 21世纪高职高专规划教材
模具设计与制造系列

张华 主编

冲压工艺 与模具设计

 案例式
系列教材

清华大学出版社



21世纪高职高专规划教材
模具设计与制造系列

张华 主编
王翠凤 苏芳 参编
陈胤 主审

冲压工艺 与模具设计

21世纪
系列教材

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书介绍了冲压工艺与冲压模具设计的基本原理、基本思想和相关知识,内容包括:绪论、冲压模具设计基础、冲裁、弯曲、拉深、成形等板料冲压基本工序的工艺和模具设计;大型覆盖件成形工艺及模具设计;冷挤压工艺与模具设计;多工位精密自动级进模的设计;冲压工艺规程的编制等。

本书主要作为高职高专院校模具设计与制造类专业教学使用,也可供从事相关工作的企业技术人员和自学者参考使用。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

冲压工艺与模具设计/张华主编. —北京:清华大学出版社,2009.8

21世纪高职高专规划教材. 模具设计与制造系列

ISBN 978-7-302-19871-0

I. 冲… II. 张… III. ①冲压—工艺—高等学校:技术学校—教材 ②冲模—设计—高等学校:技术学校—教材 IV. TG38

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 051656 号

责任编辑:田 梅

责任校对:袁 芳

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京四季青印刷厂

装 订 者:三河市溧源装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:21.75 字 数:493千字

版 次:2009年8月第1版 印 次:2009年8月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:33.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:022354-01

高职高专模具专业规划教材专家组名单

(排名不分先后,按姓氏笔画为序)

任建伟	江苏信息职业技术学院
陈剑鹤	常州信息职业技术学院
张 华	福建信息职业技术学院
张景耀	沈阳理工大学
杨占尧	河南机电高等专科学校
段来根	常州机电职业技术学院
唐 健	重庆工业职业技术学院
黄义俊	宁波职业技术学院
黄晓燕	成都电子机械高等专科学校
韩 伟	陕西工业职业技术学院
韩森和	武汉职业技术学院

出版说明

高职高专教育是我国高等教育的重要组成部分,担负着为国家培养并输送生产、建设、管理、服务第一线高素质技术应用型人才的重任。

进入 21 世纪后,高职高专教育的改革和发展呈现出前所未有的发展势头,学生规模已占我国高等教育的半壁江山,成为我国高等教育的一支重要的生力军;办学理念上,“以就业为导向”成为高等职业教育改革与发展的主旋律。近两年来,教育部召开了三次产学研交流会,并启动四个专业的“国家技能型紧缺人才培养项目”,同时成立了 35 所示范性软件职业技术学院,进行两年制教学改革试点。这些举措都表明国家正在推动高职高专教育进行深层次的重大改革,向培养生产、服务第一线真正需要的应用型人才的方向发展。

为了顺应当前我国高职高专教育的发展形势,配合高职高专院校的教学改革和教材建设,进一步提高我国高职高专教育教材质量,在教育部的指导下,清华大学出版社组织出版了“21 世纪高职高专规划教材”。

为推动规划教材的建设,清华大学出版社组织并成立了“高职高专教育教材编审委员会”,旨在对清华版的全国性高职高专教材及教材选题进行评审,并向清华大学出版社推荐各院校办学特色鲜明、内容质量优秀的教材选题。教材选题由个人或各院校推荐,经编审委员会认真评审,最后由清华大学出版社出版。编审委员会的成员皆来自教改成效大、办学特色鲜明、师资实力强的高职高专院校、普通高校以及著名企业,教材的编写者和审定者都是从事高职高专教育第一线的骨干教师和专家。

编审委员会根据教育部最新文件和政策,规划教材体系,比如部分专业的两年制教材;“以就业为导向”,以“专业技能体系”为主,突出人才培养的实践性、应用性的原则,重新组织系列课程的教材结构,整合课程体系;按照教育部制定的“高职高专教育基础课程教学基本要求”,教材的基础理论以“必要、够用”为度,突出基础理论的应用和实践技能的培养。

