



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
普通高等教育国家级精品教材

FORMING TECHNOLOGY & DIE

DESIGN

成形工艺与模具设计

(修订版) 鄂大辛 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
普通高等教育国家级精品教材

FORMING TECHNOLOGY & DIE

DESIGN

成形工艺与模具设计

(修订版) 鄂大辛 编著

弹性区

塑性区



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书针对当前先进的制造技术现状,并根据未来工业制造技术的发展趋势,系统地介绍了金属冲压、锻造及塑料成型方法的工艺方法及模具设计。内容包括金属材料 and 塑料的基本性能、成形过程、工艺方案的制定、模具设计及其设备的选用等;特别是选入了金属塑性成形技术亟待发展的部分内容,如管材弯曲成形、非回转对称拉深成形等方面的研究结果,对发展塑性成形技术具有一定启发意义。

本书可作为高等院校材料工程类、化工工程类本科及高职高专教材,也可作为从事各种金属、非金属成形加工及模具设计、制造的工程技术人员和科研人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

成形工艺与模具设计/鄂大辛编著. —修订版. —北京:机械工业出版社, 2014.9

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

ISBN 978-7-111-47586-6

I. ①成… II. ①鄂… III. ①冷冲压—生产工艺—高等学校—教材②冷冲压—冲模—设计—高等学校—教材 IV. ①TG386②TG385.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第180023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:舒恬 责任编辑:舒恬 冯钺

版式设计:霍永明 责任校对:张征

封面设计:张静 责任印制:乔宇

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

2014年11月第1版第1次印刷

184mm×260mm·27印张·4插页·728千字

标准书号:ISBN 978-7-111-47586-6

定价:56.00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

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

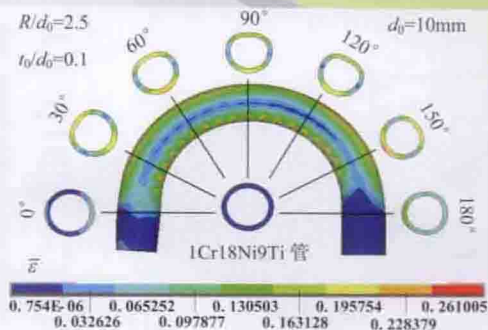
销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版



