

先进碳碳和陶瓷基复合材料作为新材料的重要组成部分,支撑着我国新技术产业、国防工业及国家重大工程领域的发展,肩负着带动传统产业和支柱产业升级改造与更新换代的责任,是我国七大战略新兴产业和“中国制造2025”重点发展的十大领域之一。先进碳碳和陶瓷基复合材料正向高性能、高可靠性、功能集成、环境友好、低成本等方向发展。

聚焦国家重大发展战略:碳基/陶瓷基复合材料

——先进碳碳及陶瓷基复合材料分论坛侧记

文/西北工业大学 庄磊



董绍明 院士

“2020新材料国际发展趋势高层论坛——先进碳碳及陶瓷基复合材料分论坛”于11月1日在陕西西安顺利召开,由西北工业大学、武汉理工大学、中国科学院上海硅酸盐研究所、《中国材料进展》杂志社共同承办。分论坛邀请了14位领域内的权威专家学者围绕着碳基/陶瓷基复合材料的基础研究以及其在航空航天等重大领域的应用进行了报告与研讨。开幕式由分论坛主席李贺军院士和董绍明院士主持,李贺军院士简要介绍了分论坛的基本情况,对来自五湖四海的与会嘉宾表示了欢迎;董绍明院士表示,本次分论坛为材料人提供了很好的交流学习平台,邀请的报告也极具代表性,希望通过深入而广泛的交流,能够对国家在相关领域的发展起到推动作用。



李贺军 院士

陶瓷基复合材料



傅正义 教授



成来飞 教授



汪长安 教授



黄政仁 研究员



王京阳 研究员

武汉理工大学傅正义教授表示,有别于苛刻的人工高温合成和烧结条件,天然生物系统可以在室温条件下高效且精准地制备生物材料。受此启发,傅教授团队在天然生物结构的形成过程中寻找灵感,发展出了一系列新型绿色高效的合成与制备技术,同时制备出了能够媲美天然材料结构强度和功能的新材料。

西北工业大学成来飞教授介绍了课题组在高致密SiC/SiC、高基体开裂应力SiC/SiC、自愈组合元改性SiC/SiC方面的相关工作,并总结道,虽然国内在连续纤维增强陶瓷基复合材料方面已经取得了显著进展,但针对高载荷条件应用的长寿命材料仍处于研发阶段,同时目前的发动机试车考核无法匹配实际工况,发动机试验平台的考核能力还亟需提高。

清华大学汪长安教授以多孔陶瓷为背景,介绍了团队在制备性能可控、结构可调的多孔陶瓷方面的相关进展。在多孔陶瓷的制备过程中,溶剂挥发是导致其体积收缩的因素之一。汪教授团队通过选择合适的蒸汽压和具有表面张力的溶剂,得到了孔隙分布均匀、孔隙率高、骨架刚性强的多孔陶瓷。

中国科学院宁波材料技术与工程研究所黄政仁研究员从重大工程应用的角度出发,介绍了SiC陶瓷在核、膜、电子方面的相关应用。他们团队所制备的SiC陶瓷材料,在光刻机的精密部件、激光干涉反射镜、大口径空间轻量反射镜等方面得到了应用,打破了国外的技术垄断。

中国科学院金属研究所王京阳研究员通过优选各稀土元素组合,发挥各元素的协同效应,使环境障涂层获得了超优的抗CMAS腐蚀损伤的性能,同时多组分/高熵化精准设计也伴随着相应性能的提升。



冯志海 研究员



马朝利 教授



裴雨辰 研究员



杨金山 研究员



倪德伟 研究员

航天材料及工艺研究所冯志海研究员总结了航天复合材料的发展进程，并展望了相关行业未来的发展趋势。他指出，可用于更高服役环境、重复使用、高可靠性、低成本的新一代临近空间复合材料是未来发展的目标。

北京航空航天大学马朝利教授以“复合材料研究中的离散与连续”为题，生动形象地讲述了陶瓷基和金属基复合材料中的离散与连续问题。他指出，陶瓷基复合材料中纤维、界面、基体的结合特性是离散的，但可以通过三者之间的相互作用实现复合材料变形上的连续性。

航天特种材料及工艺研究所裴雨辰研究员针对可重复使用的空天飞行器热结构部件高承载的需求，开展了SiC/SiC复合材料制备技术的研究。通过改良原有工艺、开发新技术，实现了高致密度复合材料的制备。通过改善界面，可以使纤维良好地拔出，显著地提高了材料的韧性。

中国科学院上海硅酸盐研究所杨金山研究员着重介绍了 Al_2O_3 、 Y_2O_3 两种陶瓷改性SiC/SiC复合陶瓷材料方面的研究工作。 Al_2O_3 的引入有助于提高氧化层在高温水蒸气下的稳定性，而 Y_2O_3 可以通过化学气相（CVI）工艺转变为 $z-Y_2Si_2O_7$ ，有效避免在水氧环境下材料内部被进一步氧化腐蚀。

中国科学院上海硅酸盐研究所倪德伟研究员从制约陶瓷基复合材料耐高温性能的本质科学问题入手，设计了能在超高温下服役的陶瓷基复合材料，同时阐明了材料在高温烧蚀过程中的关键作用机制。

碳基复合材料



熊翔 教授

中南大学熊翔教授介绍了其团队在RMI超高温陶瓷改性碳/碳复合材料和超高温陶瓷梯度涂层及其复合材料方面的相关工作。通过改性碳/碳-陶瓷界面调控，提高了复合材料的抗烧蚀性能；通过引入氯化物，可有效降低RMI的熔渗起止温度，防止由于熔渗反应温度过高所导致的纤维力学性能的下降。

国防科技大学王应德教授总结了连续陶瓷纤维的特点、应用与发展，并介绍了团队近年来在吸波SiC纤维、第三代连续SiC纤维、透波陶瓷纤维方面的研究工作。王应德教授团队自主设计和研制了成套装备，打破了国际垄断，实现了军民产业融合。



王应德 教授



张雨雷 教授

西北工业大学张雨雷教授从碳/碳复合材料的氧化损伤行为谈起，深入地阐述了制备碳/碳表面涂层的必要性，并介绍了团队所制备的涂层在热/力/氧耦合环境氧化和空间辐照环境氧化等方面的工作。他表示，研制适应更高温度、强冲刷等多种极端环境的抗氧化碳/碳复合材料，并研究其在不同服役环境下的氧化/烧蚀损伤行为是该领域的发展趋势。



李瑞珍 研究员

西安航天复合材料研究所李瑞珍研究员介绍了碳纤维预制体的结构特点，以及目前纤维编织中存在的难点。李瑞珍研究员表示，在国家重大工程需求的牵引下，未来碳纤维将在高性能、低成本、多功能、大型化方面得到大力发展，对碳纤维高温复合材料的基础研究和产业化也将起到全面带动作用。