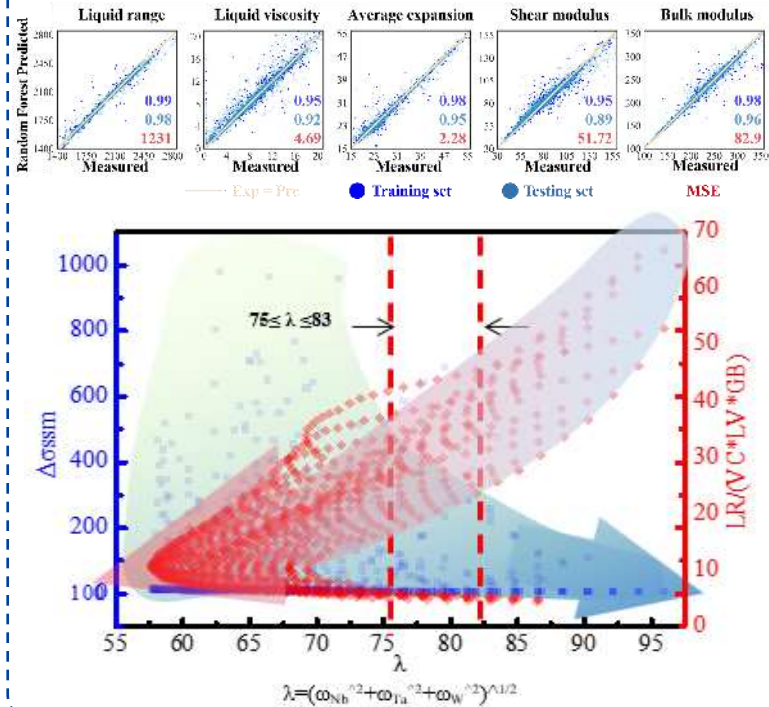
绝缘模块绿色柔性智能制造(具有完全自主知识产权)

超高温难熔合金3D打印材料设计与制备技术

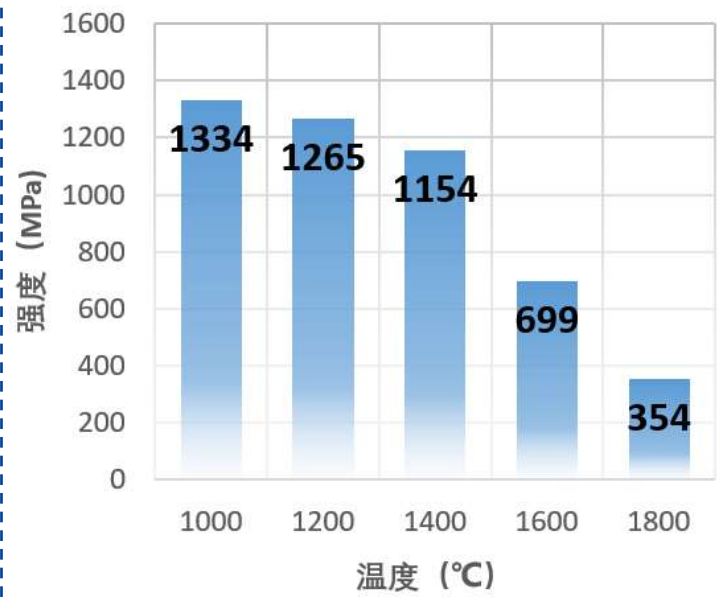


建立了超高温难熔合金兼顾材料韧化和超高温强度的设计准则，突破了难熔合金3D打印裂纹抑制与形性调控关键技术，1800°C强度≥350MPa，实现了风洞考核样件和XX模拟件打印。

