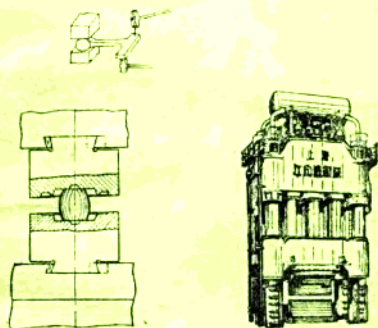


工人技术
教育读本

锻 工

上海市第三机电工业局《读本》编审委员会编



机械工业出版社

本书内容包括锻造用原材料、锻工算料、金属加热、锻造加料、锻造设备、手工锻造、自由锻造、胎模锻造、模型锻造等十三部分。

本书对原书进行了修订，结合生产实践加强了基本理论、基本技能和基本知识的内容，并列举了手工锻、自由锻和胎模锻的一些常用工艺和锻造工艺实例。

本书可作为技术工人短期培训教材及青工自学用书，也可作为技工学校教学参考书。

本书由陈厥云、陈孟生、侯阿毅同志参加修订；唐连初、毛永泉、林海章同志参加审稿。

锻 工

(修订本)

上海市第一机电工业局《读本》编审委员会 编

机械工业出版社出版 (北京东黄城根北街25号)

(北京市书刊出版业营业登记证出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092 1/32·印张 11³/₄·字数 258千字

1973年10月北京第一版

1985年11月北京第二版·1985年11月北京第五次印刷

印数 440,001—484,000·定价 1.85元

统一书号: 15033·4188

修 订 说 明

一九七二年,我局组织编写了一套《工人技术教育读本》(简称《读本》)。《读本》的出版,给具有初中文化程度、进厂三至五年的青年工人提供一套自学用书,以后又分别被选作技工学校、在职职工短训班和职工学校的教科书。据统计,这套《读本》已累计发行了一千四百余万册,为普及初级技术教育起了积极的推动作用。

党的十二大提出的开创社会主义建设新局面和发展国民经济宏伟目标,要求机械工业用先进的技术装备武装国民经济各部门。为了完成这一任务,必须培养和造就一支具有社会主义觉悟和较高文化水平的工人队伍,才能适应机械工业上质量,上品种,上水平,提高经济效益的要求。要提高工人队伍的素质,就必须在加强思想政治建设的同时,注重提高工人文化技术水平,才能掌握先进的技术,先进的工艺,生产出先进的产品。

在新的形势下,广大读者迫切要求再版和重印这套书。但考虑到这套《读本》出版已多年,随着科学技术的发展,新材料、新技术、新设备、新工艺的日新月异,因此原《读本》的某些技术内容已陈旧过时,有必要作一次全面的修订。为此,我们从一九八二年十月起开始组织修订工作。

为了保持和发扬这套《读本》文字精练,通俗易懂,结合实例,学以致用特点,做到承前启后。因此,除邀请原《读本》的部分原编者参加编写外,还增选从事职工教育的教师和工

程技术人员参加《读本》的修订和审稿工作，对原《读本》存在的不足之处，作了较大的修订和补充。经过修订后，除《机电数学》不再出版外，还增编了《焊工》和《机械制图习题集》。现在出版的技术基础课有：《机械基础》、《机械制图》、《机械制图习题集》；专业课有：《车工》、《钳工》、《刨工》、《铣工》、《磨工》、《电工》、《焊工》、《铸工》、《锻工》、《热处理工》共十三本。

我们希望经过修订后的这套《读本》，力求做到：篇幅适宜，内容实用，文理通顺，公式准确，图稿清晰。并通过典型零件的剖析和小改小革方法的启示，帮助读者掌握基本的操作技能和提高解决生产中实际问题的能力。为了帮助读者巩固和加深对课文内容的理解，每章后附有复习题，全书后面还附有参考试题。

