

51c4X 机械工程系列精品教材

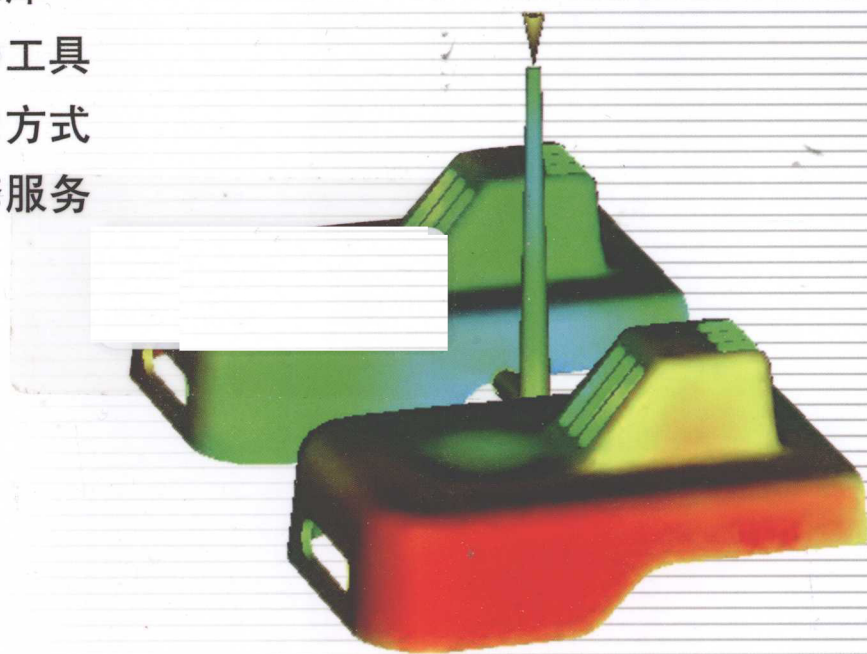
新一代的UG NX 数控编程立体教材

MOLDFLOW 立体词典:

塑料模具成型分析与优化设计

单 岩 蔡玉俊 罗晓晔 管爱枝 徐勤雁 编著

- ◎ 海量的教学资源库
- ◎ 丰富的教学辅助工具
- ◎ 方便灵活的使用方式
- ◎ 完善的教学配套服务



浙大旭日科技提供教学资源

机械工程系列精品教材

MOLDFLOW 立体词典： 塑料模具成型分析与优化设计

单 岩 蔡玉俊 罗晓晔 管爱枝 徐勤雁 编著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

MOLDFLOW 立体词典:塑料模具成型分析与优化设计
/ 单岩等编著. —杭州:浙江大学出版社, 2011.1
ISBN 978-7-308-08257-0

I. ①M… II. ①单… III. ①注塑—塑料模具—计算机
辅助设计—应用软件, Moldflow—词典 IV. ①TQ320.66-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 245725 号

内容简介

本书以 Autodesk Moldflow Insight 2010 简体中文作为蓝本, 主要讲解 AMI 的基础操作和分析结果的解读。全书共分为 8 章, 第 1 章主要介绍 Autodesk Moldflow 的相关产品; 第 2 和 3 章主要介绍成型相关知识和塑料常识; 第 4 章则以一个简单的入门实例来讲解 AMI 的分析流程; 第 5 和 6 章主要介绍关于 AMI 的软件操作, 重点在于网格的划分; 第 7 章则是对分析结果的解读的介绍; 第 8 章则是应用 AMI 对一个初步成型方案的评估。

本书将 AMI 软件应用与模具设计的相关知识有机地融合起来, 并穿插大量的操作技巧和实例, 以帮助读者切实掌握用 AMI 模流成型分析的方法和技巧。

针对教学的需要, 本书由浙大旭日科技配套提供全新的立体教学资源库(立体词典), 内容更丰富、形式更多样, 并可灵活、自由地组合和修改。同时, 还配套提供教学软件和自动组卷系统, 使教学效率显著提高。