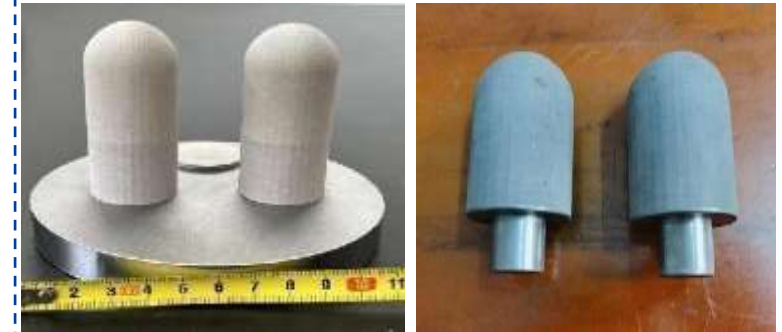
兼顾难熔合金强韧性设计准则



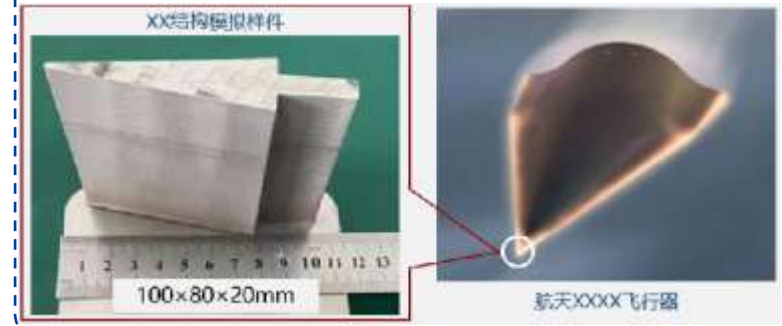
难熔合金高温强度



Φ30mm×65mm风洞考核件



飞行器XX结构模拟样件



承担项目：面向航天XXXX的超高温难熔高熵合金增材制造技术及应用，装发部慧眼行动计划
超高温复合材料激光增材制造控形与控性，军委科技委基础加强重点项目子课题

镍铝青铜螺旋桨叶电弧增材技术

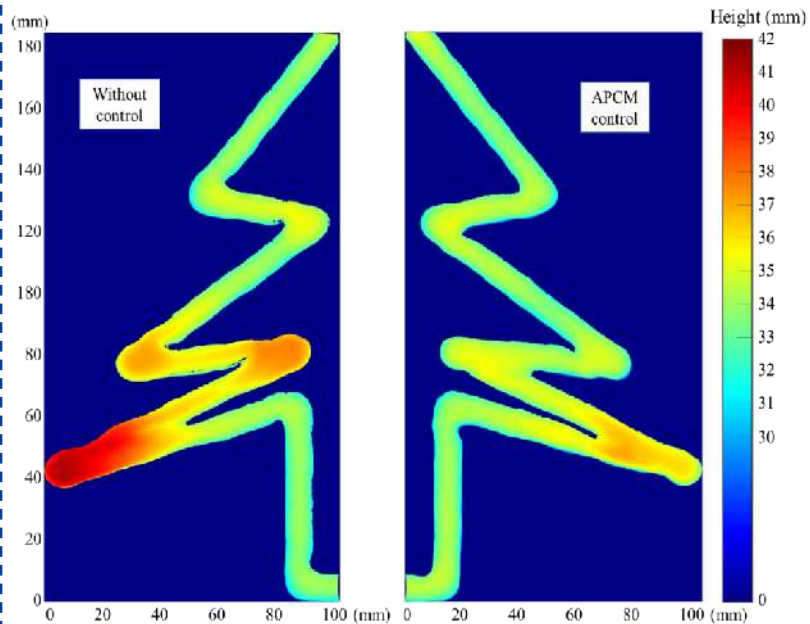


针对海工装备对复杂高价值部件低成本高效率制造的需求，研发了海工合金专用电弧增材系统，实现了螺旋桨叶等部件的灵活高精度成形，突破了双相不锈钢电弧增材等相比例控制技术。

