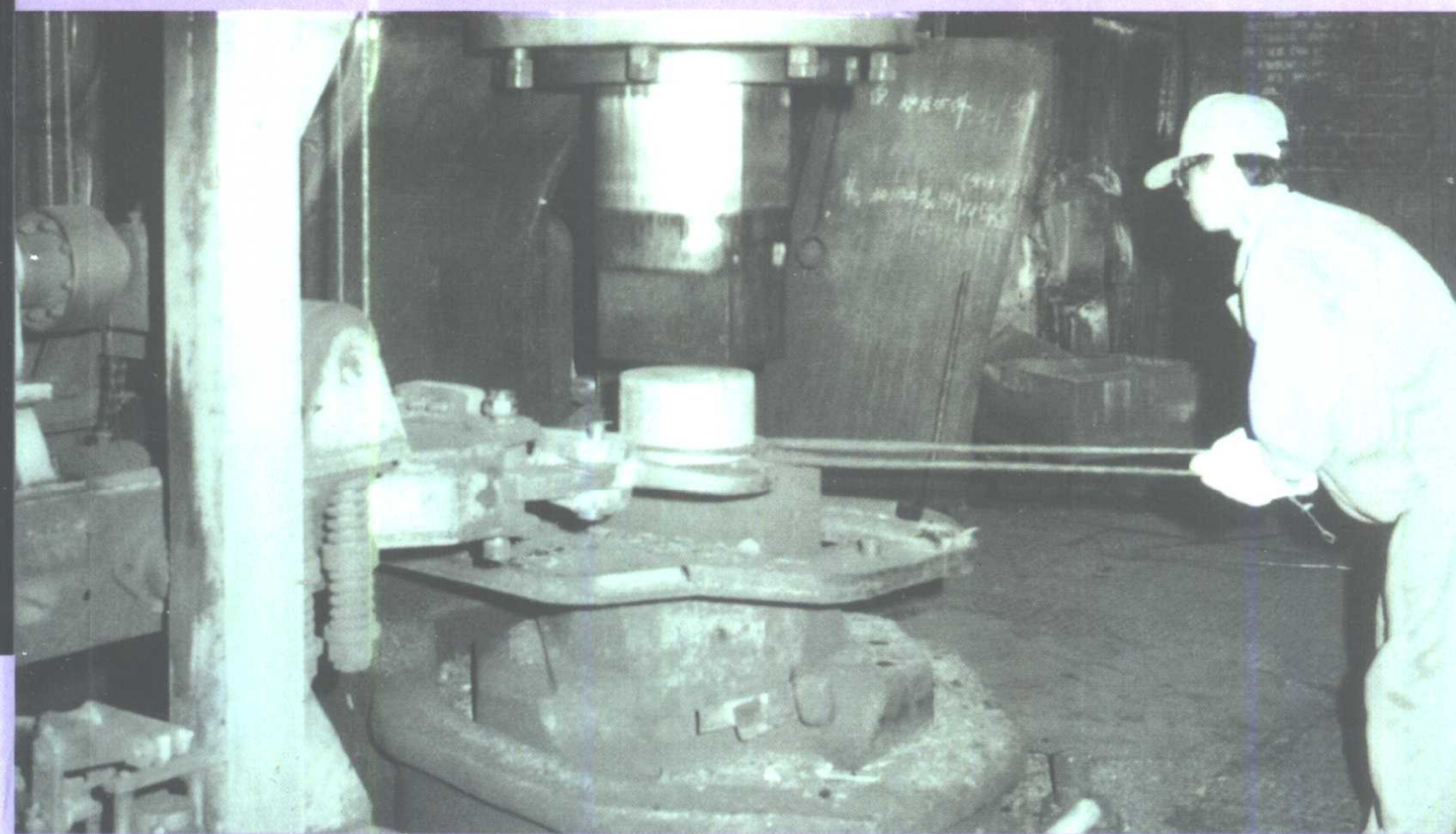


机械工业技师考评培训教材

锻造工 技师培训教材

机械工业技师考评培训教材编审委员会 编



★ 机械行业首套技师培训教材

★ 按照技师考评要求编写

★ 集教材与试题库于一体



机械工业出版社
China Machine Press

机械工业技师考评培训教材

锻造工技师培训教材

机械工业技师考评培训教材编审委员会 编



机械工业出版社

本书分两部分内容,第一部分为培训教材,第二部分为试题库,试题库后附有考核试卷样例。教材部分是以锻造工《工人技术等级标准》和《职业技能鉴定规范》高级工的理论知识中的专业知识要求为主编写的,内容包括:锻造的基本知识、自由锻设备、自由锻造,胎模锻造、锤上模锻、摩擦螺旋压力机及热模锻压力机模锻、高合金钢和有色金属的锻造,特种锻造及新技术、锻造工艺示例、锻件的检查、质量管理和提高生产率的基本知识共十一章。试题具有典型性、代表性、通用性、合理性,试题库的试题题型有是非题,选择题、计算题、简答题,并附有答案。本书末还附有技师论文写作与答辩要点。

