

金工实习

何少平 杨瑾珪 主编

中南工业大学出版社

金 工 实 习

何少平 杨瑾珪 主编

59

C5-326

江苏工业学院图书馆
藏书章

由于编者水平有限，编写时间仓促，书中不足之处，恳请读者指正。

中南工业大学出版社

金 工 实 习

何少平 杨瑾珪 主编

责任编辑：谭 平

*

中南工业大学出版社出版发行

中南工业大学出版社印刷厂印装

湖 南 省 新 华 书 店 经 销

*

开本：787×1092 1/16 印张：16.5 字数：412千字

1997年3月第1版 1997年3月第1次印刷

印数：0001—4000

*

ISBN 7-81020-948-5/TG·024

定价：19.00元

本书如有印装质量问题，请直接与生产厂家联系调换

厂址：湖南省长沙市麓山南路

邮编：410083

前言

社会主义市场经济体制的建立,对高等工程教育人才培养提出了新的要求。调整学生的知识能力结构,注重学生素质教育、创新能力的培养是当前教学改革的趋势。“金工实习”理论与实践相结合的特有教学模式,为学生综合素质教育的改革开拓了广宽的天地。本书试图在调整学生的知识能力结构,加强学生工程训练,提高学生综合素质等方面作些尝试。

按照国家教委新的教学基本要求,新的“金工实习”教材包括以下几方面的内容:

1. 机械基础知识的认识,包括机械制造中的新材料、新工艺、新技术的认识;
2. 机械制造的一般过程及加工工艺方法的认识和实践;
3. 机械制造主要设备的结构、工作原理的认识及主要实习工种的操作指导;
4. 学生劳动观点、安全生产意识、质量观点和经济观点等工程素质的培养。

为适应飞速发展的机械工业,拓宽学生的知识,新教材包括了非金属材料及加工、粉末冶金、特种加工工艺、数控加工、计算机辅助制造等现代加工技术。为提高学生的环境意识,新教材还增加了机械制造的环境污染和环境保护等内容。

考虑到“工程材料及机械制造基础”课程学时不断减少、教材内容不断删减的现状,新教材增加了金属力学性能;材料的分类、牌号;机床的传动链、传动副及计算、常用焊条及应用;常用刀具材料等内容,便于学生自学或教师结合实习讲授。新教材还结合内容给出了四千多条机械制造常用的英语词汇,以适应外语学习不断线的要求。

教材的每章之后附有复习思考题,各实习工种后附有实习报告,便于学生复习、理解和进行综合能力的训练。

新教材一律采用最新的标准术语和计量单位。

参加本书编写的有:长沙铁道学院何少平(第2章6、7、8、9、10节,第3章),长沙交通学院杨瑾珪(第6、8、9、10章),长沙铁道学院许晓嫦(第1章)、吴植桓(第4章)、余朋(第5章),长沙交通学院周意禹(第2章1、2、3、4、5节),湖南农业大学伍乾坤(第7章)。全书的前四章由何少平负责主编,后六章由杨瑾珪负责主编。

本书由中南工业大学胡昭如教授、刘水华副教授主审,湘潭大学李瑞昌教授、周增文副教授,中南工学院冷发启老师参加了审稿工作,他们对本书编写提出了许多宝贵意见,在此谨表示衷心感谢。

本书是湖南省金工学会组织编写的“工程材料及机械制造基础”系列配套教材之一,在编写出版过程中始终得到学会的全力支持和帮助。

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中的缺点、错误敬请读者指正。

编者

1997年1月

目 录

1 机械制造基础	(1)
1.1 机械制造的一般过程	(1)
1.2 机械工程材料	(3)
复习思考题	(16)
热处理实习报告	(16)
2 铸造	(17)
2.1 概述	(17)
2.2 铸造过程及分类	(18)
2.3 砂型及造型材料	(18)
2.4 造型和造芯	(20)
2.5 合型	(38)
2.6 铸造合金的熔炼	(40)
2.7 铸件的浇注、落砂、清理及铸件质量分析	(44)
2.8 模样及芯盒	(48)
2.9 特种铸造介绍	(50)
2.10 铸造生产安全技术及经济分析	(55)
2.11 铸造生产中的环境保护	(57)
复习思考题	(58)
铸造实习报告 (A)	(61)
铸造实习报告 (B)	(63)
3 锻压	(65)
3.1 概述	(65)
3.2 坯料的加热及锻件的冷却	(67)
3.3 自由锻	(69)
3.4 锤上模锻和胎模锻	(77)
3.5 冲压	(79)
3.6 常见锻件质量分析	(81)
3.7 锻压安全生产技术及经济分析	(83)
3.8 锻压生产中的环境保护	(85)
复习思考题	(86)
锻压实习报告	(87)

4 焊接	(89)
4.1 概述	(89)
4.2 焊条电弧焊	(89)
4.3 气焊与气割	(101)
4.4 其它焊接方法	(106)
4.5 常见焊接缺陷及其检验	(113)
4.6 焊接生产安全技术及经济分析	(114)
4.7 焊接生产的环境保护	(116)
复习思考题	(116)
焊接实习报告	(118)
5 金属切削加工基本知识	(119)
5.1 金属切削加工概述	(119)
5.2 常用刀具材料及刀具结构	(120)
5.3 常用金属切削机床简介	(122)
5.4 加工精度及表面粗糙度	(127)
5.5 常用量具	(129)
复习思考题	(134)
6 车削加工	(135)
6.1 卧式车床	(135)
6.2 车刀的种类及安装	(141)
6.3 工件的安装及附件	(145)
6.4 车削基本工艺	(149)
6.5 典型零件的车削工艺	(162)
6.6 其他车床介绍	(163)
复习思考题	(166)
车工实习报告	(167)
7 刨削、铣削、磨削、镗削及齿形加工	(169)
7.1 刨削加工	(169)
7.2 铣削加工	(179)
7.3 磨削加工	(191)
7.4 镗床及其加工	(198)
7.5 齿形加工	(200)
7.6 机械加工安全技术及经济分析	(204)
复习思考题	(207)
铣、刨、磨、镗实习报告	(208)

