

# 面向国家重大需求，瞄准基本科学问题， 金属基复合材料蓬勃发展

## ——先进金属基复合材料分论坛侧记

文 / 哈尔滨工业大学 金属复合材料国家地方联合工程实验室 杨文澍

金属基复合材料作为先进复合材料的重要分支，支撑着我国高新技术产业、国防工业以及国家重大工程的跨越式发展，发展前景广阔。2020年11月1日，“2020新材料国际发展趋势高层论坛——先进金属基复合材料分论坛”在西安国际会议中心成功召开，本届论坛由哈尔滨工业大学金属复合材料国家地方联合工程实验室、上海交通大学金属基复合材料国家重点实验室、西北有色金属研究院、中国科学院金属研究所、西安稀有金属材料研究院和《中国材料进展》杂志社承办。论坛邀请了国内14家研究单位的17位知名学者作精彩报告，分享本领域最前沿技术和成果，并针对我国金属基复合材料发展现状以及界面结构调控、构型设计与制备、工程化应用等科学和技术问题与参会学者进行了深入的交流讨论。北京工业大学宋晓艳教授、哈尔滨工业大学张强教授、西安稀有金属材料研究院张于胜教授和中国科学院金属研究所王东研究员主持论坛报告。



## 近界面区微观结构设计成为当前金属基复合材料研究的重要方向

哈尔滨工业大学武高辉教授介绍了基于反应热力学和反应动力学控制方法的碳纤维/铝复合材料界面结构调控，并结合第一性原理计算研究，拓展应用于石墨烯/铝复合材料、金刚石/铝复合材料、石墨/铝复合材料等，实现复合材料界面产物的调控和力学/导热性能的大幅提升。北京科技大学张海龙教授利用飞秒激光热反射法直接测量铜/金刚石界面热导值，阐明界面层种类、层厚、结合状态等界面结构特征对铜/金刚石界面热导的影响规律及作用机制，为高导热铜/金刚石复合材料的界面设计与可控制备提供理论依据。中国科学院金属研究所王东研究员面向铝基复合材料成型性能和高强度设计需求，研究了SiC/6061Al复合材料自然时效对人工时效硬化表现出的“负面效应”，分析了近界面区微观缺陷对析出行为的影响机制，并探讨了Cu元素在抑制自然时效负面效应时的作用机理。哈尔滨工业大学张强教授分析了 $ZrW_2O_8$ 微观结构变化与 $ZrW_2O_8$ /Al复合材料的热膨胀性能的相关规律，指出调控近界面区结构和应力分布以抑制 $ZrW_2O_8$ 颗粒的相变是实现复合材料低膨胀性能的关键。长安大学王新刚教授研究了WCu18.5复合材料薄板在包套热轧过程中的显微组织与热学性能演化，提出消除W-Cu界面的非晶层、改善界面结合是实现WCu复合材料薄板高热导率以及低热膨胀系数的关键。







刘庆雷 研究员



黄陆军 教授



张于胜 教授



郑瑞晓 副教授



刘振宇 副研究员



张翔 副教授

## 构型设计成为金属基复合材料研究的热点

上海交通大学张荻教授提出通过“构型保存、材质置换”实现金属材料与生物构型化复合，团队成员刘庆雷研究员介绍了将蝶翅构型与人工材质耦合制备遗传材料的研究，他们表征揭示了其构效机制，表明精细构型调控是获得复合材料高性能的有效手段。哈尔滨工业大学黄陆军教授通过在“晶界”处靶向引入准连续网状分布增强相，通过增强相准连续网状结构、两级网状结构和网络-层状多尺度结构设计，制备的钛基复合材料塑性好、高温强度高。西北有色金属研究院张于胜教授制备了核壳网络结构钛氧合金、钛氮合金和石墨烯/钛基复合材料，其中纳米晶的壳起强化作用，粗晶的核塑性好，复合材料展现出优异的强塑性匹配性能。北京航空航天大学郑瑞晓副教授提出了硬质相呈连续三维网络分布的组织调控策略，基于粉末冶金技术将该思路应用于面心立方高熵合金和陶瓷颗粒增强铝基复合材料，获得了材料综合力学性能的显著提升。中国科学院金属研究所刘振宇副研究员构建了针对富集CNT的超细晶“硬区”和无CNT的粗晶“软区”组成的双模构型模型，进一步通过调控各微区宏观结构参数，在强度不明显降低的情况下大幅提高了CNT/Al的延伸率。天津大学张翔副教授在金属粉末表面通过CVD法生长石墨烯，并结合金属的空间限域界面催化作用，实现了铜基体内连续三维石墨烯网络构型的原位构筑。



宋晓艳 教授



梁淑华 教授



李建平 教授



梅青松 教授



岳振明 副教授



胡喜周 副教授

## 多尺度微观结构设计是提升金属基复合材料性能的有效手段

北京工业大学宋晓艳教授开发了均匀多相W-Cu基纳米复合粉末的原位合成方法，制备出具有独特三维双连通网络结构的W-Cu基块体复合材料，以及具有高温组织稳定性和高的硬度、耐磨性和强度等综合性能的纳米结构W-Cu基块体复合材料。西安理工大学梁淑华教授针对超强承载、极端耐热、高强耐烧、超高耐磨的新型铜钨高压电触头材料的需求，开展了材料成分设计、微观组织调控、制备工艺优化和高压触头的结构优化。西安工业大学李建平教授针对高功率密度柴油机关键构件材料对高温力学与热物理性能的需求，设计了高剪切性纳米质点B2结构NiAl与微米级金刚石颗粒协同增强铁基材料。武汉大学梅青松教授采用高道次累积叠轧复合工艺制备了铝基和铜基复合材料，有效实现纳米级增强体在基体中的弥散分布，并使石墨原位剥离形成石墨烯，基于协同强化效应使得复合材料获得了良好的综合性能。山东大学岳振明副教授考虑铝基复合材料的多元几何结构组成，结合多尺度的材料本构模型，通过单向拉伸实验和仿真模拟，研究了拉伸状态下微观组织与复合材料整体力学响应的内在联系。江苏大学胡喜周副教授通过片状粉末冶金的方法或者大塑性变形的的方法，制备出超细晶（UFG）Al基体中包含弥散纳米相（ $Al_2O_3$ 、 $ZrB_2$ 、 $rGO$ ）的 $B_4C/Al$ 复合材料，该复合材料具有高强度和高模量。

**分论坛秘书长武高辉教授总结发言：**本次论坛汇聚了国内金属基复合材料领域最权威的专家学者，报告水平都非常高，反映了我国金属基复合材料发展的总体水平，也能看出未来金属基复合材料的发展趋势和方向。共100余位学者参加了本次分论坛，参会人数逐年增加，反映了我国金属基复合材料研究的活跃与深入。面向国家战略需求，我国金属基复合材料的基础研究和应用研究持续深入，保障了北斗工程、5G通讯等重大装备的研制成功。现在我国多类装备正在升级换代，材料已经成为了“卡脖子”问题，而复合的方法是解决关键技术的一个有效途径，因此金属基复合材料是一个非常光明的研究方向。希望在金属基复合材料研究中注重理论与应用结合、实验与模拟结合，深入交叉，共同发展，把金属基复合材料的研究越做越深入。最后感谢参会专家奉献精彩报告，也期待与大家在明年IFAM会议再次相会。