

INTERNATIONAL FORUM ON ADVANCED MATERIALS

为核能安全利用铸就铜墙铁壁

——核材料论坛侧记

文/中国科学院金属研究所 王媛

2017年11月12日“2017新材料国际发展趋势高层论坛——核材料论坛”在西安成功举办。本次论坛由西北有色金属研究院、中国科学院金属研究所、中国科学院核用材料与安全评价重点实验室和《中国材料进展》杂志社承办，西部新锆核材料科技有限公司和西安诺博尔稀贵金属材料有限公司协办。周廉院士出席了本次论坛。16位国内核电材料领域的知名专家作了本领域最前沿的精彩报告，全国100余名核用材料研究人员参加了本次论坛。与会专家、学者就核领域用梯度材料、铀钼/铀锆金属燃料、钍基熔盐堆材料、ADS系统用关键材料、超临界水冷堆CSR1000燃料包壳材料、聚变堆材料中子辐照的多尺度模拟、核乏燃料后处理关键设备用钛材、我国AP系列三代核电设备材料、核压力容器用钢、核电大锻件低偏析技术、堆芯用锆合金、事故容错燃料技术、材料辐照损伤多尺度模拟计算等方面展开了深入热烈的讨论。论坛现场讨论交流分外热烈，激发了与会代表进一步思考。代表们对论坛的内容表示非常满意，感觉收获颇丰。



“组织力量建立新一代核用材料研究计划，对核用材料工业提出新的要求，大力研发新一代核用材料，其中材料均质化是首要任务，合金冶金质量差是中国材料目前最大的问题，应该重视传统材料的研究。”

——中国工程院周廉院士

“计算模拟对腐蚀、辐照、力学和材料交互作用和新材料的研发非常重要；实验室如何采用快速评价方法预测新材料的未来长期安全服役行为或寿命？现役堆型中用的材料如何预测其老化发展与延寿？为了满足各种堆型核能材料服役的极限条件，急需研发新的替代材料并预测出其综合性能，特别是需要颠覆性创新材料研发。”

——中国科学院金属研究所韩恩厚研究员

“计算模拟应该在核材料领域中发挥重要作用，集中体现在核能材料的寿期评估和中子辐照两个方面，建议国家在这方面进行总体布局，联合多家单位抓紧开展相关工作。”

——北京航空航天大学吕广宏教授

“计算模拟一定要有相应的实验验证，真正为国家做实事。”

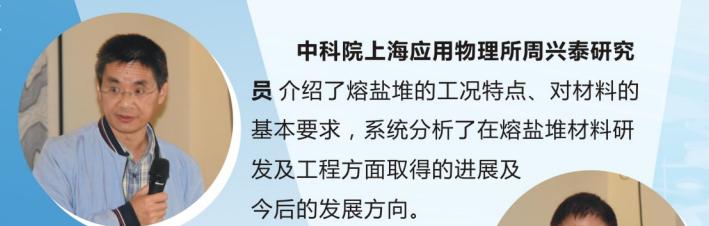
——中国工程物理研究院汪小琳研究员



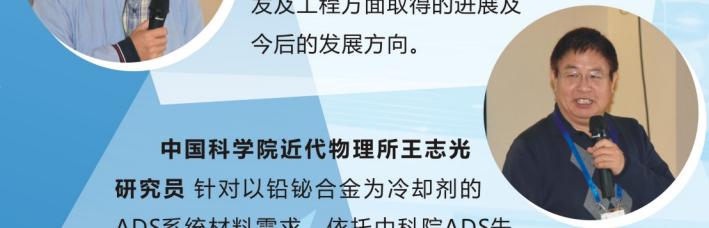
武汉理工大学张联盟教授 重点介绍了支撑获取核武器材料千万大气压下精确数据的梯度飞片材料，能模拟核武器内爆早期复杂动力学过程的“波阻抗复杂变化”梯度材料。



