



锻件生产技术丛书

中国锻压协会 编著

特种锻造

辊锻、辗环、楔形模横轧、螺旋孔型斜轧、径向锻造和摆动辗压等回转塑性成形和直线加载的等温锻造和超塑性成形、多向模锻、分模模锻及半固态成形等工艺虽加载方式不同，但由于二者的毛坯状态、应力状态、应变速率和模具结构等都区别于常规锻造，本书统称为特种锻造。



国防工业出版社

National Defense Industry Press

锻件生产技术丛书

特种锻造

中国锻压协会 编著

国防工业出版社

• 北京 •

内 容 简 介

本书介绍了辊锻、辗环、楔形模横轧、螺旋孔型斜轧、径向锻造和摆动辗压等回转型塑性成形与直线加载的等温锻造和超塑性成形、多向模锻、分模模锻及半固态成形等工艺。二者虽在加载方式上不同,但二者的毛坯状态、应力状态、应变速率和模具结构等都区别于常规锻造。

书中各章内容相互独立,自成体系,每章分别介绍一种特种锻造成形技术的基本原理、设备、技术参数以及模具设计原则和方法,模具主要构件加工和材料选择,工艺过程调试和成形件废次品分析等一系列有关产品开发的基本知识和参考数据。书中列举了许多在生产上行之有效的实例,绝大多数是作者亲身实践。

本书可作为企业在职锻造技术人员和技术管理人员的培训教材或自学用书,也可作为高等和专科学校机械和冶金专业师生及科研院所相关人士的教学和自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

特种锻造/中国锻压协会编著. —北京:国防工业出版社,2011.5

(锻件生产技术丛书)

ISBN 978-7-118-07244-0

I. ①特... II. ①中... III. ①锻造
IV. ①TG31

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 071273 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 33 $\frac{3}{4}$ 字数 882 千字

2011 年 5 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 145.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422 发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535 发行业务:(010)68472764

中国锻压协会成立于1986年7月，是全国一级社团法人单位，是锻造和冲压企业的行业组织。中国锻压协会服务于行业、服务于企业、服务于政府，是政府与企业间的桥梁纽带，旨在促进行业交流、进步与繁荣，为行业的共同利益服务。

为锻造行业出版一批适应行业发展和满足企业需求的锻造专业书籍是协会组织编撰《锻件生产技术丛书》的出发点和归宿点。在历时两年多的编撰过程中，共有90余位来自企业、高校和科研院所的专家、学者和工程技术人员参与其中，秉持博采众长、百花齐放的原则，从多层面、多角度展现锻造生产中的各个领域和环节，真正作到有的放矢为企业读者带来更多实战经验和享受。

中国有句古语：授人以鱼，不如授之以渔。希望本套丛书能够成为助力锻造企业取得更大进步和发展的良师益友，成为助力中国锻造行业走向更大辉煌的阶梯。

中国锻压协会

北京市海淀区紫竹院路甲32号

邮政编码：100048

电话：010—68465045

传真：010—68465044

《锻件生产技术丛书》组织机构

策划与出版委员会

主 任 张 金
委 员 韩木林 齐俊河 纪 宏
秘 书 长 白玉冰

顾问委员会

名誉主任 何光远 李社钊
主 任 缪文民
副 主 任 蔡 墉 杜忠权
委 员 (以姓氏笔画为序)
王仲仁 王晓燕 阮雪榆 孙友松 杜豪年
李成功 李永堂 宋玉泉 周义刚 胡正寰
侯哲平 徐华东 聂绍珉 夏巨湛 夏汉关
栾新民 曹春晓 曾凡昌 谢 谈 潘祖武

编写委员会

主 任 王乐安
副 主 任 高 新 赵一平
委 员 (以姓氏笔画为序)
王乐安 白玉冰 周 杰 赵一平 胡亚民
高 新 章立预 蔡建明

《特种锻造》编委会

主 编 胡亚民

委 员 (以姓氏笔画为序)

王宝雨 王淑云 付传峰 朱国军 伍太宾

任广升 华 林 刘晋平 苏升贵 李凤梅

李春天 陈昌银 金永洪 金泉林 赵军华

胡亚民 柳家君 顾勇飞 高 新 郭 灵

郭玉玺 黄 虹 韩星会 谢水生

主 审 杜忠权

总 序

锻压行业的同仁们,期盼已久的第一套《锻件生产技术丛书》终于出版了!这是中国锻压协会、中国锻压行业一项具有开创性的工作!

