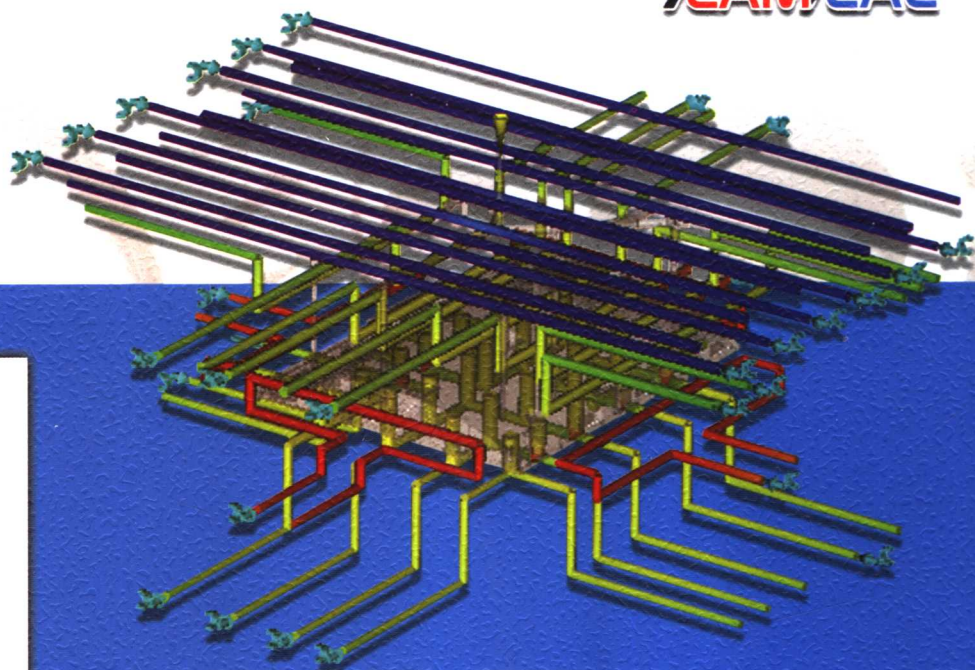




CAD/CAM/CAE 教学基地



Moldflow

5.0

周其炎 编著
飞思数码产品研发中心 监制

基础与典型范例



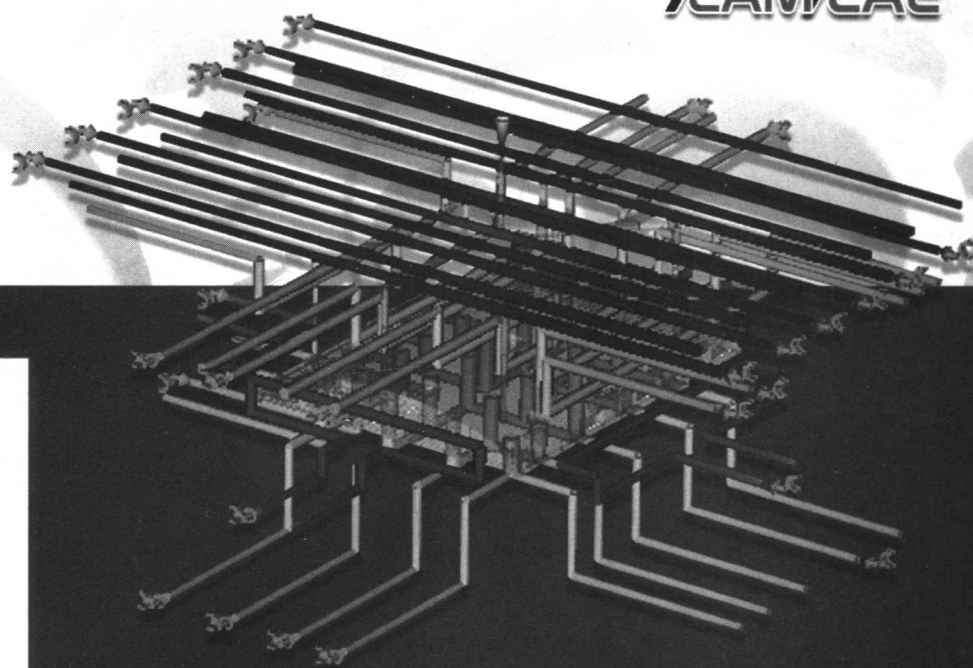
电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

光盘内容包含书中实例
源文件与视频演示



CAD/教学基地
CAM/CAE



Moldflow

5.0

周其炎 编著
飞思数码产品研发中心 监制

基础与典型范例

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

本书是一本 Moldflow 5.0 的专业教程, 全书采用基础知识+典型范例的讲解形式, 对 Moldflow 5.0 的所有知识点进行了全面细致的讲解, 通过对本书的学习, 可以全面提高读者的实际应用技能。本书内容共分 4 篇 17 章, 主题涵盖: Moldflow 模流分析基础、Moldflow 5.0 软件介绍、模型导入、模型网格的划分、基础操作工具的使用方法、网格缺陷的诊断方法、网格修复工具的使用方法、基础建模工具、成型工艺参数设置、高级建模实例、出现次数的运用、分析实例、其他菜单命令与工具的使用、锁定视图与锁定绘画工具、嵌入成型分析、气体辅助成型分析、双色成型分析等等内容。

