

粉末注射成形

——材料、性能、设计与应用

(美) Randall M. German (中) 宋久鹏 著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



● ISBN 978-7-111-34813-9

封面设计:
姚毅

- ☆ 本书系统介绍了粉末注射成形(PIM)的材料、性能、设计和应用方面的知识,内容包括PIM技术的概述,产品设计,模具设计及工序能力分析,粉末材料与产品性能,后续加工,成本控制,应用与市场,PIM相关新技术,产品实例与要点分析,PIM工业的相关信息等。
- ☆ 本书既是关于PIM现状的总结报告,也是相关数据的参考资源。许多表格、图形、实例研究、性能参数的汇总被编成独立的形式,也可以根据需要直接查阅。
- ☆ 本书总结了PIM基础研究和商业化生产经验中的大量知识,讲解了如何设计和最佳应用PIM工艺,对加速PIM的应用有很强的参考价值。

上架指导: 工业技术 / 机械制造 / 材料成形

地址: 北京市百万庄大街22号
电话服务
社服务中心: (010)88361066
销售一部: (010)68326294
销售二部: (010)88379649
读者购书热线: (010)88379203

邮政编码: 100037
网络服务
门户网: <http://www.cmpbook.com>
教材网: <http://www.cmpedu.com>
封面无防伪标均为盗版

定价: 43.00元

ISBN 978-7-111-34813-9



9 787111 348139 >

粉末注射成形

——材料、性能、设计与应用

Powder Injection Molding

Materials, Properties, Designs and Applications

(美) Randall M. German (中) 宋久鹏 著



机械工业出版社

本书系统地介绍了粉末注射成形 (Powder Injection Molding, PIM) 的材料、性能、设计和应用方面的知识, 内容包括 PIM 技术的概述, 产品设计, 模具设计及工序能力分析, 粉末材料与产品性能, 后续加工, 成本控制, 应用与市场, PIM 相关新技术, 产品实例与要点分析, PIM 工业的相关信息等。

本书既是关于 PIM 现状的总结报告, 也提供了大量可供参考的相关数据。书中许多表格、图形、实例研究、性能参数的汇总均以独立形式编写, 可以根据需要直接查阅。本书总结了 PIM 基础研究和商业化生产经验中的大量知识, 讲解了如何设计和最佳应用 PIM 工艺, 对 PIM 的应用有很高的参考价值。本书适合从事粉末冶金、金属材料、陶瓷材料、复合材料、机械制造等领域的工程技术和科研人员参阅, 也可作为材料学、材料加工、成形制造等专业大中专院校师生的教材或参考书。

本书著作权属于 Randall M. German 和宋久鹏。作者保留所有权利。没有经过 Randall M. German 和宋久鹏的书面授权, 书中任何部分都不能以任何电子或机械的形式复制或传播, 包括复印、记录、扫描以及任何形式的信息存储和检索系统。对于本书中的信息和设计决策确认方法、性能映射和材料选择技术、成本和管理度量, 作者拥有专有知识所有权, 除单独购买外, 不能传播、复制和使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

粉末注射成形——材料、性能、设计与应用/ (美) 日尔曼 (German, R. M.), (中) 宋久鹏著. —北京: 机械工业出版社, 2011. 7
ISBN 978-7-111-34813-9

I. ①粉… II. ①日…②宋… III. ①粉末注射成形 IV. ①TF124. 39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 097274 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 孔 劲 责任编辑: 孔 劲

版式设计: 霍永明 责任校对: 袁凤霞

封面设计: 姚 毅 责任印制: 乔 宇

三河市宏达印刷有限公司印刷

2011 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·19.5 印张·2 插页·391 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-34813-9

