



中央广播电视大学教材

金属工艺学

上册

JINSHU GONGYIXUE

严绍华 主编

中央广播电视大学出版社

金属工艺学

上册

严绍华 主编

中央广播电视大学出版社

(京)新登字 163 号

图书在版编目(CIP)数据

金属工艺学 上册/严绍华主编. —北京:中央广播电视大学出版社,1996.5
ISBN 7-304-01222-6

I. 金… II. 严… III. 金属加工-工艺 IV. TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 08365 号

金 属 工 艺 学

上 册

严绍华 主编

中央广播电视大学出版社出版

社址:北京市复兴门内大街 160 号 邮编:100031

北京密云胶印厂印刷 新华书店北京发行所发行

开本 787×1092 1/16 印张 13.25 千字 300

1996 年 2 月第 1 版 1996 年 5 月第 1 次印刷

印数 1—4700

定价 15.05 元

ISBN 7-304-01222-6/TG·6

前 言

本书根据中央广播电视大学 1992 年 9 月审定的“金属工艺学”教学大纲编写,作为广播电视大学机械类专业金属工艺学课程的讲课教材,也可供高等工科院校、职工大学、函授大学、业余大学选用及有关工程技术人员参考。

全书分上、下两册出版。上册为热加工,内容包括金属材料的基本知识、铸造、锻压、焊接和粘接、毛坯选择等五章;下册为冷加工,内容包括金属切削加工基础知识、车钻镗加工、铣刨拉加工、磨削光整和少无切削加工、齿形加工、常用表面加工方法选择及典型零件工艺过程、零件结构工艺性、数控技术与特种加工、非金属材料的成形与加工等九章。

本教材在编写过程中,注意总结了多年来广播电视大学的教学经验,考虑了广播电视大学培养大专层次应用型高等专门人才的目标和规格,贯彻必需和够用为度的精神,力求精选内容,突出理论和实际的结合,着重对学生应用技术和实践能力的培养。为了适应广播电视大学远距离教学的特点,便于学生自学,叙述上力求深入浅出,图文密切配合。同时,专门编写了《金属工艺学学习指导》一书,作为本书的配套教材,明确教学基本要求,以便学生能掌握正确的学习方法,加深对课程基本内容的学习和理解,培养分析和解决实际问题的能力。

本教材与实习教材既有明确的分工,又保持内容的有机联系和密切配合,避免简单重复。金属工艺学课堂讲授是在金工实习的基础上进行的拓宽、加深和应用,考虑到广播电视大学学生实习条件有限,在编写体系上仍按工种介绍基本加工方法。

为了适应科学技术发展的需要,本教材兼顾了传统加工方法和新技术、新工艺两个方面,增加了超塑成形、精密冲裁、粘接、非金属材料的成形与加工等新内容。

参加本书编写的教师,上册有:清华大学严绍华(第一、四章)、李家枢(第三、五章及绪论)、中央广播电视大学鲁桂兰(第二章);下册有:清华大学张学政(第一、二、三、四章)、马二恩(第五、六、七章,其中第六章与张学政合写)、傅水根(第八、九章)。上册由严绍华主编,下册由张学政主编。

本书上册承蒙北京理工大学朱铁保教授、天津大学徐允长教授审阅;下册承蒙北京工业大学王永波教授、北京农业工程大学张政兴教授审阅。由朱铁保教授担任主审。不少老师对本教材的编写提出许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平和经验所限,书中难免有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

1994.6

目 录

绪论	(1)
第一章 金属材料的基本知识	(3)
§ 1-1 金属材料的力学性能	(3)
一、强度	(3)
二、塑性	(5)
三、硬度	(5)
四、冲击韧度(冲击韧性).....	(7)
五、疲劳强度	(8)
§ 1-2 金属的晶体结构与结晶	(9)
一、金属的晶体结构	(9)
二、金属的结晶	(10)
三、金属的同素异构转变	(12)
§ 1-3 合金的相结构与相图	(12)
一、合金的相结构	(12)
二、二元合金相图的概念	(14)
§ 1-4 铁碳合金	(15)
一、铁碳相图	(15)
二、典型铁碳合金的组织转变	(18)
三、铁碳相图的应用	(22)
§ 1-5 钢的热处理	(22)
一、钢在加热时的组织转变	(23)
二、钢在冷却时的组织转变	(24)
三、钢的普通热处理工艺	(25)
四、钢的表面热处理工艺	(28)
§ 1-6 常用钢材	(30)
一、化学成分对碳钢力学性能的影响	(30)
二、钢的分类、牌号和用途	(31)
第二章 铸造	(37)
§ 2-1 合金的铸造性能	(38)
一、合金的充型能力	(38)
二、合金的收缩	(40)
三、铸件的热裂	(44)
四、铸造应力、变形与冷裂	(44)

