



全国本科院校机械类**创新型**应用人才培养规划教材

制造之用

The Uses of Manufacturing

主编 王中任

适用于本科院校工科专业通识教育
集实用性、通俗性和适应性于一体
案例丰富、语言生动、可读性强



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材

制造之用

The Uses of Manufacturing

主 编 王中任
参 编 宗振华 刘海生



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

地址：北京市海淀区中关村大街22号

电话：010-62770175

网址：http://www.pup.cn

内 容 简 介

本书是在通识教育课程《制造之用》自编教材基础上重写而成,其根本目的是为了提升非机械类专业学生的制造技术方面的科技文化素养。

全书以汽车及其零部件制造为主要线索,全面地介绍了各种工程材料的制造工艺,包括塑料材料及其加工成型、橡胶材料及其加工成型、玻璃及其加工工艺、陶瓷及加工成型、金属材料与热处理、锻造成形、铸造成形、板料冲压成形、挤压与拉拔、焊接工艺、粉末冶金新工艺、金属切削加工,除此之外,还介绍了数控技术、特种加工、3D 打印技术、现代制造装备与自动化等先进制造技术,最后一章以汽车制造工艺进行总结,形成一个整体。本书的内容不包括食品加工、木材加工等内容。

本书可以作为本科院校非机械类专业通识教育选修课教材,也可以作为青少年科普教材。

图书在版编目(CIP)数据

制造之用/王中任主编. —北京:北京大学出版社, 2013. 12

(全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-23527-0

I. ①制… II. ①王… III. ①机械制造工艺—高等学校—教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 24304188号



书 名: 制造之用

著作责任者: 王中任 主编

策 划 编 辑: 童君鑫 宋亚玲

责 任 编 辑: 宋亚玲

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-23527-0/TH·0376

出 版 发 行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> 新浪官方微博: @北京大学出版社

电 子 信 箱: pup_6@163.com

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

印 刷 者: 北京富生印刷厂

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 12.5 印张 288 千字

2013 年 12 月第 1 版 2013 年 12 月第 1 次印刷

定 价: 30.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

“知人者明，自知者智”，应用型本科院校的工科专业通识教育选修课程的建设与改革，需要在实用性、通俗性和适应性方面下工夫，激发学生的学习兴趣，降低非工科学生的学习难度，提升学生的就业竞争力和长远发展力。

制造，每天都在影响和改变着我们的生活。多亏了制造，才让我们生活如此多彩缤纷，才能让人们“上天揽月，潜水捉鳖”。

在你日常生活中，你是否曾经想过这些问题：圆珠笔的圆珠、缝衣针如此小而精致，是怎么制造出来的？当你为装修房子购买塑胶水管和龙头的时候，对 PPR、PVC 这些代号以及质量鉴别是不是一头雾水？汽车是如何制造出来的？3D 打印技术为什么会那么热门？读完本书，你应该能回答这些问题。

为什么中国人都要懂一点儿制造？中国已经是世界制造大国，中国制造的文化普及却很迫切。无论你学的是什么专业，现在或者将来在什么岗位工作，你都有必要懂一点制造。随着全球化的逐渐推进，在经济相互依存日渐加强的世界各地，生活中如果没有了“中国制造”已经无法想象。

美好的生活，需要制造，更靠创造。不管你从事什么专业，都可以为“中国制造”快速跨越到“中国创造”贡献你的聪明才智。期望非机械类专业本科生都能懂一点儿制造，这正是编者的愿望，也是本书出版的初衷。因此，本书可以作为高校本科非机械类通识教育选修课教材，也可以作为青少年科普教材。

全书共分 18 章，内容包括：绪论，塑料材料及其加工成型，橡胶材料及其加工成型，玻璃及其加工工艺，陶瓷及加工成型，金属材料与热处理，锻造成形，铸造成形，板料冲压成型，挤压与拉拔，焊接工艺，粉末冶金新工艺，金属切削加工，数控技术，特种加工，3D 打印技术，现代制造装备与自动化，汽车制造。全书以汽车及其零部件制造为线索，绪论以汽车制造概述开始，最后一章以汽车制造工艺进行总结，形成一个整体。本书的内容不包括食品加工、木材加工等内容。

本书由湖北文理学院王中任担任主编，参加编写的还有宗振华和刘海生两位教师，以及彭畅、万仁全、秦凯歌、魏人杰、李彬、郑勇、张学飞、方俊、张明等同学，中航工业航宇公司的宋吉山高工对本书提出了许多宝贵的意见，在此向他们表示衷心的感谢。

