

(3)液-液提取器: 开发不会改变生物大分子结构完整性的液体两相系统。

(4)电透析: 开发带有选择性的膜, 此选择性有用于“新”生物学产品加工过程。

2.生化实验室分离法对大规模生物加工的适应。

(1)电泳: 在联合的电场及低引力场、离心场以及在孔隙大小变化凝胶中的流场中, 蛋白质的行为。

(2)亲和层析法: 抗体-抗原相互作用的机制及动力学。

(3)亲和层析法: 在亲和分离中影响缔合/解离平衡的因子。

3.新的分离及纯化过程概念。

(1)双水相分离中的基本原理。

(2)复合场, 如电、磁及引力的分馏过程。

(3)基于酶的选择性转换的分离原理和技术。

(4)细胞壁渗透性的生物学的及化学的变化, 促进产品的分离。

(5)现代生物学与下游回收科学的联合, 以便通过生物工程师设计重组细胞, 进行生物合成从而缓和潜在的纯化问题。

三、生物过程的仪器使用与控制

1.重要生物学参数的测量仪器。

(1)用于测定活细胞密度、生物学产品浓度、细胞代谢状况及混合的培养成分的传感器。

(2)用于测定溶解氧及二氧化碳浓度、离子强度以及其他非生物参数的较可靠和敏感的仪器。

(3)以酶、抗体及具有足够稳定性及持久性的细胞为基础的生物传感器。

2.有助于过程设计、控制及优化的教学模型。

(1)过程描述不以经验相关而以生物机制的主要特点为基础。

(2)模型需准确表达几个过程参数同时发生变化的影响。

3.适于复杂生物学过程调节机制的先进控制策略:

(1)以生物学结构及统计筛选原理为基础的数据分析及解释算法。

(2)新的多相、多值函数生物过程的控制(把反应步骤与产品分离步骤结合在一起的生物过程是其中一例)。

(3)用来鉴别及消除不希望的细胞控制机制的方法。

(4)使固定生物催化剂及分离媒介的使用寿命达到最高点的控制。

(张永平译, 欧阳藩校)

高性能聚合物基复合材料

HIGH-PERFORMANCE POLYMER COMPOSITES

高性能聚合物基复合材料是用具有特殊强度、高度取向的长纤维, 如石墨、芳纶或玻璃纤维, 按照所要求的方向定位并用聚合物基体粘结而成。这样获得的强度和模量相当于现有的强度最大的结构金属材料, 而且按等重量计算, 复合材料的强度和模量要比结构金属材料高得多。

高性能复合材料的实用性, 取决于它们各向异性的物理性能和特高的比强度和比模量。这些性能使得它们作为军用飞机结构材料和蒙皮材料方面获得了重要应用。随着这些材料在设计和制造方面获得越来越多的经验, 它们正日益广泛地用于航天、民用飞机、文体用具和纺织机械的活动部件上。人们预料, 这些材料将会广泛地用在汽车、重型设备、机器人、建筑业和桥梁结构上。目前, 我们开始认识到了这种高性能复合材料的巨大潜力, 它们将对美国经济和国防起着重大作用。

开发高性能复合材料是带国际性质的。目前, 美国在化学、材料工程和应用方面处于领先地位, 但日本在碳纤维技术方面占有优势。在日本, 包括高性能复合材料在内的一项广泛的MITI计划正在按计划进行。在西德, 新成立的一所从事聚合物研究的马克斯·普

兰克研究院, 将对复合材料技术的发展起着重要影响。

开展研究工作的必要性包括下述方面:

■ 为广泛应用和降低成本, 需要新的纤维成分、聚合物基体和制造方法。

■ 缺乏对复合材料结构/特性关系的了解。纤维/基体界面区一直没有得到很好说明, 虽然它对复合材料性能是主要问题。

■ 对破坏机理的认识是初步的。裂纹的确认、增长和消除需要研究。基本上还没有弄清对不同载荷条件 and 环境因素的响应问题。寿命预测、可靠性和试验是主要问题, 有待在分子范围内加以说明和认识。