§ 2-2 常用合金铸件的生产	(48)
一、铸铁件生产	(48)
二、铸钢件生产	(61)
三、非铁合金铸件生产	(64)
§ 2-3 砂型铸造及铸造工艺规程设计	(69)
一、造型方法及其选择	(69)
二、造型生产线简介	(72)
三、铸件结构的铸造工艺性分析	(73)
四、铸造工艺图	(78)
§ 2-4 特种铸造	(85)
一、熔模铸造	(85)
二、金属型铸造	(86)
三、压力铸造	(88)
四、低压铸造	(89)
五、离心铸造	(90)
第三章 锻压	(92)
§ 3-1 金属的塑性变形	(93)
一、金属塑性变形的实质	(93)
二、塑性变形对金属组织和性能的影响	(95)
三、金属的锻造性能	(98)
§ 3-2 自由锻	(100)
一、自由锻的特点和应用	(100)
二、自由锻设备	(100)
三、自由锻工艺规程的制定	(101)
四、零件的自由锻结构工艺性	(111)
五、高合金钢的锻造特点	(112)
§ 3-3 模锻	(112)
一、模锻锤上模锻	(113)
二、热模锻压力机上模锻	(118)
三、平锻机上模锻	(119)
四、摩擦压力机上模锻	(120)
§ 3-4 板料冲压	(121)
一、板料冲压的特点和应用	(121)
二、板料冲压的基本工序	(122)
三、板料冲压件的结构工艺性	(130)
§ 3-5 其他压力加工方法	(133)
一、精密模锻	(133)
二、挤压成形	(135)

三、轧制成形	(137)
四、超塑成形	(139)
五、精密冲裁	(140)
第四章 焊接和粘接	(142)
§ 4-1 电弧焊质量分析	(143)
一、电弧焊冶金过程	(143)
二、焊接接头的组织和性能	(144)
三、焊接应力和变形	(146)
四、焊接缺陷	(149)
§ 4-2 电弧焊常用方法	(151)
一、手工电弧焊	(151)
二、埋弧焊	(154)
三、气体保护电弧焊	(157)
四、等离子弧焊接与切割	(159)
§ 4-3 其他常用焊接方法及焊接新工艺	(161)
一、电阻焊	(161)
二、钎焊	(163)
三、电渣焊	(163)
四、电子束焊	(164)
五、激光焊	(165)
六、摩擦焊	(166)
七、扩散焊	(167)
§ 4-4 常用金属材料的焊接	(168)
一、金属材料的焊接性	(168)
二、碳钢的焊接	(169)
三、低合金结构钢的焊接	(170)
四、不锈钢的焊接	(171)
五、铸铁件焊补	(173)
六、有色金属的焊接	(174)
§ 4-5 焊接结构工艺设计	(175)
一、焊接方法的选择	(175)
二、焊缝布置	(177)
三、焊接接头设计	(179)
§ 4-6 粘接	(183)
一、粘接的原理与特点	(183)
二、胶黏剂	(184)
三、粘接工艺	(186)
第五章 毛坯选择	(190)

