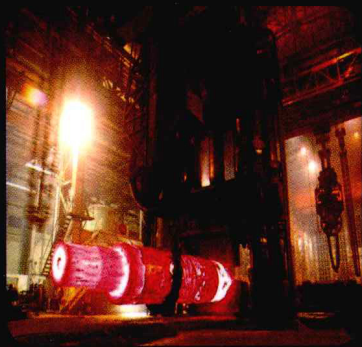


机械工人操作质量保证指南丛书



锻工操作质量 保证指南

程里 编著

- ◎ 帮您掌握操作技术要点
- ◎ 助您保证锻造工件质量



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



机械工人操作质量保证指南丛书

锻工操作质量保证指南

程 里 编著

机械工业出版社

本书是一本锻造工人提高操作技术、保证锻造质量的指南。全书内容包括：影响锻造质量的因素、锻件质量及其检验、锻造生产准备阶段的质量缺陷及防止、自由锻造操作及缺陷防止、自由锻造典型零件成形要点、模锻操作及缺陷防止、常用金属材料的锻造。本书用丰富的图表和简明扼要的语言，介绍了各种锻造技术的操作要点、技巧及其缺陷与防止措施，所列实例源于生产一线，具有极强的针对性和实用性。

本书可供锻造操作工人阅读参考，也可作为锻造技术人员和相关专业职业培训的参考书。

图书在版编目（CIP）数据

锻工操作质量保证指南/程里编著. —北京：机械工业出版社，2010.11

（机械工人操作质量保证指南丛书）

ISBN 978-7-111-32236-8

I. ① 锻… II. ① 程… III. ① 锻工—质量管理—指南
IV. ① TG31-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2010）第 200430 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：陈保华 版式设计：张世琴

责任校对：刘秀芝 封面设计：马精明 责任印制：杨 曦

北京中兴印刷有限公司印刷

2011 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

148mm×210mm·8.25 印张·246 千字

0 001—3 000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-32236-8

定价：25.00 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

锻造是生产优质机器零件毛坯的方法。锻造行业处于整个机械制造流程的中上游，锻件质量的优劣对后续加工、产品的性能和寿命有直接的影响。提高锻件质量，避免锻件缺陷产生，对提高企业的锻造竞争力，减少废品，降低成本，并在整体上提升我国重工业的发展水平有重大意义。

锻造缺陷的产生有很强的批量性和阶段性，能否正确并及时解决生产现场的技术难题，保证生产正常进行，是对现场技术人员和锻造操作者技术水平和工作能力的考验。一般而言，造成锻件质量问题的原因不外乎四种：第一种是由于工艺不合理所造成的质量缺陷；第二种是由于操作方面的原因所造成的质量缺陷；第三种是由于管理方面的原因所造成的质量缺陷；第四种是由于检验人员漏检造成的质量缺陷。但是，任何质量缺陷都产生于锻件的制造过程。因此，作为加工制造者而言，要获得高质量锻件，首先必须严格遵守工艺卡规定的工艺过程，其次必须知道常见缺陷产生原因，在生产准备时，必须要做好一切可能发生的意外的抢救准备工作，如工具、方案等和补救措施等；再则对已经出现的锻造缺陷，加以修整补救；再就是能够分清责任原因，找出对应措施，在今后的工作中加以避免，防止相同缺陷再出现，以高度的责任心、良好的操作技能、高的劳动生产率，生产出品质优良的锻件。

尽管锻件大小各异，形状千差万别，锻造缺陷的产生原因是复杂的，但从中找出规律性的东西，正确认识和研究锻件质量隐患的特征，对于正确锻造操作，防止锻件缺陷产生，提高锻件质量有一定的指导意义。本书的编写宗旨就是为锻造工人在生产过程中正确操作和预防锻造缺陷提供技术指导。

本书由重庆理工大学的程里研究员级高工编著。第1章讲述了影响锻造质量的因素；第2章讲解了锻件质量及其检验；第3章讲解了

钢材的冶金缺陷、加热缺陷与下料缺陷及其防止；第4~6章介绍了自由锻件、模锻件、大型锻件常见质量问题及防止；第7章介绍了常见金属材料锻造的质量问题及预防。

本书作者曾长期在专业锻造厂生产一线从事技术工作，在锻造理论研究和实际应用技术的结合上做了大量工作，希望通过自己对锻造的认识和理解，给广大读者以有益的帮助。由于受个人视野和专业范围所限，难免存在不足与错漏，敬请批评指正。

