

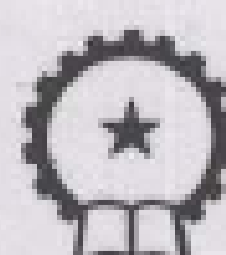
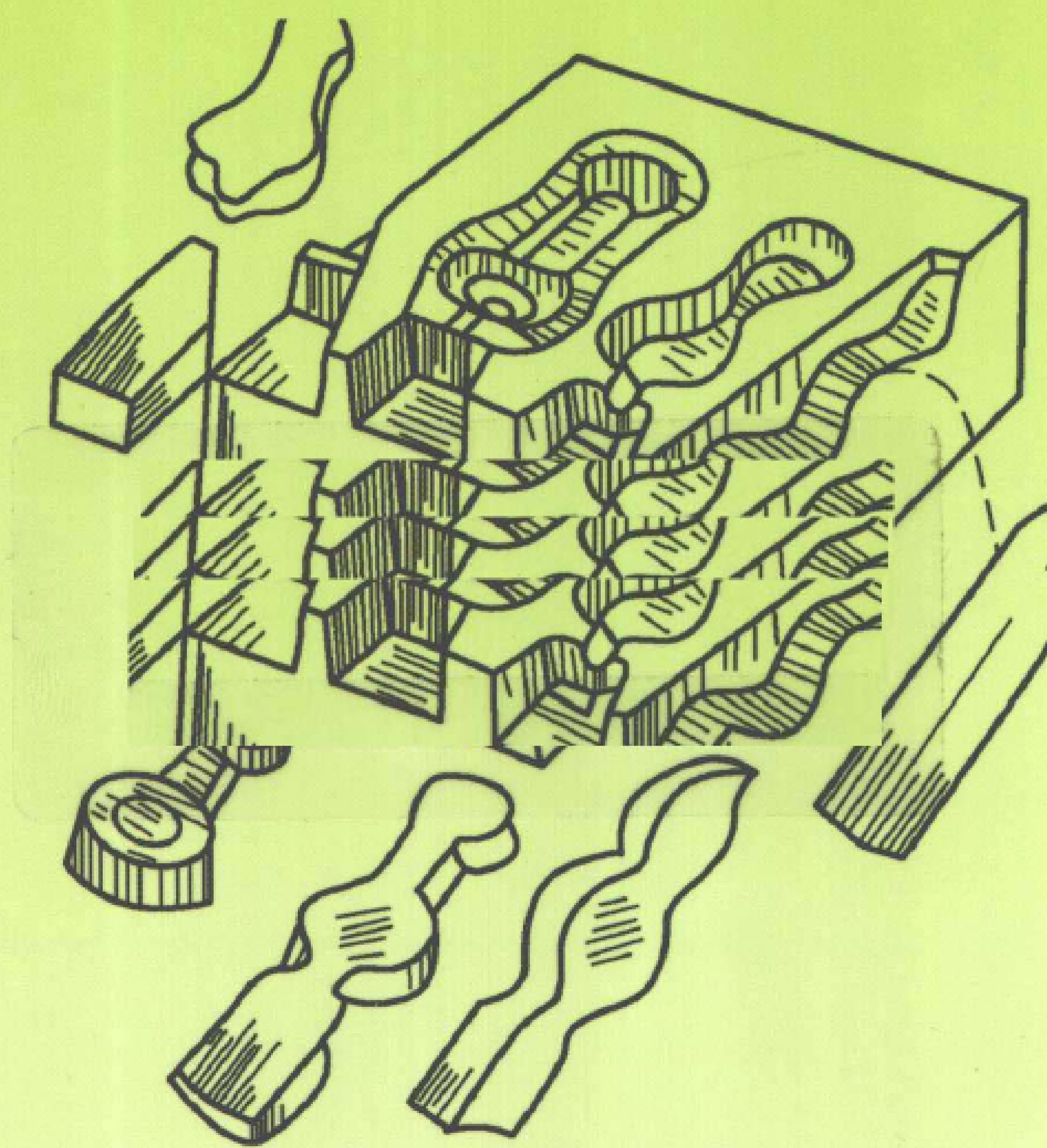


实用模具设计与制造丛书

SHIYONG REDUANMU SHEJI YU ZHIZAO

实用热锻模 设计与制造

▲ 洪慎章 金龙建 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

实用模具设计与制造丛书

实用热锻模设计与制造

洪慎章 金龙建 等编著



机械工业出版社

本书系统地介绍了热锻模具的设计与制造技术。全书内容包括：概论，锤锻模设计，热模锻压力机锻模设计，螺旋压力机锻模设计，切边、冲孔、校正及精压模设计，锻模设计应用实例，热锻模具制造，锻模的装配及试模等。本书以模具结构分析与制造技术为重点，结构体系新颖，技术内容全面；书中概念清晰易懂，并配有较多的应用实例，实用性强，能开拓思路，便于自学。

本书主要供从事热模锻成形加工的工程技术人员、工人使用，也可作为相关专业在校师生的参考书和模具培训班的教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

实用热锻模设计与制造/洪慎章等编著. —北京：机械工业出版社，2011.1
(实用模具设计与制造丛书)
ISBN 978 - 7 - 111 - 32593 - 2

I. ①实… II. ①洪… III. ①锻模 - 设计②锻模 - 制造 IV. ①TG315.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 232516 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：陈保华 责任编辑：白 刚
版式设计：霍永明 责任校对：吴美英
封面设计：赵颖喆 责任印制：杨 曦
北京京丰印刷厂印刷
2011 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷
169mm × 239mm · 22.75 印张 · 456 千字
0 001—3 000 册
标准书号：ISBN 978 - 7 - 111 - 32593 - 2
定价：45.00 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) 88379734

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) 68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着 21 世纪科学技术的迅速发展,从事模具工程的技术人员迫切需要掌握多方面的技术,才能正确、合理及敏捷地完成整体的模具产品。制约模具行业发展的因素主要有三个方面:质量、成本和工期。为了提高质量、降低成本和缩短工期,提高模具设计和制造水平日显重要。为此,编写了本书,以期对我国模具行业人才培养和技术水平的提高有所裨益。

热模锻成形作为一个重要的成形加工方法,是机械产品不可缺少的重要环节。在人类生活、国防等各个领域,如在汽车、电站、冶金、机械装备、铁道、造船、航空航天、兵器、化工等部门中都具有广泛的应用。热锻模成形生产的制件不仅强度高、韧性好、精度高、复杂度高、生产率高,而且节材、节能、降耗、成本低,适用于大批量生产,有很大的市场需求和广阔的发展前景。

全书内容包括概论,锤锻模设计,热模锻压力机锻模设计,螺旋压力机锻模设计,切边、冲孔、校正及精压模设计,锻模设计应用实例,热锻模具制造,锻模的装配及试模等。

本书根据社会对模具人才的需要,结合现代科学技术发展的形势编写而成。本书的特点如下:

(1) 内容力求全面 旨在使读者掌握模具设计与制造方法,了解国内外先进的工艺技术及较成熟的制造方法,为合理设计模具结构及正确选择模具制造方法打下必要的基础。

(2) 体系全面、系统,符合现代教育思想的要求 全书以模具设计与制造技术为主,着重介绍模具结构分析、模具零件的机械加工及特种加工。内容上循序渐进,由浅入深,依次介绍,力求条理清晰,便于讲授和自学。

(3) 重点突出,取材有简有详 对一般的结构设计与零件机械加工方法从简,对在模具制造中占主要地位的特种加工、数控加工技术、模具表面技术、快速制模技术等新工艺、新技术从详。

