

金属工艺学实习

(非 机 类)

清华大学金属工艺学教研室

严绍华 张学政 主编

清华大学出版社

金属工艺学实习

(非机类)

清华大学金属工艺学教研室

严绍华 张学政 主编

清华大学出版社

内 容 简 介

本书根据国家教委《工程材料和机械制造基础》课程指导小组制定的金工实习教学基本要求编写。其内容包括钢铁的基本知识、铸造、锻压、焊接、切削加工的基本知识、车工、铣工、刨工、磨工、钳工、零件加工工艺及结构工艺性等九章,各章后均有复习思考题。内容力求精选,讲求实用,图文并茂,便于自学。

本书可作为高等工科院校非机类专业及部分理科专业学生的金工实习教材,也可供电视大学、职工大学、函授大学选用及有关专业的工程技术人员和技术工人参考。

(京)新登字158号

金 属 工 艺 学 实 习 (非机类)

严绍华 张学政 主编

清华大学出版社出版
(北京 清华园)
北京昊海印刷厂印刷
新华书店总店科技发行所发行

☆

开本: 787×1092 1/16 印张: 12.25 字数: 291 千字

1992年3月第1版 1992年3月第1次印刷

印数00001—10000

ISBN7-302-00944-9/TH·41

定价: 3.65元

前 言

本书根据《工程材料和机械制造基础》课程指导小组制定的金工实习教学基本要求,结合我校多年来金工实习教学实践,在我校原金属工艺学实习讲义基础上经修订而成。

金工实习是工科高等院校中对学生进行工程训练的重要实践环节之一,它是一门传授机械制造基础知识和技能的技术基础课。本书着重介绍金属的主要成形方法和加工方法、毛坯制造和零件加工的一般工艺过程,所用设备的构造、工作原理和使用方法,所用的材料、工具、附件与刀具及安全技术等。

本书编写中力求突出重点和讲求实用,强调可操作性和便于自学,供学生在金工实习期间预习和复习时使用。各章后的复习思考题体现了教学基本要求,可帮助学生明确实习要求和掌握重点内容。

本书由清华大学金属工艺学教研室组织编写。参加编写工作的教师有:严绍华(第一、四章)、曹聿(第二章)、李家枢(第三章)、张学政(第五、七、八章及绪论)、马二恩(第六、九章),并由严绍华担任前四章主编,张学政担任后五章主编。金问楷、龚国尚等同志分别对本书讲义初稿进行了审阅,在此表示衷心的感谢。

本书可作为高等工科院校本科非机类专业及部分理科专业学生的金工实习教材,也可作为电视大学、职工大学、专科学校及中等专业学校进行金工实习或金属工艺学教学的参考书。

由于编者水平所限,书中难免有错误与不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

绪 论	(1)	一、落砂	(28)
第一章 钢铁的基本知识	(4)	二、清理	(28)
§1-1 金属材料的力学性能	(4)	三、铸件缺陷分析	(29)
一、强度	(4)	§2-5 特种铸造	(31)
二、塑性	(5)	一、金属型铸造	(31)
三、硬度	(6)	二、压力铸造	(32)
四、冲击韧性	(7)	三、熔模铸造	(33)
§1-2 钢的分类和编号	(8)	四、离心铸造	(33)
一、钢的分类	(8)	§2-6 铸件结构特点	(34)
二、钢的编号	(9)	复习思考题	(36)
§1-3 常用铸铁	(10)	第三章 锻压	(37)
一、白口铸铁	(10)	§3-1 概述	(37)
二、灰铸铁	(11)	§3-2 坯料的加热	(38)
三、可锻铸铁	(11)	一、锻造温度范围	(38)
四、球墨铸铁	(11)	二、锻造加热炉	(38)
§1-4 热处理基本概念	(12)	三、钢的加热缺陷	(39)
一、退火与正火	(12)	§3-3 自由锻	(40)
二、淬火与回火	(12)	一、自由锻锤	(40)
三、表面热处理	(13)	二、自由锻的基本工序及其操作	(41)
复习思考题	(13)	三、自由锻的变形工艺	(44)
第二章 铸造	(15)	§3-4 胎模锻	(47)
§2-1 概述	(15)	§3-5 板料冲压	(48)
§2-2 砂型的制造	(16)	一、冲床	(49)
一、型砂	(16)	二、板料冲压的基本工序	(49)
二、模样	(16)	三、冲模	(50)
三、造型	(17)	复习思考题	(51)
四、造芯	(20)	第四章 焊接	(53)
五、铸造工艺	(21)	§4-1 概述	(53)
§2-3 合金的熔炼与浇注	(25)	§4-2 手工电弧焊	(54)
一、冲天炉的构造	(25)	一、手弧焊机	(54)
二、冲天炉用炉料	(26)	二、电焊条	(56)
三、冲天炉的熔炼过程	(26)	三、焊接接头型式和坡口	(57)
四、浇注	(27)	四、焊接位置	(58)
五、中频感应电炉和坩埚炉的熔炼	(27)	五、焊接工艺参数	(58)
§2-4 铸件的落砂、清理及缺陷分析	(28)	六、焊接变形	(60)
		七、焊接缺陷及其检验	(60)

