

高等学校工程专科试用教材

937131

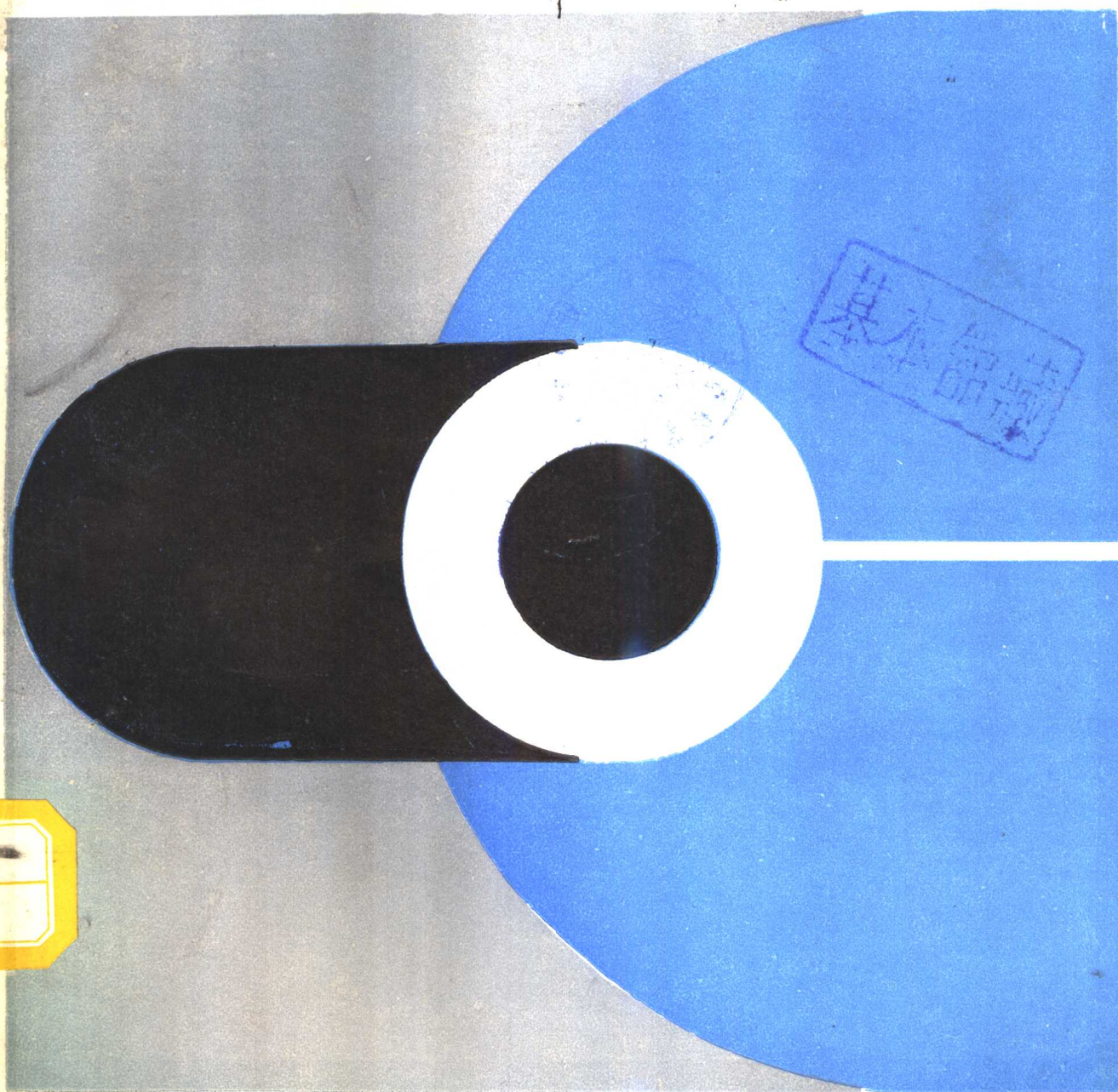
机械制造工程

袁文荣 主编

上册

TH16
4004
1

高等教育出版社



高等学校工程专科试用教材

机械制 造 工 程

上 册

袁文荣 主编

高 等 教 育 出 版 社

(京) 112 号

内 容 简 介

本书从工业企业管理角度论述机械制造工业的生产过程及其相应的工艺方法和特点,同时对有关新技术的应用亦作了介绍。本书特点是内容广泛、理论联系实际,以满足工业企业管理人员对机械制造工程基础知识和技术业务的需要。

全书分上、下册共十篇。上册包括工程材料及热处理,铸造,锻压加工,焊接。下册包括公差与配合,金属切削概论,液压传动,金属切削机床,机械制造工艺,机械设计过程的一般规范。