随着中国经济的发展,锻压概念无论是内涵还是外延都得到了巨大的发展。中国锻压协会涵盖的锻压不仅仅是锻造与冲压的总和,还包括了钣金、金属制作和其他与塑性成形有关的工业领域。锻压是制造业的重要基础工艺,在国民经济和国防建设中具有重要作用与地位。

由于受“工艺性”行业观念的影响,锻压行业一直没有受到制造业界的足够重视,行业生产文献少得可怜,更没有一套系统地对行业技术进行总结、研究和展望的著作。基于这样的情况,中国锻压协会根据国内锻压行业发展的迫切需要,筹备出版系列锻压行业生产技术丛书。

经过多年的策划,2007年起邀请90余位专家、学者和工程技术人员历时两年多编撰了这部十册约700余万字的《锻件生产技术丛书》。在未来几年内,中国锻压协会还将组织编撰出版有关冲压、钣金与金属制作方面的生产技术丛书。

《锻件生产技术丛书》在继承前人的科研成果和生产经验基础上,以金属塑性变形理论为指导,借助数值和物理模拟技术,挖掘工艺、设备和相关边缘技术的潜力,为企业实现高效、精密和低成本地生产优质锻件、提升企业的市场竞争力和可持续发展服务。本丛书以其实用性、先进性和前瞻性对从事锻造技术科研、生产和教学的工作者有参考价值和引导作用,本丛书特别适于用作培养年轻锻造技术人员的教材。

在这套丛书出版之际,谨向所有参加编撰辛勤工作的专家、学者和工作人员,致以衷心的祝贺和感谢!

中国锻压协会



2009年8月于北京

序

在全球化的大潮中,恰逢改革开放 30 周年,业已成为世界制造业大国的我国,作为机械制造基础的锻造工业正面临着迈入“世界大国”行列的挑战和机遇。面对挑战并能抓住这个机遇的诸多关键因素之一应为是否拥有足够且胜任锻造技术的人员。

为了适应向社会主义市场经济转轨和发展的需要,我国的大学教育方针早已从 20 世纪 50 年代开始实行的专才教育变为通才教育,此种改变无疑为大学毕业生打下较为宽广的知识基础,并为其创造多种多样的就业机会;但也造成他们中间多数人在走上工作岗位时缺乏必要的较为深入的专业知识,从而需要进行短期培训以充实应对生产的迫切需要。

上述情况使我国锻造企业历来缺乏人才储备的状况更加严重。中国锻压协会有鉴于此,决定聘请 90 余位既富基础理论、又富实践经验且长期工作在锻造科研、生产和教学第一线的专家们编撰这部《锻件生产技术丛书》,以纾企业燃眉之困。

本丛书立足于锻件生产实际,从锻件材料所固有的“锻造工艺性能”和反映设备动力学和结构特征的“设备使用特性”切入,按照“锻件(材料、参数)”、“工艺(参数)”和“设备(使用特性)”三者 in 锻件生产过程中相克相成的关系,介绍各种锻造设备和锻造工艺的特点、原理、应用范围及其发展前景,并列举众多典型实例以为佐证。

本丛书共分十册,包括《金属锻造原理》、《锻造工艺模拟》、《自由锻造》、《模锻工艺及其设备使用特性》、《冷锻与温锻》、《特种锻造》、《特种合金及其锻造》、《汽车典型锻件生产》、《锻造模具与润滑》和《锻造加热与热处理及节能环保》。

本丛书的主要特点有:

1. 强调优质、精密、高效和大型零件的锻造技术

本丛书重点介绍以汽车典型锻件为代表的模锻技术、以航空航天器关键零件为代表的特种合金锻造技术和以基础工业(例如能源机械)大型零件为代表的大锻件自由锻造技术。在强调质量、精度和效率的同时,突出实用性。

2. 推广工厂急需的先进技术

本丛书根据目前我国锻造企业提高质量、改进管理和降低成本的实际需要,有针对性地推荐国内外成熟的有关技术,包括原理、工艺、工模夹具设计和制造及其实例。它们分别是:“冷温锻件生产技术”、“模具堆焊制造和维修技术”、“机械压力机恒载荷精锻技术”、“少无污染的润滑技术和玻璃防护润滑技术”和“辊锻制坯技术”等。这些技术既可直接移植于生产实践,亦可借鉴,收“触类旁通”之效。

