

突出特种环境、特种材料及特种结构,引领先进材料焊接与连接新方法

——走进山东省特种焊接技术重点实验室

Innovative Advanced Material Welding and Joining Methods for Special Environment,
Special Materials and Special Structure

[编者按] 焊接是我国“强基”工程中的基础工艺之一,标志着国家的工业技术水平,支撑国家建设及国防安全、不可替代。随着新材料和新结构、极端环境连接及服役、大型复杂结构在工业领域的广泛应用,焊接技术面临新的挑战。山东省特种焊接技术重点实验室依托哈尔滨工业大学“材料科学与工程”国家一级重点学科及山东省级重点学科,学科下属的焊接技术与工程专业为山东省级特色专业。实验室与哈工大校本部和深圳校区资源共享,优势互补,在航空航天、核电、国防等领域做出了积极的贡献。

2010年,山东省特种焊接技术重点实验室获批筹建,2013年12月通过验收正式运行。实验室立足山东、面向国民经济建设主战场,作为先进焊接与连接国家重点实验室的重要组成部分,是哈尔滨工业大学威海校区唯一的省级重点实验室,也是山东省焊接领域唯一的重点实验室。

研究方向及人员组成

目前,实验室拥有水下焊接与切割技术及装备、轻质材料连接技术及装备、高效化焊接技术及装备、空间焊接技术及装备、电子封装材料及技术5个研究方向;水下焊接与切割、空间环境焊接与连接、核电焊接与装备、激光焊接与成形、船舶高效焊接、轻质材料搅拌摩擦焊接与加工、先进材料与异种材料连接及电子封装材料与技术8个研究团队。

实验室首任主任为冯吉才教授,现任主任为宋晓国教授,学术委员会主任为中国工程院院士王华明教授。现有固定研究人员52人,其中国家杰青1人、长江学者2人、国家优青2人、青年长江学者3人、中组部青年拔尖人才3人、金桥奖突出贡献个人1人、泰山青年学者4人。教授15人,副教授20人,讲师6人,博士后1人,研究人员博士化率97.6%。

基础设施及科研设备

实验室总面积达3248平方米,科研仪器设备总价值8000余万元,其中20万元以上设备超过20台。建有5个实验平台:水下焊接实验平台,空间焊接实验平台,高效焊接实验平台,轻质材料连接实验平台和分析测试平台。

实验室自行研制了一大批有特

色的先进装备,有力支撑理论与应用研究,包括真空多室表面活化辅助连接装备、X射线水下高速成像系统、铝/钢激光拼焊成套设备、超声波辅助真空钎焊设备、龙门式搅拌摩擦焊设备、回填式搅拌摩擦点焊设备、超声波法测试应力系统、激光散斑法应力测试设备、等离子体增强化学气相沉积系统、HIT-951真空电子束焊接设备等。

研究成果及重大工程应用

实验室紧密结合山东半岛经济发展对特种焊接技术的需求,突出在特种环境、特种材料以及特种结构方面的焊接技术及装备制造研究。结合山东省新旧动能转换的重大需求、国际制造业的发展趋势,实验室在海洋与船舶工程、核电、航空航天等领域一直砥砺前行,发挥着重要作用。

在基础研究方面,水下湿法焊接冶金与传质、空间电子束地面模拟焊接机理、复合能场下电弧行为、连接界面冶金及机理、激光增材过程控制等领域获得重要突破,实验室在 *Carbon*、*Welding Journal* 等材料及焊接领域著名期刊发表学术论文 400 余篇,其中,SCI 检索 312 篇,出版著作 / 教材 8 部。

在重大工程应用方面,截至 2020 年实验室共获国家自然科学基金二等奖 1 项、国家技术发明二等奖 1 项、省部级奖励 8 项,获国内外授权发明专利 100 余项。其中,在海洋工程及船舶制造领域,水下焊接与切割技术成功应用于港珠澳大桥岛隧工程、烟台打捞局沉船打捞扳正桩头焊接、胜利油田海上采油平台牺牲阳极焊接。110mm 厚钛合金窄间隙焊接为深海勇士号深潜器提供了载人耐压壳体的焊接关键技术。在核电工程领域,发明了多种结构形式的自动化焊枪以及适应大型结构的工艺方法,成功推动了 AP1000/CAP1400 电站现场建造模式变革;水下超声电弧复合焊接技术为核电在役乏燃料水池修复提供了关键技术,解决了焊接质量、洁净作业的技术难题。在航空航天领域,轻质及异种材料连接技术有效支撑了 HHT 高温高超声速风洞洞体结构的制造。异种金属非平衡冶金过程及质量控制技术成功应用于