定价: 43.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

策划编辑: (010) 88379772

社服务中心: (010) 88361066

网络服务

销售一部: (010) 68326294

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010) 88379649

教材网: <http://www.cmpedu.com>

读者服务部: (010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

粉末注射成形 (Powder Injection Molding, PIM) 让设计人员可以将塑料注射成形的低成本特性和金属、陶瓷、金属玻璃以及其他耐久性材料的性能和工程特性结合起来。本书将 PIM 的材料、性能、设计和应用相关的知识组织起来,以便能最好地应用该新兴的零件净成形技术。

早期关于 PIM 设计过程的思考是为了简化生产,降低成本和提高产能。许多早期的 PIM 产品是供内部使用的零件,设计人员和生产人员属于同一个机构,因此合作简单。今天,粉末注射成形被广泛使用,但生产很大程度上被外包到熟练的制造公司。不幸的是,这种合作的成熟使得构思产品性能的设计者和拥有工艺知识的制造人员之间产生了隔阂,本书所介绍的设计规则和应用数据可以消除此隔阂。本书总结了从 PIM 基础研究和商业化生产经验中获得的大量知识。本书包括材料、性质、公差、几何限制、特征、成本因素和为降低成本而进行的设计变化等方面的数据。此外,本书还包括新的材料成分、获奖的产品设计以及工业方面的信息,如工业组织、标准、测试程序和检验协议等。

本书由以下四个主要部分组成:介绍性材料(第1~2章),设计细节(第3~6章),成本—应用细节(第7~10章),工业信息(第11章)。书中的附录是对正文中概念的补充。本书既是关于 PIM 现状的报告,也提供了大量可供参考的相关数据。书中许多表格、图形、实例研究、性能参数均以独立形式编写,可以根据需要直接查阅。我们期望这本书通过讲解如何设计和最佳应用 PIM 工艺,能有助于 PIM 技术的推广应用及发展。

作 者

致 谢

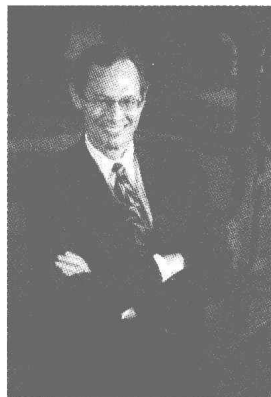
本书是对以前出版的书和报告的更新，前期的工作是在 Robert Cornwall 和 Animesh Bose 的帮助下完成的。许多同事、学生、赞助者和工业界的朋友帮助澄清和确认了书中准确的信息、图片、样品、数据和评论。几家制造公司为本书提供了重要的生产信息，感谢他们友善的帮助。需要特别提及的有：Lye King Tan (Acelent Technologies, Singapore), Kay Leong Lim (Hi - P Housing Appliance, Shanghai), John Johnson (Engineered Products, Huntsville), Mike Sherwin (Kennametal, Latrobe), Sundar Atre (Oregon State University, Corvallis), Tracy Potter (Advanced Powder Products, Philipsburg), Julian Thomas (Springfield Munitions, Kersey), Yoshiyuki Kato (Epson - Atmix, Aomori - ken), 于洋, 赖亚洲, 石涛, 陈昭军, 欧阳明亮, 祁美贵, 刘俊勇, 喻大钊 (厦门虹鹭钨钼工业有限公司), 庄志刚 (厦门钨业集团), 李上奎 (中山岳龙超细金属材料有限公司), 柳葆生 (西南交通大学), Thierry Barriere 和 Jean - Claude Gelin (ENSMM, France)。Eric German (Mitchell Silberberg & Knupp, Santa Monica) 在公司和工业敏感性数据方面提供了法律的指导。

