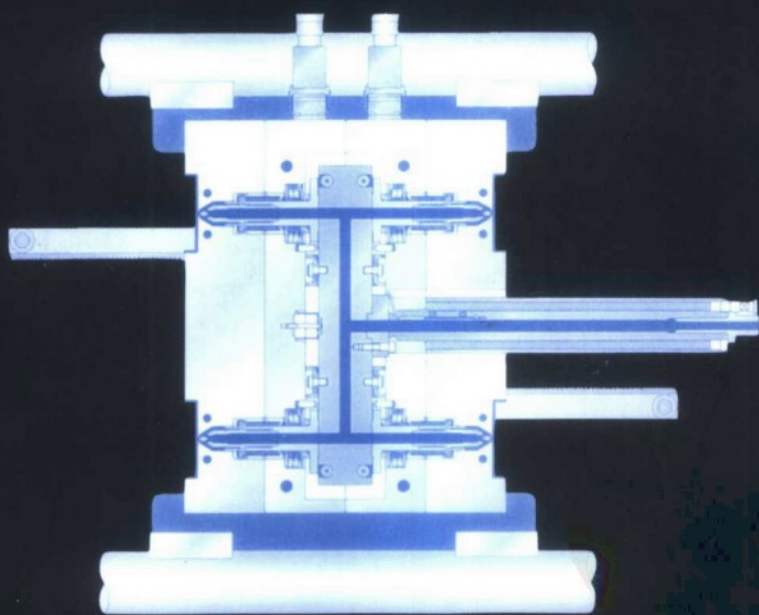


注射模具制造工程

[德] Georg Menges, Walter Michaeli, Paul Mohren 著



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

引进国外材料类优秀图书

现代磁性材料原理和应用

有机涂料科学与技术

食品用塑料包装材料

聚合物标度理论

润滑剂与润滑

颜色技术原理

计算材料学

混配技术

模具工程

国际塑料手册

热塑性弹性体

塑料添加剂手册

塑料注塑制件设计

塑料产品设计和加工工程

模具制造手册

塑料设计数据手册

短纤维增强塑料手册

橡胶工程 如何设计橡胶配件

塑料混合工艺及设备

塑料零件装配设计

注塑模具制造工程

ISBN 7-5025-4194-2



9 787502 541941 >

ISBN 7-5025-4194-2/TQ · 1649 定价：50.00元

注射模具制造工程

[德] Georg Menges, Walter
Michaeli, Paul Mohren 著

闫光荣 许鹤峰 等译

化学工业出版社
材料科学与工程出版中心
·北 京·



(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

注射模具制造工程/[德]Georg Menges 等著; 闫光荣, 许鹤峰等译.
—北京: 化学工业出版社, 2002.12

书名原文: How to make injection molds (3rd) Carl Hanser verlage
ISBN 7-5025-4194-2

I. 注… II. ①Menges…②闫…③许… III. 注射-塑料模具-生产
工艺 IV. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 086045 号

How to make injection molds (3rd)/by Georg Menges, Walter Michaeli, Paul
Mohren

ISBN 7-5025-4194-2

Copyright © Carl Hanser Verlag, Munich, 2001

本书中文简体翻译版由 Carl Hanser Verlag 授权由化学工业出版社独家出版
发行。

未经出版者许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

北京市版权局著作权合同登记号: 01-2001-5269

注射模具制造工程

[德] Georg Menges, Walter Michaeli, Paul Mohren 著

闫光荣 许鹤峰 等译

责任编辑: 白艳云

责任校对: 洪雅姝

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社 出版发行
材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

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

*

新华书店北京发行所经销

化学工业出版社印刷厂印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张 21 字数 567 千字

2003 年 1 月第 1 版 2003 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4194-2/TQ·1649

定 价: 50.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

译 者 序

本书从各个方面详细地论述了热塑性塑料、弹性体塑料及热固性塑料的注射模具设计、制造的理论及实用性很强的应用实例，其中包括了世界上著名的从事塑料加工技术研究的德国亚琛工业大学（University of Aachen）塑料工艺研究所研究人员大量的最新研究成果，这些研究成果和实例可以帮助我们在注射模具的设计、制造方面开扩思路。本书图文并茂，可以作为从事塑料模具生产管理、设计及制造的领导及科技人员的工具书，也可以作为从事塑料模具专业教育的教师和学生的参考书。