本书可以作为培训机构和大专院校的模具专业的模流成型分析教材, 同时为工程技术人员和 CAD\CAM\CAE 研究人员提供参考资料。

MOLDFLOW 立体词典:塑料模具成型分析与优化设计

单 岩 蔡玉俊 罗晓晔 管爱枝 徐勤雁 编著

责任编辑 杜希武

封面设计 刘依群

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州好友排版工作室

印 刷 杭州杭新印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 16

字 数 389 千

版 次 2011 年 1 月第 1 版 2011 年 1 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-08257-0

定 价 38.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话(0571)88925591

《机械工程系列精品教材》

编审委员会

(以姓氏笔画为序)

丁友生	王卫兵	王丹萍	王志明
王敬艳	王翠芳	古立福	杨大成
吴立军	林华钊	罗晓晔	周文学
单 岩	赵学跃	贾 方	徐勤雁
翁卫洲	谢力志	鲍华斌	



前言

近年来,模具行业发展迅猛,在制造业中的地位日益突出。针对模具设计和塑料成型的CAE软件可以协助设计人员及早发现模具和成型质量方面存在的问题,从而能够便捷地修改设计方案,有效地降低成本和缩短生产周期。欧特克公司研发的系列软件为注塑成型设计和生产提供了高效的解决方法。

目前 Autodesk Moldflow Insight(AMI)已经成为塑料模具分析领域的领导者,在国内外拥有大批的用户。然而,与之不相适应的是,尽管AMI的应用范围越来越大,但国内相关的培训教材不多,尤其是比较全面的、包括分析结果解读的更是少之又少。本书以 Autodesk Moldflow Insight 2010 简体中文作为蓝本,将AMI软件应用与模具设计的相关知识有机地融合起来,并穿插大量的操作技巧和实例,可以有效帮助读者切实掌握用AMI模流成型分析的方法和技巧。

此外,我们发现,无论是用于自学还是用于教学,现有教材所配套的教学资源库都远远无法满足用户的需求。主要表现在:1)一般仅在随书光盘中附以少量的视频演示、练习素材、PPT文档等,内容少且资源结构不完整。2)难以灵活组合和修改,不能适应个性化的教学需求,灵活性和通用性较差。为此,本书特别配套开发了一种全新的教学资源:立体词典。所谓“立体”,是指资源结构的多样性和完整性,包括视频、电子教材、印刷教材、PPT、练习、试题库、教学辅助软件、自动组卷系统、教学计划等等。所谓“词典”,是指资源组织方式,即把一个个知识点、软件功能、实例等作为独立的教学单元,就像词典中的单词。并围绕教学单元制作、组织和管理教学资源,可灵活组合出各种个性化的教学套餐,从而适应各种不同的教学需求。实践证明,立体词典可大幅度提升教学效率和效果,是广大教师和学生的得力助手。

本书由单岩(浙江大学)、蔡玉俊(天津工程师范大学)、罗晓晖(杭州科技职业技术学院)、管爱枝(浙江科技学院)、徐勤雁(浙大旭日科技开发有限公司)等编写。限于编写时间和编者的水平,书中必然会存在需要进一步改进和提高的地方。我们十分期望读者及专业人士提出宝贵意见与建议,以便今后不断加以完善。请通过网站 <http://www.51cax.com> 或致电 0571-87952303 与我们交流。

杭州浙大旭日科技开发有限公司为本书配套提供立体教学资源库、教学软件及相关协助,在此表示衷心的感谢。

最后,感谢浙江大学出版社为本书的出版所提供的机遇和帮助。

编者

2011年1月



目 录

第 1 章 概述	1
1.1 Moldflow 简介	1
1.2 Audek Moldflow Products 简介	1
1.2.1 Autodesk Moldflow Adviser	1
1.2.2 Autodesk Moldflow Insight	2
1.2.3 Autodesk Moldflow Communicator	3
1.3 知识准备	3
第 2 章 AMI 分析基础	4
2.1 注塑成型基础	4
2.1.1 注塑成型设备	4
2.1.2 注塑成型过程	6
2.1.3 注塑成型工艺条件	7
2.2 常用塑料及主要性质	10
2.2.1 热塑性塑料	10
2.2.2 热固性塑料	16
2.3 思考与练习	17
第 3 章 常见制品缺陷及产生原因	18
3.1 短射	18
3.2 飞边	19
3.3 气穴	19
3.4 滞流	20
3.5 熔接线和融合线	20
3.6 凹陷及缩痕	21
3.7 波浪痕	22
3.8 跑道效应	23
3.9 过保压	23
3.10 色差	24
3.11 翘曲及扭曲	24
3.12 银丝纹	25

