

职业技能鉴定培训读本（技师）

# 工 程 材 料

吉化集团公司 组织编写  
张淑珍 盖雅宏 于忠诚 编

化 学 工 业 出 版 社

工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

# (京) 新登字 039 号

## 图书在版编目(CIP)数据

工程材料/张淑珍, 盖雅宏, 于忠诚编. —北京: 化学工业出版社, 2003.12  
职业技能鉴定培训读本(技师)  
ISBN 7-5025-5085-2

I. 工… II. ①张…②盖…③于… III. 工程材料-职业技能鉴定-教材 IV. TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 119394 号

---

职业技能鉴定培训读本(技师)

工程材料

吉化集团公司 组织编写

张淑珍 盖雅宏 于忠诚 编

责任编辑: 周国庆 刘哲 刘丽宏

责任校对: 李林 吴静

封面设计: 郑小红

\*

化学工业出版社 出版发行  
工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

\*

新华书店北京发行所经销

北京管庄永胜印刷厂印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张 12 字数 322 千字

2004 年 2 月第 1 版 2004 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5085-2/G·1358

定 价: 29.00 元

---

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

## 前 言

当今世界已步入到知识经济和市场经济时代，企业生存与发展要依靠先进的生产力和高素质复合型人才。在技术密集型企业中将新技术、新工艺、新设备广泛应用并迅速转化为优质产品，需要大批高智能技术工人的有效劳动。因此在企业中高素质的技术工人、技师、高级技师是不可缺少的人才。目前，企业中身怀绝技的技师、高级技师奇缺，所以培训技师、高级技师是企业的当务之急。

吉化集团公司组织几十名工程技术人员和高级技师编写了一套《职业技能鉴定培训读本（技师）》（以下简称《读本》），共 20 本，其中包括 7 本基础读本，分别为《化学基础》、《化工基础》、《电工电子基础》、《机械基础》、《机械制图》、《工程材料》、《检测与计量》，13 本专业技术读本，分别为《检修钳工》、《检修焊工》、《检修铆工》、《检修管工》、《热处理工》、《防腐蚀工》、《分析化验工》、《电机修理工》、《维修电工》、《仪表维修工》、《在线分析仪表维修工》、《制冷工》、《污水处理工》。参加编写的同志都长期在生产一线从事工艺设计、开发、生产技术管理、设备维护检修等专业技术工作，具有较强的理论基础知识和丰富的实践经验。

这套《读本》以技师为主要读者对象，适当兼顾高级工和高级技师的需要。在编写过程中，参考了国家及有关行业高级工、技师和高级技师的职业标准和职业技能鉴定规范，比较全面地介绍了企业中现行使用的新标准、新技术、新设备、新工艺等方面的内容及应用。这套《读本》的特点如下：①知识面较宽，起点较高，尤其注意理论联系实际；②比较全面地介绍了企业，特别是化工企业中主要专业工种的检修技术；③系统阐述了各专业工种的工艺要求和操作技能；④列举了工作或生产案例，突出了实际生产操作中高、

难技艺的论述。

本书是《职业技能鉴定培训读本（技师）》之一。本书强调实用性，针对技术工人应用工程材料的特点，系统介绍了生产实践中常用的工程材料（包括金属材料和非金属材料）的分类、常用术语、牌号表示方法及性能数据；列举了大量的选材实例，对每种材料都叙述了主要特性和应用实例；较详细地介绍了各类金属材料的热处理工艺规范，工艺参数详尽，数据准确可靠，对提高技术工人及其他有关工程技术人员的技术理论水平和实际操作技能会有很大帮助。

本书由吉化集团公司张淑珍、盖雅宏、于忠诚编写，王朋等审核。由于编者水平有限，不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2003年9月