8 钳工	(210)
8.1 划线	(210)
8.2 锯削	(213)
8.3 锉削	(214)
8.4 钻孔、扩孔与铰孔	(216)
8.5 攻螺纹和套螺纹	(223)
8.6 刮削	(225)
8.7 装配与拆卸	(226)
复习思考题	(232)
钳工实习报告	(233)
9 其他加工方法	(235)
9.1 非金属材料的加工	(235)
9.2 粉末冶金	(237)
9.3 特种加工	(239)
复习思考题	(242)
10 现代制造技术	(243)
10.1 概述	(243)
10.2 数控加工	(244)
10.3 计算机辅助制造	(245)
复习思考题	(247)
英语词汇表	(248)
主要参考书	(254)

1 机械制造基础

1.1 机械制造的一般过程

1.1.1 机械制造过程概述

任何一台机器，都是首先按设计图纸的要求，制造机器中的各个零部件，然后再将制造合格的零部件通过组装而成。这一过程可用图 1.1 表示：

由上可知，机械制造是根据使用要求选择材料并绘制出设计图纸，然后将材料通过铸造、压力加工、焊接、胶接、粉末冶金等工艺加工成毛坯(特殊情况下也可直接生产零部件)，再将毛坯经切削加工得到尺寸精确的零件。为了改善零件的某些性能，常需必要的热处理或其它处理。最后将制成的零件加以装配、调试、检验。这种直接改变原材料形状、尺寸、力学性能

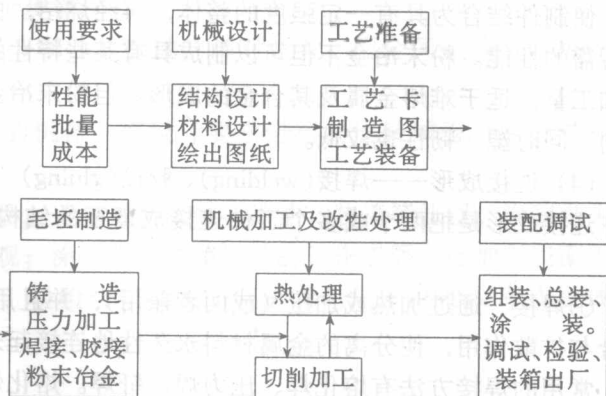


图 1.1 机械制造一般过程流程图

及机器的装配、检验过程，称为机械制造的一般过程(machine-building process)。

1 毛坯制造 (blank made)

毛坯即根据零件(或产品)所要求的形状、工艺尺寸等而制成的供进一步加工用的生产对象。毛坯制造是机械制造的基础，零件通过毛坯成形，可减少材料消耗，减少切削加工量，降低生产成本，因此，组成机器的各种零件几乎都由毛坯获得。根据成形时，材料所处状态，毛坯的主要成形方式如下：

(1) 液态成形——铸造(casting)

铸造是将熔融金属浇入、压射入或吸入铸型型腔中，待其凝固后而得到一定形状和性能的金属工件或毛坯的生产方法。这种方法获得的金属工件或毛坯称为铸件。

铸造根据铸造合金的不同，有铸铁件铸造、铸钢件铸造及有色合金件铸造等；根据铸造方法不同，有砂型铸造和特种铸造。砂型铸造有模样铸造与实型铸造(或称消失模样铸造)，特种铸造有熔模铸造、金属型铸造、压力铸造、离心铸造、连续铸造、壳型铸造及陶瓷铸造等。

铸件常用的原材料来源广泛，价格较低廉，所需设备较简单，因此，在机器制造工业中应用极其广泛。但是，铸造生产过程比较复杂，影响铸件质量的因素颇多，废品率往往比其它加工方法高，同时，铸件的组织一般不够致密，力学性能低，特别是承受冲击载荷的能力差，所以，有些机器零件的毛坯不能使用铸造成形的方法生产。

(2) 固态成形——压力加工(mechanical working)

金属在外力作用下,通过塑性变形而获得具有一定形状、尺寸和力学性能的原材料、毛坯或零件的生产方法称压力加工。压力加工包括:轧制(rolling)、挤压(extrusion)、拉拔(drawing)、锻造(forging)、冲压(stamping)等。

金属在压力加工后,其内部组织发生很大变化,如铸锭中的缩孔、疏松、微裂纹及气泡等缺陷在一定条件下可以焊合,原有的枝晶偏析可降低或消除等,从而使金属材料的强度、硬度及塑性、韧性均有所提高,毛坯质量较好,因此,大多数受力复杂、承载大的重要零件常采用锻件毛坯。但是压力加工成形困难,难以获得形状复杂的零件,而且锻件成本比铸件要高。

(3) 粉末成型——粉末冶金(powder metallurgy)