由于自身知识和水平所限，书中难免有疏漏之处，敬请广大学者、专家、读者斧正，交流邮箱 xfu_wangzhongren@126.com。

王中任

2013 年 8 月于襄阳

目 录

第1章 导论	1
1.1 机械的构成	2
1.2 机械加工方法的种类	3
1.3 机械制造流程	4
1.4 制造业前景	5
思考及实践	6
第2章 塑料及加工成型	7
2.1 塑料材料	8
2.2 塑料挤出成型	13
2.3 塑料注射成型	17
思考及实践	19
第3章 橡胶及加工成型	20
3.1 橡胶材料	22
3.2 橡胶的加工成型	25
3.3 轮胎的加工	28
思考及实践	30
第4章 玻璃及加工成型	31
4.1 概述	32
4.2 玻璃的生产工艺	35
4.3 玻璃制品的二次加工	38
思考及实践	39
第5章 陶瓷及加工成型	40
5.1 概述	41
5.2 粉体的制备与合成	44
5.3 陶瓷成型技术	45
5.4 陶瓷材料的工程应用	46
思考及实践	46
第6章 金属材料与热处理	47
6.1 金属的用途	48
6.2 金属的力学性能	49

6.3 常用金属材料	51
6.4 金属热处理	55
思考及实践	60
第7章 锻造	61
7.1 概述	62
7.2 自由锻造	63
7.3 模锻	66
7.4 特种锻造	68
思考及实践	69
第8章 铸造	70
8.1 概述	71
8.2 常用铸造合金	72
8.3 砂型铸造	73
8.4 特种铸造	75
思考及实践	77
第9章 板料冲压	78
9.1 概述	79
9.2 冲压生产工艺	80
9.3 冲压设备	82
9.4 精冲技术	85
思考及实践	86
第10章 挤压与拉拔	87
10.1 概述	88
10.2 挤压设备与工艺	90
10.3 拉拔设备与工艺	92
思考及实践	94
第11章 焊接	95
11.1 概述	96
11.2 手工电弧焊	97
11.3 气焊	99
11.4 电阻焊	100



11.5 其他焊接方法	102	15.2 激光束加工	150
思考及实践	105	15.3 电子束加工	152
第 12 章 粉末冶金	106	15.4 离子束加工	153
12.1 概述	107	15.5 电火花加工	155
12.2 粉末冶金工艺过程	108	15.6 电化学加工	158
12.3 金属注射成形	111	思考及实践	161
思考及实践	113	第 16 章 3D 打印技术	162
第 13 章 金属切削加工	115	16.1 概述	163
13.1 概述	116	16.2 3D 打印的工作原理	163
13.2 金属切削刀具	117	16.3 典型的 3D 打印技术	164
13.3 金属切削机床	120	16.4 3D 打印的前景	168
13.4 机床夹具	123	思考及实践	169
13.5 切削加工过程	126	第 17 章 现代制造装备与自动化	170
13.6 切削加工质量	128	17.1 概述	171
13.7 典型零件的机械加工工艺	129	17.2 三维测量技术	171
思考及实践	130	17.3 工业机器人	173
第 14 章 数控技术	132	17.4 CAD/CAE/CAPP/CAM	175
14.1 概述	133	17.5 柔性制造系统	177
14.2 机械产品的数控化	133	17.6 计算机集成制造系统	179
14.3 数控加工基本过程	136	思考及实践	180
14.4 数控机床的主要类型	137	第 18 章 汽车制造	181
14.5 数控机床的组成	140	18.1 汽车构造	182
14.6 数控加工程序编制	141	18.2 汽车制造过程	186
思考及实践	148	18.3 汽车生产模式及发展	188
第 15 章 特种加工	149	思考及实践	190
15.1 概述	150	参考文献	191

第1章 导论



本章教学要点

知识要点	掌握程度	相关知识
机械的构成	了解以汽车为例的常用机械的组成部分和材料; 熟悉常用材料的加工工艺	汽车使用的材料种类; 汽车各种材料的加工方法
机械加工方法的种类	掌握铸造、锻造、冲压、焊接、切削加工的概念; 了解各种加工方法的特点和应用	铸造、锻造、冲压、焊接、切削加工的概念; 各种加工方法的特点和应用
机械制造流程	了解机械制造的一般流程; 了解汽车制造流程	机械制造的一般流程; 汽车制造流程
制造业前景	了解世界制造业的发展趋势; 了解中国制造的地位和前景	2008年金融危机以来的世界制造业格局; 中国从“制造大国”到“制造强国”之路



制造的英文单词 Manufacture, 来自拉丁文 “manu”, 意思是 by hand, 朗文词典的解释为 “to make or produce by machinery, esp. in large quantities” (用机器来进行做或生产, 特别是大量的)。

