

化学工业出版社

塑料成型加工丛书

复合材料 成型技术

黄家康 主编
岳红军
董永祺



塑料成型加工丛书

复合材料成型技术

黄家康 岳红军 董永祺 主编

化学工业出版社

·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

复合材料成型技术/黄家康等主编. —北京:化学工业出版社, 1999. 1

(塑料成型加工丛书)

ISBN 7-5025-2368-5

I. 复… II. 黄… III. 合成树脂-塑料成型 IV. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 30687 号

塑料成型加工丛书

复合材料成型技术

黄家康 岳红军 董永祺 主编

责任编辑: 龚浏澄 王苏平

责任校对: 陈 静

封面设计: 蒋艳君

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

新华书店北京发行所经销

北京市密云云浩印制厂印刷

三河市东柳装订厂装订

*

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 20 $\frac{1}{4}$ 字数 560 千字

1999 年 1 月第 1 版 1999 年 1 月北京第 1 次印刷

印 数: 1—5000

ISBN 7-5025-2368-5/TQ·1106

定 价: 38.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换

本书编写人员

主编：黄家康 岳红军 董永祺

参与编写人员：

第一章 陈博

第二章 薛志俭

第三章 岳红军 岳红富

第四章 黄家康 郑学森

第五章 吴德铭、何应德、徐宗强、陶文斌、温刚伯

第六章 黄家康 郑学森

第七章 岳红军 王晓丽

第八章 梁国正

第九章 徐强

第十章 岳红军 杨华英

第十一章 张少国 张成武

第十二章 张淑萍 刘其贤

第十三章 赵渠森

第十四章 黄家康 郑学森

第十五章 袁正华 郑学森

内 容 提 要

本书以加工工艺方法为中心，全面介绍了树脂基复合材料的各种成型方法。包括其工艺特点、简要成型原理、成型工艺及工艺参数、主要原材料、模具设计要求、制品设计要点、成型设备、质量控制方法、性能检测、产品应用及发展趋势等。部分工艺还给出了产品配方。

全书共分 15 章，分别阐述树脂基复合材料的手糊成型、喷射成型、片状模塑料成型、层压、模压、缠绕、RTM、反应注射成型、拉挤成型、波纹板连续成型、增强热塑性片材等工艺，先进复合材料成型技术，最后介绍了复合材料的二次加工与修复。

本书力求简明、实用。适合于从事复合材料科研、生产人员及大专院校相关专业师生参考。

80.31
7

目 录

第一章 绪论	1
一、复合材料的定义与分类	1
二、复合材料性能的特点	1
三、树脂基复合材料分类	2
1. 按聚合物(树脂)分	2
2. 按纤维排列、长短、种类分	2
四、树脂基复合材料的特性	3
1. 优点	3
2. 缺点	9
五、树脂基复合材料在国民经济中的地位	10
六、树脂基复合材料发展沿革	12
七、中国树脂基复合材料工业的发展与特点	13
八、我国 FRP 工业现状	14
1. 原材料	15
2. 生产工艺与技术装备	16
3. 主要产品	16
4. 存在问题	18
5. 今后重点开发的四大市场	18
九、树脂基复合材料生产工艺分类	18
1. 对模成型	18
2. 接触成型	19
3. 其他重要的成型方法	19
十、树脂基复合材料制品性能设计与质量控制	21
1. 性能设计	21
2. 质量控制	21
十一、树脂基复合材料生产工艺选择	22
1. 成型三要素	22