本书可供高等学校工程专科、中专和职工大学工业管理类,如工业企业管理、财务会计、工业统计、价格、科技档案、职工以及科技外语等专业教学使用,亦可供各类管理干部学院和在职工业企业管理干部培训使用,或自学参考。

高等学校工程专科试用教材

机械制造工程

上 册

袁文荣 主编

高等教育出版社出版

新华书店总店北京科技发行所发行

复旦大学印刷厂印装

开本 787×1092 1/16 印张 9.5 字数 213,000

1991年10月第1版 1991年10月第1次印刷

印数 00,001—2,190

ISBN 7-04-003436-0/TH·270

定价 2.95 元

前 言

“机械制造工程”是工业企业管理类各专业的一门综合性、应用性和实践性较强的技术基础课。

本书从工业企业管理角度论述机械制造工业的生产过程(原材料—毛坯—加工—装配),及其相应的各种工艺方法和特点,同时进一步研究不同的工艺方案和方法的合理选择,从而促使生产组织更为合理,以获得最大的经济效益。

全书分上、下册共十篇。上册包括工程材料及热处理,铸造,锻压加工,焊接。下册包括公差与配合,金属切削概论,液压传动,金属切削机床,机械制造工艺,机械设计过程的一般规范。

本书可供高等学校工程专科学校、职工大学、中等专业学校工业管理类各专业,如工业企业管理、财务会计、工业统计、价格、科技档案以及科技外语等专业教学使用,亦可供各类管理干部学院和在职工业企业管理干部培训使用,或自学参考。

本书由袁文荣主编,上海交通大学孙以安副教授和上海铁道学院潘延陵副教授审阅。上册由张学高编写,下册由袁文荣编写。在编写过程中得到了陆剑中、胡廉、陶本扬、王德芸等同志的帮助,谨此表示衷心的感谢。

恳切希望读者斧正本书所有的缺点和错误。

编 者

1990年11月

CA 65/25

目 录

绪论	1
----	---

第一篇 工程材料及热处理

概述	3
第一章 金属材料的机械性能及质量	
检验	4
§1 金属材料的机械性能及其测定方法	4
§2 金属材料的质量检验	13
思考题	15
第二章 铁碳合金的组织结构	16
§1 金属的晶体结构	16
§2 铁碳合金的组织与性能	18
思考题	25
第三章 钢的热处理	26
§1 钢在加热与冷却时的组织转变	26
§2 热处理种类及其应用	29
§3 钢的表面防锈处理	35
§4 热处理设备及其安全生产	36
思考题	39
第四章 常用金属材料	40
§1 碳素钢	40
§2 合金钢	44
§3 铸铁	48
§4 有色金属及其合金	50
§5 金属材料的选用及常用钢的型材	56
思考题	59
第五章 非金属材料	60
§1 工程塑料	60
§2 橡胶	62
§3 陶瓷	63
思考题	63

第二篇 铸造

概述	65
第一章 砂型铸造	67
§1 造型材料及其机械化配制	67
§2 砂型铸造的基本工艺过程	69
§3 造型与造芯	69

§4 铸造合金的熔炼、浇注和铸件的清理	75
§5 铸造车间的通风除尘和噪声控制	82
§6 铸造车间的安全生产	85
思考题	86
第二章 特种铸造	87
§1 金属型铸造	87
§2 压力铸造	88
§3 熔模铸造	89
§4 离心铸造	91
思考题	91

第三篇 锻压加工

概述	93
第一章 锻造	95
§1 金属的塑性变形	95
§2 自由锻造	97
§3 模型锻造和胎模锻造	104
§4 锻造车间的机械化	109
§5 特种锻压加工	111
§6 锻造车间的安全生产	114
思考题	115
第二章 板料冲压	116
§1 冲压设备	116
§2 冲压的基本工序及冲模	117
§3 典型板料零件的冲压工艺	119
§4 冲压加工的安全生产	120
思考题	121

第四篇 焊接

概述	123
第一章 电弧焊与气焊	125
§1 手工电弧焊	125
§2 气焊	130
§3 气割	132
§4 埋弧焊、气电焊和等离子弧焊	133
§5 焊缝的主要缺陷及其质量检验	136
§6 焊接车间的安全生产	138
思考题	139

第二章 其它焊接方法	140
§1 电渣焊	140
§2 接触焊	141
§3 钎焊	142

§4 电子束焊与激光焊	143
思考题	144

主要参考书目	145
--------------	-----

绪 论

“机械制造工程”是研究机械制造系统中生产过程（产品设计、生产组织的准备和技术准备、原材料供应、外购协作件配套供应、坯件制造、零件的机械加工和热处理、装配、检验、调试、油漆和包装等各个劳动过程的总和，称为生产过程）和相应的工艺方法的规律的一门课程。本课程是工业企业管理类各专业的一门综合性、应用性和实践性较强的基础技术课。

