

2000 年美国材料与加工工程促进学会 年会与展览简介

赵稼祥

(航天材料及工艺研究所 北京 100076)

文 摘 简要介绍了 2000 年美国材料与加工工程促进学会年会与展览概况,并对碳纤维的新动向以及复合材料应用与发展作了报道。

关键词 碳纤维,复合材料,SAMPE

1 概况

第 45 届美国材料与加工工程促进学会年会与展览(The 45th SAMPE Conference and Exhibition)于 2000 年 5 月 21 日至 25 日在加利福尼亚州长滩(Long Beach, California)会议中心举行,会议以“用 SAMPE 的材料和加工技术架起世纪之桥”作为主题。来自世界各国的有关复合材料的研制、生产、检测、应用、教育、出版等 230 多个单位展出了最近的新成果、新产品、新材料、新工艺、新设备,共有八千余人出席了会议^[1]。

会议共有 260 多份技术报告分为 35 个专题进行汇报和研讨,大会的主报告“打破 21 世纪材料革命的障碍”由美国海军的空军系统司令部航天材料部主任摩尔(D. L. Moore)先生所做。会议比较突出的是“低成本”问题。经济上“可承受得起的”或“买得起的”(Affordability)是报告和议论的重点。降低成本和低成本生产技术和碳纤维及其复合材料进一步扩大应用的关键。35 个专题中有 9 个专题与需求或应用有关,包括:联邦对低成本制造复合材料的需求,宇航局研究发展伙伴的机遇和宇航局的需求,碳纤维和新型碳应用,生物医学应用,材料发展和应用,土木/基础设施复合材料应用,飞机应用,空间技术与应用,汽车和工业应用等。会议就“ML-17 复合材料手册简介”进行了专题讲座,此手册是

专门介绍军用复合材料的。

第 45 届美国材料与加工工程促进学会年会与展览的 35 个专题是:

(1) 复合材料买得起的创新计划;(2) 复合材料的破坏与修补;(3) 预浸料技术;(4) 加工尺寸控制;(5) 机敏多功能材料;(6) 预成型增强材料;(7) 碳纤维和新型碳应用;(8) 航天用高级高分子材料;(9) 复合材料的耐久性;(10) 生物医学应用;(11) 金属、陶瓷和纳米复合材料;(12) 材料的电性能;(13) 大学的研究;(14) 纤维和带的铺放;(15) RIM 和树脂浸渗技术;(16) 复合材料连接技术;(17) 联邦对低成本制造复合材料的需求;(18) 材料发展和应用;(19) 宇航局研究发展伙伴的机遇和宇航局的需求;(20) 土木/基础设施复合材料应用;(21) 闭模加工;(22) 树脂技术;(23) 测试与表征;(24) 防火材料;(25) 先进无损检测和机敏结构;(26) 复合材料设计和分析;(27) 纤维缠绕和拉挤;(28) 资格与标准;(29) 电子束/微波加工;(30) 飞机应用;(31) 空间技术与应用;(32) 汽车和工业应用;(33) 加工控制;(34) 国家标准研究所海上高级技术计划;(35) 进入 21 世纪——您必须做什么以确保计划完成。

其中:(1)、(30)为保密报告;(8)、(18)、(19)为专家论坛;(17)、(35)为小组研讨。

专题讲座是:

收稿日期:2000-10-18

赵稼祥,1933 年出生,研究员,主要从事碳纤维及其复合材料应用方面的研究工作

(1) 复合材料简介与回顾; (2) 机敏结构与材料技术; (3) 连接复合材料结构设计、分析和问题; (4) 复合材料工具基础和重复使用弹性气囊; (5) 复合材料结构的加工与制造; (6) 复合材料损伤和结构修复方法; (7) 夹层结构的设计和制造依据; (8) 复合材料的设计与分析; (9) 低成本复合材料的自动化加工; (10) 纺织技术方面关于结构复合材料的应用; (11) 复合材料的测试方法; (12) 复合材料的实际设计典型例证和实例; (13) 树脂浸渗加工 RTM、VARTM、RFI、SCRIMP 和 VIP 技术; (14) MIL-17 复合材料手册简介。