3. 重视尖端前沿技术

本丛书为开阅读者视线,跟踪了解世界锻造技术的发展趋势,介绍了目前尚处于研究发展阶段的国内外先进锻造技术。它们是:“粉末高温合金的超塑性锻造”、“等温锻造和热模锻造技术”、“难变形合金的喷射成形技术”、“半固态成形技术”和“锻件组织模拟技术”等。

4. 提倡“边缘科学技术”和传统锻造技术结合,以提升企业总体竞争力

随着计算机技术的迅猛发展、节能和环保意识在全世界范围内的觉醒,本丛书特别提倡将数值和物理模拟、模具和润滑等“边缘科学技术”应用于锻造工艺,将节能和环保措施贯穿于锻件生产的全部过程,并以其施行之程度视为衡量锻件生产水平高低的标准。实践证明这些“边缘科学技术”一旦和锻件生产相结合,将有助于优化锻造工艺、确保锻件质量、节约资源、提高生产效率和改善自然环境,从而获得降低成本和提升企业总体竞争力的效果。

由此可见,本丛书兼顾理论和实用、现状和发展;文字力求简洁;叙述力求通顺;实为初登锻造技术岗位的大学毕业生用以学习锻造基本知识和在职锻造技术人员提高解决实际生产问题能力的理想教材;亦为在校的机械、冶金和材料专业师生或在职的工程技术人员扩大知识面或了解锻造技术发展趋势的理想参考资料。

王乐安
2009年10月

前 言

特种锻造包括回转塑性成形和直线加载特种塑性成形两部分。

回转塑性成形是模具和工件之一或二者共同作回转运动进行连续局部加载成形,并累积完成整体成形的工艺方法。与传统的以往复运动方式成形的工艺相比,回转塑性成形设备运行时间大部分对成形工件发生作用,回程与储能时间很短。回转塑性成形包括辊锻、辗环、楔横轧、螺旋孔型斜轧、径向锻造、摆动辗压等。

直线加载特种塑性成形采取与常规锻造相同的模具作直线运动对毛坯进行加载塑性成形的方式,但在毛坯状态、应力状态、应变速率和模具结构等方面区别于常规锻造,故也纳入特种锻造范畴。它包括等温锻造和超塑性成形、多向模锻、分模模锻和半固态成形等工艺。

本书共 11 章。每章都力图对某一种特种锻造成形技术作较为全面的深入介绍。各章内容相互独立,自成体系,互不干扰,每章分别介绍一个特种锻造成形技术基本原理,设备以及技术参数确定、模具设计原则和方法、模具主要构件加工和材料选择、工艺过程调试和成形件废次品分析等一系列有关产品开发的基本知识和参考数据的第一手资料。

本书理论联系实际,实用性强。书中列举了许多在生产上行之有效的实例,绝大多数是作者的亲身实践,曾产生过很大的经济效益和社会影响,有些还获得了国家科技进步奖及不同层次的奖励。

本书的写作力求深入浅出,简明扼要,使读者容易看懂,容易用于生产实践。

本分册第 1 章由胡亚民和任广升编写;第 2 章前六节主要由金泉林和王淑云编写,2.6.6 节和 2.7 节由李春天、付传锋和李凤梅编写;第 3 章由高新、苏升贵、顾勇飞和伍太宾编写;第 4 章由苏升贵、高新编写;第 5 章由陈昌银、黄虹、柳家君、金永洪和朱国军编写;第 6 章由郭灵和华林编写;第 7 章由王宝雨编写;第 8 章由刘晋平编写;第 9 章由郭玉玺和韩星会编写;第 10 章由胡亚民、伍太宾和赵军华编写;第 11 章由谢水生编写。

全书由分册主编胡亚民统稿;由资深教授杜忠权审定。

本书在编写过程中,白玉冰等同志付出了很大的辛劳,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不当之处,恳请各位读者和业内同仁批评指正。