解放前我国机械制造业的发展异常迟缓，当时的机械制造工业主要是维修性质的。解放后我国机械制造工业发展较快，至今已形成了产品门类基本齐全、布局比较合理的机械制造工业体系。研制出一批具有世界先进水平的产品。我国的机械制造工业不仅为农业、轻工业、重工业以及其他产业提供了必要的技术装备，同时还为微电子技术、新材料、新能源、生物工程、宇航等新技术领域的生产和应用提供基础装备。我国的机械产品除了满足本国的需要外，还随着改革开放的深入，积极扩大出口，一些机电产品进入了国际市场。

近几十年来，世界科学技术的巨大进步，大大推动社会生产力的迅速发展。二百年前的个体手工劳动的生产方式，已经由大规模的机械化、自动化生产所代替。新技术广泛地应用于各个产业部门，它的发展越来越快，使产品及其技术装备更新周期越来越短，因而要求机械制造工业具有更强的适应能力。

将一个或多个制造系统（例如：毛坯制造、机械加工、热处理、装配等各个车间，可通过制造某种产品而组合成为一个某产品的制造系统）与整个工厂的经济管理系统、技术管理系统，以及国家和社会市场的需求系统联系起来，它们之间为实现共同的生产和经营目标，而进行密切的配合和协调，就构成了工厂的生产系统。

从分析构成工厂的生产系统的基本概念，各项工作的企业管理人员，需要精通自己工作范围内的业务知识，并具有较强的实际工作能力，同时需要对工厂生产系统全面了解，为完成企业的生产和经营目标而进行有效的互相配合和协调。

本课程内容是从工业企业管理角度提出和分析的，这样有利于工业企业管理类专业的学生学以致用。

通过本门课程的学习，使学生了解机械制造工程基础知识和技术。培养学生具有初步分析机械制造过程中各种工艺技术的应用对产品质量、生产率和经济效益的关系，合理组织生产，使生产系统充分发挥效能，从而得到最好的经济效益。

要学好本门课程，先要认真地进行金工实习，还要有计划参观有关机械制造工厂，了解工厂生产产品的全过程，从而获得机械制造工程的感性知识和一定的基本操作技能，以提高对本门课程内容的理解能力。这样，才能达到本课程的学习目的和要求。

第一篇 工程材料及热处理

概 述

机械工程材料是机械制造业中所用材料的统称。其中应用最为广泛的是金属材料（如：钢、铁、铜、铝等），其次是部分非金属材料（如：塑料、橡胶、陶瓷及复合材料等）。金属材料之所以能获得广泛的应用，主要原因是由于它具有较好的使用性能（如：物理、化学性能和机械性能）和加工工艺性能（如：铸造性能、锻压性能、焊接性能、热处理性能和切削加工性能）。通常在产品的设计和选材时，大多以机械性能指标作为主要依据。可是在不少情况下，加工工艺性能也往往成为决定某种材料能否被选用的关键性因素。

金属材料的性能不仅与其化学成分有关，还与其内部组织结构有关。热处理就是通过改变材料的内部组织结构以获得所需性能的一种工艺方法。它对合理选用材料、挖掘材料潜力、提高产品质量起着十分重要的作用。

在金属材料中用量最大的是钢铁材料。钢铁材料的基本生产过程是由铁矿石炼成生铁，再由生铁炼成钢，并经压力加工（如：轧制、锻压等）制成各种钢材（如：型材、板材、管材、线材等）的一系列过程，如图 1.0.1 所示。