2. 成型工艺选择	23
参考文献	27
第二章 手糊成型工艺	28
第一节 手糊工艺的特点和用途	28
一、手糊工艺的特点	28
二、手糊工艺的用途	29
第二节 手糊成型工艺主要原材料	29
一、增强材料	30
二、合成树脂	31
1. 不饱和聚酯树脂	32
2. 环氧树脂	34
3. 辅助材料	35
第三节 玻璃钢手糊工艺	36
一、模具的清理	37
二、脱模剂涂刷	38
三、胶衣层制作	39
四、表面层制作	41
五、增强层的制作	41
六、加固件的制作	43
七、固化	44
八、脱模	44
九、手糊玻璃钢制品的切边与加工	45
十、验收	46
第四节 手糊玻璃钢产品易产生的缺陷和解决方法	47
第五节 手糊工艺用模具的制作	48
一、模具的设计	48
二、模具的选材	48
三、玻璃钢模的制作	49
1. 木原模的制作	49
2. 石膏原模的制作	50
3. 玻璃钢模翻制	51
第六节 对模成型与对模模具的制作	52
第七节 泡沫夹层与蜂窝夹层结构	53

一、泡沫夹层	53
二、蜂窝夹层	55
第八节 无机玻璃钢的制作与安全	56
一、无机玻璃钢的制作	56
二、手糊工艺的劳动保护与安全卫生	57
第三章 喷射成型工艺	59
第一节 概述	59
一、分类	59
二、喷射成型工艺的优缺点	59
第二节 喷射工艺的材料及模具	60
一、原材料选择	60
1. 符合喷射成型工艺的树脂	60
2. 符合成型工艺的纤维	61
二、模具的设计	61
第三节 喷射成型设备及工具	62
一、树脂喷射系统	62
1. 树脂输送装置	63
2. 喷枪	69
二、无捻粗纱切割喷射系统	72
三、手动辅助工具	74
第四节 喷射成型的操作工艺	74
一、喷射成型工艺流程和工艺参数	74
1. 喷射成型工艺流程	74
2. 喷射工艺参数	75
二、喷射成型工艺要点	76
第五节 喷射成型制品的质量控制	77
一、喷射成型制品的缺陷与防治	77
1. 流挂现象(垂流)	77
2. 浸渍性差	78
3. 脱落现象	78
4. 固化不足及固化不均匀	78
5. 粗纱切割不良	79
6. 空洞、气泡	79

7. 玻璃纤维堆积	79
8. 厚度不均	80
9. 白化及龟裂	80
二、质量控制	81
三、质量控制的主要检测指标	81
1. 常规检验	81
2. 性能检验	82
第六节 喷射成型工艺的最新成就	82
参考文献	83
第四章 片状模塑料	84
第一节 概论	84
一、简介	84
二、SMC 的工艺特点与地位	85
三、SMC 工艺的发展	86
四、我国 SMC 的发展概况	90
第二节 SMC 的基本组成	91
一、树脂	92
二、引发剂	94
三、填料	96
四、低收缩添加剂	98
五、化学增稠剂	99
六、内脱模剂	102
七、着色剂	103
八、增强材料	104
九、其他助剂	107
十、配方	108
第三节 SMC 的生产设备及工艺	110
一、制片机组的类型和结构	111
1. 类型	111
2. 制片机组结构	113
二、SMC 的生产工艺	115
1. 树脂糊的制备及上糊操作	115
2. 粗纱的切割与沉降	118

3. 浸渍与收卷	118
4. 熟化与存放	119
三、SMC 性能的测定方法	120
1. 单重的测定	120
2. 灼烧减量的测定	120
3. 玻纤含量的测定	121
4. SMC 质量均匀性的检查	121
5. 硬度测定	121
6. 流动特性	121
7. 固化特性	122
8. 固化收缩率	123
第四节 SMC 模压成型设备与工艺	124
一、SMC 的模压成型设备	124
1. 压机	124
2. 模具	126
二、SMC 模压成型工艺	130
1. 压制前准备	130
2. 加料	131
3. 成型	131
4. 压机操作	132
三、SMC 制品常见成型缺陷及其解决措施	132
四、SMC 制品典型性能	135
第五节 SMC 模压制品设计	135
一、玻璃钢模压制品设计的一般要求	136
二、SMC 模压制品的设计要点	138
三、SMC 制品的一般设计准则	143
第六节 SMC 制品的二次加工	145
一、机械加工工艺	146
1. SMC 制品的机械加工工艺特点	146
2. SMC 制品的机械加工方法	146
二、连接与固定工艺	148
三、表面涂装工艺	151
四、修补工艺	153

