

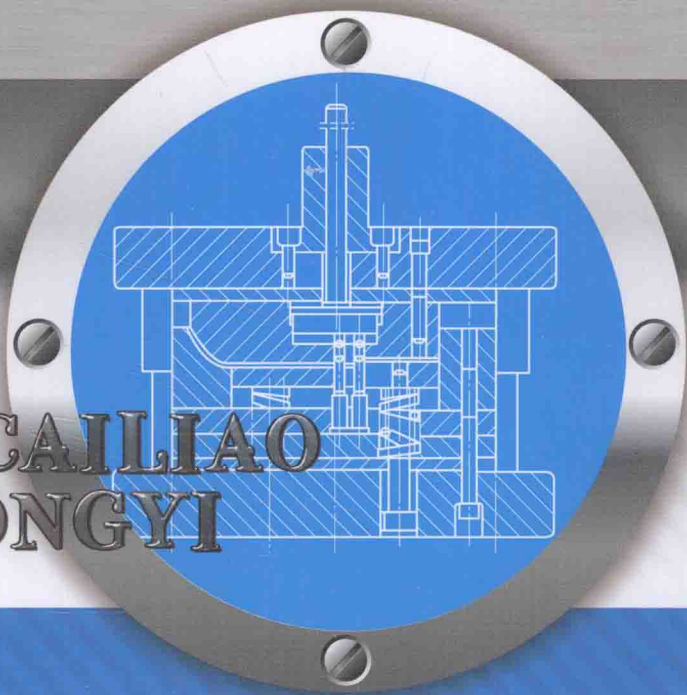


模/具/技/术/丛/书

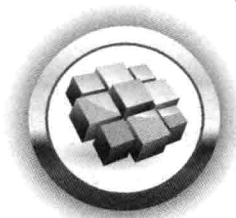
模具材料 及工艺

贾高顺 童晓霞 编

MUJU CAILIAO
JI GONGYI



化学工业出版社



模/具/技/术/丛/书

模具材料 及工艺

MUJU CAILIAO
JI GONGYI

贾高顺 童晓霞 编 ●



化学工业出版社

·北京·

本书以实践和第一手模具制作的实际经验综合编写而成，共分为五章，介绍了模具材料成形原理；液态成形、固态塑性成形、固态材料的连接成形、粉末压制和常用复合材料成形、非金属材料成形、材料模拟成形发展概况；模具材料与模具热处理；模具材料加工成形工艺；模具材料成形工艺应用实例及模具设计及应用。

本书注重先进性、实用性和可操作性，以模具图解叙述为主，理论表述从简，图表并茂。主要适合从事模具制作培训、模具产品成形技术与模具材料研究的工程技术人员阅读参考，也可供高等院校模具工艺专业师生教学参考；还可供机电工业、模具行业等生产企业、科研单位、政府管理等部门参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

模具材料及工艺/贾高顺, 童晓霞编. —北京: 化学工业出版社, 2014. 9

(模具技术丛书)

ISBN 978-7-122-21224-5

I. ①模… II. ①贾…②童… III. ①模具-工程材料-成型加工 IV. ①TG76

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 148486 号

责任编辑: 夏叶清

责任校对: 吴 静

装帧设计: 刘丽华

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市万龙印装有限公司

710mm×1000mm 1/16 印张 21 字数 429 千字 2014 年 10 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 88.00 元

版权所有 违者必究

丛书序

我国模具工业从起步到现在,已经走过了半个多世纪。自从 20 世纪以来,我国就开始重视模具行业的发展,提出支持模具行业的发展以带动制造业的蓬勃发展。有关专家表示,我国的加工成本相对较低,模具加工业日趋成熟,技术水平不断提高,人员素质大幅提高,国内投资环境越来越好,各种有利因素使越来越多国外企业选择我国作为模具加工的基地。模具行业在“十二五”期间将面临再次腾飞的契机。

