机械工程非金属材料学

北京农业机械化学院主编

农 业 出 版 社

机械工程非金属材料学

北京农业机械化学院　主编

农　业　出　版　社

机械工程非金属材料学

北京农业机械化学院　主编

*　*　*

责任编辑　何致莹

农业出版社出版（北京朝内大街130号）

新华书店北京发行所发行　　农业出版社印刷厂印刷

787×1092 毫米 32 开本　7.5 印张　156 千字

1986 年 5 月第 1 版　1986 年 5 月北京第 1 次印刷

印数 1—5,880 册

统一书号 15144·699　　定价 1.35 元

前　言

近年来，随着材料科学与工程的发展，许多具有特殊性能和功能的高分子合成材料相继问世，它们在机械工业中愈来愈多地取代了若干合金、尤其是贵重合金材料制造零件，获得了明显的经济效果，给人们展现了良好的前景。因此，作为一个工程技术人员，仅仅具有金属材料方面的知识是不够的，还必须掌握正在迅速发展着的机械工程非金属材料方面的知识。

本书是根据近年来我们为农业机械各类专业所编写的《机械工程非金属材料学》的讲义，并经1984年7月在北京农业机械化学院举办的全国九十所高等院校有关教师参加的第二次《机械工程非金属材料学》讲习研讨班上再次试用后，重新整理编写而成。

全书分为高分子基础理论知识；有机高分子合成材料（塑料、橡胶、粘接材料）；无机非金属材料和复合材料等四部分，共七章。

本书由北京农业机械化学院赵世纬主编。书中绪论和第六章由赵世纬编写，第一至五章由北京农业机械化学院李德玉编写，第七章由浙江农业大学王均捷编写。全书由北京农业机械化学院农绍华主审。

本书在编写过程中，曾得到江苏工学院洪金玉、西安交通大学胡美玲、清华大学吴建铣和北京农业机械化学院丁耐克等不少老师的热情支持与帮助，在此仅表示我们的谢意。

本书可作为高等院校农业机械各类专业的教材或教学参考用书，也可供高等工业院校机械工程各类专业的教学以及各有关科技人员参阅。

由于我们水平有限，经验不足，书中缺点和错误在所难免，敬希读者批评指正。

编　者

1984年10月于北京

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

目　录

绪论……1

第一章　高分子材料的基础知识……8

第一节　高分子化合物的基本概念……8

一、高分子化合物的含义……8

二、高分子化合物的组成……10

三、高分子化合物的结构……12

四、高分子化合物的分类与命名……13

第二节　高聚物的基本特性……17

一、巨大的分子间力……17

二、单键的内旋转和大分子链的柔顺性……22

三、高弹性和可塑性……25

四、耐腐蚀性和绝缘性……27

五、大分子的可分割性和裂解反应……28

第三节　高聚物的聚集态结构与性能……28

一、高聚物的结构……29

二、结晶高聚物的性能……31

三、高聚物的力学状态……35

第四节　高聚物合成的原理……42

一、加聚反应……42

二、缩聚反应……44

第二章　常用塑料……46

第一节　概述……46

一、塑料的含义与组成……46

二、塑料的分类……49

三、塑料制品的成型与加工……50

第二节　塑料的性能……56

一、力学性能……56

二、热性能 ……65
三、电性能 ……68
四、耐腐蚀性能 ……70
五、耐气候性 ……71
第三节 常用塑料的结构、性能及应用 ……72
一、热塑性塑料 ……72
二、热固性塑料 ……97
第三章 塑料零件的设计与选材 …… 104
第一节 塑料零件的结构工艺性 …… 104
一、壁厚 …… 104
二、脱模斜度 …… 105
三、加强筋 …… 107
四、圆角 …… 108
五、孔的设计 …… 108
六、嵌件 …… 109
第二节 塑料的选用 …… 111
一、概述 …… 111
二、塑料选用的原则与方法 …… 113
三、各类结构零件可选用的塑料 …… 115
四、典型塑料零件选材综合分析及实例 …… 116
第四章 合成橡胶 …… 125
第一节 概述 …… 125
一、橡胶的组成 …… 125
二、橡胶的分类及主要性能 …… 127
三、橡胶制品的成型工艺 …… 129
第二节 常用橡胶材料 …… 130
一、天然橡胶 …… 130
二、通用合成橡胶 …… 132
三、特种橡胶 …… 136
第五章 合成胶接材料 …… 145

