

第八届欧洲复合材料会议 (ECCM - 8) 简介¹⁾

毛天祥

(中国科学院力学研究所, 北京 100080)

1 会议概况

第八届欧洲复合材料会议——科学、技术及应用 (ECCM - 8) 于 1998 年 6 月 3 日至 6 日在意大利的 Naples 市召开。会议由意大利 Naples 大学主办, 大会主席为意大利 Naples 大学的 I. Crivelli Visconti 教授。来自 44 个国家和地区的 460 人参加了会议, 其中欧洲 26 个国家, 亚洲有 11 个国家和地区, 美洲、大洋洲各 2 个国家及非洲 3 个国家。参加会议的主要国家和地区有: 美国、英国、法国、德国、日本、加拿大、俄罗斯、中国、澳大利亚、韩国、印度、新西兰、中国香港和意大利等。会议共收到论文摘要 600 篇, 采用 400 篇, 其中口头报告 320 篇, 墙报 80 篇。

英国剑桥大学资深复合材料专家 A. Kelly 教授在开幕式上作了大会报告, 题目是“复合材料推广应用的障碍及克服这些障碍的对策”。大会报告后, 在 7 个会场分别安排来自法国、意大利和比利时的 7 名知名学者作了主题演讲。7 个分会场的专题分别是:

- (1) 航空与航天领域的复合材料;
- (2) 复合材料的应用;
- (3) 建筑中的复合材料;
- (4) 制造技术的创新;
- (5) 设计、性能及测试;
- (6) 高温复合材料及金属基复合材料;
- (7) 复合材料基本概念的创新。

会议期间, 安排了一个题为“航空领域的复合材料”的圆桌会议和两个专题讨论及欧洲复合材料学会的换届选举。

我国学者有中国科学院力学研究所, 中国科学院低温中心, 中国纺织大学, 上海交通大学及宝钢, 航空部 621 所等单位投稿共 10 余篇, 收入论文集的有 5 篇。参加会议的有中国科学院力学研究所毛天祥研究员及中国科学院低温中心的张忠副研究员。我们的报告引起国际同行的兴趣, 纷纷就研究工作发现的试验现象提问及讨论, 达到了宣传自己与交流的目的。

会议期间遇到不少老朋友, 还结交了国际复合材

料界, 特别是欧洲的新朋友。还遇到来自英国、瑞士、意大利、澳大利亚及日本的年轻中国学者。笔者受第 13 届国际复合材料会议 (ICCM - 13) 筹委会的委托, 盛情邀请与会代表于 2001 年相聚北京, 参加 ICCM - 13 会议。

2 主要学术收获

通过参加本次会议了解了世界各国, 特别是欧洲各国当前研究热点, 深深地感受到复合材料这一新兴学科正在蓬勃地向前发展。这是受高科技及产业界需要的牵引。在 A. Kelly 教授的大会报告中, 他强调复合材料在某些领域的不可替代性, 这是由于复合材料本身质量轻, 耐久性好以及易于拼装等优点, 这些足以弥补由于价格偏贵的缺点。当然价格问题正是限制复合材料推广应用的一大障碍。随后, 在由意大利宇航局、波音公司等主持的圆桌会议上, 价格问题再次成为讨论的焦点。一方面, 对于特别高性能的材料, 即能满足特殊要求的高比强度, 高比刚度, 耐高温的材料, 宇航界还是不惜工本地渴求的; 另一方面宇航工业也要讲成本核算, 如近期蓬勃发展的小卫星技术, 就是因为其研制周期短, 投资成本低及风险小而受到广泛关注。随着价格的下降, 其应用领域也不断拓宽。本次会议另一个特点是注重环保意识, 提倡研制对环境友善的新材料及复合材料再生利用等等。应该说 21 世纪是复合材料的时代。

2.1 学科发展的动力——应用领域不断扩大

2.1.1 航空航天领域的应用

会议展示的成果, 除了在卫星天线等方面利用复合材料外, 意大利学者还介绍了在军用直升飞机结构件上采用纤维缠绕方法制造复合材料机翼挂弹架; 在大型运输机上用纤维缠绕复合材料圆筒制造起落架液压致动器, 其重量可节省 19%, 成本提高 30%。拉脱维亚学者介绍了有关聚砜复合材料在射线辐照条件下及周期热流作用下的性能, 模拟太空使用时的工作环境。

2.1.2 建筑领域的应用

1) 国家自然科学基金委员会资助。

本文于 1998 - 07 - 23 收到。

美国 UCSD 大学研究在中跨度桥梁中使用复合材料. 建议用直径 362 mm, 壁厚 10 mm 的复合材料圆管, 中间填充水泥作为横梁支撑碳纤维或玻璃纤维增强树脂复合材料桥面. 此种结构与水泥桥面相比, 桥面重量仅为原来的 1/4 ~ 1/5, 可提高有效载荷, 降低对基础的要求.