a) 弯曲试样及横截面切片



b) 等效应变及横截面扁化变形的有限元模拟

图 6-68 弯管横截面扁化变形的试验切片及有限元模拟结果

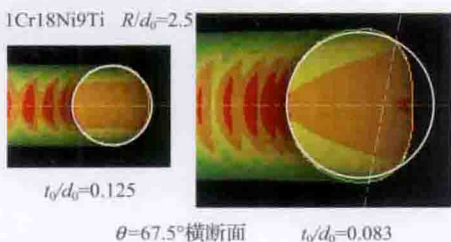


图 6-69 弯管横截面形状变化的有限元模拟结果

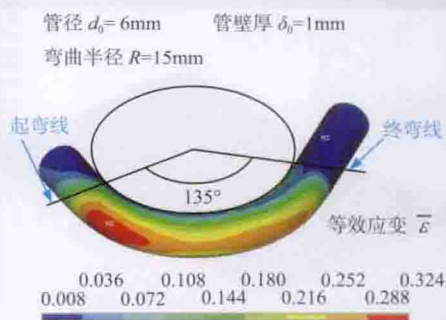


图 6-70 弯管等效应变分布的有限元模拟结果



图 7-59 法兰板厚变形的有限元模拟结果

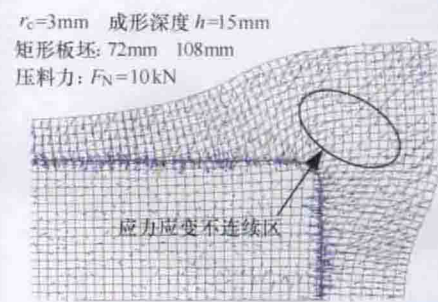


图 7-60 压料面上法兰材料的变形流动趋势

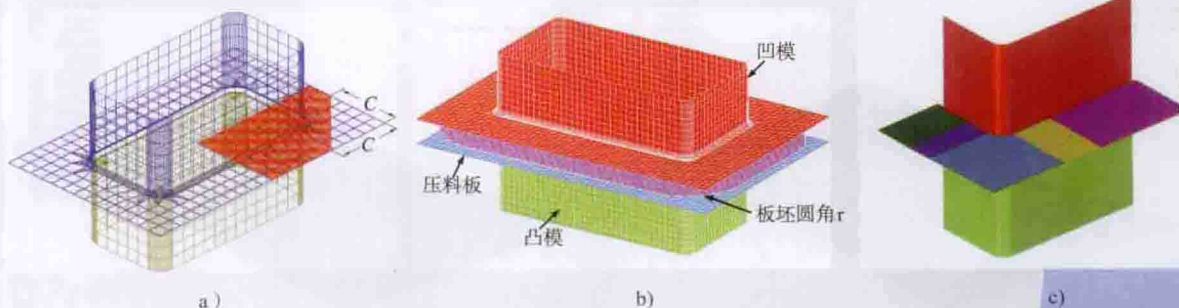


图 7-62 有限元建模示意图

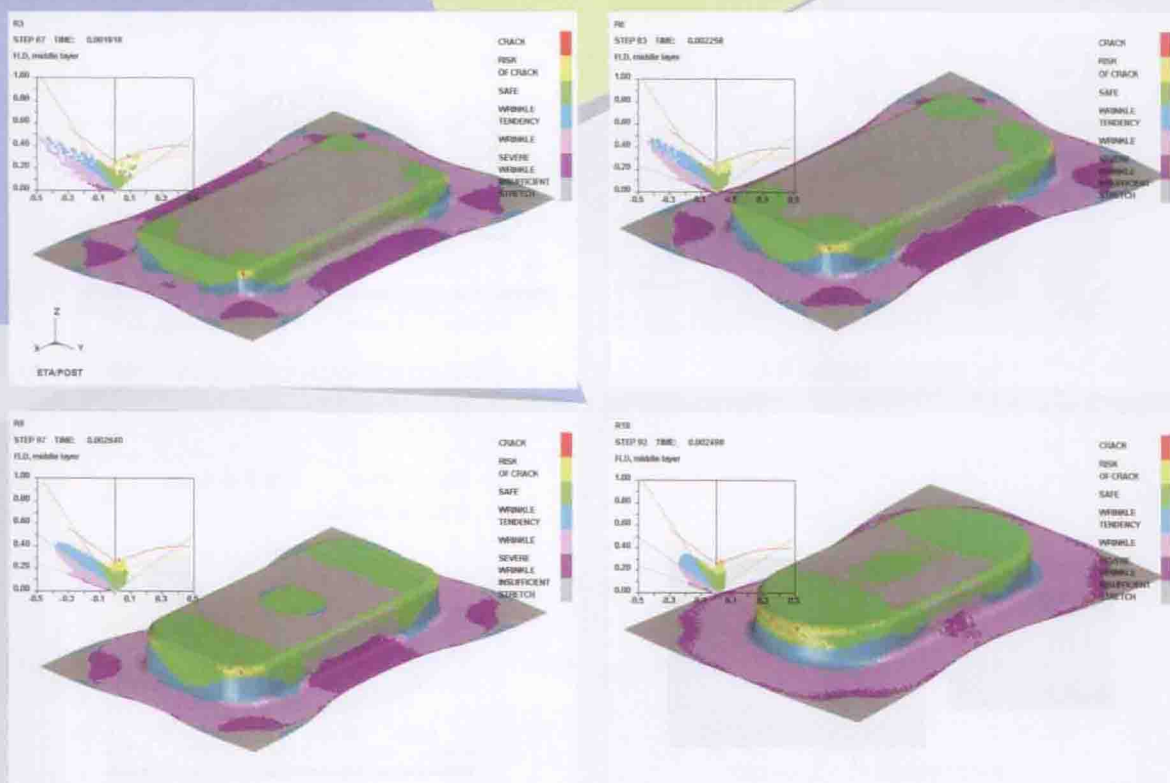


