

中华人民共和国机械工业部统编

机械工人技术培训教材

金属材料及其热处理

科学普及出版社

87
TG14
41
3

中华人民共和国机械工业部统编
机械工人技术培训教材

金属材料及其热处理

1712/13

科学普及出版社



B

355747

本书是机械工业部统编的机械工人技术培训教材。它是根据原一机部《工人技术等级标准》和教学大纲编写的。全书共分十章，主要介绍金属材料的基本知识、金属学的基本知识以及热处理的基本知识等。为便于读者学习，在各章之后还附有复习思考题。

本书是机械加工各工种工人和铸、焊等各类工种工人技术培训的基础课教材，也可供有关技术人员和管理干部学习参考。

本书由于秉初、陈同贵同志编写，经王绍孔、焦天锋、王金巧同志审查。

中华人民共和国机械工业部统编
机械工人技术培训教材
金属材料及其热处理

责任编辑：郭蕴玉

*

科学普及出版社出版（北京海淀区白石桥路32号）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

八九九二〇部队印刷厂印刷

*

开本：787×1092 毫米 1/16 印张：10¹/₄ 字数：234千字

1986年5月第1版 1986年5月第1次印刷

印数：1—31,600册 定价：1.60元

统一书号：15051·1149 本社书号：1025

对广大工人进行比较系统的技术培训教育，是智力开发方面的一件大事，是一项战略性的任务。有计划地展开这项工作，教材是关键。有了教材才能统一培训目标，统一教学内容，才能逐步建立起比较正规的工人技术教育制度。

教材既是关键，编写教材就是一件功德无量的事。在教材行将出版之际，谨向为编写这套教材付出辛勤劳动的同志们致以敬意！

机械工业部第一副部长

栾 健

一九八二年五月

前 言

为了更好地落实中共中央、国务院《关于加强职工教育工作的决定》，对工人特别是青壮年工人进行系统的技术理论培训，以适应四化建设的需要。现确定按初级、中级、高级三个培训阶段，逐步地建立工人培训体系，使工人培训走向制度化、正规化的轨道，以期进一步改善和提高机械工人队伍的素质。一九八一年，根据机械工人队伍的构成、文化状况及培训的重点，我们组织了四川省、江苏省、上海市机械厅（局）和第一汽车厂、太原重型机器厂、沈阳鼓风机厂、湘潭电机厂，编写了三十个通用工种的初级、中级的工人技术培训教学计划、教学大纲及其教材，作为这些工种工人技术理论培训的统一教学内容。

编写教学计划、教学大纲及其教材的依据，是原一机部颁发的《工人技术等级标准》。初级技术理论以二、三级工“应知”部分为依据，是建立在初中文化基础上的。它的任务是为在职的初级工人提供必备的基础技术知识，指导他们正确地使用设备、工装卡具、量具、按图纸和工艺要求进行正常生产。中级以四、五、六级工“应知”部分为依据，并开设相应的高中文化课，在学完了初级技术理论并具有一定实践经验的工人中进行。它的任务是加强基础理论教学，使学员在设备、工装卡具、结构原理、工艺理论、解决实际问题的能力上有所提高（高级以七、八级工“应知”部分为依据，这次未编）。编写的教材计有：车工、铣工、刨工、磨工、齿轮工、镗工、钳工、工具钳工、修理钳工、造型工、化铁工、热处理工、锻工、模锻工、木模工、内外线电工、维修电工、电机修理工、电焊工、气焊工、起重工、煤气工、工业化学分析、热工仪表工、锅炉工、电镀工、油漆工、冲压工、天车工、铆工等工艺学教材和热加工的六门基础理论教材：数学、化学、金属材料及其加工工艺、机械制图、机械基础、电工基础。一九八四年，我们又组织编写了值班电工、划线工、机械性能试验工、金相试验工、粉末冶金工等工艺学教材，以及冷加工类基础理论教材（机械基础、电工基础、机械加工工艺基础、金属材料及热处理）和电工类基础理论教材（电工基础）。

在编写过程中，注意了工人培训的特点，坚持了“少而精”的原则。既要理论联系实际，学以致用，又要有理论的高度和深度；既要少而精，又要注意知识的科学性、系统性、完整性；既要短期速成，又要循序渐进；在教学计划中对每个工种的培养目标，各门课程的授课目的，都提出了明确的要求，贯彻了以技术培训为主的原则。文化课和技术基础课的安排，从专业需要出发，适当地考虑到今后发展和提高的要求，相近工种的基础课尽量统一。