胡亚民

2010 年 7 月 7 日于重庆

目 录

第一章 概论	1
1.1 回转塑性成形工艺	1
1.1.1 回转塑性成形工艺的概念	1
1.1.2 回转塑性成形工艺的优缺点	6
1.1.3 回转塑性成形工艺分类	6
1.1.4 回转塑性成形工艺的发展	8
1.2 等温锻造与超塑性成形	9
1.3 分模模锻与多向模锻	10
1.4 半固态成形工艺	10
参考文献	11
第二章 等温锻造与超塑性成形工艺及设备	12
2.1 概述	12
2.1.1 金属超塑性与超塑性成形	13
2.1.2 等温锻造	14
2.1.3 等温锻造与超塑性成形的应用	14
2.2 等温锻造与超塑性成形的材料基础	15
2.2.1 普通材料热变形力学性能与晶粒度演化	15
2.2.2 金属超塑性力学性能	18
2.3 等温锻造与超塑性成形的技术特征	22
2.3.1 技术优势	22
2.3.2 设备特点	23
2.3.3 高成本	23
2.4 等温锻造与超塑性成形装备	23
2.4.1 成形设备	23
2.4.2 模具加热系统	24
2.4.3 模具	26
2.4.4 润滑与防护	28
2.4.5 应用—成本与质量的平衡	30
2.5 等温锻造与超塑性成形工艺	31
2.5.1 工艺设计特点	31
2.5.2 成形载荷	33
2.5.3 工艺操作	34

2.5.4	成形缺陷	35
2.6	等温锻造与超塑性成形实例	36
2.6.1	小型钛合金盘件超塑性成形	36
2.6.2	高温合金涡轮盘模拟件等温成形	38
2.6.3	铝合金压气缸的超塑性成形	38
2.6.4	铝基碳化硅颗粒强化复合材超塑性成形	39
2.6.5	镁合金杯形件超塑性反挤压成形	39
2.6.6	H62 黄铜注塑模模腔的超塑性挤压	40
2.7	相变超塑性及其应用	42
2.7.1	模具模腔的相变超塑性成形	43
2.7.2	30GrMnSiA 钢连接座超塑性成形	48
	参考文献	51
第三章	多向模锻工艺及其设备	53
3.1	概述	53
3.1.1	多向模锻的成形原理与类型	53
3.1.2	多向模锻的技术经济特点	55
3.1.3	国外多向模锻发展历程	57
3.1.4	我国的多向模锻技术现状	57
3.2	多向模锻液压机	64
3.2.1	多向模锻工艺对设备性能的要求	64
3.2.2	多向模锻液压机的技术参数	65
3.2.3	多向模锻液压机的本体结构	66
3.2.4	多向模锻液压机的液压系统	75
3.3	多向模锻工艺规程的制定	77
3.3.1	多向模锻成形过程金属流动分析	77
3.3.2	锻件图的设计	86
3.3.3	坯料尺寸确定	91
3.3.4	锻造温度及坯料加热	93
3.3.5	变形力与合模力的计算	94
3.4	多向模锻模具的结构、设计和使用的	96
3.4.1	模具结构的类型	96
3.4.2	模具工作部分设计	97
3.4.3	模具的固定、安装和调整	105
3.4.4	模具的预热、冷却和润滑	107
3.5	多向模锻生产实例	110
3.5.1	缸体多向模锻	110
3.5.2	喷管多向模锻	115
3.5.3	球形接头多向模锻	118
3.5.4	等径三通多向模锻	122
	参考文献	125

第四章 分模模锻工艺	127
4.1 概述	127
4.1.1 分模锻造的技术经济特点	128
4.1.2 分模模锻发展概况及其应用	129
4.2 金属流动规律及力能参数的确定	134
4.2.1 十字轴锻件分模挤压成形时的金属流动状况	134
4.2.2 十字轴锻件分模挤压时挤压力和张模力的确定	136
4.3 分模模锻模具结构简介	138
4.3.1 垂直分模的模具结构	139
4.3.2 水平分模的模具结构	139
4.4 四通接头锻件分模模锻工艺及模具结构	140
4.4.1 制定成形工艺方案	140
4.4.2 模具结构	141
4.4.3 成形工艺	141
4.4.4 成形效果	142
4.5 汽车发电机爪极分模模锻工艺	142
4.5.1 爪极成形技术的现状	142
4.5.2 发电机爪极成形新工艺	145
4.6 轿车转向节分模模锻工艺	148
参考文献	150
第五章 辊锻工艺及其设备	151
5.1 概述	151
5.2 辊锻原理	152
5.2.1 辊锻变形区和辊锻的主要几何参数	152
5.2.2 坯料的咬入	153
5.2.3 宽展	155
5.3 辊锻机基本参数的确定	157
5.3.1 辊锻力的计算	157
5.3.2 辊锻力矩的计算	162
5.3.3 辊锻力的测定	163
5.3.4 辊锻力矩的测定	164
5.3.5 辊锻力测试结果与分析	166
5.4 辊锻设备	168
5.4.1 辊锻机的类型	168
5.4.2 辊锻机的技术参数	170
5.4.3 辊锻模具模块及其安装	172
5.5 辊锻模具设计	173
5.5.1 制坯辊锻模具的模膛设计	173
5.5.2 成形辊锻模具的模膛设计	179
5.6 汽车前轴的辊锻成形	182

