

高分子材料 成型技术

GAOFENZI CAILIAO CHENGXING JISHU

主 编 张世玲 龚晓莹
副主编 杨海燕 朱 波
主 审 康远琪 马洪涛

中国建材工业出版社

高分子材料成型技术

主 编 张世玲 龚晓莹
副主编 杨海燕 朱 波
主 审 康远琪 马洪涛

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

高分子材料成型技术/张世玲, 龚晓莹主编. --北京: 中国建材工业出版社, 2016.9
ISBN 978-7-5160-1518-6

I. ①高… II. ①张… ②龚… III. ①高分子材料—成型—高等职业教育—教材 IV. ①TQ316

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 140554 号

内 容 简 介

本书由四个模块组成, 模块一高分子材料成型基础, 模块二成型用物料配制(塑料粉料的配混与塑炼), 模块三塑料制品成型技术(挤出成型技术、注射成型技术、模压成型技术、压延成型技术、中空吹塑成型技术和其他成型技术), 模块四橡胶制品成型技术(橡胶制品成型用物料及准备、橡胶压延成型技术、橡胶压出成型技术)。

本书适合作为高职高专化工技术类及高分子材料加工类专业教材, 也可供从事高分子材料加工类相关企业的技术工人参阅。

本书有配套课件, 读者可登录中国建材工业出版社官网 (www.jccbs.com.cn) 免费下载。

高分子材料成型技术

主 编 张世玲 龚晓莹
副主编 杨海燕 朱 波
主 审 康远琪 马洪涛

出版发行: **中国建材工业出版社**

地 址: 北京市海淀区三里河路 1 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京雁林吉兆印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 14

字 数: 330 千字

版 次: 2016 年 9 月第 1 版

印 次: 2016 年 9 月第 1 次

定 价: 46.00 元

本社网址: www.jccbs.com.cn 微信公众号: [zgjcgyCBS](https://www.weixin.com/qzjcgycbs)

本书如出现印装质量问题, 由我社市场营销部负责调换。联系电话: (010) 88386906

前 言

本书按照教育部与高职高专人才培养的指导思想,依据高职高专人才培养的要求以及高分子材料加工技术人才培养规格,确立以职业活动过程为导向,以工学结合、校企合作为切入点,广泛吸取多年来高职高专教学经验,并会同高分子材料成型加工行业专家、教育专家等相关人员对高分子材料成型加工岗位典型工作任务与职业能力进行剖析,形成以典型高分子材料制品为载体,以工作过程系统化组织教学,着重培养学生的岗位加工操作技能、高分子材料制品质量控制、生产岗位的设备维护保养及故障处理等方面的能力。

本书由四个模块组成,模块一高分子材料成型基础,模块二成型用物料配制(塑料粉料的配混与塑炼),模块三塑料制品成型技术(挤出成型技术、注射成型技术、模压成型技术、压延成型技术、中空吹塑成型技术和其他成型技术),模块四橡胶制品成型技术(橡胶制品成型用物料及准备、橡胶压延成型技术、橡胶压出成型技术)。

本书由张世玲、龚晓莹担任主编,杨海燕、朱波担任副主编,康远琪和马洪涛担任主审。具体编写人员分工:模块一由张世玲、朱波编写,模块二由龚晓莹、赵雪君编写,模块三由张世玲、杨海燕、陈科宇、李卫、张燕青、张吉昌编写,模块四由张嵩、黄岚、马昆华、张明秋、王旗编写。

教材在编写过程中得到了昆明耀龙塑胶有限公司、云南云仁轮胎有限公司等相关企业工程技术人员的大力支持,在此表示衷心感谢。

本书适合作为高职高专化工技术类及高分子材料加工类专业教材,也可供从事高分子材料加工类相关企业的技术工人参阅。

由于编者的水平有限,加之时间仓促,在教材编写中难免有疏漏和不妥之处,恳请有关专家、同行批评指正。

编 者

2016年8月

目 录

绪论	1
1. 高分子材料分类	1
2. 高分子材料成型及其重要性	2
3. 高分子材料成型加工特性	2
4. 高分子材料制品及成型方法	3
5. 高分子材料成型工业的发展概况	4