八、手弧焊安全技术..... (61)	§6-3 车床操作要点 (99)
§4-3 气焊与气割..... (62)	一、工件的安装 (99)
一、气焊设备..... (62)	二、车刀的安装 (100)
二、焊丝与气焊熔剂..... (66)	三、刻度盘及刻度盘手柄的使 用 (100)
三、氧乙炔焰..... (66)	四、车削步骤 (101)
四、氧气切割..... (67)	五、粗车和精车 (102)
§4-4 其他焊接方法..... (68)	六、车床操作注意事项 (103)
一、埋弧自动焊..... (68)	§6-4 基本车削工作 (104)
二、气体保护电弧焊..... (69)	一、车端面 (104)
三、电阻焊..... (71)	二、车外圆及台阶 (104)
四、钎焊..... (72)	三、钻孔和镗孔 (105)
复习思考题..... (72)	四、切槽和切断 (106)
第五章 切削加工的基本知识 (74)	五、车锥面 (106)
§5-1 切削加工概述..... (74)	六、车回转成形面 (109)
一、切削加工的实质和分类..... (74)	七、车螺纹 (110)
二、机床的切削运动..... (74)	八、滚花 (112)
三、切削用量三要素..... (75)	§6-5 车床附件 (112)
§5-2 切削刀具..... (76)	一、四爪卡盘 (113)
一、刀具材料..... (76)	二、顶尖、拨盘和卡箍 (113)
二、刀具角度..... (77)	三、心轴 (116)
三、刀具的刃磨..... (79)	四、花盘 (116)
§5-3 常用量具..... (80)	五、花盘-弯板 (117)
一、游标卡尺..... (80)	六、中心架 (118)
二、百分尺..... (82)	七、跟刀架 (118)
三、塞规与卡规..... (84)	复习思考题 (118)
四、百分表..... (84)	第七章 铣工、刨工和磨工 (120)
五、刀口尺..... (85)	§7-1 铣工 (120)
六、厚薄尺..... (86)	一、铣工概述 (120)
七、直角尺..... (86)	二、普通铣床 (120)
§5-4 零件技术要求简介..... (86)	三、铣刀及其安装 (123)
一、表面粗糙度..... (86)	四、工件的装夹 (125)
二、尺寸精度..... (87)	五、基本铣削工作 (125)
三、形状精度..... (88)	六、齿形加工简介 (130)
四、位置精度..... (89)	§7-2 刨工 (132)
复习思考题..... (92)	一、刨工概述 (132)
第六章 车工 (93)	二、牛头刨床 (133)
§6-1 车工概述..... (93)	三、刨刀及其安装 (134)
§6-2 普通车床..... (94)	四、工件的装夹 (135)
一、C6136车床..... (94)	五、基本刨削工作 (135)
二、C6132车床..... (96)	六、刨削类机床 (137)
三、车床的传动系统..... (98)	

