



卓越系列 · 21世纪高职高专精品规划教材
专业课适用

复合材料加工工艺

Processing Technology of Composites

贾立军 朱虹 主编

 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

中国材料·工程教育教材
中国材料·工程教育教材

复合材料加工工艺

Processing Technology of Composites

编著者 姓名 姓名

中国材料·工程教育教材

卓越系列·21 世纪高职高专精品规划教材(专业课适用)

复合材料加工工艺

processing technology of composites

主 编 贾立军 朱 虹

参 编 何北菁



图书在版编目(CIP)数据

复合材料加工工艺/贾立军,朱虹主编. —天津:天津大学出版社,2007.9

ISBN 978-7-5618-2499-3

I.复... II.①贾...②朱... III.复合材料-加工-高等学校-教材 IV.TB33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 113290 号

出版发行 天津大学出版社
出版人 杨欢
地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)
电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742
网 址 www.tjup.com
短信网址 发送“天大”至 916088
印 刷 昌黎太阳红彩色印刷有限责任公司
经 销 全国各地新华书店
开 本 169mm × 239mm
印 张 20.75
字 数 458 千
版 次 2007 年 9 月第 1 版
印 次 2007 年 9 月第 1 次
印 数 1-3 000
定 价 36.80 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

根据教育部最新颁布的《普通高等学校高职高专教育指导性专业目录》,复合材料与工程材料加工与应用技术专业的人才培养目标,我们组织编写了《复合材料加工工艺》这部教材。

本教材在编写过程中力求突出实用,理论知识以够用为度,书中内容尽量与实际生产紧密结合,在介绍复合材料常用加工方法与应用的同时适当介绍复合材料加工工艺与应用的发展。本教材可作为高职高专复合材料加工与应用技术专业的专业教材。

本书由天津职业大学贾立军主编,并编写第2~8章,第9、10章由天津职业大学朱虹编写,第1、11章由天津职业大学何北菁编写。

由于编者水平有限,书中难免有疏漏、不妥乃至错误之处,恳请读者指正和赐教。并对本书引用的参考文献的作者表示衷心感谢!

编 者

2007年4月

目 录

第1章 概论	(1)
1.1 概述	(1)
1.1.1 复合材料的定义	(1)
1.1.2 复合材料的命名	(2)
1.1.3 复合材料的分类	(2)
1.1.4 复合材料的特点	(3)
1.2 复合材料的发展	(3)
1.3 复合材料在社会发展中的地位和作用	(5)
1.3.1 复合材料在科技进步中的地位和作用	(5)
1.3.2 复合材料在国民经济建设中的地位和作用	(7)
1.3.3 复合材料在国防建设中的地位和作用	(9)
1.4 聚合物基复合材料	(11)
1.4.1 聚合物基复合材料的特性	(11)
1.4.2 聚合物基复合材料主要产品种类	(13)
1.4.3 聚合物基复合材料的成型方法	(14)
1.4.4 聚合物基复合材料发展概况	(14)
1.4.5 聚合物基复合材料的应用	(16)
第2章 手糊成型工艺	(22)
2.1 概述	(22)
2.2 原材料	(22)
2.2.1 增强材料	(22)
2.2.2 基体材料	(24)
2.2.3 辅助材料	(29)
2.3 模具与脱模剂	(32)
2.3.1 模具	(32)
2.3.2 玻璃钢模具的制造	(34)
2.3.3 脱模剂	(36)
2.4 手糊成型工艺	(38)
2.4.1 生产准备	(38)
2.4.2 胶衣层制备	(43)
2.4.3 糊制	(45)
2.4.4 固化	(46)
2.4.5 脱模和修整	(47)