这套教材的出版，得到了有关省、市机械厅（局）、企业、学校、研究单位和科学普及出版社的大力支持，在此特致以衷心的感谢。

编写在职工人培训的统一教材，是建国三十年来第一次。由于时间仓促，加上编写经验不足。教材难免还存在不少缺点和错误，我们恳切地希望同志们试行中提出批评和指正，以便进一步修改、完善。

机械工业部工人技术培训教材编审领导小组

一九八五年三月

目 录

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 金属材料的物理性能	8
第三节 金属材料的化学性能	10
第四节 金属材料的工艺性能	11
复习题	12
第二章 金属的晶体结构与结晶	13
第一节 金属的理想晶体结构	13
第二节 金属的结晶过程	16
第三节 合金及合金的晶体结构	20
复习题	22
第三章 铁碳合金状态图	23
第一节 铁碳合金的基本组织	23
第二节 铁碳合金状态图	26
第三节 碳对铁碳合金的组织 and 性能的影响	33
第四节 铁碳合金状态图的应用	34
复习题	35
第四章 碳素钢	37
第一节 常存杂质对钢的性能影响	37
第二节 碳素钢的分类、牌号和用途	38
复习题	43
第五章 铸铁	44
第一节 铸铁的分类	44
第二节 铸铁的石墨化和影响石墨化的因素	44
第三节 灰口铸铁	45
第四节 可锻铸铁	47
第五节 球墨铸铁	49
第六节 合金铸铁简介	51
复习题	51
第六章 钢和铸铁的热处理	52
第一节 钢在加热时的转变	53
第二节 奥氏体在冷却时的转变	57
第三节 钢的退火与正火	60
第四节 钢的淬火	64
第五节 淬火钢的回火	71
第六节 钢的表面淬火	75
第七节 钢的化学热处理	78

第八节 铸铁的热处理	83
复习题	85
第七章 合金钢	86
第一节 合金钢的基本知识	86
第二节 合金钢的分类和编号	88
第三节 合金结构钢及其热处理	89
第四节 合金工具钢及其热处理	94
第五节 不锈钢	100
复习题	101
第八章 钢铁的简易鉴别方法	102
第一节 火花鉴别法	102
第二节 断口鉴别法	106
第三节 常用钢铁材料的涂色标记	106
第九章 金属的塑性变形和再结晶	109
第一节 金属塑性变形的实质	109
第二节 冷塑性变形对金属组织和性能的影响	110
第三节 冷塑性变形的金属在加热时的组织和性能的变化	113
第四节 热塑性变形对金属组织和性能的影响	114
复习题	115
第十章 有色金属及粉末冶金材料	116
第一节 铝及铝合金	116
第二节 铜及铜合金	122
第三节 镁及镁合金	131
第四节 钛及钛合金	133
第五节 滑动轴承合金	135
第六节 粉末冶金材料	138
复习题	142
附录	143
一、硬度对照表	143
二、国内外常用钢号对照表	146
三、公斤力/毫米 ² 和兆牛顿/米 ² 换算表	150
四、冲击韧性指标换算表	153
五、主要元素的化学符号、原子量和密度	153

第一章 金属材料性能

纯金属与合金统称为金属材料。实际生产中使用的金属材料主要是合金。合金就是由两种或两种以上的金属元素或金属元素与非金属元素组成的具有金属特性的物质。工业上使用的金属材料分为黑色金属与有色金属两大类。以铁为基础形成的合金，称为黑色金属，如钢和生铁。除此以外的金属称为有色金属，如铜及铜合金、铝及铝合金等。

在机械制造中，大量的零件是用金属材料制造的。由于各种零件的工作条件不同，为了保证这些零件正常地工作，因而对制造这些零件的金属材料的要求也就不同。例如，要求弹簧具有一定的弹性；量具和刀具具有坚硬、耐磨的性能；飞机零件则要求强度高、重量轻；而用于石油化工方面的零件，还需要有耐蚀性能。制成零件的金属材料在使用过程中表现出来的特性，叫做使用性能，如机械性能、物理性能、化学性能等。

此外，为了制造机器零件和各种构件，必须对金属材料进行各种加工，如铸造、焊接、切削加工等。金属材料对于各种加工的接受能力以及加工的难易程度，叫做加工性能或工艺性能。

我们学习金属材料及热处理的目的，就是为了掌握各种金属材料的成分、组织和性能，更合理地选择制造零件的材料，制订正确的技术要求，并且利用热处理的方法提高或改变材料的性能，来满足零件的使用要求，延长零件的使用寿命，降低其制造成本。