§7-3 磨工	(138)	§8-6 攻丝和套扣	(158)
一、磨工概述	(138)	一、攻丝	(158)
二、砂轮	(139)	二、套扣	(159)
三、平面磨床及其工作	(140)	§8-7 装配	(160)
四、外圆磨床及其工作	(142)	一、装配的作用	(160)
五、内圆磨床及其工作简介	(145)	二、装配的组合形式	(161)
复习思考题	(146)	三、部件装配举例	(161)
第八章 钳工	(147)	四、几种典型装配工作	(163)
§8-1 钳工概述	(147)	五、拆卸工作	(165)
一、钳工工作范围	(147)	复习思考题	(166)
二、钳工工作台和虎钳	(147)	第九章 零件加工工艺及结构工艺性 ...	(167)
§8-2 划线	(148)	§9-1 机械加工方法的选择	(167)
一、划线的作用和种类	(148)	一、外圆加工方法的选择	(167)
二、划线工具及其用途	(148)	二、孔加工方法的选择	(168)
三、划线基准	(150)	三、平面加工方法的选择	(169)
四、划线操作	(150)	§9-2 典型零件的加工工艺	(169)
§8-3 锯切	(151)	一、零件机械加工工艺的	
一、手锯	(151)	制定	(169)
二、锯切操作	(152)	二、盘套类零件加工工艺	(171)
§8-4 锉削	(152)	三、轴类零件加工工艺	(174)
一、锉刀	(153)	§9-3 零件的结构工艺性	(178)
二、锉削操作	(153)	一、零件结构工艺性的概念	(178)
§8-5 钻孔、扩孔和铰孔	(155)	二、零件结构的切削加工工艺	
一、钻床	(155)	性举例	(178)
二、钻孔	(155)	三、零件结构的装配工艺性举	
三、扩孔	(157)	例	(184)
四、铰孔	(157)	复习思考题	(185)

绪 论

金属工艺学实习是一门传授机械制造基础知识与实践性很强的技术基础课，是工科院校中工程训练不可缺少的重要环节之一。它还是金属工艺学讲课必须具备的实践教学环节。

一、金属工艺学实习的内容

金属工艺学实习涉及一般机械制造生产的全过程。机械制造过程如图0-1所示，根据设计图纸和工艺文件，将原材料用铸造、锻造、冲压、焊接等方法制成零件的毛坯

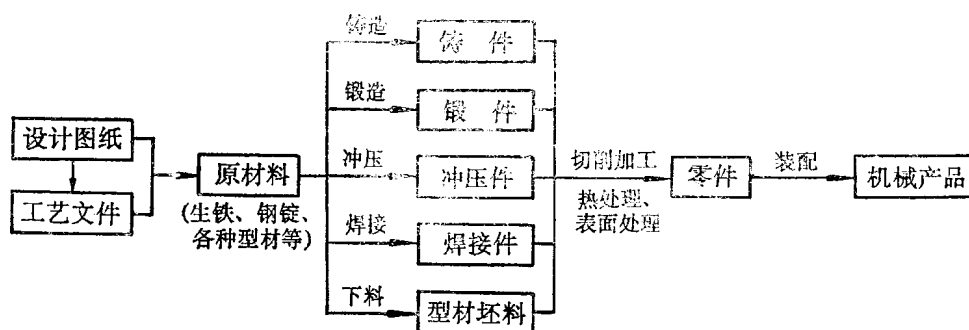


图 0-1 机械制造过程

（或半成品、成品），再经切削加工制成零件，最后将零件装配成合格的机械产品。现将机械制造过程中的主要工艺方法简介如下：

铸造 铸造是把熔化的金属浇注到具有和零件形状相适 的铸型空腔中，待其冷却凝固后获得铸件毛坯的方法。铸造的主要优点是可以生产形状复杂、特别是内腔复杂的毛坯。铸造的应用十分广泛，在一般机器设备中，铸件约占总重量的40~90%；在金属切削机床中占70~80%，在一些重型机械、矿山设备中占85%以上。

锻造 锻造是将金属加热到一定温度，利用冲击力或压力使其产生塑性变形而获得锻件毛坯的加工方法。锻件的组织比铸件致密，机械性能高，但锻件形状所能达到的复杂程度不如铸件，锻造零件的材料利用率也较低。各种机械中受力复杂的重要零件，如主轴、传动轴、齿轮、凸轮、叶轮、叶片等，大都采用锻件。