这套《读本》可作为技术工人短期培训教材及育工自学用书，也可作为技工学校教学参考用书。

在修订过程中，得到了各承担单位及原编者的大力支持，以及全体编审人员的共同努力，修订工作已告顺利完成，在此表示衷心感谢。但是，由于编写时间仓促，调查研究，搜集资料还做得不够，加上编审人员水平有限，在内容上可能还存在不够确切、完整、甚至错误的地方，热诚地欢迎广大读者提出批评意见。

上海市第一机电工业局
《工人技术教育读本》编审委员会
一九八四年五月

目 录

第一章 锻造用原材料	1
第一节 金属的性能	1
第二节 锻造用钢	12
第三节 钢锭、钢坯的组织 and 缺陷	22
第四节 锻造用有色金属	27
第五节 锻造材料的准备	31
复习题	34
第二章 锻工算料	35
第一节 算料基本公式	35
第二节 计算尺算料	37
第三节 金属重量计算盘算料	42
第四节 查表法和估算法算料	49
复习题	54
第三章 金属加热	55
第一节 加热用燃料	55
第二节 钢的晶体结构和合金组织	58
第三节 铁碳合金状态图	63
第四节 加热对钢的影响	66
第五节 加热缺陷和防止方法	71
第六节 确定锻造温度范围	75
第七节 钢的加热规范	78
第八节 加热温度的测定方法	86
复习题	89
第四章 锻造加热炉	91
第一节 锻造加热炉的分类及选择	91

第二节 常用锻造加热炉	95
第三节 加热炉的砌筑材料和维护保养	102
复习题	107
第五章 自由锻造设备	108
第一节 蒸汽锤	108
第二节 空气锤	115
第三节 机械锤简介	123
第四节 自由锻锤吨位选择及维护保养	125
第五节 自由锻造水压机	127
第六节 锻造辅助设备	138
复习题	146
第六章 手工锻造	147
第一节 手工锻造常用工具简介	147
第二节 掌钳与打锤的基本姿势	150
第三节 手锻炉的结构及其加热	152
第四节 手工锻造的安全技术	154
第五节 手工锻造的基本工序	155
第六节 手工锻造的工艺实例	163
复习题	167
第七章 自由锻造	169
第一节 锻造成形基本知识	169
第二节 自由锻造的通用工具	175
第三节 自由锻造的基本工序	178
第四节 自由锻造的工艺实例	195
第五节 大型锻件的锻造	201
第六节 锻工安全技术	204
复习题	205
第八章 高合金钢和有色金属的锻造工艺	206
第一节 高合金钢锻造工艺的特点	206
第二节 高速钢的锻造工艺	207

第三节	不锈钢的锻造工艺	216
第四节	有色金属及其合金的锻造工艺	218
复习题		223
第九章	锻件的冷却、热处理及质量检验	224
第一节	锻件的冷却	224
第二节	锻件的热处理	227
第三节	锻件的清理和质量检验	231
复习题		235
第十章	自由锻造工艺规程	237
第一节	自由锻件结构的工艺性	237
第二节	自由锻件工艺规程编制	238
第三节	自由锻造工艺规程示例	249
复习题		253
第十一章	胎模锻造	254
第一节	胎膜锻造的特点应用及发展趋向	254
第二节	胎膜的种类和结构	256
第三节	胎膜锻件分类及胎模锻常用工艺	263
第四节	胎膜材料	271
第五节	胎膜锻设备吨位的选择	273
第六节	胎膜的制造和使用	273
第七节	胎膜设计的基本知识	277
复习题		286
第十二章	模型锻造	287
第一节	模锻的分类、特点和工艺过程	287
第二节	锤上模锻	289
第三节	热模锻压力机上模锻	300
第四节	摩擦压力机上模锻	304
第五节	切边、冲孔和校正	308
第六节	模锻件的缺陷	310
复习题		313

第十三章 特种锻造工艺	314
第一节 精密模锻	314
第二节 辊锻	316
第三节 扩孔	318
第四节 电热顶锻	320
第五节 热挤压	321
第六节 摆动辗压	322
复习题	323
附录	324
附录一 常用希腊字母及读音表	324
附录二 公英制尺寸换算	324
附录三 锤上自由锻件复杂程度分类 (JB/Z73-64)	325
附录四 锤上自由锻造的锻件之机械加工余量和公差 (摘自 JZ1-59~27-59)	328
附录五 本书所用法定计量单位及其换算	361
参考试题	362