第一节　胶接的基本概念 …… 145
一、胶接的特点 …… 145
二、合成胶粘剂的分类及性能 …… 147
三、胶粘剂的组成与配制 …… 149
四、胶接工艺 …… 153
第二节　胶接机理 …… 156
一、胶接条件 …… 156
二、胶接基本原理 …… 158
第三节　常用胶接材料 …… 159
一、非结构胶粘剂 …… 160
二、结构胶粘剂 …… 161
三、特殊用途胶粘剂 …… 164
第四节　胶接材料的选用原则 …… 166
一、分清胶接对象 …… 166
二、弄清被粘物使用性能要求 …… 168
三、工艺可行，经济性好 …… 170
第六章　无机非金属材料 …… 172
第一节　陶瓷的组织结构 …… 173
一、晶相 …… 174
二、玻璃相 …… 185
三、气相 …… 188
第二节　陶瓷的性能 …… 189
一、机械性能 …… 189
二、热性能 …… 191
三、电性能 …… 192
四、化学性能 …… 192
第三节　常用工业陶瓷 …… 193
一、普通瓷 …… 193
二、氧化铝陶瓷 …… 194
三、氮化硅陶瓷 …… 194

四、碳化硅陶瓷 …… 197
五、氮化硼陶瓷 …… 198
第七章 复合材料 …… 199
第一节 概述 …… 199
一、复合材料的含义 …… 199
二、复合材料的性能特点 …… 200
三、复合材料的分类 …… 202
第二节 增强材料与增强原理 …… 204
一、基体及增强材料 …… 204
二、常用增强材料 …… 205
三、增强原理简述 …… 210
四、复合材料界面的作用 …… 215
第三节 塑料基复合材料 …… 217
一、玻璃纤维-树脂复合材料 …… 217
二、碳纤维-树脂复合材料 …… 219
三、其他纤维增强复合材料 …… 220
四、纤维-树脂复合材料的成型方法 …… 221
第四节 金属基复合材料 …… 224
一、概述 …… 224
二、纤维增强金属复合材料 …… 224
三、层状复合材料 …… 226
四、颗粒增强金属复合材料 …… 226
五、层压金属复合材料 …… 227
第五节 其他复合材料 …… 228
一、纤维增强橡胶复合材料 …… 228
二、陶瓷基复合材料 …… 229
三、碳-碳复合材料 …… 230
四、塑料-金属多层复合材料 …… 230
五、夹层结构材料 …… 231
六、泡沫塑料 …… 232

绪　论

一、材料科学和非金属材料

翻阅人类文明的史册，可以发现，生产技术的进步总是和新材料的应用紧密相关，每当出现一种新材料，社会生产就获得一次大发展，整个人类社会也随之而产生一次新的飞跃。因此，史学家常将人类的文明史按旧石器时代、新石器时代(陶器时代)、铜器时代、铁器时代来分期。如今，人类似乎又正在跃入一个新时代——人工合成材料的时代。

本世纪以来，科学技术以其惊人的速度向前发展，对材料的要求也愈来愈高，从而极大地促进了材料科学的发展。八十年前出现的世界上第一架飞机用的材料是木材和帆布，当时飞机飞行速度为 16 公里/小时，而当今的航天飞机飞行速度达六倍音速，体积表面温度高达 1000℃ 以上，没有性能高超的材料是不可能实现高速飞行的愿望的。又如，一万公里通讯用的电缆需要五千吨铜和两万吨铅，若采用光导纤维，只须几十公斤石英就够了，且抗干扰等性能更为优良。

当今的材料可谓浩如烟海，一般可分为金属材料、无机非金属材料和有机材料三大类。按用途分，也可分为结构材料和功能材料两大类。前者主要利用材料的力学性能，后者则指那些具有特殊物理化学性能、可以完成某种特殊功能的

材料。

作为机械工程用的材料，长期以来，一直主要使用金属材料，特别是钢铁材料。这是由于金属材料具有一系列优良的性能，特别是具有优良力学性能的缘故。然而人类拥有的金属矿产资源毕竟不可能是无穷无尽的。本世纪特别是近二、三十年以来，有机合成材料以3—4倍于金属材料的发展速度突飞猛进地向前发展着，并逐渐广泛地应用于工农业生产和日常用品中。无机非金属材料方面的研究和应用，进展也很迅速。

用于机械工程上的非金属材料，种类也很多，按材料来源常分为天然材料（天然橡胶、棉、麻等）和人工材料（合成橡胶、合成纤维等）。由于天然材料受其性能和资源的局限，在工业上主要使用合成材料。按化学组成分类，又可分为有机材料（工业上应用的塑料、合成橡胶和合成纤维）和无机非金属材料（工业陶瓷、耐火材料等）。

