

中等专业学校轻工专业教材

塑料材料学

常州轻工业学校 安徽轻工业学校 合编

中国轻工业出版社

中等专业学校轻工专业教材

塑料材料学

常州轻工业学校
安徽轻工业学校 合编

中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

塑料材料学 / 常州轻工业学校, 安徽轻工业学校编. —
北京: 中国轻工业出版社, 1993.4 (2001.4 重印)

中等专业学校轻工专业试用教材

ISBN 7-5019-1352-8

I. 塑… II. ①常… ②安… III. 塑料—原料—中等专业学校—教材 IV. TQ320.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 01616 号

责任编辑: 赵红玉

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街6号, 邮编: 100740)

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

联系电话: 010-65241695

印 刷: 三河市艺苑印刷厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 1993 年 4 月第 1 版 2001 年 4 月第 5 次印刷

开 本: 850 × 1168 1/32 印张: 11.75

字 数: 295 千字 印数: 19001—21000

书 号: ISBN 7-5019-1352-8 / TQ·058

定 价: 18.00 元

·如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换·

编者说明

《塑料材料学》是塑料成型加工专业的专业课教材之一。是根据轻工业部1988年全国中等专业学校塑料成型加工专业教学研究会审定通过的《塑料材料学》教学大纲编写的。

本教材针对专业的培养目标与要求,系统地阐述了塑料用树脂与助剂的结构与性能特点,并对塑料改性与塑料配方设计也作了简要的论述。在内容安排上,力求体现少而精、由浅入深,便于自学,并注意培养学生分析问题与解决问题的能力。

编写分工是:常州轻工业学校王加龙任主编,并编写绪论、第三章至第八章;轻工业部广州轻工业学校黄英强任主审;安徽轻工业学校桑永任参编,编写第一章与第二章。附录一、二、七由桑永选编,附录三、四、五、六由王加龙选编。全书由王加龙统稿,并经轻工业部组织的教材编审委员会审定。

教材在编写过程中,得到了轻工业部广州轻工业学校张仁杰同志的支持与帮助,王善勤、黄英强、马承银、毛炳生、戚亚光等同志对此书的初稿提出了许多宝贵意见,朱晓东同志为本书翻拍了照片,谨此表示衷心感谢。

本教材力求做到观点正确,反映最新科学技术成就、内容和份量适当、符合中专教学要求,但因编者水平有限,时间短促,错误和缺点肯定不少,敬请读者批评指正。

编 者

目 录

绪论	(1)
一、塑料、塑料材料与塑料材料学	(1)
二、塑料材料的特性及其应用	(1)
三、塑料基体材料——树脂	(4)
四、塑料辅助材料——助剂	(5)
五、塑料改性与塑料配方设计	(6)
六、塑料工业的回顾与展望	(6)
七、学习《塑料材料学》的要求	(7)
思考题	(8)
参考文献	(8)

树脂部分

第一章 热塑性树脂	(10)
第一节 聚氯乙烯	(10)
一、聚氯乙烯的合成	(11)
二、聚氯乙烯的结构与性能	(13)
三、聚氯乙烯的选用	(20)
第二节 聚乙烯	(24)
一、聚乙烯的合成	(25)
二、聚乙烯的结构与性能	(26)
三、聚乙烯的选用	(35)
四、聚乙烯新品种的特性和应用	(36)
第三节 聚丙烯	(40)
一、聚丙烯的合成	(40)
二、聚丙烯的结构与性能	(42)
三、聚丙烯的选用	(48)

第四节 聚苯乙烯	(51)
一、聚苯乙烯的合成	(51)
二、聚苯乙烯的结构和性能	(52)
三、聚苯乙烯的选用	(58)
第五节 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯树脂	(59)
一、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯树脂的合成	(60)
二、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯树脂的结构和性能	(62)
三、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯树脂的选用	(65)
第六节 聚甲基丙烯酸甲酯	(67)
一、聚甲基丙烯酸甲酯的合成	(67)
二、聚甲基丙烯酸甲酯的结构与性能	(69)
三、聚甲基丙烯酸甲酯的选用	(73)
第七节 聚酰胺	(74)
一、聚酰胺的合成	(75)
二、聚酰胺的结构与性能	(76)
三、聚酰胺的应用	(82)
第八节 聚碳酸酯	(83)
一、聚碳酸酯的合成	(83)
二、聚碳酸酯的结构和性能	(84)
三、聚碳酸酯的应用	(88)
第九节 聚甲醛	(89)
一、聚甲醛的合成	(89)
二、聚甲醛的结构与性能	(90)
三、聚甲醛的应用	(93)
第十节 其它热塑性树脂	(93)
一、聚四氟乙烯	(94)
二、聚砜	(95)
三、饱和聚酯	(96)
思考题	(98)
参考文献	(99)
第二章 热固性树脂	(103)