本套规划教材的编写原则如下:

- (1) 根据岗位群设置教材系列,并成立系列教材编审委员会;
- (2) 由编审委员会规划教材、评审教材;
- (3) 重点课程进行立体化建设,突出案例式教学体系,加强实训教材的出版,完善教学服务体系;
- (4) 教材编写者由具有丰富的教学经验和多年实践经验的教师共同组成,建立“双师型”编者体系。

本套规划教材涵盖了公共基础课、计算机、电子信息、机械、经济管理以及服务等大类

的主要课程,包括专业基础课和专业主干课。目前已经规划的教材系列名称如下:

• 公共基础课

公共基础课系列

• 计算机类

计算机基础教育系列
计算机专业基础系列
计算机应用系列
网络专业系列
软件专业系列
电子商务专业系列

• 电子信息类

电子信息基础系列
微电子技术系列
通信技术系列
电气、自动化、应用电子技术系列

• 机械类

机械基础系列
机械设计与制造专业系列
数控技术系列
模具设计与制造系列

• 经济管理类

经济管理基础系列
市场营销系列
财务会计系列
企业管理系列
物流管理系列
财政金融系列
国际商务系列

• 服务类

艺术设计系列

本套规划教材的系列名称根据学科基础和岗位群方向设置,为各高职高专院校提供“自助餐”形式的教材。各院校在选择课程需要的教材时,专业课程可以根据岗位群选择系列;专业基础课程可以根据学科方向选择各类的基础课系列。例如,数控技术方向的专业课程可以在“数控技术系列”选择;数控技术专业需要的基础课程,属于计算机类课程的可以在“计算机基础教育系列”和“计算机应用系列”选择,属于机械类课程的可以在“机械基础系列”选择,属于电子信息类课程的可以在“电子信息基础系列”选择。依此类推。

为方便教师授课和学生学习,清华大学出版社正在建设本套教材的教学服务体系。本套教材先期选择重点课程和专业主干课程,进行立体化教材建设:加强多媒体教学课件或电子教案、素材库、学习盘、学习指导书等形式的制作和出版,开发网络课程。学校在选用教材时,可通过邮件或电话与我们联系获取相关服务,并通过与各院校的密切交流,使其日臻完善。

高职高专教育正处于新一轮改革时期,从专业设置、课程体系建设到教材编写,依然是新课题。希望各高职高专院校在教学实践中积极提出意见和建议,并向我们推荐优秀选题。反馈意见请发送到 E-mail: gzgz@tup.tsinghua.edu.cn。清华大学出版社将对已出版的教材不断地修订、完善,提高教材质量,完善教材服务体系,为我国的高职高专教育出版优秀的高质量教材。

高职高专教育教材编审委员会

序 言

冲压工艺与模具设计

积极发展高职高专教育,完善职业教育体系,是我国职业教育改革和发展的一项重要任务。为了深化高等职业教育的改革,推进高职高专教育的发展,培养 21 世纪与我国社会主义现代化建设要求相适应的,并在生产、管理、服务第一线从事技术应用、经营管理、高新技术设备运行的高级职业技术应用型人才。清华大学出版社组织了全国 20 所高职高专院校的教师召开模具专业教学研讨会,交流近几年来各院校模具专业在高技能应用型人才培养模式的探索过程及教学改革的经验,提出高职高专模具专业的培养目标、人才规格(知识结构和能力结构)和各教学环节。在此基础上清华大学出版社组织部分模具专业的骨干教师和一批对模具设计与制造颇为熟悉并具有丰富实践经验的专家、工程技术人员,共同研究开发了这套模具专业的高职高专系列教材。该套教材既有理论课程,又有实践实训课程。

该套系列教材根据高职高专学生的培养目标,十分强调实践能力和创新意识的培养,以“模具设计与制造”这一思想贯穿于整套教材。该套教材具有以下特点:

