

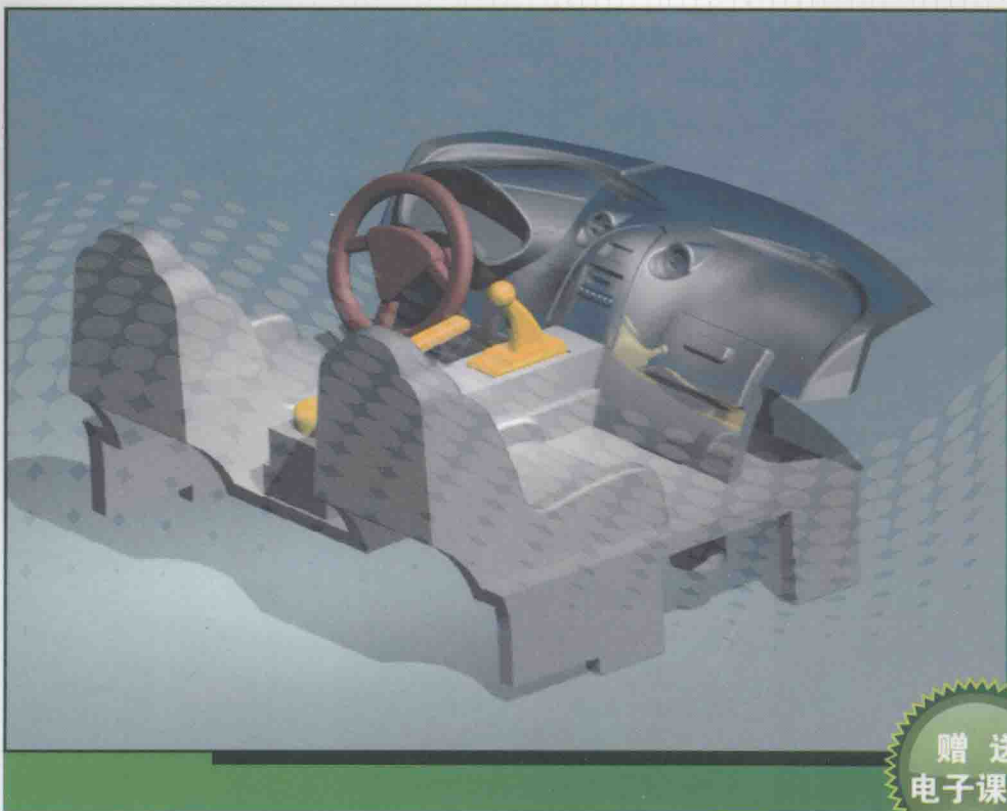


高职高专模具设计与制造专业规划教材

塑料模具设计

SULIAO MUJU SHEJI

刘朝福 编著



赠送
电子课件

本书特色

- ❁ 内容编选兼顾理论，重在应用。
- ❁ 教材内容广泛全面，知识体系繁简相依，博采众长。
- ❁ 项目案例源于实际，典型丰富。



清华大学出版社

高职高专模具设计与制造专业规划教材

塑料模具设计

刘朝福 编 著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书结合我国模具工业的实际,以工作过程为导向,参照模具企业的工作流程,从塑料及塑料的成型工艺开始,全面系统地介绍了注射模具、压缩模具、压注模具和挤出模具等内容,重点分析和介绍了注射模具各机构、各系统的设计方法和设计要点,融合了当前模具工业最新的设计理念,体现了理论与实际相结合的特点,具有很强的针对性、实用性和可操作性。

本书可作为高等学校模具设计与制造、材料成型与控制工程等专业的教材,也可供从事模具设计与制造的工程技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

塑料模具设计/刘朝福编著. —北京:清华大学出版社,2010.3

(高职高专模具设计与制造专业规划教材)

ISBN 978-7-302-22075-6

I. 塑… II. 刘… III. 塑料模具—设计—高等学校:技术学校—教材 IV. TQ320.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 026617 号

责任编辑:孙兴芳 桑任松

装帧设计:杨玉兰

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:19 字 数:456 千字

版 次:2010 年 3 月第 1 版 印 次:2010 年 3 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:33.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:032471-01

前 言

近年来,随着我国制造业的迅猛发展,我国的模具工业也迅速发展壮大,工业企业界对模具人才的综合素质和能力提出了更高的要求。为了适应新形势下对模具人才培养的需求,作者根据十几年来在模具研发和教学方面的经验,以及长期指导学生到模具企业进行生产实习的心得和体会,参照模具企业真实的设计流程和设计理念,并在充分吸收、提炼国内外相关理论和著作的基础上,编写了《塑料模具设计》这本教材,旨在满足新形势下的教学需求。