关于制造的定义, 有多种不同的角度, 有广义的, 也有狭义的。从狭义上说, 制造是指把原材料加工成适用的机电产品。从广义来说, 国际生产工程学会(CIRP)于 1990 年给出了制造的定义: 制造是涉及制造业中产品设计、物料选择、生产计划、生产过程、质量保证、经营管理、市场销售和服务的一系列相关活动和工作的总称。

制造是人类所有经济活动的基石, 是人类历史发展和文明进步的动力。没有制造, 就没有人们今天的美好生活。

要制造产品, 就不可避免地要使用机械, 甚至连产品对象也常常是机械。什么是机械? 机械是如何制造出来的? 制造有哪些方法? 下面以汽车的制造为例来进行简单介绍。

1.1 机械的构成

以最常见的机械——汽车为例来加以说明。一辆汽车是由车身、发动机、驱动装置和车轮等部分组成。制造汽车使用了多种材料, 从现阶段汽车零件的重量构成比例来看, 钢铁占 75%~80%, 有色金属占 5%, 非金属材料占 10%~20%。

钢铁材料有钢板、钢材和铸铁。钢板大多采用冲压成形, 用于制造汽车的车身和大梁; 钢材包括圆钢和各种型钢, 用圆钢作坯料, 采用锻造、热处理、切削加工等方法来制造曲轴、齿轮和弹簧等零件; 铸铁常用来铸造气缸、箱体和汽车零部件等。

钢铁的强度较高、价格低廉, 因此使用较多。使用场合不同, 对其性能要求也不同。例如, 制造汽车的车身时, 需使钢铁作较大的弯曲变形, 因此应采用易变形的钢板, 且要求表面美观便于销售。相反, 车架则要求钢板厚且强度高, 价格低廉, 因此应采用表面不太美观的较厚的钢板。

有色金属材料中铝合金应用最广, 用作发动机的活塞、变速箱壳体和皮带轮等。铝合金由于重量轻、美观, 大量用于制造汽车零件。锌合金用作装饰品和车门手柄。

非金属材料有工程塑料、橡胶、陶瓷、石棉、玻璃和纤维等。由于工程塑料具有比重小、易成形、着色性好、不生锈等性能, 用作汽车中的仪表盘、保险杠、车身内饰等。

图 1.1 给出了轿车各部分的名称、所用材料和加工方法。例如, 图上标注的车门(钢板、冲压)表示该部分的名称为车门, 所用材料是钢板, 采用冲压方法制成。从图中可知, 汽车的零件是用多种材料制成的, 采用的加工方法有铸造、锻造、冲压和注塑成形等。另外还有一些加工方法图中未标注出来, 如机械零件的精加工(切削、磨削)、焊接(用于板料的连接, 棒料的连接)等。

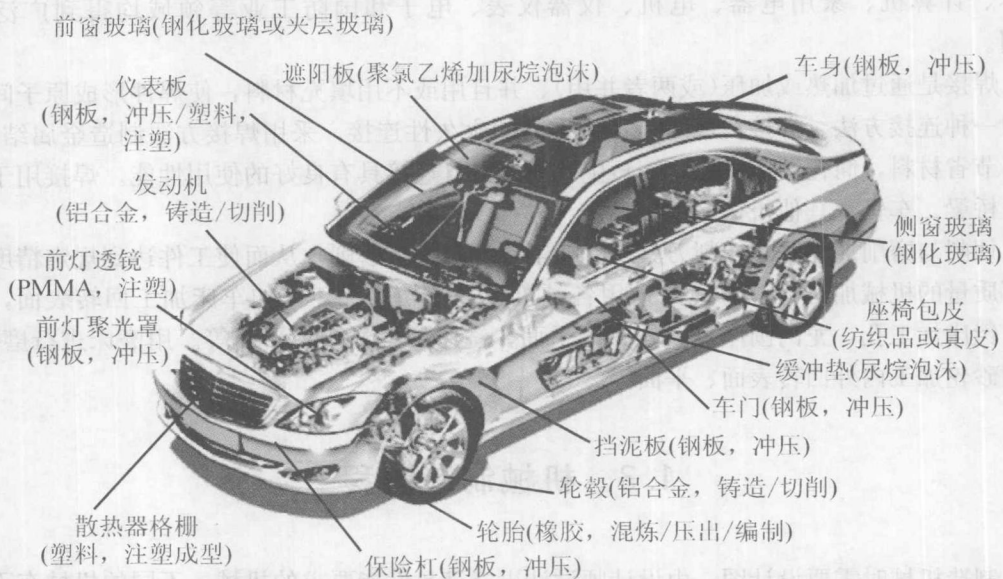


图 1.1 轿车各部分的名称, 所用材料和加工方法

1.2 机械加工方法的种类

从汽车的组成来看, 制造汽车需要用到多种加工方法。

铸造是将熔融金属注入具有与零件形状相适应的铸型型腔中, 待其冷却凝固后获得毛坯或零件的成形方法。用铸造方法得到一定形状与性能的金属件成为铸件。为了制造铸型, 先要制造与零件形状相似的模型, 在模型周围充填型砂, 取出模型后即制成具有一定空腔的砂型, 这一砂型称为铸型。铸造生产的优点是适应性强(可制造各种合金类别、形状和尺寸的铸件), 成本低廉。其缺点是生产工序多, 铸件质量难以控制, 铸件力学性能较差, 工人劳动强度大。铸造主要用于制造受冲击力小、形状复杂的毛坯, 如: 机床车身、发动机汽缸体、各种支架、箱体等。