1. 各教材的编写主要采取“案例”形式,以一组或几组典型案例贯穿于教材始终,以案例分析引出必需的基础理论,强调知识的实用性和针对性,突出实际应用能力的培养。教材还将有关岗位资格证书的内容嵌入其中,为学生获取相关的职业资格证书提供了便利。

2. 各教材的内容是在整体教学环节安排下编写的,使理论教学和实践教学的内容得到有效的衔接,这有助于开展课程改革,也有利于开展理论实践一体化等教学模式的实施。

3. 以模块化形式组织教材,使教材既保持了知识的完整性,又使各部分内容自成一体,相对独立,可灵活地各取所需,为我所用,因而可适用于不同学制、不同教学形式及生产一线的模具工程技术人员的需求。

本系列教材的大纲均由编审委员会的老师及专家审定通过,汇聚了各所院校及教师经验的精华。希望本系列教材的出版能对高职高专模具设计与制造及其相关专业的教材建设和教材改革有所推动。

鉴于我国的职业教育及社会经济均处于迅猛发展阶段,知识体系和产品的更新推动着我们不断进行教材改革。我们将顺应改革潮流,不断地丰富和调整本系列教材,并以此抛砖引玉,希望更多的优秀院校、优秀教师及工程技术人员加入我们的行列(E-mail: tianm@tup.tsinghua.edu.cn),为我国的职业教育事业贡献自己的力量。

高职高专模具教材编审委员会

前 言

冲压工艺与模具设计

冲压工艺及模具设计是模具专业的主干课程,对于模具设计与制造专业学生专业能力的培养至关重要。特别是对于培养高技能型人才为目标的高等职业院校的学生来说,模具设计是专业技能训练必不可少的环节。

本书以教育部高职高专冲压工艺及模具设计大纲为依据,同时针对高职学生的认知特点和应用型人才培养的目标进行编写。在内容体系结构上,将知识点的学习与实际问题的解决融为一体。本书具有如下特点。

(1) 本书对冲模中最常用的冲裁、弯曲、拉深工艺与模具设计 3 个重点章节,采用了基于工作过程的内容编写,同时以任务驱动,案例分析,提出问题,分析问题,解决问题贯穿于始终。

(2) 针对目前我国汽车、电子产品发展迅速,对覆盖件模具和多工位级进模具的设计与制造业人才的需求较多,编写了大型覆盖件成形工艺及模具设计与多工位精密自动级进模的设计内容。

(3) 本书以培养应用能力为主线,理论内容以够用为度,强调针对性和实用性,强调学以致用。突出了简明、实用、新颖,图文并茂,便于自学。每章均选编了案例分析和习题。

本课程的参考课时为 90~110 学时。

本书由福建信息职业技术学院张华主编,福建工程学院副教授陈胤主审。全书共 9 章。第 1 章、第 3 章、第 6 章、第 8 章、第 9 章由张华编写,绪论、第 4 章、第 5 章由福建信息职业技术学院王翠凤编写,第 2 章、第 7 章由福建信息职业技术学院苏芳编写。此外,参加编写的还有与福建信息职业技术学院合作的校外实训基地的企业工程师与技术人员。福建模具工业协会对本书提出了很好的建议,在此一并表示感谢!

由于编者水平有限,书中有许多不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2008 年 12 月

目 录

冲压工艺与模具设计

绪论	1
第 1 章 冲压模具设计基础	6
1.1 冲压基本工序及模具	6
1.2 冲压成形的基本理论	12
1.2.1 塑性变形的基本概念	12
1.2.2 塑性变形时的应力与应变	13
1.2.3 金属塑性变形的基本规律	15
1.3 冲压材料	17
1.3.1 对冲压材料的基本要求	17
1.3.2 板材冲压成形性能的试验方法	18
1.3.3 常用冲压材料及其在图样上的表示方法	21
1.3.4 新型冲压材料发展趋势	25
1.4 冲压设备及选用	25
1.4.1 压力机的分类及型号	25
1.4.2 常用冲压设备	27
1.4.3 冲压设备的选用	35
思考与练习题	38
第 2 章 冲裁工艺及冲裁模具设计案例与实践	39
2.1 问题的提出	39
2.2 问题分析	39
2.2.1 冲裁变形过程分析	39
2.2.2 冲裁件断面分析	41
2.2.3 冲裁件质量及其控制	41
2.2.4 冲裁工艺与冲裁模具设计任务的提出	43
2.2.5 冲裁工艺与冲裁模具设计步骤	43
2.3 冲裁件的工艺性	44
2.4 冲裁模典型结构	46