2 碳纤维的新动向

世界上著名的八家碳纤维公司在展览上展出了碳纤维及其下游产品, 它们是: TORAY CARBON FIBERS AMERICAN, INC.; ZOLTEK CORP.; FORTAFIL FIBERS INC.; GRAFIL INC.; BP AMOCO POLYMERS, INC.; HEXEL CORP.; MISHUBISHI CHEMICAL CORP. 和 NIPPON GRAPHITE FIBER CORP.。各公司对这次会议和展览十分重视, 公司的重要领导都来参加会议和展览, 例如 ZOLTEK 公司总裁 ZSOLTRUMY 亲自在展览会上解答参观者的提问。

展出的碳纤维产品中, 大丝束碳纤维受到格外重视, 一直以生产高性能小丝束碳纤维为主的 TORAY 公司 (T700G) 和 BP AMOCO 公司 (T-650/35C) 都突出它们向大丝束方向发展过渡的 24K 产品^[2]。GRAFIL 公司展出了 34-600 和 34-600WD 大丝束碳纤维 (48K), 拉伸强度达 4 150 MPa, 拉伸模量 234 GPa。FORTAFIL 公司展出 500 系列产品, 502、503、504、505 (40K); 506、507、508、509 (50K); 510、511、512、513 (80K)。

除了连续碳纤维长丝外, 每家碳纤维公司几乎都有在连续碳纤维长丝基础上进一步开发的二次加工产品, 包括: 短切碳纤维、研磨碳纤维、碳纤维粒料、预浸料、碳布、碳纸和各种织物, 有的还包括下游复合材料制品。象 BP AMOCO 公司就开发了很多的航空、航天、电子和体育休闲等复合材料产品, 在会上展出了大量复合材料制品实物。研究开发特种性能和特种用途的碳纤维也是一个方向, 例如高导热性能的碳纤维 (制备卫星电池外套筒、印刷电路板等), 高分散性能的碳纤维 (可在树脂体系中均匀分散, 不聚集、不结团) 和有特种镀层的碳纤维等。

宇航材料工艺 2001 年 第 1 期

碳纤维的价格问题仍是人们关心的中心。很多碳纤维公司都提出了低价碳纤维和降低碳纤维价格的计划, 象 BP AMOCO 公司开发了廉价的“C”级碳纤维, 这是在原有聚丙烯腈基碳纤维基础上开发的。“C”级碳纤维在保证原有碳纤维性能的条件下, 大幅度降低成本, “C”级碳纤维的售价仅为原碳纤维的 1/2。如 T650/35 碳纤维, 拉伸强度 4 280 MPa、拉伸模量 255 GPa、延伸率 1.7%, 售价为 \$ 41.89/kg。而 T650/35C 的拉伸强度、拉伸模量、延伸率也相应为 4 280 MPa、255 GPa、1.7%, 售价则为 \$ 20.94/kg^[3]。ZOLTEK 公司在展览上又展出了降低成本的计划大图表, 显示在 2 y ~ 3 y 内实现把碳纤维价格降低到 \$ 11.02/kg 以下。

3 复合材料应用与发展

从会上与展览来看碳纤维在军工上的应用还是主要的一大块, 许多公司和企业展出了大量在军事上应用的产品与材料, 特别在航天和航空工业上的复合材料与制品。象 LOCKHEED MARTIN (洛克希德—马丁公司)、GKN (GKN 宇航公司)、TCI (德克萨斯复合材料公司)、NASC (美国宇航供应公司)、PWC (蒲拉特—怀特尼复合材料公司)、CA (大西洋复合材料公司)、MC (马林复合材料公司)、CBOL (CBOL 公司) 等, 展出了大量在导弹、飞机、雷达、发动机、坦克等武器装备上应用的复合材料构件。美国宇航局还展出了先进复合材料应用于 X-33 可重复使用的运载飞行器及其模型。

根据会上报告、参展产品和与有关科技人员进行的交谈和讨论, 对复合材料的发展与开发方向可以归纳为下列的看法, 即除了国防军工外, 在民用方面碳纤维复合材料制品在体育休闲用品上的开发与生产已接近饱和, 诸如钓鱼杆、网球拍、高尔夫球杆等, 今后在民用方面碳纤维复合材料制品主要有下列发展开发的方向。

(1) 土木/基础设施方面应用

基础设施方面的应用是碳纤维复合材料今后发展开发的重要方向之一。这次会上有十几篇报告涉及到这个领域的各个方面, 而且会议还专门组织了“复合材料桥梁结构比赛”, 展出了几十个不同结构的复合材料桥梁。在材料方面, 日本三菱化学公司 (MITSUBISHI CHEMICAL CORP) 用碳纤维片材“Replark”以及“Epothem”环氧树脂来补强桥梁、烟囱、隧