第一节 酚醛树脂	(103)
一、酚醛树脂的合成与结构	(103)
二、酸法酚醛树脂与压塑粉	(106)
三、碱法酚醛树脂与层压塑料	(109)
第二节 不饱和聚酯树脂	(110)
一、不饱和聚酯树脂的合成	(110)
二、不饱和聚酯的固化及制品的性能	(113)
三、不饱和聚酯的成型与应用	(116)
第三节 其它热固性树脂	(117)
一、环氧树脂	(117)
二、氨基树脂	(120)
思考题	(123)
参考文献	(123)

助剂部分

第三章 增塑剂	(126)
第一节 概述	(126)
第二节 增塑剂的作用机理	(127)
第三节 增塑剂的主要性能	(128)
一、相容性	(129)
二、增塑效率	(130)
三、卫生性	(132)
四、耐久性	(133)
五、稳定性	(134)
六、成型加工性	(135)
七、其它性能	(135)
第四节 增塑剂的结构与性能的关系	(135)
一、增塑剂与聚合物化学结构上的类似性	(136)
二、极性部分的酯型结构	(138)
三、非极性部分的亚甲基链和烷基	(138)
四、非极性部分和极性部分的比例(A_P/P_o)	(139)

五、增塑剂的分子量与性能的关系	(139)
第五节 塑料常用增塑剂	(140)
一、邻苯二甲酸酯类 (PAE类)	(140)
二、磷酸酯类	(141)
三、脂肪族二元酸酯类	(142)
四、环氧类	(143)
五、含氯增塑剂	(145)
六、烷基磺酸苯酯(或称石油酯)类	(145)
七、聚合型增塑剂	(146)
八、其它类型的增塑剂	(146)
第六节 增塑剂的选用	(148)
一、增塑体系的确定	(148)
二、几种常用增塑剂的性能比较	(148)
三、聚氯乙烯树脂的增塑	(149)
思考题	(151)
参考文献	(152)
第四章 稳定剂	(153)
第一节 塑料的老化	(153)
一、塑料的老化现象	(153)
二、塑料老化的内在因素	(153)
三、塑料老化的外界因素与稳定剂	(154)
第二节 抗氧剂	(154)
一、塑料的氧老化	(154)
二、抗氧剂的作用机理	(156)
三、塑料常用抗氧剂	(159)
四、抗氧剂的应用	(162)
第三节 光稳定剂	(164)
一、塑料的光老化	(164)
二、光稳定剂的作用机理	(167)
三、塑料常用光稳定剂	(172)
四、光稳定剂的使用	(176)

第四节 热稳定剂	(178)
一、聚氯乙烯的热降解	(179)
二、热稳定剂的作用机理	(180)
三、塑料常用热稳定剂	(182)
四、热稳定剂的协同效应及其原理	(192)
五、热稳定剂的使用	(194)
第五节 稳定剂在塑料中的应用	(196)
一、抗氧剂在塑料中的应用	(196)
二、光稳定剂在塑料中的应用	(197)
三、热稳定剂在塑料中的应用	(199)
思考题	(200)
参考文献	(201)
第五章 填料	(203)
第一节 概述	(203)
第二节 颗粒填料的主要性能指标	(204)
一、颗粒的形状与大小	(204)
二、颗粒的粒径分布	(204)
三、颗粒的表面积	(204)
四、颗粒的堆砌状况	(205)
五、填料的化学组成	(205)
第三节 塑料常用填料	(206)
一、无机填料	(206)
二、有机填料	(208)
三、增强材料	(209)
第四节 偶联剂与表面处理剂	(211)
一、偶联剂的分类及其作用机理	(211)
二、表面处理剂	(215)
第五节 填料在塑料中的应用	(216)
一、塑料中使用填料的目的	(216)
二、填料的预处理	(217)
三、填料在塑料中的作用	(218)