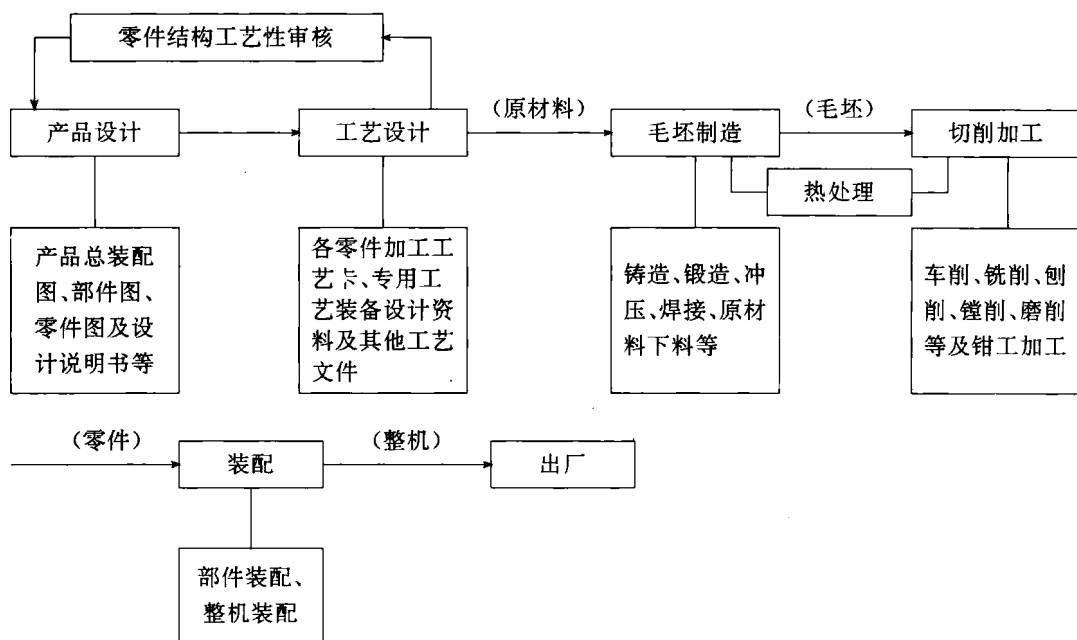
§ 5-1 选择毛坯类型及其加工方法的原则	(190)
一、满足零件的使用要求	(190)
二、降低制造成本	(191)
三、考虑生产条件	(191)
§ 5-2 常用毛坯制造方法及其制品的比较	(192)
§ 5-3 常用机械零件毛坯的选择	(193)
一、轴杆类零件	(193)
二、盘套及饼块类零件	(193)
三、支架和箱体类零件	(196)
四、毛坯选择实例	(196)
参考书目	(200)

绪 论

金属工艺学是一门传授机械零件常用制造方法与过程的综合性课程。它是我国各类高等学校机械类专业学生必修的技术基础课。

机械制造业在国民经济中占有十分重要的地位,是现代工业的基础产业之一。它与国民经济各部门有着非常密切的关系,担负着为各行业、各部门提供生产和运营所需各种装备的任务。各种原材料,尤其是金属材料,绝大部分都要经过机械制造的不同过程才能制成各种机械的构件或零部件,作为工业、农业、交通、国防等各行业、各部门产品的组成部分。机械制造的生产能力和发展水平,在很大程度上反映一个国家的经济实力和科技水平。

机械产品的一般制造过程如下图所示:



本课程的教学基本要求是:

- (1)了解常用金属材料的主要力学性能、工艺性能及大致应用范围。
- (2)掌握各种主要加工方法的实质、工艺特点及应用范围;熟悉各种主要加工方法的基本原理,了解影响产品质量的因素;具有根据不同类型零件的使用要求和结构特点,选择其毛坯成形和零件加工方法的初步能力。
- (3)了解各种主要加工方法所用设备和工具的工作原理及选用原则。
- (4)掌握零件结构设计的工艺性要求,具有对毛坯和零件的结构进行工艺分析的初步能

力。

(5)了解机械制造的新技术、新工艺。

此外,由于工程材料课程安排在本课程之后,所以本课程还要介绍金属和合金的结晶、组织、性能和常用金属材料的牌号、用途以及钢的热处理等有关基础知识。

通过本课程的教学,要使学生获得常用金属材料加工方法的基本知识,具有工艺分析的初步能力,为学习有关后续课程及将来从事机械设计和加工制造方面的工作奠定基础。

本课程由金工实习和金属工艺学讲课(含金工实验)两个部分组成。金工实习是金属工艺学讲课的必要前提。金属工艺学讲课是在金工实习基础上对知识的拓宽和加深,系统讲授加工方法和工艺的理论知识,以培养学生综合运用这些知识解决实际问题的能力。

学生通过金工实习应了解钢铁材料的一般生产过程;了解机械零件的制造过程;熟悉毛坯成形和零件加工的常用方法;了解所用设备和工具的使用方法;初步掌握主要加工方法的基本操作技能,进行必要的生产实践锻炼并培养认真负责的作风。

金属工艺学最突出的特点是与生产实际的密切联系。因此,在学习过程中时时事事注意理论联系实际是学好本课程的关键。在金属工艺学讲课之前,必须选择教学条件较好的校办实习工厂或社会工厂,按照金工实习教学大纲和实习指导的要求,搞好金工实习。在听课的过程中,要充分运用金工实习打下的感性知识基础,加深对工艺知识的理解,并通过课堂讨论和作业,培养分析和解决实际问题的能力。