冲压 冲压是利用装在冲压机床上的冲模，对金属板料加压，使之产生 变形 或分离，从而获得零件或毛坯的加工方法。冲压件具有重量轻、刚性好、精度高等优点，各种机械中的板料成形件和电器、仪表及生活用品中的金属制品，绝大多数都是冲压件。

焊接 焊接是利用加热或加压（或两者并用）使两部分分离的金属形成原子间结合的一种不可拆卸的连接方法。焊接具有连接质量好、节省金属、生产率高等优点。焊接可制造金属结构件，如机架、锅炉、桥梁、船体等；也可制造零件毛坯，如某些机座、箱体等。

下料 下料是将各种型材利用机锯、气割或剪切获得零件坯料的一种方法。

切削加工 切削加工是用切削工具从毛坯或型材坯料上切去多余的材料，获得几何形状、尺寸及表面粗糙度等方面均符合图纸要求的零件的方法。切削加工又分为钳工和机械加工（简称机工）两大部分。钳工一般是用手工工具对工件进行加工的，其基本操作包括划线、錾削、锯切、锉削、钻孔、铰孔、攻丝、套扣、刮削和研磨等。机工是由工人操纵机床进行切削加工的，常见的有车削、钻削、镗削、铣削、刨削和磨削等。切削加工在机械制造中占有十分重要的地位，几乎所有的机器零件都要经过切削加工。

热处理 在毛坯制造和切削加工过程中常常要对工件进行热处理。热处理是将固态金属在一定的介质中加热，保温后以某种方式冷却，以改变其整体或表面组织，从而获得所需性能的工艺方法。通过热处理可以提高金属材料的强度和硬度，或者改善材料的塑性和韧性等，以充分发挥金属材料的潜力。机器中很多零件要经过热处理，例如机床上有80%左右的零件要进行热处理。钢的常用热处理方法有退火、正火、淬火、回火和表面热处理等。

装配 装配是将零件按装配工艺要求组装起来，并经过调试和检验等使之成为合格产品的过程。

通常把铸造、锻造、焊接和热处理称为热加工，切削加工和装配称为冷加工。

金属工艺学实习的主要内容如下：

1. 钢的基本知识；
2. 冷热加工的主要加工方法、加工工艺以及所用设备、附件、工具、量具和刀具的使用方法；
3. 零件的一般结构工艺性问题。

实习在工厂内按工种进行。教学环节有实际操作、现场表演、专题课、综合训练和教学实验等。其中实际操作是实习的主要环节，通过实际操作获得各种加工方法的感性知识，初步学会使用有关的设备和工具；现场表演在实际操作的基础上进行，以扩大必要的工艺知识面；专题课是就某些工艺问题安排的专题讲解；综合训练是运用所学知识和技能，独立分析、解决一个具体的工艺问题，并亲自付诸实践的一种综合性练习；教学实验以介绍新技术新工艺为主，目的是扩大知识面和开阔视野。

二、金属工艺学实习的目的要求

学习工艺知识，培养实践能力，训练良好作风，这既是金属工艺学实习的目的，也是对金属工艺学实习的三项基本要求。

1. 学习工艺知识

工科院校的学生，除了应具备较强的基础理论知识和本专业的技术知识外，还必须具备一定的机械制造过程的基本工艺知识。这对机械类专业是如此，对电类和大多数其他类型的专业也是如此，因为在技术科学领域中，无论从事哪种专业，都与机械有着或多或少的联系，都不可避免地要和机械打交道。例如，无线电、计算机等专业所设计和使用的各种电子、电器元件及设备，均要用机械来制造，许多电子、电器设备本身还包含着机械部分；化工专业的化工设备，也大都是机械设备；自动控制专业的各种控制系

统都必须与作为执行机构的机械装置相联系。因此，具备一定的机械制造工艺的基本知识，对某些后续课程的学习、毕业设计和今后的工作，都将大有益处。

2. 培养实践能力

对于理工科院校的毕业生，具有一定的动手能力，具备向实践学习、运用所学知识和技能去独立分析、亲自解决一般工艺技术问题的能力，是十分重要的。由于金属工艺学实习是一门实践性很强的课程，直接参加工厂的生产实践，接触机械制造的生产过程，操纵各种机器设备，使用各种工具，为培养实践能力创造了良好的条件和环境。例如，机工实习可培养操纵机器设备的能力，铸工、钳工实习可培养手工使用工具的能力，综合训练环节可培养独立分析、解决实际问题的能力。