2.4.6	制品中产生缺陷的原因及解决办法	(48)
2.5	喷射成型工艺	(52)
2.5.1	概述	(52)
2.5.2	生产准备	(53)
2.5.3	喷射成型工艺过程	(53)
2.5.4	喷射工艺参数	(54)
2.5.5	喷射成型工艺要点	(54)
2.5.6	喷射成型常见的缺陷分析	(55)
2.6	树脂传递模塑成型	(57)
2.6.1	概述	(57)
2.6.2	原材料	(58)
2.6.3	模具	(59)
2.6.4	成型工艺	(60)
2.7	袋压法、热压釜法、液压釜法和热膨胀模塑法成型	(61)
2.7.1	袋压法	(61)
2.7.2	热压釜和液压釜法	(62)
2.7.3	热膨胀模塑法	(63)
第3章	夹层结构成型工艺	(65)
3.1	概述	(65)
3.1.1	夹层结构发展概况	(65)
3.1.2	玻璃钢夹层结构类型及特点	(66)
3.2	蜂窝夹层结构的制造工艺	(67)
3.2.1	蜂窝的种类及特点	(67)
3.2.2	蜂窝芯子的制造	(67)
3.2.3	蜂窝夹层结构的制造	(74)
3.3	泡沫塑料夹层结构制造工艺	(76)
3.3.1	泡沫塑料夹层结构的基本性能	(76)
3.3.2	泡沫塑料构造及分类	(76)
3.3.3	泡沫塑料的制造	(77)
3.3.4	聚氨酯泡沫塑料的生产工艺	(79)
3.3.5	环氧树脂泡沫塑料生产工艺	(83)
3.3.6	酚醛泡沫塑料生产工艺	(85)
3.3.7	泡沫塑料夹层结构的成型工艺	(85)
3.4	夹层结构制品	(87)
3.4.1	雷达罩	(87)
3.4.2	叶片	(90)
第4章	模压成型工艺	(100)

4.1 概述	(100)
4.2 短纤维模压料及模压成型工艺	(101)
4.2.1 短纤维模压料的制备	(101)
4.2.2 短纤维模压料的模压成型工艺	(110)
4.3 片状模压料及模压成型工艺	(116)
4.3.1 片状模压料(SMC).....	(116)
4.3.2 SMC 的组分及其性能	(118)
4.3.3 SMC 的制备工艺	(128)
4.3.4 SMC 的模压成型工艺	(131)
4.3.5 制品的常见缺陷及解决办法	(133)
4.3.6 质量检验	(134)
第 5 章 层压及卷管成型工艺	(136)
5.1 概述	(136)
5.1.1 层压成型工艺	(136)
5.1.2 卷管成型工艺	(136)
5.2 预浸胶布制备工艺	(137)
5.2.1 原材料	(137)
5.2.2 预浸胶布制备工艺过程	(138)
5.2.3 预浸胶布制备的工艺参数	(138)
5.2.4 胶布的质量指标及控制	(140)
5.2.5 胶布的贮存	(142)
5.2.6 浸胶工艺中的异常现象分析	(142)
5.2.7 浸胶设备	(143)
5.3 层压板成型工艺	(143)
5.3.1 胶布的质量指标	(143)
5.3.2 层压工艺过程	(146)
5.3.3 层压工艺参数	(148)
5.3.4 层压工艺中常见的问题及解决办法	(150)
5.3.5 复合材料层压板的性能	(151)
5.4 复合材料卷管成型工艺	(152)
5.4.1 卷管工艺过程	(153)
5.4.2 卷管工艺参数及主要控制环节	(154)
5.4.3 卷管工艺中常见质量问题及解决办法	(156)
5.4.4 卷制复合材料管的基本性能	(156)
第 6 章 缠绕成型工艺	(157)
6.1 概述	(157)
6.1.1 缠绕成型工艺分类	(157)