一些人自愿地审阅了本书文稿的章节，提出了改善内容的表达方法。我们特别感谢 Julian Thomas 和 Rick Sharbaugh 在许多图形图像的绘图、图样和图片方面的帮助。Belinda Zauner 提供了有价值的编辑支持，保证了交流的准确与一致。此外，我们对来自以下个人和组织的帮助表示感谢 - Abdulhakim Belhadjhamida, Advanced Powder Products, Advanced Materials Technologies, Advanced Forming Technology Division of Precision Castparts, Aesthetic Materials, American Tool Division of Newell Rubbermaid, Ametek, Anthony Fanelli, Anthony Griffo, Anthony Kelly, Animesh Bose, Anish Upadhaya, Anthony Dean, Arburg, Asulab SMH Laboratoire de Recherche, Autolite Division of Honeywell, Barbara Lograsso, Barry Rabin, BASF, BF Magnet Technology, Bin Yang, Boston Scientific, Breed Automotive, Bruno Unternaehrer, Ceramet Technologies, Certech Division of Carpenter Technology, CetaTech, Chee Tian Yeo, Chenming Wang, Chris Tarry, CM Furnaces, Connie Schlaeffer, Debby Blaine, Degussa, Delphi Saginaw Steering Systems, Dennis Walker, Donald Heaney, Donald Whychell, Dunstan Peiris, Ecrimesa, ETA SA Fabriques d'Ebauches, European Powder Metallurgy Association, FloMet, Ford Motor, Frank Leon, Gary Hawkins, GE Consumer Products - Lighting, Gene Krug, George Wei, GKN Sinter Metals, Greg Brasel, Gregory Klumb,

Haorong Zhang, Hitachi Metal Products, Hoeganaes, Howmet Division of Alcoa, Injectamax, Iqbal Singh, Ivi Smid, Iwaki Diecast, James Corbett, Jeff Moore, Jobe Piemme, Joachim Huemmler, John Chen, John Johnson, Johnny Bruhn, Jonathan Wroe, Jonathon Fischer, Joseph Rose, Karthik Sivaraman, Kay Leong Lim, Ken Anderson, Kenichi Shimodaira, Kennametal, Kinetics, Kuen Shyang Hwang, Larry Derrington, Louis Campbell, Lye King Tan, Manuel Caballero, Mark Janney, Maryann Wright, Matthew Bulger, Megamet Solid Metals, Metal Powder Industries Federation, Michael Atkins, Michael Hill, Mike Lange, Mike Sherwin, MoldMasters, Mu - Jen Yang, Neal Myers, Net Shape Components, NGK Insulators, Nippon Piston Ring, Onishi Light Industries, Ortho Organizers, Parmatech, Patec, Pavan Suri, Pfaltzgraff, Phillips Plastics, Polyalloy Division of Pacific Sintered Metals, Porite Taiwan, Proform, Rajiv Tandon, Raman Baijal, Randal Geary, Retco Tool, Robert Cornwall, Roger Gehring, Rudolf Zauner, Ruven Porat, Schunk Sintermetalltechnik, SECO Tool, Sharon Elder, Sharon Tarczynski, Shenango Refractories, Shin Tian Lin, Smith Metal Products, Stanly Zalkind, Steve James, Steven Huff, Sundar Atre, Tai - Shing Wei, Taiwan Sintered Metals, Takashi Kawamoto, Thomas Gladden, Tracy Potter, Tsutomu Yamamoto, Ulf Engstrom, Unitek, Uwe Haupt, William Clegg, Young - Sam Kwon, Yossi Gru, Yunxin Wu 和 Zulkefli Bin Zainal. 以这种方式把这些人和机构集合在一起, 就可以显而易见地看出把研究转为成果所需要的网络是多大。因此, 我们感谢来自每个人的帮助。