第一节 金属材料的机械性能

任何一个机械产品（如机床、汽车等）都是由零件或部件组成的。而零件或部件在工作时，将受到不同性质的外力的作用。例如，起重机上的钢丝绳，在吊起物体时受到拉力的作用；铁路钢轨，当火车经过时承受很大的压力；汽车在行驶时，车身下的弹簧不断受到冲击力的作用；柴油机连杆工作时同时受到拉力、压力和冲击力的作用；房架则承受着屋顶重量所施加的压力等等。所有的这些外力，都会使机器零件和构件发生变形或破坏。金属材料抵抗外力作用的能力叫做机械性能。机械性能是制造各种机器零件、构件和工具的金属材料的主要使用性能，同时，也是设计零件及制订冷热加工工艺时的重要依据。

金属材料的机械性能主要包括：强度、塑性、硬度、弹性、冲击韧性以及疲劳强度等。

表示金属材料机械性能的具体数据是通过专门的试验进行测定的。例如，通过静拉伸试验，可以测出金属材料的强度指标和塑性指标等。

除此之外，硬度试验和冲击试验也是常用的测定金属材料机械性能的试验方法。

强度和塑性都是评定金属材料机械性能的重要指标，因此常常利用强度和塑性的概念来表明材料机械性能的状况和热处理后的效果。

一、强 度

强度是指金属材料对外力作用所引起的变形或断裂的抵抗能力。

为了便于比较各种材料的强度，通常用单位面积上所承受的力的大小来表示其强度。根据外力作用形式的不同，强度可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度等。机械制造中，常用抗拉强度指标作为金属材料机械性能的主要指标。

(一) 静拉伸试验

测定金属材料的抗拉强度，广泛采用静力拉伸试验法。首先将被测材料按照一定的形状和尺寸制成拉伸试样，如图1-1所示。试验时把它装在拉力试验机的夹头上，然后对试样缓慢地施加轴向拉力。随着拉力的增大，试样逐渐伸长，直至拉断为止。在试验的过程中，拉力试验机的专门机构把拉力的大小和试样的变形量记录下来，并绘出拉力和变形量之间的关系曲线。这条曲线叫做拉伸曲线，如图1-2所示。



图 1-1 钢的标准拉伸试样图

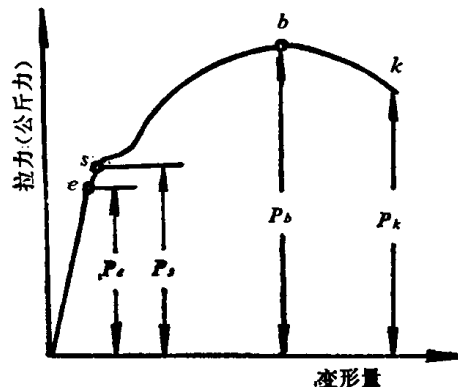


图 1-2 低碳钢的拉伸曲线

拉伸试验时，在拉力缓慢增加的过程中，试样产生弹性变形和塑性变形，直至被拉断为止。下面我们通过分析图1-2所示的拉伸曲线，来说明拉伸试验过程中的几个阶段。

(1) 当拉力小于 P_e 时，试样只产生弹性变形。其特点是去除拉力后，试样可恢复到原始的长度。

(2) 当拉力大于 P_e 后，试样不仅产生弹性变形，而且还产生了微量的永久变形。如在这时去除拉力，试样将不能完全恢复到原来的长度，而保留了永久变形部分。被保留下来的永久变形，叫做塑性变形。

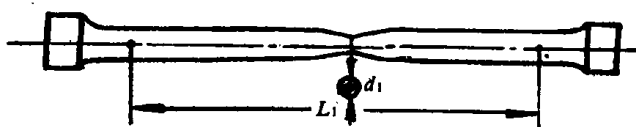


图 1-3 拉伸试样的缩颈现象

(3) 当拉力增大到 P_s 后，拉伸曲线出现了一段近于水平的线段，这说明在拉力没有变化的情况下，试棒的变形仍然有明显的增加，这种现象称为“屈服”现象。

(4) 金属产生屈服现象后，随着拉力的增加，试样的变形也继续增加，当拉力达到 P 时，试样开始局部变细，出现了所谓“缩颈”现象，如图1-3所示。由于缩颈处截面积的缩小，试样继续变形所需的拉力也减小了。当变形增大至 k 时，试样在缩颈处断裂。

(二) 强度指标

根据拉伸试验所得到的拉力及其相应的变形关系,可分别求出被测金属材料的以下强度指标。

1.弹性极限 拉伸试验时,试样单位横截面积对产生塑性变形的最大抵抗能力,称为弹性极限,用 σ_e 表示。即

$$\sigma_e = \frac{P_e}{F_0} \text{ (公斤力/毫米}^2\text{)}$$

式中 P_e ——保持弹性变形时的最大拉力,公斤力;