本课程的教材包括实习教材、讲课教材(本教材)、录像教材和学习指导四个部分。实习教材和讲课教材是金工实习和金属工艺学讲课的主教材,全面系统地介绍本课程的有关知识;由于本课程与生产实际的密切联系,录像教材更显示其不可替代的优越性。它可以把大量生动具体的加工手段和生产场面展现在学生面前。但是,由于学时的限制,录像教材只能介绍本课程的重点内容和文字教材难以表达清楚的内容;学习指导既是金工实习的指导性文件,又是在课堂教学过程中指导学生自学和复习的辅助教材。其中明确规定了金工实习的目的要求、进行方式及各实习工种的具体教学要求;对于本教材各章节的教学要求、主要内容、重点难点、典型例题及学习方法等都有明确的阐述和指导。学生要完成好各个教学环节所规定的学习任务,就要注意培养自学能力,善于运用各教学媒体,最大限度地从中汲取知识,以培养解决工程实际问题的能力。

第一章 金属材料的基本知识

金属材料是机械制造中应用非常广泛的工程材料,它包括纯金属和以金属为基的合金,这些金属和合金可分为黑色金属和有色金属两大类:

(1)黑色金属 指铁和以铁为基的合金(钢、铸铁和铁合金)。

(2)有色金属 指黑色金属以外的所有金属及其合金,如铜及铜合金、铝及铝合金、钛及钛合金、轴承合金等。

在机械制造中应用的金属材料以黑色金属为主,钢件和铸铁件占金属机件的90%以上。由于黑色金属具有优良的使用性能和工艺性能,而且价格比较便宜,所以它是工业上最重要的金属材料。

本章仅介绍金属材料的基本知识,主要有金属材料的力学性能;金属和合金的晶体结构及金属材料的组织结构与性能的关系;钢的热处理等。这部分内容为学习本课程中的铸造、锻压、焊接和切削加工等准备必需的基础知识。关于金属材料的较系统和更深入的内容将在“工程材料”课程中研究。

§ 1-1 金属材料的力学性能

金属机件在各种机械设备中,功能各不相同。为了保证机件工作可靠性和一定的使用寿命,而且便于制造,其材料应具备适宜的性能。金属材料的性能包括以下几个方面:

(1)力学性能 指金属材料在外力作用下所表现出来的特性,通常有强度、塑性、硬度、韧性和疲劳强度等。

(2)物理性能 指金属及其合金的密度、熔点、膨胀系数、导电性、导热性和磁性等物理本性。

(3)化学性能 指金属及其合金的化学稳定性,如耐腐蚀性、抗氧化性等。

(4)工艺性能 指金属材料适应冷、热加工工艺要求的难易程度,包括铸造性能、锻压性能、焊接性和切削加工性能等。

大多数以承受载荷、传递动力为主的金属机件,在设计和选材时,通常以力学性能作为主要依据。本节仅介绍金属材料的主要力学性能。

一、强度

金属材料在外力作用下抵抗永久变形和断裂的能力称为强度。根据作用力形式不同,强度可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度和抗剪强度等。工程上常用来表示金属材料强度的指标有屈服点和抗拉强度。

金属材料的屈服点和抗拉强度是通过拉伸试验测定的。首先应将被测金属材料制成标准

拉伸试样〔图 1-1a〕〕。试验时,将标准拉伸试样装夹在拉伸试验机的两个夹头上,在试样两端缓慢施加拉力,试样在不断增加的拉力作用下逐渐发生变形,直至被拉断为止〔图 1-1b〕。拉伸过程中,试验机将自动记录每一瞬间试样所受拉力 P 和伸长量 ΔL ,绘出拉伸曲线。图 1-2 为低碳钢的拉伸曲线。