图 7-63 不同转角半径的矩形盒拉深至破裂时的成形极限图

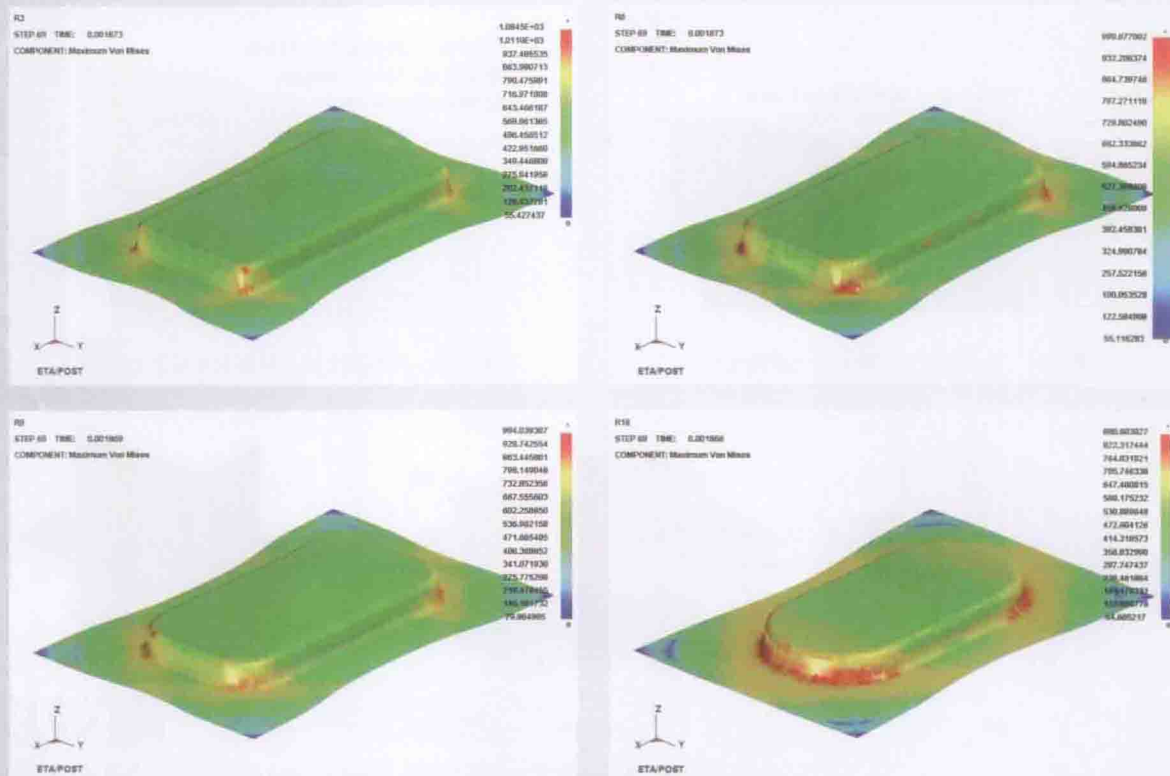


图 7-64 不同转角半径的矩形盒拉深至 7mm 时的等效应力图

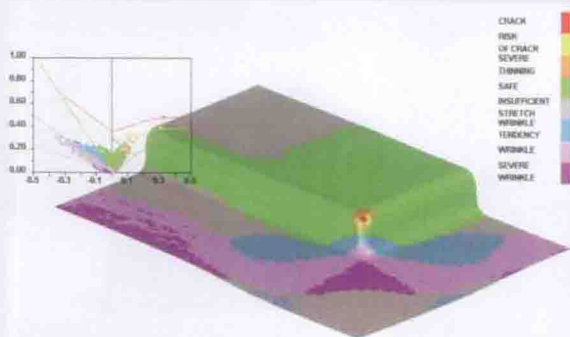


图 7-65 $r_f=1\text{mm}$ 时矩形和切角板坯拉深的变形分布及成形极限图

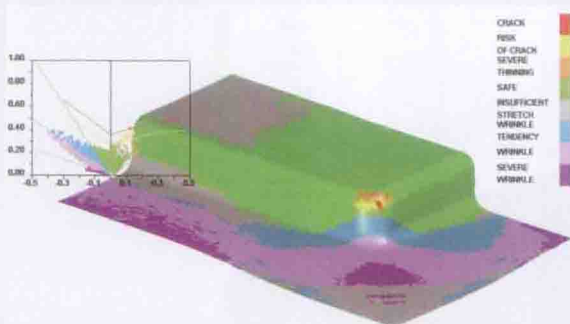
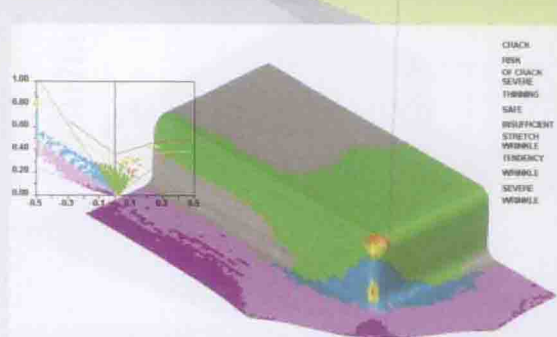


图 7-66 $r_f=3\text{mm}$ 时矩形和切角板坯拉深的变形分布及成形极限图

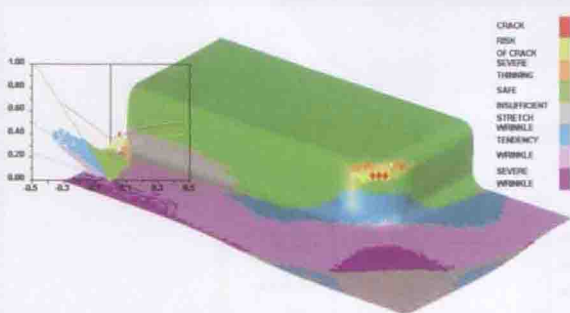
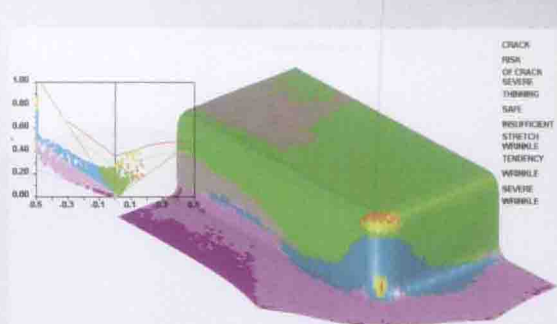