锻造是指在加压设备及工具的作用下, 使坯料、铸锭产生局部或全部的塑性变形, 以获得一定的几何尺寸、形状和质量的锻件的加工方法。锻造分为模锻和自由锻。模锻是把加热的坯料置入锻模型腔中受压变形以获得锻件的方法。自由锻是将坯料置于上下砧铁之间加压使之变形以获得锻件的加工方法。锻件数量多时用模锻, 数量少时用自由锻。

冲压是利用压力机和冲模对材料施加压力, 使其分离或产生塑性变形, 以获得一定形状和尺寸的制品的加工方法。通常, 该加工方法在常温下进行, 主要用于金属板料成形加工。冲压在较大批量生产条件下, 虽然设备和模具资金投入大, 生产要求高, 但具有生产效率高, 制品的再现性好且质量稳定, 材料利用率高, 可生产其他加工方法难以实现的复杂零件, 可实现少切削或无切削加工等优点, 因此, 冲压生产在



汽车、计算机、家用电器、电机、仪器仪表、电子和国防工业等领域均得到广泛的应用。

焊接是通过加热或加压(或两者并用)、并且用或不用填充材料,使焊件形成原子间结合的一种连接方法。焊接实现的是不可拆卸的永久性连接,采用焊接方法制造金属结构,可以节省材料,简化制造工艺,缩短生产周期,且连接具有良好的使用性能。焊接用于船舶、桥梁、车辆及其他机械制造领域。

切削与磨削加工是用切削刀具进行切削或砂轮进行磨削,从而使工件达到规定精度和表面质量的机械加工方法。通常采用各种机床进行切削加工,如车床加工回转表面,钻床、镗床加工孔,龙门刨床加工较大的平面,铣床加工沟槽、平面等。用磨床进行磨削,如用砂轮加工内外回转表面、平面等。

1.3 机械制造流程

制造机械时需要设计图,由设计师设计出能满足性能要求的机械。不同的机械有不同的性能要求,对于汽车则必须满足动力性能、控制性能、操纵性能与安全性能,以及舒适、燃料消耗率低、噪声小等要求。

在设计时先进行总体设计,然后再进行零部件设计,画出装配图和零件图。根据零件图制造出零件,然后进行装配。通常不能根据设计图直接进行加工,而应根据设计图绘制出制造图,再按制造图进行加工。设计图绘出的是加工完成状态的零件图,而制造图则是在制造过程中某一工序完成时工件的状态,两者是有差异的。因此在加工时需要根据制造图准备合适的坯料,并进行预定的加工。

设计人员在设计零件时,应根据机械的使用场合、工作条件等选择零件的材料,决定加工方法。例如,在高温氧化气体中工作的受力零件,应选耐热性高的特殊钢,如果零件的形状复杂,则应选择铸造。在设计时不仅要重视零件的强度,还应考虑使用条件,综合决定零件的材料和加工方法,这是非常重要的。

机械制造方法有铸造、锻造、冲压、焊接、切削、磨削等方法。根据零件的不同,用其中的一种或几种方法来进行制造,之后再进行部件装配和总装配。装配时手工作业不少,在大量生产中也进行自动装配,但自动装配对设备的技术水平要求较高。

机械制造过程中和制造完成以后均要进行检验,从而保证机械的性能,确保其安全性,图 1.2 为汽车制造流程示意图。

汽车是一个比较典型的机械(或机电)产品,汽车制造是现代制造的缩影。本章只是通过汽车制造的例子,给大家建立制造的基本概念。从第 2 至 17 章,分章介绍汽车上用到的各种材料及其制造工艺,最后,在第 18 章,我们又将回到汽车制造,从微观上升到宏观,实现对“制造之用”认识的升华。