本书配一张光盘, 全程录制了范例的视频教学录像和范例源文件。光盘资料配合书中的详细讲解, 可以使读者的学习变得更加轻松。

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。

图书在版编目 (CIP) 数据

Moldflow 5.0 基础与典型范例 / 周其炎编著. —北京: 电子工业出版社, 2007.10

(CAD/CAM/CAE 教学基地)

ISBN 978-7-121-05049-7

I. M… II. 周… III. 注塑—塑料模具—计算机辅助设计—应用软件 IV. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 145157 号

责任编辑: 王树伟 黄瑞友

印 刷: 北京天宇星印刷厂

装 订: 涿州市桃园装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 850×1168 1/16 印张: 18.5 字数: 592 千字

印 次: 2007 年 10 月第 1 次印刷

印 数: 6 000 册 定价: 34.80 元 (含光盘 1 张)

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系电话: (010) 68279077; 邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

Moldflow 系列软件是由 Moldflow 公司发行的。它作为最具代表性的塑料模具 CAE 分析软件，真正地突破了传统思维的限制，帮助生产过程实现了合理化和人性化。CAE 与 CAD 和 CAM 一起，已日渐成为企业提升自身市场竞争力和争取更大利润空间的必备工具。

近些年来，随着国内塑料模具工业的不断发展，以 Moldflow 为代表的塑料模具 CAE 模流分析软件的应用价值已得到越来越广泛的信赖、赞誉与肯定。通过 Moldflow 软件的有效应用，众多企业成功地达到了节省成本和提升行业内综合竞争力的目的。随着 Moldflow 软件应用领域的不断拓展，市场对 CAE 人才需求的上升趋势也越来越明显，掌握 CAE 技术的人才已出现供不应求的状况。

针对很多人热衷于 CAE 模流分析技术却苦于很难寻找到一份相关的可参照性资料的情况，特精心编制了本书，希望能够为众多渴望掌握 CAE 分析技术的读者朋友搭起一座能快速、全面和成功地掌握 CAE 分析技术的桥梁。

本书是学习 Moldflow 5.0 的快速入门与进阶指南，内容共分为 17 章，主题涵盖：模流分析基础、网格划分和修复的方法与技巧、高级建模、各主要分析类型的成型工艺参数设置、高级选项设置、流动分析、填充分析、最佳浇口位置分析、冷却+流动+翘曲分析、成型工艺窗口分析、流道平衡分析、多方案分析、延迟注塑分析技术、嵌入成型分析、气体辅助成型分析、双色成型分析、分析结果解读与评估、分析结果报告制作和自定义工具栏等内容。

本书内容全面、条理清晰、知识点集中、实例丰富、讲解详细。在内容安排上，为了使读者能更快地掌握该软件的基本功能，书中结合了大量的实例来对 Moldflow 5.0 软件中的一些概念、命令和功能进行了详细讲解。另外，本书还另附了一张光盘，包含本书部分实例源文件以及大量的操作演示视频，通过这些视频文件，能够辅助加强读者的学习效果。在写作形式上，本书紧贴软件的实际操作界面，采用软件中真实的对话框、操作面板和按钮等进行讲解，使初学者能够直观、准确地操作软件进行学习，从而提高学习效率。读者在学习本书后，能够迅速地运用 Moldflow 软件独立地完成多种模流分析工作。

本书内容适用于 Moldflow 5.0 版本，同时也适用于 Moldflow 5.0 之前及最新的版本。本书可作为应届毕业学生、工程技术人员、模具设计、模具开发、产品设计和成型技术人员的 Moldflow 自学教程和参考书，也可作为大专院校的学生和各类培训学校学员的 Moldflow 课程教学或上机练习教材，同时，本书也可以作为有操作经验者的技术进阶教材。其特色如下：

内容全面——涵盖了全部主要分析类型，适用于各类型分析需求。有较丰富的实例与示例，方便读者更深入地学习关键知识点。

知识点集中——对软件操作的各个知识点与操作要点等均进行了较为详细地介绍，使读者能够真正地学习到软件的精髓。

实例丰富——对软件的主要命令和功能先结合简单的实例进行讲解，然后安排一些有代表性的综合实例帮助读者深入理解、灵活运用。

讲解详细、条理清晰——以步步引导、层层递进的方式对软件从基础至高级操作进行讲解，易使读者达到循序渐进的学习效果。

在本书编写期间，周世应、彭怀荣、何凤萍和周可悱等老师为本书提供了校稿帮助，在此表示感谢。由于编者水平有限，如有疏漏与不当之处，恳请广大读者予以批评指正。欢迎广大读者通过 www.yeentec.com 进行技术交流。