粉末冶金是以金属、金属化合物或非金属粉末为原料,经过压制和烧结制造各种制品的成形工艺。在压制成形中颗粒状的金属粉末将发生变形和断裂,借助粉末间的机械啮合作用,使制件结合为具有一定强度的整体,再经烧结,由于粉末原子间的原子吸引力使制件得到所需的性能。粉末冶金不但可以制成具有某些特性的制品,同时能节约材料,大量减少切削加工量,适于难熔金属及其合金的成形。但粉末冶金制品的大小及形状在一定程度上受到限制,同时塑、韧性也较低。

(4) 连接成形——焊接(welding)、胶接(gluing)

连接成形是把两个或多个工件连接成需要的结构。焊接和胶接是常用的永久性连接方法。

①焊接 通过加热或加压(或两者兼用),并且用或不用填充材料,借助于金属原子的结合与扩散作用,使分离的金属材料永久性地连接起来,构成所需要的毛坯或零件的加工方法。常用的焊接方法有熔化焊、压力焊、钎焊。熔化焊包括电弧焊、气焊、气体保护焊、电渣焊、等离子弧焊、激光焊等;压力焊包括电阻焊、摩擦焊、高频电阻焊、扩散焊、爆炸焊、超声波焊等;钎焊包括软钎焊、硬钎焊。

焊接加工省工省料,能化大为小,化复杂为简单,可以制造多层金属结构,对某些特殊表面进行堆焊,还能实现异种金属的连接,因此焊接生产在机械制造中占有很重要的地位,常用于制造各种金属结构、机械零件或毛坯,也用于修补铸铁和锻件缺陷,以及修复损坏了的机器零件。

②胶接 胶接是利用胶粘剂把两个工件连接在一起的过程。胶粘剂是一种既靠本身的内聚力,又能与其界面作用产生粘合力,将各种材料牢固地连接在一起的物质。胶接不需象焊接局部加热熔化或局部受压产生严重塑性变形,也不需要铆接那样复杂的工艺过程。它的工艺简单、操作方便,密封防腐性好,成本低廉,适用范围广泛。但是,胶接接头力学性能低,在使用过程中因胶粘剂老化而性能下降,同时耐热性差,不适于较高温度下工作。

(2) 机械加工(machining)

利用机械力对各种工件进行加工的方法称机械加工。它是由工人操作机床,利用刀具和工件的相对运动,切去毛坯上多余的金属层,以获得具有一定形状、尺寸精度及表面粗糙度要求的零件。根据工人操作机床的种类不同,机械加工主要有:车削(turning)、刨削(planing)、铣削(milling)、磨削(grinding)等。

对于一些重要零件,为了使之具有设计所要求的使用性能,在机械加工之中或之后,常需进行热处理,有时,为了使零件或毛坯具有某种工艺性能,在机械制造过程中,也常对它

们进行热处理,因此热处理也是机械制造必不可少的一种工艺过程。

3 装配与检验 (assembly and inspected)

(1) 装配

装配是指按照规定的技术要求,将零件或部件进行配合和连接,使之成为半成品或成品的工艺过程。装配时,往往以一零件作为基准零件,把几个其他零件装配在基准零件上构成“组件”,然后再把几个组件与零件装在另一个基准零件上构成“部件”(已成为独立的机构),最后将若干部件、组件与零件共同安装在产品基准零件上总装成机器。可以单独进行装配的机器“组件”及“部件”称为装配单元。

为了使整个产品的装配工作能按顺序进行,一般以装配工作系统图说明机器产品的装配过程。整个产品的装配工艺系统图,以该产品的装配单元系统图为基础而绘制。

(2) 检验

装配成机器后的产品,必须经过检验以保证其安全使用。经检验合格后的产品,才能称为成品。机器产品的检验一般有如下两个步骤:

①调整(adjusted) 调整是指通过调节零件或机械的相对位置、配合间隙等,使机器的装配精度达到技术要求。

②试车(test run) 试车是经调整后的机器,按设计要求进行的运转试验。通过试车确定机器的使用性能是否合格。

经调整、试车检验后合格的机器产品,还应进行涂装、涂油、装箱等处理。涂装是为了防止不加工表面锈蚀,并使机器外表美观;涂油是为了使零件的工作表面、已加工表面不生锈;装箱是将产品、机器附件、说明书、检验合格证等一起进行包装,以便入库或发放用户,完成产品的最后工作。

1.1.2 机械制造分类及应用范围

根据机械制造的一般过程,机械制造可分为:

(1) 铸造 主要适合于各类铸件生产。

(2) 锻压 主要适合于各类锻件和冲压件生产。

(3) 焊接 主要适合于各类焊接结构件生产。

(4) 热处理 主要适合于金属材料的改性处理。

(5) 切削加工 包括机械加工与钳加工。

机械加工 利用各类机床对零件进行的加工,包括车削、铣削、刨削、磨削等;

钳加工 利用手工工具对零件进行的加工,主要用于零件的修配、机器装配、调试等。

1.2 机械工程材料

机械工程材料是指用于机械制造的各种材料的总称。通常分为金属材料、非金属材料、复合材料三大类,如图 1.2 所示。

机械工程材料是机械制造过程的加工对象,正确认识各种工程材料的性能及其在加工过程中的变化,是合理选用材料,确定毛坯成形工艺方法,合理编制工艺过程,保证产品质量,提高企业技术经济效益的重要前提。