本书的第1章、第2章由闫光荣、石宝光译，第3章、第20章由闫光荣、葛方勇译，第4章由闫光荣、刘波译，第5章由齐建军、王海霞译，第6章由潘为民、伍小虎译，第7章、第15章、第16章、第18章由许嘉、刘淑思译，第8章由彭海涛、邹红霞译，第9章、第13章由潘为民、葛方勇译，第10章、第14章由闫光荣译，第11章由彭海涛、伍小虎译，第12章由齐建军、刘波译，第17章、第19章由许鹤峰译。全书由闫光荣及许鹤峰统稿。

由于译者的水平有限，在翻译中难免有错误，敬请读者谅解和批评指正。

译者

鄭子龍

PDG

6AP211 c6

第三版前言

注射模具是高精度的工艺装备，注射模具的正常运行是注塑工艺获得经济效益的关键。因此，正确设计、制造注射模具具有十分重要的意义。

这正是本书出版的目。在前两版的基础上，第三版吸收了亚琛工业大学塑料工艺研究所在个人和公共基金大力资助下发表的文献内容和研究成果。

我们特别感谢参与本版编辑的人员和前两版的工作人员，他们是 H.Bangert 博士，P.Barth 博士，W.Hoven-Nievelstein 博士，O.Kretschmar 博士，M.Paar 博士，Potsch 博士，Th.W.Schmidt 博士，Ch.Schneider 博士，E.Schurmann 教授和 S.Stitz 教授。

我们十分感谢研究所的同事和学生，他们大公无私，为本书的出版付出了辛勤劳动。他们中有太多的人需要提及。我们相信，G.Nelissen 女士，I.Zekorn 女士和 W.Okon 先生将接受我们诚挚的谢意。最后，我们感谢 Carl Hanser Verlag，尤其是 W.Glenz 博士和 O.Immel 女士，他们的录入和整理工作使本书生动、完美。

G.Menges

W.Michaeli

P.Mohren



内容提要

本书从各个方面详细地论述了热塑性塑料、弹性体塑料及热固性塑料的注射模具设计、制造的理论及实用性很强的实例，其中包括了世界上著名的从事塑料加工技术研究的德国亚琛大学塑料工艺研究所研究人员的大量最新研究成果。本书图文并茂，可以作为从事塑料模具生产管理、设计及制造的科技人员参阅，也可作为从事塑料模具专业的大专院校师生参考。

清华大学
图书馆
PDG

目 录

第 1 章 用于注射模具的材料	1
1.1 钢材	2
1.1.1 概述	2
1.1.2 表面硬化钢	8
1.1.3 氮化钢	9
1.1.4 整体淬火钢	9
1.1.5 热处理钢	10
1.1.6 马氏体钢	11
1.1.7 硬质合金	11
1.1.8 耐蚀钢	12
1.1.9 精炼钢	13
1.2 铸钢	13
1.3 有色金属	15
1.3.1 铜合金	15
1.3.2 锌及其合金	17
1.3.3 铝合金	18
1.3.4 铋锡合金	21
1.4 电铸材料	22
1.5 注射模具钢材的表面处理	22
1.5.1 概述	22
1.5.2 钢材的热处理	23
1.5.3 热化学处理方法	24
1.5.3.1 渗碳	24
1.5.3.2 渗氮	24
1.5.3.3 渗硼	25
1.5.4 电化学处理	25
1.5.4.1 镀铬	26
1.5.4.2 镀镍	26
1.5.4.3 NYE-CARD 工艺	26

1.5.4.4 镀硬质合金	26
1.5.5 真空镀覆	27
1.5.5.1 化学气相沉积	27
1.5.5.2 物理气相沉积	28
1.6 激光表面处理	29
1.6.1 激光硬化	29
1.6.2 激光合金喷涂	30
1.7 电子束硬化	30
1.8 分层涂覆	31
参考文献	31
第2章 模具制造技术	36
2.1 采用金属铸造法制造注射模具和模具镶件	37
2.1.1 铸造方法和铸造合金	37
2.1.2 砂型铸造	38
2.1.3 精密铸造技术	40
2.2 注射模具的快速制造	42
2.2.1 快速制造方法的现状	42
2.2.2 直接式快速制造法	44
2.2.2.1 直接制造金属模具	45
2.2.2.1.1 生成方法	45
2.2.2.1.2 直接制造有色金属模具	48
2.2.3 间接式快速制造法	50
2.2.3.1 有实物原型的制造方法	50
2.2.3.2 无实物原型的制造方法	54
2.2.4 展望	57
2.3 挤压制模法	58
2.4 机械及其他加工方法	60
2.4.1 机械加工方法	60
2.4.2 型面整修	62
2.4.2.1 磨削与抛光(手工或采用辅助工具)	62
2.4.2.2 振动磨削	63
2.4.2.3 喷砂	64
2.4.2.4 压力研磨	65
2.4.2.5 电化学抛光	65
2.4.2.6 放电抛光	65