■ 复合材料设计和加工工艺方面的学科需要建立, 需要为设计、工程和制造提供以计算机为基础的大量模型。还必须在基础研究的基础上研究连接技术和修理工艺。必须对复合材料的毒性、环境影响和最后的处理方法进行试验, 以便为以后制造和使用这些材料提供依据。

■ 对用刚性棒状聚合物分子增强聚合物基体的作用, 已在分子范围内进行了验证, 但还应研究掌握如何对这种复合材料研制出最佳特性。

在过去10年间, 高性能复合材料技术的迅速进

展已超过了基础科学的发展。这个领域方面的研究要求几个学科之间相互联系和合作。这些学科包括化学、物理学、化学工程、机械工程和材料科学。在美国大学中，这些学科小组趋向是孤立的。这个领域的未来是属于那样一些人们，即能够把必要的学科综合起来和建立一种相关智力结构的人们。这种智力结构是推动科学认识进入新水平的基础。

美国大学对高性能复合材料的研究是初步的。并且经常只包括推动该课题所必要的几门科学和工程学科的一个方面。调整传统的学院式的结构似乎是必要的，因为必要的多学科研究是有效的。开展复合材料研究的美国大学不到30所，而且只包括大约40名具有相当水平的专职研究人员。只有两所大学有专门从事复合材料多学科研究的单位。况且，这些大学的研究工作相当大的部分是从事产品设计和低性能短纤维复合材料的研究。

对国外从事复合材料研究状况的调查表明，几个国家取得了可以同美国相媲美的工作成就，而且，他们的计划比美国进展得快和集中于多学科研究方法上，这种方法是推进复合材料研究的主要方法。

人们建议，在大学里建立专门从事高性能复合材料研究的多学科研究中心。这种研究中心的数目，三个也许是合适的，因为充分利用它们是可行的。建议的工程研究中心是一种好的模式，应鼓励他们从事复合材料研究。此外，专门从事材料科学的现有学院式多学科中心，要鼓励他们特别关心高性能复合材料的研究。这些研究中心的目标是要建立该门科学基础，这一基础对提高国家在高性能复合材料方面的地位和培养未来从事这方面研究、发展和教学的一批训练有素的科学家和工程师是关键的。工业部门以培养人材和研究合作的形式向学校研究中心投资，被认为是一个重要方面。

导 言

结构复合材料并不是一种新材料，数百万年来自然界一直在不断完善这种材料，产生了诸如木材、骨骼或蛤壳之类的复合材料结构。这些结构是按照数量、尺寸、形状、定向和结合面的形式，经过特定选择的成分组合而成的结合体，以获得一组使预期目标最佳的全面特性。

这也是人造高性能复合材料的主要目标，即为实现结构材料方面的革命性进展的一个相当新的技术领域。这些复合材料正在不断满足国家的紧急需要。它们对于国防建设和空间计划已是主要的材料了，并且已对国民经济的重要部门，特别是在飞机、文体用品、纺织机械和地面交通工具方面起着重要的影响。

在汽车轮胎和短纤维增强塑料的各式各样的发展中，人们发现了高性能复合材料的早期成果。近些年来，研制出几种类型的高性能结构复合材料，这些材料包括多组分的陶瓷、短纤维增强金属和以高强度、

高度取向的连续纤维增强的聚合物基复合材料，这些纤维是在无机化学和聚合物化学发展的基础上研制成的。高性能聚合物基复合材料是用聚合物基体将高强度刚性纤维粘结而成的，这些纤维按照规定的方向紧密排列成行。这种新型聚合物基复合材料的比强度和比模量比结构金属和合金高得多。本报告仅讨论这些高性能聚合物基复合材料。

开发高性能聚合物基复合材料的基本推动力是来自军用飞机和航天器，它们要求结构件具有最小的重量和规定的方向上有高的强度。民航机上应用高性能聚合物基复合材料是进一步的推动力。民航机应用这些复合材料可以节约燃料，文体用品和纺织机械的活动部件应用这些材料可以提高操作速度。我们现在只是开始认识这些材料的巨大潜力和努力推广它们的应用。