(4) 图、表丰富 书中有大量的经验数据图表,资料完整,文、图、表紧密配合,可供生产中实际应用。

本书作为一本基本理论与生产实际相结合的热锻模具设计与制造技术书籍,可供从事热锻模成形加工的工程技术人员、工人使用,也可作为相关专业在校师生及研究人员的参考书和模具培训班的教材。

本书第 1~4 章、第 6、7 章及附录由上海交通大学洪慎章教授编写,第 5、8

章由上海普极电子有限公司金龙建主任设计工程师编写。在本书编写工作中，刘薇、洪永刚、丁惠珍等工程师参加了部分书稿的编写、整理工作，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中不妥和错误之处在所难免，恳请广大读者不吝赐教，以便得以修正，以臻完善。

洪慎章
于上海交通大学

目 录

前言

第 1 章 概论	1
1.1 模锻实质及其工艺过程和锻模分类	1
1.2 锻模的设计程序和一般要求	2
1.3 锻模设计与锻件尺寸精度的关系	3
1.4 锻模设计与模具寿命的关系	5
1.5 模锻生产在国民经济中的地位及发展趋势	10
第 2 章 锤锻模设计	12
2.1 锤锻模的实质及其优缺点	12
2.2 模锻件分类	12
2.3 锻件图制定	15
2.4 模锻工步的选择	30
2.5 毛坯尺寸的确定	35
2.6 锻锤吨位的确定	36
2.7 锻模模膛的设计	38
2.7.1 终锻模膛	38
2.7.2 预锻模膛	40
2.7.3 制坯模膛	43
2.8 锻模结构设计	53
2.8.1 模膛布置	53
2.8.2 钳口设计	59
2.8.3 锁扣设计	60
2.8.4 模膛壁厚的确定	64
2.8.5 模块尺寸的确定	65
2.8.6 锻模标准	68
第 3 章 热模锻压力机锻模设计	77
3.1 热模锻压力机锻模的特点及应用范围	77
3.2 模锻件分类	79
3.3 锻件图制定	80
3.4 变形工步、工步图设计及毛坯尺寸计算	81
3.4.1 变形工步的选择	81
3.4.2 工步图设计	83

3.4.3 确定毛坯尺寸	86
3.5 设备吨位选择	87
3.6 模膛设计	88
3.6.1 终锻模膛	88
3.6.2 预锻模膛	93
3.6.3 制坯模膛	100
3.7 锻模结构设计	104
3.7.1 锻模结构形式	104
3.7.2 模膛及镶块	105
3.7.3 顶件装置	106
3.7.4 导向装置	108
第4章 螺旋压力机锻模设计	109
4.1 螺旋压力机工作特点及应用范围	109
4.2 模锻件分类	111
4.3 锻件图制定	111
4.4 模锻工步的选择	114
4.5 设备吨位的确定	116
4.6 模膛和模块设计	117
4.6.1 设计原则及技术要求	117
4.6.2 开式锻模	119
4.6.3 闭式锻模	125
4.6.4 精锻模	126
4.7 模架设计	129
4.7.1 模架种类	130
4.7.2 模架结构系列	132
4.7.3 模具主要尺寸公差与表面粗糙度	151
第5章 切边、冲孔、校正及精压模设计	154
5.1 切边与冲连皮	154
5.1.1 切边和冲连皮的方式及模具类型	154
5.1.2 切边模	155
5.1.3 冲连皮模和切边冲连皮复合模	162
5.1.4 切边力和冲连皮力的计算	164
5.1.5 切边、冲连皮模材料	164
5.2 校正	165
5.3 精压	167
第6章 锻模设计应用实例	172
6.1 锤锻模	172
实例1 第二速齿轮锻模	172

实例 2	突缘叉锻模	173
实例 3	变速叉锻模	176
实例 4	离合器拨叉锻模	178
实例 5	后制动器摇臂锻模	178
实例 6	转向主动杠杆锻模	182
实例 7	前减振器支架锻模	182
实例 8	转向节锻模	187
实例 9	连杆及连杆盖锻模	190
实例 10	汽轮机叶轮锻模	193
6.2	热模锻压力机锻模	194
实例 11	套管叉锻模	194
实例 12	万向节叉锻模	198
实例 13	十字轴锻模	202
实例 14	分离叉锻模	206
实例 15	倒档齿轮锻模	212
实例 16	磁极锻模	216
实例 17	连杆锻模	218
6.3	螺旋压力机锻模	225
实例 18	齿轮锻模	225
实例 19	突缘叉锻模	226
实例 20	前桥半轴突缘锻模	229
实例 21	十字轴锻模	230
实例 22	行星齿轮锻模	231
实例 23	法兰盘锻模	232
第 7 章	热锻模具制造	234
7.1	概述	234
7.2	常规加工方法	244
7.2.1	锯削	244
7.2.2	车削加工	245
7.2.3	铣削加工	254
7.2.4	刨削加工	257
7.2.5	钻削加工	260
7.2.6	镗削加工	262
7.2.7	磨削加工	265
7.2.8	珩磨	277
7.3	特种加工	279
7.3.1	电火花成形加工	279
7.3.2	电火花线切割加工	281

7.3.3	电解成形加工	282
7.3.4	电解抛光	283
7.3.5	电解修磨与电解磨削	284
7.4	数控加工技术	285
7.4.1	数控加工技术概述	285
7.4.2	常用的数控加工方式	287
7.4.3	模具 CAM 技术	288
7.4.4	高速切削技术	288
7.5	快速制模技术	289
7.5.1	快速成形技术的基本原理与特点	290
7.5.2	快速成形技术的典型方法	291
7.6	模具表面技术	295
7.6.1	表面强化技术	295
7.6.2	光整加工技术	297
7.7	零件加工检测	299
7.8	模具零件加工的应用实例	300
7.8.1	锤锻模的加工	300
7.8.2	锻模加工要点	303
7.8.3	锻模制造程序及工艺过程	307
7.8.4	热模锻压力机锻模的加工	311
第 8 章	锻模的装配及试模	319
8.1	概述	319
8.2	锻模的安装与紧固	321
8.3	锻模的检验、试模与调整	324
附录	330
附录 A	模锻工艺参数	330
附录 B	模锻设备技术参数	341
附录 C	热锻模具材料及表面强化	345
附录 D	模具零件的加工方法	351
参考文献	356

第1章 概 论

锻模是金属在热态下进行体积成形时所用模具的统称。一个完善的锻模设计过程，首先应当考虑的是能够获得满足一定的形状和尺寸精度要求及组织性能良好的锻件，同时要满足生产率的要求；其次还应考虑锻模具有足够的强度和较高的寿命，并且制造简单，安装、调整、维修方便等要求。因此，设计锻模时，应当综合分析各类锻件塑性成形的规律和工艺特点，研究被加工材料和模具材料的力学和物理、化学特性，并了解各类锻压设备的工作，结构和工艺特点等。

1.1 模锻实质及其工艺过程和锻模分类

1. 模锻实质

模锻是将加热的毛坯放入上、下模块的模膛（按零件形状及尺寸加工）间，借助锻锤锤头、螺旋压力机和热模锻压力机滑块的冲击成形为锻件。锻模的上、下模块分别固紧在锤头和底座上。模锻件余量小，只需少量的机械加工（有的甚至不加工）。模锻生产效率高，内部组织均匀，件与件之间的性能变化小，形状和尺寸主要是靠模具保证，受操作人员的影响较小。模锻需要借助模具，加大了投资，因此不适合单件和小批量生产。有时，模锻还常需要配置自由锻或辊锻设备制坯，尤其是热模锻压力机和螺旋压力机上模锻。