# 目 录

第 1 章 金属材料的基本知识 .....	1
1 金属材料的分类 .....	1
1.1 黑色金属 .....	1
1.2 有色金属 .....	2
2 金属材料的性能 .....	2
2.1 金属材料的物理性能 .....	2
2.2 金属材料的化学性能 .....	4
2.3 金属材料的力学性能 .....	6
2.4 金属材料的工艺性能 .....	13
2.5 合金元素对钢性能的影响 .....	17
3 金属材料的理论质量计算 .....	17
3.1 密度 .....	17
3.2 基本公式 .....	18
3.3 钢材断面积的计算 .....	18
3.4 钢材理论质量计算 .....	19
4 钢材的储运管理 .....	19
4.1 钢材的涂色标记 .....	19
4.2 钢材的储运管理措施 .....	21
4.3 钢材锈蚀的类型特征 .....	23
5 机械产品失效分析和检测技术简介 .....	23
思考题与习题 .....	26
第 2 章 金属的结构与结晶 .....	27
1 金属的晶体结构 .....	27
2 纯金属的结晶 .....	29
3 金属的同素异构转变 .....	35
思考题与习题 .....	37
第 3 章 铁碳合金 .....	38

1	合金的组织 .....	38
2	二元合金相图 .....	40
3	铁碳合金相图 .....	44
3.1	铁碳合金的相及组织 .....	44
3.2	铁碳合金相图 .....	47
3.3	典型铁碳合金的结晶过程 .....	51
3.4	铁碳合金的成分、组织与性能的关系 .....	57
3.5	Fe-Fe <sub>3</sub> C 相图的应用 .....	59
	思考题与习题 .....	60
<b>第 4 章 钢铁材料的改性处理 .....</b>		<b>62</b>
1	钢在加热时的转变 .....	63
2	钢在冷却时的转变 .....	65
2.1	过冷奥氏体的等温转变 .....	66
2.2	过冷奥氏体等温转变图的应用 .....	70
3	钢的退火与正火 .....	71
3.1	退火 .....	71
3.2	正火 .....	74
4	钢的淬火 .....	75
5	钢的回火 .....	80
6	钢的表面改性处理 .....	84
6.1	钢的化学热处理 .....	84
6.2	钢的表面热处理 .....	86
6.3	钢的表面强化处理 .....	88
6.4	钢的表面防护处理 .....	93
7	热处理新工艺 .....	97
8	零件的热处理分析 .....	98
	思考题与习题 .....	101
<b>第 5 章 钢 .....</b>		<b>103</b>
1	钢的基本知识 .....	103
1.1	钢的分类 .....	103
1.2	常用钢材术语 .....	104
1.3	合金元素对钢性能的影响 .....	107
1.4	常用钢产品术语 .....	110

1.5	钢材产品缺陷术语 .....	113
1.6	钢材交货状态 .....	120
2	结构钢 .....	122
2.1	碳素结构钢 .....	122
2.2	优质碳素结构钢 .....	125
2.3	合金结构钢 .....	131
2.4	低合金高强度结构钢 .....	148
2.5	高耐候性结构钢 .....	151
2.6	焊接结构用耐候钢 .....	151
2.7	低淬透性含钛优质碳素结构钢 .....	151
2.8	保证淬透性结构钢 .....	152
2.9	易切削结构钢 .....	153
2.10	非调质机械结构钢 .....	155
2.11	优质结构钢冷拉钢材 .....	155
2.12	冷锻钢 .....	155
2.13	弹簧钢 .....	155
2.14	滚动轴承钢 .....	158
3	工具钢 .....	161
3.1	碳素工具钢 .....	161
3.2	合金工具钢 .....	163
3.3	高速工具钢 .....	168
4	特殊钢 .....	171
4.1	不锈钢 .....	171
4.2	耐热钢 .....	173
5	压力容器用钢 .....	174
6	新钢种 .....	179
7	钢材的选用 .....	180
	思考题与习题 .....	193
<b>第6章</b>	<b>铸铁 .....</b>	<b>195</b>
1	铸铁的基本知识 .....	195
1.1	铸铁的分类 .....	195
1.2	铸铁的性能 .....	196
1.3	化学元素对铸铁性能的影响 .....	197