2.5 放电成型工艺	66
2.5.1 放电加工	66
2.5.2 线切割加工	69
2.6 电化学加工	71
2.7 电化学腐蚀加工	71
2.8 采用电火花或化学腐蚀的表面加工	74
2.9 激光雕刻	75
2.10 可熔型芯模具技术	76
2.10.1 用于可熔型芯覆盖物的模具	79
2.10.1.1 成型浇口	81
2.10.1.2 考虑热量补偿的模具设计	83
2.10.1.3 型芯的位移	84
2.10.1.4 排气	84
2.10.2 可熔型芯模具的制造	85
2.10.2.1 型芯材料	86
2.10.2.2 铸造模具的结构	86
2.10.2.3 浇口系统	87
2.10.2.4 型芯铸造模具的热量	89
2.10.2.5 可熔型芯的脱模	89
参考文献	90
第3章 模具成本的估算	96
3.1 概述	96
3.2 估算模具成本的步骤	96
3.3 成本组一：型腔	102
3.3.1 型腔制作时间的计算	102
3.3.2 加工过程中的时间系数	102
3.3.3 加工型腔深度所用时间	103
3.3.4 型腔表面加工时间的计算	104
3.3.5 分型线（分型面）影响加工时间的系数	104
3.3.6 型面质量影响加工时间的系数	104
3.3.7 固定型芯的加工时间	105
3.3.8 精度影响加工时间的系数	105
3.3.9 各种制作难度影响加工时间的系数	106
3.3.10 型腔数量影响加工时间的系数	106
3.3.11 放电加工用电极的加工时间计算	106

3.4 成本组二: 模架	107
3.5 成本组三: 基本功能组件	108
3.5.1 主浇道和流道系统	109
3.5.2 流道系统	110
3.5.3 热流道系统	111
3.5.4 热交换系统	111
3.5.5 推出(脱模)系统	112
3.6 成本组四: 特殊功能组件	112
3.7 其他成本计算方法	113
3.7.1 基于相似性计算成本	113
3.7.2 逐级相似查找原则	115
参考文献	117
第4章 注塑工艺过程	118
4.1 注塑的循环过程	118
4.1.1 热塑性塑料的注塑	120
4.1.2 交联增塑塑料的注塑	120
4.1.2.1 弹性体塑料的注塑	121
4.1.2.2 热固性塑料的注塑	122
4.2 注塑惯用术语	122
4.3 模具的分类	123
4.4 注射模具的功能	123
4.4.1 模具分类的标准	124
4.4.2 模具设计的基本步骤	129
4.4.3 模具尺寸的确定	134
4.4.3.1 最多的型腔数量	134
4.4.3.2 锁模力	134
4.4.3.3 最大的锁紧区域	135
4.4.3.4 必要的开模行程	135
4.4.4 流动长度与壁厚之比(流长比)	135
4.4.5 型腔数量的计算	137
4.4.5.1 由技术和经济角度确定最佳型腔数量的计算方法	142
4.4.5.2 取样、调试与维护的成本	152
4.5 型腔布局	154
4.5.1 基本要求	154
4.5.2 可行方案的介绍	154

4.5.3 注塑力的平衡	155
4.5.4 分型面的数量	156
参考文献	157
第5章 流道设计	160
5.1 完整流道系统的描述	160
5.2 各种流道形式及其定义	161
5.2.1 标准流道系统	161
5.2.2 热流道系统	161
5.2.3 冷流道系统	161
5.3 对流道系统的要求	162
5.4 流道系统的分类	163
5.5 主浇道（主流道）	166
5.6 流道的设计	169
5.7 浇口的设计	174
5.7.1 浇口的设计概述	174
5.7.2 浇口与注塑制品的位置关系	177
5.8 反应性塑料的流道和浇口设计	180
5.8.1 弹性体塑料	180
5.8.2 热固性塑料	181
5.8.3 浇口位置对弹性体塑料的影响	182
5.8.4 用于高速填充的流道	182
5.9 填充过程中的定性（流程图）和定量计算（仿真模型）	184
5.9.1 概述	184
5.9.2 流程图及其影响	184
5.9.3 使用流程图分析为填充过程的仿真做准备	186
5.9.4 生成流程图的理论基础	187
5.9.5 流程图的生成步骤	189
5.9.5.1 绘制流体（熔体）前端（前锋）图	189
5.9.5.2 渐变区域的径向量表示	190
5.9.5.3 厚度不同的区域	190
5.9.5.4 加强筋（肋）的流程图	195
5.9.5.5 盒形注塑制品的流程图	197
5.9.5.6 临界区域的分析	197
5.9.5.7 小结	199
5.9.6 填充的定量分析	199

