



国家技能型紧缺人才培养项目

21世纪 高等职业教育通用教材

机械制造基础

(两年制)

JIXIE ZHIZHAO JICHU

王甫茂 李正峰 主编

上海交通大学出版社

国家技能型紧缺人才培养项目
21世纪高等职业教育通用教材

机械制造基础

(两年制)

主 编	王甫茂	李正峰
副主编	林剑明	倪兆荣
	彭雪鹏	

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书是根据教育部《两年制高等职业教育数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养指导方案》规划的系列教材之一,本着以实际应用为目的,以理论必需、够用为度,将工程材料、毛坯成型方法、金属切削加工及互换性与技术测量等课程的内容进行了优化整合。

全书分为四篇,第一篇为工程材料,第二篇为毛坯成型方法,第三篇为金属切削加工,第四篇为互换性与技术测量。

本书除可作为两年制高等职业教育数控技术应用专业教材外,也可作为三年制机电类、近机类相关专业的教材,参考学时数为 90~100 学时。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造基础 / 王甫茂, 李正峰主编. —上海: 上海交通大学出版社, 2005
21 世纪高等职教通用教材, 二年制
ISBN 7-313-04027-X

I. 机... II. ①王... ②李... III. 机械制造—高等学校:技术学校—教材 IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 065865 号

机械制造基础

(两年制)

王甫茂, 李正峰主编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 887 号 邮政编码 200030)

电话: 64071208 出版人: 张天蔚

上海颀辉印刷厂印刷 全国新华书店经销

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 22.5 字数: 542 千字

2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月第 1 次印刷

印数: 1~3050

ISBN7-313-04027-X/TH·106 定价: 36.00 元

版权所有 侵权必究

序

发展高等职业教育,是实施科教兴国战略、贯彻《高等教育法》与《职业教育法》、实现《中国教育改革与发展纲要》及其《实施意见》所确定的目标和任务的重要环节;也是建立健全职业教育体系、调整高等教育结构的重要举措。

近年来,年轻的高等职业教育以自己鲜明的特色,独树一帜,打破了高等教育界传统大学一统天下的局面,在适应现代社会人才的多样化需求、实施高等教育大众化等方面,做出了重大贡献。从而在世界范围内日益受到重视,得到迅速发展。

我国改革开放不久,从1980年开始,在一些经济发展较快的中心城市就先后开办了一批职业大学。1985年,中共中央、国务院在关于教育体制改革的决定中提出,要建立从初级到高级的职业教育体系,并与普通教育相沟通。1996年《中华人民共和国职业教育法》的颁布,从法律上规定了高等职业教育的地位和作用。目前,我国高等职业教育的发展与改革正面临着很好的形势和机遇:职业大学、高等专科学校和成人高校正在积极发展专科层次的高等职业教育;部分民办高校也在试办高等职业教育;一些本科院校也建立了高等职业技术学院,为发展本科层次的高等职业教育进行探索。国家学位委员会1997年会议决定,设立工程硕士、医疗专业硕士、教育专业硕士等学位,并指出,上述学位与工程学硕士、医学科学硕士、教育学硕士等学位是不同类型的同一层次。这就为培养更高层次的一线岗位人才开了先河。

高等职业教育本身具有鲜明的职业特征,这就要求我们在改革课程体系的基础上,认真研究和改革课程教学内容及教学方法,努力加强教材建设。但迄今为止,符合职业特点和需求的教材却还不多。由泰州职业技术学院、上海第二工业大学、金陵职业大学、扬州职业大学、彭城职业大学、沙洲职业工学院、上海交通高等职业技术学院、上海交通大学技术学院、上海汽车工业总公司职工大学、立信会计高等专科学校、江阴职工大学、江南学院、常州技术师范学院、苏州职业大学、锡山职业教育中心、上海商业职业技术学院、潍坊学院、上海工程技术大学等百余所院校长期从事高等职业教育、有丰富教学经验的资深教师共同编写的《21世纪高等职业教育通用教材》,将由上海交通大学出版社等陆续向读者朋友推出,这是一件值得庆贺的大好事,在此,我们表示衷心的祝贺。并向参加编写的全体教师表

示敬意。

高职教育的教材面广量大,花色品种甚多,是一项浩繁而艰巨的工程,除了高职院校和出版社的继续努力外,还要靠国家教育部和省(市)教委加强领导,并设立高等职业教育教材基金,以资助教材编写工作,促进高职教育的发展和改革。高职教育以培养一线人才岗位与岗位群能力为中心,理论教学与实践训练并重,二者密切结合。我们在这方面的改革实践还不充分。在肯定现已编写的高职教材所取得的成绩的同时,有关学校和教师要结合各校的实际情况和实训计划,加以灵活运用,并随着教学改革的深入,进行必要的充实、修改,使之日臻完善。

阳春三月,莺歌燕舞,百花齐放,愿我国高等职业教育及其教材建设如春天里的花园,群芳争妍,为我国的经济建设和社会发展作出应有的贡献!