本书具有以下特点。

1. 内容编选兼顾理论,重在应用

模具设计是一门应用性很强的专业课程,作者在本书的编写过程中,始终坚持兼顾理论、重在应用的原则,大量删减了传统模具教材中生、偏、苦、涩的理论,重点放在模具的设计要点、设计流程和设计方法上,使学生置身于真实的设计环境中,逐步培养学生的实际设计能力。同时,本书的编写融合了我国当前模具工业发展的最新标准和技术,反映了国内外模具设计学科的最新动态。

2. 以工作过程为导向的知识结构

在知识结构上,本书重点介绍了塑料模具中比重最大、技术含量最高的注射模具。以一副注射模具设计的全过程为主线,依次介绍了塑料成型工艺的选择、模具方案的确定、成型系统的设计、开模与脱模机构设计、模架与钢材的选择、温控系统的设计等内容,充分体现了以工作过程为导向的教学理念,做到主线明确、层次分明、重点突出、结构合理。

3. 知识体系博采众长

作者在广泛参考、吸取和提炼国内外相关教材的优点,充分吸收国内外最新学科理论的研究成果和教学改革成果的基础上,对本书知识体系进行了精心组织。

4. 教材框架与体例便于教学

在体例架构方面,本书每章开头均介绍了本章的知识目标和技能要求,有助于学生迅速熟悉该章的知识系统,便于教师教学和学生自学;全书分析阐述深入浅出,语言通俗易懂,体例编排图文并茂。

本书由刘朝福编著,参与讨论和编写的还有刘跃峰、彭晓楠、秦国华、冯翠云、谢海涌和韦雪岩等。在本书的编写过程中,得到了全国模具标准化技术委员会主任委员廖宏谊



教授的大力支持，并提出了许多建设性的宝贵意见，在此表示感谢！

由于作者水平有限，时间仓促，难免还会存在错误和不足之处，真诚希望得到广大专家和读者的批评和指正，来函请用电子邮件发送至 LCF558@yahoo.cn。

编 者

目 录

第 1 章 绪论.....	1	2.5.10 塑料制品的尺寸、精度 和表面质量	33
1.1 塑料模具及其制品	2	第 3 章 注射模方案设计	35
1.2 国内外模具工业的发展现状	3	3.1 注射模的结构组成	36
1.3 塑料模具的发展趋势	5	3.2 注射模的类型	37
第 2 章 塑料与塑料成型工艺	6	3.2.1 单分型面注射模	38
2.1 塑料的基础知识	7	3.2.2 双分型面注射模	39
2.1.1 塑料的由来	7	3.2.3 侧向分型与抽芯注射模	41
2.1.2 塑料的组成	7	3.2.4 带活动镶块注射模	41
2.1.3 塑料的分类	9	3.2.5 脱模机构设在定模侧的 注射模	42
2.1.4 塑料的使用性能	10	3.2.6 热流道注射模	43
2.1.5 塑料的热力学性能	11	3.3 注射模与注射机的匹配	43
2.1.6 塑料的成型工艺性能	12	3.3.1 注射机的类型	43
2.2 常用的塑料	16	3.3.2 注射机的主要技术参数	47
2.2.1 常用的热塑性塑料	16	3.3.3 注射机主要技术参数的校核	48
2.2.2 常见的热固性塑料	18	3.3.4 注射模的安装固定方法	53
2.3 塑料的成型工艺	19	3.4 注射模分型面的确定	53
2.3.1 注射成型	19	3.4.1 分型面的形式	54
2.3.2 压缩成型	21	3.4.2 分型面的选择	54
2.3.3 压注成型	22	3.5 模腔的数目与排列	59
2.3.4 挤出成型	23	3.5.1 模腔数目的确定	59
2.3.5 其他成型工艺	23	3.5.2 模腔的排列	60
2.4 塑料模具的类型	24	第 4 章 注射模成型系统设计	63
2.5 塑料制品的设计	25	4.1 浇注系统设计	63
2.5.1 塑料制品的选材	25	4.1.1 浇注系统的组成	64
2.5.2 塑料制品的壁厚	25	4.1.2 主流道的设计	64
2.5.3 塑料制品的加强筋	26	4.1.3 分流道的设计	66
2.5.4 塑料制品的支承面	27	4.1.4 浇口的设计	72
2.5.5 塑料制品的脱模斜度	28	4.1.5 冷料穴的设计	81
2.5.6 塑料制品的孔	28	4.1.6 浇注系统的流动平衡	83
2.5.7 塑料制品的螺纹	29	4.2 排气与引气系统设计	85
2.5.8 塑料制品的嵌件	30	4.2.1 排气系统设计	85
2.5.9 塑料制品的表面标记与图案	32		