1.4	铸铁件缺陷术语 .....	198
1.5	铸铁的牌号表示方法 .....	200
2	灰铸铁及其选用 .....	201
2.1	灰铸铁的组织 and 性能 .....	201
2.2	灰铸铁的变质处理 .....	202
2.3	灰铸铁的牌号及用途 .....	202
2.4	常用的热处理工艺 .....	204
3	球墨铸铁及其选用 .....	205
4	可锻铸铁及其选用 .....	207
5	蠕墨铸铁及其选用 .....	210
6	耐磨铸铁及其选用 .....	211
7	耐热铸铁及其选用 .....	212
8	耐蚀铸铁及其选用 .....	212
	思考题与习题 .....	213
<b>第7章 有色金属及其合金 .....</b>		<b>214</b>
1	有色金属材料的基本知识 .....	215
1.1	有色金属材料的分类 .....	215
1.2	有色金属分类名词术语 .....	217
1.3	有色金属的热处理 .....	219
2	铜及铜合金 .....	220
2.1	概述 .....	220
2.2	纯铜的性能 .....	221
2.3	铜合金的性能 .....	222
2.4	铜及铜合金的应用 .....	227
2.5	铜及铜合金的选用基本原则 .....	231
3	铝及铝合金 .....	233
3.1	概述 .....	233
3.2	纯铝 .....	234
3.3	铝合金 .....	235
3.4	铝及铝合金在过程装备中的应用 .....	238
3.5	铝及铝合金的选用 .....	240
4	镁及镁合金 .....	243
5	钛及钛合金 .....	245

6	镍及镍合金 .....	255
7	锌及锌合金 .....	261
8	铅及铅合金 .....	263
9	轴承合金 .....	266
10	有色金属的储运管理 .....	276
	思考题与习题 .....	279
<b>第8章 非金属材料 .....</b>		<b>281</b>
1	橡胶及其制品 .....	282
1.1	橡胶的分类 .....	283
1.2	橡胶制品 .....	285
1.3	橡胶的储运管理 .....	291
1.4	橡胶的选用 .....	292
2	塑料及其制品 .....	294
2.1	塑料的分类 .....	296
2.2	塑料术语 .....	296
2.3	塑料的组成 .....	298
2.4	塑料的成形与加工方法 .....	300
2.5	热塑性塑料的特性和应用 .....	302
2.6	热固性塑料的特性和应用 .....	309
2.7	塑料的储运管理 .....	311
2.8	工程塑料的选用 .....	313
3	胶黏剂 .....	320
3.1	胶黏剂的基本知识 .....	321
3.2	常用胶黏剂的特性和应用 .....	327
3.3	胶接工艺流程 .....	331
3.4	胶黏缺陷及排除方法 .....	333
3.5	胶黏剂的储运管理 .....	333
3.6	胶黏剂的选用 .....	336
4	陶瓷及其制品 .....	340
4.1	陶瓷的基本知识 .....	341
4.2	陶瓷的储运管理 .....	347
4.3	化工陶管及配件 .....	348
4.4	高温、高强度、耐磨、耐腐蚀陶瓷 .....	348

4.5	陶瓷的选用 .....	353
5	复合材料 .....	353
5.1	复合材料的分类 .....	353
5.2	复合材料的性能特点 .....	354
5.3	树脂基复合材料 .....	355
5.4	金属基复合材料 .....	364
5.5	陶瓷基复合材料 .....	367
	思考题与习题 .....	370
	参考文献 .....	371