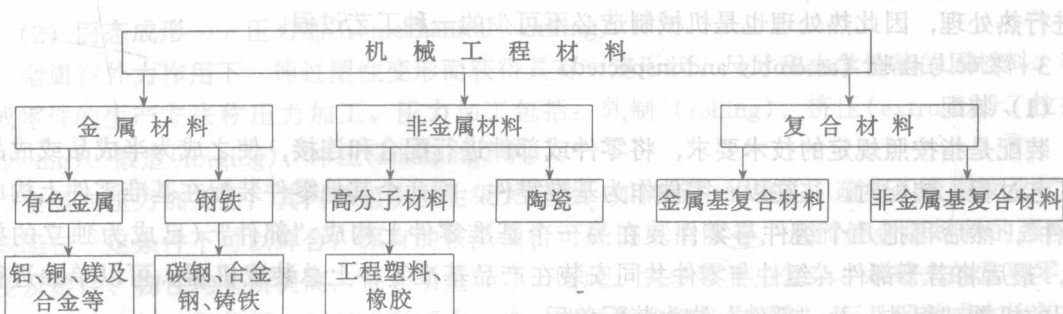


图 1.2 机械工程材料分类图

1.2.1 金属材料

金属材料(metal materials)是以金属元素为基础的材料，是金属和合金的总称。它包括黑色金属和有色金属。黑色金属通常是指铁及以铁为基的合金。例如钢、铸铁等；有色金属是指除黑色金属以外的所有金属及其合金。例如铜及其合金，铝及其合金等。金属材料是现代工业中最重要的一种工程材料，因此，熟悉金属及合金的各种主要性能，有利于生产中合理选用材料，使机器产品获得良好的性能。

1 金属材料的性能 (properties of metal materials)

金属材料的性能根据其工作状态的不同分为使用性能和工艺性能。使用性能是指金属材料在使用过程中所表现出的性能，它包括物理性能，如密度、熔点、导电性、导热性等；化学性能如耐酸性、耐蚀性、耐热性等；力学性能如强度、塑性、硬度等。工艺性能是物理、化学、力学性能的综合，是指金属材料在各种加工过程中所表现出来的性能，按加工方法的不同，分为铸造性能、锻造性能、焊接性能、热处理性能和切削加工性能等。在设计零件和选择工艺方法时，都要考虑金属材料的工艺性能。

由于金属材料在被加工过程中或制成机器零部件后工作时，都会受到外力的作用，因此，金属力学性能判据是金属构件选材和设计时的主要依据。本节主要介绍金属材料力学性能有关内容。

(1) 金属力学性能(mechanical properties of metal)

金属力学性能，是指金属在力作用下所显示与弹性和非弹性反应相关或涉及应力-应变关系的性能。弹性是指物体在外力作用下改变其形状和尺寸，当外力卸除后物体又回复到其原始形状和尺寸的特征。应力是指物体受外力作用后所导致物体内部之间相互作用(称为内力)与截面积的比值。应变是指由外力所引起的物体原始尺寸或形状的相对变化，通常以百分数(%)表示。金属力学性能主要包括强度、塑性、硬度、冲击韧度和抗疲劳性等。

(2) 金属力学性能判据(characteristic of mechanical properties of metals)

金属受力特点不同，将表现出各种不同的行为，显示出各种不同的力学性能。表征和判定金属力学性能所用的指标和依据，称为金属力学性能的判据。它的高低表征金属抵抗各种损伤作用的能力大小，是评定金属材料质量的主要判据，也是金属制件设计时选材和进行强度计算时的主要依据。

①拉伸试验(tensile testing) 拉伸试验是指用静拉伸力对试样轴向拉伸，测量力和相应的拉长，一般拉至断裂，测定其力学性能的试验。在拉伸试验中记录的拉伸力与伸长的关系曲线称力-伸长曲线(一般由拉伸试验机自动绘出)。金属材料在拉伸试验时必须先制成一定形状和尺寸的标准试样，如图 1.3 所示。试样的初始直径为 d_0 ，初始标距长度为 L_0 ，试验

时，将试样装夹在拉伸试验机上缓慢增加拉伸力，拉断后，将试样对接起来，试样的标距长度增为 L_1 ，断裂处截面直径减为 d_1 。图 1.3 下图为拉断后对接试样示意图。图 1.3 所示是低碳钢试样的力-伸长曲线。曲线上的 OE 段近似于一条斜直线，表示试样处于弹性变形阶段。当拉伸力继续增加时，在 S 点附近曲线上出现一段水平(或有波动)线段，表示材料产生了屈服现象。屈服后，曲线又呈上升趋势，表示试样材料恢复了抵抗拉伸力的能力。B 点表示试样抵抗拉伸力的最大能力，这时试样上的某个部位横截面将发生局部收缩，称为缩颈现象，最后试样承受拉伸力的能力迅速减小而破断。通过拉伸试验绘制的力-伸长曲线，可以计算出塑性和强度的主要判据。