F_0 ——试棒原始横截面积,毫米²。

2.屈服极限(屈服强度) 拉伸试验时,试样单位横截面积对产生屈服现象时的最大抵抗能力称为屈服极限,用 σ_s 表示。即

$$\sigma_s = \frac{P_s}{F_0} \text{ (公斤力/毫米}^2\text{)}$$

式中 P_s ——材料开始产生屈服现象时的拉力,公斤力。

除退火低碳钢等少数金属材料有明显的屈服现象外,大多数金属材料如中碳钢与高碳钢等则没有明显的屈服现象。因此人为地规定试样产生的残余变形量相当于试样原长度的0.2%时的应力称作屈服极限,通常也称为条件屈服极限,用 $\sigma_{0.2}$ 表示。

屈服极限标志着金属开始产生塑性变形时的抗力,也就是对产生微量塑性变形的抗力。它是设计零件的重要依据。因为大多数机械零件工作时都处于弹性变形状态,而不允许产生塑性变形。

3.强度极限(抗拉强度) 拉伸试验时,试样在断裂前单位横截面积的最大抗力称为强度极限,用 σ_b 表示。即

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F_0} \text{ (公斤力/毫米}^2\text{)}$$

式中 P_b ——试棒断裂前的最大拉力,公斤力。

强度极限是材料在破坏前所能承受的最大应力,也是衡量金属材料强度的重要指标和设计零件的重要依据。

二、塑 性

金属材料在外力作用下,产生永久变形而不破坏的能力叫做塑性。金属的塑性指标有两个:一个是延伸率,用 δ 表示;一个是断面收缩率,用 ψ 表示。

(1) 延伸率。试样拉断后的长度增量与试样原始长度的百分比,叫做延伸率。即

$$\delta = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\%$$

式中 L_1 ——试样拉断后的长度,毫米;

L_0 ——试样原始长度,毫米。

(2) 断面收缩率。试样拉断后截面积的减小量与试样原始截面积的百分比,叫做断面收缩率,即

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

式中 F_0 ——试样原始截面积, 毫米²;

F_1 ——试样拉断后断口处的截面积, 毫米²。

三、冲击韧性

许多机械零件在工作时受到冲击力的作用, 如锻锤的锤头和锤杆, 冲床的连杆和曲轴, 以及锻模、冲模等。这些零件和模具, 如果仍用强度极限这种静载荷作用下的机械性能指标进行设计计算, 就不能保证零件工作时的可靠性, 设计时必须同时考虑材料的冲击韧性。

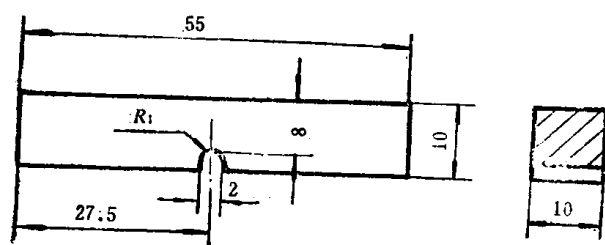


图 1-4 冲击试样

韧性。

冲击韧性是金属材料抵抗冲击力的作用而不被破坏的能力。它的衡量指标是以试样冲断后缺口处单位面积所消耗的功来表示。

金属材料冲击韧性的大小, 是在摆式冲击试验机上测出的。首先将被测的材料制成如图1-4所示的试样。试验时将试样放在试验机的支架上, 试样的缺口背向冲击方向, 如图

1-5 (a) 所示。将质量为 G 的重锤升到规定的高度 H_1 (图1-5b), 然后使其自由落下。在重锤将试样冲断后, 它继续向左方摆动并上升到高度 H_2 的位置。重锤冲断试样时所消耗的功可由试验机刻度盘上的指针指示出来。此消耗功与试样缺口处的截面积的比值, 便是该金属的冲击韧性值 a_k 。