6.1.2	缠绕制品的特点	(158)
6.1.3	玻璃纤维缠绕成型的局限性	(159)
6.1.4	缠绕制品的结构	(159)
6.1.5	缠绕成型技术的发展现状	(160)
6.1.6	缠绕制品的开发应用	(162)
6.2	原材料、芯模	(163)
6.2.1	原材料	(163)
6.2.2	芯模	(164)
6.3	缠绕规律	(164)
6.3.1	缠绕规律的分类	(165)
6.3.2	缠绕规律的分析	(166)
6.4	缠绕成型工艺及参数选择	(173)
6.4.1	缠绕类型的选择	(173)
6.4.2	螺旋缠绕型参数选择	(174)
6.4.3	缠绕工艺参数	(175)
第7章	拉挤成型工艺	(181)
7.1	概述	(181)
7.1.1	拉挤成型工艺特点	(181)
7.1.2	拉挤成型工艺分类	(181)
7.1.3	拉挤成型工艺的发展和应用	(182)
7.2	拉挤工艺用原材料及模具	(183)
7.2.1	拉挤工艺用原材料	(183)
7.2.2	拉挤成型模具	(184)
7.3	拉挤成型工艺	(187)
7.3.1	工艺过程	(187)
7.3.2	拉挤成型工艺参数	(188)
7.3.3	其他拉挤成型工艺	(191)
7.4	拉挤制品缺陷的分析及解决措施	(194)
7.4.1	外观缺陷的分析及解决措施	(194)
7.4.2	整体缺陷的分析及解决措施	(195)
7.4.3	尺寸缺陷的分析及解决措施	(196)
7.4.4	性能缺陷的分析及解决措施	(197)
第8章	热塑性复合材料成型工艺	(198)
8.1	概述	(198)
8.1.1	热塑性复合材料的分类	(198)
8.1.2	热塑性复合材料的特性	(199)
8.1.3	热塑性复合材料的成型方法	(200)

8.1.4	热塑性复合材料的应用	(200)
8.2	增强粒料、预浸料及片状模塑料的制备	(202)
8.2.1	增强粒料的制备	(202)
8.2.2	连续纤维预浸料的制备	(203)
8.2.3	热塑性片状模塑料的制备	(205)
8.2.4	影响热塑性复合材料性能、质量的因素	(207)
8.3	热塑性复合材料注射成型工艺	(207)
8.3.1	概述	(207)
8.3.2	注射成型工艺原理	(209)
8.3.3	注射成型工艺特性	(210)
8.3.4	注射成型工艺	(213)
8.4	热塑性复合材料挤出成型工艺	(215)
8.4.1	挤出成型工艺	(216)
8.4.2	挤出成型原理	(216)
8.5	热塑性片状模塑料制品冲压成型工艺	(217)
8.5.1	热塑性 SMC 成型特点	(217)
8.5.2	固态冲压成型工艺	(217)
8.5.3	流动态(液态)冲压成型	(218)
8.5.4	冲压成型模具	(218)
8.6	热塑性复合材料拉挤成型工艺	(219)
8.6.1	预浸纤维拉挤成型工艺	(219)
8.6.2	纤维直接拉挤成型工艺	(221)
8.7	热塑性复合材料缠绕成型工艺	(222)
8.7.1	预浸纤维加热缠绕	(222)
8.7.2	预浸带缠绕	(222)
8.8	热塑性复合材料的模压成型工艺	(223)
第 9 章	金属基复合材料	(224)
9.1	概述	(224)
9.1.1	金属基复合材料的发展概况	(224)
9.1.2	金属基复合材料的种类	(225)
9.1.3	金属基复合材料的发展现状和前景	(227)
9.2	金属基复合材料的原材料	(228)
9.2.1	金属基复合材料的基体材料	(228)
9.2.2	金属基复合材料的增强材料	(232)
9.3	金属基复合材料的制备工艺	(234)
9.3.1	金属基复合材料制备工艺的难点及解决途径	(234)
9.3.2	金属基复合材料制备工艺的选择原则	(235)