道和建筑。“Replark”的性能见表1,它们的宽度为25 cm、33 cm和50 cm,标准长度为100 m。公司认为“Replark”体系的强度是钢的五倍,玻璃钢体系的三倍;弹性模量是玻璃钢体系的六倍;质量仅为钢的五分之一。三年室外暴露试验表明对拉伸强度和粘结强度没有影响,加速暴露试验10 000 h(相当于30 y~50 y)表明对拉伸强度和粘结强度也没有影响。

(2) 电子和能源

电子工业和能源领域是碳纤维复合材料开发应用又一重要方向。象印刷电路板、电磁屏蔽、微电子材料、化学电池、气瓶、风力发电叶片等都是典型产品。

CCS 复合材料公司展出电子工业高热导率碳纤维复合材料模压件,热导率达100 W/(m·K)~150 W/(m·K),最高热导率达到300 W/(m·K),质量则比铝轻43%。大型碳纤维复合材料模压件尺寸达76.2 cm ×50.8 cm。YLA 公司采用MS-1A、MS-

4A、MS-4B、MS-1D和MS-1C模压料,它们都是138固化的树脂体系,固化温度138~154,使用前模压料预热到(71 ±5.6),并保温10 min,压力1.75 MPa,保压10 s~15 s。模压料的性能见表2。

表1 Replark 的性能

材料	拉伸强度* /MPa	拉伸模量* /GPa	单位宽度 截面积 /cm ² ·m ⁻¹	单位面积 质量** /g·m ⁻²
20型 MRK-M2-20	3 400	230	1.11	200
30型 MRK-M2-30	3 400	230	1.67	300
MM型 MRK-M4-30	2 900	390	1.65	300
HM型 MRK-M6-30	1 900	640	1.43	300

*用JIS-K7073方法测试; **用JIS-K7071方法测试。

表2 YLA公司的模压料的性能

材料	拉伸强度 /MPa	拉伸模量 /GPa	压缩强度 /MPa	压缩模量 /GPa	弯曲强度 /MPa	弯曲模量 /GPa	剪切强度 /MPa	剪切模量 /GPa	纤维长度 /mm	密度 /g·cm ⁻³	热膨胀系数 /10 ⁻⁶ ·K ⁻¹	玻璃化转变 温度/
MS-1A	290	131	283	110	462	90	131	21		1.50~1.55	0.06~0.17	
MS-4A	310	62	359	55	641	48	152	14		1.45~1.49	1.9~2.5	
MS-4B	262	103	283	76	517	76	159	14	25.4	1.55		164
MS-1D	193	131	179	131	345	90	131	24		1.63~1.72		
MS-1C	228	97	283	97	600	90	152	19		1.47~1.55		

LINCOLN 复合材料公司生产大小各种规格气瓶,直径从45 mm~909 mm,长度为156 mm~1 992 mm,体积从262 cm³~51.78 m³,质量从0.35 kg~126 kg,爆破压力从3 MPa~147 MPa,与钢压力容器相比减重60%~75%。

(3) 交通运输

各式汽车,包括小汽车、载重汽车、面包车、赛车以及高速列车、电动车、摩托车、赛艇、快艇等中的底盘、外壳、传动轴、弹簧、刹车盘等都是碳纤维复合材料的开发应用对象。实际上很多试验性样车和一些批量生产车已经用碳纤维复合材料来制造生产。如果能在大批量生产的车型上采用复合材料,对碳纤维的需求量将是惊人的,但前提是碳纤维必须大幅度降低价格。有的提出当碳纤维价格低于\$16.5/

kg时才有可能大规模采用,有的提出碳纤维价格必须低于\$11/kg才能扩大应用,也有提出更低的。可见,碳纤维价格必须比现在国际市场价格进一步降低,才有可能在交通运输领域大量应用。一旦碳纤维在这个新市场得到扩大应用,碳纤维工业必将面临一个飞跃,这个新的碳纤维市场会超过过去25 y的任何一个市场,而碳纤维工业的发展也将进入一个良性循环。