模块一 高分子材料成型基础

项目一 高分子材料成型基础理论	6
1.1 高分子材料的性能	6
1.1.1 力学性能	6
1.1.2 物理性能	7
1.1.3 化学性能	7
1.1.4 成型性能	8
1.2 高分子材料加工的流变性质	9
1.2.1 高分子材料在成型过程中的黏性流动与黏度	9
1.2.2 高分子熔体的弹性	17
1.3 高分子材料在加工中的物理变化	19
1.3.1 成型过程的结晶	19
1.3.2 成型中的取向作用	23

模块二 成型用物料配制

项目二 塑料粉料的配混与塑炼	28
2.1 原料与配方设计	28
2.1.1 聚氯乙烯塑料的组成	29
2.1.2 氯乙烯塑料的配方设计	30

2.2	物料混合的基本原理	33
2.2.1	混合的含义	33
2.2.2	混合的基本原理	33
2.2.3	混合效果的评定	34
2.3	原料的准备	34
2.3.1	原料的预处理	35
2.3.2	原料的计量与输送	36
2.4	初混合	37
2.4.1	混合设备	37
2.4.2	混合工艺与操作	39
2.5	物料的塑炼操作	40
2.5.1	塑炼设备	40
2.5.2	塑炼工艺与操作	41
2.5.3	粉碎与粒化	43
2.6	粉料与塑炼物料的质量与检验	44

模块三 塑料制品成型技术

项目三	塑料挤出成型技术	46
3.1	挤出成型过程与特点	46
3.2	挤出成型设备	47
3.2.1	单螺杆挤出机	47
3.2.2	双螺杆挤出机	59
3.3	挤出机的安装、操作与保养和维护	62
3.3.1	挤出机的安装	62
3.3.2	挤出机的调试操作	63
3.3.3	挤出机的保养和维护	63
3.4	塑料管材挤出成型	64
3.4.1	管材挤出成型设备组成	64
3.4.2	管材挤出成型配方与关键工艺	69
3.4.3	常见故障排除	73
3.5	塑料薄膜挤出吹塑成型	75
3.5.1	背心袋产品特点分析	75
3.5.2	原料特点分析	76
3.5.3	生产工艺流程	77
3.5.4	挤出吹塑设备及成型工艺参数	78

3.5.5	异常现象及处理	83
项目四	塑料注射成型技术	85
4.1	塑料注射成型特点	85
4.2	注射成型设备	86
4.2.1	注射机的结构组成	86
4.2.2	注射机的分类	86
4.2.3	注射机的主要技术参数和规格型号	88
4.2.4	注射系统	91
4.2.5	锁模系统	95
4.2.6	注射模具	96
4.3	注塑机的安装、调试、操作、维护保养	98
4.3.1	安装	98
4.3.2	调试	99
4.3.3	注射机的操作	100
4.3.4	注塑机的维护保养	101
4.4	注射成型	102
4.4.1	注射成型工艺流程	102
4.4.2	注射成型工艺条件参数	107
4.4.3	注射成型塑料保鲜盒	112
4.4.4	注射成型产品缺陷原因和解决办法	113
项目五	模压成型技术	115
5.1	模压成型概述	115
5.2	模压设备和模具	116
5.2.1	压机	116
5.2.2	模具	117
5.3	热固性塑料的模压成型	118
5.3.1	热固性模塑料的成型工艺性能	118
5.3.2	模压成型工艺	120
5.3.3	模压成型工艺条件及控制	122
5.4	复合材料压制成型	125
5.4.1	层压成型工艺过程	125
5.4.2	层压工艺条件	128
5.5	氨基模塑料餐具压制成型技术	129
5.5.1	餐具原料	129
5.5.2	氨基模塑料餐具模压成型工艺流程及条件	129

