

航空航天材料科学研究与高层次人才培养的基地

——北京航空航天大学材料科学与工程学院

北京航空航天大学材料科学与工程学院是我国著名的材料研究院所之一,以航空航天材料科学与工程的教学、科研为主要特色,肩负着培养我国航空航天材料高级人才以及研究开发我国航空航天科学技术发展所需的关键材料与制备技术的重任。学院始建于 1954 年,时称航空冶金系,1958 年组建了航空非金属材料专业和金属腐蚀与防护专业。经过 50 多年的发展,尤其是改革开放 30 年来,在国家高技术发展计划(863 计划)、国家重点基础研究计划(973 计划)、国家科技攻关计划以及“211”、“985”等计划的大力支持下,北京航空航天大学材料科学与工程学院已经发展成为拥有材料科学与工程国家一级重点学科、覆盖材料学、材料物理与化学和材料加工工程的 3 个国家二级重点学科以及 4 个省部级重点实验室的集航空航天新材料人才培养与航空航天新材料研究和新技术开发的重要基地。

学院目前有教职员工 98 人,其中教授 34 人。在师资队伍建设方面,坚持培养和引进国内一流、国际知名的材料科学家,形成了以中国工程院院士、著名材料失效分析专家钟群鹏教授,长江学者特聘教授、国家杰出青年基金获得者徐惠彬教授、张涛教授和王华明教授为代表的一流师资队伍;在科研团队建设方面,坚持以特色研究方向为主导,以学科带头人核心,以重大项目为科研载体,形成了两个“教育部创新团队”,一个“国防科技创新团队”;在科学研究与技术创新方面,坚持以航空航天技术的发展需求为动力,以满足国家重大需求为目标,建院以来共主持了上百项国家及各部委的重大科研项目,获得了包括国家技术发明一等奖在内的近百项国家、部委各类科技奖,尤其是近年来主持了金属间化合物材料、能源材料、非晶合金、复合材料及激光快速成形技术 5 项国家(国防)“973”项目;在人才培养方面,坚持培养基础理论知识扎实、实践创新能力强、了解学科前沿、有国际视野的专业人才。50 年来共培养毕业生近万名,为我国航空航天事业发展作出了重要贡献。

1 航空航天材料科学研究的基地

材料学院始终坚持以航空航天关键材料及技术为发展特色、以满足国家航空航天技术发展要求为目标,在材料失效分析与预测预防、先进结构材料、新型功能材料、树脂基复合材料、高性能亚稳材料、高能束流成形与表面工程等研究方面达到或接近世界一流水平,成为我国航空航天材料科学与技术研究的重要基地。



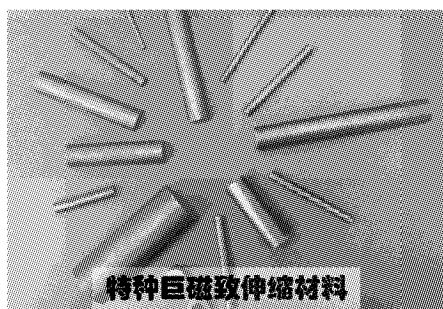
中国工程院院士、著名材料失效分析专家钟群鹏教授

(1) 航空航天材料失效分析与预测预防 高安全性和高可靠性对载人飞行器是至关重要的。近 10 年来,钟群鹏院士带领研究团队在国家 973 计划、国家 863 计划项目和国家自然科学基金重点基金项目的支持下,为满足我国航空航天技术发展的需要,参与了我国有关型号的飞机、卫星、火箭、导弹等项目的研制工作,联合解决了一系列飞行器的高安全性、高可靠性和长寿命方面的重大问题。

在失效分析、安全预测与控制方面,初步建立《失效学》理论及应用框架,解决了我国机电装备(包括航空航天器)安全控制方面一系列重大问题;在抗疲劳设计和寿命预测方面,取得了具有国际领先水平的研究成果,其中《疲劳应用统计学》和可靠性定寿延寿方法解决了我国数千架飞机的寿命和安全问题;在小试样可靠性技术方面,建立了所需试样个数少、统计推断精度高的一系列新的统计理论和方法,创立了百分统计学,并已初步建立高精度小试样可靠性理论框架,其研究成果已用于飞机、卫星和火箭的可靠性分析,导弹的研制和靶场试验鉴定等;在结构耐撞性技术和高抗冲击混杂复合材料技术基础研究以及细长火箭空中受截击的转轨和毁伤破坏方面,取得了系统的研究成果。上述研究成果获得了国家和省