在本书的编著过程中，得到机械工业出版社的大力支持和帮助，在这里表示诚挚的感谢。

作 者

目 录

前言

第 1 章 影响锻造质量的因素	1
1.1 锻造质量概论	1
1.2 金属材料的塑性成形性能	4
1.2.1 金属的塑性	4
1.2.2 影响金属塑性的因素	6
1.3 锻造变形规律	10
1.3.1 锻造时各种因素对金属变形的影响	11
1.3.2 锻造变形区	15
1.4 锻造对钢力学性能的影响	19
1.5 锻造工艺选择	23
1.5.1 自由锻工艺	24
1.5.2 胎模锻工艺	24
1.5.3 模锻工艺	26
第 2 章 锻件质量及其检验	28
2.1 锻件外观检验	28
2.1.1 锻件几何尺寸测量和形状检验	29
2.1.2 样板制作	38
2.1.3 锻件划线检查	40
2.2 锻件的内在质量检查	47
2.2.1 力学性能试验	47
2.2.2 内部质量检验	53
第 3 章 锻造生产准备阶段的质量缺陷及防止	63
3.1 锻造原材料	63
3.1.1 钢锭构造及缺陷	63

3.1.2 钢坯和挤压坯缺陷	69
3.1.3 原材料订购、复验和清理	71
3.2 下料质量保证	75
3.3 锻造加热	82
3.3.1 加热规范	82
3.3.2 钢料加热的缺陷及其防止	89
第4章 自由锻造操作及缺陷防止	93
4.1 自由锻工序与工序缺陷	93
4.1.1 镦粗操作及缺陷防止	93
4.1.2 拔长与展宽操作及缺陷防止	98
4.1.3 压印、切肩操作及缺陷防止	102
4.1.4 冲孔操作及缺陷防止	104
4.1.5 扩孔操作及缺陷防止	108
4.1.6 芯轴拔长操作及缺陷防止	110
4.1.7 弯曲操作及缺陷防止	111
4.1.8 切割操作及缺陷防止	113
4.1.9 扭转、错移和精整的操作及缺陷防止	115
4.2 自由锻工艺选择及算料	116
4.2.1 关于锻造成形的一些工艺操作问题	117
4.2.2 材料的计算	119
4.2.3 设备与工具的准备	123
4.3 自由锻锻件常见缺陷分析	131
第5章 自由锻造典型零件成形要点	137
5.1 饼块类锻件的锻造	137
5.1.1 圆盘类锻件的平砧间镦粗	137
5.1.2 单凸缘锻件的锻造	138
5.1.3 双凸缘锻件的锻造	146
5.2 轴杆类锻件的锻造	147
5.2.1 台阶轴的锻造工艺	148
5.2.2 法兰轴的锻造	150
5.2.3 凹挡轴的锻造	151
5.2.4 各种截面的杆件的锻造	152

5.3 空心类锻件的锻造	153
5.3.1 环套锻件的扩孔	154
5.3.2 筒类锻件的芯轴拔长	157
5.4 曲轴类锻件的锻造	161
5.4.1 单拐曲轴的锻造工艺	161
5.4.2 双拐曲轴的锻造	164
5.4.3 三拐曲轴的锻造	167
5.5 弯曲类锻件的锻造	168
5.5.1 吊钩的锻造	168
5.5.2 90°角尺的锻造	170
5.6 大型锻件的水压机锻造	172
5.6.1 大型锻件的锻造特点	172
5.6.2 大型钢锭及其加热	173
5.6.3 压钳口及钢锭倒棱	176
5.6.4 水压机镦粗	178
5.6.5 水压机拔长	179
5.6.6 水压机分段压痕	183
5.6.7 大型空心锻件的锻造	185
5.6.8 大型锻件典型零件锻造	186
5.6.9 大型锻件的白点问题	186
 第6章 模锻操作及缺陷防止	 189
6.1 模具制造和安装	189
6.2 模锻操作要领	191
6.2.1 锤上模锻操作要领	191
6.2.2 热模锻压力机操作要点	195
6.2.3 螺旋压力机操作要点	197
6.3 模锻的充型问题	197
6.3.1 充型要点	197
6.3.2 充不满(锻件缺肉)	201
6.3.3 折叠	206
6.4 锻件的精度	212
6.4.1 影响模锻件精度的因素	212
6.4.2 欠压	215