图 7-67 $r_f=6\text{mm}$ 时矩形和切角板坯拉深的变形分布及成形极限图

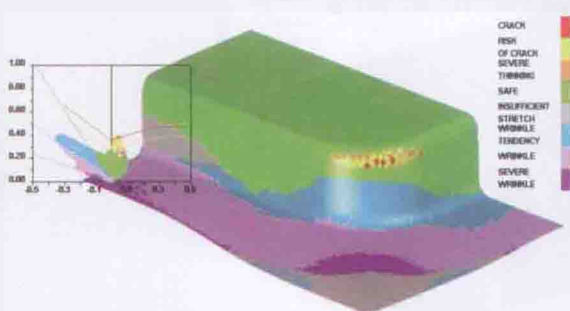
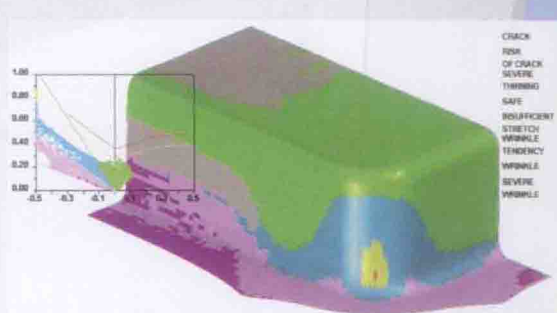
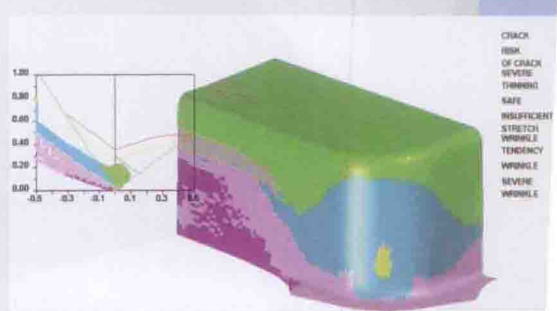