4.2.2 引气系统设计	86	6.2.1 模架概述	159
4.3 成型零件设计	88	6.2.2 标准模架	160
4.3.1 型腔的基本结构	88	6.2.3 模具标准化	164
4.3.2 型芯的基本结构	89	6.3 注射模温度调节系统设计	165
4.3.3 成型零件的镶拼结构	91	6.3.1 模具温度对塑件成型的影响	165
4.3.4 成型零件工作尺寸的计算	94	6.3.2 冷却系统设计	165
4.3.5 成型零件的力学计算	96	6.3.3 冷却系统结构实例	175
第5章 注射模开模与脱模机构设计	101	6.3.4 注射模加热系统设计	176
5.1 顺序开模控制机构设计	102	6.4 注射模具钢材	177
5.1.1 弹簧式顺序开模控制机构	102	6.4.1 注射模对钢材的要求	177
5.1.2 摆钩式顺序开模控制机构	104	6.4.2 注射模常用的钢材	178
5.1.3 摩擦式顺序开模控制机构	107	第7章 注射模设计实例及新技术	183
5.1.4 滑块式顺序开模控制机构	108	7.1 注射模具的设计流程	184
5.2 脱模机构设计	109	7.2 塑料储油罐注射模设计实例	186
5.2.1 脱模机构的组成	109	7.3 注射成型新技术及其模具	191
5.2.2 脱模力的计算	110	7.3.1 热流道注射成型简介	191
5.2.3 一次脱模机构	111	7.3.2 绝热流道注射模	193
5.2.4 二次脱模机构	118	7.3.3 加热流道注射模	196
5.2.5 双脱模机构	120	7.3.4 热流道注射模结构实例	199
5.2.6 浇注系统凝料脱出机构	121	7.3.5 热固性塑料注射成型及其模具	200
5.2.7 复位机构	123	7.3.6 气体辅助注射成型及其模具	202
5.2.8 螺纹塑件的脱模机构	125	7.3.7 共注射成型及其模具	205
5.3 侧向分型与抽芯机构设计	130	第8章 压缩模设计	208
5.3.1 滑块的运动形式	130	8.1 压缩模的结构与类型	208
5.3.2 侧向抽芯的基本类型	131	8.1.1 压缩成型的特点	208
5.3.3 斜导柱抽芯机构	132	8.1.2 压缩模的典型结构	209
5.3.4 斜滑块抽芯机构	145	8.1.3 压缩模具的类型	210
5.3.5 斜推杆抽芯机构	147	8.2 压缩模成型系统设计	214
5.3.6 弯销抽芯机构	149	8.2.1 加压方向的选择	214
5.3.7 斜滑槽抽芯机构	150	8.2.2 凸模与凹模的设计	216
5.3.8 齿轮齿条抽芯机构	151	8.2.3 加料室尺寸的计算	221
第6章 注射模其他机构与系统设计	155	8.3 压缩模结构零部件设计	223
6.1 导向与定位机构设计	155	8.3.1 导向零件	223
6.1.1 导柱和导套导向	156	8.3.2 压缩模的脱模机构	224
6.1.2 锥面对合导向	158		
6.1.3 斜面对合精确定位	159		
6.2 模架与模具标准化	159		

8.3.3 压缩模侧向分型与抽芯机构.....	229	10.4.3 电线电缆挤出机头.....	262
8.4 压缩模结构实例.....	232	10.4.4 异型材挤出机头.....	263
第 9 章 压注模设计	233	第 11 章 其他塑料成型工艺及其模具	266
9.1 压注模的结构与类型.....	234	11.1 中空吹塑成型及其模具.....	266
9.1.1 压注成型的特点.....	234	11.1.1 中空吹塑成型简介.....	266
9.1.2 压注模的结构组成.....	234	11.1.2 吹塑件设计要点.....	269
9.1.3 压注模的类型.....	235	11.1.3 中空吹塑模具的基本结构.....	270
9.2 压注模设计要点.....	238	11.1.4 中空吹塑模具的设计要点.....	272
9.2.1 加料室的设计.....	238	11.2 真空吸塑成型及其模具.....	274
9.2.2 压柱的设计.....	240	11.2.1 真空吸塑成型简介.....	274
9.2.3 浇注系统的设计.....	241	11.2.2 真空吸塑成型模具的基本结构.....	274
第 10 章 挤出模设计	246	11.2.3 真空吸塑模具的设计要点.....	275
10.1 挤出成型过程.....	246	11.3 压缩空气成型及其模具设计.....	276
10.2 挤出模的分类与结构要点.....	248	11.3.1 压缩空气成型简介.....	276
10.2.1 挤出模的分类.....	248	11.3.2 压缩空气成型模具的基本结构.....	277
10.2.2 挤出模的基本结构.....	248	11.3.3 压缩空气成型模具的设计要点.....	277
10.2.3 挤出机头与挤出机的连接.....	249	附录	279
10.2.4 挤出机头的设计要点.....	250	参考文献	286
10.3 管材挤出机头.....	251		
10.3.1 管材挤出机头结构.....	251		
10.3.2 管材挤出机头的零件设计.....	253		
10.3.3 定径套的设计.....	257		
10.4 其他挤出机头.....	259		
10.4.1 棒材挤出机头.....	259		
10.4.2 吹塑薄膜挤出机头.....	260		