目前已经开始应用的最重要的碳纤维复合材料零部件是碳纤维复合材料传动轴和碳/碳复合材料刹车盘。这次会上有多家公司展出了碳纤维复合材料传动轴和碳/碳复合材料刹车盘,象ACPT(先进复合材料制品和技术)公司、BP AMOCO公司、KAI公司、ACROSS有限公司等。据ACPT公司介绍,采用宇航材料工艺 2001年 第1期

碳纤维复合材料传动轴后可以提高功率 5%,在质量减轻约 50%的情况下,还大大提高了抗扭矩能力。除此以外,碳纤维复合材料传动轴还可提高其阻尼减振性能。振动往往限制发动机的转速,美国著名赛车手 Dan Gurney 曾提出请 ACPT 公司运用先进技术解决赛车 IMSA GTO 后轴共振问题,因为共振使赛车发动机不能在最高转速下运行。ACPT 公司采用了碳纤维复合材料做传动轴,使发动机转速提高了 1 000 r/min,这使 Gurney 获得 ISMA 汽车赛冠军,此后,所有赛车都用碳纤维复合材料传动轴。表 3 是先进复合材料制品和技术公司生产的碳纤维复合材料传动轴情况。

表 3 先进复合材料制品和技术公司生产的碳纤维复合材料传动轴

ACPT 零件号	直径/cm	端头匹配材料
A30—31	7.6	铝
A35—35	8.9	铝
S25—31	6.4	钢
S30—31	7.6	钢
S35—35	8.9	钢
S40—35	10.2	钢
S58—71	14.7	钢

(4) 工业应用

这次会上一个新的应用开发点是碳纤维复合材料辊子,很多公司、企业和研究单位都有这样的看法,一致认为“碳纤维复合材料辊子是下一步应用开发的重点,有很大的开发前景。”美国 ACPT 公司展出了各种不同类型、不同规格的辊子,包括:

- (a) 外径 10.6 cm 带槽碳纤维辊子;
- (b) 外径 6.1 cm 涂复氨基甲酸乙酯辊子;
- (c) 外径 2.9 cm 碳纤维辊子;
- (d) 外径 5.1 cm 抗静电镀镍辊子;
- (e) 外径 6.4 cm 带槽涂覆橡胶的辊子;
- (f) 外径 7.6 cm 玻璃纤维辊子;
- (g) 外径 10.6 cm 网纹附着涂覆辊子;
- (h) 外径 2.8 cm 带固定轴托辊;
- (i) 外径 21.7 cm 反向锥形辊子等。

碳纤维复合材料辊子的主要优点为:

(a) 低张力,由于包绕角小而且速度高,因此惯性小、张力低;

(b) 速度高,与传统金属辊子相比可增速 70%,因此变形也小;

(c) 惯性小,惯性只有传统金属辊子的 1/5,因此可以快速启动与停止。

碳纤维复合材料辊子是一个有希望开发的新领域,值得引起我们的注意。

(5) 其它

TCR 复合材料公司推出了碳纤维预浸料用新树脂体系,它们的特色是在室温下长期贮存,其贮存期达一年之久。碳纤维预浸料用新树脂体系的应用范围见表 4,UF3325 的性能见表 5。

表 4 碳纤维预浸料用新树脂体系的应用范围

牌号	应用范围
UF3323	高性能大型压力容器
UF3325	适用于体育休闲、工业应用、压力容器、结构应用等
UF3339	低温应用
UF3352	结构应用
UF3330	供编织用

表 5 UF3325 的性能

玻璃化温度 T_g / /°C	拉伸强度 /MPa	拉伸模量 /GPa	延伸率 /%	固化后密度 /g·cm ⁻³
124	72.4	2.8	4.6	1.208

这种碳纤维预浸料用新树脂体系可以在下列温度下固化:132 下 4 h;143 下 2 h;154 下 1 h。

其固化规范为:以 15 /min 升温到 154 ,在该温度保温 1 h,然后以 15 /min 降温到 65 出炉。

碳纤维预浸料用新树脂体系可以在室温下长期(一年)贮存使用是很有实用价值的,这种树脂体系值得重视。

参考文献

- 1 SAMPE 2000. SAMPE Journal ,2000 ;36(3) :76 ~ 79
- 2 Technical Bulletin ,Thornel T-650/3X, BP AMOCO POLYMERS ,INC. ,2000
- 3 赵稼祥. BP AMOCO 公司的碳纤维事业. 高科技纤维与应用 ,2000 ;(5) :13 ~ 17