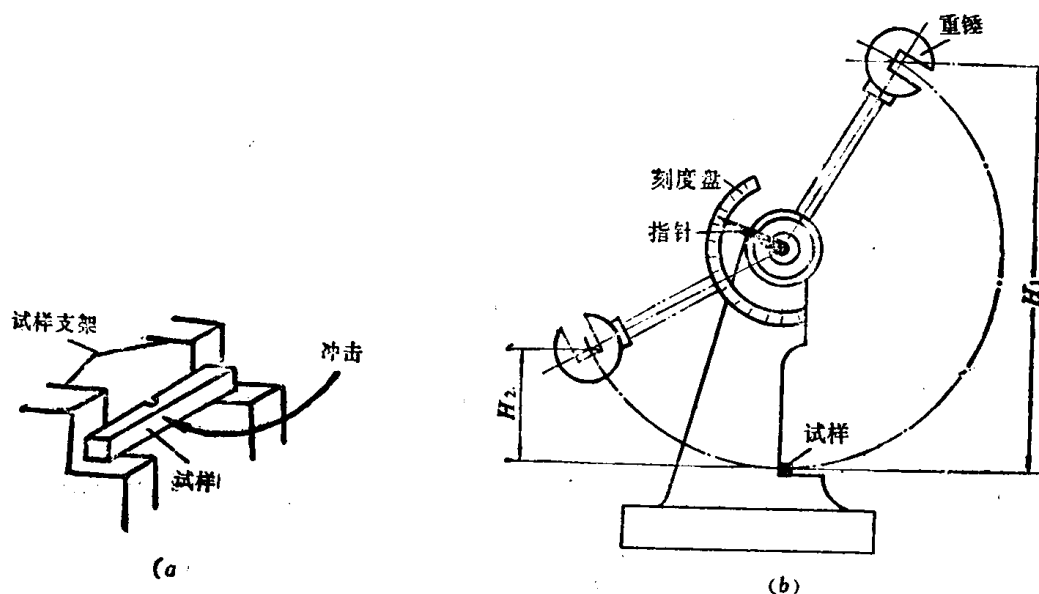


图 1-5 摆式冲击试验示意图

$$a_k = \frac{A}{F_0} \text{ (公斤力} \cdot \text{米/厘米}^2 \text{)}$$

$$A = Q (H_1 - H_2)$$

式中 A ——冲断试样所消耗的功, 公斤力·米;

F_0 ——试样缺口处的截面积, 厘米²;

Q ——重锤的重力, 公斤力;

H_1 ——重锤举起高度, 米;

H_2 ——冲断试样后重锤回升的高度, 米。

a_k 值表示材料的韧性状况, a_k 值愈大, 材料的韧性愈好; a_k 值愈小, 材料的韧性愈差, 即脆性愈大。

四、硬 度

硬度是金属材料的重要机械性能之一。它是指金属材料表面抵抗变形的能力。

硬度试验使用的仪器比较简单, 操作也很简便迅速。它属于无损试验, 有时可在零件上直接测量其材料硬度, 而不需制备专用的试样。材料的硬度指标与其强度指标之间有着一定的内在关系, 通常可根据经验公式, 由硬度值近似地计算出强度的大小。由于硬度试验具有上述优点, 因此在生产和科研中得到普遍的应用, 并往往通过测量材料的硬度值来概略地估价材料的其它机械性能。

硬度试验的方法很多, 最常用的是布氏硬度试验及洛氏硬度试验。

(一) 布氏硬度试验

布氏硬度试验是将一定直径 D 的淬硬钢球, 在规定载荷 P 的作用下, 压入被测金属的表面, 保持一定时间, 去除载荷后, 材料表面便产生局部塑性变形, 形成一个直径为 d 的压痕, 如图1-6所示。根据所加载荷的大小和留在金属表面的凹痕表面积, 算出压痕表面上所承受的平均压力, 此即为布氏硬度值, 用HB表示。其计算公式如下:

$$HB = \frac{P}{F} \text{ (公斤力/毫米}^2\text{)}$$

式中 P ——试验所加的载荷, 公斤力;

F ——压痕表面积, 毫米²。

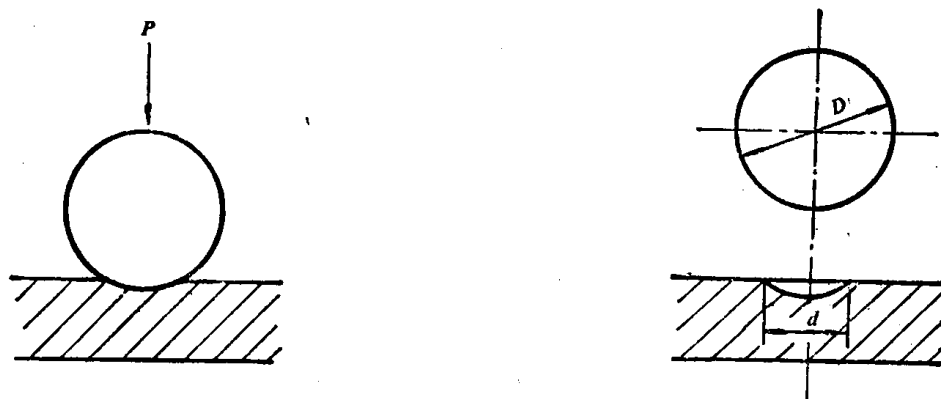


图 1-6 布氏硬度试验示意图

在实际测试中, 可用带标尺的读数显微镜量出压痕的直径, 然后根据所加载荷, 由计算好的硬度值表直接查出硬度值。

前面我们曾谈到，材料的布氏硬度值与其强度值有一定的内在关系，这是因为硬度值的大小是由材料的塑性变形抗力决定的，而材料的强度愈高，其塑性变形抗力就愈大，硬度值也就愈高。材料硬度与强度之间的内在关系可用下述以实验方法求得的一些经验公式来表示：