3. 训练良好作风

作为一个工程技术人员，在政治思想素质方面应具有坚定正确的政治方向，艰苦奋斗的创业精神，团结勤奋的工作态度和严谨进取的科学作风。由于金属工艺学实习是在生产实践的特殊环境下进行的，是学生第一次接触工人群众，第一次用自身的劳动为社会创造物质财富，第一次通过理论和实践的结合来检验自身的学习效果，第一次以劳动者的身份在组织纪律和作风上约束自己，必然在思想观念和作风上产生较大的影响。在实习中，要自觉地进行思想和作风方面的锻炼，向实际学习，向工人群众学习，培养劳动观点，加深对理论联系实际重要性的认识，加强组织性和纪律性，训练良好的作风，努力提高自己的全面素质。

第一章 钢铁的基本知识

§ 1-1 金属材料的力学性能

钢铁是机械制造中应用最广泛的金属材料，它不仅具备机械零件在使用过程中所需的性能，如力学性能、物理性能、化学性能等，而且具有加工制造过程中所应有的工艺性能，如铸造性能、锻造性能、焊接性能、切削加工性能等。

金属材料的力学性能是指金属材料在外力作用下所表现出来的特性，包括强度、塑性、硬度、韧性等。

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。按照外力作用的方式不同，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强度的指标有屈服点和抗拉强度。

为了测定金属材料的屈服点和抗拉强度可进行拉伸试验。首先，将标准拉伸试样（图1-1a）安装在拉伸试验机的两个夹头上，然后缓慢增加拉力，试样逐渐发生拉伸变形，直至试样被拉断为止（图1-1c）。

以试样所受拉力 P 为纵坐标，试样伸长 ΔL 为横坐标，根据试验中两者变化数据，可以绘出拉伸曲线图。通常，拉伸曲线由拉伸试验机自动绘出。图1-2为低碳钢的拉伸曲线。

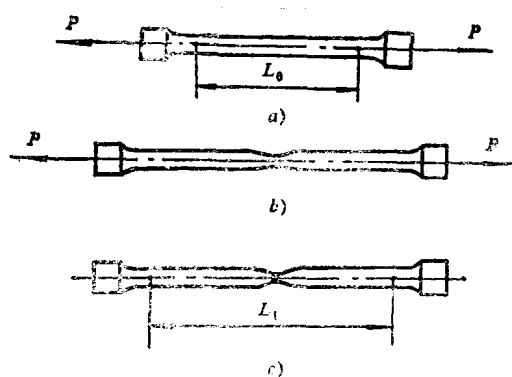


图 1-1 拉伸试样

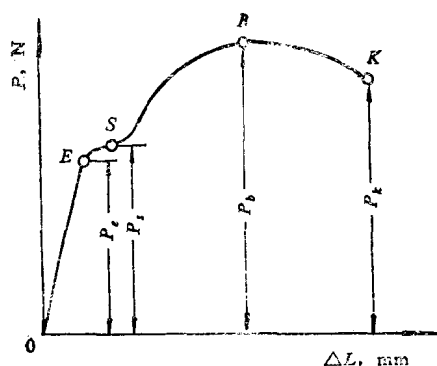


图 1-2 低碳钢的拉伸曲线

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。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_0 时，试样的变形属于弹性变形，即外力去除

后, 试样将恢复到原始长度; 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长度。当外力增大到 P_s 时, 在 S 点的曲线几乎呈水平线段, 这说明拉力虽不增加, 伸长量却继续增加, 这种现象称为“屈服”。它表明材料开始发生明显的塑性变形。材料产生屈服现象时的应力, 又称为屈服点。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, 随外力增大, 塑性变形明显增大。当外力增加到 P_b 时, 试样局部开始变细, 出现了“缩颈”(图1-1b), 由于截面缩小, 使试样继续变形所需的外力下降。到 P_b 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。可用下式表示:

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

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。

屈服点或抗拉强度是机械零件设计和选材的主要依据之一。

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 。

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

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

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。为了方便比较, 必须采用标准试样尺寸。通常规定试样标距长度等于其直径的5倍或10倍, 测得的伸长率分别用 δ_5 或 δ_{10} 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, 零件使用时, 为了避免由于超载引起突然断裂, 也需具有一定的塑性。

三、硬度

硬度是指金属材料抵抗外物压入其表面的能力，其大小在硬度计上测定。常用的硬度指标有布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度等。

1. 布氏硬度

布氏硬度试验是用直径为 D 的钢球或硬质合金球作压头，在压力 P 作用下压入试样表面（图1-3a），经规定的保持时间后，卸除压力，测量压痕直径 d （图1-3b）。根据压力、压痕平均直径，用下式可求出布氏硬度值HBS（HBW）。

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

式中 P ——压力，kgf；

F ——压痕的面积， mm^2 ；

D ——球体直径，mm；

d ——压痕平均直径，mm；

HBS(HBW)——布氏硬度值， kgf/mm^2 。

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、压力大小和保持时间等）。如160HBS10/1000/30表示用直径10mm的钢球在1000kgf压力作用下保持30s测得的布氏硬度值为160。当保持时间为10~15s时，不标注。

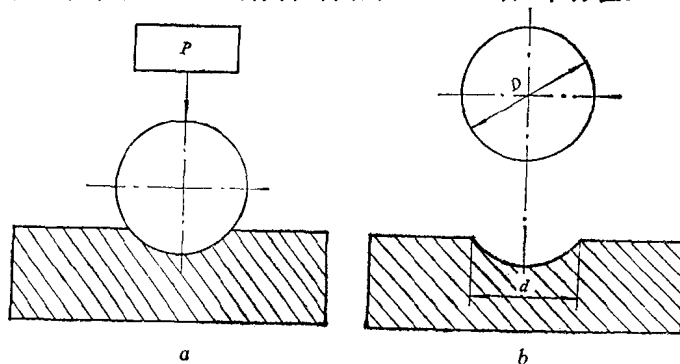


图 1-3 布氏硬度试验原理

2. 洛氏硬度

洛氏硬度试验是用顶角为 120° 的金刚石圆锥或直径 1.588mm 的钢球作压头，在初载荷 P_0 及总载荷 P （初载荷 P_0 + 主载荷 P_1 ）分别作用下压入被测材料表面（图1-4a、b），然后卸除主载荷，在初载荷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。

根据所用的压头和载荷不同，洛氏硬度有几种硬度标尺，常用的有A、B、C三种标尺。洛氏硬度值用符号HR表示，符号后面加字母表示所使用的标尺，硬度值写在字母后面。例如，HRC60表示用C标尺测定的洛氏硬度值为60（见表1-1）。

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 载 荷 kgf(N)	主 载 荷 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)	60~85	硬质合金或表面处理过的零件等
HRB	直径1.588mm钢球	10(98.1)	90(882.6)	25~100	退火钢、灰铸铁及有色金属等
HRC	顶角120°金刚石圆锥	10(98.1)	140(1373)	20~67	淬火钢、调质钢等

注：三种标尺的硬度值HRA、HRB、HRC的计算公式如下：

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

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

式中 e ——卸除主载荷后，在初载荷下的压痕深度残余增量，mm。

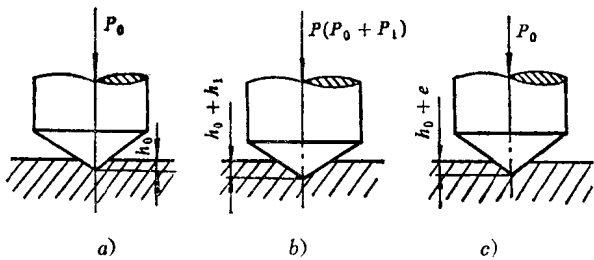


图 1-4 洛氏硬度试验原理

为压痕单位面积上所受的力，可通过下式计算：

$$\text{HV} = \frac{P}{F} = 1.8544 \frac{P}{D^2}$$

式中 P ——压力，kgf；
 F ——压痕的面积，mm²；
 D ——压痕对角线长度，mm；
 HV ——维氏硬度值，kgf/mm²。

布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度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、冲击韧性