美国最先采用高性能复合材料，而且目前在技术方面居领先地位。然而，在其他一些国家正在执行有关复合材料研究的重要计划。特别是，在日本正在进行一项由MITI开始的具有广泛基础的学院-工业界计划。德国的复合材料研究工作可能会很快得到加强，这是因为在美国茨成立了一家从事聚合物科学和工程研究的马克斯·普朗克研究院(Max Planck Institute)。

本报告提出的关键问题是要加强高性能复合材料的基础科学和工程方面的研究，以便为满足国家的大量需要提供技术基础。在过去10年间，高性能复合材料技术的迅速发展已大大超过了基础科学的发展。在复合材料制造和工艺技术方面的进一步改进无疑地会出现在今后的应用研究和发展工作上。但是，必须加强和扩大这个方面的基础研究，以便获得必要的知识和造就具有这方面技术的专职科学家和工程师。基础研究方面的投资应高于平均投资。

本报告分设下述章节：高性能复合材料的现状和计划的应用；科学和技术——目前和未来的技术状况；国际竞争，研究的目标和方向；教育的需要；结论和建议。

应 用

在能剪裁制成满足特定加载条件的轻重量、高模量结构零部件的机会中，为高性能复合材料的发展打下了基础。因为这些复合材料可以做成在一个或两个方面具有优越的强度和模量，其结构件可以专门设计成满足预先的加载方向，这是与各向同性的金属件正好相反的。高性能复合材料目前在成本方面仍是高的，成本高反映在纤维和制造过程的成本上。但从目前看，这两方面的成本正在下降，预计还将进一步下降。

高性能复合材料广泛用于航天器上，因为它们降低了发射重量，并且，由于它们的热膨胀系数小，在大的温度变化范围内具有良好的尺寸稳定性。这些复合材料在许多军用和民用飞机上作为结构件使用，并

且在下一代飞机中,复合材料将占结构件的主要部分。航程、有效载荷、燃料消耗率、零部件加工费和雷达反射面都要作为设计因素考虑,并为此要付出巨大代价。日本已确认飞机工业为五大工业之一,并期待在九十年代成为带头工业。他们对复合材料研究的投资就是这一战略的组成部分。

文体用品,如船舶的桅杆、赛车车身、自行车车架、球拍板、钓鱼杆、高尔夫球棍棒采用高性能复合材料,使得广大群众有目可睹。高性能复合材料提供了优越的性能。因此,用户乐意为之花钱。

汽车和其他地面车辆应用高性能复合材料一直受到限制,只有进一步解决某些问题之后,这一工业部门才有可能认识这些材料的好处。在加工速度和产品质量之间一直还没有达到一个可以接受的权衡。连接接头和修理方面的有用技术没有掌握,长期的尺寸稳定性还必须进一步改进。但是,在这些车辆上应用复合材料有着许多好处。复合材料的工装成本要比钢的低得多,因为它比钢具有更大的制造灵活性,更快的设计修改和减少资本投资。人们估计,用高性能复合材料代替金属材料,可以把一台汽车上的1500个机体零件减少到一个相当少的数目。同金属材料相比,复合材料不易受腐蚀,并能减少机体重量,因而可以节约燃料。目前,复合材料正在设法用于现有车辆上的弹簧片和驱动轴上,并且正在制造和试验实验型的复合材料发动机。鉴于较低的复合材料成本和发展较低成本的制造工艺,美国汽车行业应用复合材料可能会大大地推广。

除飞机以外的军事应用还有许多方面,并且在不断扩大应用范围。作为文体用品,其推动力是性能而不是成本。实例包括头盔、防弹衣,人力车和坦克零件,活动桥梁,大炮支柱和炮架,以及轻便式火箭发射器。