$$\begin{aligned} \text{低碳钢} & \quad \sigma_s = 0.36\text{HB} \\ \text{高碳钢} & \quad \sigma_s = 0.34\text{HB} \\ \text{调质合金钢} & \quad \sigma_s = 0.325\text{HB} \end{aligned}$$

布氏硬度计的压头是用淬硬的钢球制成的，因此只能用来测定HB<450的材料，如退火钢、调质钢、灰口铸铁及有色金属等，而不能用以测量太硬的材料，如淬火钢，否则将会由于钢球本身产生严重的变形而影响测量结果的准确性。此外，因留在试样上的钢球压痕较大、较深，故太薄或太小的试样不能用布氏硬度试验法测量它的硬度。

采用布氏硬度试验测量金属硬度时，须根据材料的种类、试样的尺寸和估计的硬度范围，按照表1-1的规定来选择钢球的直径、载荷的大小及加载的时间。

布氏硬度试验中钢球直径、载荷与加载时间的关系

表 1-1

金属种类	布氏硬度 值范围 (HB)	试样厚度 (毫米)	载荷P与钢球 直径D的关系	钢球直径 D (毫米)	载 荷 (公斤力)	加载时间 (秒)
黑色 金属	140~450	>6	$P = 30D^2$	10	3000	10
		6~3		5	750	
		<3		2.5	187.5	
	<140	>6	$P = 30D^2$	10	3000	30
		6~3		5	750	
		<3		2.5	187.5	
有色 金属	31.8~130	>6	$P = 10D^2$	10	1000	30
		6~3		5	250	
		<3		2.5	62.5	
	8~35	>6	$P = 2.5D^2$	10	250	60
		6~3		5	62.5	
		<3		2.5	15.6	

(二) 洛氏硬度试验

洛氏硬度试验与布氏硬度试验的原理相似，它是在规定的载荷下，将顶角为120°的金刚石圆锥体或直径为1.588毫米($\frac{1}{16}$ 英寸)的淬硬钢球压入试样表面，根据其留在试样上的压痕的深度来确定材料的硬度值。图1-7为洛氏硬度试验原理示意图。

洛氏硬度值与压痕深度的关系如下

$$\text{HR} = K - \frac{h}{0.002}$$

式中 HR——洛氏硬度值；

h ——压痕深度，毫米；

K ——常数，A和C级为100，B级为130；

0.002——硬度计刻度盘上每一小格所代表的压痕深度（毫米），每0.002毫米规定为洛氏1度。

洛氏硬度没有单位，其数值由洛氏硬度计上的刻度盘直接指示出来。材料愈软，则压

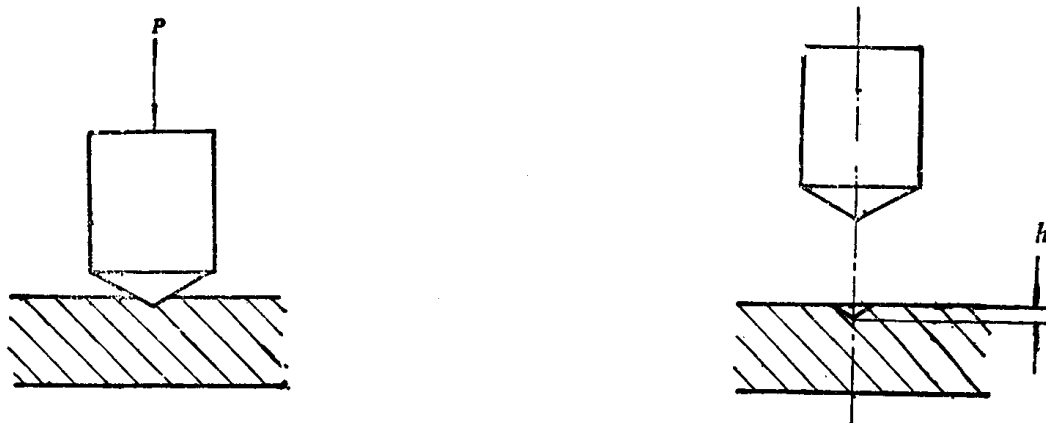


图 1-7 洛氏硬度试验原理图

痕 h 愈深，其HR值愈小；材料愈硬，压痕愈浅，HR值愈大。

洛氏硬度试验加在压头上的载荷共有三种：60公斤力、100公斤力和150公斤力。硬度计刻度盘上通常采用A、B、C三种测定洛氏硬度的标尺来分别代表这三种载荷值，所测得的硬度分别用HRA、HRB、HRC来表示。试验时所采用的压头类型、载荷大小和测量硬度的范围列于表1-2。