# 第 1 章 金属材料的基本知识

金属材料是现代机械制造业的基本材料，广泛应用于制造生产及生活用品。金属材料之所以获得广泛应用，是由于它具有许多良好的性能。

金属材料的性能包含使用性能和工艺性能两方面。使用性能是指金属材料在使用条件下所表现出来的性能，它包括物理性能（如密度、熔点、导热性、导电性、热膨胀性、磁性等）、化学性能（如耐腐蚀性、抗氧化性等）、力学性能等。工艺性能是指金属在制造加工过程中反映出来的各种性能。

## 1 金属材料的分类

金属材料分为黑色金属和有色金属两类。

### 1.1 黑色金属

黑色金属包括钢和铸铁。碳的质量分数超过 2%（一般为 2.5%~3.5%）的铁碳合金称为铸铁；碳的质量分数不大于 2%的铁碳合金称为钢。

铸铁按断口颜色可分灰口铸铁、白口铸铁和麻口铸铁；按化学成分可分为普通铸铁和合金铸铁；按生产方法和组织性能可分为普通灰铸铁、孕育灰铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁、蠕墨铸铁和特殊性能铸铁。

钢按冶炼设备可分为平炉钢、转炉钢和电炉钢；按脱氧程度和浇铸制度可分为沸腾钢、镇静钢和半镇静钢；按化学成分可分为碳素钢和合金钢；按用途可分为结构钢、工具钢、特殊钢和专业用钢；按品质可分为普通钢、优质钢和高级优质钢；按制造加工形式可分为铸钢、锻钢、热轧钢、冷轧钢和冷拔钢。

## 1.2 有色金属

有色金属按密度和自然界中储量可分为轻有色金属（铝、镁、钠、钾、钙、锶、钡等）、重有色金属（铜、镍、铅、锌、钴、锡、铋、汞、镉、铟等）、贵金属（金、银及铂族元素）、半金属（硅、硒、碲、砷、硼等）及稀有金属（稀有轻金属、稀有高熔点金属、稀有分散金属、稀土金属及稀有放射性金属）。

按化学成分可分为铜及铜合金、轻金属及其合金（铝及铝合金、镁及镁合金、钛及钛合金等）和其他有色金属及其合金（铅及其合金，锡及其合金，锌、镉及其合金，镍、钴及其合金，贵金属及其合金，稀有金属及其合金）。

按用途可分为铸造合金（即液态成形合金）、变形合金（即压力加工用合金）、轴承合金（即滑动轴承用合金）、焊料（即各种钎焊用合金）及其他用途合金（硬质合金、中间合金、印刷合金、粉末金属、特殊合金等）。

按组成合金的元素数目可分为二元合金（由两个主要元素组成的有色金属合金，如以铜、锌为主要元素组成的黄铜合金）、三元合金（由三个主要元素组成的有色金属合金，如以锌、铝、铜为主要元素组成的锌合金）、四元合金（由四个主要元素组成的有色金属合金，如以镁、铝、锰、锌为主要元素组成的镁合金）及多元合金（由四个以上主要元素组成的有色金属合金，如以钛、铝、铬、锰、铁、钨、钒为主要元素组成的钛合金）。

## 2 金属材料的性能

### 2.1 金属材料的物理性能

金属材料的本质不发生变化所表现的性能称为物理性能，包括密度、熔点、导热性、导电性、磁性等。涉及到金属加工的主要物理性能有如下几种。

① 密度及熔点 金属的密度就是单位体积金属的质量；金属的熔点用温度来衡量，不同用途的机器零件，对金属材料的密度和熔点要求也不同。如飞机和汽车上的许多零件和构件，要选

用密度比较小的铝、镁合金来制造。而重型机器上的许多构件，则必须用密度较大的钢铁材料来制造。又如铸钢、铸铁和铸造铝合金的熔点各不相同，在铸造时三者的熔炼工艺就有很大的差别。