图 7-68 $r_f=9\text{mm}$ 时矩形和切角板坯拉深的变形分布及成形极限图



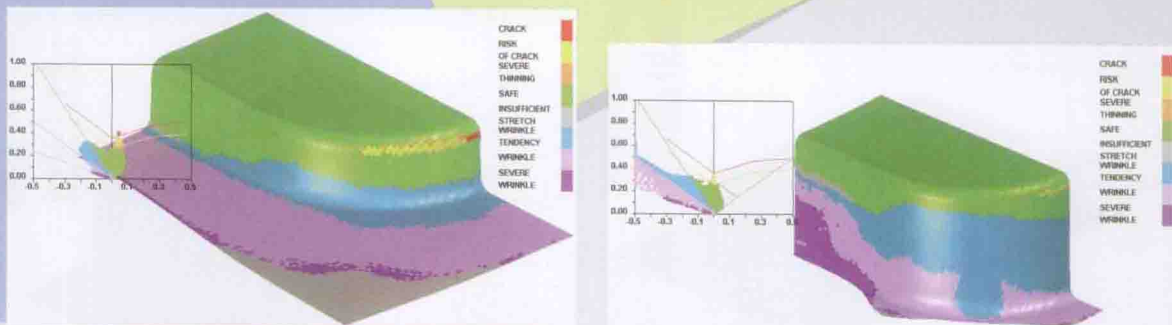


图 7-69 $r_c=18\text{mm}$ 时矩形和切角板坯拉深的变形分布及成形极限图

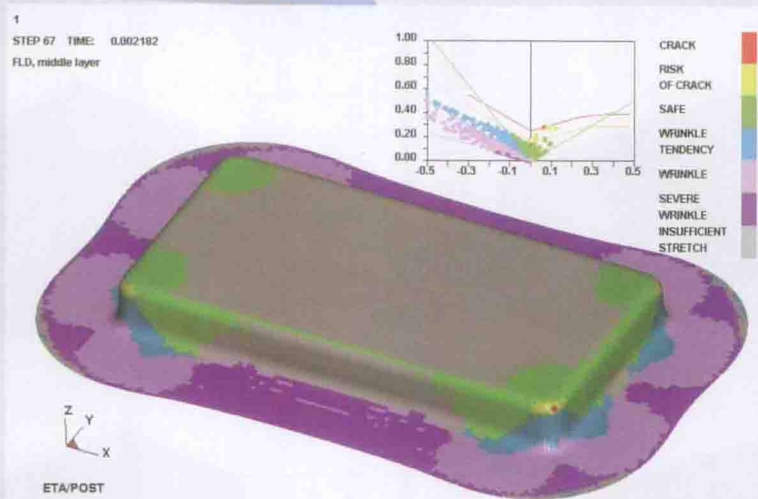


图 7-70 $r=30\text{mm}$ 圆角矩形板坯拉深

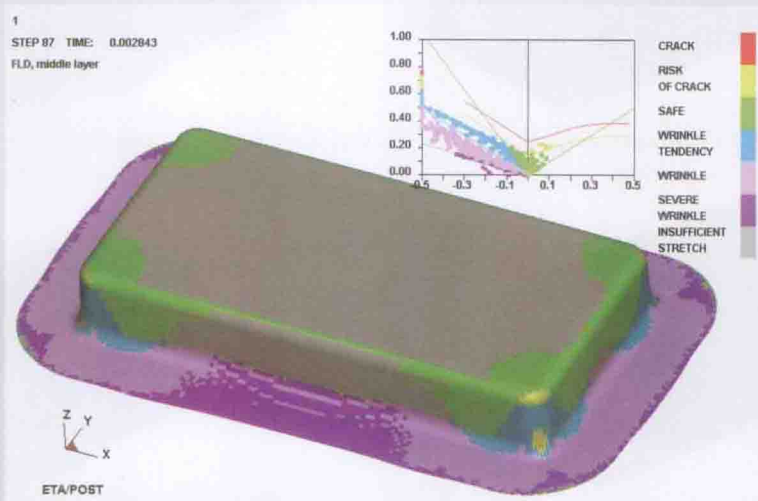


图 7-71 $r=35\text{mm}$ 圆角矩形板坯拉深

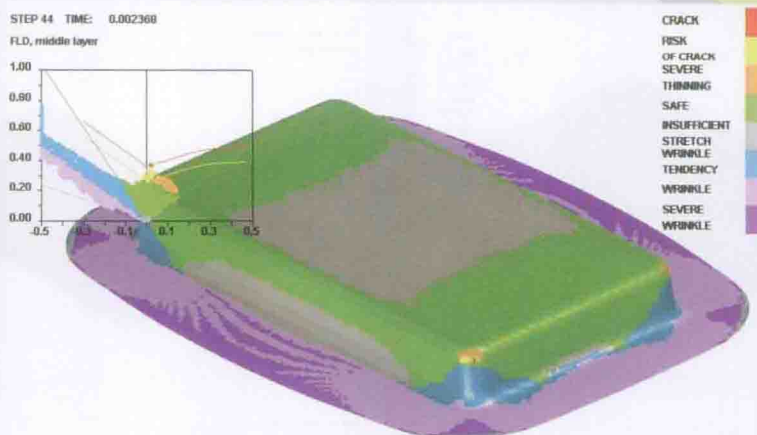


图 7-72 基于反向模拟法优化板坯的矩形盒拉深成形

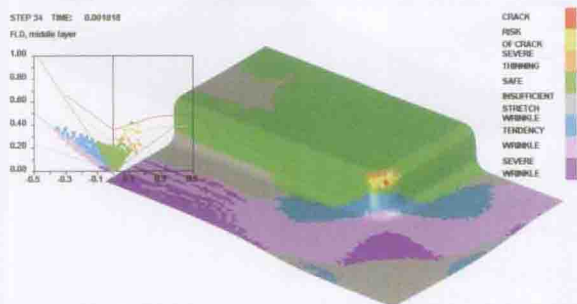


图 7-73 整体恒压料力拉深成形极限图

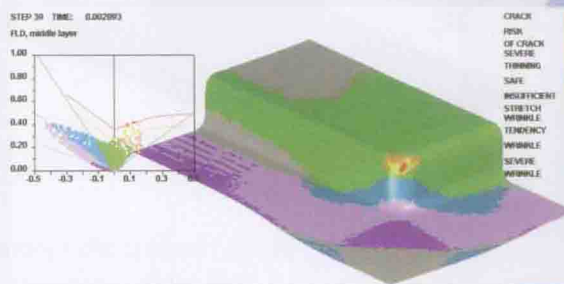


图 7-74 分块变压料力拉深成形极限图

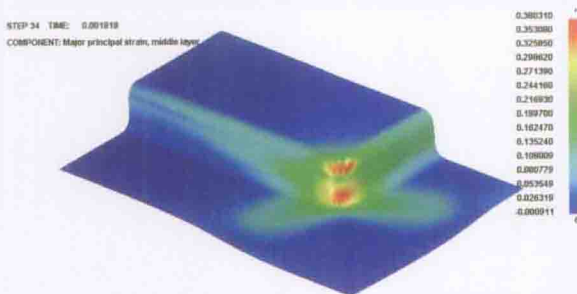


图 7-75 整体恒压料力拉深的等效应变分布

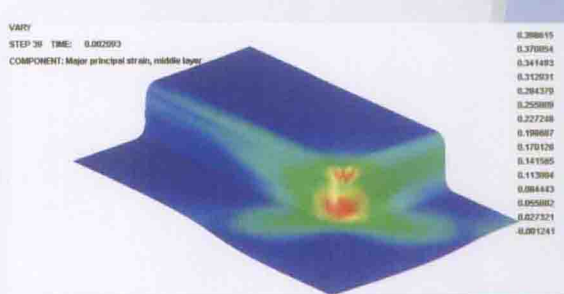


图 7-76 分块变压料力拉深的等效应变分布

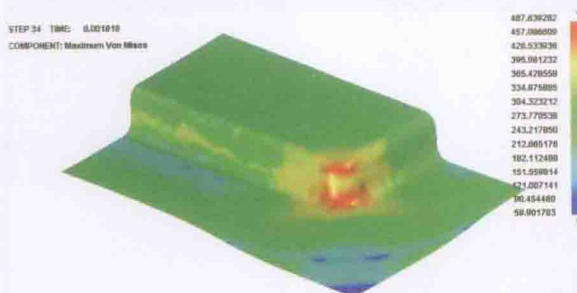


图 7-77 整体恒压料力拉深的等效应力分布

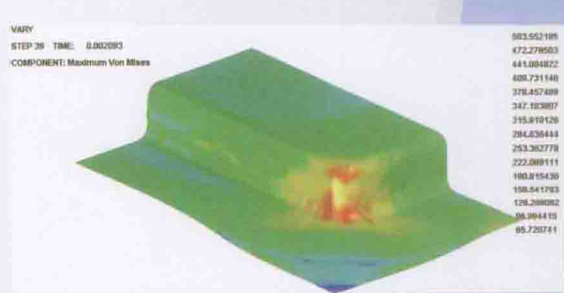


图 7-78 分块变压料力拉深的等效应力分布

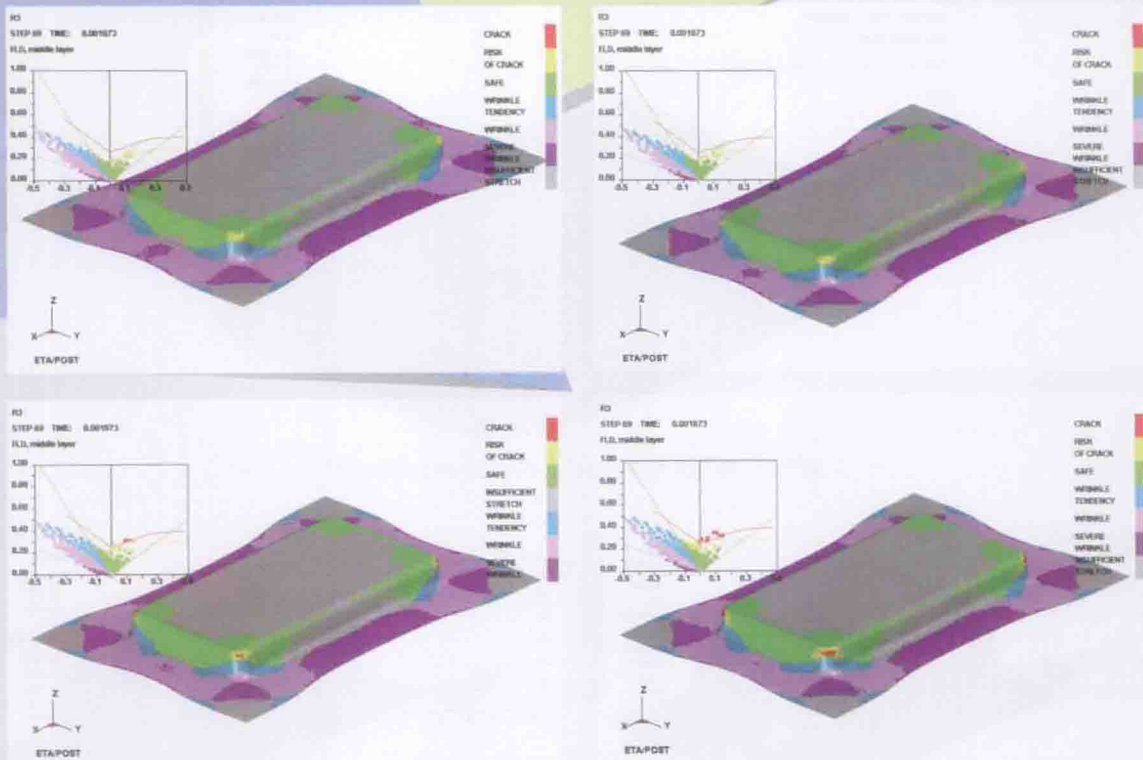


图 7-79 不同摩擦条件下的矩形盒拉深至 $h=7\text{mm}$ 时的成形极限图