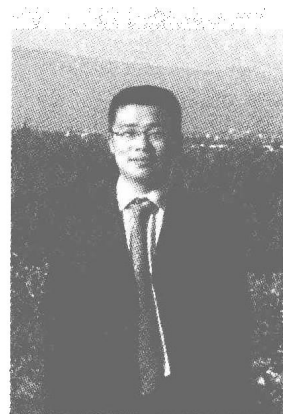
作者简介

Randall M. German 是位于加利福尼亚州圣迭戈市的圣迭戈州立大学工程系副系主任，同时兼任机械工程教授。此前，他曾是三所大学的讲席教授，从事汽车、粉末冶金和工程材料基础问题方面的学术研究。Rand 是宾夕法尼亚州州立大学的退休教授。他参与创办了 12 家公司，其中一些公司已经成功地将核心的 PIM 技术商业化了。他在加利福尼亚大学戴维斯分校获得材料科学博士学位，在俄亥俄州立大学和圣何塞州立大学分别获得科学硕士和学士学位。此外，他曾在 Hartford 研究中心和哈佛大学接受过管理强化培训。



Randall M. German 是美国材料信息学会（ASM International）和美国粉末冶金学会（APMI International）会士（Fellow）。他被授予的奖项有 Nanyang 教授职位、Tesla 奖章、日本材料研究所讲师职位、宾州工程协会第一研究奖、加利福尼亚大学戴维斯分校杰出工程校友奖、圣何塞州立大学杰出奖以及日本金属研究所技术开发奖。已经发表论文 900 多篇、出版专著 15 本、编辑了 19 本书，拥有发明专利 24 项。主持了数个年度短期课程、研讨会和专题会议（包括自 1990 年以来每年和他人共同主持粉末注射成形研讨会）。他是几个组织的技术顾问或理事会成员。参与的研究项目范围广泛，包括电火花烧结、硬质材料、钛和钨加工方面的基础研究。

宋久鹏 现工作于厦门虹鹭钨钼工业有限公司，负责粉末注射成形的研发。先后在法国 ENSMM 和荷兰 Twente 大学从事博士后研究，研究领域包括金属和陶瓷粉末的注射成形、陶瓷基复合材料、材料加工和材料特性的数值模拟。2007 年获得法国 Franche-Comté 大学工程科学博士学位和西南交通大学固体力学博士学位。1999 年和 2002 年分别获得西南交通大学机械工程学士和硕士学位。2002 年至 2004 年曾在成都飞机工业集团任模具工程师。宋久鹏在国内外学术期刊和会议上发表学术论文 30 余篇。



目 录

前言

致谢

作者简介

第 1 章 粉末注射成形 (PIM) 简介	1
1.1 金属和陶瓷粉末注射成形概述	1
1.1.1 本书的宗旨	1
1.1.2 PIM 概述	1
1.1.3 PIM 的发展历程	4
1.1.4 PIM 的科研工作	7
1.1.5 PIM 的技术划分	8
1.1.6 重要术语	8
1.2 工艺的优越性	9
1.2.1 PIM 的显著特点	9
1.2.2 PIM 与模压比较	10
1.2.3 PIM 与注塑的关系	12
1.2.4 工艺的柔性化程度	12
1.2.5 PIM 的适用场合	13
1.3 PIM 的主要工序	14
1.3.1 喂料制备	14
1.3.2 注射	16
1.3.3 热加工	19
1.3.4 工程设计需要考虑的方面	23
1.4 PIM 与其他净成形工艺的比较	23
1.4.1 加工能力	23
1.4.2 成本因素	28
1.4.3 竞争优势分析	30
参考文献	31
第 2 章 产品和工艺的概念设计	33
2.1 设计的过程	33
2.1.1 设计的动机	33
2.1.2 提升质量和降低成本的方法	33
2.1.3 利用 PIM 的优点	36
2.2 PIM 产品的初步识别	37