洛氏硬度试验较布氏硬度试验更为简便、迅速，可直接读出硬度值，测量硬度范围宽，压痕小，可直接检测某些加工好的零件。但它的准确性及稳定性都不如布氏硬度试验。

洛氏硬度试验压头类型、载荷及应用

表 1-2

硬 度 符 号	压 头 类 型	总 载 荷 (公斤力)	测 量 范 围	应 用 举 例
HRA	120°金刚石圆锥体	60	70~85	硬质合金、淬火工具钢、薄的表面硬化层
HRB	φ1.588毫米的淬硬钢球	100	25~100	软钢、灰口铸铁、有色金属
HRC	120°金刚石圆锥体	150	20~67	淬火钢、调质钢、厚的表面硬化层

五、疲劳断裂和疲劳强度

在外力的作用下，如果零件单位截面积上所产生的抗力（应力）的大小、方向随时间作周期性变化，则这种抗力称为交变应力。很多零件，如曲轴、连杆、齿轮、弹簧等都是

疲劳断裂。不论是韧性材料还是脆性材料，疲劳断裂总是呈脆性断裂，并且总是突然发生的。因此疲劳断裂具有很大的危险性，在生产中容易造成重大事故。

疲劳断裂的一般规律是，零件承受的交变应力愈大，则断裂前经受的应力循环次数愈少；反之，交变应力愈小，则循环次数就愈多。疲劳裂纹往往产生于材料的内部缺陷，如裂缝、夹杂等处，或是材料表面的划伤之处，以及由于结构设计不当而造成的局部应力集中的地方。疲劳断口由两部分组成，即疲劳裂纹产生及扩展区和最后断裂区，如图1-8所示。裂纹首先在缺陷处形成，然后在交变应力的反复作用下裂纹逐渐扩展，直至最后断裂。

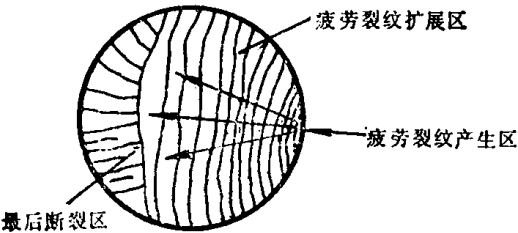


图 1-8 疲劳断口示意图

疲劳强度可由试验测定，材料在经过多次应力循环后，并未引起材料破坏的最大应力值，称为该材料的疲劳强度。一般使用的是对称弯曲交变应力作用下的疲劳强度，以 δ_{-1} 表示。表面淬火和化学热处理以及喷丸、滚压等工艺方法，都是提高疲劳强度的有效措施。

第二节 金属材料的物理性能

金属材料的物理性能主要包括：密度、比容、熔点、热膨胀性、导电性和导热性等。

一、密 度

单位体积内所含物质的质量，叫做这种物质的密度，即

$$\rho = \frac{G}{V}$$

式中 ρ ——密度，克/厘米³，
 G ——质量，克，
 V ——体积，厘米³。

密度是金属材料的重要物理性能。根据密度的大小，金属材料可分成轻金属和重金属两大类。密度小于5的为轻金属，如铝、镁等；密度大于5的为重金属，如铁和铜等。设计零件时，根据材料的密度可算出零件的质量。在受力大小相同的条件下，利用材料密度不同的特性，可以设计出质量较轻的零件。常用金属材料的密度列于表1-3。

常用金属材料的密度 表 1-3

金 属 材 料	密 度 (克/厘米 ³)	金 属 材 料	密 度 (克/厘米 ³)
镁	1.74	铝	11.34
铝	2.7	灰 铸 铁	6.8~7.4
锌	7.13	碳 钢	7.8~7.9
锡	7.3	黄 铜	8.5~8.6
铁	7.87	青 铜	7.4~9.2
铜	8.96	铝 合 金	2.55~3.0
银	10.49	镁 合 金	1.75~1.85

二、比 容

单位质量的某种物质所占有的体积，叫做这种物质的比容。它的单位是厘米³/克。

化学成分不同的金属材料具有不同的比容，但化学成分相同的金属，由于其内部结构不同，比容亦将有所不同。例如，钢经过热处理后，虽然化学成分没有变化，但因其内部结构发生了变化，导致零件的体积在热处理过程中增大或减小，因而钢的比容也随之发生变化。