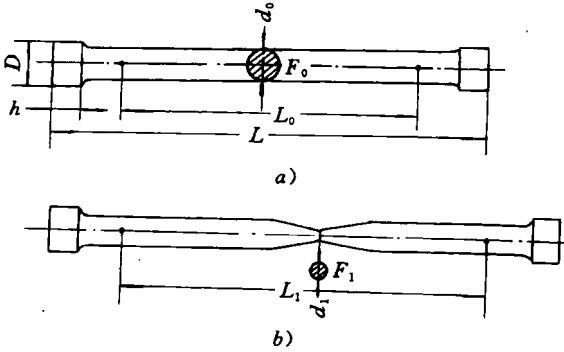


图 1-1 拉伸试样

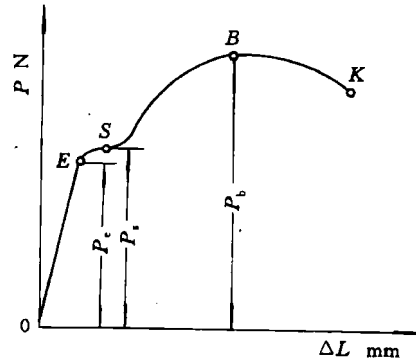


图 1-2 低碳钢的拉伸曲线

当金属材料受外力作用时,其内部产生与外力相平衡的内力。材料单位截面上的内力称为应力。

从图 1-2 中可以看出,当外力小于 P_s 时,试样的变形属于弹性变形,即外力去除后,试样将恢复到原始状态;当外力超过 P_s 后,试样除发生弹性变形外,还发生部分塑性变形,这时,外力去除后试样不能恢复到原始形状。当外力增大到 P_s 时,在 S 点的曲线几乎呈水平线段或呈锯齿形折线,说明外力不再增加而试样仍继续变形,这种现象称为“屈服”。它表明材料开始发生塑性变形。材料产生屈服现象时的应力称为屈服点,可通过下式计算:

$$\sigma_s = \frac{P_s}{F_0}$$

式中 P_s ——试样产生屈服现象时的拉力, N;

F_0 ——试样原始横截面积, m^2 ;

σ_s ——屈服点, Pa。

当外力超过 P_s 后,曲线呈上升趋势,说明随外力增大,塑性变形显著增大。当外力增加到 P_b 以后,试样局部开始变细,发生“缩颈”现象,塑性变形集中在缩颈处,由于截面缩小,使试样继续变形所需的外力下降。外力减至 P_k 时,试样在缩颈处断裂。试样在拉断前所能承受的最大标称拉应力,称为抗拉强度,可通过下式计算:

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F_0}$$

式中 P_b ——试样在拉断前的最大拉力, N;

F_0 ——试样原始横截面积, m^2 ;

σ_b ——抗拉强度, Pa。

有些金属材料,拉伸试验时没有明显的屈服现象,工程上规定用对应于产生 0.2% 塑性变

形时的应力值作为条件屈服强度,用 $\sigma_{0.2}$ 表示。

屈服点和抗拉强度是一般机器零件和构件设计和选材的主要依据。

此外,工程上还希望金属材料具有适当的屈强比(σ_s/σ_b)。材料的屈强比越低,零件的可靠性越高,但材料强度的有效利用率越低。因此,一般希望屈强比高一些。

二、塑性

金属材料在外力作用下产生不可逆永久变形的能力称为塑性。常用的塑性指标有伸长率 δ 和断面收缩率 ψ ,它们也是通过拉伸试验测定的。

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

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

式中 L_0 ——试样原始标距长度,mm;

L_1 ——试样拉断后标距长度,mm;

F_0 ——试样原始横截面积, m^2 ;

F_1 ——试样断裂处的横截面积, m^2 。

伸长率 δ 的大小与试样尺寸有关。为了便于比较,必须采用标准试样尺寸。通常规定,试样原始标距长度等于其直径的 10 倍时,测得的伸长率用 δ_{10} (或 δ) 表示;试样原始标距长度等于其直径的 5 倍时,测得的伸长率用 δ_5 表示。

良好的塑性是材料能进行各种压力加工(如冲压、挤压、冷拔、热轧、锻造等)的必要条件。此外,零件工作时,为了避免由于超载引起突然断裂,也需要具有一定的塑性。

三、硬度

硬度是指金属材料表面抵抗局部变形,特别是塑性变形的能力或抵抗表面局部压痕或划痕的能力,其值通常在硬度计上测定。常用的硬度试验方法有布氏硬度试验、洛氏硬度试验和维氏硬度试验等。

1. 布氏硬度试验

布氏硬度试验时,采用直径为 D 的钢球或硬质合金球作压头,在相应的试验力 P 作用下压入试样表面〔图 1-3a〕,保持规定的时间后,卸除试验力,测量压痕直径 d 〔图 1-3b〕。根据试验力、压痕平均直径,用下式可求出布氏硬度值 HBS(HBW)。

$$\text{HBS(HBW)} = \frac{P}{F} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \times 0.102$$

