

材料服役行为是材料科学与工程的重要组成部分,澄清服役环境中材料的损伤机理、认识其损伤动力学过程、评价工程结构的安全性与服役寿命、发展延长寿命的技术(包括研发新材料、表面改性与防护涂层等)是该领域的重要任务。这些问题也是目前高铁、核电、航空、航天、油气、海洋、基础设施等多领域中碰到的难题。

材料服役行为研究:助力国家名片

——材料服役行为分论坛侧记

文/中国科学院金属研究所 王媛

“IFAM2019-材料服役行为分论坛”由中国工程院化工、冶金与材料工程学部,中国材料研究学会,材料学术联盟和国家新材料产业发展战略咨询委员会主办,由中国科学院金属研究所、中国科学院宁波材料技术与工程研究所、中国科学院兰州化学物理研究所、武汉科技大学和《中国材料进展》杂志社承办,国家金属腐蚀控制工程技术研究中心、固体润滑国家重点实验室、中国科学院海洋新材料与应用技术重点实验室、中国科学院核用材料与安全评价重点实验室和中国材料研究学会疲劳分会协办。本次论坛由薛群基先生、柯伟先生、周克崧先生和刘维民先生4位院士担任共同主席,韩恩厚研究员、张哲峰研究员、王立平研究员、周峰研究员和刘静教授担任秘书长。韩恩厚研究员主持了开幕式,薛群基院士进行了开幕致辞,15位来自国内高校、科研院所和企业的材料服役行为专家作了精彩的邀请报告,就材料服役行为领域的发展现状、问题和趋势同与会专家学者等进行了深入的讨论交流。全国50余名材料服役行为研究人员参加了本次论坛。



韩恩厚 研究员



张哲峰 研究员



王俭秋 研究员



刘静 教授



宿彦京 教授

国家名片——核电

中国科学院金属研究所王俭秋研究员提出800合金和690合金在高温高压水中稳定性的差异机制,在含溶解氧的高温水中,铬优先溶解,使690合金丧失高铬的优势。提出在残余压应力区,材料发生应力腐蚀开裂的机制:划伤使690合金表面产生微观缺陷,在高温高压水中发生择优腐蚀,产生的氧化物在缺陷处堆积并在缺陷前端产生局部的拉应力,从而导致应力腐蚀开裂。

中国科学院宁波材料技术与工程研究所常可可研究员介绍了高温液钠介质中金属表面涂层材料微观结构长期演变的热力学与动力学规律,揭示了材料的原子扩散、相转变与超结构的形成机制及对材料力学性能的影响。研究了腐蚀-磨损交互作用下的摩擦-化学反应膜形成及动态磨蚀机制。

中国科学院力学研究所钱桂安研究员基于最弱链接理论,提出了一种新的局部断裂理论及标定方法,应用于核电反应堆压力容器钢的安全评定,并得到验证,了解理断裂的裂尖约束及尺寸效应问题,进一步对比了新方法与断裂主曲线方法在反应堆压力容器钢断裂评估中的差异。

中国科学院金属研究所韩恩厚研究员采用电化学方法与新发明的核电高温高压水中原位划伤再钝化技术评价了中科院核用材料与安全评价重点实验室研发的3种高熵合金的耐腐蚀性能,与核电站现役耐腐蚀性能很好的690TT镍基合金相比,高熵合金在核电高温高压水中具有良好的耐腐蚀性。在此基础上专门设计了适用于核电站的高熵合金。

国家名片——高铁

中车青岛四方机车车辆股份有限公司林华强高工介绍了铝合金材料在轨道交通车辆车体、转向架、车下设备等主要承载结构工程化应用情况,以轻量化高强铝合金材料国产化历程和地域环境运营服役失效为例,介绍了轨道交通车辆制造行业材料科学与工程学科建设与解决材料腐蚀问题的若干措施。