5.5.3	氨基模塑料餐具模压成型常见质量缺陷、解决办法	130
项目六	压延成型技术	133
6.1	压延成型设备	133
6.1.1	压延机的分类	134
6.1.2	压延机的结构	135
6.1.3	压延机的规格及技术参数	136
6.2	压延机的调试、操作、维护和保养	136
6.3	塑料压延成型技术	137
6.3.1	PVC 薄膜的原料	137
6.3.2	软质 PVC 薄膜压延成型工艺及参数	138
6.3.3	压延制品质量影响因素	139
项目七	中空吹塑成型技术	144
7.1	中空吹塑成型常用的方法及对原料的要求	144
7.1.1	常用的方法	144
7.1.2	对原料的要求	147
7.2	中空吹塑设备	148
7.2.1	型坯成型装置	148
7.2.2	型坯吹气机构与吹塑模具	152
7.3	药用中空吹塑瓶成型技术	153
7.3.1	原料和配方	153
7.3.2	生产工艺过程及参数设定	153
7.3.3	中空吹塑工艺过程的质量控制	155
7.3.4	常见的注射吹塑过程的异常现象及解决方法	156
项目八	塑料其他成型技术	159
8.1	塑料搪塑成型	159
8.1.1	搪塑成型原料	159
8.1.2	聚氯乙烯糊搪塑成型	162
8.2	热成型	163
8.2.1	热成型原料	164
8.2.2	热成型技术	164
8.2.3	热成型的设备及工艺要求	166
8.2.4	热成型实例	167

模块四 橡胶制品成型技术

项目九 橡胶制品成型用物料及准备	169
9.1 橡胶制品原材料及性质	169
9.1.1 生胶	170
9.1.2 配合剂	173
9.1.3 橡胶制品的骨架材料	175
9.2 炼胶	176
9.2.1 塑炼	176
9.2.2 混炼	178
9.2.3 开炼机炼胶	179
9.2.4 密炼机炼胶	184
9.2.5 混炼胶质量检查和存放	188
项目十 橡胶成型技术	191
10.1 压延成型技术	191
10.1.1 压延设备	191
10.1.2 压延过程	192
10.2 橡胶压出成型技术	195
10.2.1 压出设备	195
10.2.2 压出工艺	196
10.2.3 压出半成品常见质量问题	198
10.3 硫化	198
10.3.1 硫化历程	199
10.3.2 硫化条件	200
10.3.3 硫化方法	201
10.3.4 硫化常见质量缺陷与改进措施	202
10.4 橡胶制品成型实例——自行车外胎	203
10.4.1 力车轮胎原料与配方	203
10.4.2 自行车外胎工艺	204
10.4.3 典型缺陷分析与质量检验	210
参考文献	212

绪 论



教学目标

- (1) 掌握高分子材料的分类。
- (2) 掌握高分子材料的加工特性和成型方法。
- (3) 了解高分子材料成型工业的发展概况。



1 高分子材料分类

人类社会的进步与材料的使用密切相关。其中，高分子材料是材料中的一大类。

高分子材料是配合一定的高分子化合物（由树脂或橡胶和添加剂组成）在成型设备中，受一定温度和压力的作用熔融塑化，然后通过模塑制成一定形状，冷却后在常温下能保持既定形状的材料制品。因此适宜的材料组成、正确的成型方法以及合理的成型机械和模具是制备性能良好的高分子材料的3个关键因素。高分子材料按特性分为塑料、橡胶、纤维、高分子胶粘剂、高分子涂料和高分子基复合材料等。

塑料是以合成树脂或化学改性的天然高分子为主要成分，再加入稳定剂、增塑剂、填料等添加剂制得。其分子间次价力、模量和形变量等，介于橡胶和纤维之间。室温下通常处于玻璃态，呈现塑性。通常按合成树脂的特性分为热固性塑料和热塑性塑料；按用途又分为通用塑料和工程塑料。

橡胶是一类线型柔性高分子聚合物。其分子链间次价力小，分子链柔性好，在外力作用下可产生较大形变，除去外力后能迅速恢复原状。室温下处于高弹态，呈现弹性。有天然橡胶和合成橡胶两种。