2.3 可选用的材料	40
2.4 产品的性能以及与其他工艺的比较	41
2.4.1 物理、化学和热力学特性方面的比较	41
2.4.2 力学性能的比较	41
2.4.3 热学性能的比较	44
2.4.4 耐腐蚀和耐磨性能的比较	44
2.4.5 电学和磁学性能的比较	45
2.5 几何特性	46
2.6 设计决策的要点	48
参考文献	51
第3章 产品的几何设计	52
3.1 概述	52
3.2 PIM 在几何方面的加工能力	54
3.3 形状及几何尺寸的设计要点	56
3.3.1 肋、腹板和壁的厚度	58
3.3.2 孔和芯	61
3.3.3 螺纹和表面特征	65
3.3.4 伸出体和凸台	66
3.3.5 倒扣	68
3.3.6 转角和倒角半径	69
3.3.7 锥度和拔模角	69
3.4 针对 PIM 工艺进行设计	70
3.5 设计指数的概念	73
参考文献	74
第4章 模具设计与工序能力分析	75
4.1 产品的特征及其组合	75
4.2 尺寸公差与精度	76
4.3 尺寸公差的分配	79
4.4 模具的基础知识	81
4.4.1 模具设计	81
4.4.2 模具的运动	87
4.4.3 模具制造	87
4.5 产品试制及模具	88
4.6 工艺过程的建模	89
参考文献	91
第5章 粉末材料与产品性能	93
5.1 概述	93
5.2 可烧结粉末的化学成分	93

5.2.1 材料的可得性	95
5.2.2 粉末的特性	95
5.2.3 粉末和喂料销售商	96
5.2.4 常用 PIM 粉末的标准化学成分	96
5.3 材料的选择过程	97
5.4 电学性能	99
5.5 环境属性——生物相容、腐蚀和氧化特性	100
5.6 惯性、密度和弹性特性	103
5.7 磁学性能	105
5.8 力学性能	107
5.8.1 金属材料的拉伸性能	107
5.8.2 陶瓷材料的断裂强度	110
5.8.3 断裂韧度、冲击和疲劳特性	111
5.8.4 高温特性	113
5.9 光学性能	114
5.10 热学性能	116
5.10.1 熔点和比热容	117
5.10.2 热管理性能	117
5.11 磨损特性	118
5.12 供应商之间的差异	119
5.13 典型的微观结构	120
5.14 材料成本的考虑	122
参考文献	123
第 6 章 PIM 产品的后续加工	125
6.1 概述	125
6.2 变形工序	125
6.2.1 冷变形	125
6.2.2 热变形	126
6.3 机加工	128
6.4 热处理	129
6.5 连接	131
6.6 表面处理	132
6.7 检验	133
6.7.1 质量检验	133
6.7.2 定量技术	134
6.7.3 无损检测	135
6.8 总结	135
参考文献	136

第7章 产品开发过程中的成本控制	137
7.1 生产经济性和关键成本因素	137
7.1.1 概述	137
7.1.2 其他竞争性的工艺	139
7.1.3 粉末成本	140
7.1.4 喂料成本	142
7.1.5 模具成本	143
7.1.6 注射成本	145
7.1.7 脱脂成本	146
7.1.8 烧结成本	147
7.1.9 后续加工、检验和包装成本	147
7.2 改变设计以降低工艺成本	147
7.3 模具使用寿命因素	148
7.4 设备成本和折旧	149
7.5 生产订单大小因素	150
7.6 公差要求对成本的影响	152
7.7 成本计算	152
7.8 采购过程	155
7.9 产量与产能	156
参考文献	157
第8章 PIM 的应用和市场分析	159
8.1 PIM 的应用概述	159
8.2 PIM 的市场	160
8.2.1 工业的发展	160
8.2.2 工业的分类	162
8.2.3 市场的分类	163
8.3 应用领域举例	164
8.3.1 航空航天	164
8.3.2 汽车	165
8.3.3 商业机器	167
8.3.4 铸造和熔炼工业	168
8.3.5 计算机	170
8.3.6 切削刀具	171
8.3.7 国防	172
8.3.8 牙科	172
8.3.9 电气和电子零件	173
8.3.10 枪械	174
8.3.11 手动工具	174