思考题	(219)
参考文献	(219)
第六章 其它助剂	(221)
第一节 润滑剂	(221)
一、润滑剂的作用机理	(221)
二、润滑剂的主要类别与一般性质	(222)
三、润滑剂的选用	(225)
第二节 着色剂	(227)
一、色彩的基本知识	(228)
二、着色剂的主要性能	(230)
三、塑料常用着色剂	(231)
四、着色剂的使用与选用	(235)
第三节 发泡剂	(237)
一、物理发泡剂	(238)
二、化学发泡剂	(239)
三、发泡助剂	(243)
第四节 阻燃剂	(244)
一、塑料的燃烧	(245)
二、阻燃剂及其作用机理	(245)
三、塑料常用阻燃剂的分类	(248)
四、阻燃剂在塑料中的应用	(250)
第五节 抗静电剂	(250)
一、抗静电剂的作用机理	(251)
二、塑料常用抗静电剂的分类	(254)
三、抗静电剂的使用	(255)
第六节 其它助剂	(257)
一、抗冲改性剂与加工改性剂	(257)
二、交联剂和固化剂	(257)
三、成核剂	(259)
思考题	(260)
参考文献	(261)

塑料改性与配方设计部分

第七章 塑料改性	(263)
第一节 概述	(263)
第二节 塑料共混改性	(263)
一、概述	(263)
二、共混物的相容性	(264)
三、共混物形态结构的基本类型	(269)
四、共混物的界面层	(274)
五、共混物的性能与组分性能的关系	(278)
六、物理共混法及其共混设备	(281)
七、新型聚合物共混体系——IPN	(283)
第三节 共混改性在塑料中的应用	(285)
一、聚烯烃的共混改性	(285)
二、聚氯乙烯的共混改性	(286)
三、聚苯乙烯的共混改性	(286)
四、其它塑料品种的共混改性	(287)
第四节 塑料其它改性方法	(288)
一、树脂的化学改性	(288)
二、塑料的增强改性	(289)
三、塑料的填充改性	(290)
思考题	(290)
参考文献	(291)
第八章 塑料配方设计	(292)
第一节 概述	(292)
一、配方设计及其意义	(292)
二、塑料配方设计的依据	(292)
三、塑料配方的表示	(293)
四、塑料配方的确定	(294)
第二节 聚氯乙烯塑料配方设计要点	(295)
一、概述	(295)

二、聚氯乙烯树脂的选用	(296)
三、稳定体系的设计	(297)
四、增塑体系的设计	(299)
五、润滑体系的设计	(300)
六、抗冲改性体系的设计	(300)
七、加工改性体系的设计	(300)
八、其它组分的设计	(301)
第三节 聚氯乙烯塑料配方设计分析举例	(301)
一、硬聚氯乙烯建筑排水管件的配方设计	(301)
二、防雾型软质聚氯乙烯压延农用薄膜的配方设计	(304)
三、聚氯乙烯针泡革的配方分析	(306)
第四节 聚烯烃塑料的配方设计	(309)
一、聚烯烃塑料的加工缺点	(309)
二、聚丙烯彩色捆扎绳的配方设计	(309)
三、黑色低密度聚乙烯电缆护套料的配方分析	(312)
第五节 其它塑料品种的配方设计	(316)
一、可发性聚苯乙烯珠粒的配方	(316)
二、聚氨酯泡沫塑料的配方	(316)
思考题	(318)
参考文献	(319)
附录一、常用塑料性能参数表	(320)
附录二、常用增塑剂的名称、特性与用途	(328)
附录三、常用稳定剂的名称、特性与用途	(334)
附录四、聚氯乙烯塑料配方举例	(346)
附录五、塑料及树脂缩写代号国家标准 (GB1844—80)	(353)
附录六、常用塑料材料国家标准	(356)
附录七、常用塑料的简易鉴别方法	(358)

绪 论

一、塑料、塑料材料与塑料材料学

塑料是“以树脂（有时用单体在加工过程中直接聚合）为主要成分，一般含有添加剂、在加工过程中能流动成型材料”〔注〕。这些材料经过成型加工，可制成具有特定形状又具有一定实用价值的塑料制品。

从塑料制品的组成来看，塑料材料由两种基本材料构成：一种是塑料基体材料——合成树脂（即塑料用聚合物）；另一种是塑料辅助材料——塑料助剂。有了这两大基本材料，为制取性能优良的塑料制品提供了可能性，但并不提供必然性。因为每种树脂的缺陷如何改进，各种树脂、助剂之间如何配合，这正是塑料工业面临的课题，即塑料改性与配方设计问题。随着这些问题的逐步解决，塑料材料的应用必将更加普及、广泛。