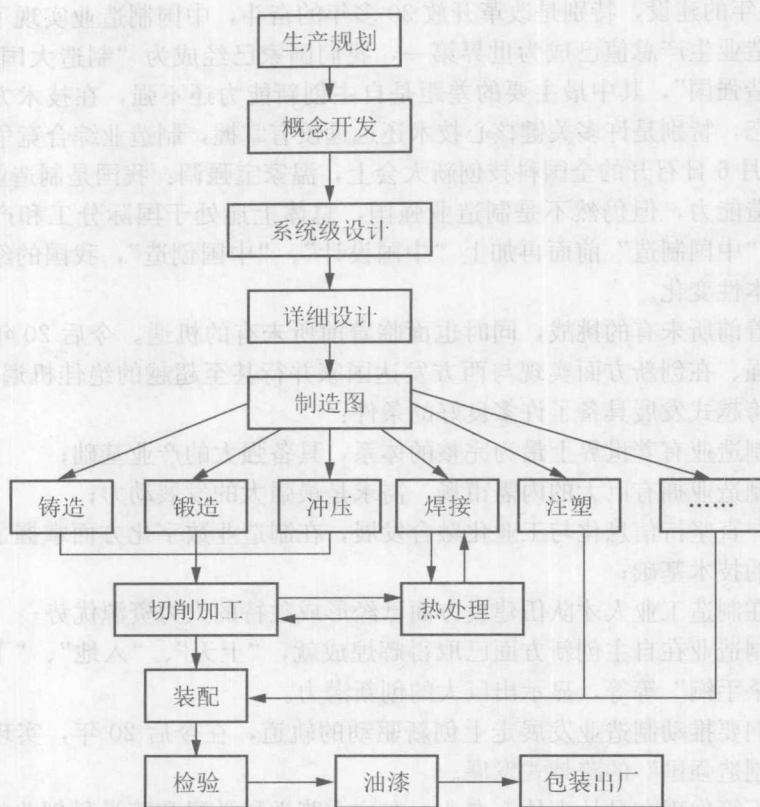


图 1.2 汽车制造流程示意图

1.4 制造业前景

2008 年国际金融危机以来,世界经济竞争格局发生了深刻变化,实体经济的战略意义再次凸显,新一轮科技革命蓄势待发,全球进入创新密集和产业振兴的新时期。

一方面,世界主要发达国家重新重视实体经济,纷纷实施再工业化战略。美国 2009 年制定《重振美国制造业框架》,通过了《制造业促进法案》,2011 年启动“先进制造业伙伴计划”,发布振兴制造业五年出口倍增计划,2012 年 2 月,又制定了《美国先进制造业国家战略计划》,提出要重新认识先进制造业在国民经济体系中的地位,保持在先进制造业领域的国际领先和主导地位。德国、英国、日本等国家都推出一系列重振制造业的重大举措,力图在知识技术密集的高端制造业重塑竞争优势。另一方面,西方发达国家振兴制造业走的是一条新路子,他们依靠科技创新,抢占国际产业竞争制高点、增强经济发展核心竞争力、谋求未来发展的主动权。

近年来,美国学者们发表了一批文章,他们强调新的工业革命即将到来,其核心技术是“制造业数字化”,他们认为美国在信息化方面具有巨大的优势,应该通过大力发展和广泛应用以数字化和智能化为核心的先进制造技术,实现制造业的革命性变化,重新获得在世界制造业的优势地位。



经过 60 多年的建设，特别是改革开放 30 多年的奋斗，中国制造业实现了历史性的跨越式发展，制造业生产总值已成为世界第一，我们国家已经成为“制造大国”。但是，我们还不是“制造强国”，其中最主要的差距是自主创新能力还不强，在技术方面一直处在跟踪和追赶状态，特别是许多关键核心技术还远远没有掌握，制造业综合竞争力还很弱。

2012 年 7 月 6 日召开的全国科技创新大会上，温家宝强调：我国是制造业大国，已经具备很强的制造能力，但仍然不是制造业强国，总体上还处于国际分工和产业链的中低端，如果能在“中国制造”前面再加上“中国设计”、“中国创造”，我国的经济和产业格局就会发生根本性变化。

中国面临着前所未有的挑战，同时也面临着前所未有的机遇。今后 20 年是我国制造业实现由大到强、在创新方面实现与西方发达国家并行甚至超越的绝佳机遇期。事实上，中国制造业的跨越式发展具备了许多良好的条件：

- (1) 我国制造业有着世界上最为完整的体系，具备强大的产业基础；
- (2) 我国制造业拥有巨大的内需市场，需求是最强大的发展动力；
- (3) 我国一直坚持信息化与工业化融合发展，在制造业数字化方面掌握了核心关键技术，具有强大的技术基础；
- (4) 我国在制造工业人才队伍建设方面已经形成独特的人力资源优势；
- (5) 我国制造业在自主创新方面已取得辉煌成就，“上天”、“入地”、“下海”、发电、高铁、国防“杀手锏”等等，显示出巨大的创新潜力。