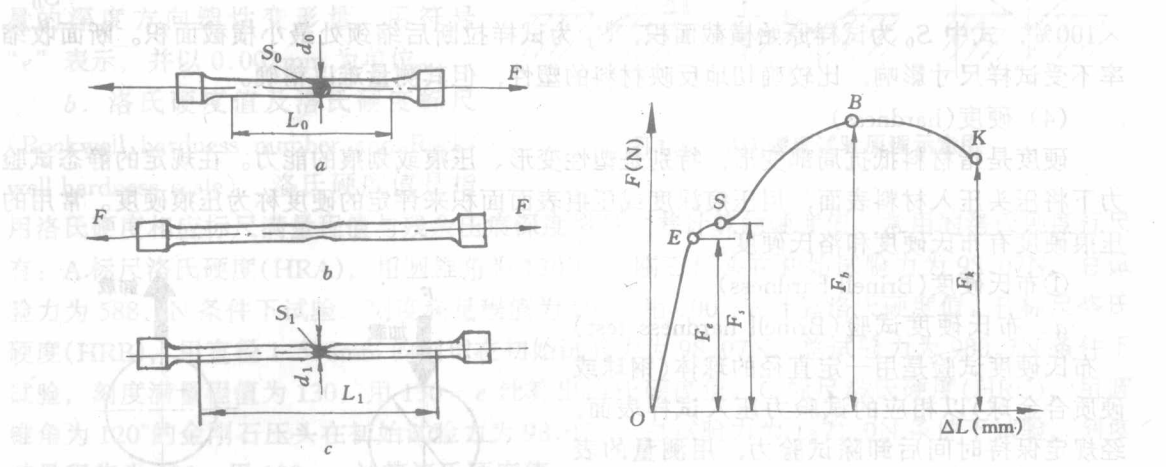


图 1.3 力-伸长曲线和拉伸试样

②强度的主要判据(characteristic of strength) 强度是指金属抵抗永久变形和断裂的能力。金属材料强度用应力来度量，其判据通过拉伸试验获得。主要判据有屈服点、规定残余伸长应力、抗拉强度等。

a. 屈服点(yield point) 屈服点是指试样在试验过程中力不增加(保持恒定)仍能继续伸长(变形)时的应力，用符号“ σ_s ”表示。其表达式为： $\sigma_s = \frac{F_s}{S_0}$ ，式中 F_s 为试样屈服时所承受的拉伸力， S_0 为试样原始横截面积。

b. 规定残余伸长应力(permanent set stress) 规定残余伸长应力是指试样卸除拉伸力后，其标距部分的残余伸长达到规定的原始标距百分比时的应力。表示此应力的符号应将残余伸长百分比附以角注说明。有一些金属材料在拉伸试验中没有明显的屈服现象，难以测出屈服点，则用规定残余伸长应力 $\sigma_{r0.2}$ 表示。“ $\sigma_{r0.2}$ ”是表示残余伸长达 0.2% 时的应力。

c. 抗拉强度(tensile strength) 抗拉强度是指试样拉断前承受的最大标称拉应力，用符号“ σ_b ”表示，其表达式为：

$\sigma_b = \frac{F_b}{S_0}$ 式中 F_b 为试样拉伸时所承受的最大拉伸力。

(3) 塑性的主要判据(characteristic of plasticity)

塑性是指断裂前材料发生不可逆永久变形的能力，其判据通过拉伸试验而获得。主要判据为断后伸长率及断面收缩率。

①断后伸长率 δ (percentage elongation after fracture) 断后伸长率是指试样拉断后标距

的伸长与原始标距的百分比,用符号“ δ ”表示。其表达式为: $\delta = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\%$

式中 L_1 为试样拉断后对接的标距长度, L_0 为试样原始标距长度。

拉伸试样根据原始标距 L_0 与原始直径 d_0 的比例关系,分为长试样 $L_0 = 10d_0$; 短试样 $L_0 = 5d_0$, 同一种材料的短试样断后伸长率 δ_5 大于长试样断后伸长率 δ_{10} , 因此, 不同材料进行断后伸长率比较时必须制成同样尺寸的标准试样。

②断面收缩率(percentage reduction of area) 断面收缩率是指试样拉断后, 缩颈处横截面积的最大缩减量与原始横截面积的百分比。用符号“ ψ ”表示。其表达式为: $\psi = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \times 100\%$, 式中 S_0 为试样原始横截面积, S_1 为试样拉断后缩颈处最小横截面积。断面收缩率不受试样尺寸影响, 比较确切地反映材料的塑性, 但其测量难以精确。

(4) 硬度(hardness)

硬度是指材料抵抗局部变形, 特别是塑性变形、压痕或划痕的能力。在规定的静态试验力下将压头压入材料表面, 用压痕深度或压痕表面面积来评定的硬度称为压痕硬度。常用的压痕硬度有布氏硬度和洛氏硬度。

①布氏硬度(Brinell hardness)

a. 布氏硬度试验(Brinell hardness test)

布氏硬度试验是用一定直径的球体(钢球或硬质合金球)以相应的试验力压入试样表面, 经规定保持时间后卸除试验力, 用测量的表面压痕直径计算硬度的一种压痕硬度试验。其试验原理如图 1.4 所示。

b. 布氏硬度值(Brinell hardness number)

布氏硬度值用球面压痕单位面积上所承受的平均压力表示。根据布氏硬度试验中所用的压头材料不同, 符号分为“HBS”或“HBW”, 其值按下式计算:

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

式中 HBS(HBW)——用钢球(硬质合金球)试验的布氏硬度值;

F ——试验力;