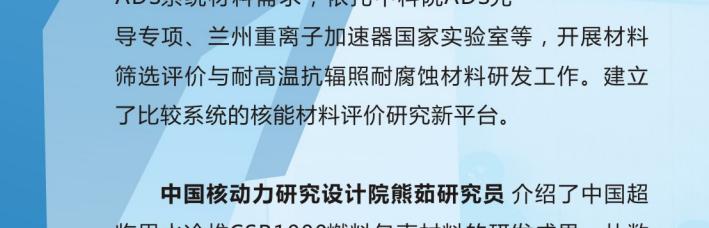
中国工程物理研究院材料所张鹏副工项目团队以U-Mo和U-Zr合金成分组成、相组成等材料设计为基础，采用熔炼铸造-制粉-压制烧结-热轧/热等静压包覆的燃料元件样品制备工艺路线，成功制备出的公斤级杂质含量低、均匀性好、孔隙度可控的铀合金燃料材料，部分产品已入堆考核并应用。



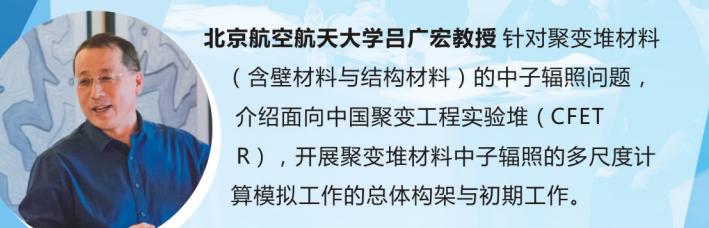
中科院上海应用物理所周兴泰研究员 介绍了熔盐堆的工况特点、对材料的基本要求，系统分析了在熔盐堆材料研发及工程方面取得的进展及今后的发展方向。



中国科学院近代物理所王志光研究员 针对以铅铋合金为冷却剂的ADS系统材料需求，依托中科院ADS先导专项、兰州重离子加速器国家实验室等，开展材料筛选评价与耐高温抗辐照耐腐蚀材料研发工作。建立了比较系统的核能材料评价研究新平台。



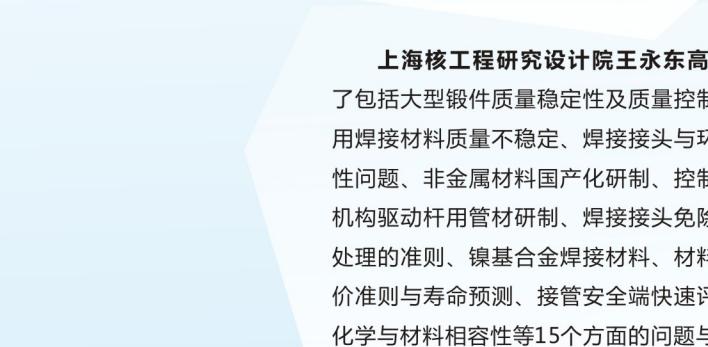
中国核动力研究设计院熊茹研究员 介绍了中国超临界水冷堆CSR1000燃料包壳材料的研发成果。从数种候选材料中筛选出高Cr高Ni的奥氏体不锈钢为最有希望的候选材料并开展了氧化物弥散强化、微合金化等材料改性研究。



北京航空航天大学吕广宏教授 针对聚变堆材料（含壁材料与结构材料）的中子辐照问题，介绍面向中国聚变工程实验堆（CFET-R），开展聚变堆材料中子辐照的多尺度计算模拟工作的总体构架与初期工作。