高分子纤维分为天然纤维和化学纤维。前者指蚕丝、棉、麻、毛等。后者是以天然高分子或合成高分子为原料，经过纺丝和后处理制得。纤维的次价力大、形变能力小、模量高，一般为结晶聚合物。

高分子胶粘剂是以合成和天然高分子化合物为主体制成的胶粘材料，分为天然胶粘剂和合成胶粘剂两种。应用较多的是合成胶粘剂。

高分子涂料是以聚合物为主要成膜物质，添加溶剂和各种添加剂制得。根据成膜物质不同，分为油脂涂料、天然树脂涂料和合成树脂涂料。

高分子基复合材料是以高分子化合物为基体，添加各种增强材料制得的一种复合材料。它综合了原有材料的性能特点，并可根据需要进行材料设计。

除胶粘剂、涂料一般无需加工成型而可直接使用外，塑料、橡胶、纤维等须用相应的成型方法加工成制品。

由于高分子材料具有品种多、性能各具特色、适应性广等优点，因此，高分子材料工业的发展一直保持着旺盛的势头。



2. 高分子材料成型及其重要性

高分子材料的生产由高分子化合物的制造和成型加工两大部分组成，如图 1 所示为高分子材料的生产加工简图。

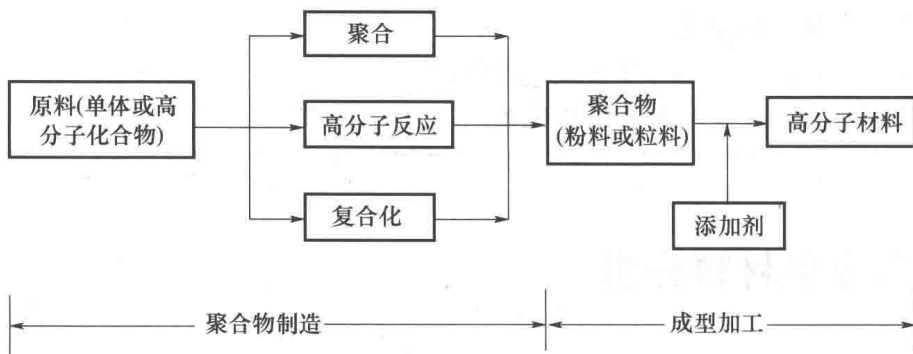


图 1 高分子材料生产加工简图

利用单体的聚合反应、高分子化合物的化学反应性使之改性和采用接枝反应、相容剂等复合化制造出高分子化合物——聚合物，经过成型加工制备成有用的高分子材料。聚合物的制造是决定高分子材料结构、性能和应用的前提，而成型加工是决定高分子材料最终结构和性能的重要环节。高分子材料的成型加工即为本课程的论述内容。

成型加工是将高分子材料（有时还加入各种添加剂、助剂或改性材料等）转变成实用的材料或制品的一种工程技术。在成型过程中，聚合物有可能受温度、压强、应力及作用时间等变化的影响，导致高分子降解、交联以及其他化学反应，使聚合物的聚集态结构和化学结构发生变化。因此，加工过程不仅决定高分子材料制品的外观形状和质量，而且对材料的分子结构和织态结构甚至链结构有重要影响。要使成型过程中材料性能达到满意，不同材料、不同制品要采用不同的成型加工方法。

一般塑料制品常用的成型方法有挤出、注射、压延、吹塑、模压、热成型等；橡胶制品有塑炼、混炼、压延或挤出、硫化等成型工序；纤维有纺丝熔体或溶液制备、纤维成型和卷绕、后处理、初生纤维的拉伸和热定型等。研究这些方法及所获得的产品质量与各种因素（材料的流动和形变的行为以及其他性质、各种加工条件参数及设备结构等）之间的关系，就是高分子材料成型加工这门技术的基本任务。



3. 高分子材料成型加工特性

高分子材料有优异的加工性能，即能便易而廉价地加工，采用简单操作就能生产出几何形状相当复杂的制品，加工成本又很少超过材料的成本。高分子材料的加工性主要表现为如下三个方面。