据统计资料,模具可带动其相关产业的比例大约是 1:100,即模具发展 1 亿元,可带动相关产业 100 亿元。通过模具加工产品,可以大大提高生产效率,节约原材料,降低能耗和成本,保持产品高度一致性等。如今,模具因其生产效率高、产品质量好、材料消耗低、生产成本低而在各行各业得到了应用,并且直接为高新技术产业服务,特别是在制造业中,它起着其他行业无可替代的支撑作用,对地区经济的发展发挥着辐射性的影响。

现代模具行业是技术、资金密集型的行业。目前,中国约有模具生产厂点 2.5 万余家,从业人员有 100 多万人,全年模具产值达 1000 多亿元人民币,模具出口近 30 亿美元,但是目前我国注射模具设计制造大多集中在低档次领域,技术水平与附加值偏低,对于那些精密、复杂、大型、科技含量高和寿命长的高档模具,国内模具企业在技术上还有一定差距。

目前,热流道的注塑模具已应用普遍,如双色注塑模、气体辅助注塑模、无熔接痕高亮度模具正在广泛应用;同时,CAE 的模流分析和模具信息化的管理系统(CAE、CRP、EMS)已开发应用,通过信息化的管理系统能对模具项目计划、材料、进程进行有效的控制,提升了企业的生产效率和质量。

面对国外先进技术与模具质量高、市场价格低、制造周期短的挑战,模具行业应不断地提高设计、制造、工艺技术及管理水平。我国必须打破传统习惯的模具生产工艺,使模具设计规范化、标准化,使模具生产零件化,使模具企业管理信息化、网络化。只有这样,才能使模具行业整体水平跃上一个新的台阶,缩短与国外水平的差距,使中国的模具工业有一个更大的发展。近年来,模具行业结构调整步伐加快,主要表现为大型、精密、复杂、长寿命模具和模具标准件发展速度高于行业的总体发展速度;塑料模和压铸模比例增大;面向市场的专业模具厂家数量及能力增加较快。随着经济体制改革的不断深入,“三资”及民营企业的发展很快。

随着我国制造业国际地位的不断提高,模具工业获得了飞速的发展,模具的需

求量也成倍增加，其生产周期愈来愈短。因此，迫切需要加快塑料模具技术进步，技术创新的步伐。只有掌握最新的塑料模具技术成果才能提高竞争能力，开拓新的市场领域。当前要应对塑料模具原材料价格暴涨等各方面的挑战，为此需要特别注意学习和吸收国际塑料模具业的经验教训和科技成果。

《模具技术》丛书的出版，为推动制造业的健康有序的发展、优化模具产业结构有所帮助，有利于制造业产业集群人员的知识需求，切实把科技创新与技术资源优势转化为经济优势，为企业解决一些技术难题。该丛书的特点是以技术性为主，兼具专业性和实用性，同时体现基础理论的研究等。

丛书共分七册，包括《注塑模具与制造技术》、《三维建模与模具设计》、《塑料模具与设计》、《模具材料及工艺》、《模具设计与数控编程一体化》、《冲压模具与制造技术》、《橡塑模具与设计》。

为了帮助广大读者比较全面地了解塑料模具行业的发展与技术进步，编者在参阅大量文献资料的基础上组织编写了《模具技术》丛书。相信本丛书的出版对于广大从事塑料模具与设计、塑料新材料的制品与加工和开发研究的科技人员会有所帮助。

丛书编委会

2013 年 1 月

前言

当前中国的模具工业正处在飞跃的关键时期，迫切需要加快模具材料及加工工艺的技术进步与技术创新的步伐。为此特别需要了解模具新材料的选用及模具材料新技术的应用，也使模具材料成形工艺与模具设计显得越发重要。