2.4.1	单工序模	46
2.4.2	级进模	51
2.4.3	复合模	52
2.5	排样设计	55
2.5.1	材料的合理利用	55
2.5.2	排样方法	56
2.5.3	搭边和条料宽度的确定	57
2.6	冲裁模主要零部件设计	60
2.6.1	工作零件	60
2.6.2	定位零件	68
2.6.3	卸料与出件装置	73
2.6.4	模架及其组成零件	79
2.6.5	连接与固定零件	81
2.7	冲压力与压力中心的确定	83
2.7.1	冲压力的计算	83
2.7.2	压力机公称压力的确定	84
2.7.3	压力中心的确定	85
2.8	冲裁模具的间隙	87
2.9	凸、凹模刃口尺寸的确定	91
2.9.1	凸、凹模刃口尺寸的确定原则	91
2.9.2	凸、凹模刃口尺寸的计算方法	91
2.10	精密冲裁	95
2.10.1	精密冲裁	95
2.10.2	其他半精冲法	100
2.11	冲裁模设计实例	101
	思考与练习题	111
第3章	弯曲工艺与弯曲模具设计案例与实践	113
3.1	问题的提出	113
3.2	问题分析	114
3.3	弯曲件工艺性分析	117
3.3.1	弯曲件的精度	117
3.3.2	弯曲件的结构与尺寸	118
3.3.3	弯曲件的材料	122
3.4	弯曲件的质量问题及控制	122
3.4.1	回弹及其控制	122
3.4.2	偏移及其控制	127
3.4.3	翘曲与剖面畸变	129

3.5	弯曲件的工艺计算	129
3.5.1	弯曲件的展开尺寸计算	130
3.5.2	弯曲力的计算	134
3.6	弯曲件的工序安排	136
3.7	弯曲模结构设计	138
3.7.1	弯曲模的设计要点	138
3.7.2	弯曲模的典型结构	138
3.7.3	弯曲模工作部分尺寸的设计	145
3.8	弯曲模的设计实例	148
	思考与练习题	153
第4章	拉深工艺与拉深模具设计案例与实践	155
4.1	问题的提出	155
4.2	问题分析	156
4.2.1	拉深变形过程及特点	156
4.2.2	拉深过程中坯料内的应力与应变状态	157
4.2.3	拉深件的主要质量问题及控制	159
4.2.4	拉深工艺与拉深模具设计任务的提出	161
4.2.5	拉深工艺与拉深模具设计步骤	161
4.3	拉深件的工艺性	161
4.4	旋转体拉深件坯料尺寸的确定	163
4.4.1	坯料形状和尺寸的确定原则	163
4.4.2	简单旋转体拉深件毛坯尺寸的计算	164
4.4.3	复杂旋转体拉深件坯料尺寸的确定	168
4.5	圆筒形件拉深工艺计算	169
4.5.1	无凸缘筒形件拉深系数与极限拉深系数	170
4.5.2	无凸缘筒形件的拉深次数及工序尺寸的确定	171
4.5.3	带凸缘筒形件的拉深方法及工艺计算	174
4.6	其他形状零件的拉深	180
4.6.1	阶梯圆筒形件的拉深	181
4.6.2	球面零件的拉深	182
4.6.3	抛物面零件的拉深	183
4.6.4	锥面零件的拉深	184
4.7	盒形件的拉深	185
4.7.1	盒形件的拉深变形特点	185
4.7.2	盒形件拉深毛坯形状与尺寸的确定	187
4.7.3	高盒形件拉深方法及工艺计算	190
4.8	拉深力及压力机的确定	191