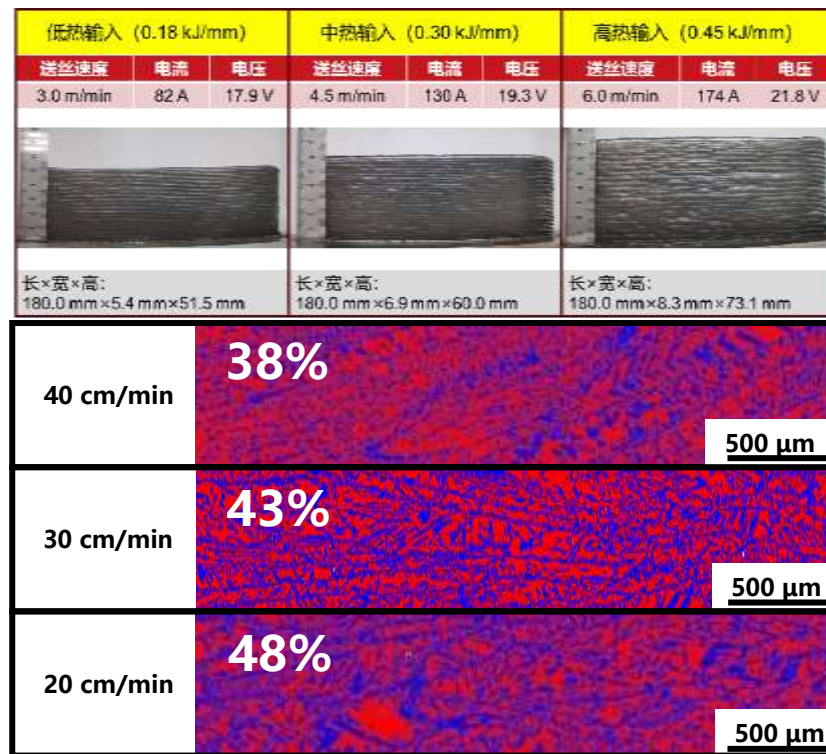
电弧增材装备与镍铝青铜桨叶样件



镍铝青铜电弧增材锐角成形精度控制技术



双相不锈钢等相比例电弧增材



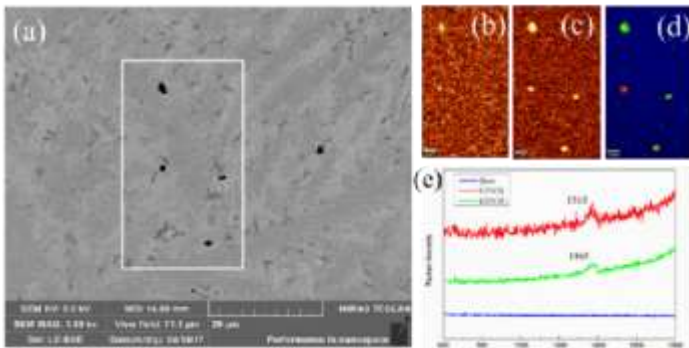
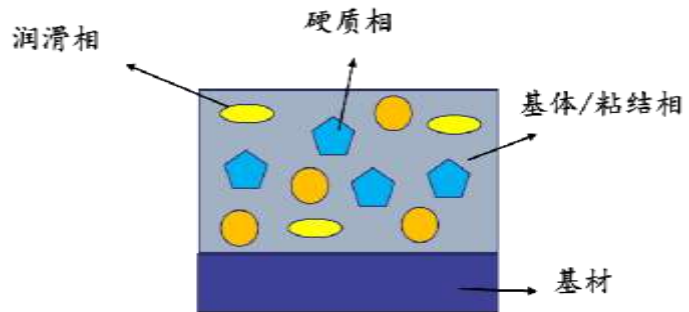
承担项目：海工合金电弧增材制造组织各向异性与残余应力调控

控制棒驱动机构轴承激光熔覆镍基涂层技术开发



针对轴承滚道钴基合金堆焊技术存在的**大变形、短行程与一回路放射性**问题，开发了**镍基高温耐磨涂层材料与激光熔覆制备技术**，实现**小口径轴承内壁滚道的涂层无裂纹制备与轴承行程的显著提升**。