② 导热性 金属传导热的性能称为导热性，一般用热导率  $\lambda$  来衡量金属导热性的好坏， $\lambda$  值越大，导热性越好。在热加工时，若金属的导热性很差，在加热或冷却时，尤其以较快的速度加热或冷却时，会在金属中产生较大的温度差而引起较大的热应力，从而导致工件变形甚至产生裂纹。因而对导热性差的材料，应减慢其加热或冷却速度。例如高速钢的导热性较差，在锻造时就应该用很低的速度进行加热，否则易产生裂纹。

③ 热膨胀性 金属在温度升高时体积胀大的现象称为热膨胀性，用线膨胀系数  $\alpha$  表示，其单位是  $1/^\circ\text{C}$  或  $1/\text{K}$ ，即温度每升高  $1^\circ\text{C}$ ，其单位长度膨胀量。 $\alpha$  值越大，金属的尺寸或体积随温度变化而变化的程度就越大。它不仅对零件在工作时的尺寸精度有很大影响，而且对其成形过程也有很大影响。例如铸造和焊接时，金属液温度越高，冷凝时收缩就越大， $\alpha$  值也越大，若不采用适当的工艺措施，极易产生缩孔和内应力，导致工件变形或开裂。金属材料的物理性能见表 1-1。

表 1-1 金属材料的物理性能

名 称	符 号	单 位	含 义
密度	$\gamma$	$\text{g}/\text{cm}^3$	某种物质单位体积的质量
热性能	① 熔点	$^\circ\text{C}$	金属材料由固态转变为液态时的熔化温度
	② 比热容	$\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$	单位质量的某种物质，在温度升高 $1^\circ\text{C}$ 时吸收的热量或温度降低 $1^\circ\text{C}$ 时所放出的热量
	③ 热导率	$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	在单位时间内，当沿着热流方向的单位长度上温度降低 $1^\circ\text{C}$ 时，单位面积容许导过的热量
	④ 线胀系数	$\alpha_L$	$10^{-6}/\text{K}$ 金属温度每升高 $1^\circ\text{C}$ 所增加的长度与原来长度的比值。随温度增高，线胀系数值增大，钢的线胀系数值一般在 $(10 \sim 20) \times 10^{-6}$ 的范围内

名 称	符 号	单 位	含 义	
电 性 能	① 电阻率	$\rho$	$\Omega \cdot \text{m}$	表示物体导电性能的一个参数。它等于 1m 长、横截面积为 $1\text{mm}^2$ 的导线两端间的电阻。也可用一个单位立方体的两平行端面间的电阻表示
	② 电阻温度系数	$\alpha_p$	$1/^\circ\text{C}$	温度每升降 $1^\circ\text{C}$ , 材料电阻率的改变量与原电阻率之比, 称为电阻温度系数
	③ 电导率	$\kappa$	S/m 或 %IACS	电阻率的倒数叫电导率。在数值上它等于导体维持单位电位梯度时, 流过单位面积的电流
磁 性 能	① 磁导率	$\mu$	H/m	是衡量磁性材料磁化难易程度的性能指标, 它是磁性材料中的磁感应强度 ( $B$ ) 和磁场强度 ( $H$ ) 的比值。磁性材料通常分为软磁材料和硬磁材料
	② 磁感应强度	$B$	T	在磁介质中的磁化过程, 可以看作在原先的磁场强度 ( $H$ ) 上再加上一个由磁化强度 ( $J$ ) 所决定的、数量等于 $4\pi J$ 的新磁场, 因而在磁介质中的磁场 $B = H + 4\pi J$ , 叫做磁感应强度
	③ 磁场强度	$H$	A/m	导体中通过电流, 其周围就产生了磁场。磁场对原磁矩或电流产生作用力的大小为磁场强度的表征
	④ 矫顽力	$H_c$	A/m	样品磁化到饱和后, 由于有磁滞现象, 欲使磁感应强度减为零, 需施加一定的负磁场 $H_c$ , $H_c$ 就称为矫顽力
	⑤ 铁损	$P$	W/kg	铁磁材料在动态磁化条件下, 由于磁滞和涡流效应所消耗的能量