模锻常用的设备主要是模锻锤、热模锻压力机、螺旋压力机、电动（或液压）螺旋锤、模锻液压机等。

2. 模锻工艺过程

模锻生产中，从原材料获得模锻件，需要采用一系列模锻工序。由这一系列模锻工序构成的模锻件生产过程，称为模锻工艺过程，也称模锻生产流程。

模锻工艺过程的基本工序有：

- 1) 毛坯准备。根据选定的毛坯规格下料。
- 2) 毛坯加热。将毛坯加热到规定的温度范围。
- 3) 模锻。将加热好的毛坯在锻模模膛内成形。模锻工序是锻件获得所需形状和尺寸锻件的主要成形工序，对锻件的组织 and 性能有重要影响。
- 4) 切边和冲孔连皮。
- 5) 热校正或热精压。
- 6) 磨去毛刺。

- 7) 热处理。
- 8) 清理去除氧化皮。
- 9) 冷校正或冷精压。
- 10) 质量检验。

3. 锻模分类

根据不同的情况，锻模的分类目前有多种方法，可以按模锻设备进行分类，也可以按工艺用途进行分类，其他还可以按锻模结构和分模面的数量等进行分类。

按模锻设备不同，锻模可分为锤用锻模、螺旋压力机用锻模、热模锻压力机用锻模、平锻机用锻模、水压机用锻模、高速锤用锻模、辊锻机用锻模和楔横轧机用锻模等。这种分类方法主要考虑了各种锻压设备的工作特点、结构特点和工艺特点，因此决定了锻模的结构和使用条件也有所不同。

按工艺用途（所完成的变形工序种类）不同，锻模可分为锻造模具、挤压模具、冷锻模具、辊锻模具、校正模具、压印模具、精整模具、精锻模具、切边模具、冲孔模具等。这种分类方法主要考虑不同变形工序的变形规律，因此，各类锻模的模膛设计和锻模结构也有所不同。

其他分类方法还有，如按锻模的结构不同可分为整体锻模和组合镶块锻模，按终锻模膛结构不同可分为开式锻模和闭式锻模，按分模面的数量不同可分为单个分模面锻模和多向模锻锻模等。

1.2 锻模的设计程序和一般要求

锻模设计是为了实现一定的变形工艺而进行的。因此，在生产中应首先根据零件的尺寸、形状、技术要求、生产批量大小和车间的具体情况确定变形工艺和模锻设备，然后再设计锻模。锻模设计的程序如下：

- 1) 分析成品的形状，研究成品的锻造工艺性。
- 2) 根据零件图设计锻件图。
- 3) 确定制造方法（一模几件）和设备种类，计算所需吨位。
- 4) 确定模锻工步和设计模膛，其顺序是先设计终锻模膛，然后设计预锻模膛和制坯模锻。
- 5) 设计锻模模体（或模具组合体）。
- 6) 设计切边模和冲孔模。
- 7) 设计校正模（根据需要）。
- 8) 确定模具材料。

锻件图是生产中的基本技术文件，根据它设计模具、确定原毛坯的尺寸和验收锻件等，机械加工车间也是根据锻件图来设计工卡具的。

锻件图制定的工作内容包括：

- 1) 确定分模面的位置和形状。
- 2) 确定余量、公差和余块。
- 3) 确定模锻斜度。
- 4) 确定锻件的圆角半径。
- 5) 确定冲孔连皮的形状和尺寸。
- 6) 确定辐板和肋的形状和尺寸。

设计锻模时应满足以下要求：

- 1) 保证获得满足尺寸精度要求的锻件。
- 2) 锻模应有足够的强度和高的寿命。
- 3) 锻模工作时应当稳定可靠。
- 4) 锻模的结构应满足生产率的要求。
- 5) 便于操作。
- 6) 模具制造简单。
- 7) 锻模安装、调整、维修简易。
- 8) 在保证模具强度的前提下尽量节省锻模材料。
- 9) 锻模的外廓尺寸等应符合设备的技术规格。

1.3 锻模设计与锻件尺寸精度的关系

锻模设计对锻件的尺寸精度有很大影响。模膛的尺寸精度和磨损、模具和锻件的热胀冷缩、模具和锻件的弹性变形、锻件的形状和尺寸，以及所选用设备的刚度、精度和吨位大小等对锻件的尺寸精度均有较大影响。为保证获得要求的锻件尺寸精度，设计锻模时应考虑以下各点。

1. 锻件的热胀冷缩

当模具工作温度较高时，还应考虑模具的影响，尤其对精密成形的锻件更应注意。

模具温度的波动会引起模膛容积的变化，其变化值可按下式计算：

$$\frac{\Delta V_t}{V_0} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3$$

$$\Delta V_t = V_t - V_0$$

式中 ΔV_t ——模膛容积变化值 (mm^3)；

V_0 ——设计时预定模具温度下的模膛容积 (mm^3)；

V_t ——锻造时实测模具温度下的模膛容积 (mm^3)；

ε_1 、 ε_2 和 ε_3 ——三个互相垂直方向上模膛尺寸的相对改变量。

如果模具温度分布均匀，当模具实测温度与设计预定的模具温度相差为 Δt 时，则

$$\frac{\Delta V_t}{V} = 3\varepsilon = 3\alpha\Delta t$$

式中 α ——模具材料的线胀系数。

2. 错移力的平衡和导向

错移力的平衡是保证锻件尺寸精度的一个重要因素，而且也是影响设备寿命的一个重要因素。

错移力产生的原因大致有下列几方面：

1) 当锻件分模线不在同一平面上（即具有落差的锻件）时，模锻时有水平方向的错移力。

2) 如果由于某些原因使得模膛中心与滑块或锤杆中心不一致，模锻时产生一个偏心力矩，造成锻模的错移。

3) 如果设备的上、下砧面不平行（图 1-1），模锻时也要产生不平错移。

错移力不仅造成锻件水平尺寸的错差，而且还必然引起锻件高度方向尺寸的偏差，后者对一般小锻件影响不大，但对大型模锻件有时偏差甚至超过 5mm，因此，错移力的平衡是保证锻件尺寸精度的一个重要因素。

由上述原因引起的错移力如不设法平衡，不仅使锻件产生错差，而且必然要作用到导轨和床身（立柱）上，使导轨容易磨损，床身容易损坏，锤杆易于折断。

为减小错移力引起的锻件错差，可以采取：

1) 从设备方面：使上、下砧面尽可能平行；减小导轨间隙；增加导向长度。

2) 从模具结构方面：尽可能使模膛中心和锤杆中心（或滑块中心）相一致，采用导销、导柱、导套、导筒等平衡和导向装置。

以上两方面中，设备的精度对减小锻件的错差有一定影响，但是，最根本、最有积极意义的是从模具设计方面采取措施，因为后者的影响更直接，具有决定性的作用。具体措施见后面有关章节。