第 1 章 绪 论

知识目标

- 了解塑料制品及其模具在国民经济中的重要地位。
- 了解国内外模具工业的发展现状。

技能要求

- 具备查找和分析模具工业相关资讯的能力。

主要理论及工程应用导航

塑料制品在家用电器与办公设备中的应用

如图 1-1 所示的电器产品,已经普及到了我们的日常生活和工作中了,这些产品的使用极大地提高了人们的生活水平和工作效率。在这些产品中,有 80%的零件是用塑料制造的,大家知道这些塑料零件是怎样生产出来的吗?知道这些塑料零件的生产效率和生产成本吗?

事实是,这些塑料零件大都不是通过我们曾经熟悉的切削加工而获得的,而是通过模塑的方法得到的。这种模塑的方法与切削加工有不同的工艺和设备要求,其生产效率往往是切削加工的十倍以上,生产成本却可能不到切削加工的十分之一。比如,平均每生产一件冰箱门,所需时间不到一分钟,而其生产成本却不到十元钱!

当然,要实现这种全新的生产工艺,其中一个关键的因素就是塑料模具。下面,让我们开始认识塑料模具吧。

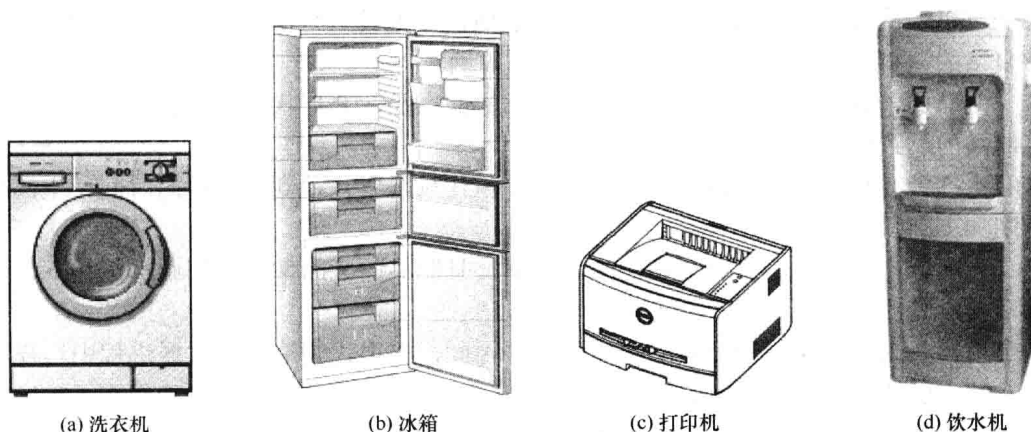


图 1-1 常见的电器

1.1 塑料模具及其制品

模具是利用其特定的形状,加工出具有特定形状和尺寸制品的工具,是工业生产中重要的工艺装备。根据模具加工原材料的不同,一般分为冲压模具(其加工对象一般为金属板料)和塑料模具。塑料模具,顾名思义,其加工的对象为塑料,加工所得产品称为塑料件或塑料制品。

据统计,在家用电器、办公设备、仪器仪表、电工电子、建筑、玩具等行业中,平均70%以上的产品是用塑料模具来成型的,如表 1-1 所示。

表 1-1 常见产品中塑料零件所占百分比

产品类别	家用电器,如:冰箱、洗衣机、空调、饮水机等	办公设备,如:打印机、复印机、传真机等	仪器仪表,如:电度表、万用表、开关、插座等	电工电子,如绝缘器具、计算机、手机、计算器等	建筑与装修,如:给/排水管、阀门、室内门、窗等	交通工具,如轿车、客车、摩托车、电瓶车等	玩具,如:玩具车、玩具模型等
塑料零件所占数量百分比	70%~90%	70%~90%	70%~85%	60%~80%	70%~98%	50%~70%	70%~95%

这些产品之所以大量采用塑料零件,是因为用模具来生产塑料制品,具有以下几个特点。

- (1) 制品的精度高。通过塑料模具可以生产出比较高精度的塑料产品。
- (2) 可以一次性成型复杂的制品。通过巧妙地设计模具的结构,可以一次性生产出结构非常复杂的塑料制品,从而减少了产品的零件数量。
- (3) 制品的一致性。俗称“一个模子出来”的产品,其形状、尺寸和精度几乎没有变化,制品的一致性非常好。
- (4) 生产效率高。模具完成一次成型循环,往往只需要几秒到几十秒的时间,生产效率比切削加工高得多。
- (5) 生产成本低。由于具有极高的生产效率,且制品的废品率低,因此,平均下来,每一件塑料制品的生产成本都比较低廉。