编者

2007/8/20

关于飞思

我们经常感谢生活的慷慨，让我们这些原本并不同源的人得以同本，为了同一个梦想走到一起。

因为身处科技教育前沿，我们深感任重道远；因为伴随知识更新节奏的加快，我们一刻也不敢停歇。

虽然我们年轻，但我们拥有：

“严谨、高效、协作”的团队精神

全方位、立体化的服务意识

实力雄厚的作者群和开发队伍

当然，最重要的是我们还拥有：

恒久不变的理想

永不枯竭的激情和灵感

正因如此，我们敢于宣称：

飞思科技=丰富的内容+完美的形式

这也是我们共同精心培育的品牌  的承诺。

“问渠哪得清如许，为有源头活水来”。路再远，终需用脚去量；风景再美，终需自然抚育。

年轻的飞思人愿做清风细雨、阳光晨露，滋润您发芽、成长；更甘当坚实的铺路石，为您铺就成功之路。

目 录

第 1 篇 基础知识篇	
第 1 章 Moldflow 模流分析基础	3
1.1 与 Moldflow 软件有关的术语	4
1.2 常用热塑性塑料的特性	6
1.3 注塑制件的常见缺陷与对策	8
1.4 关系曲线图	12
1.4.1 浇口尺寸与收缩的关系曲线	12
1.4.2 保压压力与收缩的关系曲线	12
1.4.3 保压时间与收缩的关系曲线	13
1.4.4 保压压力与产品翘曲变形的关系曲线	13
1.4.5 模温与产品收缩的关系曲线	14
1.4.6 料温与产品收缩的关系曲线	14
1.4.7 产品肉厚与产品收缩的关系曲线	14
1.4.8 流道长度与型腔压力的关系曲线	15
本章小结	15
习题与思考	15
第 2 章 Moldflow 5.0 软件介绍	17
2.1 Moldflow 公司简介	18
2.2 Moldflow 软件分类	18
2.3 Moldflow 5.0 功能介绍	18
2.4 MPI 软件可供分析类型及其作用	18
2.5 什么是 CAE	20
2.6 Moldflow 5.0 软件操作界面介绍	20
2.7 分析流程介绍	21
本章小结	22
习题与思考	22
第 3 章 模型导入	23
3.1 模型准备	24
3.1.1 文件的另存	24
3.1.2 文件格式的优先选取	24
3.2 模型导入实例	25
本章小结	27
习题与思考	27
第 4 章 模型网格的划分	29
4.1 网格划分简介	30
4.2 模型网格的划分方法	30
本章小结	32
习题与思考	32
第 5 章 基础操作工具的使用方法	33
5.1 窗口控制工具的使用	34
5.2 系统参数设置	35
5.3 量尺工具	36
5.3.1 量尺信息读解示例一	36
5.3.2 量尺信息读解示例二	37
5.3.3 量尺信息读解示例三	37
5.4 选择工具的使用	38
5.5 图层的使用	39
5.5.1 图层的作用与介绍	39
5.5.2 图层的赋给功能	40
5.6 项目视窗面板的使用	42
本章小结	42
习题与思考	42
第 6 章 网格缺陷的诊断方法	43
6.1 网格缺陷诊断工具的调入	44
6.2 网格缺陷诊断工具介绍	45
6.3 网格纵横比诊断实例	48
6.4 网格统计信息工具介绍	51
6.5 网格缺陷常用的修复方法	52
本章小结	52
习题与思考	52
第 7 章 网格修复工具的使用方法	53
7.1 网格修复工具的调入	54
7.2 网格修复工具介绍与使用方法	54
7.2.1 常用网格修复工具介绍与使用方法	54
7.2.2 其他网格修复工具介绍与使用方法	60

7.3 网格厚度修复实例	62	10.2.2 浇口属性设置	117
本章小结	63	10.2.3 浇口曲线与柱体单元划分	119
习题与思考	63	10.2.4 点浇口创建实例	119
第8章 基础建模工具	65	10.2.5 顶杆潜伏式浇口创建实例	122
8.1 建模工具的调入	66	10.2.6 香蕉形浇口创建实例	126
8.2 节点的创建	66	10.2.7 扇形侧浇口创建实例	129
8.3 线的创建	69	10.2.8 不规则浇口创建实例	130
8.4 区域的创建	73	10.3 浇注系统手动创建实例	133
8.5 模具嵌入块创建实例	74	10.3.1 流道手动创建命令	133
8.6 LCS 本地坐标系/建模基准面创建实例	75	10.3.2 流道属性设置	134
8.7 移动与复制工具	76	10.3.3 流道曲线与柱体单元划分	135
8.7.1 三点旋转操作实例	80	10.3.4 浇注系统连通性的诊断与修复	136
8.7.2 Move/Copy (移动/复制) 工具使用技巧操作实例	81	10.3.5 冷流道浇注系统创建实例	137
8.7.3 产品模型锁模力方向设定实例	84	10.3.6 半热流道浇注系统创建实例	145
8.7.4 产品网格模型中心点创建实例	86	10.4 S 形流道创建实例	152
8.8 模腔复制向导	88	10.5 冷却水路手动创建实例	153
8.9 浇注系统向导	88	10.5.1 冷却水路手动创建命令	153
8.10 冷却系统向导	89	10.5.2 冷却水路属性设置	155
本章小结	90	10.5.3 冷却水路曲线与柱体单元划分	156
习题与思考	90	10.5.4 冷却水路创建实例	157
第9章 成型工艺参数设置	91	10.5.5 挡板式水路创建实例	163
9.1 任务视窗面板的调入	92	10.5.6 喷泉式水路创建实例	166
9.2 成型工艺参数的设置方法	92	本章小结	169
9.2.1 分析次序的选择方法	93	习题与思考	169
9.2.2 分析材料的选择方法	94	第11章 出现次数的运用	171
9.2.3 浇口位置的设置方法	98	11.1 关于出现次数	172
9.2.4 成型工艺参数的设置方法	99	11.2 出现次数的作用	172
9.2.5 分析的执行	105	11.3 出现次数的设定	172
9.2.6 分析结果	105	11.4 出现次数设定实例	173
本章小结	105	本章小结	176
习题与思考	105	习题与思考	176
第2篇 实例综合篇		第12章 分析实例	177
第10章 高级建模实例	109	12.1 最佳浇口位置分析实例	178
10.1 多模腔手动创建实例	110	12.2 流动分析实例	182
10.1.1 矩形多模腔手动创建实例	110	12.3 填充分析实例	197
10.1.2 圆形多模腔手动创建实例	113	12.4 冷却+流动+翘曲分析实例	200
10.2 常用代表性浇口创建实例	115	12.5 成型工艺窗口分析实例	208
10.2.1 浇口创建命令	115	12.6 流道平衡分析实例	211
		12.7 多方案分析实例	219
		12.7.1 验证分析	219
		12.7.2 原因分析	220
		12.7.3 改善方案一	221