式中 P ——试验力,N;

——压痕面积, mm^2 ;

D ——球体直径, mm^2 ;

d ——压痕平均直径,mm。

压头为钢球时用 HBS,适用于布氏硬度值在 450 以下的材料;压头为硬质合金球时用 HBW,适用于布氏硬度值在 650 以下的材料。表示布氏硬度值时,在符号 HBS 或 HBW 之前为

硬度值,符号后面按一定顺序用数值表示试验条件(球体直径、试验力大小和保持时间等)。当保持时间为 10~15s 时,不标注。如 160HBS10/1000/30 表示用直径 10mm 的钢球在 1000kgf^① (9.81kN) 试验力作用下保持 30s 测得的布氏硬度值为 160。

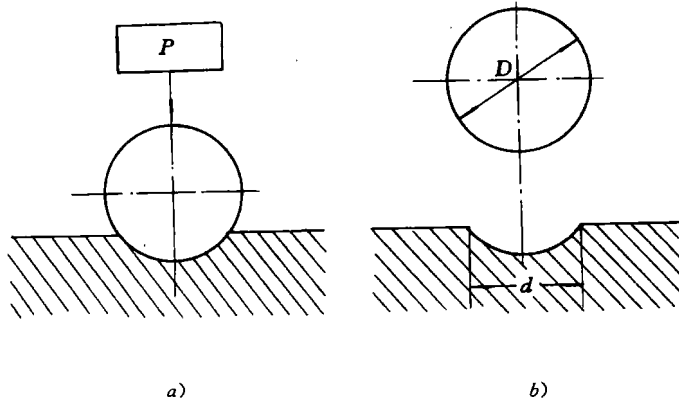


图 1-3 布氏硬度试验原理示意图

2. 洛氏硬度试验

洛氏硬度试验时,采用顶角为 120°的金刚石圆锥或直径 1.588mm 的钢球作压头,在初始试验力 P_0 及总试验力 P (初始试验力 P_0 + 主试验力 P_1) 先后作用下压入被测材料表面〔图 1-4a), b)], 保持规定的时间后,卸除主试验力,在初始试验力下测量压痕深度残余增量 e , 计算硬度值〔图 1-4c)〕。试验时,可通过洛氏硬度计上的刻度盘直接读出洛氏硬度值。

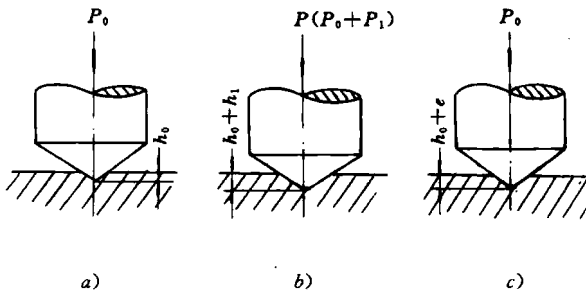


图 1-4 洛氏硬度试验原理示意图

根据所采用的压头和试验力不同,洛氏硬度有几种硬度标尺,常用的有 A, B, C 三种标尺。洛氏硬度用符号 HR 表示,符号后面加字母表示所用的标尺,硬度值写在符号 HR 前面。例如, 60HRC 表示用 C 标尺测定的洛氏硬度值为 60。三种洛氏硬度标尺的试验条件和应用范围见表 1-1。

^① 作为计量单位,按国标 GB3100~3102-93 规定,kgf 属应废除的单位,但在布氏硬度试验国标中目前仍然在使用。

表 1-1 三种洛氏硬度标尺的试验条件和应用范围

符号	压 头	初始试验力 kgf(N)	主试验力 kgf(N)	测量范围	应用范围
HRA	顶角 120°金刚石圆锥	10(98.1)	50(490.3)	20~88	硬质合金或表面处理过的零件等
HRC			140(1373)	20~70	淬火钢、调质钢等
HRB	直径 1.588mm 钢球		90(882.6)	20~100	退火钢、灰铸铁、有色金属等