第一章 锻造用原材料

工程材料可分为金属材料与非金属材料两大类。金属材料又可分为黑色金属和有色金属。黑色金属通常指铁和铁的合金,如铸铁、碳素钢和合金钢等。有色金属通常指黑色金属以外的金属及其合金:如铜、铝、钛、锌、铅、镁等及其合金。

第一节 金属的性能

一、金属的物理性能

衡量金属材料物理性能的主要指标有: 重度、熔点、比热、导热系数、线膨胀系数、摩擦系数及电磁性能等。

1. 密度 γ

单位体积材料的重量称为密度。密度的单位是克/厘米³或公斤/分米³、吨/米³。

2. 熔点

加热时, 材料由固态转变为液态的温度称为熔点。单位是 $^{\circ}\text{C}$ 。

3. 比热 c

加热时, 单位重量材料每升高 1 度所吸收的热量称为比热。比热的单位是焦/(公斤·开)。

4. 导热系数 λ

导热系数用以衡量材料传递热量的能力。导热系数的单位是瓦/(米·开), 表示截面为 1 平方米, 长度为 1 米, 两端温度差为 1°C 的物体在 1 小时内所传递的热量的瓦数。

表 1-1 常用材料的物理性能

材 料	密度 γ (克/厘米 ³)	熔 点 (°C)	比热 c [千焦/ (公斤·开)]	导热系数 λ [瓦/(米·开)]	线膨胀系数 α ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)
铸 铁	6.6~7.4	1200	0.55	46.5~93.1	9~11
紫 铜	8.9	1083	0.38	393.1	17.2
钢 材	7.85	1400~1500	0.50~0.71	46.5	11~13
高速钢	8.3~8.7	1400	0.49	25.6	11
铅黄铜	8.5~8.7	950	0.39	93.1	17.8
铝青铜	7.6	995	0.385	63.96	17.6
硅青铜	8.48	995	0.385	63.96	17.6
铝	2.71	658	0.90	203.5	24.8
钨	19.3	3380	0.14	166.3	4.6
钼	10.2	2625	0.27	191.9	4.9
镁	1.74	650	1.03	153.5	24.3
锡	7.3	232	0.23	62.8	23
铬	7.19	1903	0.46	67.45	6.2

注：比热、导热系数的非法定单位卡/(克·°C)、千卡/(米·小时·°C)与其法定单位的换算见附录五。

导热性是锻造用金属材料的重要性能。金属在加热或冷却过程中，由于内外温度不同，而具有不同的热胀或冷缩，使金属内部产生温度应力。金属的导热性越差，其温度应力越大，就越容易因急冷急热而开裂。因此，对导热性不好的金属应缓慢地加热或冷却。

5. 线膨胀系数 α

线膨胀系数用以衡量材料在热胀冷缩时体积变化的大小。线膨胀系数的单位是($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)，表示物体温度升高 1°C 时单位长度的增长量。锻件的热尺寸和锻模模槽尺寸都必须考虑到材料的线膨胀系数。

6. 摩擦系数 k

使一个物体在另一个物体表面上滑动所需的力和它们之

间的接触力之比称为摩擦系数。材料摩擦系数的大小影响到锻件成形时,在砧块上或锻模内流动的好坏。

二、金属的化学性能

化学性能是指金属材料的耐腐蚀性能和抗氧化性能。它和化学成分(金属材料中各种元素的成分)的含义不同。

1. 耐腐蚀性能

材料在酸、碱等介质中,抵抗侵蚀的能力称为耐腐蚀性。

制造各种化工容器用的耐酸钢,要了解其耐腐蚀性能,需要做晶间腐蚀试验,这是对不锈钢耐酸钢的特殊要求。通常是把试样放在硫酸铜,硫酸或沸腾硝酸中,在规定的时间内浸煮,然后检查这些试样在弯曲后有没有裂纹;或者用显微镜观察其组织,根据国家标准确定它的耐腐蚀性能。