法国学者介绍了用 0.4 mm 的碳纤维/环氧树脂复合材料(商用名 TFC)对桥梁进行补强的研究. 这项成果已于 1996 年 12 月应用在由巴黎至 Chartres 之间 A10 高速公路的桥上.

澳大利亚学者制造出 55 000 m³ 的大直径复合材料构件作为贮池盖板, 12 000 m 长的复合材料管道, 并在水处理工程中有许多其它应用.

2.1.3 交通运输领域的应用

适用于各种工况路面行驶的全复合材料车辆车体, 其高强轻质的特点可以节省能源, 并减少污染.

用于深潜运输工具的复合材料壳体, 高速船只等. 美国研制用聚合物水泥制作具有电绝缘性能的路面材料作为高速电气火车的路基. 利用复合材料耐磨性能, 制造刹车片等. 我国宝钢和上海交通大学学者合作, 研制了电气火车的导电滑件材料, 除了本身要导电性好, 机械性能好, 耐磨损, 还要求对供电电线磨损小. 他们用碳短纤维增强带有铜镀层的碳颗粒复合材料 C(Cu)/C 解决了问题.

2.1.4 海洋工程领域的应用

用于深海作业的复合材料竖管长度可达几千米, 用玻璃纤维缠绕复合材料管材, 并用纤维缠绕解决管材与管材之间的连接. 复合材料还用于海洋工程的平台支架, 平台台面及壁板等. 为了配合海洋工程应用, 英国人还专门进行在火焰及热流作用下复合材料的性能问题.

2.1.5 生物医学工程领域的应用

荷兰学者研制具有生物相容性的 PE 纤维增强 EPDM 橡胶作人工心脏瓣膜, 可以减少应力 60%, 提高人工心脏瓣膜的寿命; 英国科学家研究表明, 生物活性复合材料, 羟基磷灰石增强聚乙烯(HA/PE) (其刚度和强度可分别达到 10 GPa ~ 20 GPa 及 120 MPa) 可以用于坐骨修复术; 法国科学家用钛颗粒增强玻璃基体复合材料也可用于坐骨修复术. 另外还可用于脑修复及口腔修复等. 俄罗斯学者研究用具有生物活性的多孔陶瓷复合材料及经过生物活性涂层的材料进行生物移植术.

2.1.6 其它应用

利用碳纤维增强复合材料制造高速旋转的飞轮转

子, 作为新型储能结构, 将在航天及电动汽车领域有广泛应用前景. 用复合材料制造的具有 7 个自由度的机械手, 其上壁仅重 418 g, 可负重 5 kN; 当负重 5 kN 时, 其挠度仅为 0.4 mm, 传统材料难于达到.

2.2 环保意识不断增强

不断恶化的环境, 严重影响人类自身生存条件, 环保问题提到日程上来. 日本于 1992 年成立了以重点技术中心(Key Technology Centre)和 14 家企业组成的先进材料内燃机气化工器研究所, 研制用陶瓷基复合材料作为燃烧器的衬砌材料, 可以省油 20%, 减重 50%, 减少 NO 废气排放 70%. 日本还研究将 SiC/SiC 陶瓷复合材料用于核聚变反应堆, 以达到开发符合环保要求的能源, 减少放射性废料, 并研究使其能再生利用的处理方法. 瑞典人研究将碳纤维复合材料再生利用的方法, 将其粉碎后增强聚丙烯, 减少对环境的污染. 欧洲不少国家研究利用一年生植物纤维制造复合材料, 减少对环境的破坏.

2.3 新工艺和新方法

金属基、陶瓷基复合材料制造方面的新工艺有日本京都大学先进能源研究所香山晃教授在研制环保型 SiC/SiC 和 w/w 材料时, 利用 3 种工艺方法: 化学汽化渗透法(CVI), 聚合物预浸润热解法(PIP)和反应烧结法(RS). 德国科学家研制 C/C-SiC 复合材料, 用的是液态硅渗透法(LSD). 此材料可用于再入问题, 刹车片及离合器摩擦衬片等. 日本 Hiroshima 大学潘进博士等用热压铸造工艺(SCP)制造 Al₁₈B₄O₃₃ 晶须增强纯铝及铝合金复合材料. 英国伦敦大学介绍了低成本制造 Ti/SiC 复合材料方法, 带铸造法(Tape Casting). 该方法是将金属粉末与有机粘合剂溶液混合成浆糊状混合物, 将其铸成很薄的均匀的金属粉末条带, 条带干燥后, 将其与 SiC 纤维缠绕铺层, 并用真空热压法固化. 最后, 在适中温度下, 使有机粘合剂挥发, 留下 Ti/SiC 复合材料.

树脂基复合材料制造新工艺有:

德国学者在注塑成型工艺中, 提出推拉成型工艺(Push-Pull-Processing). 此方法可以控制短纤维增强复合材料中短纤维的取向分布; 在无增强相时, 可以控制基体材料的分子取向分布, 达到改进复合材料性能的目的. 德国 Kaiserslautern 大学复合材料研究所用纤维缠绕法制造纤维增强热塑性复合材料时, 采用基体的浸润, 缠绕及固化是同时完成的新工艺, 大大提高了产品质量及生产效率.