本书可供机械行业锻造专业技师、技师考评人员,职业技能鉴定人员、工人、相关专业技校师生使用。

图书在版编目(CIP)数据

锻造工技师培训教材/机械工业技师考评培训教材编审委员会编. —北京:机械工业出版社,2001.4

机械工业技师考评培训教材

ISBN 7-111-08815-8

NA:184 de

I. 锻… II. 机… III. 锻造-技术培训-教材 IV. TG31

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 11947 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:李铭杰 版式设计:张世琴 责任校对:韩 晶

封面设计:方 芬 责任印制:郭景龙

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2001 年 7 月第 1 版·第 1 次印刷

890mm×1240mm A5·16.375 印张·485 千字

0 001—4 000 册

定价:28.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527

机械工业技师考评培训教材

编审委员会名单

主 任：郝广发 苏泽民

副 主 任：施 斌 李超群

委 员：（按姓氏笔画排序）马登云 边 萌 王兆山

王听讲 朱 华 朱卫国 刘亚琴 江学卫

何月秋 张乐福 余茂祚 卓 炜 季连海

荆宏智 姜明龙 徐从顺

技术顾问：杨溥泉

本书主编：彭志定

参 编：周桂瑾 朱福祥

主 审：张金标

参 审：陈瑞彬

前 言

技师是技术工人队伍中具有高级技能的人才，是生产第一线的一支重要力量，他们对提高产品质量、提高产品的市场竞争力起着非常重要的作用。积极稳妥地开展技师评聘工作，对于鼓励广大技术工人钻研业务、提高技能水平、推动企业生产技术进步以及稳定技术工人队伍有积极的促进作用。

为适应经济发展和技术进步的客观需要，进一步完善技师评聘制度，以加快高级技能人才的培养，拓宽技能人才成长通道，促进更多的高级技能人才脱颖而出，1999年，劳动和社会保障部发出了《关于开展技师考评社会化管理试点工作的通知》，《通知》中提出了如下指导意见：扩大技师考评的对象及职业范围，完善技师考评的依据及内容，改进技师考评方式方法，实行技师资格认定与聘任分开等，并在全国部分省市开始技师考评社会化管理试点。

为配合技师评聘工作的开展，满足机械行业对工人技师培训和考评的需要，加快技师培训教材建设，我们经过到上海、江苏、四川等地进行广泛的调研，并结合《通知》精神，确立了教材编写的总体思路；组织了一批由工程技术人员、教师、技师、高级技师组成的编写队伍，编写了这套《机械工业技师考评培训教材》。全套教材共22种，包括四种基础课教材和车工、钳工、机修钳工、工具钳工、铣工、磨工、焊工、铸造工、锻造工、热处理工、电工、维修电工、冷作工、涂装工、汽车维修工、摩托车调试修理工、制冷设备维修工、电机修理工等18个专业工种教材。

基础课教材以原机械工业部、劳动部联合颁发的机械工业《工人技术等级标准》和《职业技能鉴定规范》相关工种高级工“知识要求”中的“基本知识”和“相关知识”为主编写；专业工种教材则以本工种高级工“知识要求”中的“专业知识”为主编写，在此基础上，加强了工艺分析方面内容的比重，并增加了新知识、新工艺、新

技术、新方法等方面的内容，以适合新形势的需要。

每本书的内容包括两大部分：第一部分为培训教材，第二部分为试题库，试题库后还附有考核试卷样例。教材部分内容精炼、实用，有针对性和通用性，主要介绍应重点培训和复习的内容，不强求内容的系统性；试题部分出题准确、题意明确，有典型性、代表性、通用性和实用性，试题题型有是非题、选择题、计算题和简答题等，并附有答案。书末还附有技师论文写作与答辩要点。

全套教材吸取了有关教材的优点，略去了低起点的内容，同时采用了最新国家标准和法定计量单位。全套教材既适合考前短期培训用，又可作为考前复习和自测使用，也可供技师考评及职业技能鉴定部门在命题时参考。

由于我们是首次尝试编写技师培训教材，因此教材中难免存在不足和错误，诚恳地希望专家和广大读者批评指正。

机械工业技师考评培训教材编审委员会

目 录

前 言

第一章 锻造的基本知识	1
第一节 金属塑性变形的基本知识	1
第二节 铁-渗碳体相图的知识	12
第三节 加热对钢组织及性能的影响	16
第四节 钢加热时产生缺陷及防止措施	19
第五节 钢的加热规范及其锻造温度范围	22
第六节 液压传动的基本知识	32
第二章 常用锻造设备的操作与维修	51
第一节 自由锻设备	51
第二节 常用模锻设备	70
第三节 常用锻造辅助设备	86
第三章 自由锻造	98
第一节 自由锻造工艺流程	98
第二节 锻件图的绘制	99
第三节 确定钢坯的质量与规格	104
第四节 锻造工艺方案的确定	113
第五节 锻造设备与工具的确定	117
第六节 确定坯料加热火次及加热、冷却规范	119
第七节 确定锻件类别、工时及编写工艺	121
第八节 锻件的主要缺陷及产生原因	121
第四章 胎模锻造	125
第一节 胎模锻件图的设计	125
第二节 胎模锻设备吨位的确定	133
第三节 胎模的设计	135
第四节 胎模材料选择	144
第五节 胎模锻件质量缺陷及产生原因	146

