

火电生产类学徒工初级工培训教材

电厂金属材料基础知识

(试用本)

上

水利电力出版社

火电生产类学徒工初级工培训教材

电厂金属材料 基础知识

(试 用 本)

水利电力出版社

火电生产类学徒工初级工培训教材

电厂金属材料基础知识

(试 用 本)

•

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路8号)

水利电力出版社印刷厂印刷

•

787×1092毫米 32开本 3.75印张 80千字

1983年6月第一版 1987年8月北京第四次印刷

印数78081—113080册

ISBN 7-120-00169-8/TK·32

15143·5159 定价 0.59 元

前 言

为了提高水利电力系统学徒工初级工的技术水平，使技工培训工作逐步走向正规化、系统化，我们统一组织编写了水电生产、水电施工、火电生产、火电建设和供电等五类学徒工初级工的培训教材。

这五类培训教材是按照原水利部、原电力工业部颁发的工人技术等级标准中相应的应知技术理论要求编写的。每一工种的培训教材包括基础课与专业课两部分，注意到学徒工初级工两个阶段技术理论教育的系统性和完整性，力求密切联系生产实际，深入浅出，突出工人培训教材的特点。

火电生产类培训教材包括22个工种共23本，其中基础课11本，专业课12本，委托山西省电力工业局组织编写，并约请各大区网局和省电力工业局的有关同志参加审稿。

《电厂金属材料基础知识》系基础课教材之一，由山西省电力学校吴雅玲同志主编，户县热电厂、清河发电厂、闵行发电厂等单位进行了审定。

由于编写时间仓促，又缺乏经验，培训教材中难免存在错误和不妥之处，现以试用本出版，内部发行。希望使用单位和广大读者提出宝贵意见，以提高再版的质量。

水利电力部

1982年10月

内 容 提 要

本书为火电生产类学徒工初级工培训教材之一，主要讲述金属材料的性能、金属学和钢的热处理、常用金属材料以及火力发电厂热力设备主要部件用钢等基本知识。为便于自学，各章都附有复习思考题。

本书可供具有初中毕业文化程度的学徒工初级工培训使用，也可供有关技术工人自学时参考。

目 录

前言

第一章 金属材料的性能	1
第一节 金属材料的机械性能	1
第二节 金属材料的工艺性能及物理化学性能	8
第二章 金属的晶体结构与结晶	12
第一节 金属的晶体结构	12
第二节 金属的结晶	14
第三章 铁碳合金	19
第一节 合金的结构	19
第二节 铁碳合金的基本组织和性能	21
第三节 铁碳合金状态图	24
第四节 碳钢的分类、编号及用途	33
第五节 铸铁	37
第四章 钢的热处理	42
第一节 钢在加热和冷却时组织的变化	43
第二节 钢的热处理工艺介绍	50
第五章 合金钢	60
第一节 合金元素在钢中的作用	60
第二节 合金钢的分类与编号	63
第三节 合金结构钢	65
第四节 合金工具钢	68
第五节 特殊性能钢	71
第六章 有色金属及其合金	79

第一节	铜及其合金	79
第二节	铝及其合金	85
第三节	轴承合金	86
第七章	锅炉、汽轮机用钢	90
第一节	热力设备的工作特点及对材料的要求	90
第二节	热力设备所用耐热钢应考虑的主要性能	91
第三节	锅炉主要部件用钢	97
第四节	汽轮机主要部件用钢	103

第一章 金属材料性能

为了正确地使用 and 选择金属材料，必须了解金属材料的使用性能和工艺性能。使用性能是指金属材料在使用条件下所表现的性能，即机械性能、物理性能和化学性能；工艺性能是指金属材料在冷热加工过程中所表现的性能，即铸造性能、锻造性能、焊接性能、热处理性能以及切削加工性能等。这些性能是衡量金属材料质量的标志。

第一节 金属材料的机械性能

金属材料的机械性能是指金属材料在外力作用下表现出来的特性，如强度、硬度、弹性、塑性、冲击韧性、疲劳强度等。

一、强度和塑性

强度是指金属材料在外力作用下抵抗变形和破坏的能力。按照外力作用的性质不同，可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度和抗扭强度等，其中以抗拉强度应用较为普遍。塑性是指金属材料在外力作用下产生永久变形而不发生断裂破坏的能力。

金属材料的强度指标和塑性指标可以通过拉伸试验来确定。

(一) 拉伸试验

拉伸试验是在专门的拉伸试验机上进行的。为便于评定

和比较不同材料的试验结果，做拉伸试验时，对试样的形状和尺寸在国家标准中均有统一的规定。常用的试样断面为圆形，如图1-1所示（图中 d_0 为试样的直径，单位毫米； l_0 为标距长度，单位毫米）。试样有长试样或短试样两种，长试样 $l_0=10d_0$ ，短试样 $l_0=5d_0$ 。