(1) 可挤压性。可挤压性是指聚合物通过挤压作用形变时获得形状和保持形状的能力。高分子材料在加工过程中常受到挤压作用，例如物料在挤出机和注射机料筒中、压延机辊筒间以及在模具中都受到挤压作用。

通过对高分子材料可挤压性的研究，能对材料和工艺方面作出正确的选择和控制。通常条件下处于固体状态的物料不能通过挤压而成型，只有当高分子材料在熔体和溶液状态下才具有可挤压性。材料的可挤压性与聚合物的流变性（剪切应力或剪切速率对黏度的关系）、熔体流动速率密切相关。

(2) 可模塑性。可模塑性是指材料在温度和压力作用下形变和在模具中模塑成型的能力。具有可模塑性的材料可通过注射、模压和挤出等加工方法制成各种形状的模塑制品。

可模塑性主要取决于材料的流变性、热性能和其他物理力学性能等，热固性聚合物还与其化学反应性能有关。模塑工艺参数、模具的结构和尺寸会影响高分子材料的可模塑性，同时也对制品的力学性能、外观、收缩以及制品中的结晶和取向等都有重要的影响。

(3) 可延性。可延性表示无定形或半结晶固体聚合物在一个方向或两个方向上受到压延或拉伸应力变形的能力。

材料的这种性质为生产长径比（有时是长度对厚度的比）很大的制品提供了可能。利用该性质，可通过压延或拉伸工艺生产薄膜、片材和纤维。高分子材料的可延性取决于材料产生塑性形变的能力。可延性也使高分子材料能产生高倍的拉伸变形，使其形成高度的分子取向材料。

(4) 可纺性。可纺性是高分子材料熔体通过成型而制成细长而连续的固态纤维的能力。它与高分子材料的熔体流变性、熔体黏度、强度以及熔体的热稳定性和化学稳定性有关。



4. 高分子材料制品及成型方法

高分子材料已经应用到国民经济各个领域，从人们的日常生活到航空航天及军工领域，到处都有高分子材料的身影。高分子材料可制作出耐腐蚀、耐辐射、耐紫外线和臭氧、耐高温（350℃）和耐低温（-100℃）、耐深度真空和超高压条件、阻燃、隔热、消音减振、具有磁性和生物医学功能等特殊性能的制品。高分子材料品种繁多，成型方法各异。对于塑料制品而言，根据其形状和使用性能分管材、薄膜、中空制品、汽车配件、日用品和建筑结构材料等，其成型方法与制品的适应性见表1。

表1 各种成型方法与制品适应性

成型方法		成型时剪切速率范围 (s^{-1})	成型时压力 (MPa)	制品实例
一次成型	挤出成型	$10^2 \sim 10^3$	几~几十	管、薄膜、片、板、棒、丝、网、异型材、电线电缆
	注射成型	$10^3 \sim 10^4$	高压 50~100； 低压 >30	日用品、家电配件、汽车保险杠、浴缸、齿轮
	压延成型	$10 \sim 10^2$		人造革、薄膜
	发泡成型		零点几~几	隔热材料、漂浮材料
	模压成型	1~10	几	密胺餐具、连接器件

续表

成型方法		成型时剪切速率范围 (s^{-1})	成型时压力 (MPa)	制品实例
一次成型	层压成型		高压 >5 ; 低压 $0\sim5$	电解槽、安全帽、印刷线路板
	传递模塑	$0\sim10$	$10\sim20$	电器零件
	浇铸	$0\sim10$		有机玻璃产品、尼龙滚轮
	滚塑	$0\sim10$		大型容器、小船壳体
	搪塑、蘸浸			玩具、手套
二次成型	中空吹塑		几	瓶、管、桶、鼓状物
	热成型		几	敞口容器、冰箱内胆、罩、广告牌
二次加工	表面处理	印刷、涂装、表面硬化、静电植绒等		
	粘接	溶剂粘接和热熔粘接		
	机械加工	钻、车、刨、切断、弯曲等		