部级科技奖励 10 余项。

(2) **新一代巨磁致伸缩材料及器件** 巨磁致伸缩材料属于特种功能材料,具有磁致伸缩系数巨大、应用磁场低和磁-机械能量转换效率高等特点,在太空望远镜等光学系统、空间飞行器姿态控制和主动减震系统、水下通讯、机器人及精密机械加工、石油开采等方面应用前景广阔,被视为 21 世纪高新技术的战略性功能材料。美国把高性能巨磁致伸缩材料列为严格禁止向中国出口技术。针对国家经济建设及国防建设的需要,长江学者徐惠彬教授联合材料、控制、机械 3 个学科的研究人员组成交叉学科的研究团队,经过 10 余年的潜心研究,在特种稀土巨磁致伸

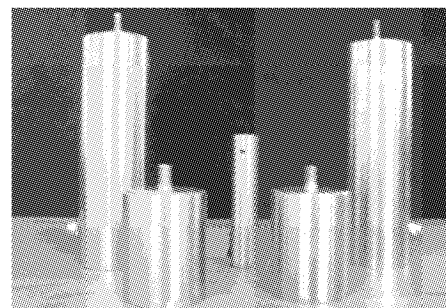


耐腐蚀巨磁致伸缩材料 GMMs30

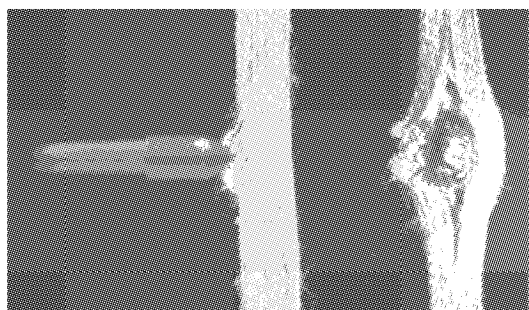
缩材料及器件研究方面,发明了满足空天大温度环境的宽温域巨磁致伸缩材料 GMMc36,比国际先进巨磁致伸缩材料 Terfenol-D 服役温度范围拓宽了 1 倍,低温性能提高 4 倍以上,温度系数大幅度降低;发明了满足海洋环境下工作的耐腐蚀巨磁致伸缩材料 GMMs30,耐腐蚀性能提高 10 倍;突破了高活性、易挥发、多组元复杂体系功能金属间化合物小平面晶体生长的关键技术,成功地制备出高性能巨磁致伸缩材料取向晶体等;研制出高精度、快速响应的大行程巨磁致伸缩特种器件。在新型非稀土磁致伸缩材料研究方面,成功制备出高度 $\langle 001 \rangle$ 择优取向 FeGa 晶体,通过晶体生长方向内应力控制,形成了沿晶体轴向 $\langle 001 \rangle$ 方向特殊的 Ga-Ga 原子对结构,发现其在 200 MPa 的大压应力条件下,磁致

伸缩性能依然保持基本不变,是大载荷条件下高精度微位移控制的关键候选材料。该成果获国家技术发明一等奖。

(3) **先进树脂基复合材料** 先进树脂基复合材料在国防及国民经济各领域得到越来越广泛的应用。先进树脂基复合材料制造过程模拟与质量控制是国际上复合材料低成本、高品质制造技术发展的趋势,其研究对减少研制周期及成本、保证复合材料的质量稳定性与可靠性具有重要的理论意义和应用价值。张佐光教授在国防 973 项目、国家自然科学基金重点项目、国家 863 项目以及国家其它各部委基础科研项目的支持下,在复合材料热压成形和液体成形工艺数字化方面进行了系统深入的理论和实验研究,突破了热压成形和液体成形工艺过程三维数值模拟与工艺优化等关键技术,发现了双重渐进式纤维密实规律,在国内首次建立了热压成形和液体成形工艺过程模拟系统及相关数据库,对复合材料在我国武器装备上的应用起到重要推动作用。该项成果获国家科技进步二等奖。经过 10 多年的潜心研究,张佐光教授还突破了纤维高效吸能复合转化技术、高效防弹面/背板匹配技术、高硬度 B4C 防弹陶瓷面板技术及复合装甲材料防弹/承力一体化设计等关键技术,在国际上率先提出了陶瓷/复合材料装甲刚性梯度层设计方法,研制出国内首件直升机复合材料装甲椅盆,开创了我国飞机用新一代轻质防弹复合材料装甲技术,为国防建设作出了重要贡献。