叶春生

前 言

本书是根据教育部《两年制高等职业教育数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养指导方案》中“机械制造基础”课程教学基本要求编写的。本着以实际应用为目的,以理论必需、够用为度,合理整合教材内容。本书不但适合于两年制数控技术应用专业的学生使用,也可供高职院校三年制机电类或近机类专业学生使用。本书参考学时数为 90~100 学时,各专业可根据需要进行取舍。

与以往《机械制造基础》教材不同的是,本书将工程材料、毛坯成型方法、金属切削加工及互换性与技术测量中的有关内容进行了很好的整合。全书内容简洁、实用,知识面广,深度适宜,便于教师讲授和学生自学。另外编写了《机械制造基础实训教程》(两年制)作为本书的配套教材。

本书编写者都是高职院校具有丰富教学经验的教师。全书由王甫茂、李正峰任主编,林剑明、倪兆荣、彭雪鹏任副主编。编写分工如下:林剑明(第 1,2 章)、王甫茂(第 3,4,5 章)、彭雪鹏(第 6,7 章)、李正峰(第 8,9,10,21,22,23 章)、高明亮(第 11 章)、吴萍(第 12,13,15,16 章)、倪兆荣(第 14,19,25 章)、赵妹娟(第 17 章)、黄淑琴(第 18 章)、刘志毅(第 20 章)、桂定一(第 24 章)。

因编者水平有限,错漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

2005 年 5 月

目 录

第 1 篇 工程材料

第 1 章 金属材料的力学性能	3
1.1 强度和塑性	3
1.2 硬度	5
1.3 冲击韧性	8
1.4 疲劳强度	9
习题 1	10
第 2 章 铁碳合金	11
2.1 纯金属的晶体结构与结晶	11
2.2 合金的晶体结构与二元合金相图	17
2.3 铁碳合金相图	20
习题 2	27
第 3 章 钢的热处理	28
3.1 钢在加热时的组织转变	28
3.2 钢在冷却时的组织转变	29
3.3 钢的普通热处理	32
3.4 钢的表面热处理	35
习题 3	37
第 4 章 常用金属材料	39
4.1 碳钢、铸铁	39
4.2 合金钢	43
4.3 轴承合金	52
4.4 粉末冶金材料	53
4.5 有色金属及其合金	55
习题 4	59
第 5 章 非金属材料	60
5.1 工程塑料	60
5.2 橡胶	64

5.3 陶瓷材料·····	64
5.4 复合材料·····	65
习题 5 ·····	66

第 2 篇 毛坯成型方法

第 6 章 铸造成型 ·····	69
6.1 概述·····	69
6.2 砂型铸造·····	70
6.3 特种铸造·····	75
6.4 常用合金铸件的生产特点·····	79
6.5 铸件结构设计·····	80
习题 6 ·····	83
第 7 章 锻压成型 ·····	85
7.1 锻压工艺基础·····	85
7.2 自由锻·····	88
7.3 模锻·····	93
7.4 板料冲压·····	95
7.5 其他压力加工方法简介·····	99
习题 7 ·····	101
第 8 章 焊接成型 ·····	103
8.1 概述 ·····	103
8.2 手工电弧焊 ·····	104
8.3 其他焊接方法 ·····	106
8.4 常用金属材料的焊接 ·····	111
8.5 焊接变形和应力 ·····	113
8.6 焊接结构设计 ·····	114
习题 8 ·····	118

第 3 篇 金属切削加工

第 9 章 切削加工基础知识 ·····	121
9.1 切削运动与切削要素 ·····	121
9.2 金属切削刀具 ·····	123
9.3 切削过程中的物理现象 ·····	128
9.4 工件材料的切削加工性 ·····	132
习题 9 ·····	133
第 10 章 车削加工 ·····	134
10.1 车削加工范围和工艺特点·····	134