高性能复合材料作为工业机械的往复运动件、振动件或旋转件有着很大的希望。因为这些运动部件采用金属结构材料,其重量、强度、疲劳寿命、噪声和固有振动频率限制了操作速度,因而也就限制了提高生产率。这些复合材料目前正用于纺织机械的活动部件,因为纺织机械的较高操作速度和较高的生产率是最为重要的。碳纤维/环氧离心机转子的旋转速度比高强度钢做的转子高一倍。因为它的比强度高,可提供的分离效率是钢转子的四倍。利用复合材料零部件的高的比强度和比模量、较低的惯性矩和自阻尼特性,可以预计,生产率会有显著的提高。

高性能复合材料零部件在机器人和重型结构机械方面存在潜在的用途,因为悬臂部分的低惯性矩可以获得较低的能量损耗和对位置的精确控制。另一个重要的应用方面是建筑物和桥梁的承载部分,因为其强度/重量比,自阻尼和耐腐蚀等特性可提供大量的好处。

总之,高性能复合材料正应用于对国家经济起着

重要作用的若干工业部门。随着高性能复合材料在成本、制造速度、相容性方面的改进,特别是对关键性质的进一步认识,它们在工业部门的应用无疑地会推广。为保证结构件的最佳设计和有效寿命的预测,必须准确掌握高性能复合材料的关键特性。

科学和技术

纤维

高强度纤维是高性能复合材料的主要承载部分,它们约占复合材料体积的60%,并在很大程度上决定了复合材料的性能和成本。碳纤维、芳纶纤维和玻璃纤维是最广泛使用的纤维。它们的比强度和比模量是钢材的几倍,并且代表了一种刚刚开始论证其潜力的新技术。

玻璃纤维是某些最早的增强聚合物的基础。研制连续玻璃纤维的复合材料,尽管在很大程度上是实验室式的,但它得出了最初的可控加工条件和微型结构,这是一种利用纤维强度优点的结构。

碳纤维的强度、刚度比玻璃纤维高,但成本也较高。它们是靠热解定向的聚丙烯腈生成石墨化的碳。这一生产工艺包括热拉伸。较低性能的碳纤维是用煤焦油或石油沥青制成的。凭经验对工艺参数进行了修正已能制成商业碳纤维,这种碳纤维的抗拉强度或模量都是最佳的。碳纤维的断裂应变大约是1%。

芳纶纤维是用下述方法制成的:从定向的各向异性阶段开始,在这一阶段上,分子极细微地自然定向,通过高度刚性线性分子结构聚合物的纺丝而成。在纺丝期间,定向区与纤维轴保持一致,从而获得了高的强度和刚度。由于聚合物的低密度(1.44),纤维的比强度要比钢的高五倍。断裂伸长度要比类似模量的非金属纤维大,这项性能可能对复合材料设计有利,因为韧性与破裂前的能量吸收有关。芳纶纤维具有极好的热性能(尽管低于无机物的热性能),良好的化学稳定性和低的可燃性。与碳纤维一样,它们可用来制成强度或模量最佳的产品。

各向异性阶段的纺丝已扩展到用于较新的聚合物溶液和熔体。例如,象聚苯并噻唑那样的聚合物的实验例子,似乎在复合材料使用方面比商业芳纶有更好的性能。各向异性熔体的纺丝具有比液体纺丝更低的成本潜力。但是能用熔体纺丝的聚合物趋向于获得较低使用温度的纤维。另一个例子是聚乙烯,这种材料通常具有低的模量和强度。利用凝胶纺丝工艺可以将它制造成具有极高强度的纤维。用聚对苯二甲酸乙二醇酯制造纤维的工艺,目前正由一个日本研究小组提出专利。

硼纤维是在高温钨丝上通过分解一种挥发性硼化合物而制成,钨丝转化成硼化钨,用作纤维芯材。碳化硅纤维可以用类似方法制造,或者通过高温分解聚碳硅烷纤维制造。氮化硅纤维和氧化铝纤维也一直在研制。

