

不忘初心，继往开来，金属基复合材料走在光明的道路上 ——先进金属基复合材料分论坛侧记

文 / 中国科学院宁波材料技术与工程研究所 王方明 吴龙强

金属基复合材料在航天、军事、交通运输和电子通讯等领域应用越来越多，且已经在火星探测任务、天宫空间站的建设以及智能汽车等领域起到了重要作用。当前，我国金属基复合材料领域科研人员将继续以国家战略和学科前沿为导向，面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求，深入开展金属基复合材料前瞻性基础研究和工程技术研究，为支撑国家战略发展和制造强国贡献力量。

2021年10月18日，“2021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”在宁波成功召开，分论坛由上海交通大学金属基复合材料国家重点实验室、哈尔滨工业大学金属复合材料国家地方联合工程实验室、中国科学院金属研究所、西北有色金属研究院、西北工业大学、西安稀有金属材料研究院和《中国材料进展》杂志社承办，张荻教授、武高辉教授、马宗义教授、耿林教授担任分论坛主席。论坛邀请来自国内12所高校和1家公司的共15位专家做精彩特邀报告，围绕国际上金属基复合材料制备方法、结构调控、性能优化和产业化最新进展与参会的学者进行了深入的交流。



碳材料是增强金属的有力途径



赵乃勤 教授

天津大学赵乃勤教授 报告了使用化学气相沉积方法在Al、Cu、Mg和Ti基体中原位生长均匀三维网络构型碳纳米增强相，然后利用粉末冶金方法制备Al、Cu、Mg、Ti基复合材料，该方法有效改善了碳在金属中的分散性，提高了金属的力学和物理性能。



耿林 教授

哈尔滨工业大学耿林教授 采用多次道拉拔的方法制备石墨烯纳米片（GNP）增强Al基复合材料，研究表明，多次道拉拔过程的剪切变形可以促进GNP片层减薄、分散，以及GNP与Al基体的界面结合，同时GNP保持低缺陷密度，提高了复合材料力学性能。

中国科学院金属研究所肖伯律研究员

针对传统的陶瓷增强铝基复合材料存在塑性偏低的瓶颈，采用碳纳米管等新一代纳米增强相，通过粉末冶金方法，制备出具有晶粒、碳纳米管分级构型的高强韧新型碳纳米管/铝复合材料，研究了制备加工过程中构型组织形成机理和复合材料疲劳性能。



肖伯律 研究员

哈尔滨工业大学武高辉教授 报告了一种“耗散防热”复合材料：采用低沸点、还原性金属作为耗散剂渗透到多孔碳基体中，在高温烧蚀过程中耗散剂消耗掉边界层氧元素，从而避免碳基体的氧化烧蚀，同时原位生成液态氧化物陶瓷膜抵抗冲刷，在耗散剂寿命期内（比如100~200s）线烧蚀率较传统碳材料降低1~2个数量级。



武高辉 教授



白华 研究员

长飞光纤光缆股份有限公司白华研究员 介绍了针对高导热颗粒增强金属基复合材料的界面和均匀性两种共性问题，研制的两种批量化工艺：采用金刚石粉体表面涂层工艺，解决了复合材料的界面问题；通过开发新的颗粒分散工艺，使得大尺寸高导热金属基复合材料的性能差异性不超过±5%，另外，该分散工艺可推广应用于任意金属基复合材料上。



李志强 研究员



沈平 教授



丁向东 教授



余倩 研究员



岳振明 副教授



吕维洁 教授



李建平 教授



梁淑华 教授



赵玉涛 教授



王同敏 教授

探寻金属基复合材料性能机理

上海交通大学李志强研究员 启迪于贝壳珍珠层高强超韧的“微纳砖砌”复合构型，以表面预先复合碳纳米管或石墨烯的微纳铝片为结构基元，通过自组装堆砌，制备出了具有类贝壳结构的纳米烯碳增强铝合金复合材料，调制增强体分布、基体合金成分、晶粒尺寸分布等结构参量，得到超细晶-细晶-粗晶多级异构复合材料，其展现出优异的强韧性匹配。

吉林大学沈平教授 使用冰模板和熔体浸渗技术制备了一系列类珍珠层结构的金属-陶瓷复合材料，并介绍了基于润湿原理促进熔融金属在多孔陶瓷中渗透的技术、通过对裂纹扩展的原位观察研究仿生复合材料的断裂行为和增韧机理的研究工作。

西安交通大学丁向东教授 采用声发射技术研究含多个变形机制的金属材料的变形行为和变形机制，结合微观组织分析，建立了位错运动、孪生、马氏体相变3种变形机制与其雪崩动力学行为的联系。建立了一个统计学规律与卷积神经网络相结合的机器学习方法，该方法可以在线识别材料在变形过程中每个变形机制的声发射信号。

浙江大学余倩研究员 围绕3个方向，“以微见著”——合金元素位错核靶向固溶引起超常强化、“波澜壮阔”——基于纳米尺度成分起伏的合金强韧化、“翻山越岭”——基于界面位错行为调控，展示了在位错调控与金属结构性能间关系方面的微纳米尺度研究和发现。

山东大学岳振明副教授 表示，金属基复合材料的复杂微观结构特征与界面效应必然导致整体材料在变形时的应变梯度，对其塑性协调变形、强化和损伤行为产生影响。他们在晶体塑性力学理论的基础上，引入微区结构特征量，提出合理的塑性强化本构形式，研究加载状态下应变梯度导致的几何必须位错等微观特征对复合材料整体力学响应的影响。

不断发展的金属基复合材料

上海交通大学吕维洁教授及团队 把多尺度复合与多阶结构“双重耦合”作为制备高性能原位自生钛基复合材料的突破方向，突破以往多尺度增强体均匀增强钛基复合材料传统思路，提出内嵌超细结构的钛基复合材料构型结构设计，提高了原位自生钛基复合材料的强韧性。

西安工业大学李建平教授 通过第一性原理计算，阐明了Si致强化粒子失稳的机制，同时研究了TiC在Al-Si合金熔体中的稳定性以及B对TiC稳定性的影响，之后成功在Al-Si合金中制备了TiC/TiB₂多尺度混杂增强铝基复合材料，使得活塞铝合金热机械疲劳性能提高一倍。

西安理工大学梁淑华教授 提出原位反应、雾化与数字全息干涉技术相结合方法，用于改进将原位反应耦合至雾化技术，以期改善复合材料粉末品质。基于原位反应控制与粉末凝固组织调控，制备了增强相均匀弥散分布的TiB₂/Cu复合材料粉末。

江苏大学赵玉涛教授 近年系统开展高强耐腐蚀原位纳米陶瓷增强稀土铝基复合材料研究，重点研究了稀土与纳米颗粒耦合作用铝合金的微观组织演变规律及模型，探索其对铝合金的力学性能、耐腐蚀性、抗疲劳等性能的影响行为。

大连理工大学王同敏教授 对基于熔体反应的复合材料原位自生制备工艺，使用超声熔体干预调控TiB₂粒子分布，利用同步辐射三维CT技术研究粒子分布，发展了大尺寸纳米陶瓷增强铝基复合材料规模化制备技术。