6.4.3 错移	217
6.5 常见模锻缺陷	219
6.6 模锻后续工序的缺陷及防止	224
第7章 常用金属材料的锻造	233
7.1 常用钢材的锻造	233
7.2 莱氏体钢的锻造	236
7.2.1 高速钢的锻造	236
7.2.2 Cr12 型工具钢的锻造	243
7.2.3 莱氏体钢的锻造缺陷	245
7.3 不锈钢的锻造	247
7.4 非铁金属的锻造	250
7.4.1 非铁金属锻造的特点	250
7.4.2 铜合金的锻造	252
7.4.3 铝合金的锻造	254
参考文献	256

第1章 影响锻造质量的因素

锻造是利用金属的塑性，采用打击或施加压力，使金属变形成为我们所需要形状的一种金属压力加工方法。锻造不仅可以成形，而且可以“改性”，能改变金属的组织结构，提高其力学性能。锻造加工过程中的任何一个工艺环节都影响着锻件的质量。了解影响锻造质量的因素、常见锻造缺陷的产生原因及对策，对于实现锻造质量的预防与控制、减少废品、提高锻件的使用寿命等有着非常重要的意义。

1.1 锻造质量概论

1. 锻造质量概念

质量是工业上广泛使用，用来衡量产品品质好坏的术语，它表示成品在技术要求上所达到的水准。对锻造质量而言，有广义的锻造质量和狭义的锻造质量的区别：广义的锻造质量是按 ISO 9000 质量体系进行评述，主要包括设计质量、锻造过程的质量控制、锻件质量和质量追溯等内容；而狭义的锻造质量则主要是指锻件所能达到的技术指标（锻件质量），包括零件的尺寸精度和重量偏差、材料的内在质量和表面质量等技术指标。锻件的质量按技术条件或相关标准进行评定，锻件不仅要达到零件规定的最终用户的要求，还要满足中间用户（如机械切削加工部门）的要求。

在实际生产中，根据锻件符合锻件设计图样的程度，将锻件分为合格件、返修件、次品和废品。完全符合于制造技术要求的锻件称为合格锻（制）件，但合格锻件中可能有质量较好与质量较差（等级）之分。不符合技术要求而需要辅助加工或修整的锻件，称为返修锻件，返修锻件办理回用手续后可流入下道工序。不符合技术要求，但以后仍可采用的锻件称为次品。如果锻件不符合技术要求而又难于修整，今后又不可能应用时，这种锻件就称为废品。废品件应报废，禁

止其流入下道工序。

2. 锻造质量分类

锻造质量问题的评述是一项非常复杂而又牵涉面较广的工作，可以按缺陷产生的原因进行评述，也可以按缺陷的责任进行评述，还可以按缺陷产生的部位进行描述，因而有必要对其进行分类。

(1) 按产生缺陷的工序或生产过程分类 有备料过程产生的质量缺陷、锻造过程中产生的质量缺陷和热处理过程中产生的质量缺陷等。

1) 由原材料引起的缺陷。①由原材料带来的锻件缺陷：裂纹、发裂、缩孔、疏松、杂质、偏析、结疤、气泡、夹渣、砂眼、折叠、刮伤、非金属夹杂、白点等缺陷；②由原材料缺陷在锻造时引发的纵向或横向裂纹、夹层等缺陷；③原材料化学成分存在问题。

2) 由下料而产生的缺陷有：端面粗糙不平、端面倾斜和长度不足、端部裂纹、端部毛刺和夹层等。

3) 由加热而造成的缺陷有：开裂、氧化和脱碳、过热、过烧和加热不均匀等。

4) 锻造中产生的缺陷有：裂纹、折叠、末端凹陷、尺寸不足及形状不符及表面缺陷等。

5) 锻后冷却与热处理中产生的缺陷有：裂纹与白点、变形、硬度不符或晶粒粗大等。

(2) 按产生缺陷的责任分类

1) 与锻造工艺及工装设计有关的质量——设计质量（锻件设计的合理性）。在投入正式生产之前，工程技术人员要把产品图转变成锻件图，制订工艺方案，设计工装模具并调试生产。一切生产技术准备完毕，方能转入正式生产。其中，工艺和工装的设计质量，以及工装的调试质量直接影响锻件的质量。

2) 与锻件管理有关的质量——管理质量。设备状态不良以及工序衔接问题造成的锻件质量缺陷。锻件生产过程中的各个环节，都有可能影响锻件质量的因素。因此，必须对从原材料的选择到锻后热处理的各个生产环节进行控制，以保证生产质量和产品的