12.7.4 改善方案二	221
12.7.5 比较分析结果	221
本章小结	224
习题与思考	224
第 3 篇 进阶篇	
第 13 章 其他菜单命令与工具的使用	227
13.1 模型的添加及项目的组织与精简	228
13.2 备注及图片和动画的保存	228
13.3 分析功能选择	229
13.4 其他设定与作业管理器	229
13.5 新建绘图与查询结果	231
13.5.1 新建绘图示例	234
13.5.2 翘曲查看工具使用示例	235
13.6 分析结果报告的生成与修改	237
13.7 个人数据库的创建	238
13.8 动画播放控制工具	240
13.9 自定义工具栏的作用	240
13.10 自定义工具栏操作实例	240
13.11 工具栏按钮重复与缺失的解决方法	242
本章小结	242
习题与思考	242
第 14 章 锁定视图与锁定绘图工具	243
14.1 锁定视图工具的使用范例与锁定绘图工具功能概述	244
14.2 锁定视图工具与锁定绘图工具的使用方法	245
14.3 取消锁定视图与锁定绘图的方法	248
本章小结	249
习题与思考	249

第 4 篇 进阶实列篇

第 15 章 嵌入成型分析	253
15.1 嵌入成型简介	254
15.2 MPI 嵌入成型分析功能介绍	254
15.3 嵌入成型分析实例	254
15.4 嵌入成型分析结果解读	259
本章小结	260
习题与思考	260
第 16 章 气体辅助成型分析	261
16.1 气体辅助成型简介	262
16.2 气体穿透不良现象的原因与对策	262
16.3 MPI 气体辅助成型分析功能介绍	264
16.4 气体辅助成型分析实例	264
16.5 气体辅助成型分析结果解读	271
16.6 气体辅助成型分析溢料槽的创建方法	273
16.6.1 溢料槽的作用介绍	273
16.6.2 溢料槽的创建实例	273
本章小结	278
习题与思考	278
第 17 章 双色成型分析	279
17.1 双色成型简介	280
17.2 MPI 双色成型分析功能介绍	280
17.3 双色成型分析实例	280
17.4 双色成型分析结果解读	286
本章小结	287
习题与思考	287

第 1 篇

基础知识篇

- 第 1 章 Moldflow 模流分析基础
- 第 2 章 Moldflow 5.0 软件介绍
- 第 3 章 模型导入
- 第 4 章 模型网格的划分
- 第 5 章 基础操作工具的使用方法
- 第 6 章 网格缺陷的诊断方法
- 第 7 章 网格修复工具的使用方法
- 第 8 章 基础建模工具
- 第 9 章 成型工艺参数设置

第 1 章

Moldflow 模流分析基础

本章导读

这一章中，将主要对一些和 Moldflow 软件有关的术语、常用热塑性塑料的特性、注塑塑件的常见缺陷与对策进行介绍，同时也将列举出一些关系曲线图，以帮助未接触过塑料模具的读者在学习前能够对塑料模具、塑料材料和塑料成型等相关知识有初步的了解，从而为接下来深入地学习 Moldflow 软件做好基础准备。

- 了解本章所介绍到的一些术语
- 了解常用热塑性塑料的特性
- 了解注塑塑件的常见缺陷与对策
- 掌握关系曲线图中各对象之间的关系

相比较而言, Moldflow 模流分析技术知识具有很强的综合性, 它不仅仅局限于软件本身, 它与模具结构、模具设计、塑料成型、产品设计、塑料材料和模具加工等知识都有比较紧密的联系。为能够较好地掌握并应用 Moldflow 分析软件, 使 Moldflow 准确的分析功能得到有效地发挥, 往往对分析者会有较高的要求, 比如分析者需要初步了解与塑料模具相关的一些术语、常用塑料的特性、常见成型缺陷与对策的相关知识等, 了解并掌握这些知识是学习 Moldflow 模流分析的基础, 也是灵活运用 Moldflow 软件, 使 Moldflow 软件的优良性能得以充分发挥和利用的关键点之一。