3.13 喷射	26
3.14 裂纹	26
3.15 不平衡流动	27
3.16 思考与练习	27
第4章 AMI 分析流程	28
4.1 新建一个工程项目	28
4.2 导入或新建 CAD 模型	29
4.3 网格划分	31
4.4 检验及修改网格	32
4.5 选择分析类型	36
4.6 选择成型材料	37
4.7 设置工艺参数	39
4.8 确定浇口位置	39
4.9 创建浇注系统	41
4.10 创建冷却系统	42
4.11 执行分析	43
4.12 思考与练习	44
第5章 AMI 软件操作	45
5.1 文件操作	47
5.1.1 组织项目	47
5.1.2 参数设置	47
5.2 编辑和查看	51
5.2.1 编辑	51
5.2.2 查看	53
5.2.3 层	56
5.2.4 属性	57
5.3 建模	60
5.3.1 创建点	61
5.3.2 创建曲线	64
5.3.3 创建曲面	67
5.3.4 移动/复制	70
5.3.5 查询实体	72
5.3.6 型腔复制向导	73
5.3.7 浇注系统创建向导	74
5.3.8 冷却系统创建向导	76
5.3.9 模具表面向导	77
5.4 网格	78



5.5 分析	82
5.5.1 设置成型工艺	82
5.5.2 设置分析序列	83
5.5.3 选择材料	84
5.5.4 设置注射位置	97
5.5.5 设置冷却液入口	97
5.5.6 开始分析	98
5.5.7 任务管理器	99
5.6 结果	99
5.6.1 新建图	100
5.6.2 绘图属性	102
5.6.3 检查结果	105
5.6.4 重叠	105
5.6.5 其他	106
5.7 报告	106
5.8 工具	109
5.9 帮助	110
5.10 相关术语	110
5.11 思考与练习	111
第6章 AMI 网格划分及处理	112
6.1 概述	112
6.2 网格类型	112
6.3 网格划分	113
6.4 网格状态统计	116
6.5 网格处理工具	118
6.5.1 自动修复	118
6.5.2 修改纵横比	118
6.5.3 整体合并	119
6.5.4 合并节点	119
6.5.5 交换边	120
6.5.6 匹配节点	120
6.5.7 重新划分网格	121
6.5.8 插入节点	122
6.5.9 移动节点	123
6.5.10 对齐节点	124
6.5.11 单元取向	124
6.5.12 填充孔	125
6.5.13 平滑节点	126

6.5.14	创建柱体单元	126
6.5.15	创建三角形单元	127
6.5.16	删除单元	127
6.5.17	清除节点	128
6.5.18	全部取向	128
6.6	网格缺陷诊断	128
6.6.1	纵横比诊断	128
6.6.2	重叠单元诊断	129
6.6.3	配向诊断	130
6.6.4	连通性诊断	130
6.6.5	自由边诊断	131
6.6.6	厚度诊断	132
6.6.7	出现次数诊断	132
6.6.8	双层面网格匹配诊断	133
6.7	网格处理实例	133
6.7.1	单元纵横比缺陷处理	133
6.7.2	自由边缺陷处理	135
6.8	思考与练习	137
第7章	AMI 分析详解	138
7.1	Gate Location(浇口位置)分析	138
7.1.1	常见浇口类型	138
7.1.2	Gate Location 分析设置	140
7.1.3	Gate Location 分析结果解释	140
7.2	Fill(充填)分析	142
7.2.1	Fill 分析目的	142
7.2.2	Fill 分析工艺条件设置	142
7.2.3	Fill 分析结果解释	147
7.3	Fill+Pack(流动)分析	161
7.3.1	Fill+Pack 分析目的	162
7.3.2	Fill+Pack 分析工艺条件设置	162
7.3.3	Fill+Pack 分析结果解释	165
7.4	Cool(冷却)分析	168
7.4.1	Cool 分析目的	168
7.4.2	Cool 分析工艺条件设置	169
7.4.3	Cool 分析结果解释	170
7.5	Warp(翘曲)分析	179
7.5.1	Warp 分析目的	180
7.5.2	Warp 分析工艺条件设置	180