4.8.1	拉深力及顶件力的计算	191
4.8.2	压边装置的类型及压边力的计算	193
4.8.3	压力机公称压力的确定	195
4.8.4	电动机功率的校核	196
4.9	拉深模结构设计	197
4.9.1	拉深模具的典型结构	197
4.9.2	拉深凸、凹模工作部分设计	202
4.10	拉深辅助工艺	206
4.11	拉深模设计实例	209
	思考与练习题	214
第5章	其他成形工艺与模具设计	216
5.1	胀形	216
5.1.1	胀形的变形特点	216
5.1.2	平板坯料的起伏成形	217
5.1.3	空心坯料的胀形	219
5.1.4	胀形模结构	220
5.1.5	胀形模设计实例	223
5.2	缩口	225
5.2.1	缩口变形的特点和变形程度	226
5.2.2	缩口工艺计算	227
5.2.3	缩口模结构	228
5.2.4	缩口模设计实例	230
5.3	翻边	232
5.3.1	圆孔翻边	232
5.3.2	圆孔变薄翻边	237
5.3.3	外缘翻边	238
5.3.4	翻边模结构	240
5.3.5	翻边模设计实例	242
5.4	校平与整形	243
5.4.1	校平	244
5.4.2	整形	245
5.4.3	校平模设计实例	246
	思考与练习题	248
第6章	大型覆盖件的成形工艺及模具设计	250
6.1	覆盖件的拉深过程及特点	250
6.2	覆盖件冲压成形的工艺设计	251

6.2.1	覆盖件的冲压工艺性	251
6.2.2	冲压方向的选择	253
6.2.3	拉深工序的工艺设计	256
6.3	覆盖件模具结构分析	261
6.3.1	覆盖件拉深模	261
6.3.2	覆盖件切边模	262
6.3.3	覆盖件翻边模	267
6.4	覆盖件的模具设计实例	268
	思考与练习题	271
第7章	冷挤压工艺及模具设计	272
7.1	冷挤压概述	272
7.2	冷挤压毛坯与变形程度	276
7.3	冷挤压力的确定	278
7.4	冷挤压工艺设计	280
7.5	冷挤压凸、凹模的设计	280
7.6	冷挤压模设计实例	287
	思考与练习题	290
第8章	多工位精密级进模的设计	291
8.1	多工位精密级进模特点	291
8.2	多工位精密级进模的排样设计	291
8.3	多工位精密级进模主要零部件的设计	295
8.3.1	凸模	295
8.3.2	凹模	296
8.3.3	定距机构的设计	298
8.3.4	导料、托料装置的设计	301
8.3.5	卸料装置的设计	302
8.4	多工位精密级进模的自动送料装置	304
8.4.1	自动送料装置	304
8.4.2	防止制件或废料的回升和堵塞	307
8.5	多工位精密级进模设计实例	309
	思考与练习题	313
第9章	冲压工艺规程的编制	315
9.1	冲压工艺规程编制的内容与步骤	315
9.2	典型冲压件冲压工艺的设计实例	320
	思考与练习题	329
	参考文献	330

1. 冲压加工的特点及其应用

冲压是金属压力加工方法之一,它是建立在金属塑性变形的基础上,利用安装在冲压设备上的模具对材料施加压力,使其产生分离或塑性变形,从而获得所需要的形状、尺寸、性能的零件。冲压通常在常温下对金属进行冷变形加工,且主要采用板料来加工所需零件,所以也叫冷冲压或板料冲压。

冲压所使用的模具称为冲压模具,简称冲模。冲模在冲压中至关重要,没有符合要求的冲模,批量冲压生产就难以进行;没有先进的冲模,先进的冲压工艺就无法实现。冲压工艺与模具、冲压设备和冲压材料构成冲压加工的三要素,它们之间的相互关系如图 0-1 所示。