1.1 与 Moldflow 软件有关的术语

1. 模具

在工业生产中, 经常在压力机上装一种专用工具, 让它通过压力等条件把金属或非金属材料制成所需形状的零件或制品, 这种专用工具统称为模具。按照各种产品的材质和用途等的不同, 模具又可分为塑料模具和铸造模、锻造模、压铸模和冲压模等非塑料模具。家用电器的外壳、塑料杯和塑料桶等, 均属于塑料模具产品。

Moldflow 软件可以对塑料模具(热塑性塑料成型模具和热固性塑料成型模具)进行仿真模拟分析, 通过分析结果, 可以提前预测模具的潜在缺陷, 为模具的改善方向提供准确的参考, 从而有助于提升模具的整体质量。

2. 注塑机

注塑机是塑料成型加工的主要设备之一。主要是由注塑系统、锁模系统、液压传动系统和电气控制系统等组成, 它可以将已塑化的塑料以一定的压力和速率注塑到闭合的模具型腔内, 充满型腔的熔胶经冷却和固化定形后, 保持模具型腔所赋予的形状, 成为具有特定形状的塑料产品。

事实上, 可以完全把 Moldflow 软件看成是一台精巧实用的“注塑机”, 这台“注塑机”与实际成型中的注塑机相比, 有更大的灵活性和更多的功能。Moldflow 软件可以在较短的时间内, 同时对同一个或多个产品进行多次分析验证, 提前为产品设计工程师、模具结构设计工程师和成型工程师等预测模具潜在的问题点, 减少未来修模和试模的次数, 提高一次性试模成功率。而注塑机只有在模具加工完成后的试模过程中才能发现这些问题点, 在改善这些问题点时, 往往需要进行多次重复的修模和试模工作, 有时甚至会导致模具报废, 而不得不重制模具, 费时、费力而且极不经济。

3. 注塑压力

注塑压力是指注塑机螺杆(或柱塞)在注塑过程中施加于料筒中熔胶上单位面积的力。用于克服熔胶充模时的流动阻力, 从而使熔胶顺利充满模具型腔, 并使型腔内的熔胶在成型过程中维持一定的形状, 经冷却和固化定形后成为最终的产品。注塑压力在一定程度上决定充模速率, 并影响产品的质量。适当地提高注塑压力, 可改善熔胶的流动性, 使塑件密度增加、收缩率下降、结合线强度增加, 但射压过高时, 容易使塑件内应力增加。

Moldflow 软件允许用户对注塑机的注塑压力进行相关设置, 以满足不同产品成型时的需要。如果用户没有对注塑压力进行设置, Moldflow 软件可以自动预测所需射压的大小, 为用户选择注塑机型号提供最直接的参考。

4. 注塑时间

注塑时间指的完成一次注塑所需要的时间, 它包含充模(填充)时间和保压时间。对于热塑性塑料来说, 在生产中充模时间一般不超过 10s。

Moldflow 软件允许用户对注塑时间进行相关设置, 可以通过控制填充时间来间接地控制熔胶的填充速度。填充时间设置较长时, 代表以慢速充模; 反之, 缩短填充时间, 则代表提高充模速度。这种灵活的调节方式, 可以很方便地满足不同填充方案的需要。

设置填充时间后, Moldflow 软件可以预测在此填充时间的情况下塑件的填充效果。如果没有对注塑时间进行指定, Moldflow 软件可以自动计算出成型时所需要的充模时间。

5. 锁模力

锁模力是指注塑机的锁模系统对模具所能施加的最大锁紧力。在注塑充模阶段和保压阶段,型腔压力会产生使模具分开的胀模力,锁模力用于克服这种胀模力,保证在注塑成型过程中模具不被射压撑开而产生溢料。

Moldflow 软件允许用户对注塑机的锁模力进行相关设置,以满足不同产品成型时对注塑机吨位的要求。Moldflow 软件可以自动预测所需的锁模力的大小,为用户选择注塑机的吨位提供最直接的参考。

6. 冷却时间

冷却时间主要取决于塑料产品的壁厚、模具的温度、塑料的热性能和结晶性能。冷却时间一般约为 30~120s。冷却时间较短时,将很难达到理想的冷却效果;冷却时间较长时,则会增长成型周期,有时还会造成产品脱模困难。冷却时间的长短通常以保证产品脱模时不引起变形为原则。

Moldflow 软件允许用户对冷却时间和冷却液温度等进行相关设置,以满足不同冷却方案的需要。Moldflow 软件可以自动计算出制件各个区域所需要的冷却时间,帮助判断制件的哪些区域需要加强冷却。

7. 保压

保压由保压压力和保压时间两部分组成。熔胶充满模具型腔后,通常还需要一定的保压时间,通过保压压力对型腔内的熔胶进行压实,补偿熔胶的冷却收缩,从而使生产出来的塑料产品能够获得精确的形状。