9.3.3 金属基复合材料的制备工艺	(236)
9.4 金属基复合材料的性能	(249)
9.4.1 金属基复合材料的力学性能	(249)
9.4.2 金属基复合材料的物理性能	(250)
9.4.3 金属基复合材料的摩擦磨损性能	(252)
9.5 金属基复合材料的应用	(252)
9.5.1 金属基复合材料在航天领域的应用	(252)
9.5.2 金属基复合材料在航空领域的应用	(254)
9.5.3 金属基复合材料在机械制造业的应用	(255)
9.5.4 金属基复合材料在电子材料工业的应用	(255)
第10章 陶瓷基复合材料	(256)
10.1 概述	(256)
10.1.1 陶瓷基复合材料的发展概况	(256)
10.1.2 陶瓷基复合材料的种类	(257)
10.2 陶瓷基复合材料的原材料	(258)
10.2.1 陶瓷基复合材料的基体材料	(258)
10.2.2 陶瓷基复合材料的增强材料	(262)
10.3 陶瓷基复合材料的制备工艺	(267)
10.3.1 陶瓷基复合材料制备工艺的选择原则	(267)
10.3.2 陶瓷基复合材料的制备工艺	(268)
10.4 陶瓷基复合材料的性能	(274)
10.4.1 连续纤维增强陶瓷基复合材料的性能	(274)
10.4.2 晶须增强陶瓷基复合材料的性能	(278)
10.4.3 颗粒增强陶瓷基复合材料的性能	(278)
10.5 陶瓷基复合材料的应用	(279)
10.5.1 陶瓷基复合材料在航空航天领域的应用	(279)
10.5.2 陶瓷基复合材料在机械与汽车工业的应用	(279)
第11章 水泥基复合材料	(281)
11.1 概述	(281)
11.1.1 纤维增强水泥基复合材料发展概况	(281)
11.1.2 纤维增强水泥基复合材料的特点	(282)
11.1.3 纤维增强水泥基复合材料的分类	(284)
11.2 纤维增强水泥所用原材料	(284)
11.2.1 增强材料	(284)
11.2.2 水泥基体材料	(285)
11.3 纤维增强水泥基复合材料复合原理	(287)
11.3.1 水泥基体的水化机理	(287)

11.3.2 纤维与水泥的复合机理	(288)
11.4 纤维增强水泥基复合材料的制备工艺	(290)
11.4.1 纤维增强水泥基复合材料的原材料选择和配合比设计	(290)
11.4.2 水泥基复合材料中纤维的均匀分散工艺	(294)
11.4.3 水泥基复合材料的搅拌工艺原理与方法	(297)
11.4.4 水泥基复合材料的成型工艺原理与方法	(298)
11.4.5 水泥基复合材料的养护工艺与方法	(304)
11.5 纤维增强水泥基复合材料的基本性能	(305)
11.5.1 玻璃纤维增强硅酸盐水泥的基本性能	(305)
11.5.2 钢纤维增强混凝土的基本性能	(308)
11.6 水泥基复合材料的应用	(311)
11.6.1 GRC 复合材料的应用	(311)
11.6.2 钢纤维混凝土的应用	(312)
11.6.3 碳纤维增强水泥基复合材料的应用	(313)
参考文献	(315)

第 1 章 概 论

材料是人类文明进步的物质基础,材料的更新与进步促进了人类社会的发展。人类的文明史也是一部材料发展史,历史学家曾以人类使用材料的变化作为历史的分期,即石器时代、青铜器时代、铁器时代。人类在漫长的历史发展中大都是依靠自然的恩赐,仅仅停留在能利用天然材料的状态。自 19 世纪以来,由于科学技术的进步,生产力不断发展,对材料不断提出新的要求,有些要求完全超出天然材料所能提供的性能,从而促进了人类开始对材料从依靠到创造的转变,对材料的认识也逐渐由匠人的经验到形成一门科学。尤其是在 20 世纪下半叶逐渐形成的以新材料技术为基础的信息技术、新能源技术、生物工程技术、空间技术和海洋开发技术的新技术群,促使材料科学飞速发展。时至今日,人们已逐渐掌握了材料的组成、结构和性能之间的内在关系,可以按照使用要求对材料性能进行设计创造。1979 年我国著名科学家钱学森曾指出:“现在材料科学已经发展到一旦有了设计就能把材料造出来,这就给我们提出了一个新的可能,我们可以让工程设计人员、力学工作者和材料工作者一道再加上电子计算机,把一项工程一直设计到细观或微观的水平。这个新的发展将大大提高将来工程设备的使用效能。”目前蓬勃发展的复合材料技术就是用原有的金属材料、无机非金属材料和高分子材料等作为组分,通过一定的工艺方法将它们复合在一起,制成既能保留原有材料组分的特性,又可克服组分材料的不足,并还能显示出某些新的性能的材料。复合材料技术的出现是近代材料科学的伟大成就,也是材料设计技术的一个重大突破。