7.5.3 Warp 分析结果解释	181
7.6 思考与练习	187
第8章 电器面壳分析	188
8.1 概述	188
8.2 网格相关	188
8.2.1 工程项目创建及模型导入	189
8.2.2 网格划分	191
8.2.3 网格缺陷修改	194
8.3 确定浇口位置	198
8.3.1 选择分析类型及顺序	198
8.3.2 选择成型原料	199
8.3.3 分析计算	200
8.3.4 分析结果	203
8.3.5 设定浇口位置	203
8.4 后续分析前处理	205
8.4.1 型腔布局	205
8.4.2 建立浇注系统	206
8.4.3 建立冷却系统	212
8.4.4 设置分析序列	216
8.4.5 工艺参数设置	216
8.5 后续分析计算	217
8.6 分析结果	220
8.6.1 流动分析结果	220
8.6.2 冷却分析结果	230
8.6.3 翘曲分析结果	233
8.7 思考与练习	235
附录一 AMI 菜单中英对照表	236
附录二 AMI 主要结果中英对照	240



第 1 章 概 述

1.1 Moldflow 简介

美国 Moldflow 公司为一家专业从事塑料计算机辅助工程分析(CAE)的跨国性软件和咨询公司。自从 1978 年 Moldflow 公司发行了世界上第一套模流分析软件,几十年来以不断的技术改革和创新一直主导着 CAE 软件市场。Moldflow 以市场占有率 87%及连续五年 17%的增长率成为全球主流分析软件。公司有遍布全球 60 个国家超过 8000 家用户,在世界各地都有 Moldflow 的研发单位及分公司。Moldflow 拥有自己的材料测试检验工厂,为分析软件提供多达 8000 余种材料选择,极大提高分析准确度。

Moldflow 公司自建立以来,通过自身的不懈努力以及与科研机构、企业客户在研究和产品开发方面的紧密合作,创造出了多个世界第一,进而确立了在模流分析软件中的领导地位。2000 年, Moldflow 公司在美国的 NASDAQ 成功上市,同年, Moldflow 公司合并了另一家世界知名的塑料成型分析软件公司——美国 AC-Tech(Advanced CAE Technology Inc.)公司及其产品 C-Mold。2009 年, Autodesk 公司自收购 Moldflow 以来正式发布的第一个版本,即 Autodesk Moldflow Insight 2010,简称 AMI。

Moldflow 的产品用于优化制件和模具设计的整个过程,并为之提供了一个整体解决方案。Moldflow 软硬件技术为制件设计、模具设计、注塑生产等整个过程提供了非常有价值的信息和建议。

1.2 Audek Moldflow Products 简介

Audek Moldflow Products 适用于优化产品和模具设计的整个过程,并且提供了一套整体的解决方案。Audek Moldflow Products 包括 Autodesk Moldflow Adviser、Autodesk Moldflow Insight 和 Autodesk Moldflow Communicator 三类。下面就对这三种产品做下介绍。

1.2.1 Autodesk Moldflow Adviser

Autodesk Moldflow Adviser 简称为 AMA,为注塑成型过程提供了一个低成本、高效率的解决方案。Autodesk Moldflow Adviser 具有以下特点:

- 可以从任意的常用 CAD 系统中(如 CATIA、UG、Pro/E)接受实体造型的 STL 格式文件,不需要任何修改。
- 无需划分有限单元网格,可直接进行注塑成型分析。
- 支持 OpenGL 技术,图形处理高效、快捷。

- 操作相对简单易学。

Autodesk Moldflow Adviser 包括 Moldflow Part Adviser(产品设计顾问)和 Moldflow Mold Adviser(模具设计顾问)两个产品。使用该系列产品可以在以下方面大大提高分析效率。

- Part Adviser 适用于制件设计者,塑件顾问使制件设计者在产品初始设计阶段就注意到产品的工艺性,并指出容易发生的问题。同时,制件设计者可以通过了解如何改变壁厚、制件形状、浇口位置和材料选择来提高制件的工艺性。塑件顾问还提供了关于熔接痕位置、困气、流动时间、压力和温度分布的准确信息。