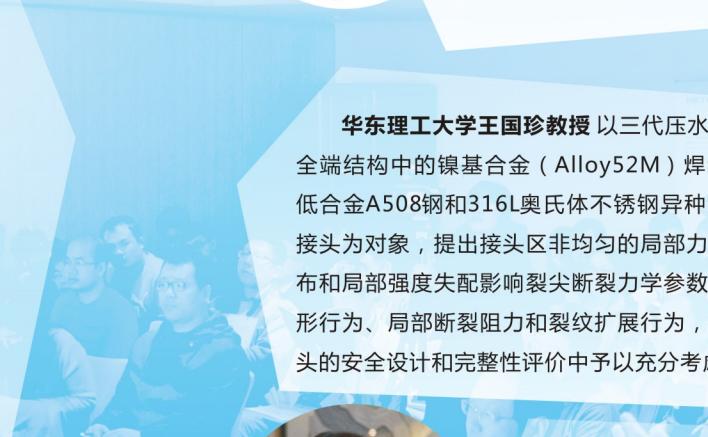
西安交通大学韩卫忠教授 通过原位纳米力学测试技术研究了单晶铜内氮泡在变形过程中的演化行为，发现其可以作为活跃的内部位错源和位错滑动的障碍来提高微纳尺度材料的变形能力。



上海核工程研究设计院王永东高工 提出了包括大型锻件质量稳定性及质量控制、核电用焊接材料质量不稳定、焊接接头与环境相容性问题、非金属材料国产化研制、控制棒驱动机构驱动杆用管材研制、焊接接头免除焊后热处理的准则、镍基合金焊接材料、材料腐蚀评价准则与寿命预测、接管安全端快速评价、水化学与材料相容性等15个方面的问题与挑战。



中国科学院金属研究所李殿中研究员 在大锻件成分偏析控制这个国际难题方面取得重大突破。他们发现低氧纯净化可以有效控制偏析，通过稀土的加入显著减少了夹杂物的数量和尺寸，进而减少了偏析缺陷。报告了另外一种创新技术——金属构筑成形，用小尺寸的均质坯料通过堆垛成形，生产成分均匀的大尺寸母材。



华东理工大学王国珍教授 以三代压水堆核电安全端结构中的镍基合金（Alloy52M）焊缝连接的低合金A508钢和316L奥氏体不锈钢异种金属焊接接头为对象，提出接头区非均匀的局部力学性能分布和局部强度失配影响裂尖断裂力学参数、塑性变形行为、局部断裂阻力和裂纹扩展行为，需要在接头的安全设计和完整性评价中予以充分考虑。



中国广核集团有限公司研究院刘彤研究员 介绍了国际燃料界新一代燃料概念——事故容错燃料（ATF）的包壳材料、燃料芯块研制和燃料系统设计的最新研发进展。



西北有色金属研究院吴金平高工 系统介绍了我国在核用Ti35钛合金的吨级铸造制备技术、高表面质量光亮焊丝制备技术、Ti35/不锈钢异材质连接技术及Ti35合金极薄壁无缝管材制备技术等方面取得的突破性进展。



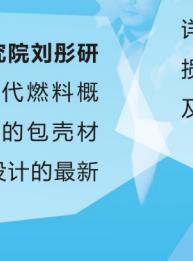
上海电气核电集团公司唐伟宝总工 介绍了民用核电站核岛主设备受压边界壳体母材大量采用的SA508Gr.3Cl.1筒体型锻件中非金属夹杂物的来源、分布情况的分析。通过分析锻件中非金属夹杂物的危害，创造性提出减少锻件中非金属夹杂物的管控措施。



中国钢研科技集团有限公司刘正东教授 介绍了核裂变技术的工程化历程以及可控核裂变工程对核压力容器用钢的技术挑战，重点介绍了我国近年在百万千瓦三代压水堆核岛超大锻件材料技术和制造技术突破及其工程化应用情况及未来的发展趋势。

2017 IFAM

西北有色金属研究院李中奎副总工介绍了我国为满足水堆自主用锆材需求而开展的研发工作及相关产业化进展。指出我国锆合金堆外应用研究（含堆内辐照考验）较为滞后；目前已初步建成两条完整的具有世界先进水平的核能用锆材生产线。



中国原子能科学研究院杨文研究员 详细介绍了中国原子能科学研究院在辐照损伤多尺度模拟计算方面的研究进展，以及未来研发计划和设想。