试验时，将试样装到拉伸试验机上，然后对试样施加一个缓慢增加的拉力 P ，使试样产生变形，随拉力 P 的逐渐增加，试样的变形亦相应增大，直到试样被拉断为止。试样在拉伸过程中所受拉力和其绝对伸长量 ΔL 的对应关系可以用曲线表示，这种曲线称为拉伸曲线，图1-2所示为低碳钢的拉伸曲线。

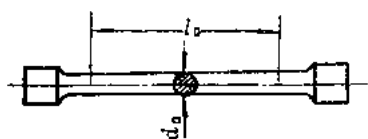


图 1-1 圆形拉伸试样

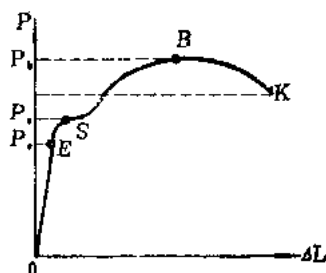


图 1-2 低碳钢的拉伸曲线图

拉力小于 P_0 时，试样的变形是弹性变形，即外力卸除后，变形能完全消失，由图看出 OE 近于直线，即变形与拉力成正比关系。 P_0 称为弹性极限载荷。拉力大于弹性极限载荷 P_0 并继续增大到 P_s 时，曲线上出现一水平线段，这时载荷没有增加（或增加很少）但变形却在继续增加，且变形在外力卸除后并不消失，形成永久变形，又称塑性变形。这种现象称为材料的屈服， P_s 称为屈服载荷。屈服后的试样，由于材料变形硬化，须再增加载荷，变形才继续产生，当载荷达到最大值 P_b 时，试样某一局部的截面直径迅速减少，出现颈缩现

象。由于局部截面面积减小，总载荷下降，到达K点时，试样突然断裂。

由此可见，低碳钢试样在拉伸过程中有几个不同的变形阶段，即弹性变形、明显的塑性变形、屈服后试样的硬化、局部颈缩直至最后断裂。

当材料受外力作用时，其内部也产生抵抗力，这抵抗力数值大小与外力相等。试样截面单位面积上的抵抗力称为应力，用符号 σ 表示，其计算公式为：

$$\sigma = \frac{P}{F_0} \quad \text{公斤/毫米}^2$$

式中 P ——载荷（公斤）；

F_0 ——试样拉伸前的横断面积（毫米²）。

（二）强度的评定

强度指标通常以应力的形式来表示，通过拉伸试验测得的强度指标有：

1. 弹性极限 σ_e

试样在外力作用下产生弹性变形的最大应力，即

$$\sigma_e = \frac{P_e}{F_0} \quad \text{公斤/毫米}^2$$

2. 屈服极限 σ_s

试样在外力作用下出现塑性变形时的应力，即

$$\sigma_s = \frac{P_s}{F_0} \quad \text{公斤/毫米}^2$$

金属材料是从弹性变形逐渐过渡到塑性变形的，因而一些金属材料的屈服极限不明显，测定 σ_s 很困难。为了衡量它们的屈服特征，工程上一般规定以试样产生塑性变形0.2%时的应力作为条件屈服极限，或称屈服强度，用符号 $\sigma_{0.2}$ 表

示。

屈服强度是重要的机械性能指标之一。一般零件都不允许产生塑性变形，否则会很快导致破坏。因此屈服强度是设计零件时的主要依据，也是评定金属材料质量的重要指标。

3. 强度极限 σ_b

试样断裂时的应力称为金属材料的强度极限，又称抗拉强度，即

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F_0} \quad \text{公斤/毫米}^2$$

(三) 塑性的评定

工程上常用延伸率 δ 和断面收缩率 ψ 作为塑性指标，这两个指标亦可通过拉伸试验测得。

1. 延伸率 δ

延伸率是指试样拉断后，标距长度的绝对伸长量与原长之比的百分数，即

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\%$$

式中 l_1 ——拉断后试样标距长（毫米）；

l_0 ——试验前试样标距长（毫米）。

由于 δ 的大小与试样尺寸有关，为了便于比较，应在延伸率符号 δ 的下角注明试样的尺寸。如长试样的延伸率用 δ_5 表示，短试样的延伸率用 δ_2 表示。若不加注明，则是指长试样的延伸率。

2. 断面收缩率 ψ

断面收缩率是指试样拉断后，截面面积的缩小量与原截面积之比的百分数，即

$$\psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \times 100\%$$

式中 F_1 ——试样断裂处最小截面面积（毫米²）；

F_0 ——试样原始截面积（毫米²）。

δ 和 ψ 的数值愈大，表示金属材料的塑性愈好，一般称 $\delta > 5\%$ 的材料为塑性材料（如低碳钢）， $\delta < 5\%$ 的材料为脆性材料（如灰口铸铁）。