一致。

3) 与锻件制造过程有关的质量——制造质量。因操作不符合规范或操作者责任心不强,所造成的锻件质量缺陷。

4) 与锻件检验过程有关的质量——检验质量。检验人员应进行严格细致地检验,防止漏检。

(3) 按缺陷的产生部位分类 有外在缺陷、内在缺陷和表面缺陷之分。

1) 尺寸和重量偏差: ①切削余量,在保证锻件能加工成合格的零件的前提下,应尽可能保留较小的切削余量; ②尺寸、形位精度,指锻件的外部尺寸及形位允许出现的偏差; ③重量偏差。

2) 内在质量: 对经过热处理(注:有的锻件虽不进行热处理,但也有内在质量方面的要求)后的锻件的金相组织、强度或硬度所作的要求,以及对其他潜在的质量缺陷所作的规定。

3) 表面质量: 指锻件的表面缺陷、表面清理质量及防锈处理等。

3. 锻造质量控制

锻件质量的稳定和提高,并不只是质量部门、技术部门的工程师、质检员的事情,而是所有参加生产准备及锻件制造的人员共同的责任。

(1) 质量预防

1) 锻造设计师设计产品的同时,应考虑到可能出现的质量问题,并制订防止造成废品的全部措施。

2) 准备生产的同时,要准备好一套锻造质量问题的应急预案和组织措施。

3) 制订锻造过程的质量控制制度,确保必须遵守规定的锻造加工工艺。

(2) 生产过程控制 属于这种制度的有“首件三检”制度。所谓首件三检,就是每个班生产的第一个锻件必须通过锻造工人自己检查、班组长复查及专职检验人员的检查以后,确认质量合格,才能正式生产。质量控制人员应监督工人执行工艺规程和在生产过程中随时抽查锻件的质量,即所谓“巡检”工作,并能从大量产品中挑出不

合格锻件。

(3) 严把质量关 做好最终锻件质量检查，防止不合格锻件出厂。

1.2 金属材料的塑性成形性能

金属最重要的特性之一就是具有优良的塑性。锻造就是利用金属材料的塑性进行压力成形加工的。

1.2.1 金属的塑性

1. 塑性指标

金属的塑性是金属在外力的作用下，承受永久变形而不破裂的能力。在锻造过程中，金属的塑性指标是最重要的，是保证获得高质量锻件的前提。不同的金属，其塑性是不相同的，例如铸铁没有塑性，铜和铝的塑性好，镁的塑性差。同种金属在不同的外部条件下，其塑性不同；例如，高温时的钢比低温时的钢塑性好。那么，怎样评述金属的塑性好坏呢？

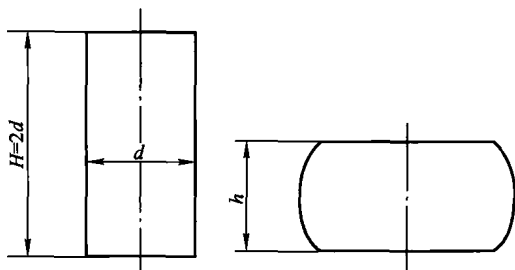


图 1-1 材料单位锻粗试验

表述金属塑性的指标很多，下面以最直观的锻粗试验来说明塑性测试方法。用一个高度等于直径 2 倍的圆柱形试样，在压力机或锻锤上进行锻粗试验（见图 1-1），把试样侧面出现第一条用肉眼看到的裂纹时的变形量作为塑性指标，即

$$\varepsilon = \frac{H - h}{H} \times 100\%$$

式中 ε ——塑性指标（%）；

H ——试样的原始高度（mm）；

h ——试样变形后的高度 (mm)。

镦粗时, 试样由于受接触摩擦力的影响而出现鼓肚形, 中部受三向压应力的作用。当鼓形肚较大时, 侧面受环向的拉应力作用。该试验可直观地反映应力状态及与此相近的锻造变形过程 (自由镦粗、冷锻等) 的塑性大小。试验时可以将金属加热到相应的锻造温度范围内, 在压力机或锻锤上进行镦粗。由于 ε 还与接触表面上外摩擦的条件和试样的侧表面加工精度有关, 同一种金属在一定的温度和变形速度条件下进行镦粗时, 也可能得出不同的塑性指标。对于金属塑性指标 ε 的比较, 还应该相应的外摩擦条件和试样散热条件等因素。因此, 在用镦粗试验测定塑性指标时, 为了使试验结果具备可比性, 必须说明试验条件。