二、机械工程非金属材料的发展

高分子合成材料的发展仅约一百年的历史，其中发展最快、应用最广的是塑料。第一个用于工业的塑料是本世纪初研制的酚醛树脂，俗称电木，是电器工业中不可缺少的绝缘材料。塑料中掺入一些石棉粉，可制造汽车、拖拉机的刹车板。将塑料涂于玻璃布上，层压制成齿轮和轴承，可代替金属材料，不仅耐磨性能好，且传动无噪音，并可实现无油润滑。

二十年代创立和在后来逐步得到实验证实并发展了的高分子学说，从化学结构上阐明了高分子物质的共同特征，指

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

出高聚物的特性根源于它的长链型结构。高分子学说的确立，促进了三大合成材料的相继问世和高速度发展。如三、四十年代投产的聚乙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚酰胺、环氧塑料、ABS塑料、氟塑料等以及五、六十年代投产的聚丙烯、聚碳酸酯、聚甲醛、聚苯醚、聚砜等，至今仍是常用的工程塑料。

人们受生物现象的启示，制成了人造化学纤维。如三、四十年代出现的玻璃纤维、碳纤维、硼纤维等。用这些纤维来增强塑料制成复合材料，大大地提高了塑料的力学性能，从而扩大了其应用范围。

二次世界大战对绝缘材料和轮胎的急需，客观上促进了塑料和橡胶工业的发展。在高分子概念建立三十年后，人们首次用人工合成的方法获得了与天然橡胶具有同样结构且性能超过了天然橡胶的合成橡胶。一个年产45000吨的合成橡胶厂，其产量相当于一个占地45万亩的橡胶园在正常情况下的产量。

合成高分子材料在近半个世纪以来的发展是极其迅速的，这反映了它在国民经济中的重要性。全世界从1929—1969年，四十年内共增长500倍。就塑料而言，据统计，1930年世界塑料总产量为10万吨，1950年达160万吨，1960年640万吨，1970年3000万吨，1980年6009万吨，预计1985年将达一亿吨，到2000年将达3.5亿吨，约为当时钢铁产量（体积）的四倍。1983年的塑料产量按体积计已与钢铁产量相等。塑料能在短短的几十年里赶上了具有两千多年发展历史的钢铁，说明了高分子合成材料的重要性和发展

前景十分广阔。

无机非金属材料中，作为结构材料，发展最快的是现代陶瓷，它是五十年代才发展起来的。有高强度陶瓷、高温陶瓷、高韧性陶瓷、光学陶瓷、耐酸陶瓷等等。在国防、化工、建筑等工业部门发挥了它独特的作用。近年来，对现代陶瓷材料的进一步研究，将使其应用更为广泛。

三、高分子合成材料的性能特点

1.原料来源丰富。四十年代以来，高分子合成材料不再只用农副产品作原料，它可以大量使用煤、石油和天然气作为它的原料。因而使其发展更加迅速。

2.成型加工容易，生产率高。如一台普通的塑料注射机，可年产15万只塑料齿轮。相当于一个拥有20台滚齿机和五台车床的齿轮车间的年产量，尚不算其毛坯生产所耗费的设备、能源和工时。

3.构件质轻、比强度高。高分子合成材料都比金属轻，其比重约在1—2之间。一般工程塑料的比强度也都比钢铁和其它金属高。

比重小还可使机器自重减轻，从而使燃料消耗下降。如目前国外设计制造的高效发动机，在采用超高强度钢的同时，尽量多地采用工程塑料制造各种构件，以降低机器自重。

4.耐磨、自润滑性良好。工程塑料、合成橡胶、合成纤维都比天然材料耐磨。某些工程塑料，如聚四氟乙烯、超高分子量聚乙烯、尼龙等还具有良好的自润滑性，这对难以进行人工润滑条件下工作的摩擦付，无疑是良好的轴承材料。

5.耐腐蚀性能良好。塑料对一般的酸、碱等介质均有良好的抗腐蚀能力。被称为“塑料王”的聚四氟乙烯甚至置于“王水”中煮沸都不会被腐蚀。

6.具有良好的电绝缘性，消声性和减震性等。

缺点是：力学性能和使用温度较钢铁为差，且易于老化。人们正在设法研究改善这些性能，以进一步扩大其应用范围。

四、高分子合成材料的应用

1.在农业上的应用　高分子合成材料，尤其是塑料，在农业上的应用很广泛，已由聚氯乙烯单一品种发展到多品种。如用塑料薄膜对水稻育秧，每亩秧田因防止烂秧可节省种子 10 斤，全国二亿二千万亩稻田若都采用塑料薄膜育秧，可节省种子 22 亿斤。