上左: $\mu=0.08$; 上右: $\mu=0.1$; 下左: $\mu=0.125$; 下右: $\mu=0.15$

序

材料成形是先进加工技术的重要组成部分，属于少、无切屑加工，制造方法简单、生产效率高，特别是经过成形加工后的金属零件具有优越的力学性能，可满足工程需要。因此，成形加工在未来制造业技术发展中，将占有举足轻重的地位。而目前的成形加工，都需要采用相应的模具才能实现，模具工业的发展和提高是材料成形加工的必要保证。

在现代化基础建设中，模具工业已经逐渐形成为制造工业的基础核心产业。越来越多的工业产品制造与模具有关，根据国际生产协会的专家预测，在 21 世纪末，50% ~ 75% 的机械加工（主要是切削加工）产品都将利用模具进行加工制造。模具是工业的基础工艺装备，用模具生产制件所表现出来的高精度、高复杂程度、高一致性、高生产力和低消耗，是其他加工制造方法所不能比拟的，工业发达国家的模具工业产值早已超过机床工业产值。因此，模具工业已经成为现代制造业的重要支柱性产业。特别是近些年来，模具设计制造的需求量以及高速度化、高效率化已经成为汽车制造工业亟待提高的一项重要技术。模具生产技术水平的高低不仅是衡量一个国家产品制造水平高低的重要标志，而且在很大程度上决定着这个国家产品质量、效益及新产品的开发能力。

模具技术，既是先进制造技术的重要组成部分，又是先进制造技术的重要应用领域，其技术水平与先进制造技术的发展与应用密切相关。模具对于一般产品来说属于工具范畴，精度高、结构复杂，并有较高的材质要求，是典型的高附加值、高风险产品。其制造过程复杂，涉及产品设计、模具设计、毛坯制造、电加工、机械加工、测量技术、表面工程、热处理和快速原型制造技术等方面，需要多种技术装备，而且使用率极不平衡。

随着社会经济的发展，对于工业产品的品种、数量、质量及款式等都提出了越来越高的要求，因此，也促进了模具工业的快速发展。许多新产品的开发和生产，在很大程度上依赖于模具制造技术，特别是在汽车、轻工、电子和航天等行业中尤显重要。模具制造能力的强弱和模具