二、硬度

硬度是指金属材料抵抗硬物压入其表面的能力。通常硬度高的金属材料其耐磨性（金属材料抵抗磨损的性能）也好，因此硬度的高低对于受磨零件的工作性能有较大的影响。

硬度的测试方法较多且比较简便，一般不需破坏零件，其中常用的方法有布氏硬度试验和洛氏硬度试验。

1. 布氏硬度试验

布氏硬度试验是在直径为 D 的钢球上施加载荷 P ，使钢球压入被测金属的表面，载荷 P 除去后，在金属表面上便留下一个压痕，如图 1-3 所示。载荷 P 与压痕的表面积之比称为布氏硬度，用符号 HB 表示，即

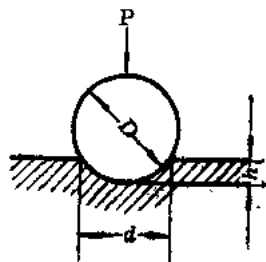


图 1-3 布氏硬度试验示意图

$$\begin{aligned} \text{HB} &= \frac{P}{F} = \frac{P}{\pi D h} \\ &= \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad \text{公斤/毫米}^2 \end{aligned}$$

式中 P ——加在钢球上的载荷（公斤）；

F ——压痕表面积（毫米²）；

D — 钢球直径 (毫米);

h —— 压痕深度 (毫米);

d —— 压痕直径 (毫米)。

载荷 P 与钢球直径 D 要根据被测金属的种类、厚度按有关规定加以选定。布氏硬度值可以根据上式计算而得, 但为了方便起见, 也可以根据压痕直径 d 查表获得。布氏硬度的单位是公斤/毫米², 但一般只注数值, 如 $HB=180$ 公斤/毫米² 时, 则记为: $HB=180$ 。

布氏硬度试验因受钢球本身硬度的限制, 不能测 $HB>450$ 的金属材料。

金属材料的硬度与强度之间有一定的关系, 通常硬度愈高, 强度也愈大。不同的金属材料, 布氏硬度 HB 与强度极限 σ_b 的关系亦不同, 一般可用 $\sigma_b \approx 0.35 HB$ 的近似关系, 粗略地估算钢的抗拉强度 σ_b 。

2. 洛氏硬度试验

洛氏硬度试验用以测定 $HB>450$ 的试件。试验时, 施加一定的载荷将压头压入被测金属的表面, 然后根据压痕的深度来计算硬度, 洛氏硬度值可以从试验机的刻度表盘上直接读出, 而无需测量压痕深度。根据压头类型和载荷的不同, 洛氏硬度有不同几种, 常用的洛氏硬度用 HRC 表示, 洛氏硬度值没有单位, 直接用数字表示, 如 $HRC=42$ 。

洛氏硬度由于压痕面积小, 因而可用来测量成品的硬度, 并且这种方法操作简便, 测量范围较广, 但测量精度不如布氏硬度试验法高。

三、韧性

金属材料抵抗冲击载荷作用而不破坏的能力称为韧性, 通常用冲击韧性来度量。金属材料的冲击韧性是通过冲击试

驗測定的，目前应用较普遍的是一次摆锤弯曲冲击试验。

试验时，将由金属材料制成的一定形状和尺寸的标准试样放到摆锤式冲击试验机上，一次冲断，从试验机的刻度盘上直接读出冲击功 A_k ，然后将此冲击功除以试样缺口断面面积 F ，所得的商即为该金属材料的冲击韧性值，用 α_k 表示，即

$$\alpha_k = \frac{A_k}{F} \text{ 公斤} \cdot \text{米} / \text{厘米}^2$$

冲击韧性 α_k 愈大，表示材料的韧性愈好。

四、疲劳和疲劳强度

在工程实际中，很多机器零件所受的载荷不仅大小可能变化，而且方向也可能变化，如齿轮的齿、气锤的锤杆以及转动机械的轴等。这种载荷称为交变载荷，交变载荷在零件内部将引起随时间而变化的应力，称为交变应力。零件在交变应力的长期作用下，会在远小于材料的强度极限 σ_b ，甚至在小于屈服极限 σ_s 的应力下断裂，这种现象称为疲劳。疲劳断裂与静载下的断裂不同，即断裂时不产生明显的塑性变形，而是突然发生的，因此具有很大的危险性。根据统计，大多数零件（达百分之八十以上）的破坏都是由于疲劳而损坏，因此对金属部件的疲劳损坏必须引起足够的重视。