5. 高分子材料成型工业的发展概况

高分子材料工业经历了将近一个半世纪，19世纪之前人们就开始使用天然高分子材料，1823年英国建立了世界上第一个橡胶加工厂，用溶解法生产防水胶布；1826年 Hancock 发明了橡胶塑炼机，橡胶经双辊塑炼后弹性下降，可塑度提高，为橡胶加工奠定了基础；1869年第一个人工半合成高分子材料——硝酸纤维素用樟脑增塑后制得赛璐珞，1870年用柱塞式湿式挤出法和1892年用立式注射机使赛璐珞成型；1892年确定了天然橡胶的干馏产物为异戊二烯结构，这为高分子合成指明了方向；1907年第一个合成高分子材料——酚醛树脂诞生，随后又开发了氨基塑料，这预示着热固性塑料时代的开始，与之相匹配的模压、注压等工艺技术开始发展。20世纪20年代后多种乙烯基聚合物工业化，使得热塑性塑料成型达到快速发展时期。在这一时期，聚合理论、结构与性能关系的研究已十分深入，各种聚合方法和成型加工技术的确立，极大地推动了高分子材料工业发展。20世纪50年代 Ziegler-Natta 发明了低压催化剂，使得聚乙烯、聚丙烯的生产规模更大型化，价格更便宜。同时各种通用橡胶（顺丁橡胶、异戊橡胶、乙丙橡胶等）大规模生产，聚甲醛、聚碳酸酯、聚酰亚胺、聚砜、聚苯硫醚等工程塑料相继问世，之后各种新型高强度、耐高温、导电、降解等功能高分子材料层出不穷，促进了高分子材料成型加工技术的迅速发展。表2列举了高分子材料成型加工技术的发展史。

表2 高分子材料及其成型加工技术发展史

年代	高分子材料	成型加工工艺	成型加工方法
20世纪30年代前	天然纤维素、赛璐珞、UF、MF	双辊混炼、溶解、纺丝、配制、加热塑化、粉末化	编、织、组合、双辊混炼加工、加硫、压制、挤出、柱塞式注射
20世纪30年代后	PVC、PMMA、PS、LDPE		螺杆式注射、真空成型

续表

年代	高分子材料	成型加工工艺	成型加工方法
20 世纪 40 年代	AS、ABS、PA、氟树脂、FRP、硅树脂		薄板片成型、发泡成型、吹塑成型
20 世纪 50 年代	HDPE、PP、PET、PC、POM	挤出、双向拉伸	螺杆式注射、薄膜挤出、异型挤出、泡沫挤出
20 世纪 60 年代	第二代高分子合金、CF、高分子/无机物复合材料		大型注射、挤出吹塑、大型吹塑、网挤出
20 世纪 70 年代	PPS、PE	大型挤出机、多螺杆挤出、偶联剂处理	嵌件成型、低发泡注射、多层吹塑、多层挤出
20 世纪 80 年代	PEEK、PES、第三代高分子合金、LCP、长纤维增强材料	相容性技术、反应挤出	拉吹塑、RIM、超大型挤出、精密成型、ST 板
20 世纪 90 年代	功能高分子、生物降解高分子、超细材料		三元吹塑、气体辅助注射成型、多层注射
21 世纪	分子设计	流体辅助塑料成型振动、成型、纳米复合成型	辅助微发泡技术、全电动注射吹塑

目前三大合成高分子材料（合成树脂、合成橡胶、合成纤维）的世界产量已经超过 3 亿多吨，其中 80% 以上为合成树脂及塑料。到 2004 年底，中国五大合成树脂（聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚氯乙烯、ABS）的产量已经达 1790 万吨，列世界第二位，国内消费量达 3125 万吨；五大合成纤维（涤纶、腈纶、锦纶、丙纶、维纶）产量达 1314 万吨，列世界第一位，国内消费量达 1481 万吨合成橡胶产量达 148 万吨，列世界第三位，国内消费量达 258 万吨。