10.2	车床概述·····	135
10.3	车刀的结构、种类和应用·····	139
10.4	车削加工基本方法·····	140
10.5	其他车床简介·····	144
习题 10	·····	145
第 11 章	钻削与镗削 ·····	146
11.1	钻床概述·····	146
11.2	钻削·····	148
11.3	扩孔、铰孔和铰孔·····	152
11.4	镗削·····	155
习题 11	·····	161
第 12 章	刨削和铣削 ·····	162
12.1	刨削加工·····	162
12.2	铣削加工·····	167
习题 12	·····	171
第 13 章	磨削加工 ·····	172
13.1	磨床概述·····	172
13.2	砂轮·····	173
13.3	磨削过程·····	176
13.4	外圆磨削·····	177
13.5	内圆磨削·····	180
13.6	平面磨削·····	181
习题 13	·····	182
第 14 章	齿轮加工 ·····	183
14.1	齿轮加工概述·····	183
14.2	成型法加工直齿轮·····	183
14.3	展成法加工直齿轮·····	185
习题 14	·····	189
第 15 章	钳工 ·····	190
15.1	钳工概述·····	190
15.2	装配·····	199
习题 15	·····	202
第 16 章	现代加工技术简介 ·····	203
16.1	数控加工技术·····	203
16.2	数控加工程序·····	206
16.3	特种加工·····	209
16.4	柔性加工技术·····	216
习题 16	·····	219
第 17 章	机械加工工艺过程 ·····	220

17.1 机械加工工艺过程的基本知识·····	220
17.2 典型零件加工工艺过程举例·····	226
习题 17 ·····	236

第 4 篇 互换性与技术测量

第 18 章 极限与配合 ·····	239
18.1 概述·····	239
18.2 极限与配合的基本术语及其定义·····	239
18.3 极限与配合国家标准的构成·····	243
18.4 极限与配合的选择·····	253
18.5 光滑工件尺寸的检验 GB/T 3177—1997 ·····	256
习题 18 ·····	260
第 19 章 形状和位置公差及其检测 ·····	261
19.1 概述·····	261
19.2 形位公差带的标注和常用检测方法·····	263
19.3 形位公差与尺寸公差的关系·····	268
习题 19 ·····	271
第 20 章 表面粗糙度 ·····	273
20.1 概述·····	273
20.2 表面粗糙度的图样标注·····	276
20.3 表面粗糙度的选择·····	279
习题 20 ·····	281
第 21 章 滚动轴承的互换性 ·····	282
21.1 滚动轴承的精度等级及其应用·····	282
21.2 滚动轴承内外径公差带及特点·····	282
21.3 轴和外壳孔与滚动轴承配合的选用·····	284
21.4 配合表面的其他技术要求·····	286
21.5 应用举例·····	287
习题 21 ·····	288
第 22 章 键和花键的互换性与检测 ·····	289
22.1 平键连接的互换性·····	289
22.2 花键连接的互换性·····	291
22.3 键和花键的检测·····	294
习题 22 ·····	295
第 23 章 普通螺纹结合的互换性与检测 ·····	296
23.1 概述·····	296
23.2 螺纹几何参数误差对互换性的影响及泰勒原则·····	298
23.3 螺纹结合的互换性及其选用·····	300

23.4	螺纹在图样上的标注·····	304
23.5	螺纹的检测·····	304
	习题 23 ·····	307
第 24 章	圆柱齿轮公差与检测 ·····	308
24.1	齿轮传动使用要求和齿轮加工工艺误差·····	308
24.2	齿轮精度的评定指标及检测·····	313
24.3	齿轮副精度的评定及检测·····	320
24.4	齿轮坯和箱体孔的精度·····	325
24.5	渐开线圆柱齿轮精度设计·····	328
	习题 24 ·····	335
第 25 章	测量技术基础 ·····	337
25.1	测量技术的基本知识·····	337
25.2	长度计量单位与量值传递·····	337
25.3	计量器具与测量方法的分类·····	340
25.4	测量误差·····	341
	习题 25 ·····	343
	参考文献 ·····	344