- Mold Adviser 适用于模具设计者,模具顾问为注塑模采购者、设计者和制造者提供了一个准确易用的方法来优化他们的模具设计。它可以设计浇注系统并进行浇注系统平衡,可以计算注塑周期、锁模力和注射体积,可以建立单型腔系统或多型腔系统模具。和塑件顾问一样,它基于网络的分析报告使您可以与同事们快速地交流有关模具尺寸、流道尺寸和形式,以及浇口的设计等信息。

1.2.2 Autodesk Moldflow Insight

Autodesk Moldflow Insight 简称为 AMI,是 Autodesk 数位化原型制作解决方案的一环,提供可用于数位化原型的射出成型模拟工具。Autodesk Moldflow Insight 软件提供深入的塑胶零件验证与最佳化,以及其他相关联的射出模拟,有助于研究现今的射出成型程序。目前 Autodesk Moldflow Insight 为汽车、消费性电子、医学以及包装业等高端制造商所采用,有助于减少模具制造费用与实体原型,尽量减少模具修模试模方面的延迟,加速新产品尽快上市。Autodesk Moldflow Insight 具有以下特色:

- 塑胶流动模拟

Autodesk Moldflow Insight 可协助模拟射出成型过程中的充模与保压阶段,以利于预测熔胶的流动模式,提高制造品质。工程师可最佳化浇口位置、平衡流动系统、评估加工成型条件,以及预测并修正产品缺陷。模具制造商可模拟非均匀模具温度的影响、判断最佳化的阀门浇口时序控制,以及比较热流道系统与冷流道系统的流动。除了传统热塑性射出成型,也可选其他延伸模组模拟功能,其中包括气体辅助成型、共射出成型机射出压缩成型。

- 即时最佳化

Autodesk Moldflow Insight 可引导设计师、模具制造商和工程师,逐步完成模拟设定与结果解读、显示壁厚、浇口位置、材料、几何图形、模具设计与加工成型条件的变更对制造成形性有何影响。几何图形支援范围包括薄壁零件及厚实产品应用,有助于在设计定前先以假设情景下进行开发周期评估,可提高产品品质。

- 专业模拟工具

Autodesk Moldflow Insight 有多种塑胶射出成型方式,可帮助设计者解决制造问题,其中包括专业化的成型条件设定程序与分析检测功能。此软件有助于使用者模拟常见的成型技术问题,更有助于模拟需要专门的独特成型方式技术与分析结果报告,以符合实际的设计要求。

- 庞大的塑料资料库

Autodesk Moldflow Insight 具有全球最大的塑胶材料资料库。有了 8000 多种商业级塑料以及最新、最精确的材料资料,让设计团队能够轻松评估不同材料的影响,对模拟结果



更有信心,并能更准确预测可能影响塑料制品效能的因素。另外还有能源指示器与塑胶分类标志,帮助设计师可进一步降低制造能源需要,并选择有助于永续性方案的材料。

● 深入模拟

Autodesk Moldflow Insight 的深入模拟功能可协助工程师深入分析处理最棘手的制造问题。Autodesk Moldflow Insight 让使用者对模拟结果更有信心,对于复杂的几何图形,工程师在建立模具前可先预测并避免潜在的制造问题,进而大量减少成本溢出,避免昂贵的生产延迟,并加速产品上市。

● 自定义的结果与报告

Autodesk Moldflow Insight 可完整控制模拟参数及可广泛自定分析结果,协助工程团队将数位化原型连结至实际加工条件,进而提高精确度,以及判断潜在问题的原因,进而针对这些问题采取修正行动。模拟完成后,即可用自动报告产生工具,以常见的格式让有价值的模拟资料能够与设计团队共用,进而促进协同合作并精简开发过程。

1.2.3 Autodesk Moldflow Communicator

Autodesk Moldflow Communicator 能够使得分布式的产品开发小组能够浏览、确定并比较 AMI 分析成果。与静态的 3D 浏览器不同的是,Autodesk Moldflow Communicator 使得使用者可以了解分析结果背后的设想,这对作出关键的设计决定异常重要。

Autodesk Moldflow Communicator 使得 AMI 使用者可以更轻松地将从设计最佳化过程中获得的知识传递给产品开发小组的所有成员。更多的小组成员可以用 3D 浏览器成果,以更好的理解设计上的改进。Autodesk Moldflow Communicator 的一个最重要的优点就是能够识别分析结果后面的设想,这就能够帮助小组成员作出决定,以减少产品开发时间,提高零件品质,并且加快产品到达市场的速度。