第五章 锤上模锻	147
第一节 锤上模锻特点及分类	147
第二节 模锻锻件图的设计	151
第三节 模锻工步的选择	157
第四节 原坯料尺寸的确定	171
第五节 锻模模膛的设计	173
第六节 锻模结构设计	195
第七节 切边模、冲孔模、矫正模的设计	211
第八节 模锻设备能力的确定	221
第九节 锻模使用寿命和锻模材料	224
第十节 模锻锻件的缺陷及预防措施	229
第六章 摩擦螺旋压力机及热模锻压力机模锻	233
第一节 摩擦螺旋压力机模锻	233
第二节 热模锻压力机模锻	240
第七章 高合金钢和有色金属的锻造	250
第一节 高合金钢的锻造	250
第二节 有色金属锻造	267
第八章 特种锻造及新技术	277
第一节 多向模锻	277
第二节 精密模锻	282
第三节 冷锻、温锻及等温锻造	288
第四节 超塑性模锻	292
第五节 粉末锻造	295
第六节 液态模锻	298
第七节 锻模 CAD/CAM 技术简介	299
第九章 锻造工艺示例	305
第一节 自由锻工艺示例	305
第二节 胎模锻工艺示例	316
第三节 模锻工艺示例	321
第十章 锻件的检验	335
第一节 锻件质量的检验依据	335
第二节 锻件的检验方法及项目	350

第三节	通用与专用量具的选择和使用	353
第四节	锻件外观及内部质量检查	358
第五节	锻件等级判定和复杂锻件检验	360
第十一章	企业管理和提高生产率的基本知识.....	368
第一节	现代管理	368
第二节	锻造生产的质量管理	378
第三节	提高生产率的基本知识	388
试题库		391
一、是非题	试题（391） 答案（468）	
二、选择题	试题（415） 答案（469）	
三、计算题	试题（445） 答案（471）	
四、简答题	试题（448） 答案（482）	
考核试卷样例		454
第一套试卷		454
第二套试卷		459
第三套试卷		463
附录 技师论文写作与答辩要点		511

第一章 锻造的基本知识

培训要点 了解金属在锻造时的受力状况及变形的规律，掌握金属塑性变形及锻造加热知识，掌握锻造常用设备的液压传动原理与应用知识。

第一节 金属塑性变形的基本知识

金属塑性变形理论是金属压力加工的理论基础，工业生产中利用金属塑性变形制造出了各种形状的锻件。金属塑性加工不仅能改变金属坯料的尺寸和形状，而且改善了金属组织及性能。因此，掌握塑性变形的基本知识及规律，对保证锻件的质量、提高生产效率和降低材料、能源消耗等方面有着重要的意义。