表1. 纤维性能

	钢	铝	E-类	S-类	高强度 石墨	高模量 石墨	芳纶	硼
抗拉强度 (10^3 磅/英寸 ²)	500 3000	100 1000	350 1000	650 1280	720 6000	350 6000	525 4000	500 5800
抗拉模量 (10^6 磅/英寸 ²)	30 30	10 10	10 /	12.8 /	36 100+	75 100+	18 29	58 /
密度(克/厘米 ³)	7.8	2.7	2.54	2.5	1.75	1.8	1.44	2.7
热膨胀(10^{-6} /°C)	11	24	5	3	-1	-1	-2	5
比强度(10^6 英寸)	1.8	1.0	3.9	7.3	11.5	5.4	10.5	5.2
比模量(10^8 英寸)	1.1	1.0	1.1	1.4	5.8	11.7	3.5	6.0

因为各种纤维有不同的机械性能和成本,为权衡性能/成本要求,研制出一种包括一种以上纤维的混杂复合材料结构并非不是共同的愿望。

碳、玻璃和其他无机纤维的拉伸破坏,典型地是从裂纹或表面生长阶段开始的,裂纹或表面生长引起局部应力集中和产生垂直于纤维轴的简单破断。象芳纶那样的有机纤维,横向粘结差和定向多晶性质可使纤维破坏。沿纤维轴向出现相当大的裂口和产生混合式剪切和拉伸破坏。

在压缩时,由于界面分离和微屈曲,碳纤维常出现裂纹。芳纶产生剪切或纽结带,这种剪切或纽结带是在相当低的应力下形成的,但不会产生严重破坏。当由非压缩方向的扩展,在轴上触发出定向裂纹时,玻璃纤维和硼纤维出现压缩破坏。硼纤维和玻璃纤维复合材料的抗压强度,以及氧化铝纤维和碳化硅纤维复合材料的抗压强度都超过了它们的抗拉值。

纤维裂纹的产生、增长及与复合材料基体的相互作用都还不甚了解。破坏模式根据抗拉强度和模量是不能预测的,那些可测性能对使用来说是关键的问题,也没有解决。人们认识到,受力下的纤维行为-时间相关特性是重要的。根据短期静态试验获得了大量的试验数据,但这些数据并没有对使用中的长期寿命给出一个可靠的说明。

目前的碳、芳纶和玻璃纤维的强度和模量大大低于计算的理论值。然而,在最近10年间,对这三种纤维的特性做了大量改进,尽管达到理论特性是不可能的,但有理由可以相信会做出继续的改进。而且,用有机聚合物制造新的高强度、高模量纤维的可能性正在探索,人们期望,将会制造出具有目前现有纤维2~3倍强度的有机纤维。

基体材料

复合材料的基体部分主要用作粘结承载纤维。基体是复合材料的较小部分,虽然它通常不承受压力,但它中间的裂纹或缺陷可能导致复合材料的破坏。基体的这种特性决定了复合材料可能承受的温度和化学环境的限制。

目前聚合物基体材料基本上是一种热固性环氧树

脂,这种树脂经过化学固化,生成一种高度交联的结构。固化过程要求高温和进行多次。交联树脂有非常低的断裂韧性,它们的复合材料经受不住破坏,因为裂纹通过基体迅速扩大。把一种橡胶状的分散相加入环氧树脂中已研制出一种韧性较好的材料,但这种聚合物的连续使用温度和模量较低。环氧基复合材料可以在温度高达175°C使用。然而,在湿/热条件下,它们损失了较低温度时的性能。新的高温/高模量树脂,象以高温树脂为基础的聚酰亚胺、双马来酰亚胺和乙炔封端齐聚物可望有较低湿度敏感性和快速固化的基体特性。这些基体材料可能具有200~370°C范围的使用温度。但是,它们的韧性仍然是低的,还必须在高温下进行多次固化。

正在探索把具有低湿敏感性的韧性好、耐高温和耐溶剂的热塑性塑料作为基体树脂。例子是聚酰亚胺、聚苯硫醚、聚醚酰亚胺和聚醚醚酮。它们可以成熔体或液体加工,随后经蒸发处理。它们是代替热固性树脂的强有力的候选物,因为它们有较短的制造周期,这就不要求化学固化。性能的改善,来源于它们有较好的固有韧性,事实上,它们中的某些树脂对水的敏感性比热固性树脂低得多。热塑性塑料在高温应力下会发生蠕变,现有材料具有150~230°C的使用温度。

