项目一：非能动核电装备大型容器组件的热制造关键技术及应用

**项目简介：**针对第三代非能动核电装备大型容器热制造技术难题，历经多年 “产学研用”协同攻关，突破国外技术封锁，形成具有自主知识产权的热制造技术体系，推进核电装备制造技术进步。

1、构建了大型厚壁锻件锻造工艺参数与各宏观场量、微观组织演变的关系，揭示了复杂状态下相变动力学机理并扩展其定量规律。

2、建立了多因素耦合厚壁容器材料固态相变过程中的相变塑性模型，形成了超大型复杂构件锻造成形的控形控性锻造技术体系。

3、开发了流固耦合传热的先进热处理工艺模拟技术，形成了基于工件组织、性能要求调控热处理方法。

4、构建了异种金属焊接接头组织微观演化与宏观疲劳失效的关联，形成三维应力情况下异种金属接头的断裂行为的热评定方法。

**知识产权情况：**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 国别 | 知识产权类别 | 授权号 | 名称 |
| 中国 | 发明专利 | ZL201510993121.5 | 核反应堆压力容器钢大型厚壁锻件提升低温冲击功的方法 |
| 中国 | 发明专利 | ZL201210470100.1 | 第三代压水堆核电冷却剂泵泵壳锻件的制造方法 |
| 中国 | 发明专利 | ZL201110118171.0 | 核电设备蒸汽发生器用锥形筒体热处理变形后的校形方法 |
| 中国 | 发明专利 | ZL201510576578.6 | 一种控制熔深的不锈钢铸件表面堆焊方法 |
| 中国 | 发明专利 | ZL201310341949.3 | 第三代核电冷却剂泵泵壳的锻造成型方法 |
| 中国 | 发明专利 | ZL201210470085.0 | 提高核电容器用大型锻件强韧性的性能热处理方法 |
| 中国 | 发明专利 | ZL201610835067.6 | 防止堆焊层撕裂的隔板与壳体的连接结构及其连接方法 |
| 中国 | 发明专利 | 201110120725.0 | 用于落锤试验的铬钼系低合金钢试样的焊接方法 |
| 中国 | 发明专利 | ZL201310340796.0 | 第三代核电冷却剂泵电机壳锻件的成型方法 |
| 中国 | 发明专利 | ZL201310220686.0 | 一种核岛主设备环焊缝内外坡口同步焊接方法 |

**发表论文著作情况**

|  |  |
| --- | --- |
| 论文著作 | 通讯作者 |
| 403( 改型) 钢动态再结晶行为[J].金属热处理,2012,37(12):32-36. | 李荣斌 |
| The effect of the welding direction on the plasma and metal transfer behavior of CO2 laser+ GMAW-P hybrid welding processes[J].Optics and Lasers in Engineering,2014,58:102-108. | 张旺 |
| Study of metal transfer in CO2 laser+ GMAW-P hybrid welding using argon–helium mixtures[J].Optics & Laser Technology,2014,56: 158-166. | 张旺 |
| 微量CO2对MGH956合金超声电弧TIG焊的影响[J].焊接学报,2014,35(9):1-5. | 罗雅 |
|  Behavior of the plasma characteristic and droplet transfer in CO2 laser–GMAW-P hybrid welding, The International. Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2014:1-8.  | 张旺 |
| 焊接速度对CO2激光-GMAW-P复合焊接等离子行为及熔滴过渡影响研究[J].焊接,2014,2: 11-15. | 张旺 |
| Effect of Traces of CO2 on Arc-Ultrasonic TIG-Welded MGH956 Alloy[J]. Advanced Manufacturing Processes, 2014,29(8):1004-1010. | 罗雅 |
| Effect of Gas Composition Influence on the Plasma Behavior and Droplet Transfer in CO2 laser GMAW-P hybrid welding[J].Optics and Lasers in Engineering,2015,32(1):1-17. | 张旺 |
| V对MGH956合金TIG原位合金化焊接接头组织与性能的影响[J].材料工程,2015,43(1):59-65. | 罗雅 |
| 基于光谱分析的CO2激光+脉冲GMAW复合焊峰值状态激光能量传输研究[J].光谱学与光谱分析 2016,36(4):9-14. | 张旺 |
| 光纤激光与GMAW-P复合焊接等离子体及熔滴过渡动态特征研究[J],中国激光, 2017, 4: 89-94.  | 张旺 |
| Static Recrystallization Behavior of Z12CN13 Martensite Stainless Steel[J].Journal of Materials Engineering and Performance,2017,26:4157-4165. | 罗敏李荣斌 |
| 基于光谱诊断的脉冲GMAW焊金属蒸汽动态扩散行为研究[J].光谱学与光谱分析2017,37(2):527-531. | 张旺 |
| δ铁素体对316LN不锈钢冲击韧性的影响[J].压力容器,2019,7:24-27. | 罗雅 |
| 脉冲激光与脉冲GMAW复合焊接的动态交互行为[J].中国激光，2019,46(4):42-49. | 张旺 |
| 核电安全端Inconel690合金堆焊层界面微观组织及力学性能研究[J].热加工工艺,2020,11(6):10-15. | 郭彦兵 |
| 核电用T22-800H异种管材TIG焊接头界面组织演变及力学性能研究[J].热加工工艺,2020,49(5):126-130. | 郭彦兵 |
| 焊接工艺对镍基焊缝气孔的影响[J].有色金属材料与工程，2018,39(3):36-42. | 鲁艳红 |