由于用模具来生产塑料制品具有上述优点,因此,在现代制造业的发展进程中,模具的地位及其重要性日益受到人们的重视。20 世纪 40 年代后,塑料模具工业得到了迅猛的发展,迅速降低了很多产品的成本,从而大大提高了人们的生活水平。所以,在工业发达国家,有“模具是进入富裕社会的垫脚石”的说法。

事实上,凡是工业发达的国家,其模具工业都得到了极大的发展,模具工业的产值大都已经超过机床工业的产值;而模具制造技术水平的高低,已经成为衡量一个国家制造业水平高低的重要标志之一,没有高水平的模具就没有高水平的产品已成为共识。在我国,模具工业不仅是装备工业的重要组成部分,也是高新技术产业的重要组成部分,还是国民

经济五大支柱产业——机械、电子、汽车、石化和建筑发展的基础。

1.2 国内外模具工业的发展现状

现代模具工业与制造业的发展密切相关,经过近百年的发展,目前世界上模具工业规模和技术水平较高的国家有美国、日本、德国等,我国的模具工业起步相对较晚,但发展很快。

1. 美国的模具工业

美国现有约七千家模具企业,由于工业化的高度发展,美国模具工业早已成为成熟的高新技术产业,整体水平处于世界前列。美国的模具钢材已实现标准化生产和供应,模具设计制造普遍应用 CAD/CAE/CAM 技术,其加工工艺、检验检测等都配套了先进的设备,大型、复杂、精密、长寿命、高性能模具的发展居世界领先水平。

2. 日本的模具工业

目前,日本的模具制造技术处于世界领先地位。据日本通产省统计,日本共有模具生产企业约一万家。日本模具企业以中小企业为主,主要靠专业化分工来完成高质量的模具设计、制造。由于日本的专业化分工做得好,中小模具企业的整体制造水平高,使“日本制造”的模具成为一种精密、优质、可靠的象征。近年来,日本的塑料模具、粉末冶金模具、压铸模具增长明显,冲压模具和锻造模具则呈相对减少趋势。

日本模具目前面临五大课题——缩短交货期、降低制造成本、提高模具质量和精度、劳动力不足以及亚洲各国的挑战。针对这种情况,日本许多模具厂家都在积极扩大设备投资。在加工方面,大量采用无人看管的加工单元,或者通过计算机进行联机控制。在设计 and 制造部门,几乎都采用 CAD/CAE/CAM 技术,进行动作仿真分析和 DNC(直接数字控制)加工。日本的模具技术开发主要向高精度、高速度、长寿命、复杂、大型、一体化和高性能等方面发展。

3. 德国的模具工业

德国一向以制造精密机械产品而著称,其模具工业也充分体现了这一特点。经过多年的实践探索,德国模具制造企业形成了一个共识:即全行业协调一致,群策群力,取长补短,发挥整体优势,才能取得行业的成功。此外,为适应当今新产品快速发展的需求,在德国,不仅大的模具企业,而且许多中小模具企业也都建立起研发中心,在模具的设计、制造及工艺研究方面,德国的模具企业始终十分活跃,成为其在国际市场上保持不败的重要基础。在激烈竞争中,德国模具工业多年保持住了在国际市场中的强势地位,模具的出口率一直稳定在 33% 左右。

4. 我国模具工业的发展概况

由于历史的原因,改革开放前,我国模具工业的发展十分缓慢。20 世纪 80 年代后,随着国民经济的快速发展,我国的模具工业得到了十分迅猛的发展,自 1997 年以来,国家相继把模具及其加工技术和设备列入了《当前国家重点鼓励发展的产业、产品和技术目

录》和《鼓励外商投资产业目录》，并对部分重点专业模具企业实行增值税返还的优惠政策。1999 年，国家又把有关模具技术和产品列入了国家发改委和科学技术部发布的《当前国家优先发展的高新技术产业化重点领域指南(目录)》，以上措施均有力推动了我国模具工业的发展。总体上，我国模具工业的发展有以下几个特点。

(1) 模具工业的总产值迅速增长，但进出口不平衡。

截止 2008 年底，我国大约有 3 万多家模具生产企业，直接从业人员近百万人，2008 年全年模具销售额近 900 亿元，直接带动工业产值 3 千多亿元，模具工业的规模在世界上排名第三，仅次于日本和美国。根据相关部门的统计，近 10 年我国模具工业的总产值(含冲模)以年均 15%以上的速度在增长，如表 1-2 所示。

表 1-2 近 10 年我国模具工业的产值统计表

年份 \ 项目	总产值/亿元	年增长率/%	年均增长率/%
2008	895.5	9.1	15.4
2007	821.5	14.1	
2006	720	18	
2005	610	15	
2004	530	18	
2003	450	25	
2002	360	14	
2001	316	13	
2000	280	12	
1999	250	—	