高精度、快速响应的大行程巨磁致伸缩特种器件



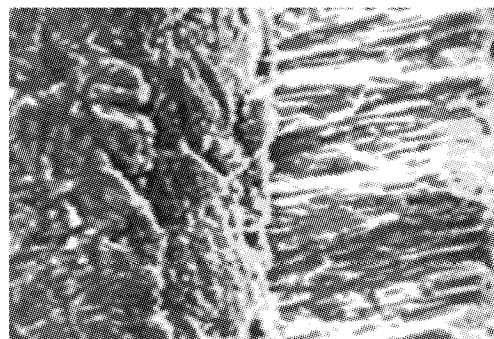
先进高分子复合材料的防弹特性

(4) **燃气涡轮发动机叶片热障涂层技术** 高性能热障涂层技术是先进燃气涡轮发动机的一项关键技术。长江学者徐惠彬教授课题组与中航集团北京航空材料研究院、沈阳黎明航空发动机公司、沈阳发动机设计所、西安航空发动机公司等单位,组织实施了先进燃气涡轮发动机叶片热障涂层的联合攻关研究,经过 10 多年的艰苦攻关,在热障涂层新材料、新结构、新工艺和新性能表征方法等方面取得多项具有自主知识产权的创新性成果,并在先进发动机型号研制工程中获得实际应用。在材料方面,成功研制了热传导系数降低 30% 以上的稀土掺杂改性氧化锆陶瓷隔热层材料、使用温度提高 200 °C 的新型低热传导系

数稀土氧化陶瓷层材料以及耐海洋环境腐蚀的长寿命热障涂层材料;在结构方面,提出和设计了一种新型梯度粘结层结构热障涂层 (GBTBC),使叶片热障涂层服役寿命大幅度提高;在工艺方面,突破了电子束物理气相沉积热障涂

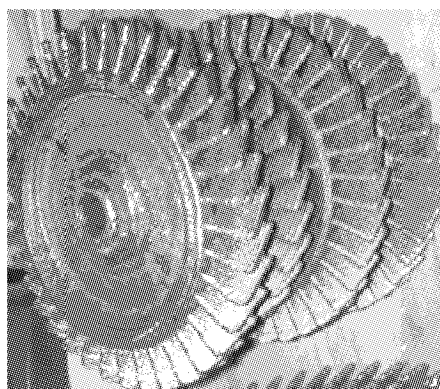
层的成分精确控制关键技术、热障涂层界面组织结构控制技术、高 Mo 和高 Ti 含量高温结构材料用高温防护涂层材料与涂层制备技术及热障涂层对叶片气膜冷却孔堵孔率的控制技术,加快了研究成果向工程应用转化;在热障涂层性能表征方面,设计研制了具有自主知识产权的服役模拟试验系统,为实现高隔热和长寿命热障涂层在我国发动机叶片上的应用提供了重要保障。申报国家发明专利 20 余项,获国家技术发明二等奖。

(5) 大型钛合金构件激光快速近终成形技术 制备飞机、航天器结构中的大型钛合金结构件需要熔炼大型钛合金铸锭,再经过大型锻造设备及大型机加工设备加工而成。其周期长,材料利用率低,成本高。长江学者王华明教授采用激光成形技术,通过激光熔化逐层生长,直接从零件 CAD 模型实现全致密高性能钛合金结构件的近终成形,无需大型锻造设备、模具以及大规格锻坯。具有工序少、材料利用率高、机械加工量小、柔性高效



具有自主知识产权的粘结层连续梯度过渡的新型结构热障涂层

等特点,是大型钛合金构件低成本、短周期、数字化近终成形技术。在国家各部委的支持下,王华明教授建立了北京航空航天大学激光成形实验室,研制出钛合金大型结构件激光成形的系列原创性核心技术,以及世界最大的钛合金构件激光熔化沉积直接近净成形工程化成套装备,制造出了国内最大的钛合金飞机整体主承力构件。他所建立的激光成形实验室为国内第一家、世界上第二家实现了激光快速成形钛合金结构件在飞机上装机应用的实验室。自 2005 年以来,已成功地将多种激光成形钛合金次承力结构件在多种机型的飞机上装机应用,零部件钛合金利用率提高 5 倍,制造周期缩短 2/3,成本降低了 1/2 以上,获“国防科学技术一等奖”。



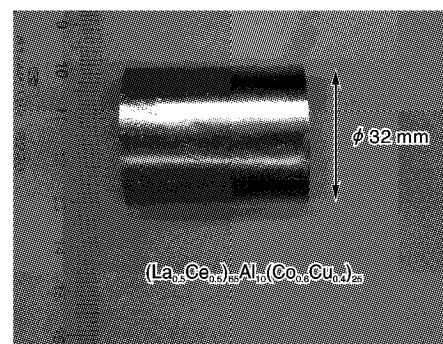
激光近净成形的高性能钛合金
发动机整体叶盘

(6) 高性能非晶合金材料 非晶合金是 20 世纪凝聚态物理研究的一个重要成果。块体非晶合金具有高强度、高弹性变形能力,是未来航空航天器的备选材料。金属非晶的形成能力、力学性能及其结构是凝聚