3. 引起锻件高度方向尺寸超差的各种因素

(1) 终锻模膛的充填性能 对某些具有高肋的锻件，为保证肋部能够充满，应在终锻模膛的相应部位设排气孔。对某些终锻时不易充满的锻件，可增加预锻模膛。

(2) 终锻模膛的磨损 对终锻模膛易磨损的部位，应当在锻件公差允许范围内预先考虑磨损量，以提高模具寿命，保证锻件的尺寸精度要求。

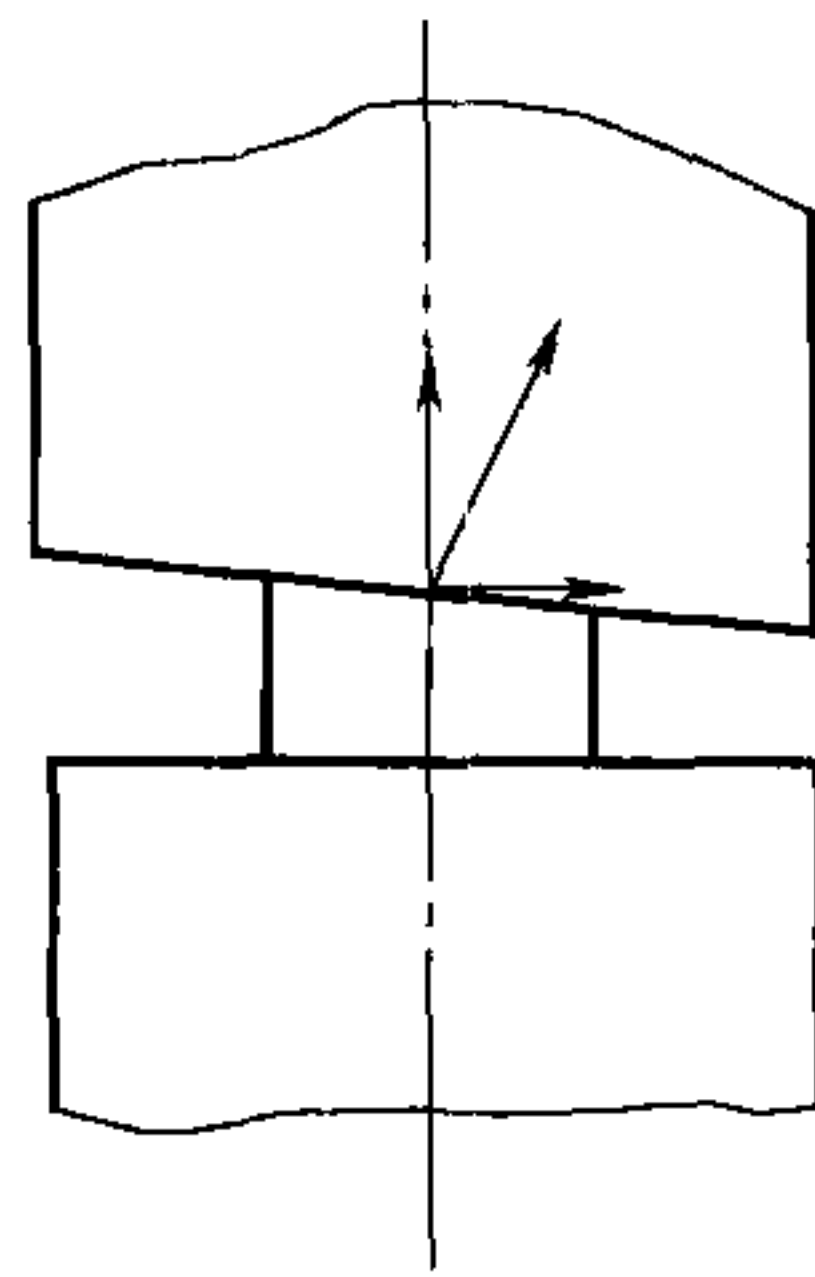


图 1-1 上下砧面不平行

(3) 氧化皮等在下模较深部位的堆积 当下模模膛局部存在较深部位并易堆积氧化皮时,应在下模此部位加深 1~2mm。

(4) 设备吨位不足或过大 当设备吨位偏小可能产生锻压不足时,应适当减小模膛深度,以抵消锻压不足的影响;相反,当设备吨位偏大或模具承击面不够时,应适当增加模膛深度,以保证在承击面下陷后还能锻出合格锻件。

4. 模具的加工精度

模具的加工精确度应当比锻件的精度高两级。

5. 模具的刚度

精锻时,为能获得精确的锻件尺寸,应考虑锻件和模具的弹性变形量,应保证模具有足够的刚度。影响模具刚度的因素有模具结构、模膛位置和模具材料等。

对于模具结构,应力求简单,整体模的刚度较好;采用组合模时,应避免构件间有游隙和较大的弹性变形。

对于模膛位置,应力求模膛中心与滑块(或锤杆)的中心一致,否则会由于偏心力矩使上、下模产生相对转动,造成锻件高度方向和水平方向尺寸偏差。

对于模具材料,应使模具材料本身硬度高、弹性变形小,例如平面冷精压采用 Cr12Mo 做精压平板比采用 T10A 精压后零件中部的凸起高度小,因而零件的精度高。

1.4 锻模设计与模具寿命的关系

锻模设计的正确与否对模具的使用寿命有很大影响。

热锻模失效的主要形式有破裂、磨损、热疲劳裂纹(以下简称热裂)和模具发生塑性变形(压塌)等,其中磨损和热裂属正常失效,而破裂和模具发生塑性变形属非正常失效。设计锻模时,为提高使用寿命要同时考虑这四方面的因素,尤其对非正常失效,更应予以重视。本节以解决破裂为主着重介绍锻模的强度设计。

图 1-2 ~ 图 1-5 是锻模常见的破裂形式,从外因看,引起破裂的原因主要是:

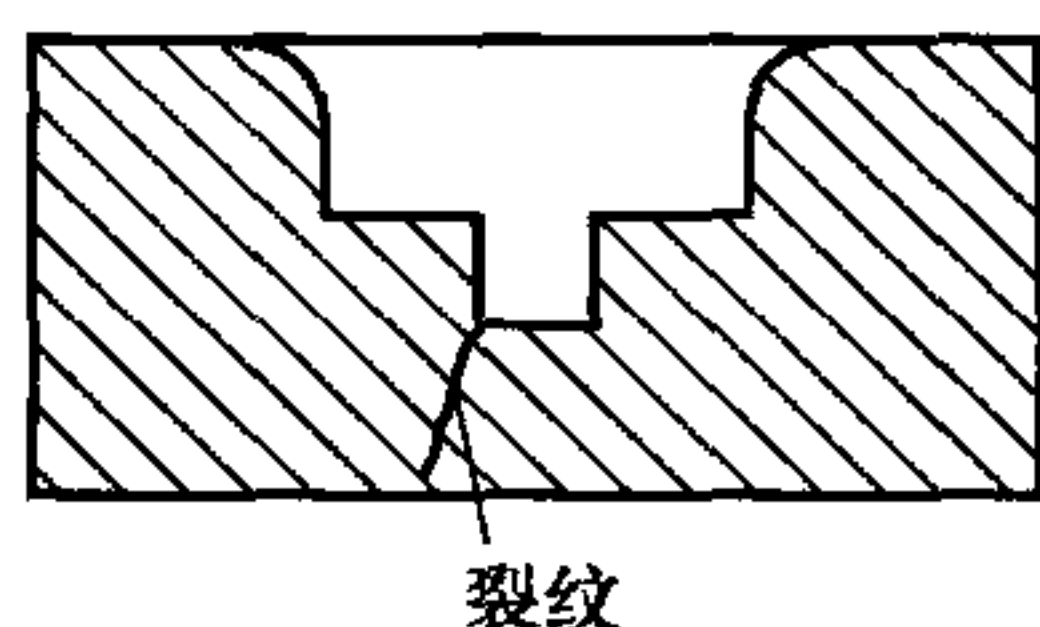


图 1-2 模膛深处开裂

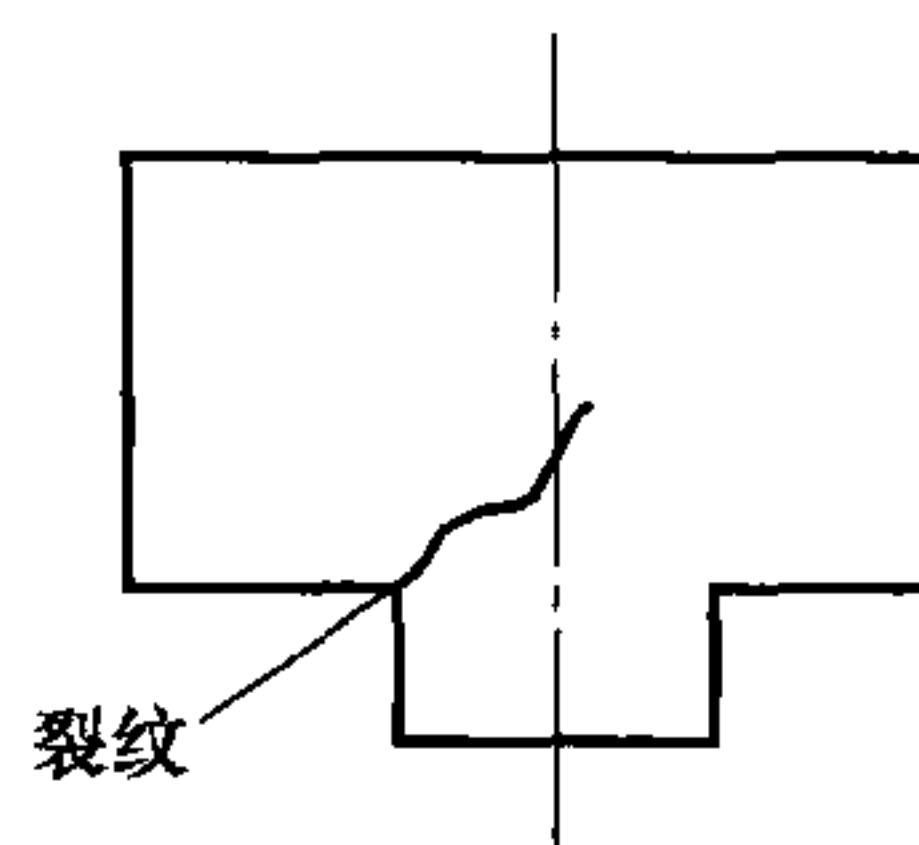


图 1-3 燕尾转角处开裂

1) 在极高的载荷下由于应力值超过模具材料的强度极限所致。这时经一次模压(打击)或极少次数模压(打击),模具便产生破裂。

2) 在较低的应力下, 经多次反复模压 (打击), 由于疲劳而产生破裂, 一般叫做疲劳破裂。

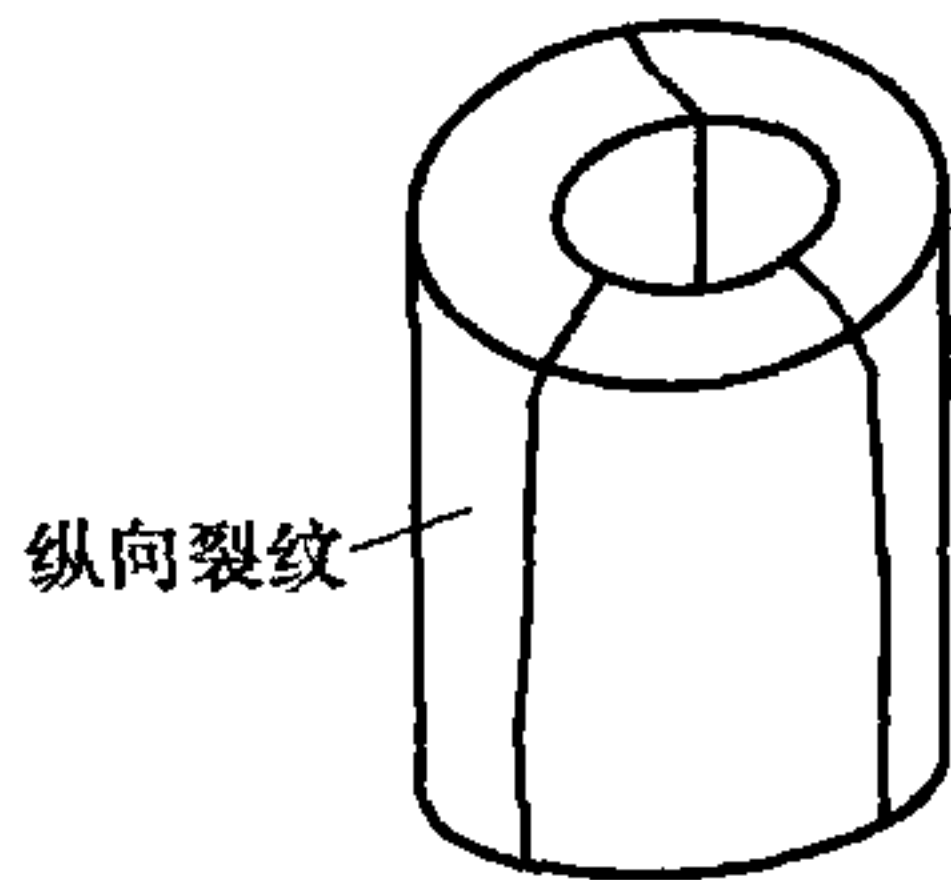


图 1-4 纵向裂纹

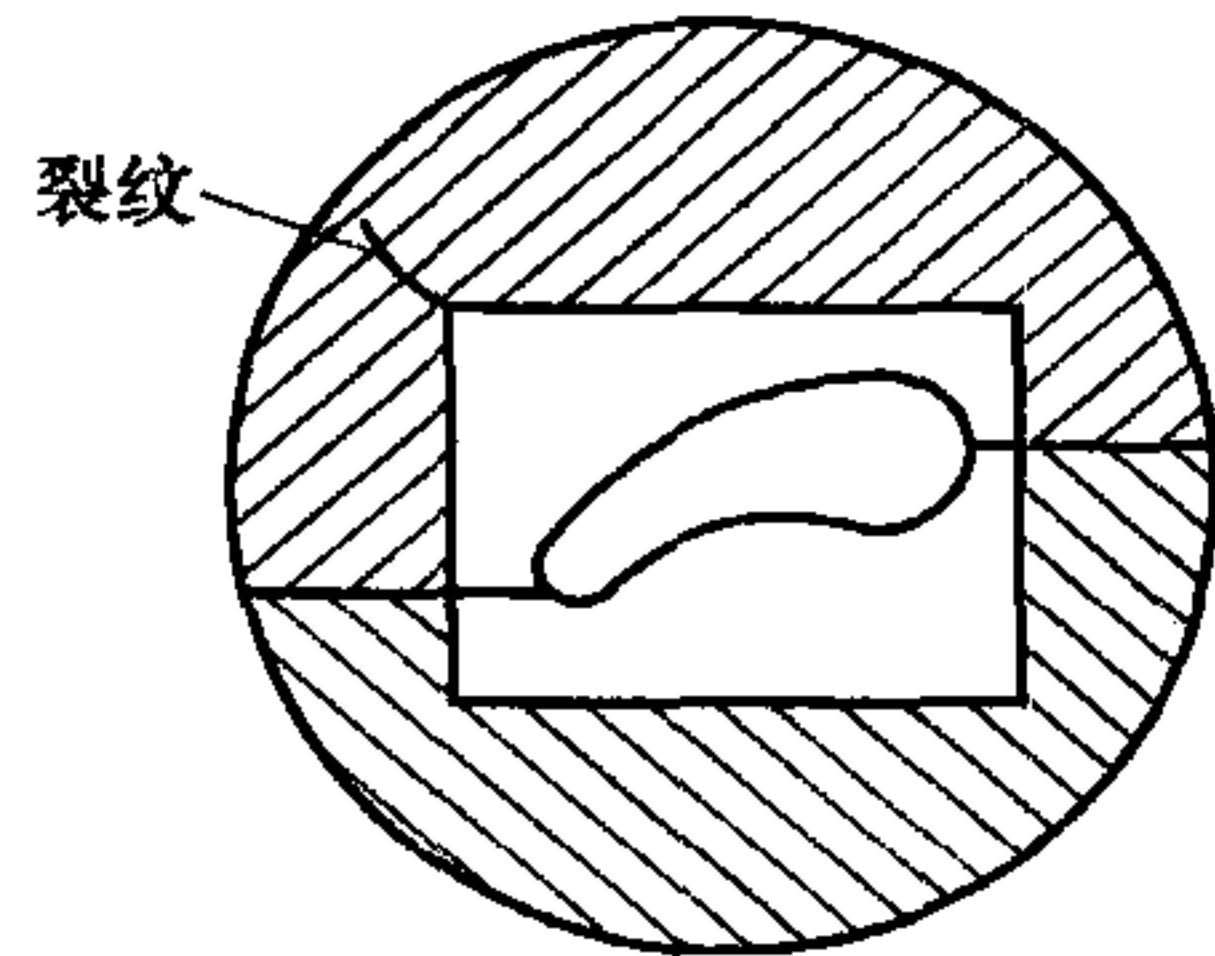


图 1-5 模膛转角处开裂

两种破裂形式可以从断口的特征加以区别。疲劳破裂断口一般是分为两部分 (图 1-6), 一部分是疲劳裂纹发展形成的疲劳破裂部分, 这部分由于疲劳裂纹的时进时停常常呈现出贝壳形状; 另一部分是突然断裂部分, 呈凸凹不平的粗糙状态。该部分的裂纹由于是急速发展的, 所以破裂面不呈贝壳形状。