5.6.1	EQ1061 汽车前轴工艺分析	182
5.6.2	EQ1061 前轴模锻件图设计	183
5.6.3	EQ1061 前轴辊锻件图的设计	185
5.6.4	选择原材料尺寸及辊锻道次	187
5.6.5	EQ1061 前轴辊锻模膛设计	189
5.6.6	EQ1061 前轴辊锻模具结构的设计	196
5.6.7	EQ1061 前轴辊锻模的寿命	197
5.6.8	EQ1061 汽车前轴弯曲模、终锻模设计	199
5.7	F321 汽车前轴的辊锻—模锻成形	201
5.7.1	前轴锻件外观构形的工艺性分析	201
5.7.2	前轴辊锻成形过程及辊锻模膛设计实例	202
5.7.3	辊锻后工序的模具	207
5.7.4	F321 前轴锻造工艺调试	207
5.7.5	常见的 F321 前轴锻件缺陷及废次品分析	210
5.8	钩尾框的辊锻成形	213
5.8.1	钩尾框锻件结构与工艺分析	213
5.8.2	钩尾框的辊锻工艺及辊锻模设计	215
5.8.3	钩尾框分头辊锻制坯工艺及辊锻模设计	216
5.8.4	钩尾框辊锻件废次品分析	219
	参考文献	220
第六章	辗环工艺及其设备	222
6.1	概述	222
6.2	环形件精密辗压成形技术的发展	224
6.2.1	国外环形锻件精密辗压成形技术的现状和发展趋势	224
6.2.2	国内研究现状	227
6.3	环形锻件的咬入和辗压成形力的计算	229
6.3.1	环形锻件的咬入	229
6.3.2	环料锻透状况分析	231
6.3.3	辗环力的计算	232
6.4	辗环变形的成形规律	234
6.4.1	矩形截面辗环变形规律	234
6.4.2	非矩形截面辗环成形规律	236
6.5	辗环工艺	238
6.5.1	下料	238
6.5.2	加热	240
6.5.3	环形锻件与环坯设计	240
6.5.4	辗环孔型设计和调试	249
6.5.5	辗压成形工艺参数设计	251
6.5.6	辗环缺陷和工艺调试	256
6.6	辗环设备	259

6.6.1 立式辗环机	259
6.6.2 卧式辗环机	260
6.6.3 多工位辗环机	264
参考文献	265
第七章 楔横轧工艺及装备	267
7.1 概述	267
7.1.1 工艺特点	267
7.1.2 国内外发展与应用简介	268
7.1.3 工艺流程与车间布置	270
7.2 楔横轧轧制基本原理	271
7.2.1 轧辊与轧件的相对运动关系	271
7.2.2 轧件旋转条件	273
7.2.3 模具与轧件接触分析	278
7.2.4 轧制带内直角台阶的台阶轴的孔型设计	281
7.3 楔横轧成形数值模拟分析	284
7.3.1 有限元数值模拟	284
7.3.2 轧件的变形	285
7.4 模具设计与数控加工	289
7.4.1 轧件设计	289
7.4.2 模具楔结构与设计	292
7.4.3 模具的数控加工	294
7.5 机械设备	297
7.5.1 楔横轧机的基本类型	297
7.5.2 楔横轧机的总体配置	300
参考文献	302
第八章 螺旋孔型斜轧工艺及其设备	303
8.1 概述	303
8.1.1 工作原理	303
8.1.2 工艺特点	303
8.1.3 国内外发展与应用简况	304
8.1.4 工艺流程与车间布置	306
8.2 轧制原理	307
8.2.1 斜轧回转体运动的原理	307
8.2.2 斜轧螺旋体的运动原理	308
8.2.3 辊形曲面	310
8.3 数值模拟	313
8.3.1 有限元数值模拟模型	314
8.3.2 轧件上的应变场	316
8.3.3 斜轧轧件上的应力场	322
8.3.4 轧件心部疏松的成因	325