冲压加工与其他加工方法相比,无论在技术方面还是经济方面都具有许多独特的优点。

(1) 冲压加工的生产效率高,操作方便,易于实现机械化与自动化。因为冲压是依靠冲模和冲压设备来完成加工的,普通压力机的行程次数为每分钟几十次,而高速压力机每分钟可达数百次甚至千次以上。

(2) 冲压由模具保证冲压件的尺寸与形状精度,且一般不破坏冲压材料的表面质量,而模具的寿命一般较长,所以冲压件的质量稳定,互换性好,具有“一模一样”的特征。

(3) 冲压可加工尺寸范围较大、形状较复杂的零件,例如,小到钟表的秒针,大到汽车纵梁、覆盖件等,加上冲压时材料的冷变形硬化效应,冲压件的强度和刚度均较高。

(4) 冲压加工一般没有切屑碎料生成,材料消耗较少,且不需其他加热设备,是一种省料、节能的加工方法,冲压件的成本较低。

但是,冲压加工所使用的模具一般具有专用性,有时一个复杂零件需要数套模具才能加工成形,且模具制造的精度高,技术要求高,是技术密集型产品。所以,只有在冲压件生产批量较大的情况下,冲压加工的优点才能充分体现,从而获得较好的经济效益。

冲压在现代工业生产中,尤其是在大批量生产中应用十分广泛。相当多的工业部门越来越多地采用冲压方法加工产品零部件,如汽车、农机、仪器、仪表、电子、航空、航天、家电及轻工等行业。在这些工业部门中,冲压件所占的比重都相当大,少则 60% 以上,多则 90% 以上。不少过去用锻造、铸造和切削加工等方法制造的零件,现在大多数也被质量

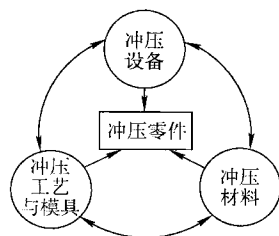


图 0-1 冲压加工的要素

轻、刚度好的冲压件所代替。

2. 冲压及模具的发展趋向

目前,我国冲压及模具制造业已驶入发展的快车道。尤其是近几年,随着国民经济总量和工业产品技术的不断发展,各行各业对模具的需求量越来越大,推动了中国模具工业的发展。虽然我国模具总量已达到相当规模,模具水平也有很大提高,但与需求相比,还供不应求,其主要缺口集中于精密、大型、复杂、长寿命模具领域,主要原因是中国在模具精度、寿命、制造周期及生产能力等方面,与国际平均水平和发达国家相比较仍有较大差距。我国模具业今后仍需提高的共性技术有:

(1) 冲压成形理论及冲压工艺

深入研究冲压变形的基本规律、各种冲压工艺的变形理论、失稳理论与极限变形程度等,以提供更加准确、实用、方便的计算方法,正确地确定冲压工艺参数和模具工作部分的几何形状与尺寸,解决冲压变形中出现的各种实际问题,进一步提高冲压件的质量。

应用有限元、边界元等技术,对冲压过程进行数值模拟分析,以预测某一工艺过程中坯料对冲压的适应性及可能出现的质量问题,从而优化冲压工艺方案,使塑性变形理论逐步对生产过程起直接指导作用。

(2) 模具新材料及热处理和表面处理新工艺

随着产品质量的提高,对模具质量和寿命的要求越来越高。提高模具质量和寿命最有效的办法就是开发和应用模具新材料及热处理、表面处理新工艺,不断提高使用性能,改善加工性能。

① 模具新材料。冲压模具使用的材料属于冷作模具钢,是应用量大、使用面广、种类最多的模具钢,其主要性能要求为强度、韧性和耐磨性。目前冷作模具钢的发展趋势是在高合金钢 D2(相当于我国 Cr12MoV)的性能基础上分为两大分支:一种是降低含碳量和合金元素量,提高钢中碳化物分布的均匀性,突出提高模具的韧性,如美国钒合金钢公司的 8CrMo2V2Si、日本大同特殊钢公司的 DC53(Cr8Mo2SiV)等;另一种是以提高耐磨性为主要目的,以适应高速、自动化、大批量生产而开发的粉末高速钢,如德国的 320CrVMo13等。