当金属的塑性指标 $\varepsilon > 50\%$ 时, 说明锻造加工无困难; 当塑性指标 $\varepsilon \leq 50\%$ 时, 说明锻造加工比较困难; 当塑性指标 $\varepsilon < 20\%$ 时, 说明该金属难以锻造。

一般钢材要加热到一定的温度才能进行锻造。在实际生产中, 可以将试样加热到试验的温度, 镦粗到原来高度的一半。如果镦粗后试样上无裂纹产生, 说明该材料在试验的温度范围内可进行锻造, 也可以用这种方法确定该材料的锻造温度范围。

还可以用拉伸试验的伸长率 A 、断面收缩率 Z 和冲击韧度 A_K 的高低和扭转时的转数 n 等来表示塑性。 A 、 Z 和 A_K 值越高, 金属的塑性越好; 转数 n 越多, 金属的塑性越好。

常用的塑性图是以塑性指标 (如 A 、 Z 、 ε 、 A_K 和扭转时转数 n 等) 为纵坐标, 以温度为横坐标绘制而成的塑性指标随温度变化的曲线图。塑性图描述了金属塑性指标随温度变化的状况。

2. 变形抗力和变形极限

以锻造中最常用的钢为例, 来说明钢的变形抗力和变形极限的问题。

要多大的力才能使钢变形呢? 钢在一次加工中最多能达到多少变形呢? 我们知道, 锻造加工需要的力, 至少应使金属达到其屈服强度, 但最大不得超过其抗拉强度, 我们在这上下限之间选择适当大小的力, 进行钢的加工。某种钢在一次加工中所允许的最大变

形，不能超过该钢种抗拉强度下的伸长率，否则，工件将会开裂。如果所用之力小于屈服强度，则达不到塑性变形的目的。因此在加工中所需的力和变形程度是有一定范围的。决定加工所需的力是钢的强度，即变形抗力；决定一次加工的变形限度是钢的伸长率，即塑性。

由此可见，塑性和变形抗力是两个独立的指标。认为变形抗力高的材料塑性就低，变形抗力低的塑性就高，这是与许多事实不符的。变形抗力是衡量变形的难易程度，主要取决于材料的强度和受力方式。而塑性则是金属允许的最大变形程度。例如，奥氏体不锈钢在室温下可以经受很大的压力，压下量较大时也不会破裂，具有很好的塑性。但是，要使它变形，则需要很大的压力。相比较而言，塑性较变形抗力更重要。如果金属的变形抗力大，可以通过加大锤击力量，减小金属与工具的接触面积（如采用弧形砧）等方式解决；如果金属的塑性差，则意味着锻造时容易破裂。

3. 塑性与硬度

不能把金属材料的塑性高低和其硬度的高低联系在一起。生活中往往有这样的认识，即认为材料的硬度高，塑性就差；而硬度低，塑性就好。硬度是金属软硬程度的度量，塑性则是金属成形时是否容易开裂的指标，是完全不同的两个概念。当然有些金属的硬度高，塑性也差，但并非都是如此。例如：铁的硬度为 80HBW，塑性指标 $\varepsilon = 80\%$ ；镍的硬度为 60HBW，塑性指标 $\varepsilon = 60\%$ ；镁的硬度为 8HBW，塑性指标 $\varepsilon = 3\%$ ；铈的硬度为 30HBW，塑性指标 $\varepsilon = 0\%$ 。可见，铁、镍不但硬度高，而且塑性也高；而镁、铈硬度低，塑性却差。从这里可以看出，塑性与硬度无关。