一、变形概念

在外力作用下所引起固体的形状和尺寸的改变统称为变形。

1. 弹性变形 金属在变形时将外力作用去除后，变形立即消失，仍能恢复原来的形状和尺寸，这种变形称为弹性变形。

2. 塑性变形 金属在变形时将外力作用去除后，不能恢复到原来的形状和尺寸，保留下来的永久变形，称为塑性变形。

3. 变形程度 在锻造生产中，变形程度（变形的大小）常用绝对变形量和相对变形量来表示（见图 1-1）。

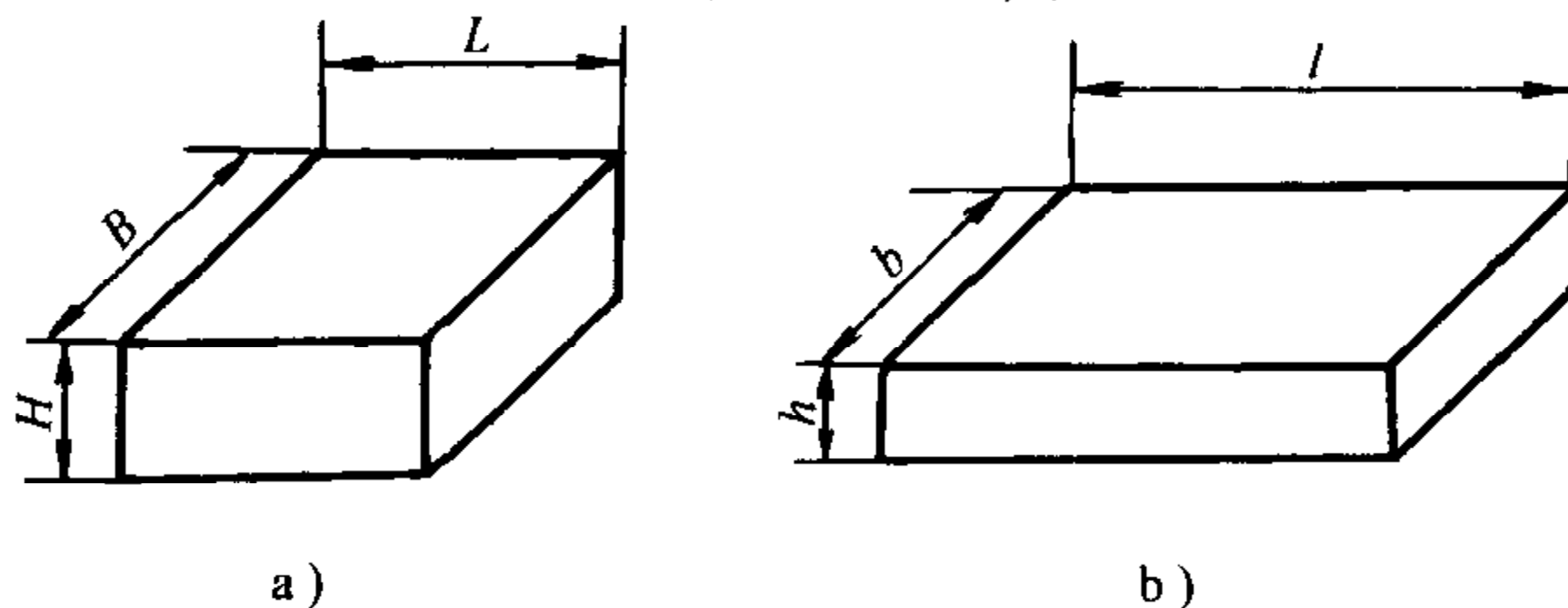


图 1-1 矩形坯料的变形

a) 变形前 b) 变形后

(1) 绝对变形量 该变形量有压下量、展宽量和伸长量，分别按下式计算

$$\text{压下量 } \Delta h = H - h$$

$$\text{展宽量 } \Delta b = b - B$$

$$\text{伸长量 } \Delta l = l - L$$

(2) 相对变形量 相对变形量用 ϵ 表示，分别按下式计算

$$\text{相对压缩 } \epsilon_h = \Delta h / H \times 100\%$$

$$\text{相对展宽 } \epsilon_b = \Delta b / B \times 100\%$$

$$\text{相对伸长 } \epsilon_l = \Delta l / L \times 100\%$$

如图 1-1 所示，可知 $HBL = hbl$ ，即塑性变形前后，金属的体积相等。

4. 变形速度 锻造时工件的变形速度用应变速度表示比较确切。应变速度是指单位时间内的相对变形率 ($\dot{\epsilon}$)，按下式计算

$$\dot{\epsilon} = \epsilon / t$$

式中 $\dot{\epsilon}$ ——相对变形率 (1/s)；

ϵ ——用相对变形表示的变形量；

t ——变形过程中所经过的时间 (s)。

二、塑性变形中力的分析

金属在外力的作用下产生塑性变形，力是一个极其重要的因素。

1. 外力 为使金属发生变形的力称为外力。如图 1-2 所示为坯

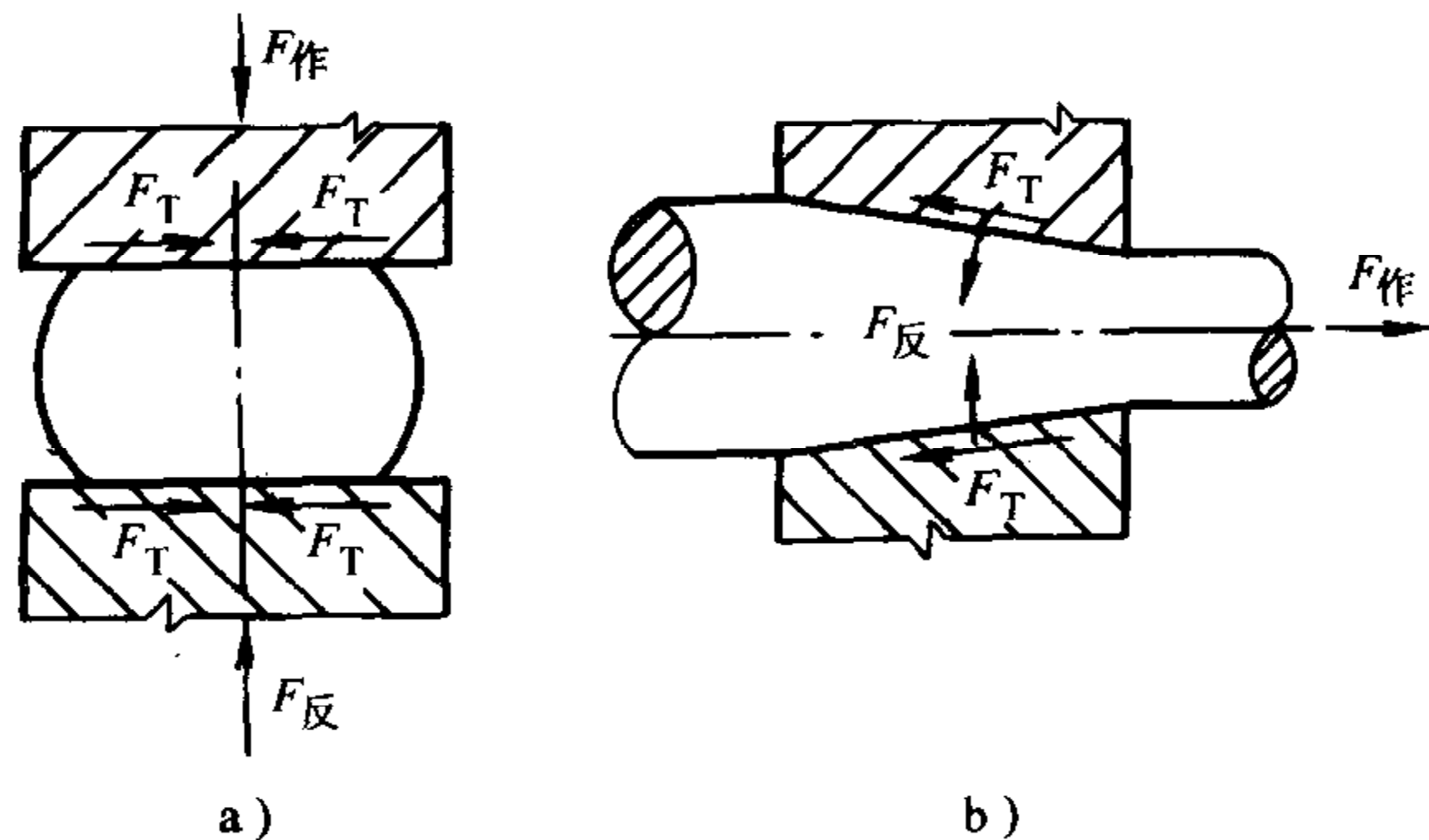


图 1-2 坯料受力变形情况

a) 镦粗 b) 拉拔

料受锻粗和拉拔力变形的情况。

(1) 作用力 ($F_{\text{作}}$) 该力是使金属发生变形的主要原因，设备能力越大，所产生的作用力就越大。