8.3.12 五金器具·····	175
8.3.13 家庭和个人用品·····	175
8.3.14 工业零件和工具·····	177
8.3.15 工具仪表和传感器·····	178
8.3.16 珠宝·····	179
8.3.17 照明·····	180
8.3.18 医疗·····	180
8.3.19 微电子和光电·····	182
8.3.20 油田和采矿·····	183
8.3.21 运动器材·····	184
8.3.22 电信·····	184
8.3.23 手表·····	185
8.4 未来可能的应用 ·····	186
8.4.1 新兴的材料 ·····	186
8.4.2 新兴的应用 ·····	187
8.4.3 工业的变化 ·····	188
参考文献 ·····	188
第9章 PIM 相关的新技术 ·····	191
9.1 新的工艺 ·····	191
9.1.1 生坯的加工和装配 ·····	191
9.1.2 两种材料的注射成形 ·····	192
9.1.3 气辅和水辅注射成形 ·····	194
9.1.4 气动等静压锻造 ·····	194
9.1.5 大尺寸结构 ·····	195
9.1.6 微注射 ·····	197
9.1.7 快速模具的概念 ·····	198
9.2 新的材料 ·····	199
9.2.1 采用混合粉末的耐磨复合材料 ·····	199
9.2.2 高弹性模量的金属陶瓷 ·····	200
9.2.3 异质微观结构 ·····	201
9.2.4 通过气氛稳定材料的化学成分 ·····	201
9.2.5 生物相容材料 ·····	202
9.2.6 预成形件熔渗 ·····	203
9.2.7 粘结材料 ·····	204
9.3 新的产品 ·····	204
9.3.1 有芯或中空的结构 ·····	204
9.3.2 控制孔隙度的结构 ·····	205
9.3.3 各向异性响应的结构 ·····	206

9.4 新的应用	207
参考文献	208
第10章 产品实例及其要点分析	210
10.1 概述	210
10.2 实例研究	210
10.2.1 气囊触发零件	210
10.2.2 活体检查仪器	211
10.2.3 钻头夹持器	212
10.2.4 燃烧室盖	212
10.2.5 铸造型芯	213
10.2.6 手机转向节	214
10.2.7 手机振子	214
10.2.8 离心式供给管	215
10.2.9 褶皱汽车的车顶夹子	215
10.2.10 巡航控制传感器安装座	216
10.2.11 硬盘驱动器的磁性锁	216
10.2.12 模块化钻尖	217
10.2.13 立铣刀	217
10.2.14 抽取喷嘴	218
10.2.15 光纤连接器	219
10.2.16 光纤弯曲工具	219
10.2.17 光纤插芯	220
10.2.18 燃油流量调整器	220
10.2.19 燃气轮机叶轮	221
10.2.20 装配了齿轮的轴	221
10.2.21 变速器排挡手柄	222
10.2.22 电子仪器组件上的玻璃和金属间的封装	222
10.2.23 喷射旋转翼	223
10.2.24 陶瓷金卤灯电弧管	223
10.2.25 锁具零件	224
10.2.26 奢侈手表表链	224
10.2.27 弹匣解脱柄	225
10.2.28 金属切削刀片	225
10.2.29 射钉枪挡板	226
10.2.30 针驱动器 and 末端 U 形夹	226
10.2.31 光收发器外壳	227
10.2.32 牙科正畸托槽	228
10.2.33 氧传感器	228