5.9.7 流道和浇口的分析设计	200
5.9.7.1 流变学原理	200
5.9.7.2 用毛细管粘度计确定剪力下的流体粘性	207
5.9.7.3 伸长粘性(粘度)	208
5.9.7.4 计算浇口和流道中压力损失的简易方程	209
5.10 多重浇口的特殊现象	213
5.11 交联化合物模具的浇口和流道设计	214
5.11.1 弹性体塑料	214
5.11.1.1 填充过程计算	214
5.11.1.2 根据处理窗口进行特性数据的处理	216
5.11.1.3 关于处理窗口模型的实例和评价	217
5.11.2 热固性塑料	219
参考文献	222
第6章 浇口设计	227
6.1 主浇道浇口(直接浇口)	227
6.2 侧浇口和扇形浇口	229
6.3 盘形浇口	230
6.4 环形浇口	231
6.5 潜伏(隧道)浇口	233
6.6 三板式模具的点浇口	235
6.7 用于点浇口的逆向主浇道	236
6.8 无流道成型	239
6.9 绝热流道模具	240
6.10 热流道系统温度控制	244
6.10.1 热流道系统	244
6.10.1.1 采用热流道系统在经济上的利弊	245
6.10.1.2 热流道的各种应用及新应用的可能性	246
6.10.1.3 热流道系统及其结构设计	248
6.10.1.3.1 浇口套	252
6.10.1.3.2 熔体过滤器	253
6.10.1.3.3 热流道板(热流道歧管板)	253
6.10.1.3.4 热流道板的横梁结构	254
6.10.1.4 用于热流道模具的喷嘴	257
6.10.1.5 热流道设计的相关数据	262
6.10.1.5.1 热流道板的横梁结构设计	262

6.10.1.5.2	喷嘴设计	263
6.10.1.5.3	应用热流道的注意事项	264
6.10.1.6	热流道系统的加热	264
6.10.1.6.1	喷嘴的加热	264
6.10.1.6.2	热流道板的加热	265
6.10.1.6.3	输出功率的计算	267
6.10.1.6.4	热流道板的温度控制	267
6.10.1.6.5	热电偶的布置	267
6.10.2	冷流道	268
6.10.2.1	用于弹性体塑料注塑的冷流道系统	269
6.10.2.2	用于热固性塑料注塑的冷流道系统	273
6.11	特殊模具概念	276
6.11.1	叠层模具	276
6.11.2	多组分注塑模具	279
6.11.2.1	并合模具	280
6.11.2.2	双组分夹心注塑模具	283
6.11.2.3	双注射模具	283
参考文献		283
第7章 模具的排气		288
7.1	被动排气	289
7.2	主动排气	295
7.3	注射模具的负压排气	297
参考文献		299
第8章 热交换系统		301
8.1	冷却时间	301
8.2	几种塑料的热扩散率	305
8.2.1	弹性体塑料的热扩散率	306
8.2.2	热固性塑料的热扩散率	307
8.3	计算热塑性塑料的冷却时间	307
8.3.1	估算	307
8.3.2	采用列线图计算冷却时间	307
8.3.3	壁厚不均注塑制品的冷却时间	309
8.3.4	各种几何形状注塑制品的冷却时间	310
8.4	热流(通)量与热交换容量	313
8.4.1	热流量	313