总之，我们要推动制造业发展走上创新驱动的轨道，在今后 20 年，实现我国从“制造大国”到“制造强国”的跨越式发展。

同学们，不管你现在是从事什么专业，在这个跨学科学习和跨学科创业的新时代，相信你一定也能对未来的中国制造和国家富强做出你的贡献。

思考及实践

1. 什么是制造？狭义的制造和广义的制造有什么不同？
2. 自己查阅资料或到企业参观，看看汽车、电脑、塑料玩具是如何制造出来的？
3. 请查阅《离开中国制造的一年：一个美国家庭的生活历险》，领悟中国制造对于世界的意义，以及中国制造应该努力的方向。
4. 要实现我国从“制造大国”到“制造强国”的跨越式发展，我们青年学生要如何努力？

第2章

塑料及加工成型



本章教学要点

知识要点	掌握程度	相关知识
塑料材料	了解塑料的发展史； 掌握塑料的种类； 熟悉工程塑料的用途	塑料的概念和特点； 塑料的发展史； 塑料的分类和用途
塑料挤出成型	掌握挤出成型的概念； 了解挤出成型设备的组成； 了解挤出机的工作过程	挤出成型的概念； 塑料挤出机的组成； 塑料挤出机的工作过程
塑料注射成型	掌握塑料注射成型的概念； 了解注塑机的结构组成； 熟悉注塑成型工艺过程	塑料注射成型的概念； 注塑机的结构组成； 注塑成型工艺过程



塑料的产生不过 160 年的历史,但是给人类的生活带来了翻天覆地的变化。我们每一天的生活,都离不开塑料。早上起床刷牙,你已经从亲密接触尼龙塑料开始了新的一天。包装和盛放食物已离不开塑料盒。只要外出购物,不论到超市还是去农贸市场,必定会带回一大堆塑料袋。甚至从一出生就开始接触塑料奶瓶和塑料面盆,从此贯穿于人的一生。塑料产品由于花样多、价格便宜,已经渗透到生活的方方面面。而强度高、绝缘性好的工程塑料零部件,也已经应用于建筑、汽车、电器等领域。

那么,什么是塑料?塑料真的与环保格格不入吗?塑料产品都是如何加工制造出来的?带着这些问题,让我们一起走进塑料的世界。

2.1 塑料材料

塑料,英文 Plastic,来自希腊文 Plastikos(可成型、有可塑性),是指以树脂为主要成分,以增塑剂、填充剂、润滑剂、着色剂等添加剂为辅助成分,在加工过程中能流动成型的材料。

塑料是从高分子化合物加工制成的一类制品。高分子化合物最重要的特点是它的高分子量,通常分子量范围是 $10^4 \sim 10^7$ 数量级。高分子化合物又称为大分子、高聚物、聚合物。由一种结构单元(单体)构成的聚合物称为均聚物,由两种或两种以上结构单元构成聚合物为共聚物。共聚是改善和提高聚合物性能的一个重要方法。例如,汽车和家用电器中广泛使用的 ABS 塑料就是一种共聚物。

高分子化合物的命名通常有三种:一是对于均聚物和加聚物,常采用通俗名法,即在单体前面加“聚”字,如“聚氯乙烯”、“聚丙烯腈”等;二是对于由两种单体缩聚而成的聚合物,如果结构比较复杂或不太明确,往往在单体名称后面加上“树脂”二字表示,如“酚醛树脂”、“脲醛树脂”等;三是采用商品名称或简写代号命名,如“涤纶”、“有机玻璃”、“PVC”、“PA66”。

值得注意的是,树脂这个名词应用范围现在扩大了,未加工成型的聚合物往往都叫树脂,如聚氯乙烯树脂、聚丙烯腈树脂等。

塑料主要有以下特性:

- (1) 大多数塑料质轻,比强度和比刚度高;
- (2) 化学稳定性好,不会锈蚀;
- (3) 耐磨性和自润滑性好,摩擦系数小;
- (4) 绝缘、绝热、隔声性能好;
- (5) 成型性、黏接性、着色性能好,同时还具有多种防护性能。

由于塑料的优良特性,它的应用领域不断扩大,在汽车、计算机、机电、仪器仪表、医疗、建筑以及日用工业等许多行业均获得广泛的应用。如电视机壳体、电缆、塑料门窗、塑料袋、衣架、玩具等。

1. 塑料的发展史

塑料时代的开始以合成塑料、酚醛塑料(PF)的出现为标志。赛璐璐于 1865 年问世,是首批人造塑料。尽管德国化学家拜尔早在 1872 年就发现,苯酚和甲醛反应后,玻璃管

底部有些顽固的残留物。不过拜尔的眼光在合成染料上,而不是绝缘材料上。但美籍比利时化学家贝克兰(Leo Baekeland)发明了一种试验装置,能精确控制温度和压力,从而有效控制化学反应,并且比英国人斯文伯恩早一天递交了专利申请,因而成功合成酚醛树脂(俗称“电木”,一种热固性塑料),成为“塑料之父”。