1.1 概述

1.1.1 复合材料的定义

复合材料是由两种或多种性质不同的材料通过物理或化学方法复合,组成具有两种或两种以上相态结构的材料。该类材料不仅性能优于组成中的任意一种单独的材料,而且还可具有单独组分不具有的独特性能。通过材料设计可以使各组分的性能互相补充并彼此关联,从而获得新的优越性能,所以复合材料与一般材料的简单混合有本质的区别。

复合材料的性质不同于它的组成材料(或称为相)。在复合材料中,各组成材料(原料)的成分和性质仍然保留。复合材料中连续分布且数量往往占多数的组成材料称为基体,不连续分布的少量组成材料称为增强材料或增强剂。复合材料的基体可以是金属、陶瓷或高分子材料。从复合材料的组成与结构分析,其中有一相是连续的称为基体相;另一相为分散的、被基体包容的称为增强相。增强相与基体相之间有一个交界面称

为复合材料界面。通过在微观结构层次上的深入研究,发现复合材料界面附近的增强相和基体相由于在复合时物理和化学的原因,变得具有既不同于基体相又不同于增强相组分本体的复杂结构,同时发现这一结构和形态会对复合材料的宏观性能产生影响,所以界面附近这一个结构与性能发生变化的微区也可作为复合材料的一相,称为界面相。因此确切地说,复合材料是由基体相、增强相和界面相三者组成的。

1.1.2 复合材料的命名

复合材料可根据增强材料与基体材料的名称来命名。将增强材料的名称放在前面,基体材料的名称放在后面,再加上“复合材料”即可,例如,玻璃纤维和环氧树脂构成的复合材料称为“玻璃纤维环氧树脂复合材料”。为书写简便,也可仅写增强材料和基体材料的缩写名称,中间加一斜线隔开,后面再加“复合材料”,如上述玻璃纤维和环氧树脂构成的复合材料也可写做“玻纤/环氧复合材料”。有时为突出增强材料和基体材料,视强调的组分不同,也可简称为“玻璃纤维复合材料”或“环氧树脂复合材料”。碳纤维和金属基体构成的复合材料叫“金属基复合材料”,也可写为“碳/金属复合材料”。碳纤维和碳构成的复合材料叫“碳/碳复合材料”或“C/C 复合材料”。上述命名法可用商品牌号直接表示,如“T300/648 复合材料”、“M40/5208 复合材料”等。

1.1.3 复合材料的分类

复合材料按用途可分为结构复合材料和功能复合材料。结构复合材料主要指作为承力结构使用的材料,由能承受载荷的增强体组元(如玻璃、陶瓷、碳素、高聚物、金属、天然纤维、织物、晶须、片材和颗粒等)与能联结增强体成为整体材料同时又起传力作用的基体组元(如树脂、金属、陶瓷、玻璃、碳和水泥等)构成。功能复合材料是指除力学性能以外还提供其他物理、化学、生物等性能的复合材料,根据功能可分为电功能、光功能、声功能、热功能、生物功能等功能复合材料,具有广阔的发展前途。未来的功能复合材料相对密度将超过结构复合材料,成为复合材料发展的主流。