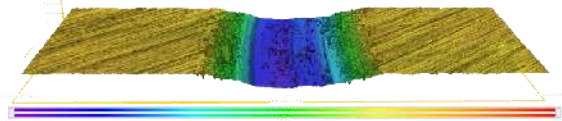
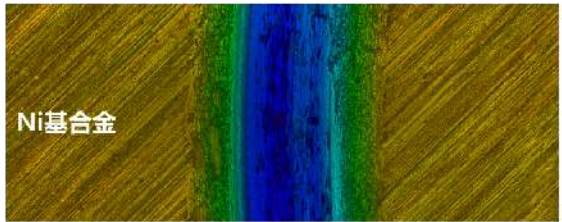
镍基高温耐磨涂层成分优化



涂层性能验证与对比



300°C 磨损性能提升**4-5倍**



控制棒驱动机构轴承模拟样件



承担项目：控制棒驱动机构轴承激光熔覆强化研究，上海第一机床厂联合研发项目

超快激光动态纳米连接技术



完善了超快激光作用下微纳空间能量传递模型，阐明了**纳米空间能量的可控输运机制**，利用局域强电磁场环境下**急剧力热耦合**，实现纳米尺度非平衡条件下金属/陶瓷材料可控互连及合金化。

局域能量输运机制模型

● 局域热效应

瞬态热传输方程: $C_s \rho \frac{\partial T}{\partial t} = k \nabla^2 T + Q_s$

单位体积热源: $Q_s = \frac{1}{2} \epsilon_0 \omega \text{Im} \epsilon(\omega) |E|^2$

双温模型:

$$C_e(T_e) \frac{\partial T_e}{\partial t} = \nabla [k_e(T_e) \nabla T_e] - G(T_e - T_l) + Q$$

$$C_l(T_l) \frac{\partial T_l}{\partial t} = G(T_e - T_l)$$

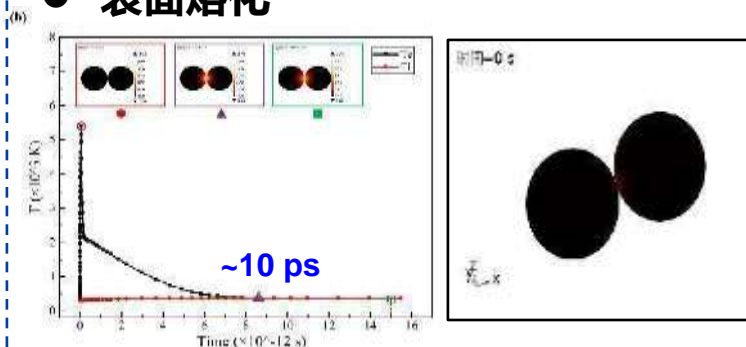
● 局域力效应

Maxwell Stress Tensor

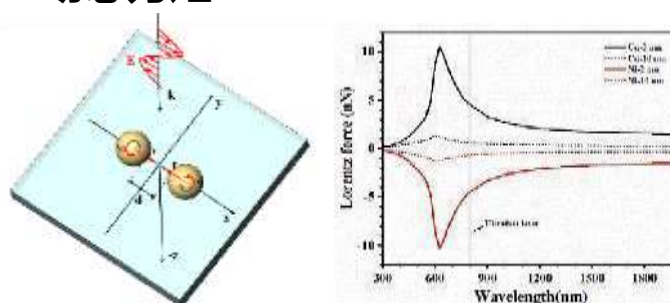
$$\langle \sigma_{ij} \rangle = \frac{1}{2} \Re [\epsilon_0 \epsilon_m E_i E_j^* + \mu_0 \mu_m H_i H_j^* - \frac{1}{2} \delta_{ij} (\epsilon_0 \epsilon_m E_k E_k^* + \mu_0 \mu_m H_k H_k^*)]$$

异质材料动态力热耦合

● 表面熔化

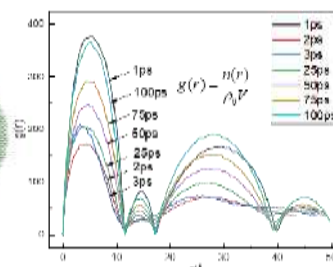
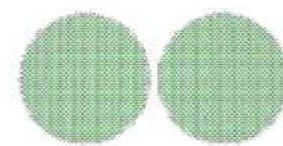