8.4.1.1 热塑性塑料	313
8.4.1.2 反应性(活性)塑料	318
8.5 基于热流量的热交换系统热量分析计算(总体设计)	324
8.5.1 热量分析计算	325
8.5.1.1 计算冷却时间	327
8.5.1.2 热流量平衡	327
8.5.1.3 冷却液的通过量	330
8.5.1.4 冷却回路(通道)的温度	331
8.5.1.5 冷却回路的布置	336
8.5.1.6 冷却回路的设计	340
8.5.1.6.1 冷却液的流动速度	340
8.5.1.6.2 压力降	340
8.6 注塑制品热学设计的数值计算	341
8.6.1 二维计算	341
8.6.2 三维计算	342
8.6.3 关键点的热流动计算	343
8.6.4 角部冷却的经验修正	344
8.7 冷却系统的实用设计	344
8.7.1 圆形截面型芯的热交换系统	344
8.7.2 扁平零件的冷却系统	349
8.7.3 冷却系统的密封	353
8.7.4 动态模具冷却	354
8.7.5 热流量不同造成热塑性制品角部扭曲的经验补偿	356
8.7.5.1 冷型芯和热型腔	357
8.7.5.2 拐角结构的修正	357
8.7.5.3 热流量的局部调整	358
8.8 反应性塑料注射模具的加热计算	358
8.9 反应性塑料注射模具中的热交换	359
8.9.1 热平衡	359
8.9.2 温度分布	362
8.10 热固性塑料注射模具电加热的实用设计	363
参考文献	365
第9章 收缩	370
9.1 简介	370
9.2 收缩的定义	370

9.3 容差	372
9.4 收缩的原因	379
9.5 各向异性收缩的原因	381
9.6 扭曲的原因	383
9.7 处理收缩的效果	384
9.8 预测收缩的辅助方法	387
参考文献	388
第 10 章 注射模具的机构设计	389
10.1 模具的变形	389
10.2 载荷及模具变形的分析和判断	389
10.3 描述模具变形的基础知识	391
10.3.1 间隙估算的简单计算	392
10.3.2 估算间隙和防止溢料的精确计算	393
10.4 叠加步骤	395
10.4.1 耦合弹簧作为等效组件单元	395
10.4.1.1 组件单元的平行耦合	396
10.4.1.2 组件单元的串行耦合	396
10.5 型腔壁厚及其变形的计算	396
10.5.1 载荷的基本形式及其引起的变形	397
10.5.2 圆形型腔的变形计算	398
10.5.3 非圆形型腔的变形计算	399
10.5.4 模板的变形计算	400
10.6 内部压力作用下型腔壁厚的计算过程	402
10.7 型腔压力下瓣合块和滑块的位移	402
10.8 计算变形的准备工作	408
10.8.1 几何简化	410
10.8.2 选择边界条件的技巧	411
10.9 实例计算	414
10.10 其他载荷	422
参考文献	423
第 11 章 型芯的位移	425
11.1 计算型芯的最大位移	425
11.2 底部侧向点浇口的圆形型芯的位移	426
11.3 盘形浇口的圆形型芯的位移	429
11.3.1 基本问题	429

11.3.2 计算结果	429
11.4 不同浇口形式的型芯位移	433
11.5 镶件的位移	434
11.5.1 以圆形镶件为例分析计算其变形量	435
11.6 型芯装配和深型腔排列的设计实例	437
参考文献	439
第12章 脱模(推出)	441
12.1 脱模系统简介	441
12.2 脱模系统设计——开模力和脱模力	444
12.2.1 概述	444
12.2.2 计算脱模力的方法	446
12.2.2.1 采用静态摩擦系数确定脱模和开模力	446
12.2.2.2 计算圆形管注塑制品脱模力的近似方法	449
12.2.2.3 矩形管注塑制品	452
12.2.2.4 锥形管注塑制品	452
12.2.2.5 小结	453
12.2.3 以扇叶为例说明复杂制品脱模力的计算	454
12.2.4 脱模过程中的数值计算(用于弹性体制品)	459
12.2.5 开模力的估算	464
12.2.5.1 不同刚度的模具在 P - V - T 曲线上的状态变化	464
12.2.5.2 间接开模力	465
12.2.5.3 总开模力	465
12.3 脱模机构类型	465
12.3.1 推杆设计和尺寸	465
12.3.2 推杆和其他脱模零件的动作要点	468
12.3.3 推出机构组成	472
12.4 脱模(推出)机构的运动	474
12.4.1 推出方法和动作空间的选择	474
12.4.2 推出方法	474
12.5 特殊脱模系统	477
12.5.1 二级推出	477
12.5.2 组合推出系统	477
12.5.3 三板式模具	479
12.5.3.1 拉杆螺钉带动的推出运动	479
12.5.3.2 用闭锁启动推出动作	480