聚酰胺(PA),俗称“尼龙”,它的出现是塑料时代的里程碑。其显著特点是具有热塑性,因此是一种热塑性塑料。关于聚酰胺的发明,流传着一段关于最早的企业进行基础性科研的佳话。聚酰胺(PA)由杜邦公司的卡罗瑟斯(Wallace Carothers)于1931年申请专利,1935年合成PA,但由于原料和设备问题未能实现商业化。1935年卡罗瑟斯又合成PA66,开始了尼龙袜时代,实现了化学纤维的商业化。1938年,硬毛尼龙开始用于制造牙刷,开创了清洁牙齿的新时代。发明了尼龙后,袜子市场才发生了彻底的变化,第一批尼龙袜子样品于1939年出现在世界博览会上。1940年,高筒尼龙袜在美国创造历史最高销售纪录。至此,透明轻薄的尼龙袜配上裙子成为欧美贵妇人的时髦产品。

PA66实现商业化有三个条件:一是解决了原料,能够从苯酚大量生产己二酸,并从己二酸生产己二胺;二是解决了生产工艺和设备(熔体纺丝新技术及输送、计量、卷绕设备)的问题。

尼龙丝袜带给我们的启示:要实现实验室成果的商品化,即所谓的成果产业化,一是要解决原料的工业来源(大量而低廉);二是要有成套的设备和技术。

卡罗瑟斯与杜邦公司的成功给我们的启示:与技术相比科学要走在前面,与生产相比技术要走在前面;没有科学研究,没有技术成果,新产品的开发是不可能的。

其他热塑性塑料在20世纪20年代至40年代如雨后春笋般地出现,1926年发明聚氯乙烯(PVC),1930年发明聚苯乙烯(PS),1931年发明有机玻璃(PMMA),1933年发明低密度聚乙烯(LDPE),1943年发明聚四氟乙烯(PTFE)等等。聚四氟乙烯,又称“泰富隆”、“塑料之王”,具有耐高温、耐化学腐蚀性能、介电性能好的特点,同时,它的摩擦系数极低。它的产生解决了机床、化工、石油、制药等领域的许多问题,广泛用于制造机床贴塑导轨,化工密封件、垫圈、垫片。

塑料时代的大发展的标志是聚乙烯(PE)和聚丙烯(PP)的出现。低密度聚乙烯(LDPE)和高密度聚乙烯(HDPE)由德国化学家齐格勒(K. Karl Ziegler)发明,而意大利化学家纳塔(Giulio Natta)合成了PP,聚烯烃发明的关键是发明催化剂,促进了聚合反应和材料分子排列。由于石油工业的快速发展,工业上可以大量从石油中提取PE和PP的单体乙烯和丙烯,从此,聚烯烃类塑料成为使用量最大的塑料品种,占到塑料总产量的30%以上。

由于塑料具有廉价、轻质、绝缘、不易腐蚀、不易生锈、易塑、多样等特点。从20世纪40年代开始,塑料产业步入快速发展的时代。20世纪40年代,人造纤维产品超过羊毛产量。20世纪50年代,塑料产量超过了铝(体积)。20世纪80年代,塑料产量超过了钢铁(体积)。2003年,塑料产量突破2亿吨。

2007年,伦敦科学博物馆举办了纪念合成塑料问世百年的展览。科学博物馆馆长苏珊·莫斯曼说:“塑料的故事是过去百年材料世界的核心线索之一。有了塑料,才有消费革命,收音机、电视、计算机、合成纤维、一次性用具才得以大量生产。”

2. 塑料的分类

塑料种类很多,到目前为止世界上投入生产的塑料大约有三百多种。塑料的分类方法



较多,常用的有两种。

1) 热塑性塑料和热固性塑料

根据塑料受热后的性质不同,可以将塑料分为热塑性塑料和热固性塑料。热塑性塑料分子结构都是线性结构,在受热时发生软化或熔化,可塑制成一定的形状,冷却后又变硬。在受热到一定程度又重新软化,冷却后又变硬,这种过程能反复进行多次。如聚乙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯等。热塑性塑料成型过程比较简单,能够连续化生产,并且具有相当高的机械强度,因此发展很快。

热固性塑料的分子结构是体型结构,在受热时也发生软化,可以塑制成一定的形状,但受热到一定程度或加入少量固化剂后,就硬化定型,再加热也不会变软和改变形状了。热固性塑料加工成型后,受热不再软化,因此不能回收再用,如氨基塑料、酚醛塑料、环氧树脂等。热固性塑料成型工艺过程比较复杂,所以连续化生产有一定的困难,但其耐热性好,不容易变形,而且价格比较低廉。