D ——球体直径(mm), 布氏硬度试验球体直径有 10mm, 5mm, 2.5mm, 2mm 和 1mm 五种;

d ——压痕平均直径(mm)。

布氏硬度值超过 350 时, 使用钢球和硬质合金球得到的试验结果明显不同。钢球适用于测定布氏硬度值在 450 以下的材料, 硬质合金球适用于测定布氏硬度值在 650 以下的材料。

c. 布氏硬度标注方式(mark method) 布氏硬度的标注方式为: 符号“HBS”或“HBW”之前写硬度值, 符号后面按顺序: a) 球体直径; b) 试验力; c) 试验力保持时间(10~15s 不标注)。用数值表示试验条件。例如 120HBS10/1000/30, 表示直径 10mm 的钢球在 1000kgf (9.807kN) 试验力作用下, 保持 30s 测得布氏硬度值为 120。500HBW5/750, 表示用直径 5mm 硬质合金球在 750kgf (7.355kN) 试验力作用下, 保持 10~15s 测得的布氏

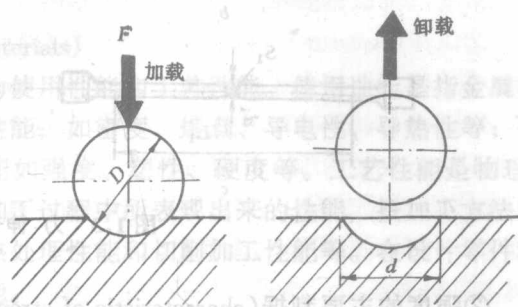


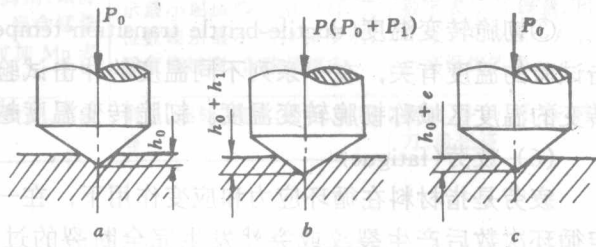
图 1.4 布氏硬度试验原理示意图

硬度值为 500。

②洛氏硬度(Rockwell hardness)

a. 洛氏硬度试验 洛氏硬度试验是指在初始试验力及总试验力先后作用下, 将压头(金刚石圆锥或钢球)压入试样表面, 经规定保持时间后卸除主试验力, 用测量的残余压痕深度增量计算硬度的一种压痕硬度试验。

其原理如图 1.5 所示。残余压痕深度增量是指在洛氏硬度试验中, 在卸除试验力并保持初始试验力的条件下测量的深度方向塑性变形量, 用符号“ e ”表示, 并以 0.002mm 为单位。



b. 洛氏硬度值及洛氏硬度标尺

(Rockwell hardness number and Rockwell hardness scale) 洛氏硬度值是指

用洛氏硬度相应标尺满量程值与残余压痕深度增量之差计算的硬度值。常用的洛氏硬度标尺有: A 标尺洛氏硬度(HRA), 用圆锥角为 120°的金刚石压头在初始试验力为 98.07N, 总试验力为 588.4N 条件下试验, 刻度满量程值为 100, 用 $100 - e$ 计算洛氏硬度值。B 标尺洛氏硬度(HRB), 用直径 1.588mm 的钢球在初始试验力为 98.07N, 总试验力为 980.7N 条件下试验, 刻度满量程值为 130, 用 $130 - e$ 计算出洛氏硬度值。C 标尺洛氏硬度(HRC), 用圆锥角为 120°的金刚石压头在初始试验力为 98.07N, 总试验力为 1471.0N 条件下试验, 刻度满量程值为 100, 用 $100 - e$ 计算洛氏硬度值。

(5) 冲击韧性(impact toughness)

冲击韧性为金属在冲击力作用下折断时吸收变形能量的能力, 它可通过金属夏比冲击试验测定。

①金属夏比冲击试验原理(Charpy impact test) 夏比(V 型缺口或 U 型缺口)冲击试验是指用规定高度的摆锤对处于简支梁状态的 V 型(或 U 型)缺口试样进行一次性打击, 测量试样折断时冲击吸收功的试验。如图 1.6 所示。

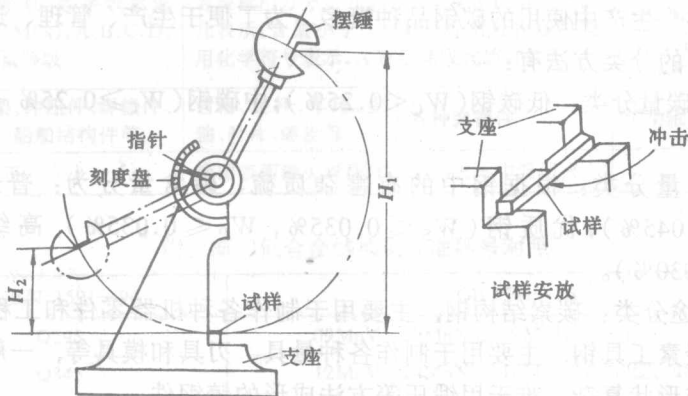


图 1.6 夏比冲击试验原理图

②冲击吸收功(impact absorb function)及冲击韧性 夏比冲击试验时, 把一定质量的摆锤举至高度 h_1 , 使之具有位能 A_{KV_1} , 摆锤落下冲断试样后升至 h_2 高度, 具有位能 A_{KV_2} ,

试样在冲击试验力一次作用下折断时所吸收的功 A_{KV} , 称为冲击吸收功。 $A_{KV} = A_{KV_1} - A_{KV_2}$, 单位为 J。冲击试样缺口底部处单位横截面积上的冲击吸收功称为冲击韧度, 用符号“ a_{KV} ”表示。 $a_{KV} = \frac{A_{KV}}{S}$, 式中 S 为冲击试样缺口底部处横截面积(cm^2), 冲击韧度愈大, 表示材料的冲击韧性愈好。