第七节 SMC 的应用	154
一、在汽车工业中的应用	154
1. 概况	154
2. 美国、西欧和日本等发达国家的应用情况	156
3. 我国的 SMC 汽车部件开发情况与展望	159
二、在铁路车辆中的应用	161
三、在建筑工程中的应用	163
1. 水箱	164
2. 淋浴用品	164
3. 净化槽	165
4. 建筑模板	165
5. 储存间构件	166
四、在电气工业与通讯工程中的应用	166
1. 低压开关基座	167
2. 天线罩	167
3. 电缆分配箱	168
五、其他应用	169
1. 座椅	169
2. 集装箱	169
3. 电杆夹套	169
4. 工具锤柄和铲柄	170
5. 餐饮用具	170
第八节 SMC 的回收	170
一、SMC 回收的意义	170
二、SMC 回收的可行性	172
三、SMC 回收的方法	174
1. 焚烧法	174
2. 热解法	175
3. 粉碎法	176
四、SMC 回收材料的再利用	177
1. 热解产物的用途	178
2. 粉碎回收料的用途	179
第九节 SMC 技术的发展趋势	182

一、低密度成型技术	182
二、低压成型技术	184
三、模内涂饰技术	187
四、快速成型技术	189
五、酚醛 SMC 成型技术	190
参考文献	192
第五章 层压工艺	194
第一节 预浸料的制备	194
一、原材料	194
1. 树脂	194
2. 增强材料	195
3. 辅助材料	195
4. 溶剂	195
二、浸胶	196
1. 预浸织物	196
2. 干燥	198
3. 胶布质量的指标及其相互关系	200
4. 浸胶中易产生的问题和解决方法	201
第二节 层压工艺	202
一、胶布裁剪	202
二、胶布配选	202
三、热压工艺	203
1. 温度	203
2. 压力	204
四、后处理	205
五、层压板性能	205
六、制品缺陷的分析及对策	206
第三节 层压成型实例——覆铜箔层压板成型技术	208
一、覆铜板使用的主要原材料	208
1. 铜箔	208
2. 增强材料	209
二、成型方法	212
1. 粘结剂配制	212

2. 浸胶	213
3. 叠合	214
4. 铺模	214
5. 压制	214
6. 裁剪	214
7. 成品检验	215
三、技术要求	215
1. 覆铜板的电性能	215
2. 覆铜板的非电性能	215
3. 铜箔全部去除后绝缘基材的非电性能	218
第四节 层压设备	219
一、层压生产线的组成	219
二、主要设备的基本性能	220
1. 立式(卧式)浸胶机组	220
2. 热压机组及辅助设备	222
第六章 其他模压成型工艺	224
第一节 概述	224
一、模压成型工艺的定义	224
二、模压成型工艺的特点与分类	225
三、模压成型工艺的发展简史	226
第二节 吸附预成型坯模压工艺	227
一、概述	227
二、主要原材料及其选用	228
1. 树脂系统	228
2. 增强材料	229
3. 预成型用粘结剂	230
4. 其他材料	231
5. 配方	232
三、预成型用设备和工艺	232
1. 预成型用设备及其特点	232
2. 预成型对设备的要求	237
3. 预成型工艺的几个有关问题	239
四、预成型坯的模压成型工艺	240

1. 树脂混合物的制备	240
2. 压制成型过程简述	241
3. 预成型坯模压工艺的一些改进	242
4. 预成型模压制品常见缺陷及其解决方法与制品典型性能	242
五、预成型坯制品及其模具设计要点	244
1. 制品设计要点	244
2. 预成型坯成型压模设计要点	245
第三节 短纤维模压料的制备与成型工艺	246
一、概述	246
二、短纤维模压料的组成	247
1. 树脂	247
2. 增强材料	250
3. 其他材料	251
4. 模压料的典型配方	251
三、短纤维模压料的制备	253
1. 模压料制备前的准备	253
2. 模压料的制备方法	254
3. 模压料的工艺性	259
四、短纤维模压料的成型工艺	261
1. 压制前的准备	262
2. 压制及成品	263
3. 几种玻璃钢模压料的典型成型工艺	267
4. 短纤维模压料制品常见缺陷及其原因	268
第四节 定向铺设模压成型工艺	269
一、基本概念	269
二、工艺简介	270
三、制品的力学性能	271
四、工艺特点	273
第七章 缠绕成型	275
第一节 概述	275
一、缠绕成型工艺分类	275
二、缠绕制品的特点及其结构	276
1. 缠绕制品的特点	276