第1篇 工程材料

工程材料是现代技术的四大支柱之一,在国民经济中占有举足轻重的地位。工程材料分为金属材料和非金属材料两大类。金属材料是最重要的机械工程材料,广泛应用于制造各种生产设备、工具、军工产品和生活用具。非金属材料不但能替代部分金属材料,而且目前已成为一种重要的、独立的新型工程材料,具有广泛的发展前景。本篇第1章主要介绍材料的力学性能的基本概念及表示方法;第2章主要介绍铁碳合金的构成及应用;第3章介绍钢的热处理的种类及其应用;第4章主要介绍常用工程材料的种类、牌号及用途;第5章主要介绍非金属材料的种类、特点及用途。

第 1 章 金属材料的力学性能

金属是绝大多数机械设备的应用材料。一般情况下,选用金属材料时,是以力学性能作为主要依据的。力学性能是指材料在外加载荷作用下所表现出来的性能,主要包括强度、塑性、硬度、韧性和疲劳强度等。用来表征材料力学性能的各种临界值或规定值均称为力学性能指标,材料的力学性能的优劣就是用这些指标的具体数值来衡量的。

要研究材料的力学性能,必须先了解零件所承受载荷的性质和作用方式。根据载荷的性质,载荷一般分为静载荷、冲击载荷和交变载荷。静载荷是指载荷的大小和方向不变或变动很慢的载荷;冲击载荷是指突然作用于零部件上的载荷;交变载荷是指大小与方向随时间发生周期性变化的载荷。根据载荷形式的不同,载荷也可分为拉伸载荷、压缩载荷、弯曲载荷、剪切载荷和扭转载荷等,如图 1-1 所示。

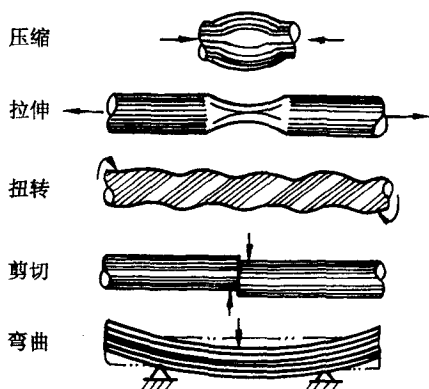


图 1-1 载荷的形式

金属材料受到载荷作用时,发生形状和尺寸的变化,称为变形。变形按卸载后能否完全消失,分为弹性变形与塑性变形。所谓弹性变形,是指材料受到载荷作用时产生变形,载荷卸除后能恢复原状的变形。而塑性变形是指载荷卸除后不能恢复原状的变形,也称永久变形。

1.1 强度和塑性

材料的强度与塑性是材料最重要的力学性能指标。

1.1.1 强度

强度是指材料抵抗变形和断裂的能力。根据载荷作用形式的不同,强度可分为抗拉、抗压、抗弯、抗剪和抗扭强度等。不同金属材料的强度指标,可通过拉伸试验和其他力学性能试验方法测定。

1) 拉伸试验

常用的强度指标测定方法是拉伸试验。拉伸试验是将材料制成标准拉伸试样(如图 1-2 所示),装在拉伸试验机上,缓慢地加载进行轴向拉伸,试样逐渐伸长,直至断裂。在拉伸试验过程中,自动记录装置记录的载荷 F (拉伸力)与试样伸长量 Δl 之间的关系曲线称为力-伸长曲线,如图 1-3 所示。图中纵坐标表示力 $F(N)$;横坐标表示绝对伸长量 $\Delta l(mm)$,即在某一拉伸力时,试样的标距长度与原始标距长度的差值。