③ 韧脆转变温度(ductile-brittle transition temperature) 金属材料的冲击韧度 a_{KV} 值与冲击试验的温度有关, 在一系列不同温度的冲击试验中, 冲击吸收功急剧变化或断口韧性急剧转变的温度区域称韧脆转变温度。韧脆转变温度越低, 表示材料低温冲击韧性越好。

(6) 疲劳(fatigue)

疲劳是指材料在循环应力和应变作用下, 在一处或几处产生局部永久性累积损伤, 经一定循环次数后产生裂纹或突然发生完全断裂的过程。材料的疲劳问题, 通过测绘应力与至破坏循环数的关系曲线, 即 $\sigma-N$ 曲线来研究, 如图 1.7 所示。在循环应力的平均应力为零的条件下, 给定一组试样的 50% 能经受 N 次应力循环而未破坏时的最大应力或应力幅称 N 次循环的中值疲劳强度。在指定循环基数下的中值疲劳强度称为疲劳极限。循环基数一般取 10^7 或更高一些。疲劳极限用符号“ σ_r ”表示, 角标 r 表示循环的对称度, 如为对称循环, 则疲劳极限符号为“ σ_{-1} ”。

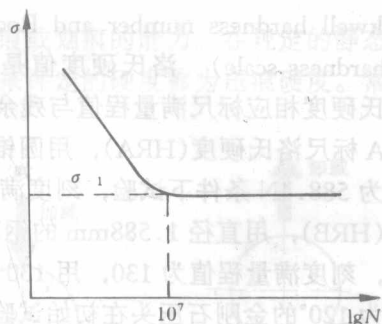


图 1.7 应力与至破坏循环数的关系曲线

2 钢铁材料 (steel and iron)

钢铁材料是钢与铸铁的总称, 是以铁和碳为基本组元的合金。它是现代工业中应用最广泛的金属材料。

(1) 碳素钢(carbon steel)

碳的质量分数小于 2.11% 的铁碳合金称为碳素钢, 简称碳钢。实际生产中应用的碳钢含有少量的锰、硅、硫、磷等杂质元素。

① 碳钢的分类 生产中使用的碳钢品种繁多, 为了便于生产、管理、选用和研究而将碳钢进行分类。常用的分类方法有:

a. 按钢中含碳量分类: 低碳钢($W_C < 0.25\%$); 中碳钢($W_C \geq 0.25\% \sim 0.60\%$); 高碳钢($W_C > 0.60\%$)。

b. 按钢的质量分类: 根据钢中的有害杂质硫、磷含量分为: 普通质量钢($W_S \leq 0.050\%$, $W_P \leq 0.045\%$); 优质钢($W_S \leq 0.035\%$, $W_P \leq 0.035\%$), 高级优质钢($W_S \leq 0.020\%$, $W_P \leq 0.030\%$)。

c. 按钢的用途分类: 碳素结构钢, 主要用于制作各种机器零件和工程构件, 一般属低碳钢和中碳钢; 碳素工具钢, 主要用于制作各种量具、刀具和模具等, 一般属于高碳钢; 铸钢, 主要用于制作形状复杂, 难于用锻压等方法成形的铸钢件。

d. 按冶炼方法分类: 平炉钢; 转炉钢; 电炉钢。

e. 按冶炼时脱氧程度不同分类: 沸腾钢(F), 镇静钢(Z), 半镇静钢(b)。

② 常用碳钢的牌号及应用 常用碳钢的牌号及应用如表 1.1 所示。

表 1.1 碳素钢分类及用途表

名称	碳素结构钢	优质碳素结构钢	一般工程用铸造碳钢	碳素工具钢
常用钢种	Q195, Q235, Q235A Q255 Q255B	08F, 08, 15, 20, 35, 45, 45Mn, 60, 60Mn	ZG200-400, ZG270-500, ZG340-640	T8, T10, T10A, T12
牌号意义	Q——屈服点, 数字表示最小屈服点。数字越大, 含碳量越高, A、B、C、D 表示质量等级, 省略了 Z 表示镇静钢	数字表示含碳量, 用万分之几表示。F 表示为沸腾钢、镇静钢, 可省略符号 Z。当含锰量在 0.8%~1.2% 时加 Mn 表示	ZG 表示铸钢, 前面三位数表示最小屈服强度值, 后面三位数表示最小抗拉强度值, 强度值越高, 含碳量越多	T 表示碳素工具钢, 数字表示含碳量, 用千分之几表示。A 表示高级优质钢
应用举例	螺栓、连杆、法兰盘、键、轴等	冲压件、焊接件、轴类件、齿轮类、蜗杆、弹簧等	机座、连杆、箱体、齿轮、棘轮等	锯条、冲头、手锤、锉刀、量规等

(2) 合金钢(alloy steel)