模具承受冲击载荷时更易于破裂, 这不仅是由于某些材料 (例如高速钢) 对冲击载荷具有敏感性, 而主要是由模具承受冲击载荷时的受力特点所决定的。例如在冲击载荷下进行闭式模锻时 (图 1-7), 在毛坯充满模膛之后, 如果锤头还有多余的能量则必然还要继续向下移动, 多余的能量主要由模具及设备的弹性变形所吸收。当多余能量较大时, 根据能量转换原理可以算得此时的锤头打击力是很大的, 它将远远超过锻件变形所需的力量, 模具常常因为承受不了这么大的应力而破坏, 这尤其是在模具具有应力集中处时更是危险。

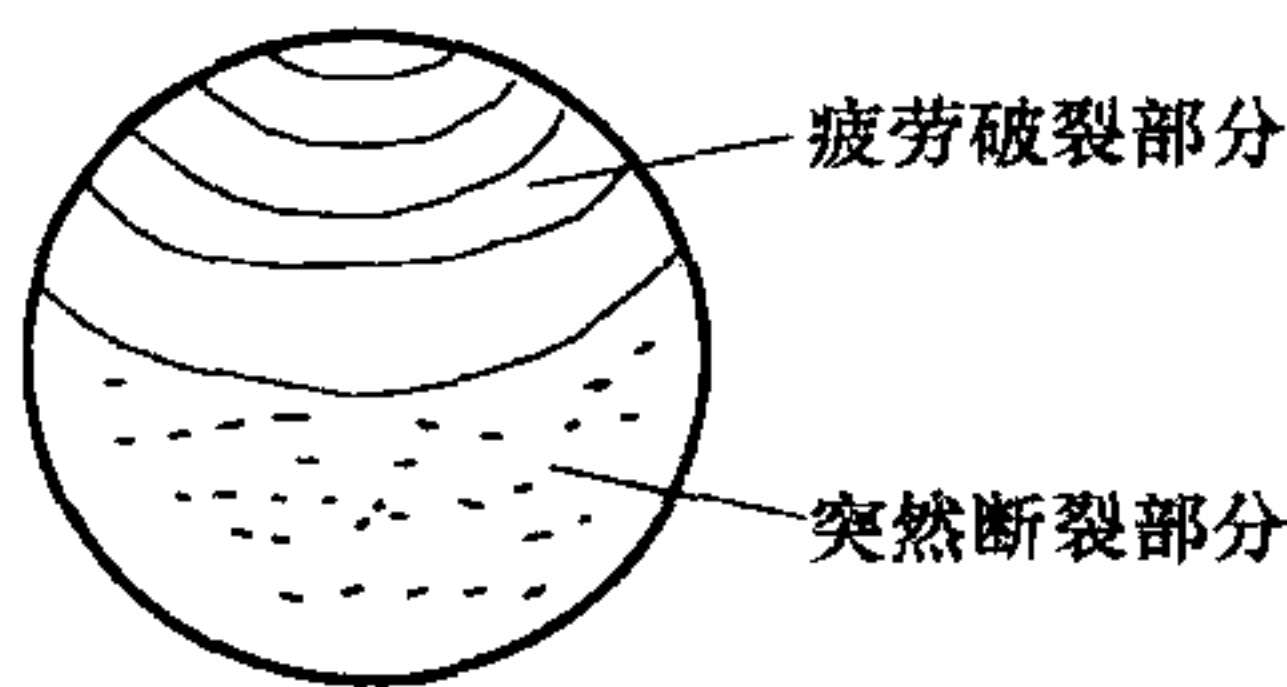


图 1-6 疲劳破裂断口

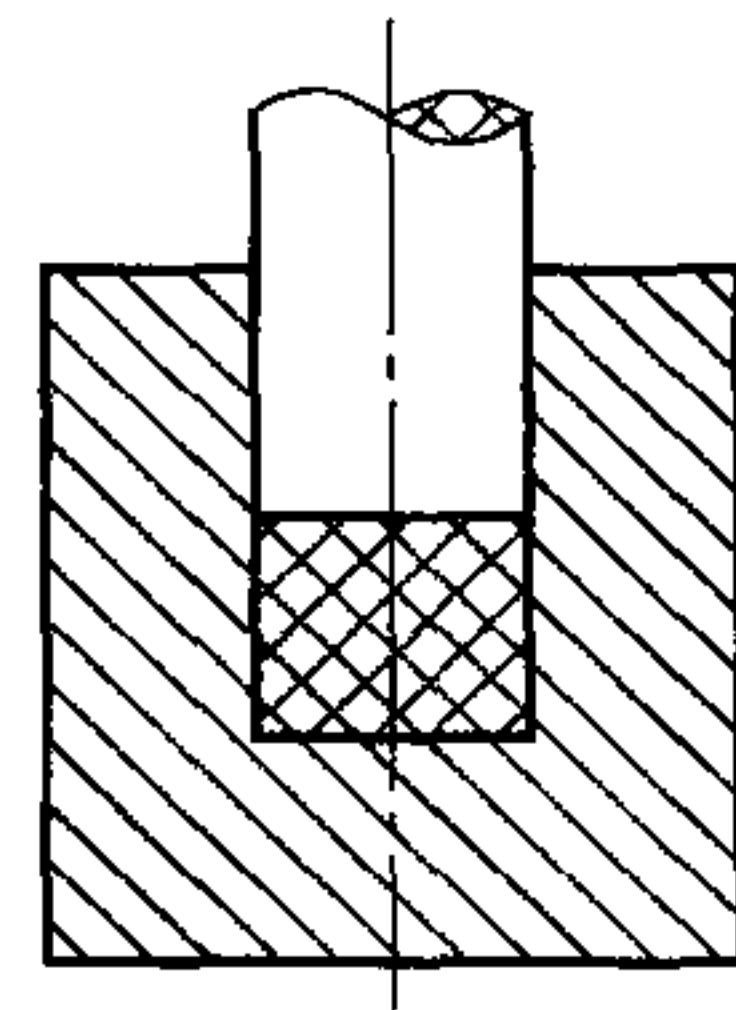


图 1-7 闭式锻模

设备在模锻时具有多余能量的现象常常是不可避免的, 这不仅在闭式模锻时有, 开式模锻时也有。

从产生上述破坏情况的内因来看可能是:

- 1) 采用的模具材料冲击韧度低。
- 2) 模块没有锻透, 内部有缺陷, 组织不均。
- 3) 热处理不当, 有时效裂纹。
- 4) 模块内的纤维方向安排不当。

综上所述，为了防止模具破裂，在设计时应当考虑以下几点：

- 1) 模锻时，模具内的应力值应低于材料的允许强度极限。
- 2) 尽量减少应力集中情况。
- 3) 多余能量的吸收问题。
- 4) 选用适当的模具材料，并对模坯的锻造和纤维方向的布排提出要求。

磨损是模具与毛坯在高压下相对摩擦的结果，磨损使模具表面不平并且出现沟痕，这种沟痕有可能引起应力集中造成模具破裂。

热裂是由于模具表面热冷交替反复变化引起异符号热应力的反复作用而产生的。热裂纹呈龟裂状，多发生在模具的突出部；因为突出部容易急冷急热。当模具材料的导热性差、热膨胀系数大、使用温度范围和润滑剂选用不合适时，更易产生热裂。

模具发生塑性变形的原因是因为模具的硬度过低或锻件的变形抗力过大所引起的。热锻时由于冷却不好，模具温升较高，引起模具退火而变软。而当坯料温度过低时锻件的变形抗力便会增大。

模具的磨损、热裂以及模具的塑性变形主要与模具材料、工艺操作和模具的润滑有关，模具的结构形式也有较大影响。下面从防止模具的破裂出发介绍有关模具强度设计方面的问题，以锤上锻模为例介绍开式锻模的设计，以摩擦压力机上的无飞边模锻为例介绍闭式锻模的设计。