近年来，由于加工技术理论的研究、加工设备设计和加工过程自动控制等方面都取得了很大的进展，产品质量和生产效率大大提高，产品适应范围扩大，原材料和产品成本降低，高分子材料成型加工工业更进入了一个高速发展时期。高分子材料的发展已经超过钢铁、水泥和木材三大传统材料。

模块一 高分子材料成型基础

项目一 高分子材料成型基础理论



教学目标

- (1) 掌握高分子流体的性质与其他材料流体的流动过程的本质区别。
- (2) 掌握高分子流体的流动与其加工的工艺过程及产品的综合质量的关系。



1.1 高分子材料的性能

高分子材料应用比较广泛的一个很重要的原因，是高分子材料具有其他材料所不可比拟的性能，也因此而具有与其他材料不同的成型技术，了解和掌握高分子材料的性能对学习高分子材料成型技术十分重要。



1.1.1 力学性能

对大多数高分子材料来说，力学性能是最重要的性能指标。聚合物的力学特性是由结构特性所决定的。

1. 高弹性

高弹性是高分子材料极其重要的性能，其中橡胶是以高弹性作为主要特征的。

2. 黏弹性

黏弹性是指聚合物既有黏性又有弹性的性质，实质上是聚合物的力学松弛行为。在玻璃化转变温度以上，非晶态线型聚合物的黏弹性最为明显。

3. 力学强度

高分子材料的力学强度指标主要有缺口冲击强度、拉伸强度、断裂伸长率、拉伸模量、弯曲强度和弯曲模量等。

将高分子材料按照结构完全均匀的理想情况计算得到的理论强度要比聚合物的实际强度高出几十至上百倍。主要是因为聚合物的实际结构存在着大小不一的缺陷，引起应力的局部集中。而弹性模量实际值与理论值比较接近。

聚合物的抗张强度与聚合物本身的结构、取向、结晶度、填料等有关，同时还与载荷速率和温度等外界条件有关。冲击强度在很大程度上取决于试样缺口的特性，此外成型条件、分子量、添加剂等对冲击强度也有影响。

4. 疲劳强度

聚合物在周期性交变应力作用下、在低于静态强度的应力下破裂，这种现象称为材料的疲劳现象。同样的疲劳现象也是在应力作用下，由裂纹的发展引起的。在一定负荷的反复作用下，材料的疲劳寿命随聚合物分子量的提高而增加。

此外，高分子材料的力学性能还有力学屈服、蠕变、应力松弛等。



1.1.2 物理性能

1. 热性能

由于聚合物一般是靠分子间力结合的，所以导热性比靠自由电子的热运动导热的金属材料低得多，属于较差的一类。高分子材料的比热容和热膨胀性比金属材料 and 无机材料大。

2. 电性能

聚合物是极好的电气材料，其体积电阻率常随充电时间的延长而增加，在各种电工材料中聚合物是电阻率非常高的绝缘材料。但由于聚合物的高电阻率使得它有可能积累大的静电荷，比如聚丙烯纤维因摩擦可产生高达 1500V 的静电压。一般可以通过体积传导、表面传导等来消除静电。目前工业上广泛采用添加抗静电剂来提高高分子材料的表面导电性。

3. 光性能

聚合物的光性能主要有折射和透明性。

聚合物的折射率一般都在 1.5 左右。大多数聚合物不吸收可见光谱范围内的辐射，当其不含结晶、杂质时都是透明的，如有机玻璃 (PMMA)、聚苯乙烯等。但是由于材料内部结构的不均匀性而造成光的散射，加上光的反射和吸收使透明度降低。

4. 渗透性

液体分子或气体分子可从聚合物膜的一侧扩散到其浓度较低的另一侧的现象称为渗透或渗析。由于高分子材料的渗透性，使其在薄膜包装、提纯、医学、海水淡化等方面获得了广泛的应用。



1.1.3 化学性能

1. 老化

聚合物及其制品在使用或成型过程中由于环境的影响，性能逐渐变坏的现象称为老化。由于光、热、水、微生物、化学物质等的作用，发生化学反应，导致聚合物大分子链断裂，特别是有氧的情况下，加剧了聚合物的氧化过程。为防止聚合物的老化，常常加入稳定剂，如光稳定剂、抗氧剂、热稳定剂。