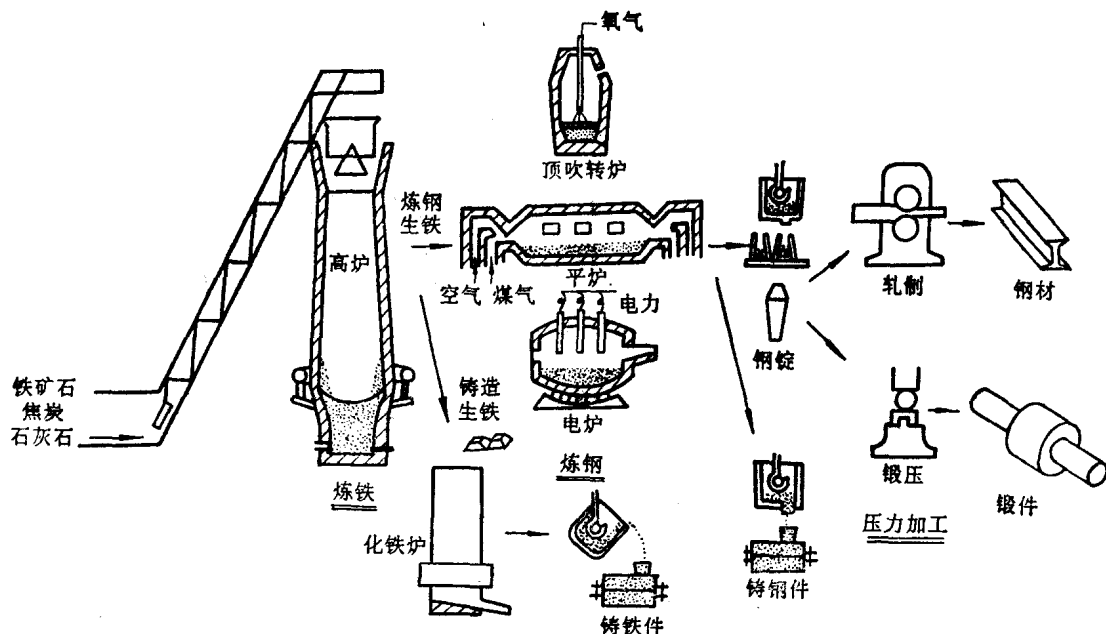


图 1.0.1 钢铁生产过程示意图

第一章 金属材料的机械性能及质量检验

§ 1 金属材料的机械性能及其测定方法

任何机械零件或工具，在使用过程中都会受到各种形式外力的作用。如起重机上的钢索，受到被悬吊物体重力的作用；钢轨受到火车车轮压力的作用；柴油机上的连杆，在其传递动力时，不仅受到拉、压力的作用，而且还要承受冲击力的作用；轴类零件往往要受到弯曲力、扭力的作用等等。这就要求金属材料必须具有一种能够抵抗外力作用而不被破坏的能力，或不超过允许变形量的能力，这种能力就称作机械性能。它也可看作是金属材料的一种力学性能。

根据零件或工具的受力（又称载荷）情况，有静载荷、动载荷和交变载荷三种形式。用以衡量静载荷作用下的机械性能指标有强度、硬度和塑性；在动载荷作用下的机械性能指标有冲击韧性；在交变载荷作用下的机械性能指标有疲劳强度等。金属材料的各种机械性能指标，是按国家标准对一定形状的标准试样进行各种试验来测定的。

一、强度

金属材料在外力作用下抵抗变形和破坏的能力叫强度。根据受力形式的不同，强度可分为抗拉、抗压、抗弯、抗剪和抗扭等几种。一般以测定抗拉强度为主。

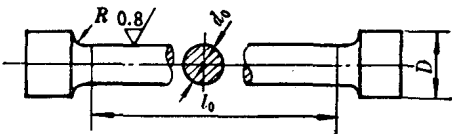


图 1.1.1 圆柱形拉伸试样
 d_0 ——试样直径； l_0 ——试样标距长度

拉伸试验是工程材料最常做的机械性能试验。它是将材料制成一定几何形状的试样（图 1.1.1 为圆柱形拉伸试样），夹持在拉伸试验机上进行拉伸试验，以测得材料的强度、塑性等指标。

用于拉伸试验的试样有标准试样和比例试样两种。此外，还有长试样（ $l_0=10d_0$ ）和短试样（ $l_0=5d_0$ ）之分，其具体尺寸必须符合表 1.1.1 的规定。

表 1.1.1 拉伸试样规范

试 样		圆柱形试样直径 d_0 mm	横截面积 S_0 mm ²	标距长度 l_0 mm	伸 长 率 %
标准的	长	20	314	200	δ_{10}
	短			100	δ_5
比例的	长	任意的	任意的	$11.3\sqrt{S_0}$	δ_{10}
	短			$5.65\sqrt{S_0}$	δ_5

注：伸长率 δ 的下标数字表示标距为直径的倍数。

拉伸试验时给试样两端缓慢地施加轴向载荷，随着载荷的不断增加，试样由弹性伸长过渡到塑性伸长，直至断裂。在整个拉伸过程中，试验机自动记录了试样每一瞬间的载荷与伸长数据，试验结果绘制出了载荷与伸长量之间的关系曲线，即拉伸图。图 1.1.2 为退火低碳钢的拉伸图。

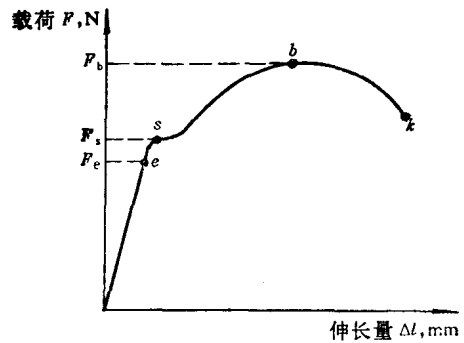


图 1.1.2 退火低碳钢的拉伸图

金属材料的强度通常都是以应力大小来表示的。所谓应力是指材料在承受外加载荷时其单位面积上的内力的度量（内力，一般来说，其数值大小与外加载荷相等，但方向相反）。它的计算方法是