2. 高温抗氧化性

高温抗氧化性是指材料在高温气氛中抵抗腐蚀的能力。

钢的抗氧化性能,用材料表面每年腐蚀的深度来衡量。腐蚀速度小于每年1毫米的材料被认为是抗氧化的,大于每年3毫米的则被认为是弱抗氧化的。

三、金属的机械性能

材料在外力作用下抵抗外力的能力称为机械性能。所受的外力叫负荷,材料受力后,尺寸及形状的改变叫变形。变形有弹性变形(外力消失后,材料恢复原来形状、尺寸)和塑性变形(外力消失后,材料残留有永久变形)两种。

金属材料的机械性能主要包括硬度、强度、塑性和韧性等。

1. 硬度

材料抵抗其它物体压入的能力叫硬度。

常用的硬度有布氏硬度和洛氏硬度。

(1) 布氏硬度(HB): 把一个淬火钢球,在3000公斤的负

荷下压入金属材料表面，去掉负荷后，根据压痕的直径(图 1-1a)查表，即可确定布氏硬度值。布氏硬度用符号 HB 表示。

布氏硬度试验可以在布氏硬度试验机上(图 1-1b)进行，

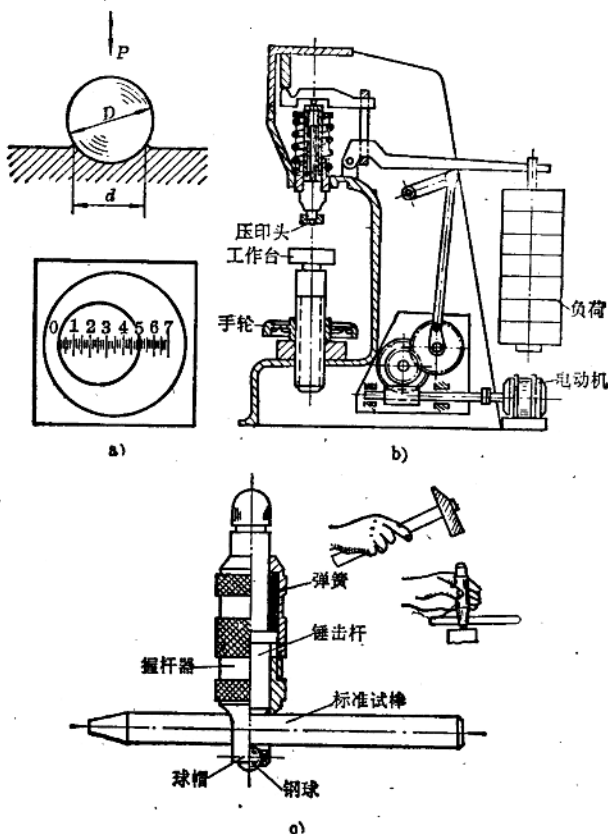


图 1-1 布氏硬度试验

a) 压痕直径 b) 布氏硬度试验机 c) 锤击式布氏硬度试验器

也可以用锤击式布氏硬度试验器(图 1-1c)来测定。

用锤击式布氏硬度试验器测定布氏硬度时,应首先估计被测试工件大致的硬度,选择与工件硬度相近的标准试棒插入试验器内,然后如图 1-1c 所示,使圆钢球抵住试件的表面,左手握住握持器使它与测件表面垂直,右手用锤用力敲击杆顶端一次。这样,钢球将在试件表面上及标准试棒上同时各打上一个压痕。测量两个压痕的直径,根据标准试棒的已知布氏硬度值和两个压痕的直径,就可以从特制的对照表里查出试件的布氏硬度值。

