

一代材料,一代飞机

编者按 中国科协第380期青年科学家论坛——先进飞机关键材料与制造技术于2019年9月19—20日在北京举办。此次论坛由中国航发北京航空材料研究院承办。本刊摘录部分学者的主要观点,以飨读者。

飞机与航空材料相互依存、相互促进

常伟(中国航发北京航空材料研究院,高级工程师)

飞机按照用途可分为军用飞机和民用飞机,对于国防建设和国民经济建设都具有十分重要的意义。军用飞机可分为战斗机、轰炸机、攻击机、拦截机等,是现代化战争中的重要武器装备;民用飞机包括客机、民用运输机、公务机等,具有广阔的市场前景。伴随着国际安全局势的局部动荡和民用航空市场的蓬勃发展,飞机产业的重要性更加凸显。

“一代材料,一代飞机”是对飞机与航空材料相互依存、相互促进紧密关系的真实写照。材料是实现先进飞机高性能、轻量化、高可靠、长寿命、低成本等重要技术保障,而且飞机具有用途多、使用环境多样、服役环境苛刻等特点,这些都对先进飞机使用的材料与制造技术提出很高要求。基于飞机材料的重要性,世界航空强国对飞机材料的发展都予以高度重视。

国外现已建立起比较完整的飞机材料体系,材料具有系列化程度和技术成熟度高、品种规格齐全等特点。中国飞机材料从20世纪五六十年代的跟踪仿制开始,经历了改进、改型到自主研发的过程,近年来取得显著成就,能够较好地满足第三代飞机的需求,并初步满足第四代飞机的研制需求,但是距离更高代次飞机的研制生产需求还有较大差距。可见,中国在飞机材料与制造技术方面与发达国家还存在一定差距,不能完全满足新型飞机研制生产的需要,制约了飞机产业的发展。

飞机结构选材时需要综合考虑系列材料性能指标

安涛(空军工程大学,副教授)

飞机机体结构对材料的选取具有明确要求:既要保证服役安全,又要尽可能减轻结构重量。因此,在飞机结构选材时,除了要考虑材料的基本性能指标外,通常还要考虑材料的比强度和比刚度,以反映单位重量材料的特性。然而,现阶段飞机结构选材时不仅要考虑结构的强度和刚度性能,通常还要考虑损伤容限和耐久性水平。因此,在比强度和比刚度的基础上,材料的比疲劳强度、比静韧度、比动韧度、疲劳强度比、静韧强比与疲劳韧强比等性能指标也十分重要。其中,比强度、比刚度、比疲劳强度、比静韧度和比动韧度这5项性能指标反映了材料的强度(比强度)、刚度(比刚度)、耐久性(比疲劳强度)和损伤容限(比静韧度、比动韧度)等力学特性。在进行飞机结构设计时,可以根据具体结构所采用的设计准则,综合考虑设计、制造、使用要求,依据系列材料性能指标进行材料对比排序,并通过结构验证确定最终选材。

三维机织复合材料多尺度、高精度空间建模需求迫切

张建(中国航发商用航空发动机有限责任公司,高级工程师)

三维机织复合材料具有优异的层间性能,可以

实现自动化生产,广泛应用于对抗冲击性能有较高需求的结构中。三维机织复合材料设计参数多,采用不同的纱线规格、交织方式都会形成性能不同的复合材料。因此,需要采用多尺度建模方法对三维机织复合材料的弹性常数进行预测,减少结构筛选过程中的试验量。要获得高精度的三维机织复合材料弹性常数预测结果,需建立高精度的三维机织复合材料空间几何模型。然而,目前大部分的建模方法都难以精确重构纱线在实际编织与成型压实过程中发生的弯曲变形,同时模型中纱线之间的干涉也有待解决,所以建模过程非常复杂。

粉末冶金钛合金控性控形一体化技术优势明显

杨亚锋(中国科学院过程工程研究所,研究员)

钛合金因具有轻质、高强、耐腐蚀等优点在航空航天、军工等领域的关键零部件上发挥着不可替代的作用。然而,钛合金机械加工性能差,造成零部件生产成本极高,其应用受限。传统铸锻技术短期内难以大幅降低成本,而采用粉末冶金近净成形技术时,无需或者仅需微量的二次加工,有望解决钛合金加工性能差的问题,促进钛合金在航空航天等关键领域更大规模的应用。性能调控和几何形状精准控制是粉末冶金钛合金近净成形技术的关键。在控性方面,低的烧结密度和高的氧杂质含量是获得高性能粉末冶金钛合金的两大挑战;在控形方面,烧结制品的尺寸精准控制是实现复杂零部件近净成形的关键问题。

航空座舱透明件电磁屏蔽技术

望咏林(中国航发北京航空材料研究院,高级工程师)

随着探测技术的进步,飞机面临的空天电磁环

境越来越复杂。座舱透明件是保护飞行员的重要安全屏障,同时也是飞机头部方向 $\pm 45^\circ$ 范围内三大雷达强散射源之一,其对电磁屏蔽的需求越来越迫切。反射型雷达隐身方面,采用纳米金属导电膜或氧化物导电膜及其复合薄膜可实现电磁屏蔽,取得很好的雷达隐身效果;通过微纳米加工制备超低阻周期材料可实现宽频高效电磁屏蔽。吸收型雷达隐身方面,通过电路模拟技术可实现选择频率的吸波型电磁屏蔽;超材料技术则有望实现基于电磁谐振的电磁屏蔽和完美雷达隐身。以上技术的进步,大大推动了航空座舱透明件电磁屏蔽技术的发展,有望为中国航空座舱透明件技术拓展新方向。

基于石墨烯的新型红外/可见光兼容隐身材料方兴未艾

张有为(中国航空发动机集团隐身材料重点实验室,高级工程师)

红外/可见光兼容隐身涂层技术是提高飞机生存能力和作战能力的关键技术,也是各国军事领域的研究重点。目前,飞机表面使用的红外/可见光兼容隐身涂层通常是在传统的低发射率涂层的基础上,添加高发射率的颜填料来达到兼容隐身的目的,但颜填料的加入在一定程度上会升高涂层的红外发射率,降低其红外隐身性能。因此,如何设计和制备兼具低发射率和低光泽度的隐身涂层成为隐身材料领域需要重点解决的一个关键问题。石墨烯具有高导电特性,对红外线具有一定的反射特性,而且石墨烯微观的起伏结构增加了对可见光的漫反射,有望用于红外/可见光兼容隐身领域。

(中国航发北京航空材料研究院常伟、赵凯整理)

(责任编辑 王丽娜)