1.3 知识准备

应用 Autodesk Moldflow Insight 进行塑料制品的注塑成型分析是一项比较复杂、对使用者素质要求相对较高的技术。它要求软件的使用者首先要具备一定的理论背景知识和实际的工程经验,其中主要包括:

- CAD/CAE/CAM 的基础知识。
- 具有一定的有限元分析的理论功底。
- 聚合物流变学基础。
- 具有相当的模具设计和塑料产品生产的实际工程经验。
- 常用 CAD 软件的基本操作和三维造型能力。
- 一定的英语阅读水平。
- 计算机的基本操作技能。

虽然以上的各项基本技能并非绝对要求满足,但是如果在某方面有欠缺,就需要读者通过自身的学习和一定的培训来弥补,从而更好地掌握 AMI 的使用,并且能够深入下去。

为了使读者更好地阅读本书,本书将在第 2 章和第 3 章中介绍一些基础的理论背景和一定的工程方面的经验,希望读者能够掌握一些最为基础,并且必不可少的知识。

第2章 AMI 分析基础

2.1 注塑成型基础

注塑成型(Injection Molding),是指将已加热熔化的材料喷射注入模具内,经由冷却与固化后,得到成品的方法。这种成型方式已经十分成熟。

在树脂原料经由注塑机注塑成型变为塑料制品的整个过程中,包括以下9部分。

- 计量:为了成型一定大小的塑件,必须使用一定量的颗粒状塑料,这就需要计量。
- 塑化:为了将塑料充入模腔,就必须使其变为熔融状态,流动充入模腔。
- 注塑充模:为了将熔融塑料充入模腔,就需要对熔融塑料施加注塑压力,注入模腔。
- 保压增密:熔融塑料充满模腔后,向模腔内补充因制品冷却收缩所需的物料。
- 制品冷却:保压结束后,制品开始进入冷却定型阶段。
- 开模:制品冷却定型后,注塑机的合模装置带动模具动模部分与定模部分分离。
- 顶件:注塑机的顶出机构顶出塑件。
- 取件:通过人力或机械手取出塑件和浇注系统冷凝料等。
- 闭模:注塑机的合模装置闭合并锁紧模具。

2.1.1 注塑成型设备

注塑成型所需要的设备主要有注射成型机以及模具。下面就简单介绍下成型设备。

1. 注塑机

注塑机包括注射装置、合模装置、液压传动和电气控制系统,简单示意图如图2-1所示。

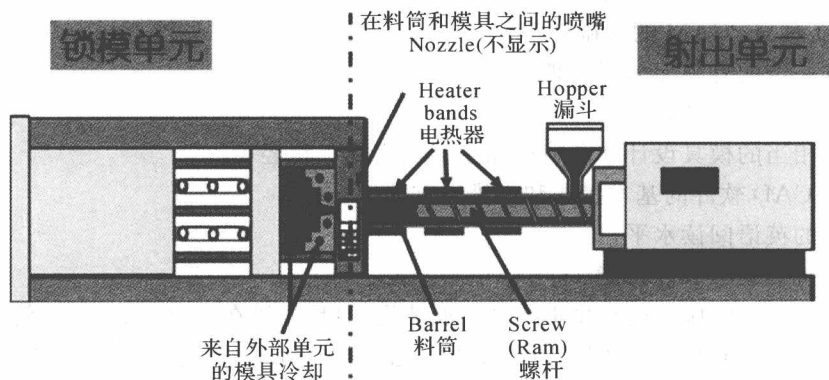


图 2-1



注塑单元是注塑机的主要部分,它能够使树脂原料在柱塞或螺杆的推动或旋转推进下均匀塑化,在高压下快速注入模具。注塑系统包括加料装置、料筒、螺杆或柱塞、喷嘴、加压和驱动装置等。

注塑机按注塑装置,可分为螺杆式注塑机和柱塞式注塑机。目前,广泛使用的是螺杆式注塑机。了解料筒内的螺杆在不同位置的作用,对于注塑机操作员是很有必要的。其每个位置的含义如图 2-2 所示。