在生产中,保压压力一般为注塑压力的 80%左右,此压力也可以更大或更小。足够的保压压力可以减少产品的收缩,并能够稳定产品的外形尺寸,可以弥补因保压不足而使产品出现的短射或收缩较大等缺陷,但保压压力过高时,容易造成脱模后的产品内残留应力大和脱模困难等问题。

保压时间对塑件最终的成型质量也有较直接的影响,足够的保压时间是使塑件得到良好保压的前提之一。当浇口凝固后,保压过程就无效果,因此,保压时间最长应不超过浇口凝固时的时间。

Moldflow 软件允许用户对保压压力与保压时间进行相关设置,以满足不同保压方案的需要。同时,Moldflow 软件也可以预估最佳化的保压时间,预测不同保压方案下的保压效果。

8. 剪切应力

剪切应力主要是由流动的熔胶与模具型腔壁之间的摩擦与熔胶间流速不一致引起的,高剪切应力将会出现材料降解和机械性能降低等问题,因此,剪切应力值应不超过材料许可的极限值。

Moldflow 软件的分析结果可以显示剪切应力的分布情况,帮助用户判断塑件的哪些区域出现了较高的剪切应力。

9. 剪切速率

剪切速率是速度变化大小的度量,同时它代表塑料被剪切变形的速率。剪切速率越大,塑料被变形的速率越高,此时就有可能出现拉断塑料高分子链,产生裂解、变色和机械性能降低等问题,从而影响产品强度。因此,剪切速率值应不超过材料许可的极限值。

剪切速率的大小与注塑压力和浇口尺寸的大小有较直接的关系,剪切速率较大时,可以通过降低注塑压力和增大浇口尺寸的方式来改善。

Moldflow 软件可以预测剪切速率值的分布情况,并会以不同的颜色显示塑件各区域剪切率的大小,可以帮助用户准确地判断出剪切率过高的区域。

10. 温度

温度是塑料成型必不可少的前提条件之一。在注塑成型中,温度主要包含模温、料温和冷却液温度等。其中,模温主要影响熔胶填充和产品冷却固化;料温主要影响塑料的塑化和熔胶填充;而冷却液温度主要影响模具的冷却效果。

Moldflow 软件允许用户对模温、料温和冷却液等温度进行相关设置,以满足不同成型方案的需要。

11. 成型周期

注塑成型周期指的是完成一次注塑成型工艺过程所需要的时间,它包含注塑成型过程中的所有时间,如合模时间、注塑时间(包含充模时间和保压时间)、冷却时间和开模时间等。成型周期直接影响生产效率,

在保证生产质量的前提下,应尽量缩短成型周期时间。

Moldflow 软件可以帮助用户预测塑件的成型周期。用户可以通过仿真不同的进胶与成型方案,找到能够保证生产质量的最短成型周期,从而能够在最短的时间内生产出更多的产品。

12. 注塑成型工艺参数

注塑成型工艺参数的选择与控制是影响注塑成型质量的主要因素之一。它包含温度和压力及时间有关的各参数,通过合理地调整这些参数值,可以生产出较高质量的产品。

Moldflow 软件允许用户在软件系统中进行各种成型工艺参数设置,比如设定温度(模温、料温、环境温度)、时间(填充时间、冷却时间、保压时间、开模时间)以及压力(注塑机最大射压、最大锁模力、保压压力)等。通过试用不同的成型工艺参数,在计算机里达到“试模调机”的效果,从而找到最佳化成型工艺参数。

13. 浇注系统

浇注系统是引导塑料熔体从注塑机喷嘴到模具型腔的通道。其作用是将熔胶平衡地引入型腔,并在填充及固化定型过程中将压力传递到型腔各部位,从而获得各种各样的塑件产品。浇注系统一般由主流道(竖流道)、分流道、浇口和冷料穴4个部分组成。

Moldflow 软件允许用户在软件系统中进行各种形式浇注系统的创建,同时,用户也可以随时更改原有的浇注系统方案。

14. 冷却系统

冷却系统属于模具的温度调节系统,通过在模具上开设冷却水管道调节模具温度,可以满足注塑成型工艺对模具温度的要求。冷却回路通常由多条冷却管道组成,冷却管道的直径随着塑件厚度的增大而增大,尺寸范围通常在8~12mm之间。一般情况下,冷却水管中心线与型腔壁的距离应为冷却管道直径的1~2倍(通常为12~15mm),冷却管道之间的中心距约为水管直径的3~5倍。