## 2.2 金属材料的化学性能

金属材料的化学性能是指金属材料在室温或高温条件下抵抗各种腐蚀性介质对其化学侵蚀的能力, 一般包括耐蚀性、抗氧化性和化学稳定性。

由于金属材料的氧化和腐蚀不仅破坏零件的表面质量, 而且还会降低零件的精度, 严重的局部腐蚀和应力共同作用, 还会使零件产生破坏。因此对处于高温或有腐蚀性介质中的工件, 首先要考虑的是它们的化学稳定性。如在高温环境中的电炉丝、炉底板、炉罐等可采用耐热钢; 化工设备、医疗设备、医疗器械等应采用不锈钢、工程塑料、陶瓷材料及复合材料等来制造。金属材料的化学性能见表 1-2。

表 1-2 金属材料的化学性能

名 称	符号	单 位	含 义
			是指金属材料抵抗周围介质(大气、水蒸气、有害气体、酸、碱、盐等)腐蚀作用的能力。金属的耐腐蚀性与许多因素有关,如金属的化学成分、加工性质、热处理条件、组织状态以及介质和温度等
① 化学腐蚀			是金属与周围介质直接起化学作用的结果。它包括气体腐蚀和金属在非电解质中的腐蚀两种形式。其特点是:腐蚀过程不产生电流;腐蚀产物沉积在金属表面
② 电化学腐蚀			金属与酸、碱、盐等电解质溶液接触时发生作用而引起的腐蚀,称为电化学腐蚀。它的特点是腐蚀过程中有电流产生,其腐蚀产物(铁锈)不覆盖在作为阳极的金属表面上,而是在距离阳极金属的一定距离处
③ 一般腐蚀			这种腐蚀是均匀地分布在金属内外表面上,使截面不断减小,最终使受力件破坏
④ 晶间腐蚀			这种腐蚀在金属内部沿晶粒边缘进行,通常不引起金属外形的任何变化,往往使设备或机件突然破坏
⑤ 点腐蚀			这种腐蚀集中在金属表面不大的区域内,并迅速向深处发展,最后穿透金属,是一种危害较大的腐蚀破坏
⑥ 应力腐蚀			是指在静应力(金属的内外应力)作用下,金属在腐蚀介质中所引起的破坏。这种腐蚀一般穿过晶粒,即所谓穿晶腐蚀
⑦ 腐蚀疲劳			指在交变静应力作用下,金属在腐蚀介质中所引起的破坏。它也是一种穿晶腐蚀
⑧ 腐蚀速度		mg/(dm <sup>2</sup> ·d) 或 g/(m <sup>2</sup> ·d)	单位面积的金属材料在单位时间内经腐蚀之后的失重,称为腐蚀速度
⑨ 腐蚀率	R	mm/a	金属材料在单位时间内腐蚀掉的材料深度称为腐蚀率
抗氧化性		g/(cm <sup>2</sup> ·h) 或 mm/a	金属材料在室温或高温下抵抗氧化的能力。金属的氧化过程实际上是属于化学腐蚀的一种形式。它可直接用一定时间内,金属表面经腐蚀之后质量损失的大小,即用金属减重的速度表示
化学稳定性			金属材料的耐腐蚀性和抗氧化性的总称。金属材料在高温下的化学稳定性叫做热稳定性