同时制造冲压件用的传统金属材料,正逐步被高强度钢板、涂敷镀层钢板、塑料夹层钢板和其他复合材料或高分子材料替代。随着材料科学的发展,应加强对各种新材料的冲压成形性能的研究,不断发展和改善冲压成形技术。

② 热处理和表面处理新工艺。为了提高模具工作表面的耐磨性、硬度和耐蚀性,必须采用热处理和表面处理新技术,尤其是表面处理新技术。除人们熟悉的镀硬铬、氮化等表面硬化处理方法外,近年来模具表面性能强化技术发展很快,实际应用效果很好。其中,化学气相沉积(CVD)、物理气相沉积(PVD)以及盐浴渗金属(TD)等方法 3 种发展较快、应用最广的表面涂敷硬化处理新技术,对提高模具寿命和减少模具昂贵材料的消耗,有着十分重要的意义。

(3) 模具先进制造工艺及设备

模具制造技术现代化是模具工业发展的基础。随着科学技术的发展,计算机技术、信息技术、自动化技术等先进技术正不断向传统制造技术渗透、交叉、融合,并对其实施改

造,形成先进制造技术。模具先进制造技术的发展主要体现在以下9个方面。

① 高速数控加工——模具加工的前沿技术

• 高速数控铣削加工

普通铣削加工采用低的进给速度和大的切削参数,而高速铣削加工则采用高的进给速度和小的切削参数,高速铣削的主轴转速一般为 $15\ 000\sim 40\ 000\text{r/min}$,最高可达 $100\ 000\text{r/min}$,且加工精度高、表面质量好。高速铣削加工技术的发展,为汽车和家电等行业中的大型型腔模具制造注入了新的活力。目前高速铣削加工技术在模具制造中正得到广泛应用,并逐步替代部分磨削加工和电加工向敏捷化、智能化、集成化方向发展。

• 高速数控车削

高速数控车削可以加工较细或较薄的模具零件,目前主轴转速可达 $100\ 000\text{r/min}$,高速切削速度约为 300m/min ,完全可以达到模具零件的镜面车削。

② 电火花铣削加工

电火花铣削加工(又称为电火花创成加工)是电火花加工技术的重大发展,这是一种替代传统用成形电极加工模具型腔的新技术。像数控铣削加工一样,电火花铣削加工采用高速旋转的杆状电极对工件进行二维或三维轮廓加工,无需制造复杂、昂贵的成形电极。日本三菱公司最近推出的EDSCAN8E电火花创成加工机床,配置有电极损耗自动补偿系统、CAD/CAM集成系统、在线自动测量系统和动态仿真系统,代表了当今电火花创成加工机床的最高水平。

③ 慢走丝线切割技术

目前,数控慢走丝线切割技术的发展水平已相当高,功能相当完善,自动化程度已达到无人看管运行的程度。最大切割速度已达 $300\text{mm}^2/\text{min}$,加工精度可达到 $\pm 1.5\mu\text{m}$,加工表面粗糙度 R_a 为 $0.1\sim 0.2\mu\text{m}$ 。直径为 $0.03\sim 0.1\text{mm}$ 细丝线切割技术的开发,可实现凹凸模的一次切割完成,并可进行 0.04mm 的窄槽及半径为 0.02mm 内圆角的切割加工。锥度切割技术已能进行 30° 以上锥度加工及上下异形面零件加工。

④ 磨削及抛光加工技术

磨削及抛光加工以其精度高、表面质量好、表面粗糙度值低等特点,在精密模具加工中得到广泛应用。目前,精密模具制造广泛使用数控高速磨削机床、数控成形磨床、数控光学曲线磨床、数控连续轨迹坐标磨床及自动抛光机等先进设备。

