



成来飞

复合材料技术专家

■ 成来飞 Cheng Laifei

长江学者特聘教授

Cheung Kong Scholar

西北工业大学教授、博士生导师

Professor and Doctor Adviser of Northwestern Polytechnical University

作为教育部超高温结构复合材料创新团队带头人,请您谈谈超高温结构复合材料在航空制造领域的应用现状及发展前景。

成来飞:超高温结构复合材料具有耐高温、低密度、高比强和高比模等特点,在航空航天、核能、燃气发电等领域具有广泛的应用前景。目前发展的超高温结构复合材料主要有2类:碳基复合材料(在飞机上主要用于刹车盘)和碳化硅陶瓷基复合材料(主要用于发动机热端部件)。在空天飞行器上,碳化硅陶瓷基复合材料可用于机翼前缘、控制舵、机身襟翼等。针对航空发动机长时间热力氧化环境,经过20多年的努力,国外的碳化硅陶瓷基复合材料构件已经在多种型号军用和民用发动机的中等载荷件上试验成功,尾喷管调节片已成功用于M88-2、F110、F119、F136以及F414等发动机上;燃烧室火焰筒、火焰稳定器等也已经通过全寿命考核,即将投入使用;涡轮叶片等处于探索中,离应用还有较大差距。

据了解,您的研究方向是碳基和陶瓷基复合材料,这种新材料与传统材料相比,有哪些不同?

成来飞:碳基和陶瓷基复合材料是一种新型战略性高温结构材料。与传统材料相比,优势主要表现为“更高”、“更强”、“更轻”。

“更高”指使用温度更高:潜在的长期使用温度为1650℃,比高温金属结构材料高400~500℃。可极大提高飞行器工作温度和飞行器推力。“更强”指高温强度高,在高温下复合材料的强度不降低甚至有所提高,保证了飞行器的安全。“更轻”指材料密度低,为 $1.7\sim 2.5\text{g}/\text{cm}^3$,是高温金属结构材料的 $1/7\sim 1/3$,可极大减轻飞行器结构重量、提高飞行器搭载能力。

另外,与钛合金、高温合金和金属间化合物相比,这种材料热膨胀系数更低、抗高低周疲劳和热震疲劳更优

异;同时具有耐烧蚀、抗冲刷、动态和静态摩擦系数高且摩擦系数对湿度不敏感等优异性能。因此,在很多结构功能一体化领域具有广泛应用。

您如何看待“大飞机”项目以及超高温结构复合材料在其研制中的应用?

成来飞:大飞机的刹车系统肯定会使用超高温结构复合材料(C/C刹车盘或碳陶刹车盘),另外超高温结构复合材料也可用于大飞机的发动机热端部件。这些复合材料的使用,可显著降低大飞机重量、提高飞机性能、增加飞机搭载能力。

在技术创新领域,您认为与国外发达国家相比,我国在超高温结构复合材料的自主研发上,还需要做哪些方面的努力?

成来飞:我国的超高温结构复合材料经过多年的发展,在应用基础研究和应用研究方面都取得了显著的成果。在一些应用基础研究方面达到了国际先进水平。但在工程应用研究方面,我们与国外相比,确实存在不小差距,我觉得还需要在以下3个方面下功夫。

(1)建体系。要将超高温结构复合材料这一新型材料用好,必须建立一套与之对应的工业体系,不能做低水平重复。例如陶瓷基复合材料在航空发动机上的应用,涉及到发动机、材料、力学、化学等许多学科专业,也涉及到学校、研究所、企业等不同性质的单位,非常庞杂。要真正快速有效地将这类材料用于发动机,用准、用好,就必须将原材料、制造工艺、构件设计、构件考核、构件应用串起来,形成一条链,建立一套与这个

链条配套的工业体系,只有链条上的各个环节都做好,并且不缺少任何一个环节,才能真正实现这类材料在发动机上的应用。

(2)育人才。超高温结构复合材料属于特别新的一类材料,人们

成来飞:国家杰出青年科学基金获得者,教育部长江学者特聘教授、“长江学者和创新团队发展计划”超高温结构复合材料创新团队带头人,新世纪百万人才工程国家级人选,国防973项目技术首席专家,国防科技工业突出贡献中青年专家,国防科技工业优秀创新团队核心骨干。现任超高温结构复合材料国家级重点实验室主任,国务院学位委员会材料学科评议组成员。主要从事碳基和陶瓷基复合材料环境模拟与陶瓷基复合材料的应用技术。在自主发展我国超高温结构复合材料制造技术和环境性能测试技术的基础研究和应用研究方面做出了突出成绩。获国家技术发明一等奖1项、省部级科学技术一等奖2项、二等奖3项,获国家发明专利32项、国家教学成果二等奖1项。



对它的认识还需要一个过程。

而且材料的应用涉及的学科多、单位广,因此对人才的要求非常高。另外,超高温结构复合材料具有结构/制造/材料一体化的特点,不能脱节。我国目前的状态是研究发动机的人不了解材料,研究材料的人不了解发动机,造成很大脱节。因此,需要根据这类材料的特点,有针对性地培养人才,促进材料的工程应用。

(3)促应用。也就是要大力推进超高温结构复合材料的工程应用,要多探索、多试验、多进行模拟考核,尽快将这类材料应用到航空制造领域,提高我国的武器装备水平。

(采访 淡蓝 责编 小颖)