冲击韧性是指金属材料抵抗冲击载荷作用的能力。冲击韧性的测定在冲击试验机上进行。试验时，把冲击试样（图1-5）放在摆锤冲击试验机（图1-6）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。冲击韧性用下式计算：

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

式中 A_k ——打断试样所消耗的冲击功, J;
 F ——冲击试样断口处的横截面积, cm^2 ;
 a_k ——冲击韧性, J/cm^2 。

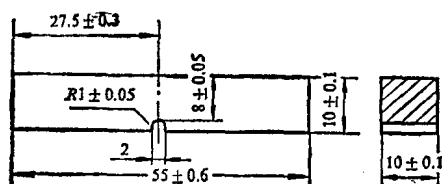


图 1-5 冲击试样

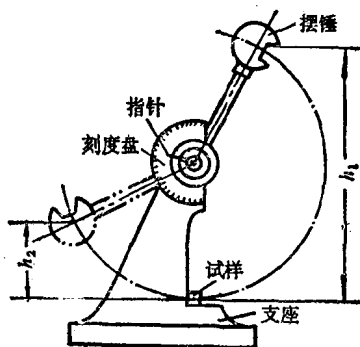


图 1-6 摆锤冲击试验机示意图

§ 1-2 钢的分类和编号

一、钢的分类

钢材的分类方法很多,常用的是以下三种:

1. 按化学成分分类

根据钢材的化学成分可分为碳素钢和合金钢两大类。

1) 碳素钢 碳素钢是指含碳量小于 2.11% 的铁碳合金。实际使用的碳素钢中除含有铁和碳两种主要元素以外,还存在有锰、硅、硫、磷等杂质元素。其中,锰和硅是炼钢时为脱氧而加入的有益元素,硫和磷是从炼钢原料中带入的有害杂质。

碳素钢按含碳量可分为:低碳钢(含碳量小于 0.25%)、中碳钢(含碳量为 0.25~0.60%)、高碳钢(含碳量大于 0.60%)。

2) 合金钢 为了提高钢的某些性能或获得某种特殊性能,炼钢时特意加入一定量的某一种或几种合金元素,这样得到的钢称为合金钢。根据合金元素含量多少,合金钢可分为:低合金钢(合金元素总量小于 5%)、中合金钢(合金元素总量为 5~10%)、高合金钢(合金元素总量大于 10%)。

2. 按用途分类

按钢材的用途分为三类:

1) 结构钢 结构钢用于制造各种机器零件及工程结构。制造机器零件的钢还可分为渗碳钢、调质钢、弹簧钢、滚动轴承钢等。制造工程结构的钢包括碳素结构钢和低合金结构钢等。

2) 工具钢 工具钢用于制造各种工具。根据工具的用途又可分为刃具钢、模具钢和量具钢。

3) 特殊性能钢 特殊性能钢是具有特殊物理性能或化学性能的钢, 包括不锈钢、耐热钢、耐磨钢、磁钢等。

3. 按品质分类

钢材品质的优劣是按钢中硫、磷含量多少来区分的, 可分为优质钢、高级优质钢和特级优质钢等。

二、钢的编号

我国的钢材编号采用国际化学元素符号、汉语拼音字母和阿拉伯数字相结合的方法表示。下面介绍几种常用钢材的编号。

1. 碳素结构钢

这类钢的牌号由代表屈服点的字母“Q”、屈服点数值、质量等级符号、脱氧方法符号等四个部分按顺序组成。钢的质量等级分为四级, 用字母A、B、C、D表示, 其中A级钢的硫含量不大于0.050%, 磷含量不大于0.045%; B级钢的硫、磷含量均不大于0.045%; C级钢的硫、磷含量均不大于0.040%; D级钢的硫、磷含量均不大于0.035%。沸腾钢在钢的牌号尾部加“F”, 半镇静钢在钢的牌号尾部加“b”, 镇静钢不加字母。