塑料材料学是系统地全面地阐述塑料原辅材料结构、性能、作用原理与使用方法的一门科学，是研究这些材料如何进行有机配合，使塑料材料的性能最大限度地满足人们需要的一门科学。因此，本教材包括这些内容：塑料材料（即树脂与助剂）以及塑料改性与塑料配方设计。

二、塑料材料的特性及其应用

塑料材料品种繁多，其性能也大不相同。有的以高强度著称，有的以耐腐蚀领先，有的侧重于电气绝缘性，等等。尽管塑料品种较多，性能差别大，然而，塑料材料与其它材料相比，仍具有

〔注〕：目前塑料一词尚无确切定义。一般不包括弹性体、纤维、涂料、粘合剂。

共同特性，其表现主要为如下几个方面。

1. 质轻

塑料都比较轻。各种泡沫塑料的相对密度在 0.01~0.05 之间，普通塑料的相对密度一般在 0.9~2.3 之间。在要求减轻自重的用途中，塑料材料有着特殊重要的意义。例如，波音 707、747 飞机上大量采用聚碳酸酯这种塑料材料就是为了减轻自重。在运输机械用材上，塑料的比例不断增加，尤其是结构泡沫塑料和纤维增强塑料。

2. 电气绝缘性好

在电性能方面，塑料包含着极其宽广的指标范围。塑料的介电常数常常小到 2 左右，体积电阻率高达 $10^{16} \sim 10^{20} \Omega \cdot \text{cm}$ ，介电损耗低到 10^{-4} 。总的来说，大多数塑料在低频、低压条件下具有良好的电气绝缘性，不少塑料即使在高频、高压条件下也能作为电气绝缘材料和电容器介质材料。

3. 隔热性能好

塑料的导热系数极小，比金属小上百倍甚至上千倍，是热的不良导体或绝热体，因而常被用作绝热保温材料。泡沫塑料的导热系数与静止的空气相当。因此，聚苯乙烯、聚氨酯等许多泡沫塑料广泛应用于冷藏、建筑、节能装置和其它绝热工程。

4. 力学强度范围宽

塑料的力学强度范围宽广，从柔顺到坚韧甚至到刚、脆都有。大多数塑料的模塑制品的刚度与木材相近。不同塑料材料的力学强度差别很大，拉伸强度从 10 至 50MPa 甚至更大的都有。塑料的比强度接近或超过传统的金属材料的比强度。因此，普通塑料特别适用于受力不大的结构件。

5. 成型加工性能好

塑料成型加工方便，例如，用塑料做的机器零件，在多数情况下可以不须经过铸造、车削、铣、刨等工序，只要一次成型即可。

6. 减震、消音作用强

许多塑料由于柔软而富于粘弹性，当它受到外界的机械冲击震动或频繁的机振、声振等机械波作用时，塑料内部产生粘弹内耗，将机械能转变为热能而散发。因此，工程上常利用塑料（尤其泡沫塑料）材料作为减震和消音材料。

7. 耐磨性能好

大多数塑料摩擦系数很小，有些塑料还具有优良的减摩、耐磨和自润滑特性。许多工程塑料制品的摩擦零件可以在各种液体摩擦、边界摩擦和干摩擦等条件下有效地工作。有些塑料的耐磨性为许多金属材料所不及。例如，各种氟塑料以及用氟塑料增强的聚甲醛、聚酰胺塑料就是良好的耐磨材料。

8. 防腐蚀性优良

一般塑料都有较好的化学稳定性，对酸、碱、盐溶液、蒸汽、水、有机溶剂等具有不同程度的稳定性，超过了许多金属及其合金材料。因此，塑料广泛地用作防腐材料。号称“塑料王”的聚四氟乙烯甚至能耐“王水”等极强的腐蚀性介质的腐蚀。

9. 透光性及其防护性能良好

不少塑料如聚苯乙烯、聚氯乙烯、聚碳酸酯和丙烯酸类等塑料是无定型的（或很少结晶）。有些塑料（如聚酯、尼龙等）虽然结晶度较高，但其晶粒可以控制得很小，所以，许多塑料制品可以做成透明或半透明材料。其中聚苯乙烯和丙烯酸类塑料和玻璃一样透明，常用作特殊环境下玻璃的替代品。利用聚丙烯、聚乙烯等塑料薄膜既透光又保暖的特性，大量用于保护农作物。