在以上统计数据中，塑料模具的产值约占 40%左右。在未来的模具市场中，塑料模具在模具总量中的比例还将逐步提高。

值得注意的是，在模具的进出口方面，我国虽然也有模具出口，但模具的进口量远超出出口量，自 2002 年以来贸易逆差均在 10 亿美元以上，到了 2007 年，模具进口额达 20.47 亿美元，进口量居世界第一。2008 年受国际金融危机的影响，进出口量有所回落，但仍为全球最大的模具进口国。

(2) 模具技术水平不断提高，但与国外相比仍有较大差距。

通过近三十年的积累，我国模具工业在技术方面得到了很大的提高，特别是在塑料模具技术方面，各种大型、精密、复杂和高寿命的塑料模具，如大型客车的驾驶室仪表板、大号冰箱外壳、数码光盘等技术含量高的塑料模具，我国几乎都能自行设计和制造。在模具钢材方面，我们引进了国外不少新牌号钢种，并在国内钢厂生产。与此同时，标准模架及模具标准件得到了大规模的推广和使用，越来越多的企业改变过去封闭式的生产方式，进而采用开放式的专业化生产模式；我国自行研制的高技术塑料模 CAD/CAE/CAM 集成系统软件已取得很大进展，该技术的推广及应用水平日益提高。

但是，我们要看到，我国的模具工业与先进工业国家之间仍存在很大的差距，体现在

模具标准化程度和应用水平仍比较低,专用塑料模具钢材品种少、规格不全、质量稳定性差,模具的 CAE/CAM 应用与普及程度低等方面。

1.3 塑料模具的发展趋势

随着工业技术和信息技术的飞速发展,模具工业在资金、技术和管理上也面临着巨大机遇和挑战,其发展趋势体现在下面几个方面。

1. 模具的标准化水平进一步提高

模具的标准化是指在模具的设计与制造过程中,必须或应该遵循的技术规范和准则。具体来说,就是将模具的结构以及形状相似的零件实行统一规范,并组织专业化、系列化的生产,像普通工具一样在市场上销售,以充分满足用户的选用要求。在工业发达国家,如美国、日本和德国,塑料模具标准件全部由专业化的厂家按标准生产,一般的模具企业只是它的用户,这样不仅模具的质量有了专业化的保障,而且极大地缩短了模具的设计和制造时间,降低了模具的成本。但是,模具的标准化涉及模具工业的各个环节,它包括管理、理念、设计、制造、材料、销售和使用等方面,需要全行业不断磨合和协调。模具标准化工作是提高模具行业经济效益的有效手段,也是采用专业化、现代化和信息化生产技术的基础。所以,我国相关部门正大力推行模具的标准化工作。

2. 大型、复杂、精密、长寿命模具的比例进一步提高

随着工业的发展,不少塑料制品日渐大型化、复杂化、多功能化、高精度化,这就要求相应的模具能满足这一要求。

3. 全面推广应用 CAD/CAM/CAE 技术

CAD/CAM 技术已发展成为一项比较成熟的共性技术,近年来我国模具 CAD/CAM 技术已经得到了很大的普及。目前,基于信息技术的 CAD/CAM/CAE 一体化系统正逐步推广,这将解决传统混合型 CAD/CAM 系统无法满足实际生产过程的问题。

4. 塑料模具专用钢材逐步完善并系列化

钢材是塑料模具的基础元素,其质量和价格直接影响到模具的质量和成本。由于模具工业的需求拉动,相关的钢铁研究和生产单位,正逐步将塑料模具专用钢材进行完善并系列化。

第2章 塑料与塑料成型工艺

知识目标

- 掌握塑料的组成、分类及其热力学性能。
- 掌握常用塑料的名称、牌号、性能及其典型用途。
- 掌握常用塑料的成型方法，熟悉各种成型方法的优缺点和使用范围。
- 掌握常见塑料模具的种类及名称。
- 掌握塑料制品设计的原则与要点。

技能要求

- 具备为塑料制品选择合理牌号塑料的能力。
- 具备为常见塑料制品选择合理成型方法的能力。
- 针对注射成型工艺，具备为其选择合理工艺参数的能力。
- 针对已有的塑料件，具备分析其结构合理与否的能力。
- 具备设计中等复杂程度塑料制品的能力。

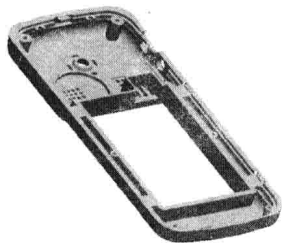
主要理论及工程应用导航

手机底盖与自来水水管的比较

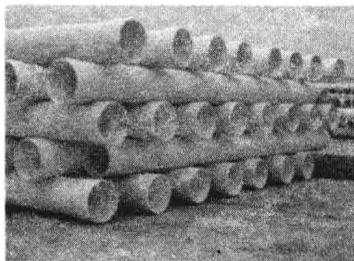
如图 2-1 所示的塑料制品，分别是某款式手机底盖和某规格自来水水管，它们的功能和用途各不相同，大家知道这两类塑料产品是用什么牌号的塑料生产出来的吗？它们的成型方法是相同的吗？