因此，目前市场对模具材料的需求越来越大，各行各业都要求模具加工企业有更新颖、更多样、质量更优异的模具制品与模具材料出现。

本书系统地介绍了模具材料及材料成形工艺的基本知识，全书共五章，内容包括模具材料成形原理（液态成形、固态塑性成形、固态材料的连接成形、粉末压制和常用复合材料成形、非金属材料成形、材料模拟成形）、模具材料与模具热处理、模具材料加工成形工艺、模具材料成形工艺应用实例、模具设计及应用。

本书适合从事模具设计与制造的工程技术人员、高等职业技术学院和成人教育的机械制造及自动化专业、模具设计与制造专业等相关专业选用，同时可作为机械类工程技术人员的参考用书。

本书在内容的选取方面吸收了许多已经成功使用的新材料和新的工艺，将工程材料及热处理与模具材料及表面处理整合，删繁就简，使工程材料的基本理论有针对性地为模具材料所用。始终保持着论述模具材料、选用模具材料、加工模具材料的三条主线。

另外，本书的直观性强，图表并茂，案例讲解、应用实例众多，使读者能直接找出各种材料的性能特点、应用范围、加工方法以及各种模具材料间的异同，易于理解和记忆，便于读者学习与理解。

在本书编写过程中，得到浙江工业大学机电学院、浙江大学模具材料技术研究中心、中国塑料城——塑料模具研究院、深圳市模具制造杂志社、黄骅模具协会、佛山市模具行业协会许多模具前辈和同仁热情支持和帮助，并提供有关资料，对本书内容提出宝贵意见。黄雪艳、杨经伟、王书乐、高新、周雯、耿鑫、陈羽、董桂霞、张萱、杜高翔、丰云、蒋洁、王素丽、王瑜、王月春、韩文彬、周国栋、陈小磊、方芳、周木生、赵国求、高洋、谢义林、高占义、杨经涛、安凤英、来金梅、王秀凤、吴玉莲、李力等同志为本书的资料收集和编写付出了大量精力，在此一并致谢！由于时间仓促，书中纰漏之处在所难免，敬请各位读者批评指正。

编者

2014年4月

目录

第一章 模具材料成形原理概述

第一节 材料成形法与材料的工艺性能及概念	1
一、材料成形法简介	1
二、材料成形法的类型	1
三、材料成形数值模拟概念	2
四、材料的工艺性能	7
第二节 金属液态成形	8
一、金属液态成形概念	8
二、液态金属成形分类	9
三、金属液态特种铸造	9
四、金属液态成形的工艺性能	10
第三节 金属固态塑性成形	11
一、概述	11
二、金属塑性成形技术	12
三、金属塑性成形的主要形式(以原材料的形态分类)	12
四、金属塑性成形技术主要研究方向及内容	12
五、金属塑性成形加工条件	13
六、固态金属材料塑性成形过程	15
七、新型固态金属材料的铸造成形	17
八、金属基复合材料的铸造成形	19
九、固态材料的连接成形	20
十、超塑性材料加工	21
第四节 半固态材料成形	23
一、概述	23
二、半固态金属成形技术的发展与应用	23
三、半固态金属成形技术实例	30
四、半固态成形技术的应用	34
第五节 粉末压制和常用复合材料成形	35
一、概述	35

二、粉末压制理论	36
三、粉末压坯	37
四、粉末压制模具	38
五、粉末成形压制的选择原理	39
六、粉末高速压制成形技术	41
七、常用复合材料成型方法	42
八、复合材料模具的制造实例	43
第六节 非金属材料成形	46
一、概述	46
二、非金属材料的特点	46
三、非金属材料分类	47
四、非金属材料的选择及应用	48
五、工程塑料及成型	49
六、非金属材料生产工艺	49
第七节 模具的力学性能要求	49
一、概述	49
二、硬度	50
三、强度	51
四、塑性	52
五、韧性	52
六、热稳定性	53
七、回火稳定性	53
八、热疲劳抗力及断裂韧度	53
九、耐磨损性能	54
十、断裂抗力	54
十一、抗咬合能力及抗软化能力	54
第八节 现代模具虚拟产品设计与制造	54
一、概述	54
二、模具虚拟产品设计与制造概念的提出	55
三、模具虚拟产品现实系统的构造	55
四、模具虚拟产品设计必须引进最新的产业技术	56
五、数字成型技术是现代材料加工工艺与模具设计的重要辅助手段	56