用作基体材料的理想树脂将是一种低粘性材料,这种材料容易同增强纤维结合,然后在低温下可迅速转变成和重新制成最终的复合材料结构。这种基体材料的重要改进,包括高和/或低温能力,耐水、耐溶剂性、高韧性,以及与纤维相适应的热膨胀系数。虽然要在一种基体材料中找到上述所有特性是不可能的。但是,新型聚合物形成单体和反应物、共聚物、嵌段共聚物和混合物的这种潜力,将会产生出各种高性能的基体材料。

复合材料

制造高性能复合材料的一种方法涉及对增强纤维的束状长丝树脂浸渍工艺,以形成连续带材或织物。这种预浸料随后将按相同的或不同的角度铺叠成片坯。这种片坯在压力和热的作用下,产生出可供以后组装和制造用的复合材料结构件。把有效的设计和制造过

程灵活性相结合, 通过各铺层的取向, 即可提供理想的结构特性。

另一种制造工艺是, 把一种有涂层的纤维缠绕在心轴上, 具有多轴精确缠绕能力的计算机控制的缠绕系统, 几乎可以在不规则形状的心轴上形成任何几何形状。缠绕纤维结构用聚合物浸渍, 经固化后, 该复合材料结构就能从心轴上取出。

虽然某些方面的复合材料技术是十分先进的, 但是, 我们的科学认识和加工方法是明显落后的。例如, 对有关结构-性能关系的认识和制造技术方面的掌握, 要明显落后于钢或铝合金。因为结构金属是复合材料的主要竞争对象, 要使高性能复合材料日益为人们所接受, 这取决于它能否象已高度发展的合金那样具有可以接受的可靠性、简单性和生产的经济性。

高性能复合材料向工程师和材料科学家们提出了各种新的挑战。为解决各向异性的力学问题, 必须发展逻辑分析法和定量分析法。特别是, 用于正交各向异性板和壳体所需要的线性弹性力学, 以及用于计算均匀热机械性能的微视力学目前都已掌握。用于预测热塑性塑料性能的技术, 以及为更通用的复合材料部件探测机械裂纹或成份缺陷的技术也具备。把薄层板加工和制造成稳定高质量材料已成为常规方法了。

然而, 复合材料厂家还没有研究出用作高压结构件的厚层板的生产技术, 在制造过程中, 纤维常常移动, 导致复合材料性能变坏。生产一种无空隙的高纤维含量的层板仍然得靠大量的经验, 因为加工和固化一个层板的过程是难以模型化的。还没有引起重视, 但对设计又是必要的高性能复合材料的某些方面是有关动态拉伸强度和动态疲劳强度的数据。在预测裂纹对树脂占主导地位的破坏模式的影响方面已取得了进展, 但对纤维占主导地位的破坏模式的影响, 则没有取得进展。

世界竞争状况

美国在芳纶纤维方面占有优势地位, 在发展具有可比较的或较好特性的其他有机纤维方面也达到了相当的水平。但是, 芳纶在欧洲和日本会很快商品化。而在其他有机纤维工作方面, 至少在日本似乎是强有力的。MITI一直旨在于发展“第三代”纤维, 它作为政府资助项目, 始于1983年, 目标在5年之内达到实际应用。由于承载纤维在复合材料中的特殊重要性, 这个领域在高强度纤维方面的突破是敏感的。当前的专利工作表明, 这样的突破可能会出自日本这样的国家。例如, 用聚对苯二甲酸乙二醇酯制造高强度纤维的工艺, 目前已由一个日本研究小组提出专利。

美国用于制造碳纤维的许多技术是从日本公司获得的许可证。在美国, 虽然有些研究工作, 但某些公司, 为了利用日本已发展出的技术, 选择了同日本公司合作冒险的道路。高水平的日本碳纤维技术还表明, 他们可能生产出许多比这些材料更为先进的产品。