2. 降解

聚合物大分子可能在成型过程中受到热和应力的作用或由于高温下聚合物中微量水分、酸、碱等杂质及空气中氧的作用而导致分子量降低，大分子结构改变等化学变化。通常称分子量降低的作用为降解（或裂解）。成型过程中聚合物的降解一般难以完全避免。

成型过程的降解大多是有利的。轻度降解会使聚合物变色，进一步降解会使聚合物分解出低分子物质、分子量（或黏度）降低，制品出现气泡和流纹等弊病，并因此削弱制品的各项物理力学性能。严重的降解会使聚合物焦化变黑，产生大量的分解物质。

3. 交联

聚合物的成型过程，形成三维网状结构的反应称为交联，通过交联反应能制得交联（即体型）聚合物。和线型聚合物比较，交联聚合物的力学强度、耐热性、耐溶剂性、化学稳定性和制品的形状稳定性等均有所提高。

通过不同途径如以模压、层压、注塑等成型方法生产热固性塑料和硫化橡胶的过程，就存在着典型的交联反应，但在成型热塑性聚合物时，由于成型条件不适当或其他原因（如原料不纯等）引起交联反应，为非正常交联，会使聚合物性能改变，应加以避免。



1.1.4 成型性能

绝大多数高分子材料在成型时，为使成型材料获得良好的流动性，都要借助加热等手段，使成型材料温度升高，聚合物在温度变化时，其所处的力学状态也必然随之发生变化。每种高分子材料都有其特定的玻璃化转变温度（亦称玻璃化温度， T_g ）、黏流温度（ T_f ）或结晶温度（ T_m ）和分解温度（ T_d ）。

在 T_g 以下，高分子材料处于玻璃态，为坚硬的固体，受外力作用形变很小，一旦外力消失，形变可以立即恢复。

在 T_g 以上，高分子材料处于高弹态（亦称橡胶态），与玻璃态相比，只要较小的外力就可使其发生较大的形变（高弹形变）。但这种形变是可逆的。

当达到 T_f （或 T_m ）时，高分子材料处于黏流态（亦称加工与成型温度流动态），此时，只需不太大的外力就可使其发生形变，而且这种形变是不可逆的，外力除去后，仍将继续保持，无法自行恢复。

达到 T_d ，则高分子材料开始分解。

因此在 T_g 以下，对高分子材料不能进行形变较大的成型加工，只能进行机械加工，如车、铣、削、刨等。 T_g （对非晶态聚合物，亦称无定形聚合物）或 T_m （对结晶聚合物）是选择和合理使用塑料的重要温度参数，亦是大多数塑料成型的最低温度。从图 1-1 可更直观地理解温度、聚合物的力学状态以及成型加工之间的关系。

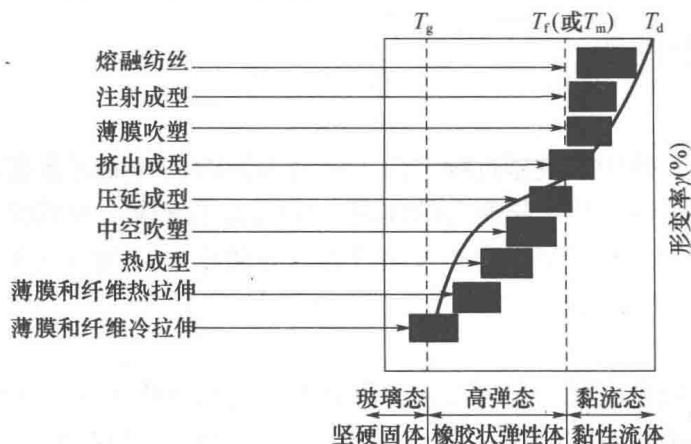


图 1-1 线型非结晶型聚合物的温度、力学状态以及成型加工的关系