新一代火箭发动机尾喷管轻量化设计与研制。铝合金电子束焊接技术已用于新一代固体火箭姿控发动机燃气阀的设计。

实验室成功研发了国际先进的水下湿法焊接切割材料及国内首套水下湿法焊接专用设备,研发了中国第一套磁控电弧窄间隙焊接装备及控制系统。研发的国内首套真空双室多功能复合成形装备实现了真空环境下材料表面去膜、镀膜及连接连续加工。火箭贮箱焊接多余物自动清理检测系统的研发填补了国内在该领域的空白。建立了国内高校首个空间焊接与在轨制造地面模拟研究平台。开发了国内首套超高强钢短流程复合加热冲压成形自动化生产线和国内首套超高强钢管状件高温气胀成形自动化生产线,填补了国内空白。厚板高效自动化焊接技术、激光拼焊及激光-电弧复合焊接技术、真空激光增材制造及激光加工过程光谱诊断、等离子-MIG 复合焊接、搅拌摩擦焊接与加工等技术均达到国际先进水平。并与乌克兰巴顿焊接研究所、日本大阪大学接合科学研究所、英国 TWI 等国际知名焊接研究机构建立了合作关系。

学术交流与产学研协同创新

近年来,实验室积极组织 and 参与各类学术交流活动,主办国际会议 1



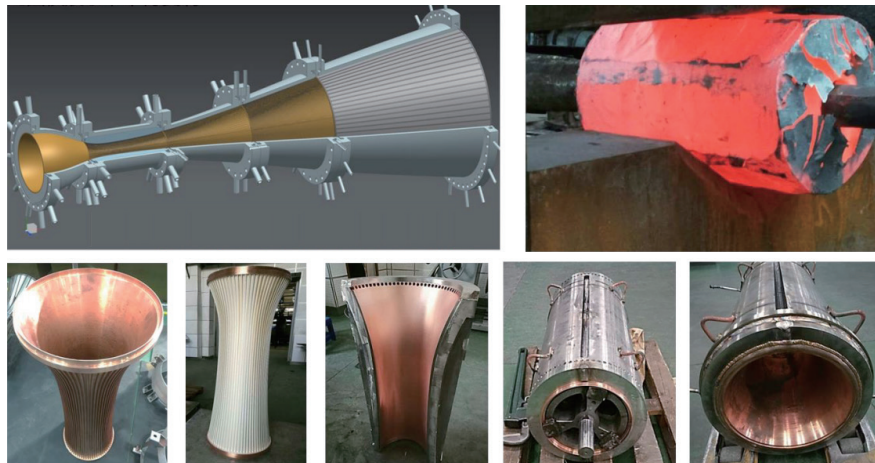
深海载人潜水器载人舱厚板钛合金窄间隙焊接技术(与宝钛集团合作)

次、国内会议 5 次,协办国内会议 4 次,参会人数超 1500 人(次)。实验室 69 人(次)参加国际学术会议,其中 24 人(次)做大会主题报告,15 人(次)做特邀报告;160 人(次)参加国内学术会议,其中 26 人(次)做大会主题报告,34 人(次)做特邀报告;20 人(次)出国进修或访问。实验室还参与组建国际创新联合体——海洋工程及深加工国际联合研究中心,开辟了科技创新和培养年轻人的新途径,与国际知名研究机构进行深度合作,形成了具有特色的新模式。此外,实验室还承担了 2 项国际合作,多项技术达到国际领先水平。

实验室与哈尔滨工业大学、山东大学、西北工业大学、清华大学、西安交通大学、上海交通大学、北京航空航天大学及大阪大学、滑铁卢大学、墨尔本大学等国内外知名院校和科研院所,以及航空航天、轨道交通、船舶等领域的近百家单位建立产学研合作关系,推进产学研协同创新。共建校企联合研发中心 8 个,承担企业横向合作项目 200 余项,累计经费 1.1 亿元。

面向未来,实验室将立足山东省新旧动能转换及国民经济发展的重大需求,继续开展创新性的应用基础研究,强化工程应用能力,努力建设成为国内具有重要影响力和创造力的重点实验室。

(采访 逸飞)



大型铜/钢复合喷管制造