制造水平的高低,已经成为衡量一个国家机械制造技术水平的重要标志之一,直接影响国民经济中许多部门的发展。

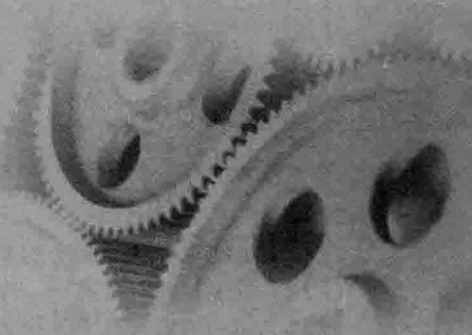
模具工业是国民经济发展的一个重要基础工业之一。模具的质量、精度、寿命对其他工业的发展起着十分重要的作用,其在现代化工业生产中的重要地位不容忽视,并且随着模具技术的不断发展,其在国民经济建设中将发挥越来越重要的作用。因此,模具的内涵需要发展和丰富,需要在实践的基础上不断进行研究、挖掘和补充,为这门实用技术注入新的理论和技术内容,使其在现代化制造领域中发挥更重要的作用。

作者曾在一汽集团长期从事模具研发工作,之后在国外留学工作期间一直围绕着材料成形机理及模具进行了广泛深入的研究和实践。作者从材料成形工艺与模具设计岗位走上高等学府讲台,是国内该领域中为数不多的既具有深厚的理论基础、又具有丰富实践经验的专家,对于材料成形及模具设计持有较深刻的理解和认识。教材的编写是对材料成形和模具技术发展进行系统研究和浓缩的结晶,内容基本涵盖了工程应用中最基本的成形方法和模具特征,既适用于高等学校教学需求,又可作为相关专业工程技术人员的参考用书,具有一定的理论探索意义和实际应用价值。

该书经教育部专家委员会评审遴选为普通高等教育“十一五”国家级规划教材、国家级精品教材和“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材,并向全国高等学校相关专业做出推荐,实为模具行业造就高素质创新人才提供了良师益友,希望该书能够受到广大读者的喜爱,并对热衷于学习和研究材料成形及模具设计的读者有所助益。

中国模具协会理事长 褚克辛
一汽模具有限公司总经理





修订版前言

材料成形及模具技术在现代工业中占有越来越重要的地位,并且将成为未来制造业的支柱性行业。这一点,已成为诸多工业发达国家的共识。因此,在新时代理工科大学、高职高专等院校的专业教学内容中,应尽快将这一门专业技术介绍给学生,使他们能够初步认识现代制造工业的发展趋势,在自己所学专业知识的基础之上,拓宽认识视野并明确发展方向。目前,材料成形工艺与模具设计课程已成为许多大学及高职高专机械制造、材料成形、化工等专业的学生在校学习的主要学习内容之一。

成形工艺与模具设计是一个实践性很强的专业,需要从理论教学和实验教学两方面入手培养学生。教材中既要有成形的基础理论,还要有模具的基本结构,使学生在学这门课程时,既了解材料的变形机理,又产生控制材料变形的理念,进而才能开发并创造新的成形工艺方法和新型成形模具。本书是作者在国内、外多年生产实践和科研,以及大学及高职高专学校的教学经验积累的基础上,综合了国内、外的先进技术并吸取了现有相关教材或科技书籍中的精华,系统编著而成。

全书分为四篇,主要介绍材料变形基础、冲压工艺与模具设计、锻造工艺与模具设计、塑料成型及模具设计。书中深入浅出地融入了作者 30 多年在板材、管材成形及其模具设计制造工作中的真实试验和研究成果,增添了既有基础性技术又有研究性启示的内容,还插入了一些新的成形原理、工艺及部分模具知识,既适合于理工科大学本科生,又适合于大学及高职高专学生的技术基础教学使用,也可作为相关专业选修课教学使用,同时,还可供相关工程技术人员参考使用。另外,本书部分章节是有关试验研究现状的提示性内容,不在教学大纲规定范围内,可供相关技术人员及感兴趣的学生参考,教师在授课时可根据学科专业需求进行适当取舍选择。

2006 年 8 月,本书经教育部专家委员会评审,被遴选为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,于 2007 年 8 月作为北京市高等教育精品教材立项项目出版,于 2008 年被评选为普通高等教育国家级精品教材和北京市高等教育精品教材,并于 2012 年被评为“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。

2013 年,作者参考了使用本教材的兄弟院校教师和相关工程技术人员的使用意见,对教材进行了修订。为了适应科学技术的发展和培养具有更强适应性的高

等工程专门人才的需要,对本书第一版的体系、内容进行了必要的补充、调整和更新。

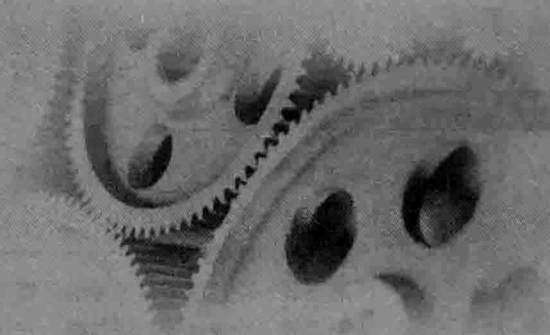
为了使本书在高等学校教学和工程应用过程中更好地发挥应有作用,注重理论性、系统性的有机统一,作者将第一版存在的个别问题进行了修订,同时适当增减了部分内容。其中,引入了近年来在汽车轻量化技术中起到重要作用的高强度钢板的介绍,板料非回转对称拉深中的有限元分析结果,以及翻边板变化和强力旋压中极限旋压角的计算等内容。修订整合使教材内容得到了进一步完善,更具可操作性,真正达到培养学生工程应用能力、促进技术人员将理论融入工程实践的目的。