答案是，这两种塑料产品所使用的塑料是不相同的，手机底盖使用的是一种称为 ABS 的塑料，而自来水水管使用的是一种称为 PVC 的塑料。它们的成型方法也相差很大，前者采用的是注射成型法，后者采用的是挤出成型法。

事实上，除了上述两种塑料外，在工业上，还有很多种性能千差万别的其他牌号的塑料；成型方法也不仅仅局限于注射成型和挤出成型。下面就从塑料及其成型的相关知识讲起。



(a) 手机底盖



(b) 自来水水管

图 2-1 塑料制品

2.1 塑料的基础知识

2.1.1 塑料的由来

塑料的历史可以追溯到 1832 年,当时法国的科学家发现,把硝酸均匀而集中地倒在棉花或木质纤维上,就会得到一层很硬的防水薄膜,这层薄膜有着与传统材料,如木材、石材、金属等不一样的性能,但限于当时的科技手段,人们无法进一步研究其机理,也没有对其进一步的利用。

历史上第一种完全由人工合成的塑料是酚醛塑料,它的发明与 19 世纪后期一种天然的绝缘材料——虫胶有关。当时刚刚萌芽的电力工业蕴藏着绝缘材料的巨大市场,但产自于东南亚的虫胶由于供不应求而价格飞涨,当时化学家已经开始认识到很多可用作涂料、黏合剂以及织物的天然树脂和纤维都是聚合物,具有结构重复的大分子,从而开始有意识地寻找能合成聚合物的成分和方法。如果发明一种能代替虫胶的廉价商品,那无疑将获得巨大成功。美国科学家列奥·贝克兰(Leo Baekeland, 原籍比利时)经过多年的努力终于成为这个幸运者。

贝克兰于 1889 年开始到美国从事化学研究,从 1904 年开始,贝克兰开始研究苯酚和甲醛的反应。尽管早在 1872 年,德国化学家拜尔就发现了这个反应能产生一些黏糊糊的东西,但拜尔的兴趣在合成染料上,对这种东西不感兴趣。后来的科学家也对这个反应进行过研究,但因为无法精确控制化学反应而未找到它的利用价值。贝克兰解决了这个问题。他发明了一种实验装置,可以精确调节加热温度和压力,能有效控制化学反应。贝克兰用这种装置成功得到了酚醛树脂,将其模压后得到半透明的硬塑料,这种塑料不易燃烧,成型后不再熔化,也不能溶解到溶剂甚至是酸液中去,是良好的绝缘材料。他用自己的名字将这种新材料命名为贝克利特(Bakelite, 即现在的酚醛塑料),并于 1907 年 7 月 14 日申请了专利。从这一天起,世界上第一种人工合成的塑料——酚醛塑料诞生了。酚醛塑料是人类所制造的第一种全合成材料,它的诞生标志着人类社会正式进入了塑料时代。它的发明被认为是 20 世纪的炼金术,贝克兰也因此于 1924 年被选为美国化学学会会长,并被 1940 年 5 月 20 日出版的《时代》周刊称为“塑料之父”。

到了 20 世纪 30 年代,美国科学家又发明了一种被称为尼龙的塑料,这种塑料被称为是“由煤炭、空气和水合成,比蜘蛛丝细,比钢铁坚硬,优于丝绸的纤维”。尼龙的发明,是塑料发展历史上的里程碑事件,它的出现,为此后各种塑料的发明和生产奠定了基础。紧接着,由于第二次世界大战中石油化学工业的发展,塑料的原料以石油取代了煤炭,塑料制造业也得到了飞速的发展。直至今日,塑料工业已经成为现代工业的重要组成部分。

2.1.2 塑料的组成

事实上,通常的塑料并不是一种纯净物,它是由许多材料配制而成的,合成树脂是其主要成分。此外,为了改进塑料的性能,还要在合成树脂中添加各种辅助材料,如填料、增塑剂、润滑剂、稳定剂、着色剂等,才能满足塑料的使用或生产要求。

1. 合成树脂

合成树脂是由一种或几种简单化合物通过聚合反应而生成的一种高分子化合物,也叫聚合物,合成树脂是塑料的主要成分,它决定了塑料的类型和基本性能(如热性能、物理性能、化学性能、力学性能等),它联系或胶黏着其他成分,并使塑料具有可塑性和流动性,从而具有成型性能。