(2) 反作用力 ($F_{\text{反}}$) 是由下砧或模具等阻碍金属运动或变形而产生的力，反作用力的方向总是垂直于工具的工作表面并指向坯料的。

(3) 摩擦力 (F_{T}) 在金属变形时，沿工具和坯料接触之间的切线方向，并与金属变形流动方向相反、阻碍金属流动的力。锻造的摩擦力大小与工具表面粗糙度及润滑情况有关。表面粗糙度值的减小和润滑性能的提高，能大大降低摩擦力。

2. 内力 金属在外力的作用下，所导致金属内部之间的相互作用力称为内力。内力是金属内部对外力作用而引起变形时产生的一种抵抗力。外力去除，内力随之消失。

在锻造生产中，除因外力作用使金属产生内力外，不均匀的加热与冷却、不均匀相变、不均匀变形等也会使金属内部产生相互作用的内力。

3. 应力 单位面积上的内力称为应力。直接由外力作用引起的应力称为基本应力。由于金属组织、化学成分和温度差等原因，使坯料不均匀变形而引起的应力称为附加应力。在去消外力后，仍然留在坯料内部的附加应力称残余应力。残余应力能够使已变形的工件发生扭曲变形和产生裂纹，故残余应力危害性极大。

三、金属塑性变形的基本定律

金属在塑性变形中遵循下述基本定律：

1. 切应力定律 金属在外力作用下，只有当其内部最大切应力达到临界值时，才有可能产生塑性变形。临界切应力的大小取决于金属的种类（成分、组织）和变形条件（变形温度、变形程度等）。所以切应力定律是有关塑性变形的一条很重要的基本定律。

2. 体积不变定律 金属在塑性变形中保持体积不变。但是在实际锻造生产中，铸锭等坯料内部的疏松和裂纹经锻造后得到压实，金属的密度增加，体积略有减小；而在冷变形后金属变得较疏松，体积则略有增大；但这些微小的变化可以忽略不计。因而体积不变定律是计算锻件坯料尺寸、工序尺寸和设计模具的重要依据之一。

3. 最小阻力定律 当金属产生塑性变形，其内部每一个质点总是沿着阻力最小的方向移动，此规律称为最小阻力定律。根据最小阻力定律，可在锻造生产中的许多复杂情况下确定金属变形各质点的流动方向，从而控制金属坯料变形时的流动途径，以利于金属坯料的锻造成形，并达到降低能量消耗、提高生产率的目的。

根据这一定律，可以解释在平锤头下面镦粗各种截面形状的坯料，随着变形程度的增加而逐渐接近于圆形。图 1-3a、b、c 所示为三种形状的坯料，截面上各箭头则代表各质点在镦粗时的流动方向，图 1-3a 为方形截面镦粗时，金属流动的距离越短，摩擦阻力也越小。由于端面上任何一点到达边缘距离最近处都是垂直距离，因此，端面上的各质点都沿着垂直于周边的最短距离方向移动，最后四周边缘逐渐接近于圆形。