$$\sigma = \frac{F}{S_0} \quad \text{MPa}$$

式中 σ ——应力，MPa；

F ——试验时的外加载荷，N；

S_0 ——试样原始横截面积， mm^2 。

根据拉伸图上各特性点的意义不同，强度指标有弹性极限、屈服极限和强度极限三种。

（一）弹性极限

由拉伸图可知，当作用在试样上的外加载荷未超过 F_e 时，去除载荷后，试样能完全恢复原状。这种性能叫做弹性。随着载荷去除而消失的变形，称作弹性变形。当载荷超过 F_e 时，则去除载荷后，试样就不能完全恢复原状，产生了一部分永久变形（即塑性变形）。因此，材料在弹性状态下所能承受的最大应力 σ_e ，叫做弹性极限。它标志着材料由弹性变形过渡到弹-塑性变形。对于在工作中不允许有塑性变形的零件，弹性极限则是选材的依据。其计算方法是

$$\sigma_e = \frac{F_e}{S_0} \quad \text{MPa}$$

式中 F_e ——弹性极限载荷，N。

在实际测量中，要精确地测出材料的弹性极限是比较困难的。因此，工程上规定，引起试样产生 0.001~0.005% 残余塑性变形时的应力作为材料的条件弹性极限。

机械零件中的各类弹簧均要求有较高的 σ_e 值。材料可以通过合金化、热处理及冷热加工等方法来提高其弹性极限。

（二）屈服极限

当载荷继续增加到 F_s 时，试样便由弹性变形过渡到塑性变形阶段。这时当载荷没有变化或变化很小时，试样仍能继续产生塑性变形，这种现象叫做材料的屈服。 s 点称为屈服点。引起材料产生屈服时的应力叫做屈服极限（或称屈服强度），用 σ_s 表示。其计算方法是

$$\sigma_s = \frac{F_s}{S_0} \quad \text{MPa}$$

式中 F_s ——试样屈服时的载荷，N。

实际上,只有少数金属材料才有明显的屈服现象。对于没有明显屈服现象的材料,如,调质钢、工具钢、高强度钢等,工程上规定,引起试样产生0.1~0.5% (通常取0.2%)残余塑性变形时的应力作为材料的条件屈服极限,用 $\sigma_{0.2}$ 表示。

屈服强度是代表材料抵抗微量塑性变形的能力。由于大部分零件都要求在弹性状态下工作,而不允许有过量塑性变形出现,塑性变形的开始即被看作是材料的失效。所以,屈服强度是确定材料许用应力的一个重要数据,也是设计和选材时的主要依据。

(三) 强度极限

当载荷超过 F_s 后,试样继续发生塑性变形,一直到试样开始产生明显的局部变形(缩颈)时,载荷达到最大值 F_b 。过了 b 点以后,试样缩颈处的截面急剧减小,直至 k 点断裂。强度极限就是试样在断裂前所能承受的最大应力,用 σ_b 表示。其计算方法是

$$\sigma_b = \frac{F_b}{S_0} \text{ MPa}$$

式中 F_b ——试样在断裂前所能承受的最大载荷, N。

由于材料在达到 σ_b 时已产生了大量的塑性变形,一般零件不可能在接近 σ_b 的条件下工作。因此,在产品的设计和选材中,通常不作为直接的计算依据。但是,考虑到强度极限比较容易测定,而且它与其它性能(如:硬度、疲劳强度等)之间存在着一定的关系,加上脆性材料(如:铸铁等)测不出 σ_s ,所以在习惯上仍将 σ_b 作为材料强度的一个重要指标。

金属材料的屈服极限和强度极限容易受材料的内在因素(如:化学成分、晶粒大小、晶体结构形式等)和外界因素(如:温度、热处理条件、加载速度等)的影响而有所变化,如表1.1.2、表1.1.3所示。

表 1.1.2 含碳量不同对碳钢 σ_s 、 σ_b 的影响

含碳量, %	0.1	0.2	0.3	0.4	0.45	0.5
σ_s , MPa	210	250	290	340	360	380
σ_b , MPa	340	420	500	580	610	640

表 1.1.3 热处理状态对40Cr钢 σ_s 、 σ_b 的影响

热处理状态	退 火	正 火	调 质
σ_s , MPa	340	440	760
σ_b , MPa	630	710	1000

由表可以看出,要控制和调整材料的性能,可将材料合金化或通过细化晶粒、调质处理等方法来达到,以便最大限度地发挥材料的内部潜力,延长使用寿命。

二、硬度

硬度是指金属材料抵抗其它更硬物体压入其表面的能力,也可以看作是材料对局部塑性变形的抗力。

常用的硬度指标有布氏硬度、洛氏硬度、维氏硬度和肖氏硬度等。一般地说，材料的硬度愈高，耐磨性也愈好。由于硬度的测试方法比较简便、迅速，又不损坏零件，加上各种硬度值可以互相换算，硬度值和强度值之间存在着一定的关系，因此，硬度试验已成为产品的机械性能检查中必不可少的手段。