中车青岛四方机车车辆股份有限公司李忠文高工针对影响车轴安全运行的两个关键问题介绍了主要研究工作:①跟踪了轮座微动磨损区域的形态演变,评估了国内动车组轮座微动磨损状态的安全性;②针对车轴表面发生的损伤,结合有限元计算和全尺寸车轴台架试验,研究了不同深度缺陷的非扩展行为及裂纹扩展剩余寿命,同时提出了高速铁路车轴发展亟需解决的科学问题。

东北大学谢里阳教授介绍了铝合金结构部件性能与材料试样性能之间的关系。用结构部件上各关键部位的疲劳强度/高应力部位的疲劳寿命最小极值统计量表示结构部件的疲劳强度/寿命分布,建立了存在多个高应力部位的大型结构部件的疲劳强度/可靠寿命模型。

服役行为基础研究与先进损伤控制技术

中国科学院金属研究所张哲峰研究员提出以循环滞回能作为疲劳损伤参数,预测内燃机活塞与缸盖材料疲劳寿命。以疲劳韧性作为金属材料抗疲劳设计的内在性能参数,疲劳损伤转化因子作为评价金属材料疲劳损伤转化程度参数,对发展和制备耐高温低周疲劳与热机械疲劳损伤金属材料具有指导意义。

天津大学陈旭教授介绍了在455 °C对2.25Cr-1Mo-V钢进行了一系列低周疲劳、棘轮疲劳及蠕变-棘轮疲劳试验后,讨论应变幅、应力水平、加载率、保持时间及保持方向对其变形行为和疲劳寿命的影响。

中国科学院兰州化学物理研究所乔竹辉研究员设计制备了系列高韧-润滑一体化陶瓷基复合材料,有效提高了陶瓷的韧性和宽温域范围内的摩擦学性能,并介绍了其增韧减磨机理研究成果。

河南科技大学宋克兴教授设计并制备了颗粒增强铜基复合材料,揭示了颗粒特征参量与铜基复合材料力学性能和导电性能的内在关联,以及颗粒特征参量对铜基复合材料载流摩擦磨损性能的影响规律;揭示了制备工艺对铜基复合材料综合性能及载流摩擦服役效能的作用机制。

北京科技大学宿彦京教授介绍了等静压对氢原子在金属表面的吸附及基体内的扩散过程的影响。通过第一性原理计算模拟发现,等静压降低吸附氢原子进入金属次表层的能垒,促使吸附氢原子进入金属次表层,从而增加材料中的氢浓度,导致深海环境的氢脆。

厦门大学林昌健教授介绍了不锈钢的耐腐蚀机理模型,从钝化膜组分、结构、缺陷状态等关键要素阐明不锈钢耐腐蚀机制,并发展了一种可大幅度提高不锈钢耐腐蚀性的表面电化学技术,大幅度增强不锈钢耐局部腐蚀能力,还推出了一种新型的不锈钢防护专用涂料。

武汉科技大学刘静教授通过添加单一以及复合脱氧剂作为夹杂物改性剂,试制出了亚微米级夹杂弥散分布的试验管线钢,通过理论计算分析并结合试验测试,给出了耐腐蚀钢的临界夹杂物尺寸。经测试,新研发的控制夹杂物后的钢种具有良好的抗氢致开裂(HIC)性能。



薛群基院士致开幕词 材料损伤机制不仅是作基础研究论文,更要为器件设计提供帮助。我们要把大部分的研究力量放在基础研究上,重点安排青年科技力量研究材料损伤机理、损伤预防、预测和模型等方面。除了“三深”(深空、深海、深地)领域的重大工程材料损伤之外,也希望生物工程领域的材料损伤能引起足够重视。微电子领域、能源电池领域的电磁场、海水、辐照、超高真空等环境下的材料损伤研究异军突起,很高兴有众多年轻专家参与关注。腐蚀、磨损和疲劳虽然是古老学科,但新的工业技术需求将提出新的要求,需要更多年轻人进行基础研究。

2019 IFAM