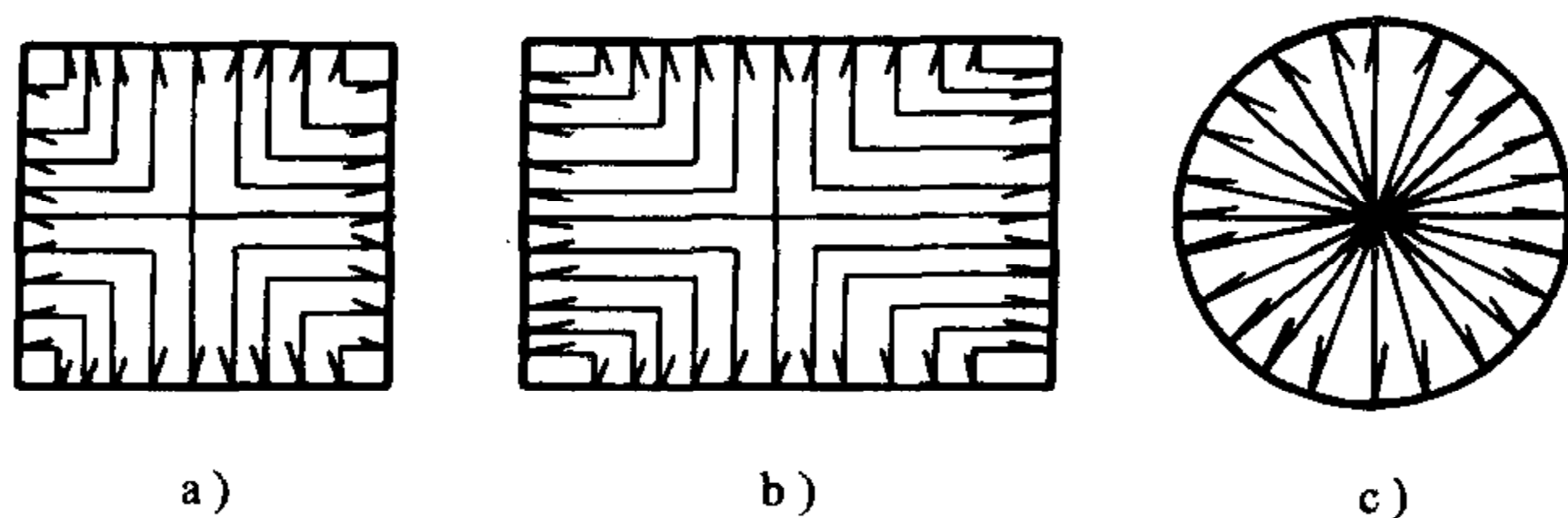


图 1-3 不同截面坯料上质点的移动方向

a) 方形截面 b) 矩形截面 c) 圆形截面

4. 弹性变形定律 金属在塑性变形中同时伴有弹性变形。而且，

金属在弹性极限以外的塑性变形仍有弹性变形存在。为能发生塑性变形，必须使切应力达到一定数值。因为金属是多晶体结构，所以得到一条光滑的变形与应力关系曲线，如图 1-4 所示。图 1-4a 为低塑性材料变形应力曲线，图 1-