第二章 模具材料与模具热处理

第一节 模具材料	59
一、概述	59

二、冷作模具钢材料	59
三、热作模具钢材料	61
四、塑料模具钢材料	65
五、硬质合金和钢结硬质合金材料	67
六、模具钢材的一般性能要求及发展趋势	68
七、冷作模具钢的使用性能要求及分类	69
八、热作模具钢的使用性能要求及分类	72
第二节 模具热处理技术	74
一、模具的真空热处理技术	74
二、模具的表面处理技术与应用	75
三、模具材料的预硬化技术	78
四、模具表面的超硬化处理技术	78
五、模具常用的热处理表面强化与改性技术	80
六、表面处理技术模具制造中的发展与展望	82
七、模具热处理技术的展望和建议	87
八、世界表面处理的高新技术	88
第三节 塑料模具零件的制造工艺与热处理工艺	91
一、塑料模具的制造工艺路线	91
二、塑料模具的热处理特点	91
三、塑料模的表面处理	93
四、塑料模的表面精加工	93
五、热处理工艺评定	96
第四节 热锻模具选材与制造工艺	97
一、概述	97
二、失效方式	98
三、冲模的设计、制造及使用等方面失效形式实例	98
四、模具材料最佳性能与一般规律和热处理技术要求	101
五、热加工工艺及其对模具寿命的影响	104
六、表面处理技术的应用	112
七、热锻模热处理工艺技术与应用实例	113
第五节 冷作模具材料的原材料控制	117
一、宏观检验	117
二、显微组织的检测	117
三、冷作模具钢失效分析	118

第 三 章 模具材料加工与成形工艺

第一节 概述	126
--------------	-----

一、模具材料成形工艺的发展	126
二、模具材料成形工艺的选用类型	129
三、模具材料成形、作用、特点及分类	129
四、精密锻造成形技术类型及应用实例	131
第二节 快速成形模具制造技术	131
一、概述	131
二、快速成形技术产生与发展	132
三、RPM 的工艺方法	135
四、快速模具制造技术	136
五、基于 RPM 的快速模具制造方法	136
六、快速成形技术的独有特性	137
七、快速成形技术的应用	137
八、快速成形与相关技术的关系	138
九、RPM 技术的发展	139
第三节 上心盘热模压成形过程的模拟分析	140
一、概述	140
二、模拟分析模型的建立	141
三、计算结果分析	141
四、过程模拟分析的结论	142
第四节 横梁压弯成形及模具设计	142
一、概述	142
二、压弯成形的回弹分析	143
三、从模具主要零件的结构设计进行补偿	144
四、模具工作过程	145
五、模具的设计是可行性结论	146
第五节 叠(多)层凹模连续拉伸模工艺及模具设计	146
一、概述	146
二、叠层凹模模具结构及特点	146
三、零件工艺分析及工序尺寸确定	147
四、模具设计要点	149
五、模具总装图及特点	150
六、设计思路条件	151
第六节 连接管压筋工艺分析与模具设计	151
一、概述	151
二、零件分析	151
三、冲压工艺分析	152
四、工艺计算	152
五、压筋模	153