三、熔 点

在缓慢加热的条件下，纯金属或合金由固态转变为液态时的温度称为熔点。纯金属的熔点是固定的，即它的熔化开始和終了都是在一个恒定的温度下完成的；而大多数合金则是在一个温度范围内完成熔化过程的。

金属材料的熔点对于某些热处理温度的选择、锻造加热温度范围的选择、铸造时熔化金属以及焊接工艺等都很重要。常用金属材料的熔点列于表 1 - 4 。

常用金属材料的熔点

表 1-4

金 属 材 料	熔 点 (°C)	金 属 材 料	熔 点 (°C)
钨	3380	镁	650
钼	2625	铅	327
铁	1538	锡	232
铜	1083	灰 铸 铁	~1200
银	960	碳 钢	1450~1500
铝	660	铝 合 金	447~575

四、热 膨 胀 性

金属物体随着温度的升高而产生体积膨胀的性能称为热膨胀性。热膨胀能力的大小，通常用线膨胀系数表示，即温度每升高 1 °C 时，金属材料所增加的长度与其原来长度之比，称为线膨胀系数，单位为 1/°C。

各种金属材料的线膨胀系数是不相同的。线膨胀系数愈大，热胀冷缩的程度也就愈大。金属材料热胀冷缩的性质在机器制造中很重要，不仅与热加工工艺有密切的关系，而且与机械加工和装配也有直接关系。为了保证零件尺寸的准确性，在测量其尺寸时，量具和零件的温度必须保持在室温甚至是恒温，以免因热胀冷缩影响测量结果的准确性。设计和制造压铸模和锻模时，也必须考虑到由于温度变化而引起模子的零件尺寸的变化。另外，人们还可以利用金属材料热胀冷缩的原理，采用“热装”的方法来组装零件。

金属的线膨胀系数不是一个恒定值，它是随温度的变化而改变的。表 1 - 5 所列的线膨胀系数是在常温下测定的数值。

几种金属的线膨胀系数

表 1-5

金属材料	线膨胀系数($10^{-3}/^{\circ}\text{C}$)	金属材料	线膨胀系数($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)
铝	23.6	黄铜	17.8
铅	29.3	铝青铜	17.6
锡	23.0	碳钢	10.6~12.2
铜	17.0	铸铁	8.7~11.1
铁	11.76	硬铝	22.6

五、导热性

金属传导热量的能力,叫做导热性。金属都具有良好的导热性,其中以银、铜、铝的导热性最好,而且金属愈纯,导热性愈好。因为即使金属中仅含有少量的杂质,也会显著地降低它的导热能力,所以纯金属的导热性比合金要好,碳素钢的导热性比合金钢好。

导热性与热处理及其它热加工工艺有密切的关系,因为金属在加热和冷却过程中,表面和心部的温度差别取决于其导热性能的好坏。导热性差的金属,其表面和心部的温度差就大,这样在工件内部就将形成较大的应力,因此对这种金属进行加热和冷却时速度应缓慢一些。

六、导电性

金属传导电流的能力叫做导电性。一般地说,金属材料都具有较好的导电性能,而且导热性好的金属材料,其导电性也好。例如,银的导电性最好,其次是铜和铝。如果以银的导电性作为100,则铜的导电性为94,铝为55,铁为2,而钛的导电性只有0.3。

导电性和导热性一样,是随着合金成分的复杂化和合金元素数量的增加而降低的。因而合金总是比纯金属的导电性差。人们利用这一原理,用导电性差即电阻大的合金制成加热炉电阻丝,通过它将电能转变为热能来加热其它的物体。

第三节 金属材料的化学性能

金属材料的化学性能就是指它在室温或高温下,抵抗外界介质对它化学侵蚀的能力。它可分为耐腐蚀性和抗氧化性两个方面。

耐腐蚀性是指金属材料对周围介质腐蚀破坏作用的抵抗能力。多数金属材料会与空气中的氧、水分、二氧化碳等发生化学作用,从而使金属材料的表面受到破坏,如钢铁生锈就是一种腐蚀现象。至于金属材料与酸碱直接接触时,将会产生更加剧烈的化学作用,从而引起严重的腐蚀。

腐蚀作用会降低零件的使用寿命,甚至使设备突然损坏。因此,耐腐蚀性是金属材料的重要性能之一,特别是对用来制造那些在腐蚀性介质中工作的零件来说尤为重要。耐腐蚀性的好坏,是以腐蚀速度来表示的,即单位时间内金属被腐蚀的深度(单位是毫米/年)。