注：三种标尺的硬度值 HRA, HRC 和 HRB 的计算公式如下：

$$HRA(HRC) = 100 - \frac{e}{0.002mm}$$

$$HRB = 130 - \frac{e}{0.002mm}$$

式中 e ——卸除主试验力后，在初始试验力下的压痕深度残余增量，mm。

3. 维氏硬度试验

维氏硬度试验原理如图 1-5 所示。试验时，将相对面夹角为 136°的金刚石正四棱锥体压头以选定的试验力 P 压入被测材料表面，保持规定的时间后卸除试验力，测量方形压痕的对角线长度。通过下式，计算维氏硬度值 HV。

$$HV = \frac{P}{F} = 0.1891 \frac{P}{d^2}$$

式中 P ——试验力，N；

F ——压痕面积， mm^2 ；

d ——压痕两对角线长度平均值，mm。

布氏硬度值、洛氏硬度值和维氏硬度值之间没有直接的换算公式，需要时可以通过查表进行换算。

硬度试验方法简便易行，测量迅速，不需要特别试样，试验后零件不被破坏。因此，硬度试验在工业生产中应用十分广泛。

四、冲击韧度(冲击韧性)

冲击韧度(冲击韧性)是指金属材料抵抗冲击载荷作用，断裂前吸收变形能量的能力。冲击韧度的测定在冲击试验机上进行。试验时，把标准冲击试样(图 1-6)放在摆锤冲击试验机(图 1-7)的支座上，然后抬起摆锤，让它从一定高度 H_1 落下，将试样打断，摆锤又升到 H_2 的高度。冲击韧度用下式计算：

$$\alpha_k = \frac{A_k}{F}$$

式中 A_k ——折断试样所消耗的冲击功(或吸收的能量)，J；

F ——试样断口处的横截面积， cm^2 ；

α_k ——冲击韧度， J/cm^2 。

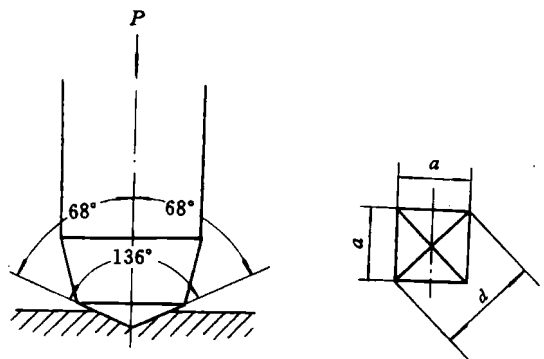


图 1-5 维氏硬度试验原理示意图

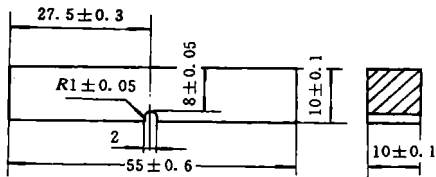


图 1-6 冲击试样

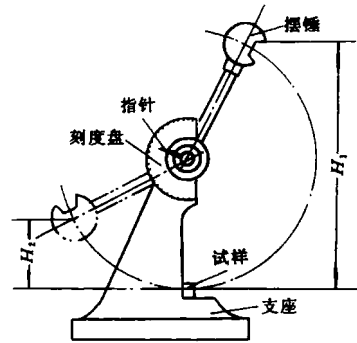


图 1-7 摆锤冲击试验机

通常,在冲击试样的中部开有缺口,缺口形式有 V 形和 U 形等。采用 V 形缺口试样时,冲击功和冲击韧度分别用 A_{kv} 和 a_{kv} 表示;采用 U 形缺口试样时,相应用 A_{ku} 和 a_{ku} 表示。

对于脆性大的材料(如铸铁等),因为冲击韧度低,试样一般不开缺口。

应该指出,由于试样尺寸、缺口深浅及尖锐度、表面粗糙度等均影响试验结果,所以试样必须标准化,并严格按照要求加工。

可以在不同温度下进行冲击试验,获得 a_k 与试验温度的关系曲线,以此作为评定材料冷脆性能的依据。

五、疲劳强度

金属材料在循环应力作用下,在一处或几处产生局部永久性累积损伤,经一定循环次数后发生裂纹或突然断裂的过程称为疲劳。材料产生疲劳时的应力,通常远低于其屈服点,在断裂前夕材料不产生明显的塑性变形。疲劳是各种金属机件最常见的一种失效形态,据统计,有 80% 以上的金属机件失效属于疲劳。