六、模具设计	154
七、连接管压筋工艺结论	155
第七节 支架成形工艺及模具设计	156
一、概述	156
二、零件分析	156
三、冲压工艺分析	156
四、工艺计算	157
五、模具结构和设计	160
六、生产中出现的问题及解决措施	160
第八节 复合塑性成形工艺及其新技术	162
一、概述	162
二、复合材料模压成型的模具结构及分类特点	163
三、复合材料模具的制造与闭模成形工艺	165
四、热锻冷锻复合塑性成形技术	174
第九节 材料加工与成形工艺	176
一、加工与成型概述	176
二、新产品工艺分析（模具成型及后加工工艺）	180
三、设计压铸模的基本要求	182
四、产品后加工所需工装夹具的设计	183
五、试模	183
六、后加工工序的确定	183
第十节 其他特殊材料加工技术及钛合金的加工工艺	184
一、概述	184
二、刀具材料的选择	184
三、精度、条件和正确的切削参数	185
四、钛合金的加工方法	185
五、稳定性是成功的关键所在	186
六、必须考虑震动和热	186
第十一节 压铸成形工艺及其新技术	187
一、概述	187
二、压铸模具的应用与设计	188
三、压铸模具钢的选用及提高寿命方法	193
四、压铸模具设计中的注意要点	196
五、压铸模具的常见问题以及处理方法	197
六、压铸生产中常遇模具存在的问题	197
七、压铸模具产生裂纹现象	199
八、铝合金压铸模具在使用过程中要注意哪些问题	200
九、镁合金压铸工艺难成功的原因与新工艺选择	201

十、压铸生产模具损坏及措施	203
十一、压铸生产过程中的工序与设备及其控制系统	205

第 4 章 模具材料成形工艺应用实例

第一节 金属构件选区激光熔化快速成形工艺及技术	208
一、金属构件选区激光熔化快速成形技术	208
二、选区激光熔化技术特点及成形难点	210
三、选区激光熔化技术用途	211
四、SLM 应用举例	211
五、选区激光熔化快速成形系统样机技术指标	212
六、SLM 快速成形金属零件实物照片	213
第二节 温锻模具冷却系统设计与精密成形工艺技术及有限元模拟	213
一、概述	213
二、温锻模具冷却系统设计	214
三、温锻精密成形及其在汽车工业中的应用	215
四、温锻精密成形的关键技术	217
五、温锻精密成形过程的研究技术路线	219
六、典型汽车零件温锻精密成形过程的有限元模拟	219
第三节 新型模具的设计和加工方法与制造成形方法实例	220
一、精密汽车塑料件的成型模具设计	220
二、大型薄壁件真空压铸模具的设计方法	223
三、模具用激光加工方法	225
四、选择性激光烧结技术制造金属钢模具方法	225
五、铝合金压铸件的自动化（工业机器人完成成形）生产实例	229
第四节 精密热锻模具生产线的建立与技术工艺实例	233
一、概述	233
二、精密热锻模具生产线建立的前提准备	233
三、热锻模具选材与制造工艺优化措施	234
四、精密热模锻生产线工艺流程设计	237
第五节 快速成形技术在弯管铸件及模具上的应用实例	239
一、概述	239
二、ZCAST 工艺流程	239
三、自配制成形材料在直接金属铸造中的应用	240
四、新产品开发结论	242
第六节 高速精密铸造模具成形与冲压工艺技术及应用实例	242
一、概述	242

二、金属精密铸造模具构成	244
三、模具高速精加工能力的工艺方案	245
四、高速精密冲压技术的特点及应用领域	247
第七节 模具测量技术及其成形产品质量保障	253
一、概述	253
二、非金属材料检测技术	254
三、模具数字检测技术的应用	256
四、模具及成形产品检测技术	261