(2) 洛氏硬度(HRO): 把一个顶锥角为 120° 的金刚石圆锥压头压入金属材料的表面,去掉负荷后,测量压头压入的深度来确定洛氏硬度值(图 1-2)。

图 1-2 中 0-0 表示金刚石圆锥压头的初始位置; 1-1 为压头与试样接触并受到初负荷 P_0 (规定为 10 公斤)后,压入试样深度为 h_0 的位置; 2-2 为加上主负荷 P_1 后,压头压入试样的位置; 3-3 为取去负荷

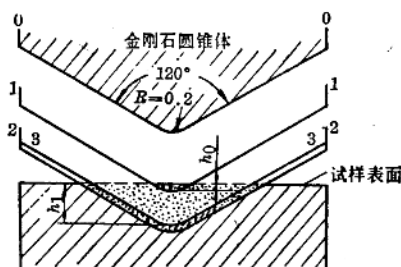


图 1-2 洛氏硬度试验图

后,压头由于试样弹性变形的恢复压痕略有提高后的位置,此时压头实际压入试样的深度为 h_1 。压头由于负荷的作用而压入试样的深度为 $h_1 - h_0$,根据此数值便可换算出洛氏硬度值。

布氏硬度测定方便,对被测表面的要求不高,用于测量硬度较低($HB < 450$)的材料和毛坯件。洛氏硬度的压痕小而浅,对被测表面要求较高,用于测量硬度较高的材料和成品件。

材料的硬度与强度之间有一定的关系，一般硬度高的材料，强度也高(见表1-2)，通过硬度测定可以知道材料的强度，而且硬度试验不破坏材料，又可以方便地测得，所以得到广泛的应用。

表 1-2 碳素钢的布氏硬度、洛氏硬度和抗拉强度对照表

布氏硬度 (HB)	洛氏硬度 (HRC)	抗拉强度 σ_b (牛/毫米 ²)	布氏硬度 (HB)	洛氏硬度 (HRC)	抗拉强度 σ_b (牛/毫米 ²)
	60	2607	350	38	1231
	59	2496	341	37	1200
	58	2391	332	36	1170
	57	2293	323	35	1141
	56	2201	314	34	1113
	55	2115	306	33	1086
	54	2034	298	32	1060
	53	1957	291	31	1034
	52	1885	283	30	1009
501	51	1817	276	29	984
488	50	1753	269	28	961
474	49	1692	263	27	938
461	48	1635	257	26	914
449	47	1581	251	25	892
436	46	1529	245	24	870
424	45	1488	240	23	849
413	44	1445	234	22	829
401	43	1405	229	21	809
319	42	1367	225	20	790
380	41	1331	220	19	771
370	40	1296	216	18	753
360	39	1267	211	17	736

2. 强度

材料受外力作用而不变形或破坏的能力叫做强度。材料

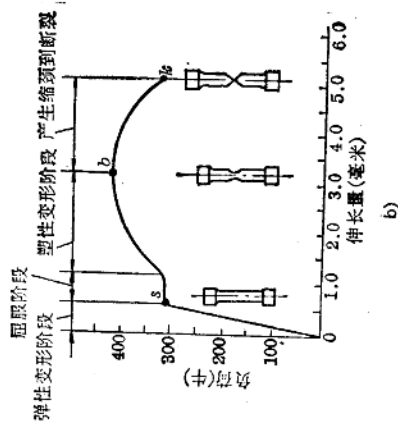
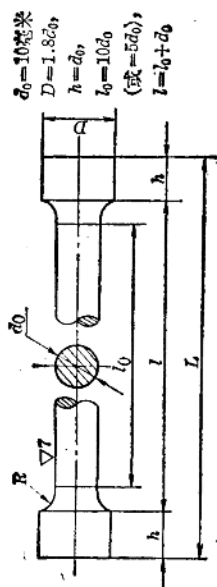