2. 玻璃纤维缠绕成型的局限性	277
3. 缠绕制品的结构	278
三、缠绕制品的应用	279
四、缠绕成型工艺的现状与发展	280
第二节 缠绕成型工艺原理	281
一、缠绕规律	281
二、缠绕规律分类	281
三、螺旋缠绕规律分析	283
1. 几个名词的意义	283
2. 用标准线法分析螺旋缠绕规律	286
四、用切点法描述螺旋缠绕规律	290
1. 线型	290
2. 转速比	296
3. 线型设计	299
五、缠绕规律的设计	305
1. 选择缠绕规律的要求	305
2. 选择缠绕规律的步骤	306
3. 确定缠绕规律及其他	306
4. 举例	307
第三节 缠绕成型工艺设计	309
一、内压容器的结构选型	309
1. 内压容器的结构形状	309
2. 筒形容器的封头外形	309
3. 缠绕类型的选择	312
二、强度设计	314
1. 基本假设	314
2. 计算公式	314
三、缠绕张力制度计算	316
四、缠绕线型参数的选择	319
五、封头缠绕包络圆调节方法	320
第四节 缠绕工艺参数	321
1. 纤维的烘干和热处理	321
2. 玻纤浸胶含量分布	321

3. 缠绕张力	322
4. 纱片宽度的变化和缠绕位置	325
5. 缠绕速度	325
6. 固化制度	326
7. 环境温度	328
第五节 缠绕玻璃钢制品的质量检验及控制	328
一、缠绕玻璃钢用树脂、纤维的规格要求	328
1. 树脂	328
2. 纤维	330
二、玻璃钢的质量检验及控制	331
1. 外观检查	331
2. 固化度和衬里微孔的检查	331
3. 缺陷及修复	332
第六节 缠绕成型工艺的最新成就	333
一、装备的发展	333
二、原材料方面的发展	334
参考文献	334
第八章 RTM 成型	336
第一节 概论	336
一、发展史	336
二、工艺特点	337
第二节 RTM 成型工艺	339
一、RTM 成型工艺过程	339
二、成型周期、生产布局	341
三、影响 RTM 工艺的因素	343
四、真空辅助 RTM (VARTM) 工艺	344
五、TERTM 技术	345
六、树脂的加热方法	345
第三节 增强材料	346
一、增强材料的种类	346
二、预成型坯的加工	348
三、Comp Form 工艺	349
四、多维编织技术	350

第四节 基体树脂	351
一、不饱和聚酯树脂	352
1. 通用型	352
2. 低收缩型	353
3. 富丽牌 RTM 树脂	355
4. 特种树脂	355
二、乙烯基酯树脂	356
三、环氧树脂	358
四、双马来酰亚胺树脂 (BMI)	361
五、混杂树脂	364
第五节 流动性分析	364
一、概论	364
二、渗透性	365
三、流动过程的检测	367
第六节 设备和模具	367
一、树脂注射系统	367
二、模具	370
第七节 应用	375
一、航空航天领域	375
二、汽车与卫生用品	376
三、其他方面	377
第九章 反应注射成型	379
第一节 概述	379
第二节 RIM 复合材料的原材料	381
一、聚氨酯及聚氨酯-脲树脂	381
二、聚脲树脂	384
三、SRIM 用树脂	385
四、其他树脂	387
1. 尼龙-6 RIM	387
2. 聚双环戊二烯 (PDCPD)	388
五、填料及增强材料	388
六、助剂	393
第三节 设备	394