第五章 模具设计及应用

第一节 概述	265
一、模具设计的解决方案	265
二、Cimatron 的快速分模功能在铸造模具设计中的应用	267
三、Cimatron E 电极模板在设计工作中的应用	268
四、模具设计与并行工程的应用	269
第二节 永磁铁氧体流道板式自动注料模具设计	272
一、概述	272
二、料腔式自动注料模具	273
三、流道板式自动注料模具	274
四、模具特点及使用效果	277
第三节 金属粉末件钢模压制成形模具设计及计算方法	277
一、概述	277
二、金属粉末的工艺特性和材料性能参数与压制坯计算	278
三、凹模与芯棒的工作尺寸	279
四、压制力与凹模预应力圈尺寸	280
五、压制模具的结构设计及其强度校核	281
六、设计及计算方法实例	282
第四节 冲压材料的设计与应用发展	284
一、冲压用金属板料	284
二、冲压用非金属板料	285
三、常用冲压材料的特点与规格	287
四、新型冲压模材料	288
第五节 模具设计及应用实例	290
一、基于 UG 的汽车覆盖件模具设计	290
二、支架冲压工艺与模具设计	294
三、紧固圈的工艺及模具设计	297

四、三联体高压隔离开关自力型触指结构优化及成形模具设计	301
五、陶瓷注浆模具制作、泥浆性能、成形方法及应用实例	305
六、铝挤压模具的优化设计、热处理工艺	310
七、多格盒注塑模设计与应用	313
第六节 模具高速加工技术发展与汽车制造业机械加工技术的变革	317
一、模具高速加工技术主要特点	317
二、模具高速加工的优越性	317
三、模具高速加工的发展前景	319

>>>>>>>>

参考文献

第一章

模具材料成形原理概述

• 第一节 材料成形法与材料的工艺性能及概念 •

一、材料成形法简介

指将原材料加热成液体、半液体并在特定模具中冷却成形、变形或将粉末状的原材料在特定型腔中加热、加压成形的方法，材料在成形前后没有质量的变化，故又常称“质量不变工艺”。

二、材料成形法的类型

生产中常用的铸造、锻造、粉末冶金、挤压、轧制、拉拔方法均属此类。

(1) 铸造 指将熔炼成液态的金属浇入事先制造好的铸型，金属凝固后获得一定形状和性能的铸件。生产中常用于毛坯制造。铸造方法又分为砂型铸造和特种铸造（含熔模铸造、金属型铸造、压力铸造、离心铸造）。各种铸造方法的过程、特点、质量及应用等相关知识可参阅第三章的第十一节 压铸成形工艺及其新技术及第四章第七节，在此不再叙述。

(2) 锻造 指利用外力使材料产生塑性变形，获得所需尺寸、形状的零件的方法。亦是生产中制造毛坯的主要方法之一。锻造又有自由锻和模锻两种，其过程、特点、质量及应用参阅第三章的第十一节 压铸成形工艺及其新技术及第四章第七节等。

(3) 粉末冶金 将粉末状的原材料在特定型腔中加热、加压成形（参阅“本章第五节 粉末压制和常用复合材料成形”）。

(4) 挤压 将金属从挤压模孔中挤出成型的方法, 常用于生产各种形状复杂、深孔、薄壁、异型断面的零件, 请参阅第三章的第九节 材料加工与成形工艺。

(5) 轧制 是使金属坯料通过一对回转轧辊的空隙而受压产生塑性变形获得所需产品的加工方法。主要用于各种金属型材、板材和管材以及其他如连杆、齿轮、轴类等各种零件的生产。

(6) 拉拔 是利用金属坯料通过拉拔模的模孔产生塑性变形而获得产品的加工方法。生产中主要用于各种细线材、薄壁管及各种特殊几何形状的型材的制造。

三、材料成形数值模拟概念

1. 材料成形技术

材料成形技术主要指传统的热处理技术, 即铸造、锻造、冲压、热处理等以液态铸造成形, 固态塑性成形和连续成形以及黏流态注射成形等为代表的材料加工工程。

2. 材料成形数值模拟的基本含义和目的

基本含义: 将一个成形铸造过程定义为由一组控制方程加上边界条件构成的数学的有解的问题, 是在计算机系统平台上利用数值方法仿真(虚拟)材料的成形过程。

基本目的: 帮助人们认识与掌握材料特性、成形方案、工艺参数等内在、外在因数对材料成形质量和工模具寿命的影响。

3. 材料成形数值模拟技术的成功应用因数

广泛的学科理论、合理的数学模型、高效的计算方法、明确的边界定义。

4. 有限元法的中心思想

- ① 将一个连续求解域(对象)离散(剖分)成有限个形状简单的子域单元。
- ② 利用有限个节点将各子域连接起来, 使其分别承受相应的等效节点载荷。
- ③ 借助子域插值函数和“平衡”条件构建各子域的物理场控制方程。
- ④ 将这些方程按规则组合。
- ⑤ 在给定的初始条件和边界条件下进行综合计算求解。