此外，应用塑料肥田、改良土壤、蓄水、储粮、蔬菜和水果保鲜以及人工降雨等，可大大促进农业的现代化。

在渔业方面，使用塑料网，既可省去染网、晒网的大量人工，也省去了棉纱、黄麻、桐油、栲胶等原材料。且塑料网比棉麻网轻一倍多，吸水率可降低 38%，操作轻便，同时，塑料的强度是棉麻网的二倍，且弹性大，透明度高。由于塑料网下网光滑利索，起网脱水迅速，因而鱼的上网率高，产量猛增。

2.在机械制造业上的应用　近三十年来，高分子合成材料的应用已由日用品扩大到机械工程上，如结构件、传动件、摩擦磨损件、耐蚀件、绝缘件、软饰件等，用来制造框架、齿轮、轴承、凸轮、泵叶、密封环、摩擦付以及各种罩壳等。

在农业机械，交通运输等机械上大量采用高分子合成材料和复合材料，使机器美观轻巧、能耗下降。畜牧机械和植物保护机械中不少零、部件要求有高的抗腐蚀能力，用工程塑料可以代替价格较贵且制造工艺复杂的铜合金和不锈钢。许多机器中的滑动轴承用某些塑料代替原来的轴承合金材料，不仅大幅度提高了轴承使用寿命，且使机器运转平稳，并可实现无油润滑。

高分子合成材料还可制成胶粘剂，部分地取代机器中的螺接、焊接、铆接，简化了联结工艺，提高了生产率，如拖拉机制动器摩擦盘的胶接，模具中导向件的胶接等。在农业机械某些磨损件表面和机床导轨表面涂抹或粘接一层耐磨高分子合成材料，能提高零件的使用寿命。

目前，有的手扶拖拉机上已有三十多种零件用工程塑料制造，一辆汽车上约有300—400个塑料零件，一架大型客机中用的塑料零件多达2500个。

3.其它工业上的应用 在化学工业上，高分子合成材料的应用，基本上解决了防腐蚀的问题。全世界每年因腐蚀而损失的钢铁，数量是十分惊人的。若在容器、管道表面涂以耐蚀高分子材料，可大大减少金属材料的损耗。

在电气、电子工业上，某些塑料成功地用于电机、变压器、导线及若干元件上，使机器重量减轻、寿命增长。

此外，在纺织、仪器仪表、医药、轻工等工业中都已大量采用塑料零件。至于国防及宇航工业方面，塑料更是不可缺少的材料。

以工程塑料为主体的非金属材料在机械工程上的应用正

在迅速扩大。其发展方向将是：（1）对现在品种衍生改性；（2）继续研制具有某种优良性能的新品种；（3）研制复合材料，提高材料综合性能，特别是力学性能和高温性能；（4）发展功能塑料。

随着材料科学的进步，随着我国社会主义四个现代化事业的不断发展，各类非金属材料，在其性能上、品种上、产量上、价格上，必将不断有所创新，为机械工程提供更多更好的材料。

第一章　高分子材料的基础知识

第一节　高分子化合物的基本概念

一、高分子化合物的含义

高分子化合物包括有机高分子和无机高分子两类。有机高分子又有天然的和人工合成的两种，人们所熟悉的淀粉、纤维素、蛋白质等是天然有机高分子化合物，它和我们的生命过程密切相关。为了满足工农业生产和人民生活日益增长的需要，发展和应用了人工合成高分子材料。众所周知的塑料、合成橡胶、合成纤维等便是常见的合成有机高分子化合物。

高分子是指分子量很大的分子，也叫大分子。由大分子组成的物质称为高分子化合物，有时亦简称“高分子”或“大分子”。所以，高分子化合物是一类分子量很大的物质。低分子化合物的分子所含的原子数一般只有几个、几十个至多几百个，其分子量在500以下，而高分子化合物的分子所含的原子数一般均超过一千，分子量大多在5000以上，通常为几万、几十万甚至几百万（表1—1）。因此分子量很大是高分子化合物最突出的特征。

分子量介于500—5000之间的物质是属于低分子还是属

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com