下面介绍布氏硬度和洛氏硬度的测定方法。

(一) 布氏硬度

将直径为 D 的淬硬钢球或硬质合金球，在外加载荷 F 的作用下，压入被测金属材料的表面，停留一定时间后将外加载荷去除，金属表面即留下一个直径为 d 的球面压痕，如图1.1.3所示。当 F 、 D 一定时，所测得的 d 值愈大，表示材料愈软；反之，则表示材料愈硬。

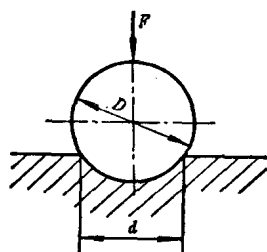


图 1.1.3 布氏硬度试验原理图

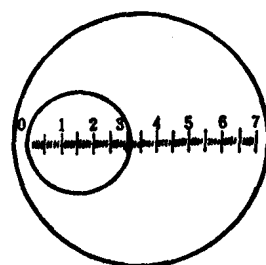


图 1.1.4 压痕测量示意图

布氏硬度值的大小用单位压痕面积上所承受的外加载荷来表示。它的计算方法是

$$\text{布氏硬度} = \frac{F}{S_{\text{压痕}}} = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

式中 F ——外加载荷，kgf，若 F 的单位用 N 时，则布氏硬度 = $\frac{0.204F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$ ，

D ——钢球直径，mm，

d ——压痕直径，mm。

布氏硬度的单位习惯上不标明。

布氏硬度值的符号如用淬硬钢球时以 HBS 或 HB 表示，用硬质合金球则以 HBW 表示。目前我国布氏硬度试验计，主要是用淬硬钢球。

表 1.1.4 压痕直径与布氏硬度对照表（部分摘录）

压痕直径，mm $d_{10}, 2d_5$ 或 $4d_2$	在下列载荷 F (kgf) 下布氏硬度 HBS		
	$30D^2$	$10D^2$	$2.5 D^2$
3.56	292	97.2	24.3
3.58	288	96.1	24.0
4.10	217	72.4	18.1
4.12	215	71.7	17.9
4.32	195	64.9	16.2
4.34	193	64.2	16.1

注：压痕直径 d_{10} 、 d_5 、 $d_{2.5}$ 下标 10、5、2.5 表示所采用的钢球直径 (mm) 的大小。如果钢球直径为 5 mm，则将测出的压痕 d 值先乘 2 ($2d_5$) 再查表；如果钢球直径为 2.5 mm，则将测出的压痕 d 值先乘 4 ($4d_{2.5}$) 再查表。

在实际应用中，不必计算，只需用刻度放大镜测量出压痕直径 d 的大小 (图 1.1.4)，就可以从有关的表格中查出相应的布氏硬度值 (表 1.1.4)。

由于被测金属材料的种类、软硬、厚薄不同，在进行布氏硬度试验时，应选用不同的载荷和钢球直径。具体规范可参见表 1.1.5

表 1.1.5 布氏硬度试验规范

金属种类	布氏硬度值 范围 HBS	试样厚度 mm	载荷 F (kgf) 与钢球直径 D (mm) 的相互关系	钢球直径 D mm	载荷 F kgf	载荷保持 时间 s
黑色金属	140~450	>6	$F = 30D^2$	10.0	3000	10
		6~3		5.0	750	
		<3		2.5	187.5	
	<140	>6	$F = 10D^2$	10.0	1000	10
		6~3		5.0	250	
		<3		2.5	62.5	
有色金属	>130	>6	$F = 30D^2$	10.0	3000	30
		6~3		5.0	750	
		<3		2.5	187.5	
	36~130	>6	$F = 10D^2$	10.0	1000	30
		6~3		5.0	250	
		<3		2.5	62.5	
	8~35	>6	$F = 2.5D^2$	10.0	250	60
		6~3		5.0	62.5	
		<3		2.5	15.6	

注：1. 如 $D=10\text{ mm}$, $F=3000\text{ kgf}$, 载荷保持时间 10s, 则所测得的硬度值表示为 241 HBS, 其它试验条件下, 在硬度符号后应以相应的数值注明, 如 100 HBS 5/250/30, 表示用 $D=5\text{ mm}$, $F=250\text{ kgf}$, 载荷保持时间为 30s 测得的硬度值是 100。