● 动态力矩

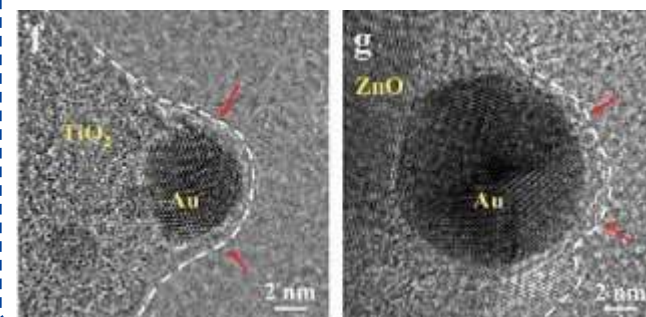


可控异质连接/合金化

● 金属-金属



● 金属-陶瓷



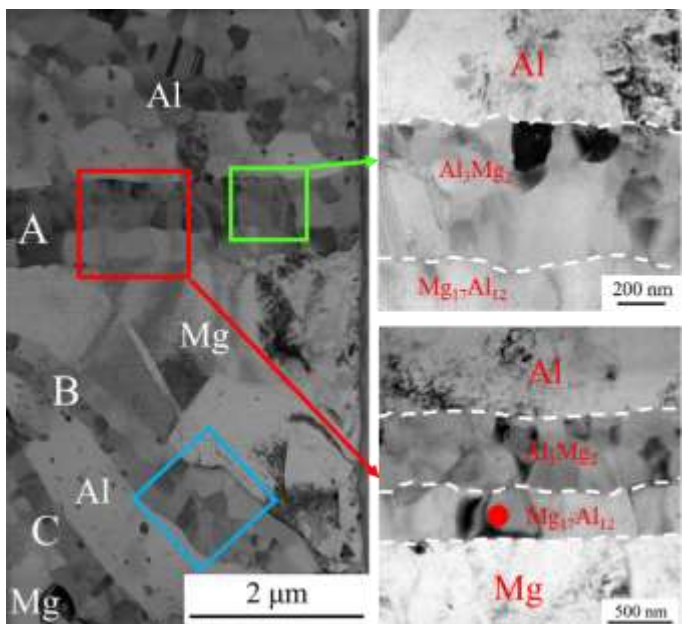
承担项目：国家自然科学基金项目

Al/Mg异种材料搅拌摩擦焊

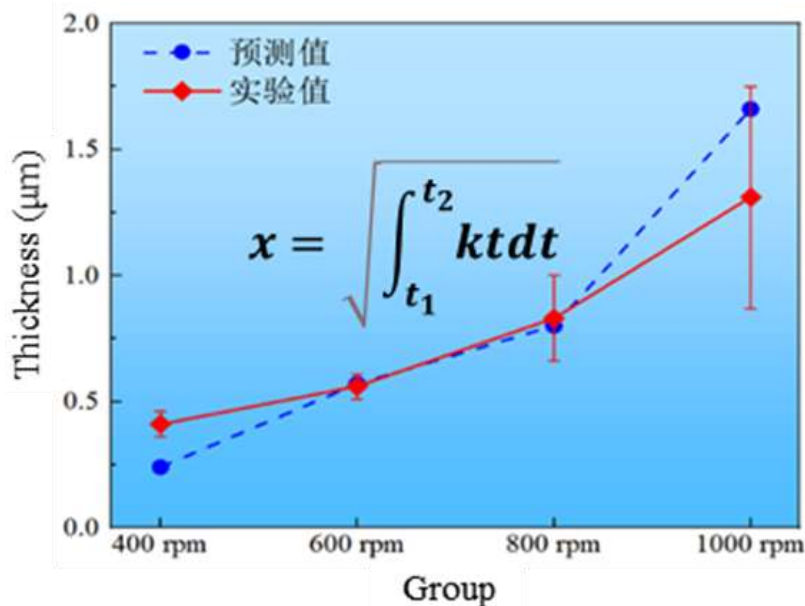


解析Al/Mg界面金属间化合物 (IMC) 层演变过程, 提出采用**温度积分拟合新方法**, 实现对界面IMC层厚度的准确预测; 通过优化搅拌头形貌, 提升Al/Mg**宏观机械互锁**, 并抑制**材料微观混合**, 优化IMC在接头中的宏微观分布; 获得高强度 (**201 MPa**) 高塑性 (**7.14%**) 的Al/Mg接头。