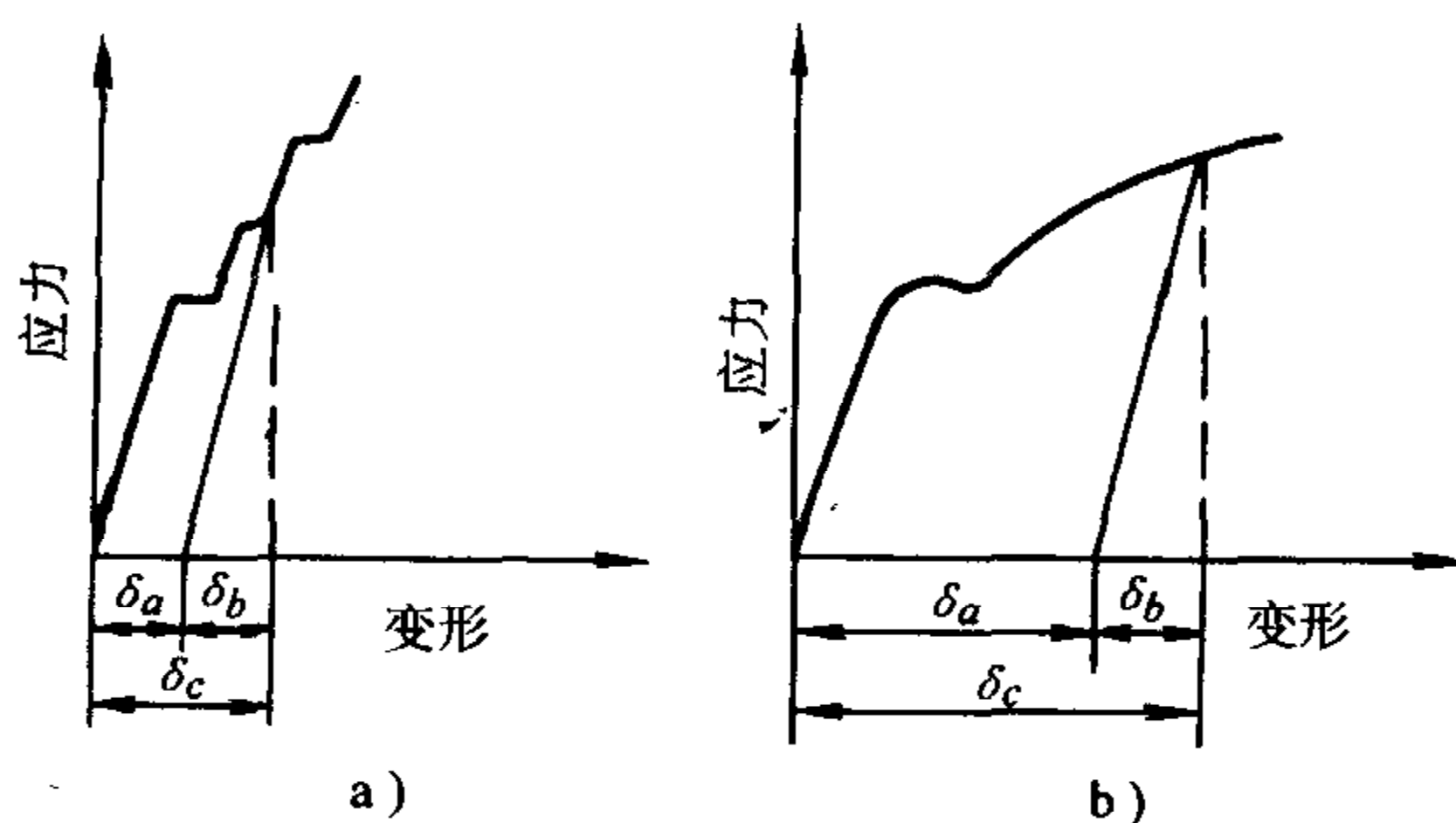


图 1-4 应力与变形的关系

a) 低塑性材料 b) 塑性材料

4b 为塑性材料的变形应力曲线。

金属在外力作用下，变形的尺寸与取消外力时的尺寸是不相等的。所以锻件的尺寸与模具模膛的尺寸是不完全一致的。但是，金属在热变形中由于塑性好、弹性变形小，回弹现象可忽略不计。

四、塑性变形的分类

金属变形按温度可分为冷变形、热变形和温变形三类。

1. 冷变形 金属变形温度低于回复再结晶温度时，变形过程中只发生加工硬化而无回复再结晶的现象发生，因而使金属强度、硬度提高，塑性、韧性降低，这种变形称冷塑性变形。如板料冲压、棒料的冷挤压、冷镦、冷扩孔等。

冷变形的特点是：锻件尺寸精度高、表面粗糙度值小、劳动强度条件好等。但是，冷变形时金属具有抗力大和较低的塑性，并有积聚残余应力现象存在。因此，对冷变形所需的设备能力要大、工模具要求高，而且对于坯料在变形前或二次变形之间往往需要进行中间退火处理，在退火后再进行第一次或下一次的冷变形。

冷变形形式由冷胀形、冷压印等在室温下进行的冷镦。

2. 热变形 金属在温度不低于再结晶的温度，在变形过程中，是以完全能够产生再结晶的速度进行变形的，称此为热变形或热锻。在热变形过程中不会发生加工硬化现象。变形后，金属具有等轴再结晶的组织，热变形金属塑性好、变形抗力小、即可锻性好，并能改善金属组织和力学性能。因此，热锻可用于加工尺寸大、形状复杂的锻件。如自由锻造、热模锻、热挤压、热轧制等锻造方式。

由于热变形是在高温条件下进行的，金属容易产生氧化皮，所以工件精度差、表面粗糙、而且劳动强度条件较差，并且需要配备专门的加热设备。

3. 温变形 在高于室温和低于再结晶温度范围内进行的变形称为温变形。因为温度是介于冷、热变形中间的方法。因此，温变形吸取了冷、热变形中的部分优点，同时克服冷、热变形的一部分缺点。如某些工件的成形冷变形有困难，而用热变形则表面又会氧化，从而使表面质量下降，达不到一定精度时，则采用温变形的加工方法。

温变形（温锻）时必须避开金属的“红脆区”与“蓝脆区”。如

15CrMn 钢在 500℃ 时产生蓝脆，在 800℃ 时产生红脆，要避开这两个温度区段。温锻时尽量采用快速加热，以减少氧化。

五、影响金属塑性和变形抗力的因素

金属变形过程中塑性和变形抗力是一对基本矛盾。塑性能反映金属的变形能力，而变形抗力则代表着塑性变形的难易程度。从有利于塑性成形的观点出发，希望变形金属具有高的塑性和低的变形抗力，就必须了解影响金属的塑性和变形抗力的因素。

1. 塑性和变形抗力的概念 塑性是金属材料在断裂前发生塑性变形的能力。而变形抗力是指金属材料对变形外力的抵抗能力，即作用在工件表面单位面积上的抗力。金属的塑性与变形抗力是两个不同的概念。实际上，塑性好不一定变形抗力低；相反，变形抗力高不一定塑性差。

2. 金属组织状态对塑性、变形抗力的影响 金属中虽然某些金属化学成分相同，但因组织不同，则塑性和变形抗力也有较大的差别。

(1) 晶粒度 金属组织晶粒度细小，有利于提高塑性，同时也增强了变形抗力，这是由于细晶粒金属的变形不均匀性及由于变形不均匀而引起的应力集中均小，故开裂的机会也少，断裂前可承受的塑性变形量增加。