锁模单元是指注塑机上实现锁合模具、启闭模具和顶出制件的机构。熔料在高压下注入模具,必须施加足够大的锁模力才能保证模具严密闭合不溢料。锁模结构还应保证模具启闭灵活、准确、迅速而安全,并防止损坏模具和制件,避免机器受到强烈震动,达到安全运行以延长机器和模具的使用寿命。

2. 模具

模具(Mold)是为了将树脂原料做成某种形状而用来承接射出树脂的部件,如图 2-3 所示。

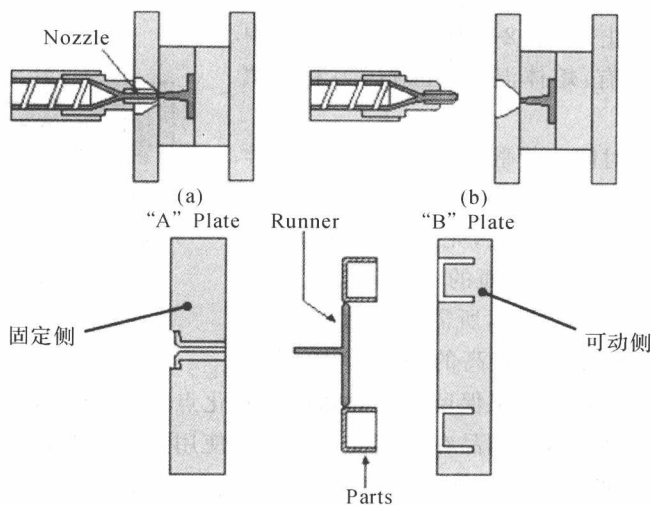


图 2-3

浇注系统是塑料熔体从喷嘴进入模腔前的流道部分,包括主流道、冷料井、分流道和浇口等。

成型零件是构成制品形状的各种零件,包括动模、定模、模腔、型芯、成型杆和排气口等。

结构零件是构成模具结构的各种零件,包括导向、脱模、抽芯以及分型的各种零件。

模具通常还具有加热或冷却装置,使塑料熔体在模具内合适的温度下固化定型。图2-4所示的就是模具中热量与剪切速率的关系。

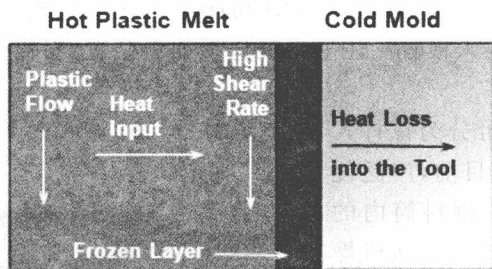


图 2-4

2.1.2 注塑成型过程

在注塑过程的塑化、充填、保压、冷却和开模这 5 个主要阶段中,起主要作用的工艺参数也随着注塑过程的变化而变化。

1. 塑化

塑化是指塑料在料筒内经加热达到良好可塑性的流动状态的全过程。因此可以说塑化是注塑成型的准备过程。熔体在进入模腔之前应达到规定的成型温度,并能在规定时间内达到足够数量,熔体温度应均匀一致,不发生或极少发生热分解以保证生产的连续进行。

2. 充填

这一阶段从柱塞或螺杆开始向前移动起,直至模腔被塑料熔体充满为止,如图 2-5 所示。充填过程中包含的重要工艺参数有:熔体温度、注射压力和充填时间。

充模刚开始一段时间内模腔中没有压力,待模腔充满时,料流压力迅速上升而达到最大值。充模的时间与模塑压力有关。充模时间长,先进入模内的塑料受到较多的冷却,粘度增大,后面的塑料就需要在较高的压力下才能进入模腔,反之,所需的压力则较小。在前一情况下,由于塑料受到较高的剪切应力,分子