2. 压痕直径 d 的大小应在 $0.25D < d < 0.6D$ 范围内, d 太大或太小都将影响试验结果的准确性。

布氏硬度试验法，测得的硬度值比较准确。它主要用于测定硬度不高的金属材料 (<450 HBS), 如：有色金属、灰铸铁、一般碳钢或退火状态的低合金钢。因为当金属材料硬度过高时，作为压头的钢球本身会变形而影响试验结果的准确性。此外，由于布氏硬度试验压痕较大，故不宜用来测量薄片及成品。若用硬质合金球，则可以测试硬度 <650 HBW 的材料。

由于硬度值在一定程度上也反映了材料对局部塑性变形的抗力，所以硬度值与强度值之间存在着一定的近似关系，下列经验数据可供参考：

- 低碳钢 (<175 HBS) $\sigma_b \approx 0.362\text{ HBS}$
- 高碳钢 (>175 HBS) $\sigma_b \approx 0.345\text{ HBS}$
- 调质合金钢 $\sigma_b \approx 0.325\text{ HBS}$
- 灰铸铁 $\sigma_b \approx 0.1\text{ HBS}$ 或 $\sigma_b \approx \frac{\text{HBS}-40}{6}$

有色金属

$$\sigma_b \approx (0.33 \sim 0.55) \text{HBS}$$

(二) 洛氏硬度

将顶角为 120° 的金刚石圆锥体或直径为 1.588 mm 的淬硬钢球, 在一定的外加载荷 F 的作用下, 压入被测金属表面, 待载荷去除后, 根据金属表面留下的压痕深度来衡量材料的硬度。当载荷和压头一定时, 所测得的压痕深度 $(h_1 - h_0)$ 愈大, 表示材料愈软; 反之, 则表示材料愈硬 (图 1.1.5)。为了照顾到习惯上数值愈大硬度愈高的概念, 采用一常数 K 减去 $(h_1 - h_0)$, 并规定每 0.002 mm 压痕深度为一硬度单位。洛氏硬度用符号 HR 表示, 其计算公式

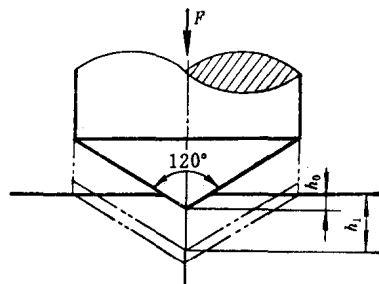


图 1.1.5 洛氏硬度试验原理图

$$\text{HR} = \frac{K - (h_1 - h_0)}{0.002}$$

式中 h_0 ——在预载荷作用下压头压入材料的深度, mm ;

h_1 ——在预载荷和主载荷作用下压头压入材料的深度, mm ;

K ——常数, 采用钢球时取 0.26 , 采用金刚石圆锥体时取 0.2 。

洛氏硬度试验时, 根据外加载荷和压头类型的不同, 硬度值分别用符号 HRA、HRB、HRC 来表示, 见表 1.1.6。

表 1.1.6 洛氏硬度试验规范

硬度值符号	压头类型	预载荷, kgf(N)	主载荷, kgf(N)	常用硬度值范围
HRA	120° 的金刚石圆锥体	10(98.1)	50(490.3)	70~85
HRB	钢球 ($\phi 1.588 \text{ mm}$)	10(98.1)	90(882.6)	25~100
HRC	120° 的金刚石圆锥体	10(98.1)	140(1373)	20~67

表 1.1.7 布氏、洛氏硬度对照表 (部分摘录)

布氏硬度 HBS ($30D^2$)	洛 氏 硬 度	
	HRC	HRA
251	25.0	(62.8)
254	25.5	(63.0)
283	30.0	(65.3)
287	30.5	(65.6)
385	41.5	71.3
391	42.0	71.6
—	65.0	83.9

注: 括弧内数值仅供参考, 在实际测试时不宜使用。

洛氏硬度试验可以用来测量硬度很高的金属材料, 而且测量过程简单迅速, 当载荷去除后便可直接在硬度试验计的刻度盘上读出硬度值。此外, 由于压痕小, 可以用来测量薄片和

成品。但其测量结果的精确度不如布氏硬度高。这是因为洛氏硬度的压头很小，压陷时容易受金属表面不平或材料内部组织不均匀的影响。因而在测量时，除先加 10 kgf 预载荷以减少表面不平的影响外，一般还需在材料的不同部位测量数点，取多数倾向的硬度平均值作为该金属材料的硬度。其中，HRC 的测量范围较大，可用来测量材料经过热处理（如：淬火、调质等）后的硬度；HRA 适宜测量材料经过化学热处理（如：渗碳、氮化等）后的高硬度表面层；HRB 可用来测量有色金属、退火钢及铸铁等硬度较低的材料。

硬度是毛坯、成品或热处理工件质量检验的一个重要性能指标，当零件对硬度有要求时，需在零件图中技术条件内注明。

上述两种硬度值之间存在着一定的关系，通常可以通过查表求得（表1.1.7）。

三、塑性

塑性是指金属材料在外力作用下产生塑性变形而不被破坏的能力。金属材料在断裂前的塑性变形愈大，表示材料的塑性愈好；反之，则表示材料的塑性愈差。衡量塑性的指标主要有伸长率和断面收缩率。