综上所述，塑料由于它的优良的、多样的实用性，故在工农业生产、日常生活、国防以及科技领域中获得相当广泛的应用。然而，塑料也有许多缺陷。主要有如下几方面：

（1）热性能差。塑料的许多性能对温度的依赖性十分显著，即在不太高的温度之下，足以改变大分子的热运动方式和聚集态结构，从而影响到塑料几乎所有的性能。因此，使用温度范围不

宽和耐热性较差，是塑料突出的问题。

(2) 塑料的强度低，刚度则更低。

(3) 不易成型尺寸精密的制品。

(4) 塑料制品在使用过程中易产生蠕变、冷流、疲劳和结晶等现象。

(5) 塑料的耐老化性较差。导热性不良和热膨胀系数大。

(6) 许多塑料都容易燃烧，等等。

然而，我们可以通过各种手段对塑料的这些缺陷加以改善，以满足各种需要。

三、塑料基体材料——树脂

塑料制品的性能主要取决于树脂的特性，当然与其它组分的加入也有重要的关系。什么是树脂？树脂是这样的聚合物：受热时通常有软化或熔融范围，软化时，在外力作用下有流动倾向，常温下是固态、半固态或假固态等特性的聚合物，有时也可以是液态聚合物。在塑料工艺中，广义地讲，树脂是指作为塑料基体材料的任何聚合物。

近年来，广泛用于国民经济中的塑料大约有 40 多种(以树脂名称区别)基本类别，彼此性能互有差异。塑料分类方式很多。按塑料制品的软硬程度来分，可分为软质塑料、硬质塑料与半硬质塑料；按塑料制品的光学性能来分，可分为透明塑料和不透明塑料；按塑料制品的耐热性能来分，可分为耐热塑料(即耐沸水)与不耐热塑料(即在沸水中变形)；从应用角度来分，可分为通用塑料、工程塑料与功能塑料等；按基体树脂的化学组成来分，可分为聚烯烃塑料、乙烯基塑料、聚酰胺塑料、氟塑料等；按基体树脂分子链受热反应特性来分，可分为热塑性塑料与热固性塑料(本书的树脂部分就是采用这种分类方法)。这些分类方法都在某种程度上指明了塑料的某些特性或属性，但也存在种种不足。最后两种分类方法最常用。实际使用时也有将几种分类方法结合

起来使用的。

四、塑料辅助材料——助剂

塑料助剂是塑料在生产或成型过程中所需添加的，以改善成型工艺并提高塑料性能的各种辅助化学药品。大部分助剂是在塑料成型过程中添加于树脂中的。因此，塑料助剂也常被称为“辅助材料”、“添加剂”和“配合剂”，简称“助剂”。本书所讨论的助剂均是指这类助剂，不涉及到树脂合成过程中的“引发剂”等助剂。

助剂不仅可以在树脂的成型加工过程中改善聚合物的成型加工性能，改变成型条件与提高生产率，而且可以改进塑料制品的性能，提高其使用价值和寿命，从而在很大程度上弥补聚合物本身的缺陷。助剂是塑料必不可少的组成部分。例如，由于热稳定剂的出现，才使聚氯乙烯这种很不稳定的聚合物的成型加工与应用成为现实。

聚氯乙烯塑料是塑料中使用助剂最多的塑料品种。为使聚氯乙烯塑料具有柔韧性与弹性而加入增塑剂；为防止成型加工过程中的热降解而加入热稳定剂；为防其老化而加入抗氧剂和光稳定剂；为了提高其物理力学性能而加入改性助剂；为使其获得一定的色彩而加入着色剂等等。聚丙烯是一种极易氧老化的聚合物。用纯聚丙烯压制的薄片在150℃的条件下只要半小时便全部脆化；然而在聚丙烯树脂中加入少量的抗氧剂，在同样温度下可以经受2000h以上的老化试验也不至于全部脆化。热固性塑料在成型过程中需加入固化剂与促进剂等助剂才能成型。从这个意义上说，没有助剂的配合就没有塑料工业的生存和发展。

塑料助剂品种繁多，其分类方法也各式各样。从助剂的化学结构来分，既有无机物，也有有机物；既有单一化合物，又有混合物；既有低分子物，又有聚合物。目前比较通用的分类方法是按助剂的功能分类；在功能相同的一类助剂中，再按作用机理或化学结构分成若干小类。本书就是按此法对助剂进行分类的。纵观