2. 优质碳素结构钢

钢的牌号用两位阿拉伯数字表示。这两位数字表示平均含碳量(以万分之几计), 若平均含碳量小于千分之一, 则数字前补零。钢中含锰量较高(0.70~1.00%)时, 在数字后加锰元素符号“Mn”。沸腾钢、半镇静钢以及专门用途的优质碳素结构钢, 应在牌号中特别标出。如锅炉钢在牌号尾部加“g”, 压力容器用钢在牌号尾部加“R”, 焊条用钢在牌号头部加“H”。

3. 碳素工具钢

在牌号头部用“T”表示碳素工具钢, 其后跟以阿拉伯数字, 表示平均含碳量(以千分之几计)。钢中含锰量较高时, 在数字后加元素符号“Mn”, 若为高级优质碳素工具钢, 则在牌号尾部加“A”。

4. 合金结构钢

这类钢的牌号采用“两位数字+化学元素符号+数字”的方法表示。牌号头部的两位数字表示平均含碳量(以万分之几计), 元素符号表示钢中所含的合金元素, 紧跟元素符号后面的数字表示该合金元素平均含量(以百分之几计)。若合金元素的平均含量<1.50%, 则含量一般不予标出; 若合金元素的平均含量为1.50~2.49%、2.50~3.49%、3.50~4.49%、……, 则相应地标以2、3、4、……。若为高级优质合金结构钢, 则在牌号尾部加“A”。

5. 合金工具钢

这类钢的牌号采用“数字(或无数字)+化学元素符号+数字”的方法表示。牌号头部的数字表示钢中平均含碳量(以千分之几计), 当含碳量 $\geq 1.00\%$ 时不标出。化学

元素符号及随后的数字的含义和合金结构钢相同。

6. 特殊性能钢

这类钢的编号方法基本上和合金工具钢相同。牌号头部的数字表示平均含碳量（以千分之几计），一般用一位数字表示。若平均含碳量小于千分之一时，则用“0”表示；若平均含碳量 $\leq 0.03\%$ 时，则用“00”表示。

表1-2是部分常用钢材的牌号举例。

表 1-2 常用钢材编号示例

类 别	牌 号	解 释
碳素结构钢	Q215-A	屈服点为215MPa的A级镇静钢
	Q235-A·F	屈服点为235MPa的A级沸腾钢
优质碳素结构钢	08F	平均含碳量为0.08%的沸腾钢
	20g	平均含碳量为0.20%的锅炉钢
	45	平均含碳量为0.45%的优质碳素结构钢
碳素工具钢	T8	平均含碳量为0.8%的碳素工具钢
	T10A	平均含碳量为1.0%的高级优质碳素工具钢
合金结构钢	16Mn	平均含碳量为0.16%，平均含锰量 $<1.50\%$ 的低合金结构钢
	40Cr	平均含碳量为0.40%，平均含铬量 $<1.50\%$ 的合金结构钢
	60Si2MnA	平均含碳量为0.60%，平均含硅量2%，平均含锰量 $<1.50\%$ 的高级优质合金结构钢
合金工具钢	9SiCr	平均含碳量为0.9%，平均含硅量和含铬量均小于1.50%的低合金工具钢
	W18Cr4V	平均含钨量18%，平均含铬量4%，平均含钒量 $<1.50\%$ 的高速工具钢（按GB221-79规定高速工具钢的含碳量数字不标出）
特殊性能钢	2Cr13	平均含碳量0.2%，平均含铬量13%的铬不锈钢
	4Cr9Si2	平均含碳量0.4%，平均含铬量9%，平均含硅量2%的耐热钢

§ 1-3 常 用 铸 铁

铸铁是含碳量大于2.11%的铁碳合金。工业用铸铁中还含有硅、锰、硫、磷等杂质元素。铸铁与碳素钢比较，虽然力学性能（抗拉强度、塑性、韧性）较差，但具有优良的减震性、耐磨性、铸造性能和切削加工性能，而且生产成本低廉，因而在工业生产中得到广泛应用。

根据碳在铸铁中存在形式的不同，铸铁可分为以下几种：

一、白口铸铁

其中碳几乎全部以化合物状态（ Fe_3C ）存在，断口呈银白色，故称白口铸铁。由于这种铸铁的性能硬而脆，很难进行切削加工，所以很少直接用于制造机械零件。有时利用其硬度高、耐磨性好的特点，制造一些要求表面有高耐磨性的机件和工具，如球磨