根据复合材料定义及命名原则,主要有以下分类方法。

1. 根据基体材料类型分类

按基体的不同,复合材料可分为聚合物基复合材料、金属基复合材料、陶瓷基复合材料、碳基复合材料和水泥基复合材料等。结构复合材料通常按此法分类。

2. 根据增强材料形态分类

①连续纤维复合材料。作为分散相的纤维,每根纤维的两个端点都位于复合材料的边界处。

②短纤维(或晶须)复合材料。它是由短纤维(或晶须)无规则地分散在基体材料中制成的复合材料。

③粒状填料复合材料。它是由微小颗粒状增强料分散在基体中制成的复合材料。

④编织复合材料。它是以平面二维或立体三维纤维编织物为增强材料与基体复合而成的材料。

⑤纳米复合材料。

3. 根据增强纤维种类分类

①玻璃纤维复合材料。

②碳纤维复合材料。

③有机纤维(芳香族聚酰胺纤维、芳香族聚酯纤维、高强度聚烯烃纤维等)复合材料。

④金属纤维(如钨丝、不锈钢丝等)复合材料。

⑤陶瓷纤维(如氧化铝纤维、碳化硅纤维、硼纤维等)复合材料。

⑥混杂纤维复合材料。

1.1.4 复合材料的特点

与传统材料相比,复合材料有下述特点。

1. 可设计性

复合材料与传统材料相比的显著特点是它具有可设计性。材料设计是最近 20 年才提出的新概念,复合材料性能的可设计性是材料科学进展的一大成果。复合材料的力学性能及热、声、光、电、防腐、抗老化等物理、化学性能都可按制件的使用要求和环境条件要求,通过组分材料的选择和匹配以及界面控制等材料设计手段,最大限度地达到预期目的,以满足工程设备的使用性能。

2. 材料与结构的同一性

复合材料尤其是纤维增强复合材料,与其说它是材料倒不如说是结构更为恰当。传统材料的构件成型是对材料的再加工,在加工过程中,材料组分不发生化学变化。而复合材料构件与材料是同时形成的,它由组成复合材料的组分材料在复合成材料的同时也就形成了构件,一般不再由复合材料加工成复合材料构件。由于复合材料的这一特点,使之结构的整体性好,可大幅度地减少零部件和连接件数量,从而缩短加工周期,降低成本,提高构件的可靠性。

3. 发挥复合效应的优越性

复合材料是由各组分材料经过复合工艺形成的,但它并不是几种材料简单的混合,而是按复合效应形成新的性能,这种复合效应是复合材料独有的。

4. 材料性能对复合工艺的依赖性

复合材料结构在形成的过程中有组分材料的物理和化学变化,过程非常复杂,因此构件的性能对工艺方法、工艺参数、工艺过程等因素依赖性较大,同时由于在成型过程中很难准确地控制工艺参数,所以一般来说复合材料构件的性能分散性也是比较大的。

1.2 复合材料的发展

人类使用复合材料已经有几千年的历史,但是以合成材料作为基体,纤维作为增强材料制成的复合材料是 20 世纪 40 年代才发展起来的一种新材料,经过半个多世纪的

发展,复合材料从开发、制造到应用已经发展成一个较为完整的体系。以下几个方面是复合材料今后的发展方向。

1. 低成本复合材料

与传统材料(金属材料、无机非金属材料、高分子材料等)相比,复合材料的绝对使用量是非常小的,阻碍复合材料发展的主要障碍在于其成本大大高于传统材料。由于复合材料的性能优于传统材料,如能降低复合材料的成本,其应用前景将是非常广阔的。降低复合材料的成本可以从以下几方面着手。

1) 原材料

原材料成本高是复合材料价格高的主要原因,因此今后的发展方向是尽量降低现有原材料的成本或开发新的低成本原材料。

2) 成型工艺

复合材料的成型工艺存在着生产周期长、生产效率低、有些成型工艺还需要较多劳动力的缺点,这些不足都提高了复合材料的成本。因此,为了降低复合材料的生产成本,提高复合材料的机械化、自动化程度,开发高效率的成型工艺是今后的发展方向。

3) 设计

复合材料具有较好的可设计性。复合材料的设计包括原材料设计、成型工艺设计和结构设计,通过复合材料的合理设计可以降低其成本。

2. 高性能复合材料

高性能复合材料是指具有高强度、高模量、耐高温等特性的复合材料。随着人类向太空发展,航空航天工业不仅对高性能复合材料的需求量越来越大,而且也会提出更高的性能要求,如更高的强度要求、耐温要求等。因此高性能复合材料的进一步研究和开发是复合材料今后的发展方向之一。