本书在编写和修订过程中,参考了许多相关文献,在此对作者表示感谢。吉林大学宋玉泉教授(中国科学院院士)为本书提出许多建设性意见,中国模具协会理事长、一汽模具有限公司褚克辛总经理为本书作序,在此深表感谢。另外,对为本书编写出版做出了大量工作的刘小亦、舒恬、鄂乐子、丁洁、魏乐愚、古涛、孙帅、李荣婷、李翀、易宁、樊子天、余彩凤、付泽、刘贺、张稳等同志表示深切的谢意,同时,对为本书修订出版给予支持的北京理工大学和机械工业出版社以及曾经工作 20 年并始终长期合作的一汽集团深表谢意。

书中不妥之处敬请读者不吝指正。

编著者 鄂大辛

目 录



序

修订版前言

第一篇 材料变形基础

第一章 金属冷塑性变形	1
第一节 金属塑性变形的物理基础	1
第二节 金属塑性变形的力学基础	10
思考题	14
第二章 金属热塑性变形	15
第一节 金属热变形过程	15
第二节 热变形对金属组织和性能的影响	18
第三节 金属可锻性	19
思考题	20
第三章 工程塑料成型的基本知识	21
第一节 塑料的组成与分类	21
第二节 塑料的特性及其应用简介	22
第三节 塑料制品的成型工艺	24
思考题	27

第二篇 冲压工艺与模具设计

第四章 冲压工艺基础	30
第一节 冲压工艺概述	30
第二节 冲压工艺分类及特点	32
第三节 冲压材料	35
第四节 冲压设备	44
思考题	49

第五章 冲裁工艺与模具设计	50
第一节 冲裁工艺分析	50
第二节 冲裁间隙	54
第三节 冲裁模刃口尺寸的计算	58
第四节 冲裁件的排样与搭边	62
第五节 冲裁力分析及计算	64
第六节 冲裁工艺设计	70
第七节 冲裁模结构设计	74
第八节 精密冲裁及其他冲裁工艺、模具简介	92
第九节 冲裁模制造简介	104
思考题	107
第六章 弯曲成形工艺与模具设计	108
第一节 板材弯曲成形及其变形分析	108
第二节 弯曲力矩及弯曲力	116
第三节 板材弯曲加工极限	118
第四节 弯曲回弹	121
第五节 弯曲板坯尺寸的展开	126
第六节 弯曲工艺设计	128
第七节 弯曲模工作部分设计计算	132
第八节 弯曲模的典型结构	134
第九节 管材弯曲成形	138
思考题	150
第七章 拉深工艺及模具设计	151
第一节 拉深过程的力学分析	151
第二节 拉深成形极限及拉深系数	156
第三节 拉深力、拉深功及压料力计算	163
第四节 旋转体拉深	166
第五节 盒形件拉深	179
第六节 拉深件工艺设计	201
第七节 其他拉深方法简介	202
思考题	207
第八章 其他板料成形工艺及模具设计	208
第一节 胀形工艺及模具	208
第二节 翻边工艺及模具	214
第三节 缩、扩口成形工艺及模具	221
第四节 旋压成形	224
第五节 其他成形方法简介	229
思考题	234

第三篇 锻造工艺与模具设计

第九章 锻造工艺概述	236
第一节 锻造工艺分类及特点	236
第二节 锻造工艺流程	238
第三节 锻造设备	240
思考题	245
第十章 热锻工艺及模具设计	246
第一节 锻造加热	246
第二节 自由锻造工艺	251
第三节 胎模锻造工艺及胎模具	261
第四节 模锻工艺及模具	264
第五节 模锻后续工序	297
思考题	302
第十一章 冷锻工艺及模具设计	303
第一节 冷锻工艺概述	303
第二节 墩锻工艺	304
第三节 精压工艺及模具	309
第四节 冷态模锻工艺	311
第五节 冷挤压工艺及模具	312
思考题	329
第十二章 其他金属体积成形方法简介	330
第一节 型材及零件体积成形技术	330
第二节 特种成形工艺	339
第三节 快速原型制造技术简介	349
思考题	352

第四篇 塑料成型及模具设计

第十三章 塑件设计简介	354
思考题	359
第十四章 塑料注射成型工艺及模具设计	360
第一节 注射成型模的组成及分类	360
第二节 注射参数计算	362
第三节 浇注系统设计	365
第四节 成型零部件设计	373
第五节 其他辅助机构设计	381
思考题	392

第十五章 热固性塑料成型工艺及模具设计	393
第一节 热固性塑料及成型工艺简介	393
第二节 热固性塑料注射成型及模具设计	395
第三节 热固性塑料压缩成型及模具设计	400
第四节 压注成型工艺及模具设计	413
思考题	419
参考文献	420