## 2.3 金属材料的力学性能

在机械设备及工具的设计、制造中选用金属材料时，大多以其力学性能为主要依据，因此熟悉和掌握金属材料的力学性能是非常重要的。

所谓力学性能是指金属在外力作用下所表现出来的性能。力学性能包括强度、塑性、硬度、冲击韧性及疲劳强度等。

金属材料在加工及使用过程中所受的外力称为载荷。根据载荷作用性质的不同，它可以分为静载荷、冲击载荷及交变载荷等三种。

① 静载荷是指大小不变或变化过程缓慢的载荷。

② 冲击载荷是指在短时间内以较高速度作用于零件上的载荷。

③ 交变载荷是指大小、方向或大小和方向随时间发生周期性变化的载荷。

根据作用形式不同，载荷又可分为拉伸载荷、压缩载荷、弯曲载荷、剪切载荷和扭转载荷等。

金属材料受到载荷作用而产生的几何形状和尺寸的变化称为变形。变形一般分为弹性变形和塑性变形两种。

金属受外力作用时，为保持其不变形，在材料内部作用着与外力相对抗的力，称为内力。单位面积上的内力称为应力。金属受拉伸载荷作用时，其横截面积上的应力按下式计算：

$$\sigma = \frac{F}{S}$$

式中  $\sigma$ ——应力，Pa；

$F$ ——外力，N；

$S$ ——横截面积， $m^2$ 。

(1) 强度 金属材料受外力后所表现的行为规律是：首先发生弹性变形，然后是弹塑性变形，最后是裂纹形成与扩展，直至断裂。三个物理过程是连续进行的，当前一个过程发展至极限程度，后一个过程便随之发生，此时材料对后一过程开始的抵抗力，即临界应力值就是材料的强度指标。强度指金属在外力作用下，抵抗塑

性变形和断裂的能力。分为抗拉强度，抗弯强度，抗压强度，抗剪强度，抗扭强度，屈服强度，持久强度，蠕变强度。

(2) 弹性 是指金属在外力作用下产生变形，当外力取消后又恢复到原来的形状和大小的一种特性。

(3) 塑性 是指金属材料在外力作用下，产生永久变形而不致断裂的能力称为塑性。许多零件或毛坯是通过塑性变形而成形的，要求材料有较高的塑性；并且为防止零件工作时脆断，也要求材料有一定的塑性。塑性也是金属材料的主要力学性能指标之一。常用的塑性指标有断后伸长率  $\delta$  和断面收缩率  $\Psi$ 。

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\% ; \Psi = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \times 100\%$$

式中， $l_0$  和  $l_1$  分别为试样的原始标距长度和拉断时标距的对应长度 (mm)； $S_0$  和  $S_1$  分别为试样原始横截面积和断后缩颈处最小横截面积 ( $\text{mm}^2$ )。

由于  $\delta$  值与试样尺寸有关，一般规定  $l_0 = 5d_0$  或  $l_0 = 10d_0$  ( $d_0$  为试样原始直径)，当试样的长径比  $\frac{l_0}{d_0} = 5$  时，断后伸长率用  $\delta_5$  表示；当  $\frac{l_0}{d_0} = 10$  时，用  $\delta_{10}$  或  $\delta$  表示。同一种材料  $\delta_5 > \delta$ ，所以同种材料的  $\delta_5$  和  $\delta$  不能直接比较。 $\delta_5$  或  $\delta$  和  $\Psi$  的数值越大，表示金属材料塑性越好。一般把  $\delta \geq 5\%$  的材料称为塑性材料，把  $\delta < 5\%$  的材料称为脆性材料，如铸铁是典型的脆性材料，低碳钢是黑色金属中塑性最好的塑性材料，其良好的塑性既能保证压力加工和焊接的顺利进行，又能保证零件工作时的安全可靠，防止突然断裂。

(4) 韧性 是指金属材料在冲击力（动力载荷）的作用下而不破坏的能力或称是材料在断裂前吸收变形能量的能力。金属的韧性通常随加载速度的提高、温度的降低、应力集中程度的加剧而减少。韧性高的材料在断裂前要发生明显的塑性变形，由可见的塑性变形至断裂经过了一段较长的时间，能引起注意，一般不会造成严重事故；韧性低的材料，脆性大，材料断裂前没有明显的征兆，因而危险性极大。评定材料韧性的力学性能指标是冲击韧度和断裂