8.4	模具设计	326
8.4.1	模具设计的一般原则	326
8.4.2	孔型参数确定	328
8.4.3	孔型设计方法	330
8.4.4	模具设计实例	336
8.5	机械设备	338
8.5.1	斜轧机的基本类型	338
8.5.2	工作机座	340
8.5.3	减速机与齿轮座	345
8.5.4	万向联接轴	347
	参考文献	348
第九章	径向锻造工艺及其设备	349
9.1	概论	349
9.1.1	径向锻造工艺的概念	349
9.1.2	径向锻造工艺的特点	350
9.1.3	径向锻造工艺的用途	351
9.2	径向锻造的变形分析	352
9.2.1	径向锻造锤头的运动学分析	352
9.2.2	径向压缩变形分析	353
9.2.3	变形力计算	355
9.2.4	相对送进量分析	355
9.3	径向锻造的工艺设计	356
9.3.1	选择工艺方法	356
9.3.2	锻件和坯料的设计要求	356
9.3.3	工艺参数的选定	358
9.3.4	变形工艺程序的确定	359
9.3.5	典型锻件产品工艺实例	360
9.3.6	径向锻造锻件的缺陷分析	363
9.4	径向锻造工模具设计	364
9.4.1	锤头设计	364
9.4.2	芯棒设计	367
9.4.3	夹钳钳口	367
9.5	径向锻造使用的设备	368
9.5.1	概述	368
9.5.2	旋转径向锻造机	368
9.5.3	径向锻机	371
9.6	铁道车辆用车轴径向锻造工艺与设备	379
9.6.1	车轴产品的技术要求	380
9.6.2	车轴生产制造工艺	382
9.6.3	车轴锻造缺陷防治	386

9.6.4	车轴锻造生产线	386
9.6.5	现代大型径向锻机及锻造技术	389
9.7	径向锻造变形工艺数值模拟	402
9.7.1	概述	402
9.7.2	径向锻造时锤头最佳压入量的数字模拟	404
9.7.3	预估径向锻造 718 合金锻件晶粒度和细化的数值模拟	407
9.7.4	径向锻造钛合金轴的数值模拟	410
	参考文献	414
第 10 章	摆动辗压工艺及其设备	416
10.1	概述	416
10.1.1	摆动辗压的工作原理和特点	417
10.1.2	摆动辗压的变形机理	417
10.1.3	摆动辗压在我国的发展和应用	419
10.2	摆动辗压机	423
10.2.1	国产的热摆动辗压机	423
10.2.2	用普通液压机改装的摆动辗压机	424
10.3	摆动辗压模具与模具材料	427
10.3.1	摆动辗压工艺参数的确定	427
10.3.2	摆动辗压模具的设计	431
10.3.3	摆动辗压模具材料	435
10.4	冷摆动辗压成形件举例	441
10.4.1	铁路车辆勾舌销	441
10.4.2	炮弹药筒底板摆动辗压模拟试验	442
10.4.3	摩托车磁电机轮套	444
10.4.4	直齿行星锥齿轮	447
10.4.5	从动螺旋锥齿轮	450
10.4.6	变速箱同步齿圈	452
10.4.7	摩托车单向器飞块	454
10.4.8	自锻破片药形罩	457
10.4.9	微车半轴锥齿轮	458
10.4.10	粉末冶金双金属阀座环	461
10.4.11	粉末冶金推力轴承环	463
10.4.12	粉末冶金齿类零件	465
10.5	温、热摆动辗压成形件举例	467
10.5.1	汽车、拖拉机、电瓶车后半轴	467
10.5.2	高速钢锯片铣刀和碗形直齿插齿刀坯	471
10.5.3	汽车、拖拉机后桥从动大齿轮坯	473
10.5.4	碟形弹簧、减速机摆线轮等薄盘形件	477
10.5.5	汽车离合器盘毂	479
10.5.6	高颈法兰	482