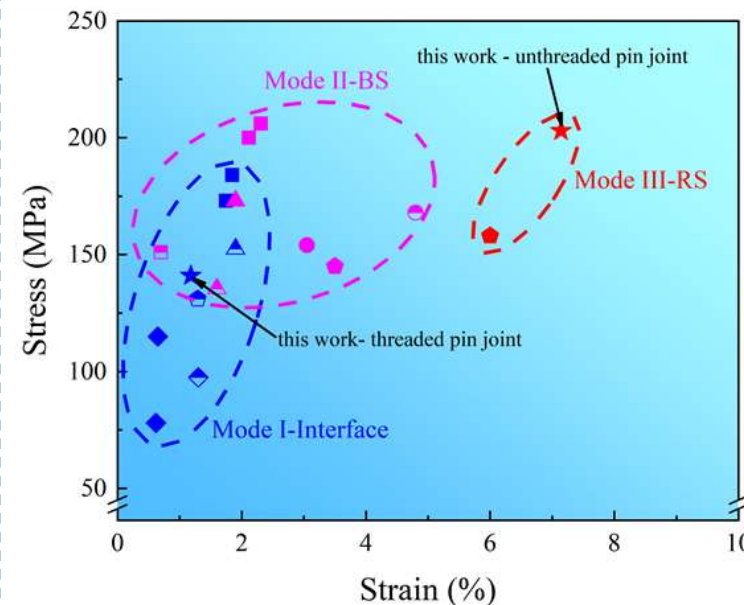
界面组织结构



IMC厚度预测新方法



接头力学性能



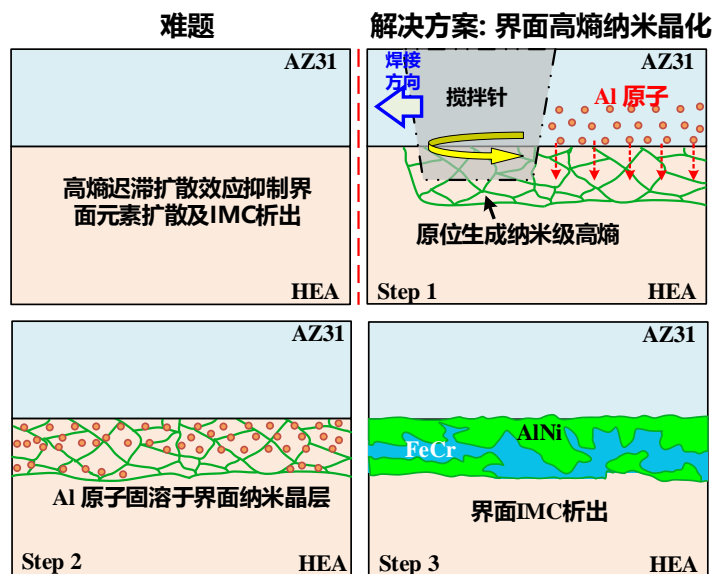
承担国家自然科学基金面上项目 (52075330) ; 发表J. Magnes. Alloy. 2023 (IF=17.6)等高水平论文2篇