1.2.2 影响金属塑性的因素

金属的塑性不是一成不变的，它与外部条件（变形温度、变形速度、变形时所处的应力状态、摩擦条件等）有关。外部条件改变了，塑性也跟着改变。

1. 化学成分的影响

不同牌号的钢，其化学成分是不同的。化学成分对钢的塑性有直接的影响，见表 1-1。

表 1-1 化学成分对钢的塑性的影响

元素	对塑性的影响趋势	主要作用
C	↓	碳含量增加,塑性降低。碳与合金元素形成 Fe_3C 和合金碳化物,它们属于高熔点、硬而脆的第二相。如果它们沿晶界分布,则易致裂;如果仅在晶内弥散分布,则除增加变形抗力外,对塑性的影响不大
Si	常量时,硅含量增高,塑性略增;高量时,脆性增大	硅为优良脱氧剂。但由于“硅脆”现象,高硅钢冷却时易开裂。 $w(\text{Si}) > 2.5\%$ 时,脆性大,变形困难。硅能促进钢脱碳,促进石墨化
Mn	↑ (锰含量在一定范围内)	锰和硫的亲合力大,形成的 MnS 的熔点比 FeS 高,可消除硫的不良影响,增加钢的塑性。但锰含量高的钢有过热敏感性,塑性降低。锰能促进晶粒长大
S	↓	硫在钢中主要呈 FeS ,熔点仅为 1190°C , FeS 与 Fe 的共晶体熔点更低(988°C),常呈网状分布。锻造时,容易过热过烧,使塑性陡降。为热脆性元素
P	↓	磷为强偏析元素。磷固溶于 α 相使晶粒粗化,脆性增加,锻造困难。磷在 α 铁的溶解度随温度而变,会提高钢的脆性转变温度,故易发生冷脆
Cr	$w(\text{Cr}) < 1.5\%$ 时 对塑性无影响	铬是较强的碳化物形成元素,在结构钢中一般以 $(\text{FeCr})_3\text{C}$ 存在。当 $w(\text{Cr}) > 2\%$ 时,会形成 Cr_7C_3 或 Cr_{23}C_6 ,它们的熔点高,当加热到 1150°C 时,尚不能使其熔解,锻造困难。高铬奥氏体能使锻件生成粗大柱状晶,导致沿晶开裂;铬能促进钢的回火脆性
Ni	↑ (在一定范围内)	镍在结构钢中的主要作用是提高淬透性和韧性。镍能促进枝晶形成,易使珠光体镍钢锻造时形成带状组织,影响横向冲击性能
Cu	↓	钢中 $w(\text{Cu}) > 0.3\%$ 时,会在氧化皮下形成富铜层,会侵蚀表面晶界,只要表面承受拉应力便会开裂。这种热脆称为“铜脆”
V	↑	钒能细化组织,提高钢的粗化温度,抑制过热

(续)

元素	对塑性的影响趋势	主要作用
Ti	↑	能提高钢的粗化温度,可与硫形成熔点高于 FeS 的 TiS,减少钢的热脆性
Mo	↓	能形成碳化钼,使钢的过热倾向有所降低,但钼可与硫生成低熔点的硫化钼,沿晶分布,增加钢的热脆性。钼在钢中的主要作用是提高淬透性
B	↓	硼能细化晶粒,但当 $w(B) > 0.03\%$ 时会在晶界析出硼化物,强烈降低塑性,导致锻裂

2. 组织结构对金属塑性的影响

一定化学成分金属材料,如果其相组成、晶粒度、铸造组织等不同,则其塑性亦有很大的差别。

(1) 相组成的影响 对于有固态相变的金属来说,在单相区内进行成形加工是有利的。以钢为例,尽管钢件的化学成分相同,如果其组织结构或相态不同,塑性也有很大差别。在单一的奥氏体状态时,内部性能均匀,塑性高。如果渗碳体在基体上弥散析出,对塑性无大影响,仅变形抗力有所增大;若渗碳体沿晶成封闭网状或半封闭网状析出,则塑性大为降低,容易锻裂。

(2) 晶粒度的影响 金属和合金晶粒越细小,塑性越好。因为晶粒越细(相对于粗晶粒材料而言),则同一体积内晶粒数目越多。在一定变形数量下,变形可分散在许多晶粒内进行,变形比较均匀,能减小局部区域应力集中,延缓裂纹出现的过程,从而在断裂前可以承受较大的变形量,即提高塑性。

(3) 铸造组织的影响 铸造组织由于具有粗大的柱状晶粒和偏析、夹杂、气泡、疏松等缺陷,同时粗大的柱状晶组织带有方向性,故使金属塑性降低。尤其高合金钢的铸态组织常有严重的偏析,晶粒的边界易聚集碳化物、杂质以及低熔成分。如果高合金钢锭在开坯锻造前进行均匀化退火,能起到均匀化的作用,从而提高塑性。但是均匀化退火生产周期长、耗费大,可采用适当延长锻造加热时出炉保温时间来代替。

3. 温度的影响

温度与塑性的关系,并不是呈直线变化的,如图 1-2 所示。低碳