**主要完成单位**

上海电机学院 上海电气上重铸锻有限公司 上海电气核电设备有限公司

**主要完成人**

李荣斌 陶志勇 鲁艳红 罗雅 张旺 郭彦兵 张茂龙 杨海石 李守江 孙志远

**提名者**

上海市教育委员会

**提名等级**

2020年度上海市科学技术奖科技进步二等奖

项目二：超大型拼接式船用曲轴关键制造技术研究及应用

**项目简介：**针对超大型拼接式船用曲轴高精密、高性能成形的需求，项目组围绕曲柄高质量成形、拼接精度控制和构件制造三个方面的关键技术开展创新研发，历经近 10 年 “产学研用”协同攻关，突破了国外技术封锁，形成了具有自主知识产权的超大型拼接式船用曲轴制造技术体系，推进了曲轴制造技术进步。主要体现在：

1、开发了超大型拼接式船用曲轴曲柄挤压成形技术。分析了应变速率和应力状态对锻件内部脆性夹杂物边界裂纹形成的影响规律，提出了裂纹锻合的应力条件，为曲柄成形工艺研发和曲柄质量控制提供理论支撑；创建了基于 Levy-Mises增量理论的塑性成形新摩擦模型，实现了摩擦系数的测定；建立了 S34MnV 钢本构关系，为准确模拟分析奠定了基础；构建了挤压数值模拟力学模型，采用单因

素轮换法优化了曲柄预制坯形状、模具及工艺参数；开发了挤压成形模具及方法；完成了曲柄成形的小试、中试及工业化试制。锻件各项指标满足设计要求，技术普适性强。通过该技术，钢锭利用率从 60%提高至 70%，锻件与零件重量比从2.03:1 降低至 1.67:1。

2、创建了超大型拼接式船用曲轴全工艺流程的尺寸精度综合控制技术。提出了防振刀具新结构及加工减振方法，构建了平衡电机、C 轴电机和伺服电机联动技术，确保了偏心单轴整体加工精度；研究开发了 V 型检测对中校调技术及狭小空间孔加工方法，研制了大直径对接法兰孔配钻铰专用镗头及浮动镗刀，保证了双轴拼接精度，实现了关键尺寸 100%合格。

3、研制成功了多种超大型拼接式船用曲轴。基于曲柄高质量成形及尺寸精度综合控制技术，自主创新关键工艺和工装，形成了超大型拼接式船用曲轴制造技术规范。并首次采用拼接技术完成了 S90 机型全系列 8 至 12 缸拼接式曲轴的生产，利用项目技术实现了全球首支世界最大 22000 标箱集装箱超大型拼接式船用曲轴的制造。达到国际先进水平。