瑞士学者用爆炸膜成型技术(Explosive Diaphragm Forming), 采用高速充填高压气体的快速成型方法制

造复杂形状的长纤维增强热塑性复合材料制品。

在编织复合材料方面,法国研制出超大型编织机,该机直径 13 m,可以编织宽 3 m,厚 3 cm 的织物,每小时可编织 40 m。

检测方面的新方法及应用有:

英国学者用共焦点激光扫描显微镜测量复合材料中纤维的不直度,局部曲率,扭转,成团及层面的不平整。

荷兰学者采用中子衍射法 (Neutron Diffractor) 测量复合材料接头处的残余应力。

英国及希腊学者报告了用智能拉曼传感器 (Smart Laman Sensor) 可以测到 1 mm 局部区域内单丝及界面的残余应力并介绍了遥控激光拉曼微型探针 (Remote Laser Laman Microprobe)。

超声波无损检测方法,被意大利学者用来监测环氧基体的固化过程,并可以根据信息进行实时修正。

全数字式全体积的超声波扫描信息可用来分析层板任何厚度任何位置上的损伤情况,内部结构及分层状况。压痕法及拉拨法用来测量纤维与基体界面强度,但通常要用特制的单根纤维试样来进行试验。日本学者研制出头直径仅为 13 μ 的压痕试验装置,可用来在真实复合材料试样上测量界面强度。

2.4 智能材料及智能结构

目前用做智能材料的有光导纤维 (OF), 压电陶瓷材料 (PZT) 及磁致伸缩 (GMM) 材料。光导纤维多用做传感元件,监测服役过程中纤维的断裂及结构的损伤。压电陶瓷材料即可用作传感元件,也可作为作动元件。日本学者报导了磁致伸缩材料,这是利用某些稀有金属材料在温度为绝对零度附近,其磁致伸缩的位移量可高达数千个 PPM 的特性。1980 年他们又研制出在室温条件下有此效应的磁致伸缩材料。与 PZT 材料相比,GMM 材料的位移量可提高 5 倍~10 倍,能量密度提高 15 倍~25 倍,反应速度可提高 100 倍~1000 倍,是一种理想的作动元件材料。他们用 GMM 材料制作了超精度定位计。

美国斯坦福大学 F. K. Chang 教授研制布有网状 PZT 传感器的复合材料层片,及由此制成的智能复合材料层板。特别值得一提的是智能叶片。1996 年 7 月欧洲委员会主持的有西班牙,希腊及荷兰学者参加的智能叶片项目启动。这个 12 m 长的智能叶片用在风

力透平机上。智能叶片含有 12 根光导纤维及 6 个 PZT 传感,作动元件。研究表明,即使在工业制作的环境下,智能叶片中的大多数传感元件可以完好地保存下来,测量结果与用应变片及加速度计测量结果相同。如果精心安排,仅仅多用 1 小时就可以制作一根智能叶片。

意大利学者研究了自修复智能材料,他们对 SiC/SiC 复合材料,用玻璃陶瓷材料涂层,然后预制裂纹,在高温工作环境下观察,裂纹可自动愈合。

2.5 其它方面的进展

复合材料力学性能,包括静、动态力学特性、损伤、疲劳、蠕变及老化的研究,结构设计及破坏准则,也是本届会议的焦点之一。有关这方面的文章超过总数的 1/3,对这些非常重要的问题,学者们的处理更加细致深入,力争更精确地描述力学现象,采用更加完美的试验手段和方法来达到预期目的。

2.5.1 两端压缩法弯曲试验研究

三点弯曲或四点弯曲试验装置中,在加载点处有应力集中。压缩弯曲法是基于欧拉压杆屈曲的原理,当压缩载荷超过欧拉临界载荷时,压杆由平直状态屈曲到弯曲状态,由此得到没有应力集中的弯曲状态。

日本东京科学大学的 H. Fukuda 教授介绍了更为简化的压缩弯曲加载装置;美国 VPI 的 K. Reifsnider 教授介绍了利用压缩弯曲法,进行在高温条件下的弯曲疲劳试验研究的结果。

2.5.2 短梁弯曲法的改进

短梁弯曲法是测量复合材料层间剪切强度的常用方法。通常短梁的横截面是矩形截面,经过改进的短梁弯曲试样截面是工字型,这样与加载头接触的上下表面较宽,而中间段截面较窄,测试的层间剪切强度结果更加理想。

2.5.3 改进层间强度的纳米纤维增强新概念

美国学者提出用超薄聚合物纳米纤维层来增强层间界面的新概念。利用电旋转技术 (electrospinning) 制造连续聚合物纳米纤维。由于增强层很薄,对层板面内性能影响极小,但可以有效减少树脂堆积的区域,阻止基体内裂纹的产生及扩展。试验表明与没有纳米增强层试样相比有纳米增强层的临界应变能释放率,对于 I 型和 II 型裂纹可以分别提高 130% 及 15%。