2) 通用塑料和工程塑料

根据塑料的用途不同,可将塑料分为通用塑料和工程塑料。通用塑料是指产量大、价格低、应用范围广的塑料,主要包括聚烯烃、聚氯乙烯、聚苯乙烯、酚醛塑料和氨基塑料五大品种。人们日常生活中使用的许多制品都是由这些通用塑料制成的,如图 2.1 所示。



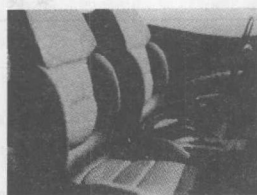
图 2.1 生活中的通用塑料制品

工程塑料是可作为工程结构材料和代替金属制造机器零件等的塑料,如聚酰胺、聚碳酸酯、聚甲醛、聚四氟乙烯、聚酯等。工程塑料具有密度小、化学稳定性高、机械性能良好、电绝缘性优越、加工成型容易等特点,广泛应用于汽车(图 2.2)、电器、化工、机械、仪器、仪表等工业领域。

常用塑料的特性和用途见表 2-1。

3. 塑料的成型特性

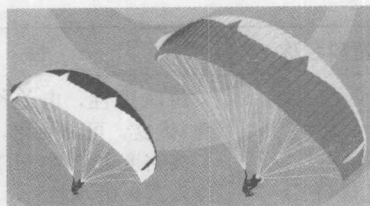
塑料成型是将各种形态(粉料、粒料、溶液和分散体)的塑料制成所需形状的制品或坯件的过程。塑料成型方法的选择主要取决于塑料的类型(热塑性还是热固性)、起始形态以及制品的外形和尺寸。经过上百年的发展,塑料成型的方法已达三十多种。加工热塑性塑



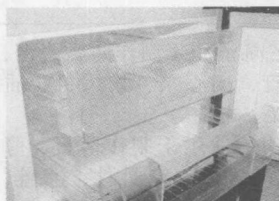
(a) PC聚氨酯汽车座椅



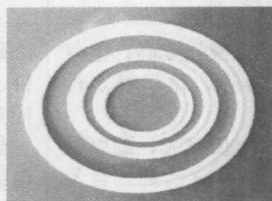
(b) 聚甲醛齿轮



(c) 尼龙降落伞



(d) PC冰箱冷冻抽屉



(e) 聚四氟乙烯阀门专用密封圈



(f) 聚酯(PET)方向盘

图 2.2 汽车上的工程塑料制品

表 2-1 常用塑料性能与用途

塑料名称	性 能	用 途
聚甲醛(POM)	综合性能良好,强度、刚性高,抗冲击、疲劳,减摩耐磨性好,吸水率低,尺寸稳定性好,但热稳定性差,易燃烧,长期曝晒易老化	适用于制作减摩零件、传动零件、化工容器及仪器仪表外壳;齿轮、把手、螺杆、输油管、飞轮等
聚碳酸酯(PC)	有突出的冲击强度、较高的弹性模量和尺寸稳定性。无色透明,着色性、耐腐蚀性、耐热性、耐磨性、电绝缘性较好,但自润性差,有应力开裂倾向	适用于制作仪表小零件、绝缘透明和耐冲击零件;照相机本体、机具外壳、安全帽、潜水镜、安全镜片、管材、绝缘套、防护罩、螺杆等
聚苯乙烯(PS)	电绝缘性优良,无色透明,透光率仅次于有机玻璃纤维,着色性、耐水性、化学稳定性良好,机械强度一般,但性脆,易产生应力碎裂,不耐苯、汽油等有机溶剂	适用于制作绝缘透明件、装饰件及化学仪器、光学仪器等零件,在工业上:仪器仪表零件、灯罩、透明模型等;在日用品方面:包装材料、装饰材料、各种容器、玩具等
聚丙烯(PP)	聚丙烯是塑料中最轻的,强度、刚度、硬度、耐热性均优于PE,可在100℃左右使用。具有优良的耐腐蚀性,良好绝缘性,不受湿度的影响,但低温变脆,不耐磨,易老化	适用于制作一般机械零件、耐腐蚀零件和绝缘零件;水管、胶膜、胶布、容器、铰链、洗发液瓶盖、一次性注射器管、水桶、渔网、滤布等
丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物(ABS)	综合性能良好,冲击韧性、机械强度较高,尺寸稳定,耐化学性、电性能良好;易于成型,与372有机玻璃的熔接性良好,可作双色成型塑料制品,且表面可镀铬	广泛应用于家用电子电器、工业设备及日常生活用品等领域;如计算机、电视机、录音机、电风扇等壳体;工业机械中的齿轮、轴承、仪器仪表盘等,玩具、包装容器、家具等