(2) 金相组织 单相组织的金属如纯金属，单相固溶体比多相组织金属塑性好，变形抗力也低。

(3) 金属的铸造组织 因为铸造组织具有较粗大的柱状晶和偏析、气泡、夹杂、裂纹等缺陷，会降低金属的塑性，不利于金属的塑性成形。

(4) 金属的晶格结构 属于面心立方晶格结构的金属塑性良好，而体心立方晶格结构塑性就差，密排六方晶格结构塑性最差。

(5) 钢锭热变形 因钢锭热变形后打碎了粗大的柱状晶粒，并通过再结晶获得了细化的等轴晶粒，其内部孔隙也被锻合，金属的致密度有所提高。并且改善了碳化物和非金属夹杂物在金属中的分布，因此，大大提高了金属的塑性。

3. 金属化学成分对塑性、变形抗力的影响 碳钢含有 Fe 和 C 两

种基本元素。合金钢中除有 Fe 和 C 外，还有 Si、Mn、Cr、Ni、Mo、V、W、Ti 等元素。此外，由于在各类钢中还含有冶炼和加工方面原因造成的杂质如 P、S、N、H、O 等的存在，它们对金属塑性和变形抗力有着不同的影响。

(1) 碳的影响 碳能固溶于铁，形成铁素体和奥氏体，它们都具有良好的塑性和低的变形抗力。随着碳在碳钢中含量越高，则塑性越差，变形抗力越大。当碳的含量超过铁的溶碳能力，多余的碳便与铁形成化合物 Fe_3C ，因为 Fe_3C 具有很高的硬度，而塑性几乎为零，则对基体的塑性变形起着阻碍作用，使碳钢的塑性大大降低，变形抗力也随着提高。

(2) 合金元素的影响 合金元素加入钢后，虽能提高钢的使用性能，但也影响钢的成形，使金属的塑性降低，变形抗力提高。

1) 合金元素能改变钢中相的组成，造成钢组织的多相性，从而使塑性降低，变形抗力提高。

2) 合金元素溶于固溶体会使铁的晶格发生畸变，从而使抗力增大，塑性降低。

3) 合金元素与钢中的氧、硫形成氧化物或硫化物夹杂，造成钢的热脆性，给塑性成形带来困难。

4) 合金元素一般都使钢的结晶温度提高，再结晶速度下降，因而使钢的硬化倾向增加。

5) 合金元素如 Si、Mn、Mo 促使奥氏体晶粒长大，使钢在加热时易于过热而降低塑性；而 Ti、V、W 等元素，对钢加热时晶粒长大倾向有阻止作用，使晶粒细化，提高了钢的高温塑性。

6) 含有 Pb、As、Bi、Sb 低熔点元素钢，由于这些元素几乎不能溶于基体金属，而以纯金属相存在于晶界中，造成钢的热脆性。特别是钢中含有铜（质量分数为 0.15% ~ 0.70%）当含量超过一定数值时，钢表面便会在热变形中产生龟裂。

7) 杂质元素如 P、S、H、N、O 等在钢中的存在，会降低钢的纯度，不同程度地影响钢的塑性和变形抗力。如 P 溶于铁素体后使钢的强度和硬度显著提高，塑性和韧性显著下降。经过锻、轧后较快冷却时，从固溶体中析出的氢原子来不及向钢表面扩散，而集中在钢

的内部缺陷处形成 H_2 ，并产生较大的压力。由组织、温度、应力的共同作用引起氢脆，出现微细裂纹（白点），它使钢的塑性大大降低。氧在钢中形成氧化物，其熔点高、硬而脆，通常分布在晶界，会严重影响钢的塑性。

4. 变形速度对塑性、变形抗力的影响 对变形速度的影响应考虑：①压力加工设备的工作速度差别很大，因此变形速度差别也很大；②材料的性质，工件形状、冷与热变形等影响因素。考虑了以上因素才能得到以下比较正确和合理的结论，即：

1) 变形速度的提高，会使金属晶体的临界切应力升高，使得变形抗力增加。

2) 增加变形速度时消耗了塑性变形的部分能量，并转化为热能。由于时间短，促使变形金属温度升高，在变形热效应的情况下，会使金属塑性提高，降低变形抗力。

3) 增加变形速度，金属由于没有及时回复再结晶，而使变形抗力增加，塑性降低。在高合金钢锻造时，此现象较为突出。

4) 提高变形速度，从工艺方面分析其原因是：

①摩擦因数降低，从而使变形抗力下降，故变形趋于均匀，工件质量有所提高。

②大大减少变形过程中坯料热量的损耗，使坯料温度较为均匀，使一些形状复杂和锻造温度范围窄小的锻件，有利于模锻中模膛复杂部分的金属充填。

③由于高速变形的“惯性作用”，所以适用于复杂工件的成形，如精锻叶片和齿轮等。

5. 变形温度对塑性、变形抗力的影响 一般大多数金属随着温度升高塑性增加，而变形抗力降低。但是，在金属升温中的某些温度区域，由于相变及其它物理、化学变化等原因，会使金属塑性降低，变形抗力增加。以下简要说明金属的温度与塑性、变形抗力的关系：

1) 组织回复再结晶。回复使金属得到一定程度的软化，通过再结晶来消除加工硬化，从而使变形抗力降低和塑性提高。

2) 组织结构转变。变形金属晶格可能由多相组织转为单相组织，也可能由低塑性晶格转为高塑性的晶格。由于材料不同转变形式也就