Moldflow 软件允许用户在软件系统中进行各种形式冷却系统的创建。同时,用户也可以随时更改原有的冷却系统方案。

1.2 常用热塑性塑料的特性

塑料是以高分子聚合物为主要成分的混合物,在加热和加压条件下具有可塑性,并能够通过模具与成型设备,加工成符合使用要求的各种各样的制品和零件。

按照塑料中合成树脂的分子结构及热性能的不同,塑料可以分为热塑性塑料和热固性塑料两大类。以下将简要列举几种常用热塑性塑料及其各自的一些特性。

1. ABS(丙烯腈-丁二烯-苯乙烯)

(1) 综合性能较好,冲击强度较高,化学稳定性和电性能良好。有高抗冲、高耐热、阻燃、增强和透明等性能。

(2) 无定型料,吸湿性强,含水量应小于0.3%,必须充分干燥,要求表面光泽的塑件建议在80~90℃条件下预热干燥2小时以上。

(3) 宜取高料温、模温,但料温过高易分解(分解温度为250℃左右),对精度较高的塑件模温宜取50~60℃,对高光泽、耐热的塑件,模温宜取60~80℃。

(4) 注塑压力应比加工PS稍高,一般用螺杆式注塑机时料温为160~220℃,注塑压力为100~140Mpa。

(5) 成型温度范围为200~240℃。

(6) 适于制作一般机械零件、减磨耐磨零件、传动零件和电讯零件,如齿轮、仪器仪表板、电视机、冰箱壳体和键盘等。

2. PS(聚苯乙烯)

(1) 无定型料,吸湿小、不须充分干燥、不易分解,但热膨胀系数大,易产生内应力开裂。

(2) 电绝缘性优良, 无色透明, 透光率仅次于有机玻璃。着色性、耐水性、化学稳定性良好, 强度一般, 质脆, 易产生应力开裂, 流动性较好。

(3) 宜用高料温、高模温和低注塑压力, 延长注塑时间有利于降低内应力, 防止缩孔和变形, 但料温高易出现银纹, 料温低时透明性差。

(4) 通常不需要干燥处理, 可采用各种形式浇口。

(5) 成型温度范围为 $170 \sim 250^{\circ}\text{C}$ 。

(6) 适于制作绝缘透明件、装饰件、化学仪器和光学仪器零件。

3. PE (聚乙烯)

(1) 结晶性料, 吸湿性小。加热时间不宜过长, 否则会出现分解、烧焦现象。

(2) 耐腐蚀性, 电绝缘性优良, 可用玻璃纤维增强。按密度分为3类: ① 低密度聚乙烯 (LDPE); ② 中密度聚乙烯 (MDPE); ③ 高密度聚乙烯 (HDPE)。低密度聚乙烯的熔点、刚性、硬度和强度较高, 吸水性小, 有良好的电性能和耐辐射性; 中密度聚乙烯的柔软性、伸长率、冲击强度和渗透性较好; 高密度聚乙烯冲击强度高、耐疲劳、耐磨。

(3) 流动性极好, 流动性对压力变化比较敏感。

(4) 宜用高压低温注塑, 保压应充分。

(5) 收缩率范围和收缩值大, 取向性明显, 易变形翘曲。冷却速度慢, 模具应设冷料穴。

(6) 成型温度范围为 $140 \sim 220^{\circ}\text{C}$ 。

(7) 低密度聚乙烯适于制作耐腐蚀零件和绝缘零件; 中密度聚乙烯适于制作薄膜等; 高密度聚乙烯适于制作减震、耐磨和传动零件。

4. PP (聚丙烯)

(1) 结晶性料, 吸湿性小、光泽好、易着色。但易发生熔体破裂, 长期与热金属接触易分解。

(2) 流动性极好, 但收缩范围及收缩值大, 易发生缩孔、凹痕和变形。

(3) 冷却速度快, 浇注系统及冷却系统应缓慢散热。应注意控制成型温度, 料温低取向性明显, 模具温度偏低时, 制品结晶度低、密度小、内应力较大, 但外观质量较差。模具温度大于 90°C 时易出现翘曲和变形现象。

(4) 塑件应避免缺口和尖角, 以防止应力集中。

(5) 成型温度范围为 $160 \sim 220^{\circ}\text{C}$ 。

(6) 适于制作一般机械零件, 耐腐蚀零件和绝缘零件。

5. PVC (聚氯乙烯)

(1) 无定型料, 吸湿性大, 不易分解。

(2) 力学性能和电性能优良, 耐酸碱力极强, 化学稳定性好, 但软化点低。

(3) 流动性差, 通常要加入润滑剂改善流动特性。

(4) 宜取高压注塑, 应采用对料流阻力小的浇注系统。

(5) 成型温度范围为 $160 \sim 190^{\circ}\text{C}$ 。

(6) 适于制作电线电缆绝缘层、密封件防腐管道、插座、插头、开关和玩具等。

6. PC (聚碳酸酯)

(1) 无定型料, 热稳定性好, 成型温度范围宽。

(2) 冲击强度高, 尺寸稳定性好, 无色透明, 着色性好, 电绝缘性、耐腐蚀性和耐磨性好, 但自润滑性差, 有应力开裂倾向, 高温易水解, 与其他树脂相溶性差。

(3) 流动性差, 流动性对温度变化敏感, 冷却速度快。

(4) 粘度高, 但对剪切作用敏感。浇注系统宜设冷料穴, 模具宜加热, 模温一般取 $70 \sim 120^{\circ}\text{C}$ 为宜。

(5) 吸湿小, 但对水敏感, 需经干燥处理。成型收缩率小, 易出现熔融开裂和应力集中现象, 故应严格控制成型条件, 塑件宜退火处理消除内应力。

(6) 料温对塑件质量影响明显, 料温高时易溢边, 出现银纹和塑件变色, 温度低时会造成短射, 表面

光泽度差。

- (7) 成型温度范围为 230~320℃。
- (8) 适于制作仪表小零件、容器、绝缘透明件和耐冲击零件等。

7. PMMA (聚甲基丙烯酸甲酯)

- (1) 无定型料, 吸湿性大、需干燥、不易分解。
- (2) 流动性中等, 易出现填充不良、收缩、结合线等现象。
- (3) 宜高压注塑, 在不出现缺陷的条件下宜取高料温和高模温, 可增加流动性、降低内应力、改善透明性和强度。