（一）伸长率

试样通过拉伸试验断裂时，总的伸长量和原始长度比值的百分率（即相对伸长）称为伸长率，用符号 δ 表示。

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

式中 l_1 ——试样拉断时的标距长度，mm；

l_0 ——试样原始的标距长度，mm。

由于试样总的伸长量是均匀伸长与产生局部缩颈后的伸长之和，故 δ 值的大小与试样长度尺寸有关。同一材料长试样的伸长率（用 δ_{10} 表示）要低于短试样的伸长率（用 δ_5 表示）。所以，在比较不同材料的伸长率时，要注意用同一长度尺寸的试样。为方便起见，长试样的伸长率就用 δ 表示。

（二）断面收缩率

通过拉伸试验，试样断裂时断面缩小的截面积和原始截面积之比值的百分率称为断面收缩率，用符号 ψ 表示。

$$\psi = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \times 100\%$$

式中 S_0 ——试样原始横截面积，mm²；

S_1 ——试样断口处横截面积，mm²。

断面收缩率与试样长度尺寸无关，所以它能比较可靠地代表材料的塑性。当材料的 δ 或 ψ 百分率的数值愈大时，则表示材料的塑性愈好。如：纯铁的 δ 约为 50%，而生铁的 δ 还不到 1%。因此纯铁的塑性比生铁好得多。

塑性指标同样有着十分重要的意义。塑性好的材料不仅可以满意地进行锻压、轧制、冷冲、冷拔等成形工艺，而且在万一超载的情况下，由于塑性变形而能避免突然断裂。所以，

在静载荷条件下工作的机械零件，一般都要求具有良好的塑性。

四、冲击韧性

发动机活塞、连杆、曲轴以及汽锤锤头、各种风动工具等工作时都会受到不同程度冲击载荷的作用。对于这些在动载荷条件下工作的零件或工具，若单纯用静载荷下的指标来衡量其性能，显然是不全面的。因为在冲击载荷作用时，外力是瞬时起作用的，材料的应力增加速度快，变形速度也快，这使原来一些强度较高的材料或在静拉伸时表现为塑性较好的材料，也往往会发生脆断。所以，材料还要求具有一定的抗冲击能力。

所谓冲击韧性是指材料抵抗冲击载荷作用的最大能力。评定材料的冲击韧性最普遍应用的测试方法是一次冲击试验。

(一) 一次冲击试验

将被测材料制成带 U 型或 V 型缺口的标准试样（图 1.1.6 为 U 型试样），安放在冲击试验机的支座上，试样缺口方向和摆锤落下方向一致。然后将试验机上具有一定重量的摆锤从一定高度自由落下，测得一次冲断时缺口处单位截面积所吸收的冲击功，称其为冲击韧性或冲击值，用符号 a_{KU} （或 a_{KV} ）表示。

冲击试验的基本原理如图 1.1.7 所示。

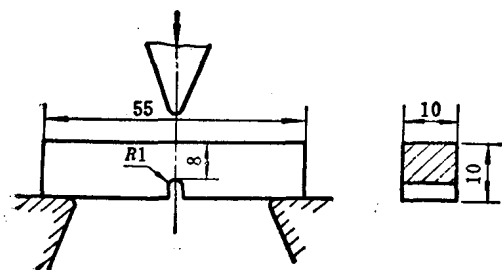


图 1.1.6 U 型冲击试样及其安置

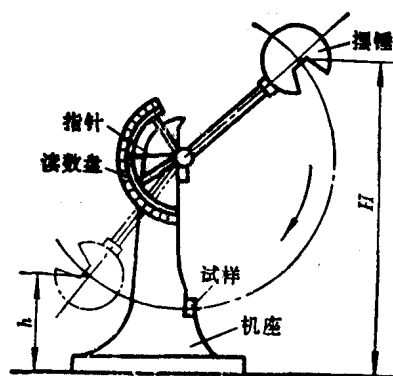


图 1.1.7 冲击试验基本原理

a_{KU} 值的计算方法如下：

$$a_{KU} = \frac{A_{KU}}{S} = \frac{W(H-h)}{S} \quad \text{J/cm}^2$$

式中 A_{KU} ——冲断试样所消耗的冲击功，J；

S ——试样缺口处截面积， cm^2 ；

W ——摆锤重力，N；

H ——摆锤原始高度，m；

h ——摆锤回升高度，m。

由于冲击载荷会导致材料的断裂，故冲击韧性在工程上常作为衡量材料脆性倾向的一种指标。 a_{KU} 值愈低，表示材料的脆性愈大。几种常用金属材料的 a_{KU} 值如下：