美国在复合材料制造和工艺技术方面领先, 在飞机、文体用品和汽车行业中开发应用方面也居世界领导地位。但是, 在复合材料技术方面, 国外正在迅速发展。国外厂家利用美国提供的技术, 通过转包制造美国新一代民用飞机的大型结构件, 正在获得有价值的经验。在欧洲国家, 高性能复合材料零部件用于军用飞机方面, 正在起着象美国一样的作用。日本和西欧的技术开始成为我们的竞争对手了。

研究方向

高性能复合材料技术的迅速发展, 超过了有关这些材料的结构和性能的基础研究。为复合材料技术的进一步发展提供坚实的科学基础, 必须加强这个领域的基础研究。开展这方面研究的总的方向概述如下:

我们需要更好地了解纤维的分子结构/特性关系, 了解这些特性如何转变成复合材料的性能。复合材料要承受长期循环载荷的作用, 我们需要了解动态条件下纤维疲劳的原因。在拉伸和压缩载荷作用下, 虽然我们掌握了一些如何出现不同纤维破坏的原因, 但是, 由纤维微观结构可能产生破坏的原因基本上不了解。我们还需要研究纤维分子结构和宏观结构对复合材料性能的影响: 即复合材料中的分子成分、分子方向、表面结构、尺寸、几何位置, 以及复合材料性能如何受加工过程的影响。

我们需要明确规定基体树脂的物理和化学参数, 以便可以转化成预测复合材料的性能。应当研究热固性基体的加工方法, 以便确定固化条件对交联网络结构和物理特性的影响, 以及确定纤维与固化树脂间的相互作用。应当探索环氧树脂结构改进的可能性和探索提高韧性的其他热固性树脂的结构改进。在提供更高韧性和要求较短制造时间方面, 热塑性聚合物有超过热固性树脂的潜在优点。热塑性聚合物和纤维在界面上的相互作用与热固性树脂大不相同, 需要在分子和表面形态级上进行研究。研究可以指出减少高温加载下热塑性聚合物趋向蠕变的方法。

需要大量研究有关纤维-聚合物界面的基本原理: 附着力如何影响承载, 如何获得最佳的附着力; 在界面上, 聚合物的分子结构及其反应是什么; 在界面上, 有关非平衡聚合物形态可能掌握些什么; 界面如何影响生长聚合物链的运动学; 在理想实验室条件下, 形成界面时, 对不同聚合物可以获得什么样的特性?

我们缺乏把纤维和基体结合起来的知识基础, 因而不能最大地利用它们的特性。我们必须研究出非破坏性试验方法, 确定制造过程是否已经达到了理想的微观和宏观结构, 这种结构, 其纤维处于理想的方向上。我们需要精确的技术, 以便根据成分的特性预测复合材料的性能, 探测和预测裂纹的影响, 预测零部件的使用寿命。因为我们的基础知识有限, 我们采用了比钢结构所使用的安全余度更大的余度来设计复合材料结构, 所以损失了复合材料的某些固有优越性。

我们需要更好的技术,以便采用对复合材料强度影响最小的方式,把复合材料零部件连接或紧固在金属件上。

高性能复合材料许多可能方面的应用将取决于对目前的制造速度和产品质量的重大改进。我们必须研制出自动化机器人制造工艺以降低产品质量的不稳定性。在严格控制的实验室条件下生产的复合材料样品应提出标准性能,根据这个标准性能来评价产品零部件。

需要研究复合材料成分的毒性、长期的环境影响和重复利用性,并应当在复合材料研制阶段就要考虑这些问题。

最后,我们应当介绍象骨骼、木材、蛤壳这样的天然复合材料的结构,以便了解如何使人造复合材料更接近于它们的理论物理性能。

教育的需要

在过去10年间,高性能复合材料技术迅速发展超过了基础科学的发展。这个领域的研究,要求多学科之间的联系和合作,这些学科包括化学、物理、化学工程、机械工程和材料科学。目前美国大学中,这些学科组织趋向是孤立的。未来是属于那些能够驾驽有关学科和建立相关知识结构的人们,这些知识结构是了解目前成就并将它推向新水平的基础。