⑤ 全数控化加工

三维实体模具设计,直接支持模具数控程序化加工,可以实现无图化生产,减少加工失误率,提高模具制造水平和生产效率。我国正在推广应用数控冲压设备、冲压柔性加工系统(FMS)多工位高速自动冲压机以及智能机器人送料取件,实现机械化与自动化的流水线冲压生产。

⑥ 数控测量

产品结构的复杂,必然导致模具零件形状的复杂,而传统的几何检测手段已无法适应模具的生产。现代模具制造已广泛使用三坐标数控测量机对模具零件的几何量进行测量,模具加工过程的检测手段也取得了很大进展。三坐标数控测量机除了能高精度地测量复杂曲面的数据外,其良好的温度补偿装置、可靠的抗振保护能力、严密的除尘措施以

及简便的操作步骤,使得现场自动化检测成为可能。

采用传统制模技术制造模具,模具质量依赖人为因素不易控制,而模具先进制造技术的应用改变了这种状况,使得模具质量依赖于物化因素,整体水平容易控制,模具再现实能力强。

⑦ 模具标准化程度

模具标准化程度直接影响着模具的生产制造周期及模具的制造水平。国外发达国家的模具标准化程度很高,一般为 80%左右。近几年,随着我国模具标准化程度的不断提高,目前我国模具标准件使用覆盖率已达到 30%左右。

⑧ 模具扫描及数字化系统

高速扫描机和模具扫描系统提供了从模型或实物扫描到加工出期望的模型所需的诸多功能,大大缩短了模具的在研制制造周期。有些快速扫描系统,可快速安装在已有的数控铣床及加工中心上,实现快速数据采集、自动生成各种不同数控系统的加工程序和不同格式的 CAD 数据,用于模具制造业的“逆向工程”。模具扫描系统在汽车、摩托车、家电等行业已得到成功应用。

⑨ 模具研磨抛光自动化、智能化

模具表面的质量对模具使用寿命、制件外观质量等方面均有较大的影响,用自动化、智能化的研磨与抛光方法替代现有的手工操作,以提高模具表面质量,是重要的发展趋势。

(4) 模具 CAD/CAM/CAE 技术

模具 CAD/CAM/CAE 技术是模具设计制造的发展方向。随着计算机软件开发水平的提高,普及 CAD/CAM/CAE 技术的条件已基本成熟,各企业将加大 CAD/CAM 技术培训和技術服务的力度,进一步扩大 CAE 技术的应用范围。计算机和网络的发展使 CAD/CAM/CAE 技术实现跨地区、跨企业、跨院所地并在整个行业中推广,各种技术资源的重新整合,使虚拟制造成为可能。

冲压工艺、结构设计和制造技术是模具生产技术的集中体现,这些技术的进步主要取决于 CAD/CAM/CAE 技术的提高。在模具制造行业,计算机应用技术和数控加工技术正越来越显示出其核心技术的作用。

CAD/CAM 是改造传统模具生产方式的关键技术,是一项高科技、高效益的系统工程,它以计算机软件的形式为用户提供一种有效的辅助工具,使工程技术人员能借助计算机对产品、模具结构、成形工艺、数控加工及成本等进行设计和优化。模具 CAD/CAM 能显著缩短模具设计及制造周期,降低生产成本、提高产品质量已成为人们的共识。

随着功能强大的专业软件和高效集成制造设备的出现,以三维造型为基础、基于并行工程(CE)的模具 CAD/CAM 技术正成为发展方向,不仅能实现面向制造和装配的设计,还能实现成形过程的模拟和数控加工过程的仿真,使设计和制造一体化。

将 CAE 应用于冲压工艺设计,可使试模时间减少 50%以上。目前,CAE 技术已成为国外大型模具企业必不可少的工具。CAE 的广泛应用,应归功于 CAE 商业软件的大力发展,其中代表性的软件有:美国 Lawrence Livermore 国家材料实验室的 LS-DYNA3D 软件,法国 ESI 公司的 PAM-STAMP 软件,美国 ETA 公司的 Dynaform 软件,瑞士 Autoform 公司的