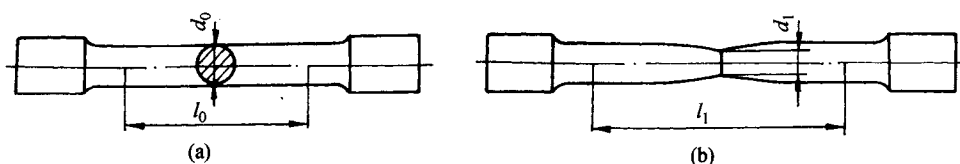


图 1-2 标准拉伸试样示意图

(a) 拉伸前; (b) 拉伸后

l_0 —原始标距长度; d_0 —试样原始直径; l_1 —拉断后标距长度; d_1 —拉断后直径

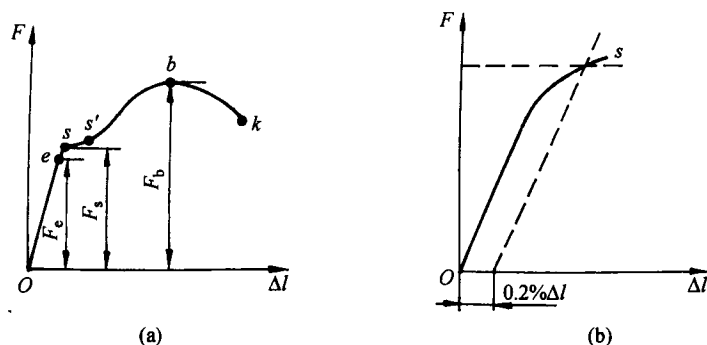


图 1-3 力-伸长曲线

(a) 塑性材料; (b) 脆性材料

由图 1-3(a)曲线可以看出,拉伸过程表现出下面四个变形阶段:

Oe 段——弹性变形阶段。此阶段内试样变形是弹性变形,如去除拉伸力,变形则完全消失。 F_e 是保持弹性变形的最大拉伸力。

es' 段——屈服阶段。其中在 es 段中,不仅有弹性变形,还有微量的塑性变形,若此时卸载,试样的伸长只能部分地恢复,而保留一部分变形。在 ss' 段,会出现平台或锯齿状,这时载荷不增加或略有减少,试样却继续伸长,这种现象称为屈服现象, s 点称为屈服点。此时的载荷 F_s 为屈服载荷。屈服后,材料将残留较大的塑性变形。

s'b 段——强化阶段。要使试样继续发生变形,必须不断增加载荷。随着塑性变形的增加,材料变形抗力也逐渐增加,这种现象称为形变强化(或称加工硬化)。 F_b 为试样所能承受的最大载荷。

bk 段——缩颈阶段。当载荷增加到最大值 F_b 后,试样的直径发生局部收缩,称为“缩颈”。此时变形所需载荷也逐渐降低。至 k 点,试样断裂。

2) 强度指标

材料的强度指标主要有弹性极限、屈服点和抗拉强度等。

(1) 弹性极限 σ_e 。材料只产生弹性变形所能承受的最大应力:

$$\sigma_e = \frac{F_e}{A_0} \quad (\text{MPa})$$

式中, F_e 为试样只产生弹性变形的最大载荷, N; A_0 为试样原始横截面积, mm^2 。

(2) 屈服点 σ_s 。表示材料产生屈服时对应的应力:

$$\sigma_s = \frac{F_s}{A_0} \quad (\text{MPa})$$

式中, F_s 为试样产生屈服时的载荷, N; A_0 为试样原始横截面积, mm^2 。

对于屈服现象不明显的材料, 如高碳钢、铸铁等, 如图 1-3(b) 所示, 测定 σ_s 很困难。在此情况下, 规定以试样长度方向产生 $0.2\%l_0$ 塑性变形时的应力, 作为试样的“规定残余伸长应力”, 用 $\sigma_{r0.2}$ 表示:

$$\sigma_{r0.2} = \frac{F_{r0.2}}{A_0}$$

式中, $F_{r0.2}$ 为残余伸长率达 0.2% 时的载荷, N; A_0 为试样原始横截面积, mm^2 。

(3) 抗拉强度 σ_b 试样拉断前所能承受的最大应力:

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_0}$$

式中, F_b 为试样拉断前所能承受的最大载荷, N; A_0 为试样原始横截面积, mm^2 。

屈服点和抗拉强度均为设计和金属材料的重要依据。机械零件与工具的工作应力必须小于材料的屈服点, 否则会引起明显的塑性变形, 导致机械零件与工具的损坏; 若工作应力大于抗拉强度, 则会发生断裂, 造成事故。

在工程上, 把 σ_s / σ_b 的值称为屈强比。其值愈小, 零件可靠性愈高, 因为若超载也不会立即断裂。但屈强比太小, 则材料强度的利用率不高。一般以 0.75 左右为宜。

1.1.2 塑性

塑性是指材料在断裂前产生永久变形而不被破坏的能力。常用的塑性指标有断后伸长率和断面收缩率, 它们都是通过拉伸试验求得的。

(1) 断后伸长率 δ 指试样拉断后, 标距的伸长量与原标距的百分比。即

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

式中, l_0 为试样原始标距长度, mm ; l_1 为试样拉断后标距长度, mm 。

必须指出, 长试样 ($l_0 = 10d_0$) 的伸长率用符号 δ_{10} 或 δ 表示, 短试样 ($l_0 = 5d_0$) 的伸长率用符号 δ_5 表示。对同一材料 $\delta_5 > \delta_{10}$ 。因此, 在比较伸长率时应注意规格要统一。