图 1-4 拉伸试验和拉伸曲线

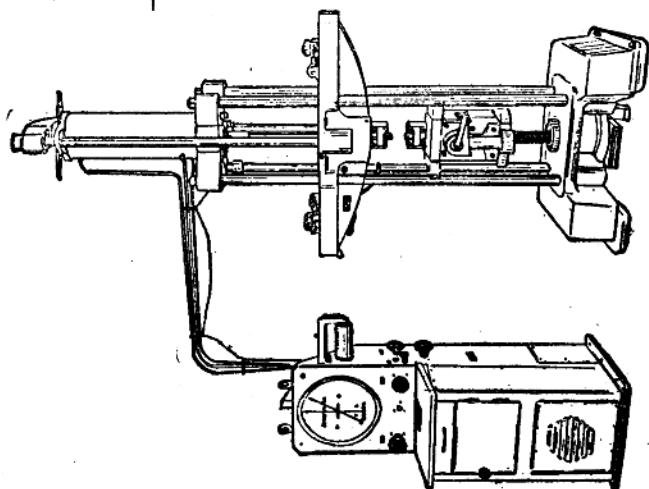


图 1-3 万能液压试验机

最主要的强度指标有屈服强度 σ_s 和抗拉强度 σ_b 。

在拉伸试验机(图 1-3)上, 对拉伸试样(图 1-4a)进行拉伸试验, 可以作出材料的拉伸曲线。图 1-4b 为碳钢拉伸曲线。在拉伸曲线上可以确定材料的屈服强度 σ_s 和抗拉强度 σ_b 。

(1) 屈服强度 σ_s : 金属材料在外加负荷增加到一定值 P_s 时开始屈服, 这时即使负荷没有增加, 试样也继续伸长, 产生永久变形。这时的材料强度称为屈服强度 σ_s 。在拉伸曲线上该强度可用屈服点 s 来确定。

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

式中 P_s ——屈服负荷(牛);

F_0 ——拉伸试样的横截面积(毫米²)。

(2) 抗拉强度 σ_b : 材料在外加负荷下产生破裂的强度称为抗拉强度。在拉伸曲线上, 抗拉强度 σ_b 可由 b 点来确定:

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

式中 P_b ——试样承受的最大负荷(牛);

F_0 ——拉伸试样的横截面积(毫米²)。

3. 塑性

材料产生永久变形而不破裂的能力叫做塑性。材料的塑性可以用延伸率 δ 和断面收缩率 ψ 来衡量。 δ 和 ψ 值愈大表示材料的塑性愈好。

材料的塑性指标可以根据拉伸试样断裂后的状况来确定。

试样断裂时, 单位长度的伸长量叫做延伸率。试样断裂时, 单位横截面积的缩小量叫做断面收缩率。

延伸率 δ 和断面收缩率 ψ 都用百分数来表示。

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

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

式中 l_0 、 F_0 ——试样原来的长度(毫米)和横截面积(毫米²)；
 l_1 、 F_1 ——试样断裂后的长度(毫米)和最小横截面积(毫米²)。

4. 冲击韧性

在冲击负荷作用下，材料抵抗冲击破坏的能力叫做冲击韧性 α_k 。冲击韧性用材料在破坏时吸收的能量大小来衡量。

冲击试验在冲击试验机上进行(图 1-5a)。冲击试样如

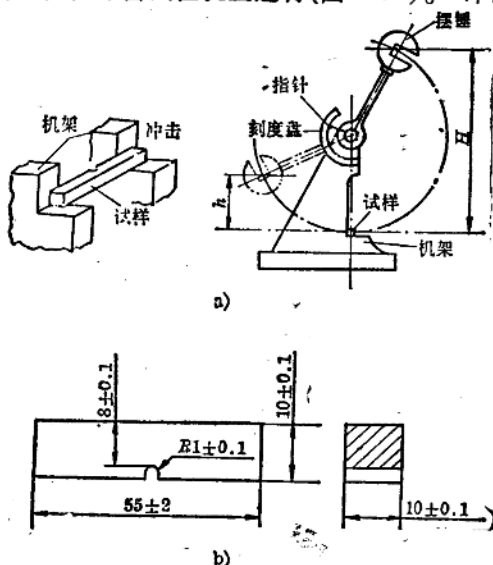


图 1-5 冲击试验

a) 冲击试验机 b) 冲击试样