高熵合金/传统合金异种材料搅拌摩擦焊

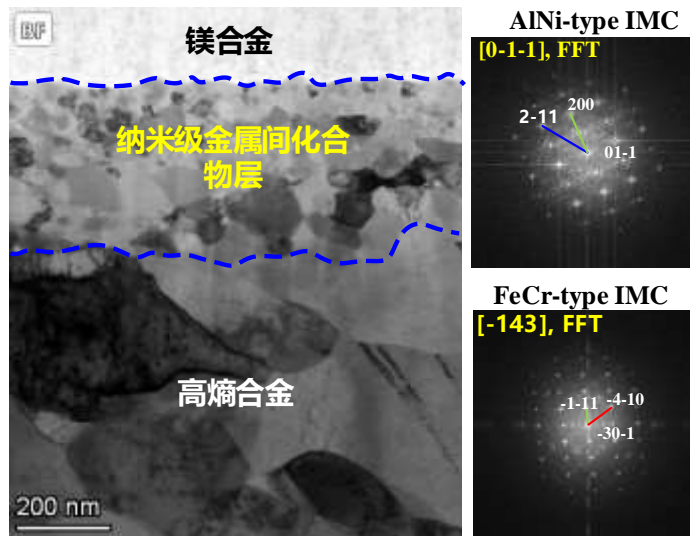


围绕高熵合金/镁合金焊接界面元素扩散迟滞、冶金结合难的问题，基于搅拌摩擦焊技术实现界面高熵焊接过程原位纳米化，促进元素扩散和IMC快速析出，接头拉剪强度可达镁合金母材84.6%。

界面纳米晶化促进IMC析出

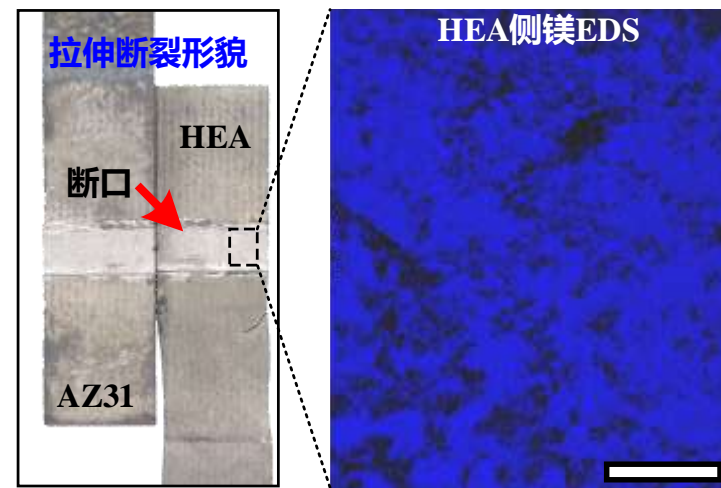


纳米级界面IMC层



高拉剪强度

断裂主要发生于镁合金内部而非镁合金/高熵合金界面



承担项目: 国家自然科学基金面上项目支持 (52075330), 发表论文2篇

3. 学术交流



由上海交通大学与哈尔滨工业大学联合主办，第九届焊接科学与工程国际会议（WSE2023）2023年7月24~27在哈尔滨举办，11个国家400多名代表参会，**芦凤桂担任大会共主席**



第25届上海交通大学-大阪大学双边学术研讨会2023年11月7~8日在日本召开 —材料焊接分论坛在大阪大学结合科学研究所召开



学术交流开幕式



材料焊接分论坛

学术会议及科普



联合协办上海市科协第21届学术年会，承办浦江秋季钢铁论坛--高端钢材焊接技术论坛，联合上海市焊接学会主办学术论坛7次，开展科普活动3次。累计参会人数达2000余人次，为促进焊接领域的科学技术交流起到了重要作用。

上海市科协2023学术（创新）年会之 航空航天先进材料与结构焊接技术论坛



浦江秋季钢铁论坛 --高端钢材焊接技术论坛



联合上海市焊接学会主办学术论坛



科普活动



基本任务情况



	科研经费 (万元)	发表论文 (B以上)	教学情况 (学时)	总完成率
应完成量	1819	29.3	630	190%
实际完成	4516	25	766.7	
完成率	250%	85%	122%	

备注：8篇中科院1区，2篇2区不在AB档



感谢各位对焊接所的支持

祝大家 身体健康!

饮水思源 爱国荣校