金属材料在无限多次交变应力作用下，不致引起断裂的最大应力称为疲劳极限或疲劳强度。金属材料的疲劳极限可通过疲劳试验测定，将疲劳试验测得的每个试样断裂时的应力循环次数 N 和交变应力 σ 绘成曲线，使得该金属材料的疲劳曲线，如图1-4所示，从曲线可以看出，交变应力 σ 愈低，应力循环次数 N 越多，当应力的最大值低于某一定值（图中 σ_0 ）时，材料可能经受无限次应力循环仍然不会发生断裂，

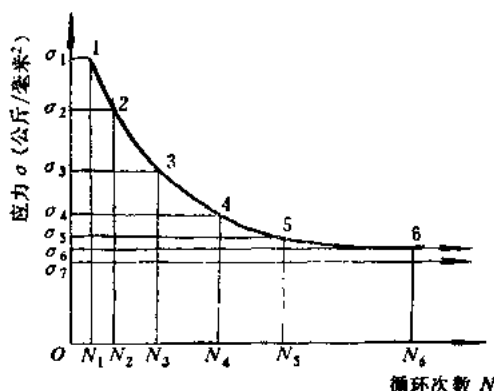


图 1-4 疲劳曲线

这个最大应力值，即为该金属材料的疲劳极限。当交变应力循环对称时，用符号 σ_{-1} 表示。由于实际上不可能进行无限多次的试验，因此对于钢铁材料而言，通常将经过 $10^6 \sim 10^7$ 次的应力循环，仍不发生断裂的最大交变应力作为其疲劳极限。

第二节 金属材料的工艺性能及 物理化学性能

一、金属材料的工艺性能

金属材料的工艺性能指铸造性、可锻性、焊接性和切削加工性等。这些工艺性能直接影响制造零件的方法，是选择金属材料时必须考虑的因素。

1. 铸造性

铸造性是指金属在液态时的流动性、金属由液态凝固时的收缩性、金属凝固后化学成分的不均匀性——偏析倾向

等。流动性好的金属，液态时充满铸型的能力强，可铸出细薄精致的铸件。金属由液态凝固时，体积的收缩不仅使铸件体积缩小，还将使铸件产生缩孔、收缩应力、变形和开裂等缺陷。一般来说，当金属材料的熔点低、凝固后收缩率小且铸件组织均匀时，则称其铸造性好。常用来铸造的金属材料有各种铸铁、铸钢及铜合金等。

2. 可锻性

金属的可锻性是指承受压力加工的能力。可锻性好的金属能经受塑性变形而不破裂。钢具有良好的可锻性，其中低碳钢的可锻性最好，中碳钢次之，高碳钢较差；铸铁不能锻造。

3. 可焊性

可焊性是指金属是否易于焊接的性能。可焊性好的金属能获得没有裂缝、气孔等缺陷的焊缝，而且焊接接头具有一定的机械性能。低碳钢的可焊性好，高碳钢和铸铁的可焊性差。

4. 切削加工性

切削加工性是指金属是否易于进行切削加工的性能。切削加工性好的金属，金属容易切除、刀具磨损小、加工表面光洁。通常灰口铸铁具有良好的切削性，钢的硬度在HB180~200范围内，具有较好的切削性。

二、金属材料的物理化学性能

1. 比重

物质单位体积所具有的重量称为比重。如铁的比重为7.85克/厘米³，铜的比重为8.9克/厘米³。在相同体积下，比重愈大的物体其重量愈大。根据金属材料的比重大小，可以计算零件毛坯的重量，区分轻金属与重金属等。

2. 熔点

金属由固态转变为液态时的温度称为熔点。不同的金属有不同的熔点。熔点低的金属可用来制造焊锡、保险丝等，而熔点高的金属则用来制造耐热零件，如过热器管、汽轮机叶片、电热丝等。

3. 导电性

金属传导电流的能力为导电性。各种金属的导电性能各不相同，其中银的导电性最好，其次是铜和铝。

4. 导热性

金属传导热量的能力称为导热性。金属不同，导热性也不同，一般说来，导电性好的材料其导热性也好。

5. 热膨胀性

金属受热时体积发生胀大的现象称为热膨胀性。

6. 抗氧化性

金属材料在高温时抵抗氧化腐蚀的能力称为抗氧化性。在高温下工作的零件表面容易被氧化，形成氧化皮剥落而被破坏，因此这些零件的材料应具有良好的抗氧化性能。

7. 耐腐蚀性

金属材料抵抗各种介质（大气、酸、碱、盐等）侵蚀的能力称为耐腐蚀性。电厂热力设备中的过热器管、水冷壁管和汽轮机叶片都是在腐蚀介质条件下工作的，在设计选用材料时，必须考虑材料的耐腐蚀性。

复习思考题

1. 什么叫金属材料的机械性能？它包括哪些方面？
2. 什么叫强度？在拉伸试验中，金属材料强度有哪几项