2. 填充剂

填充剂又称填料,是塑料中重要的但并非每种塑料都必不可少的成分。填充剂与塑料中的其他成分机械混合,它们之间不起化学作用,但与树脂牢固地胶黏在一起。

填充剂在塑料中的作用有两个:一是减少树脂用量,降低塑料成本;二是改善塑料某些性能,扩大塑料的应用范围。在许多情况下,填充剂所起的作用是很大的,例如聚乙烯、聚氯乙烯等树脂中加入木粉后,既克服了它的脆性,又降低了成本。用玻璃纤维作为塑料的填充剂,能使塑料的力学性能大幅度提高,而用石棉作填充剂则可以提高塑料的耐热性。有的填充剂还可以使塑料具有树脂所没有的性能,如导电性、导磁性、导热性等。

常用的填充剂有木粉、纸浆、云母、石棉、玻璃纤维等。

3. 增塑剂

有些树脂(如硝酸纤维、醋酸纤维、聚氯乙烯等)的可塑性很小,柔软性也很差,为了降低树脂的熔融黏度和熔融温度,改善其成型加工性能,改进塑件的柔韧性、弹性以及其他各种必要的性能,通常加入能与树脂相溶的、不易挥发的高沸点有机化合物,这类物质称为增塑剂。

在树脂中加入增塑剂后,增塑剂分子插入到树脂高分子链之间,增大了高分子链间的距离,因而削弱了高分子间的作用力,使树脂高分子容易产生相对滑移,从而使塑料在较低的温度下具有良好的可塑性和柔软性。例如,聚氯乙烯树脂中加入邻苯二甲酸二丁酯,可变为像橡胶一样的软塑料。

加入增塑剂在改善塑料成型加工性能的同时,有时也会降低树脂的某些性能,如硬度、抗拉强度等,因此添加增塑剂要适量。

对增塑剂的要求:与树脂有良好的相溶性;挥发性小,不易从塑件中析出;无毒、无色、无臭味;光、热稳定性较好,不吸湿。

4. 着色剂

为使塑件获得各种所需颜色,常常在塑料中加入着色剂。着色剂品种很多,但大体分为有机颜料、无机颜料和染料三大类。有些着色剂兼有其他作用,如本色聚甲醛塑料用炭黑着色后能在一定程度上防止光老化。

对着色剂的一般要求是:着色力强;与树脂有很好的相溶性;不与塑料中其他成分起化学反应;成型过程中不因温度、压力变化而分解变色,而且在塑件的长期使用过程中能够保持稳定。

5. 稳定剂

为了防止或抑制塑料在成型、储存和使用过程中,因受外界因素(如热、光、氧、射线等)作用所引起的性能变化,即所谓“老化”,需要在聚合物中添加一些能稳定其化学性质的物质,这些物质称为稳定剂。

对稳定剂的要求是:能耐水、耐油、耐化学药品腐蚀,并与树脂有很好的相溶性,在成型过程中不分解,挥发小、无色。

稳定剂可分为热稳定剂、光稳定剂、抗氧化剂等。常用的稳定剂有硬脂酸盐类、铅的化合物、环氧化合物等。

6. 固化剂

固化剂又称硬化剂、交联剂。成型热固性塑料时,线型高分子结构的合成树脂需发生交联反应转变成体型高分子结构。添加固化剂的目的是促进交联反应。如在环氧树脂中加入乙二胺、三乙醇胺等。

塑料的添加剂还有发泡剂、阻燃剂、防静电剂、导电剂和导磁剂等。并不是每一种塑料都要加入全部这些添加剂,而是依塑料品种和塑件使用要求按需要有选择地加入某些添加剂。

2.1.3 塑料的分类

为了方便对塑料进行研究和使用的,需要从不同的角度对塑料进行分类。常见的分类方法有以下两种。

1. 根据塑料的热行为分类

根据塑料受热后的性能特点,可将塑料分为**热塑性塑料**和**热固性塑料**两大类。

1) 热塑性塑料

热塑性塑料在加热到一定温度后变成熔融状,将其冷却后则固化成型,若再次加热则又会变成熔融状,可进行再次的固化成型。因此,热塑性塑料可经加热熔融而反复固化成型,所以热塑性塑料的废料通常可回收再利用,有“二次料”之称。

2) 热固性塑料

热固性塑料是在加热到一定温度时,其中的合成树脂将发生化学变化,塑料也因此固化定型。固化定型的热固性塑料,即使继续加热也无法改变其状态,也就是无法再次变成熔融状态。因此,热固性塑料无法经过再加热来反复成型,所以热固性塑料的废料通常是不可回收再利用的。

2. 根据塑料的使用特点分类

根据塑料的具体使用场合及特点,一般可以将塑料分为以下三类。

1) 通用塑料

一般指产量大、用途广、性能相对较低、价格低廉的一类塑料,如:聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、酚醛塑料、氨基塑料等,它们约占塑料产量的60%。