锤上锻模常见的破裂形式有下列三种：

- 1) 在燕尾根部转角处产生的裂纹（见图 1-3）。
- 2) 沿高度方向开始于模膛深处的纵向裂纹（图 1-8）。
- 3) 模壁被打断（图 1-9）。

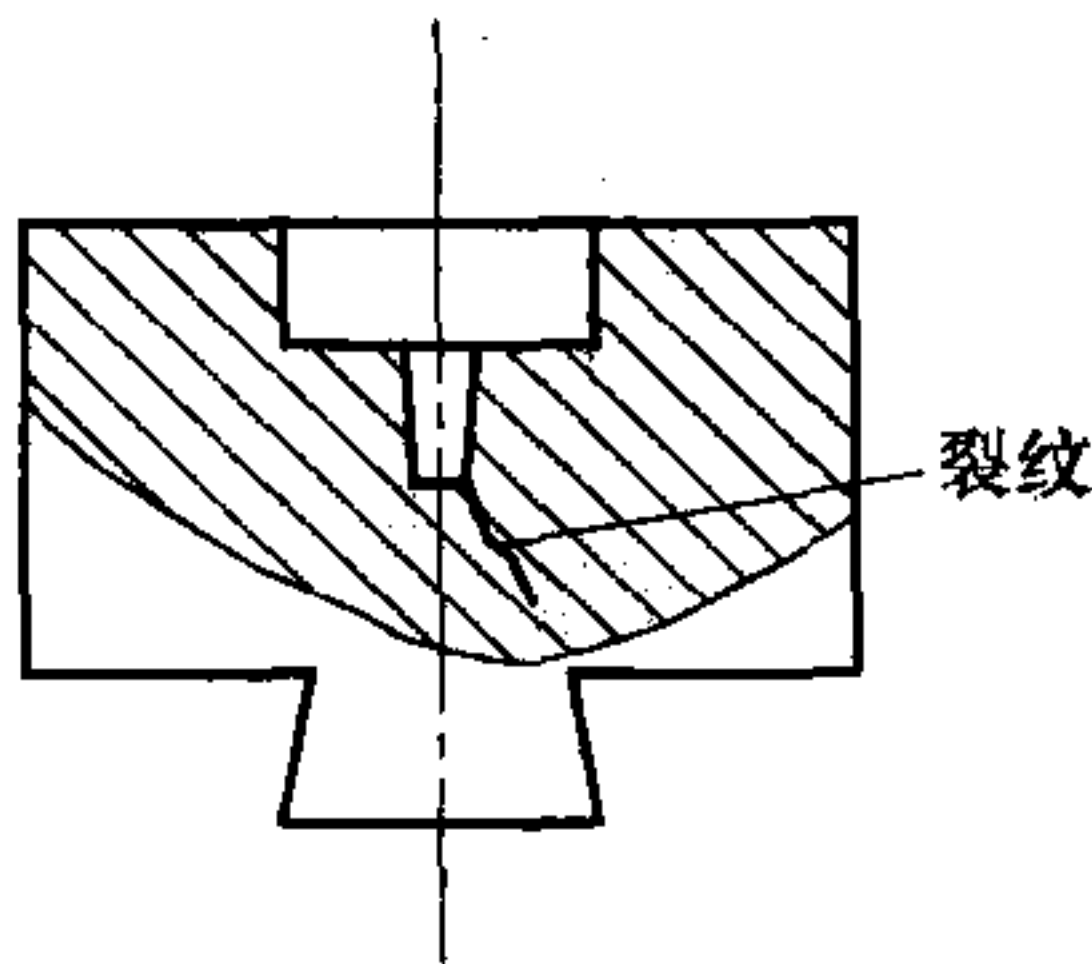


图 1-8 模膛深处纵向开裂

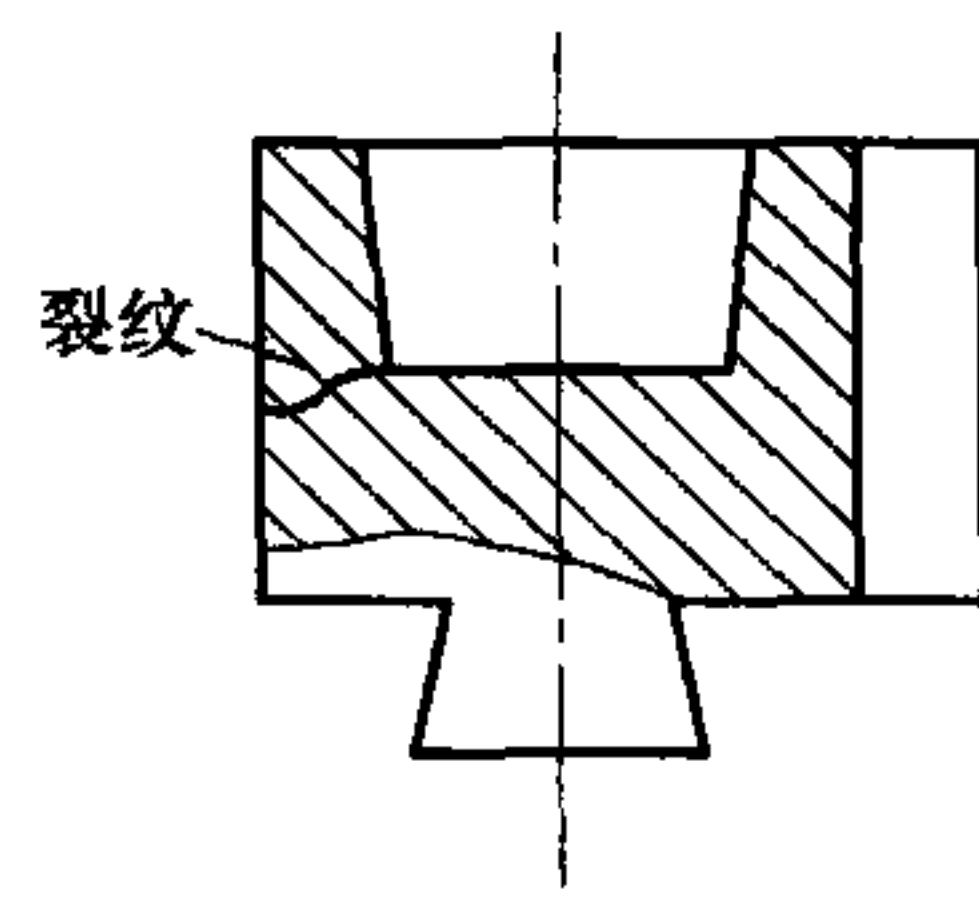


图 1-9 模壁被打断

第 1 种破裂形式在多模膛锻造情况下是常见的。在燕尾根部转角处的这种断裂主要是由于应力集中造成的。锤击时，燕尾与锤头和下砧的燕尾槽接触，而两侧是悬空的。间隙约 0.5mm，偏心打击时，燕尾根部转角处的应力集中较大。例如模锻连杆的锻模，由于有预锻和终锻两个模膛，常常从燕尾根部转角处破坏。燕尾转角半径越小，加工时越不光洁，留有加工刀痕等情况下越易破坏。燕尾部分热处理后的硬度越高（相应地冲击韧性下降）和有残余的应力集中时也越易破坏。

如果设计不合理或制造不良，造成模块两侧与锤头和下砧接触而使燕尾悬空时，更易发生这种损坏。从模具本身来看如果锻模材质不好或纤维安排不合适时也易产生这种损坏。

第2种断裂是由于模锻时模膛侧壁受很大的压力，相对于一定的模膛深度，当锻模的高度（厚度）较小时，应力值可能超过材料的强度极限便引起断裂。当模膛的内圆角不足和模膛具有深而狭的凹槽或残留有加工刀痕时，由于应力集中更易产生这种损坏。

第3种是由于模壁太薄而引起的。模膛越深，模壁斜度和模膛底部圆角越小或留有加工刀痕时越易产生这种破坏。

根据对以上几种模具损坏原因的分析可见，设计模具时应当考虑以下几点：

- 1) 模膛壁厚。
- 2) 模块高度。
- 3) 模具承击面。
- 4) 燕尾根部的转角。
- 5) 纤维方向的布置。

由于模锻时模具受力情况复杂，而且影响的因素又很多，因此很难进行理论计算，一般均根据经验公式或图表确定（见后面有关章节）。

设计摩擦压力机上闭式锻模时主要考虑多余能量问题。以图1-10所示的情况为列，当模膛已基本充满再进行打击时，滑块（或锤头）的动能几乎全部为模具和设备的弹性变形所吸收；坯料被压缩后，使模具内径撑大，模具承受很大的应力，因此，在冲击载荷下闭式模锻时，模具的尺寸不取决于所模锻零件的尺寸和材料，而取决于模锻设备的吨位。根据这个道理，经过运算便可求得不同吨位设备上闭式模具允许的纵截面。

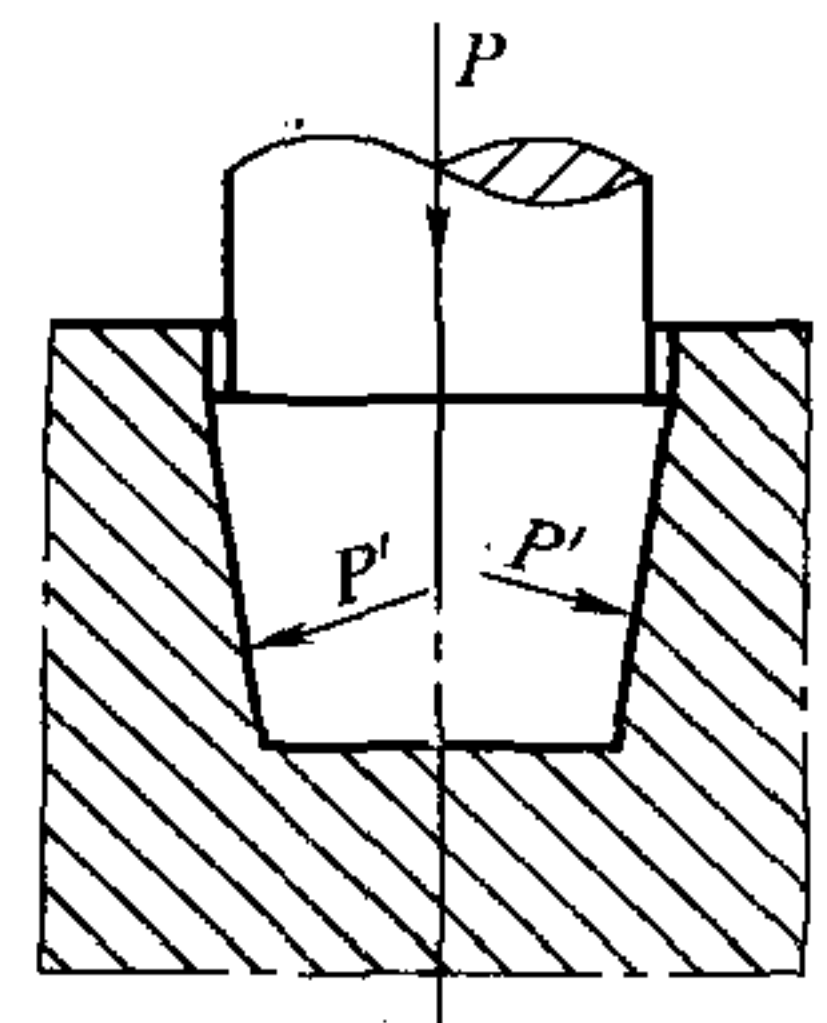


图1-10 闭式模锻时的受力情况

在精密模锻时为了保证能较好地成形，常常采用较大吨位的设备，因此，在模具内产生的应力值大，模具更易于损坏。生产实践中为提高模具强度常采取如下措施。

1. 采用预应力组合模

闭式模锻时凹模受到很大的内应力。图1-4就是由于压力过大而引起的纵向破裂，而且实践表明，总是由内壁开始裂的。

为有效而经济地提高凹模的承载能力，可以采用具有预应力的组合凹模。产生预应力的方法一般是利用过盈配合将凹模压入凹模套内或将凹模套套在凹模上，使凹模受到预紧力（压应力）。于是，模压时凹槽内引起的切向拉应力将被预应力（压应力）部分或全部抵消，凹模的承载能力便可以得到显著的提高。生产中有时采用一层凹模套，有时当内压力 P 很大时，需要两层或三层凹模套。通过对一定