3. 功能复合材料

功能复合材料是指具有导电、超导、微波、摩擦、吸声、阻尼、烧蚀等功能的复合材料。功能复合材料具有非常广阔的应用领域,这些应用领域对功能复合材料不断地提出新的性能要求,而且许多功能复合材料的性能是其他材料难以达到的,如透波材料、烧蚀材料等。功能复合材料是复合材料的一个重要发展方向。

4. 智能复合材料

智能复合材料是指具有感知、识别及处理能力的复合材料。在技术上是通过传感器、驱动器、控制器来实现复合材料的上述能力,传感器感受复合材料结构的变化信息(例如材料受损伤的信息),并将这些信息传递给控制器,控制器根据所获得的信息产生决策,然后发出控制驱动器动作的信号。例如,当用智能复合材料制造的飞机部件发生损伤时,可由埋入的传感器在线检测到该损伤,通过控制器决策后,控制埋入的形状记忆合金动作,在损伤周围产生压应力,从而防止损伤的继续发展,大大提高了飞机的安全性能。

5. 仿生复合材料

仿生复合材料是参考生命系统的结构规律而设计制造的复合材料。由于复合材料

结构的多样性和复杂性,复合材料的结构设计在实践上十分困难。然而自然界的生物材料经过亿万年的自然选择与进化,形成了大量天然合理的复合结构,这些复合结构都可作为仿生设计的参考。

复合材料仿生可分为三个步骤:仿生分析、仿生设计和仿生制备。已有的复合材料仿生设计实例包括仿竹复合材料的优化设计、仿动物骨骼的哑铃型增强材料、复合材料内部损伤的愈合等。

仿生复合材料的发展方向是要向更深的层次发展,即从宏观观测到微观分析,然后再回到宏观的设计、制造,而且复合材料的仿生除了结构仿生外,还应进行功能仿生、智能仿生和环境适应仿生的研究和开发。

6. 环保型复合材料

从环境保护的角度考虑,要求废弃的复合材料可以回收利用,以节约资源和减少污染,但是目前的复合材料大多注重材料性能和加工工艺性能,而在回收利用上存在与环境不相协调的问题。因此,开发、使用与环境相协调的复合材料,是复合材料今后的发展方向之一。

1.3 复合材料在社会发展中的地位和作用

材料是物质的一部分,是人类用来制造有用器件的一类物质。在人类征服自然、创造人类文明的过程中,制造生产工具,利用和保存能量,对信息(知识)的贮存、积累和传播时刻离不开材料,就是人类生活和生存所依赖的衣食原料,也都是用材料制成的工具直接或间接制造生产出来的,所以说支撑着现代人类文明大厦的支柱是以材料为基础的。随着人类的不断进步,材料经历了从天然材料的石、木到陶瓷、金属以及高分子合成材料的巨大变化,而又进一步发展到用优异材料巧妙组合的高性能器件和装备。鉴于材料合成化、复合化的发展趋势,有人预测未来将是复合材料的时代。

1.3.1 复合材料在科技进步中的地位和作用

目前世界上技术先进的国家的新材料发展趋势是多样化和复合化。复合材料是新材料技术中的一支劲旅,对科学技术的发展具有重大作用。

1. 复合材料是信息技术飞速发展的物质基础

信息技术是当前高技术群的核心,对于信息技术中能接收、处理、贮存和传播信息的材料被称为信息材料。在这类材料中复合材料占有重要地位。首先任何一个信息技术装备,如电话、收录机、电视机、录音机、录像机和计算机等都离不开导线和电缆。导线一方面要求有良好的导电性,同时又要求具有很好的绝缘性,这种截然相反的性能要求绝不可能由单一材料完成,它是由导电的金属和包围其周围的绝缘塑胶材料构成的一种具有特殊功能的复合材料。其次计算机等所用多层印刷电路板是典型的层压复合材料,它是用纤维增强树脂和覆铜层压复合而成。多层混杂的层合板具有高散热性、高度的尺寸稳定性,从而能满足大规模集成电路高密度的装配要求。用于录音机、录像