项目成果共申报专利 22 项，其中，授权专利 14 项，公开国家发明专利 8项，近五年在国内外期刊和国际会议上发表论文 8 篇。近三年，新增产值 3.6亿元，新增税收 6924.04 万元。项目的研发实现了自主生产拼接曲轴“零”的突破，曲柄材料利用率及成形火次等关键指标优于国外同类技术，打破国外垄断，实现了我国超大型拼接式船用曲轴从“完全进口”到“出口”的转变，有力地支持了我国超大型发动机自主研制和走向世界，获中央电视台大型记录片《超级装备》特别报道。

**知识产权情况：**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 国别 | 知识产权类别 | 授权号 | 名称 | 核心专利 |
| 中国 | 发明专利 | 201210279080.X | 大型船用曲轴曲拐的挤压成形装置及成形方法 | 是 |
| 中国 | 发明专利 | 201310058109.6 | 一种大型半组合船用曲轴的装配方法 | 是 |
| 中国 | 发明专利 | 201110360068.7 | 开合式曲拐挤压装置及大型船用曲轴曲拐的成形方法 | 是 |
| 中国 | 发明专利 | 201510856978.2 | 高强度钢薄壁环形锻件之矫形装置及矫形方法 |  |
| 中国 | 实用新型 | 201520981875.4 | 一种曲轴吊装工具 |  |
| 中国 | 发明专利 | 201310058109.6 | 一种大型半组合船用曲轴的装配方法 |  |
| 中国 | 实用新型 | 201721337639.4 | 狭小空间孔加工设备 |  |
| 中国 | 实用新型 | 201821702240.6 | 一种船用曲轴V形检测调整装置 |  |
| 中国 | 实用新型 | 201520981883.9 | 一种加工曲拐R槽的刀杆结构 |  |
| 中国 | 实用新型 | 201320025604.2 | 单体弹簧宽刀 |  |

**发表论文著作情况**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 论文著作 | 通讯作者 | 被 SCI、EI收录 |
| 1 | [锻件内部脆性夹杂物边界裂纹锻合的应力条件](https://kygl.sdju.edu.cn/business/paper/paper.do?actionType=view&bean.id=5430&pageFrom=commonList)/机械工程学报 | 任运来 | 是 |
| 2 | [On stress conditions producing crack-free matrix metal-brittle inclusion interface inside heavy forgings](https://kygl.sdju.edu.cn/business/paper/paper.do?actionType=view&bean.id=4820&pageFrom=commonList)/Applied Mechanics & Materials | 任运来 | 是 |
| 3 | [应变速率对锻件内部脆性夹杂物边界处裂纹形成的影响](https://kygl.sdju.edu.cn/business/paper/paper.do?actionType=view&bean.id=4416&pageFrom=commonList)/热加工工艺 | 任运来 | 否 |
| 4 | [脆性夹杂物边界无裂纹形成的锻造应力条件](https://kygl.sdju.edu.cn/business/paper/paper.do?actionType=view&bean.id=5436&pageFrom=commonList)/材料科学与工艺 | 任运来 | 否 |
| 5 | 基于塑性力学变分原理的大锻件镦粗变形研究/燕山大学学报 | 任运来 | 否 |
| 6 | [刚塑性材料第二变分原理的证明研究及应用](https://kygl.sdju.edu.cn/business/paper/paper.do?actionType=view&bean.id=9273&pageFrom=commonList)/燕山大学学报 | 任杰 | 否 |
| 7 | [特大型船用曲轴成形的多向模锻工艺](https://kygl.sdju.edu.cn/business/paper/paper.do?actionType=view&bean.id=7596&pageFrom=commonList)/上海电机学院学报 | 曹峰华 | 否 |

**主要完成单位**

上海电机学院 上海船用曲轴有限公司 大连华锐船用曲轴有限公司 上海重型机器厂有限公司

**主要完成人**

辛绍杰 戚仁荣 郎雪刚 蔡宁 任运来 冯军 曹峰华

**提名者**

上海市教育委员会

**提名等级**

2020年度上海市科学技术奖科技进步三等奖