10.2.34 纸张打孔冲头	229
10.2.35 泵体	229
10.2.36 后瞄准器基底和滑块	230
10.2.37 步枪扳机护弓	231
10.2.38 转动传感器	231
10.2.39 保险按钮	232
10.2.40 喷淋阀门	232
10.2.41 螺线管阀体	233
10.2.42 喷嘴	234
10.2.43 转向系统的 U 形夹	234
10.2.44 手术剪刀	235
10.2.45 手术吻合器	236
10.2.46 餐具	236
10.2.47 茶杯	237
10.2.48 牙刷齿轮	238
10.2.49 修剪器刀片	238
10.2.50 涡轮增压器转子	239
10.2.51 可变气阀摇臂	239
10.2.52 酒瓶塞	240
10.2.53 手表座	240
参考文献	241
第 11 章 PIM 工业结构和企业运营	243
11.1 工业的特点	243
11.2 工业结构及其划分	244
11.2.1 工业的成熟	244
11.2.2 四种层次的比较	245
11.2.3 附设生产和用户定制生产	246
11.3 财务方面的比较	246
11.4 地理上的分布	248
11.5 材料上的分布	248
11.6 销售和供应商的基本情况	249
11.7 相对销售业绩	250
11.8 增长预测	250
11.9 PIM 企业的常见错误概念	251
11.10 PIM 企业的常见问题	253
11.11 PIM 企业的最佳实践	254
11.12 PIM 企业采用的规范和标准	256
11.12.1 质量标准	256

11.12.2 材料标准	257
11.12.3 产品标准	260
11.12.4 测试标准	261
11.12.5 测试目的	262
11.13 其他有用信息	263
11.13.1 PIM 的重要论文	263
11.13.2 PIM 的重要专利	265
11.13.3 PIM 有关的会议	278
参考文献	279
附录	282
附录 A 模具的制造材料与特性	282
附录 B 粉末生产、粉末特征以及粉末和喂料的供应商	283
附录 C 后续加工与检验	285
附录 D 模具的成本计算	288
附录 E 零件的成本计算	293
附录 F 质量计划框架	298

第 1 章 粉末注射成形（PIM）简介

1.1 金属和陶瓷粉末注射成形概述

1.1.1 本书的宗旨

这是一本为从事创新性开发的工程师和设计人员而准备的指南。书中讲授了利用粉末注射成形（Powder Injection Molding, PIM）方法实现陶瓷、金属、复合材料、硬质合金、硬质材料、金属陶瓷或其他耐用材料零件的净成形。后面章节的内容包括了设计准则、材料性质以及通过 PIM 获得最大成本 - 绩效利润的方法。如图 1-1 所示，PIM 的设计过程包括了材料、零件几何形状和功能、制造工艺等方面的决策。这些决策需要平衡经济性和技术方面的因素。因此，除了工程细节外，本书中的很多内容是与工艺成本相关的。沿着这些主线，本书还包括了实例研究，用于帮助理解如何成功应用 PIM 技术。将这些信息结合在一起可以使得工艺过程及其应用更合理。

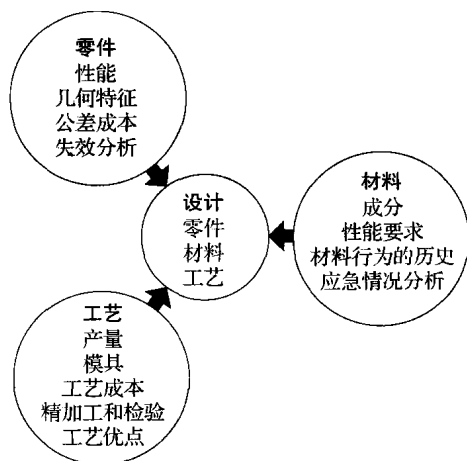


图 1-1 PIM 工艺设计中需要考虑的与材料、零件、工艺和经济可行性相关的因素

1.1.2 PIM 概述

粉末注射成形（PIM）属于净成形工艺，但不是新制造方法。该工艺在 20 世纪 20 年代就已经被首次使用，一些当前 PIM 应用的起源也可以追溯到 20 世纪 60 年代。然而，在 20 世纪 90 年代之前 PIM 缺少必要的工业基础，一直没有被广泛地成功应用。最近几十年来，PIM 应用的数量和规模加速发展，引起了对该技术的重视。今天，PIM 重要的三步工序包括：

- 1) 采用合适的粉末和高分子材料制造喂料。
- 2) 将喂料注射到根据最终产品设计的模具中。