金属材料在无数次循环应力作用下不致引起断裂的最大应力称为疲劳强度。工程上测定材料疲劳强度的基本方法是依靠疲劳试验得到疲劳曲线(S-N 曲线),即建立应力幅(循环应力中最大应力和最小应力代数差的一半,以 S 表示)与相应的循环次数 N 之间的实测关系曲线,如图 1-8 所示。当应力幅降到一定值后,疲劳曲线成为水平线,表明该材料可能经受无数次应力循环而仍不发生疲劳断裂,该应力值即疲劳强度。应力对称循环时的疲劳强度用符号 σ_{-1} 表示。

有些金属材料的疲劳曲线不出现水平线部分,这时需要规定各种金属材料的应力循环基数,如钢材以 10^7 为基数,有色金属常以 10^8 为基数。指定循环基数下的疲劳强度称为疲劳极限。

发生疲劳断裂的主要原因是材料内部缺陷、

表面划痕、截面突变等因素引起应力集中而导致产生微裂纹。在长期循环应力作用下,这些微裂纹逐渐扩展,使机件实际承载截面缩减,当截面缩减到某一极限时,实际应力超过了材料的

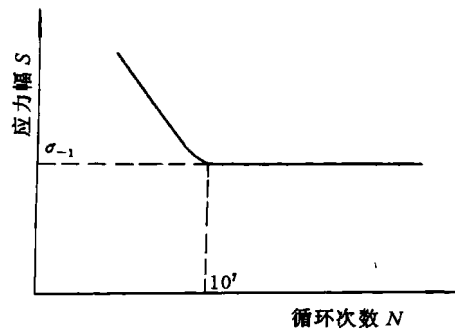


图 1-8 S-N 曲线

抗拉强度,因而发生突然断裂。

为了提高材料的疲劳强度,除改善零件结构设计、避免应力集中外,还应尽量提高零件的表面质量或进行表面强化处理(如表面淬火、喷丸处理等)。

§ 1-2 金属的晶体结构与结晶

自然界的所有固态物质按其原子(或分子)的聚集状态可分为晶体和非晶体两大类。所谓晶体是指内部原子(或分子)在三维空间呈规则的周期性重复排列的固体物质,如金刚石、石墨、各种固态金属与合金等。而非金属则不具备这一特点,这是两者的根本区别。

一、金属的晶体结构

如果我们利用显微镜来观察一块纯铁(其他金属类同)试样,便可以发现,纯铁的晶体是由许多外形不规则,类似多边形的颗粒所组成。我们把这些不规则外形的晶体称为晶粒,晶粒之间的界面称为晶界,如图 1-9 所示。

晶粒大小(又称为晶粒度)对金属的力学性能有很大的影响。一般情况下,晶粒越小,则金属的强度、塑性和韧性越好。表 1-2 中列出纯铁晶粒大小对其力学性能的影响。对纯金属而言,晶粒大小是决定其力学性能的最重要因素。

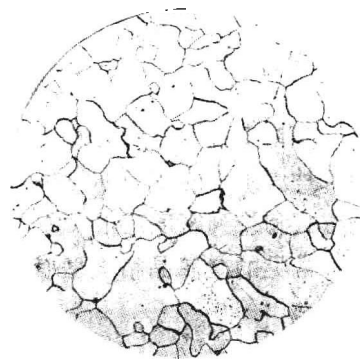


图 1-9 晶粒和晶界

表 1-2 晶粒大小不同时纯铁的力学性能

晶粒截面平均直径(mm)	抗拉强度 σ_b (MPa)	伸长率 δ (%)
9.7	165	28.8
7.0	180	30.6
2.5	210	39.5

纯金属在固态下是由晶粒组成的,那么,晶粒内部构造又是怎样的呢?用 X 射线对纯金属晶体进行结构分析,可以发现,每个晶粒都是由金属原子(金属离子)按一定形式规则地排列而成的,如图 1-10a)所示。

为了便于分析各种晶体中原子排列的规律,我们可以假设:原子处于静止状态,用许多空间直线把各原子中心连接起来,这些直线构成一个空间格架,各原子位于该空间格架的结点上。这种用来描述原子在晶体中排列形式的假想的空间格架称为晶格,如图 1-10b)所示。晶格中能代表晶体结构特征的最小几何组成单元称为晶胞[图 1-10c)]。因此,可以把晶格看成是由晶胞在三维空间重复排列形成。晶胞的几何特征可以用晶胞的三条棱边长 a, b, c 和三条棱边之间的夹角 α, β, γ 六个晶格参数来描述,前三个参数有时称为晶格常数。