5. 应用有限元法求解工程问题

一般要经历 3 个过程, 这 3 个过程的内容:

- ① 前置处理过程内容: 几何建模、建立物理方程组、材料性能参数数据库、确定载荷、建立边界初始条件。
- ② 求解计算过程内容: 计算刚度曲线、节点位移、应变应力。
- ③ 后置处理过程内容: 显示数据清单、显示图形和应力应变等值线、制作动画和矢量图、函数曲线曲面。

6. 应用数值方法

模拟材料成形注意事项: ①简化模型; ②选择单元; ③合理划分网格; ④建立初始条件和边界条件; ⑤定义材料参数。

7. 金属板料冲压成形基本方面（法）

① 拉深 借助模具使平板毛坯成形为开口空心零件或曲面零件的一种冲压加工方法。

② 胀形 在模具作用下，迫使毛坯厚度减薄和表面积增大，以获得零件几何形状的冲压加工方法。

③ 修边 指利用模具刃口切除拉深件上工艺补充部分材料的冲压加工方法。

④ 翻边 指利用模具将板坯或制作上的内外边缘翻制成竖边的冲压加工方法。

⑤ 弯曲 指在模具的作用下，将板料或板料局部按设计要求弯制成一定角度和一定曲率半径的冲压加工方法。

⑥ 落料和冲孔 两者都是利用模具刃口沿封闭轮廓曲线冲切毛坯而完成加工，落料获得平板零件或板坯，冲孔冲裁下的是废料。

8. 目前的金属板料冲压成形数值模拟技术分析模拟工序

拉深、弯曲、胀形、翻边。

9. 数值模拟技术在板料冲压工艺中的重要应用

预测和控制成形质量，消除或避免缺陷。具体有：

① 起皱缺陷模拟 起皱是薄板冲压成形中常见的缺陷之一，起皱严重到一定程度将使零件报废，仿真技术能较好地预测给定条件下冲压件可能产生的起皱，并通过修改模具或工艺参数予以消除；

② 拉裂 冲压件成形失效的另一种形式，采用计算机仿真技术能够较为准确地计算材料在冲压成形中的流动情况，因而可较准确地预测变形体内的应变分布和板坯的减薄，为判断是否存在拉裂可能性提供科学、可靠的依据；

③ 回弹 冲压成形件卸载后的回弹是不可避免的物理现象，冲压成形数值模拟技术的诞生为计算复杂冲压件的回弹提供了有效工具。

10. Dynaform 软件导入零件 CAD 模型（iges 格式）零件网格划分

（1）软件导入零件 CAD 模型格式

① 在 UG 软件中生成零件模型，将生成零件另存为 iges 格式文件。

② 在 Dynaform 软件中点击菜单栏中的“文件”，出现下拉菜单，选择“导入”，弹出对话框，选择对象文件，点击“确定”。

（2）零件网格划分

① 打开后缀名为“df”的零件，并设为当前零件。

② 点击菜单栏中“前处理”选择“单元”，弹出单元对话框。

③ 点击对话框中“曲面网格化”，点击右上角“网格划分”按钮，弹出网格对话框。

④ 在网格对话框中点击“选择曲面”，用十字光标点击曲面使之变白，点击确定。

⑤ 点击“应用”，并接受自动网格划分结果即可。各种复合材料成形方法比较见表 1-1。