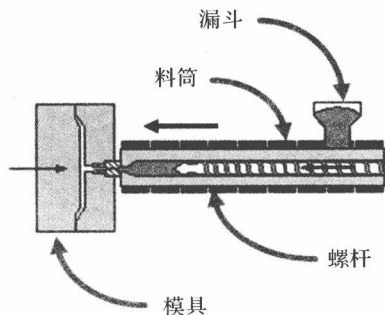


图 2-5

定向程度比较大。这种现象如果保留到料温降低至软化点以后,则制品中冻结的定向分子将使制品具有各向异性。这种制品在温度变化较大的使用过程中会出现裂纹,裂纹的方向与分子定向方向是一致的。而且,制品的热稳定性也较差,这是因为塑料的软化点随着分子定向程度增高而降低。高速充模时,塑料熔体通过喷嘴、主流道、分流道和浇口时产生较多的摩擦热而使料温升高,这样当压力达到最大值时,塑料熔体的温度就能保持较高的值,分子定向程度可减少,制品熔接强度也可提高。充模过快时,在嵌件后部的熔接往往不好,致使制品强度变劣。

3. 保压

熔融塑料充填到设定体积后,注塑机的控制器切换到压力控制,保压开始,同时冷却开始,如图 2-6 所示。保压压力的作用是使熔料在压力下固化,并在收缩时进行补缩,从而获得健全的塑件。螺杆对熔融塑料施加一定的压力使更多的塑料进入型腔内,这也成为“补偿

阶段”。

保压阶段中,塑料熔体因受到冷却而发生收缩,但因塑料仍然处于柱塞或螺杆的稳压下,料筒内的熔料会被继续注入模腔内以补足因收缩而留出的空隙。如果柱塞或螺杆停在原位不动,压力曲线就会略有衰减;如果柱塞或螺杆保持压力不变,也就是随着熔料入模的同时向前做少许移动,则在此段中模内压力维持不变,此时压力曲线与时间轴平行。压实阶段对于提高制品的密度、降低收缩和克服制品表面缺陷都有影响。此外,由于塑料还在流动,而且温度又在不断下降,定向分子容易被冻结,所以这一阶段是大分子定向形成的主要阶段。这一阶段拖延时间愈长,分子定向程度也将愈大。

4. 冷却

这一阶段是指从浇口的塑料完全冻结时起,到制品从模腔中顶出时为止。冷却阶段包括的重要工艺参数是冷却时间。通冷却介质进入模具的冷却系统,对产品进行快速冷却,以达到凝固、定形,适合顶出的要求。冷却过程中,有两个重要特征:浇口凝固关闭,保压完成,冷却继续,如图 2-7 所示;同时螺杆快速后移,为下次注塑、塑化塑料做准备,如图 2-8 所示。

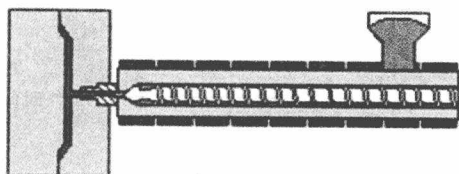


图 2-7

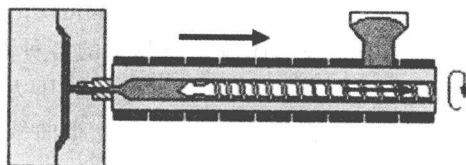


图 2-8

冷却时模腔内压力迅速下降,模腔内塑料在这一阶段内主要是继续冷却,以便制品在脱模时具有足够的刚度而不致发生扭曲变形。在这一阶段内,虽无塑料从浇口流出或流入,但模内还可能有少量的塑料流动,因此依然能产生少量的分子定向。由于模内塑料的温度、压力和体积在这一阶段中均有变化,因此到制品脱模时,模内压力不一定等于外界压力,模内压力与外界压力的差值成为残余压力。残余压力的大小与压实阶段的时间长短有密切关系。残余压力为正值时,脱模比较困难,制品容易被刮伤或破裂;残余压力为负值时,制品表面容易有陷痕或内部有真空泡。所以,只有在残余压力接近零时,脱模才比较顺利,并能获得满意的制品。

5. 开模

产品达到顶出要求后,模具打开,产品被顶出,完成循环,如图 2-9 所示。

2.1.3 注塑成型工艺条件

注塑成型工艺条件主要包括压力、时间和温度等,三者之间相互影响。对于原料本身来讲,压力、温度、时间和比容满足 PVT 曲线。

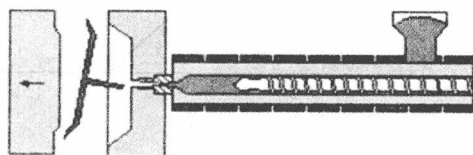


图 2-9