美国大学中关于高性能复合材料的研究尚处于初期阶段,且经常只包括推动这个课题所需要的几门科学和工程学科之一。调整传统的学院式的结构似乎是必要的,因为必要的多学科之间的研究是有效的。开展复合材料研究的美国大学不到30所,而且只包括约40名具有相当能力的专职研究人员。只有两所大学里有专门从事复合材料研究的多学科研究组织。因此,只有很少的科学家和工程师接受推进复合材料技术所必要的广泛知识的训练。对训练有素人员供需之间的

差距,随着复合材料工业的迅速发展,这种差距越来越大。

对国外开展复合材料研究情况的估计表明,几个国家取得了可与美国相媲美的成就。而且,他们的计划比美国进展得快和似乎集中于多学科研究方法,这种多学科研究方法是推动复合材料技术前进的主要方法。

结论和建设

我们的结论是:

- 高性能复合材料将会日益广泛地用于工业和国防方面。它们对许多技术密集工业来讲是重要的,而且将满足许多国家的需求。
- 目前美国在高性能复合材料方面的地位是,化学、材料工程和应用方面处于领先地位。在这个领域方面,存在着来自日本和欧洲的强有力的竞争。
- 美国必须加强高性能复合材料的基础研究工作,这是推动这个领域向前发展和保持美国竞争优势所必要的。

人们建议,在大学建立专门从事高性能复合材料研究的多学科研究中心,其数量,也许三个是适宜的,因为充分发挥它们的作用是可行的。建议的工程研究中心是一种好的模式,应鼓励他们开展复合材料研究。此外,在现有专门从事材料研究的学院式多学科研究中心,也应鼓励他们更多地关心高性能复合材料的研究。

这些中心的目标是要发展科学的认识,这种认识对提高国家在高性能复合材料方面的地位和培养一批从事未来这方面研究、发展和教育的科学家和工程师至关重要。工业部门以培养人才和研究合作的形式向学校研究中心投资,这一点被认为是重要的。

(彭国钧译 毛镇夷校)

· 科技短波 ·

里根政府1987年度科技预算梗概

里根政府1987年度(从今年10月1日开始)科技预算为630亿美元,比上一年度增加近90亿美元,增长16%。预算反映了三个指导思想:决心紧缩开支;继续实现国防现代化;提供科技资源和人才资源,维护美国的领先地位。

预算反映出里根政府的高度优先发展领域为国防、空间和基础研究。

国防科技预算 国防科技预算高达450亿美元,占政府科技预算总额的70%以上。比上一年度增加83亿美元,增长25%以上。增加的经费绝大部分都用于国防部,而且主要用于一些大型项目,例如星球大战计划、“东方快车”(Orient Express)航空航天飞机计划和C-17型运输机的研制计划等。星球大战计划目前的研究经费为28亿美元,其1987年度的研究预算将增加到48亿美元,增长74%。

空间科技预算 NASA1987年度要求的科技预算原定为77亿美元。但由于航天飞机“挑战者”号于今年1月28日发生爆炸事故,所以NASA的预算目前尚难确定。

基础研究预算 预算要求对基础研究拨款86亿美元。过去几十年中,美国从基础研究、特别是大学的基础研究以及大学所培养的科技人才中获得了巨大收益。美国现代生物技术工业的迅速发展就是一个明证。

国家科学基金会的科技预算 国家科学基金会是大学基础研究的主要支持者。其1987年度的预算为16亿美元;比上一年度增长13%。1987年度该基金会将支持四大重点领域:生物技术、计算机科学与工程、地球科学、工程研究和科学工程教育。

能源部的科技预算 能源部1987年度的科技预算为49亿美元,比1986年度净增2%,但增加最多的是核武器的研究和开发,以及基础研究。基础研究经费将主要用于高能物理和核物理的研究项目。

能源技术开发项目将进一步削减经费,从20亿美元减少到17亿美元。削减的主要项目包括:磁约束核聚变、核能研究、太阳能和可能再生能源、化石燃料研究和节能研究。