态物理中的重要课题。长江学者张涛教授于日本学习工作期间就探索发现了不含贵金属的 La 基和 Zr 基等具有高非晶形成能力的合金。这些合金在过冷液体状态具有高度稳定性,用常规熔体铸造法即可制成块体非晶合金。近年,在国家 973 和国家自然科学基金重点项目的支持下,又开展了新型非晶合金体系的研究,发现了多种新型非晶合金体系,其中包括具有超高非晶形成能力的稀土金属基非晶合金、高强韧性的 Ti 基、Mg 基、Fe 基、Cu 基块状非晶合金和具有优良磁性的 Fe 基块状非晶合金。并进一步研究了非晶合金的非晶形成能力、力学性能、热稳定性及塑性变形机理,发现非晶态合金变形诱发纳米晶析出是导致其优良塑性的原因,为改善非晶态合金的塑性和韧性提供了新途径。

2 航空航天材料学科高层次人才培养基地

北京航空航天大学材料科学与工程学院自建院(系)以来,始终坚持规模、结构、质量协调发展,由单一学科的材料系,发展成为拥有材料科学与工程一级学科博士点与博士后流动站,以及材料学、材料加工工程和材料物理与化学 3 个材料二级学科博士点的国内一流材料学院。目前,每年招收本科生约 120 人,硕士研究生约 150 人,博士研究生约 60 人。始终把培养国家经济建设、航空航天建设急需的人才放在第一位,坚持让一流的学生受到一流的教育,重视培养基础理论知识扎实、实践创新能力强、了解学科前沿、有国际视野的专业人才。累计向航空航天及其它行业各部门输送各类人才近万名,成为航空航天材料学科高层次人才培养的重要基地。在本科教学中,坚持“强化基础、突出实践、重



具有高非晶形成能力的 La-Ce 基非晶合金



北京航空航天大学材料科学与工程学院2008届硕士研究生毕业合影

复合材料等材料学科专业、包含8大专业基础平台课和10大骨干专业方向课的材料科学与工程一级学科“本科生课程教学培养体系”。从2000年,开始了材料科学与工程大专业实验教学体系的改革、探索、建设与实践。以实现综合性、能力型复合人才的培养为目标,打破原有的各小专业实验课程分散的教学模式,创建了材料大类综合实验教学课程体系和全新的实验教学基地及实验教学队伍。建设理论与实践并重、能力培养与素质提高并行、材料大类专业基础综合实验教学和专业特色实验教学相呼应的实验课程教学体系;建设了由博士生导师、教授、副教授、讲师和实验室教师构成的实验教学队伍;建设规模化、特色化、现代化、开放型、共享型的实验教学中心。充分利用包括省部级重点实验室在内的一批代表材料学院科研最高水平的研究实验室,为实验教学服务。学院以多种多样的形式加强国际合作,开拓学生的视野。与英国伦敦大学 Queen Mary 学院、曼彻斯特大学、拉夫堡大学等实行联合办学,每年派遣优秀的本科生到国外进行毕业设计,与国外大学联合培养博士生,利用国外智力资源培养国际化人才;同美、英、日、法、德、韩、新加坡、新西兰等国家多所大学的材料学院、研究室以及著名材料科学家建立了广泛的合作关系,定期或不定期邀请国外知名材料专家来学院讲学;每年承办国际学术会议,如2007年第九届工程结构完整性国际会议(ESIA9),2008年国际先进材料会议(AMDP2008),2009年非平衡与纳米材料国际会议。这些都为培养具有国际视野人才提供了良好的环境。



日本东北大学金属材料研究所名誉教授花田修治(左七),
韩国仁荷大学金睦淳教授(左五)来学院访问时与同学们合影



长江学者徐惠彬教授与英国同行交流

北京航空航天大学材料科学与工程学院经过50年的发展,汇集了众多材料研究开发的科学家,形成了以航空航天材料研究与制备为主导方向、以国民经济各领域所需的高新技术为服务对象的研究体制,建立了研究、开发、制备以及评价的实验研究基地;同时建立了系统的本科、硕士、博士研究生完整的教育培养体系,及完善的人才培养机制,为国内、国外一流大学和高科技企业推荐、输送了大量优秀人才,已成为我国航空航天材料科学研究与高层次人才培养的重要基地。(本刊记者)