(2) 断面收缩率 ψ 指试样拉断后, 缩颈处横截面积的最大缩减量与原始横截面积的百分比。即

$$\psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\%$$

式中, A_0 为试样原始横截面积, mm^2 ; A_1 为试样断裂处的最小横截面积, mm^2 。

断面收缩率不受试样尺寸的影响, 因此能比较确切地反映材料的塑性。

一般, δ 、 ψ 值愈大, 材料的塑性愈好。塑性好的材料可用轧制、锻压、冲压等方法加工成型。塑性好的材料若超载, 也可因其塑性变形而避免突然断裂, 提高了工作的安全性。

1.2 硬度

硬度是指材料抵抗其他更硬物体压入自己表面的能力。硬度是衡量材料软硬程度的度量指标, 表示材料的坚硬程度。

在机械制造中所用的刀具、量具、模具等工具, 都应具备足够的硬度, 才能保证使用寿命和

使用性能。因此,硬度也是金属材料重要的力学性能指标。

由于硬度试验的设备比较简单、操作方便、迅速,不需专门试样,又不破坏工件,属于无损检验。并且还可根据硬度值估算抗拉强度值,所以在生产中应用十分广泛。硬度试验方法较多,最常用的是布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度试验法。

1.2.1 布氏硬度

1) 布氏硬度试验原理

如图 1-4 所示。用直径为 D 的淬火钢球或硬质合金球做压头,以相应试验力 F 压入试件表面,经规定的保持时间 t 后,卸除试验力,得到一直径为 d 的压痕。用试验力除以压痕表面积,所得值即为布氏硬度值,用符号 HB 表示。淬火钢球为压头时,符号为 HBS;硬质合金球为压头时,符号为 HBW。

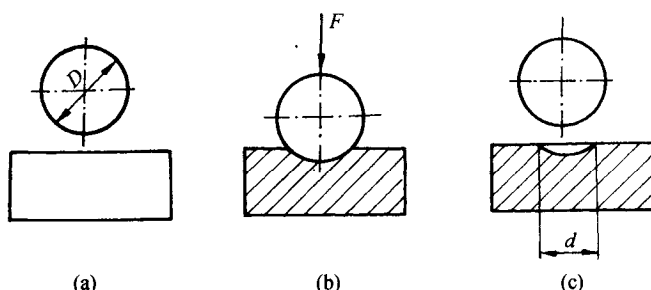


图 1-4 布氏硬度试验原理示意图

(a) 加载前; (b) 加载; (c) 卸载后

在实际测量时,布氏硬度一般不用计算,而是用专用的刻度放大镜测出压痕的直径 d ,根据压头直径 D 、施加的试验力 F 及压痕直径 d ,查阅已计算好的硬度值表,即可得到布氏硬度值。

在实际试验时,可根据材料的种类、硬度范围、试样厚度等,按布氏硬度的试验规范具体确定试验力 F 、压头直径 D 和试验力保持时间 t 的取值大小。

2) 布氏硬度的表示方法

布氏硬度一般不标单位,其表示方法为:在符号 HBS 或 HBW 之前写出硬度值,符号后面依次用相应数字注明压头直径、试验力和保持时间(10~15s 不标注)。例如 120HBS10/1000/30 表示直径为 10mm 的淬火钢球作压头,在 1000kgf(9.807kN)试验力作用下,保持 30s 所测得的布氏硬度值为 120(或表示为 120HBS)。

3) 适用范围

布氏硬度的特点是压痕面积大,能反映出较大范围内被测材料的平均值,测定的结果较稳定、准确。但布氏硬度试验不够简便,又因压痕大,故不宜用来测试薄件或成品件。HBS 适于测量硬度值小于 450 的材料,HBW 适于测量硬度值小于 650 的材料。目前使用的布氏硬度计多数用淬火钢球作压头,故主要适用于测量灰铸铁、有色金属、各种正火、退火及调质钢材。

可根据所测材料的布氏硬度值,粗略估算其抗拉强度值。如:

退火的低碳钢、中碳钢 $\sigma_b \approx 3.6\text{HBS}$

高碳钢 $\sigma_b \approx 3.4\text{HBS}$