(4) 模具浇注系统表面应光洁、阻力小, 脱模斜度应大, 顶出应均匀, 同时应保证排气良好, 以防出现气穴。

- (5) 成型温度范围为 160~230℃。
- (6) 适于制作透明绝缘零件和强度一般的零件。

8. POM (聚甲醛)

- (1) 结晶性料, 熔融范围较窄, 熔融和凝固速度快。料温稍低于熔融温度即发生结晶, 流动性下降。
- (2) 流动性中等, 流动性对温度变化不敏感, 但对注塑压力变化敏感。吸湿性小, 可以不经干燥处理。
- (3) 热敏性强, 极易分解, 分析温度为 240℃, 分解时有刺激性和腐蚀性气体产生。
- (4) 结晶度高, 结晶时体积变化大, 成型收缩范围大, 收缩率大。
- (5) 综合性能较好, 强度和刚度高、减磨耐磨性好、吸水小、尺寸稳定性好, 但热稳定性差、易燃烧, 在大气中暴晒易老化。

- (6) 宜采用对料流阻力小的浇注系统, 浇口宜小, 模具应加热, 应注意排气。
- (7) 成型温度范围为 170~200℃。
- (8) 适于制作减磨耐磨零件、传动零件以及化工和仪表零件等。

9. PA (聚酰胺)

- (1) 结晶性料, 熔点较高, 熔融温度范围较窄, 熔融状态时热稳定性差。
- (2) 坚韧、耐磨、耐油、耐水, 吸水性大, 需进行干燥处理。
- (3) 流动性极好, 易溢料。
- (4) 成型收缩范围及收缩率大, 取向性明显, 易出现缩孔、变形等现象, 成型条件应稳定。
- (5) 模温按塑件壁厚在 20~90℃范围内选取, 注塑压力按注塑机类型、料温、塑件形状尺寸和模具浇注系统选定。树脂粘度小时, 注塑和冷却时间应取长。

(6) 注塑时间及高压时间对塑件收缩率、凹痕、变形和缩孔影响较大, 一般宜取低模温、低料温和高注塑压力的成型条件以减少收缩、凹痕和缩孔。

- (7) 成型温度范围为 220~300℃。
- (8) 适于制作一般机械零件、减磨耐磨零件、电器和传送带零件等。

1.3 注塑制件的常见缺陷与对策

1. 气穴

气穴指的是成型时模具型腔内的气体来不及排出, 被熔融塑料包裹在型腔内。在透明注塑件中可以很容易地看到, 但也可出现在不透明的塑料中。

成因主要包括:

- (1) 塑料未彻底干燥。
- (2) 预塑或注塑速度过快, 气体来不及排出。
- (3) 排气不良。
- (4) 产品肉厚变化大。

(5) 浇口位置不当, 熔胶包抄气体。

对策主要包括:

- (1) 充分干燥塑料。
- (2) 降低注塑速度。
- (3) 加深排气槽深度, 在填充末端与料流交汇处开设排气槽。
- (4) 避免产品肉厚急剧变化或肉厚差异过大。
- (5) 合理地布置浇口位置。

2. 毛边

毛边指的是熔融塑料流入分型面或其他配件的配合间隙所形成的较薄的塑料薄面。

成因主要包括:

- (1) 流长太长, 需高压才能填模, 模板有可能被高压撑开。
- (2) 锁模力不足或射压太大。
- (3) 模具加工不当或装配不严实。
- (4) 排气不良或排气槽太深, 熔胶溢出。
- (5) 树脂补给量过多。
- (6) 保压压力过高。
- (7) 料温或模温过高。

对策主要包括:

- (1) 改善流长。
- (2) 加大锁模力或降低射压。
- (3) 检查模具加工或装配状况。
- (4) 检查排气。
- (5) 减少计量。
- (6) 合理调整保压。
- (7) 降低料温或模温。

3. 短射

短射指的是塑料未能填满整个型腔而使成品出现不完整的情况。

成因主要包括:

- (1) 材料流动性不佳。
- (2) 产品壁厚太薄, 流阻大。
- (3) 料温和模温太低, 熔胶过早冷却。
- (4) 流长过长或浇注系统尺寸不足。
- (5) 浇口数目或位置不当。
- (6) 冷料并未设或设计不当。
- (7) 补料不足。
- (8) 排气不良。
- (9) 射压或射速过低。
- (10) 注塑时间太短。
- (11) 注塑机塑化能力不足。
- (12) 填充物过多, 材料流动性降低。

对策主要包括:

- (1) 选用流动性较好之材料。
- (2) 增加产品肉厚。
- (3) 升高料温和模温。