合金钢是指含有一种或数种有意识添加的合金元素的钢。合金元素指合金中除基体金属以外, 为了改善和提高性能而有意识加入的任一元素。

①合金钢的分类

a. 按合金元素的含量分: 低合金钢($W_{Me} \leq 5\%$), 中合金钢($5\% < W_{Me} \leq 10\%$), 高合金钢($W_{Me} > 10\%$)。

b. 按合金元素的种类分: 铬钢; 锰钢; 铬锰钢; 铬镍钢等。

c. 按合金钢的主要用途分: 结构钢; 工具钢; 特殊用途钢等。

d. 按正火后的金相组织分: 珠光体钢; 马氏体钢; 奥氏体钢等。

②合金钢的牌号(或钢号)及应用

常用合金钢牌号(或钢号)及应用如表 1.2、表 1.3 和表 1.4 所示。

表 1.2 常用合金结构钢的分类及用途表

名称	低合金高强度结构钢	合金结构钢	弹簧钢	铬轴承钢
常用钢种	Q295A, Q345 Q390A, Q420	20MnV, 20Cr ₂ Ni ₄ A, 40CrNiMoA, 42CrMo, 37CrNi3	65Mn, 60Si ₂ Mn, 55Si ₂ MnB, 50CrVA	GCr9, GCr15 GCr15SiMn
牌号(或钢号)意义	Q——屈服点, 数字表示最小屈服值(MPa), A、B、C、D、E 表示质量等级	含碳量用万分之几表示, 合金含量用百分之几表示(含量小于 1.5% 不标出), 合金种类用化学符号表示, A 表示高级优质合金钢		G 表示轴承钢, 含碳量在 0.95%~1.05% 之间不标出, 含 Cr 量用千分之几表示, 其余合金含量用百分之几表示
应用举例	桥梁、钢架、冲压件、焊接件、锅炉用钢、船舶结构件等	齿轮、连杆、车床、主轴、叶片、螺栓等	各种弹簧件	滚动轴承、精密量具、冷冲模具
热处理	正火	渗碳表面淬火或调质	淬火+中温回火	淬火+低温回火

附: 新旧低合金结构钢标准牌号对照

GB/T 1591—94	GB 1591—88
Q295	09MnV, 09MnNb, 09Mn2, 12Mn
Q345	12MnV, 14MnNb, 16Mn, 16MnRE, 18Nb
Q390	15MnV, 15MnTi, 16MnNb
Q420	15MnVN, 14MnVTiRE
Q460	

表 1.3 常用合金工具钢的分类及用途表

分 类	合 金 工 具 钢			高速工具钢	其它工具材料	
	量具刀具用钢	冷作模具钢	热作模具钢		硬质合金	金属陶瓷
常用钢种	9SiCr, Cr29Cr2	Cr12 Cr12MoV Cr4W2MoV	5CrNiMo 5CrMnMo 3Cr2W8V	W18Cr4V W6Mo5Cr4V2 W9Mo3Cr4V	YT14, YW2, YG8	Al ₂ O ₃ 氧化物类 SiC, BC 碳化物类 Si ₃ N ₄ , BN 氮化物类
牌号或钢号意义	含碳量用千分之几表示, 当其含量大于 1.0% 时不标出。合金元素用化学符号表示, 其含量用百分之几表示 (含量小于 1.5% 不标)			含碳量不标出, 其余同合金工具钢	YG 主要成分是 WC + Co, YT 主要成分是 WC + TiC + Co, YW 主要成分是 WC + TiC + TaC + Co, YG 数字是钴含量, YT 数字是 TiC 含量, 用百分之几表示	
应用举例	板牙、丝锥、量规、样板等	冷冲模、拉丝模、螺纹搓板模、拉拔模等	锤锻模、压铸模、热挤压模等	高速切削刀具	各种切削刀具	刀具、模具
热处理	淬火 + 低温回火		淬火 + 高温回火	淬火 + 多次回火	将碳化物和粘结剂钴加压成型烧结而成	以氧化物、碳化物、氮化物为基加金属粘结剂成型烧结而成

表 1.4 常用特殊性能钢的分类及用途表

分 类	不 锈 钢	耐 热 钢	耐 磨 钢
常 用 钢 种	3Cr13, 1Cr17Mo 0Cr19Ni9	1Cr17, 1Cr13Mo 0Cr19Ni9	ZGMn13-1 ZGMn13-3
牌号或钢号意义	含碳量用千分之几表示 (0 表示含碳量小于 0.08%), 合金元素用化学符号表示, 其含量用百分之几表示		含碳量不标出 (约为 0.9% ~ 1.5%), 含锰量用百分之几表示, ZG 指铸钢
应 用 举 例	医疗工具、量具、酸槽、酸输送管道、食品设备等	散热器、喷油嘴、汽轮机叶片、隔板、耐酸结构件等	耐磨损耐冲击件、挖掘机履带板、主动轮等

(3) 铸铁(cast iron)

铸铁是指一系列由铁、碳和硅组成的合金总称。在这些合金中，碳含量超过了在共晶温度时能保留在奥氏体固溶体中的量(即 $W_C > 2.11\%$)。铸铁具有良好的减振性、耐磨性、铸造性、切削加工性等，因此，在生产中得到了广泛的应用。

①铸铁的分类

a. 根据碳在铸铁中存在的形式分类：白口铸铁(white cast iron)，碳全部以 Fe_3C 形式存在；灰口铸铁(grey cast iron)，碳全部或大部以游离石墨存在；麻口铸铁(mottled cast iron)，碳绝大部分以 Fe_3C 形式存在。

b. 灰口铸铁按石墨形态不同分为：灰铸铁，石墨呈片状分布；蠕虫状铸铁，石墨呈蠕虫状分布；球墨铸铁，石墨呈球状分布；可锻铸铁，石墨呈团絮状分布。

②常用铸铁牌号及应用 常用铸铁牌号及应用如表 1.5 所示。

3 有色金属材料 (non-ferrous metal materials)

除钢铁以外的其它金属材料统称为有色金属。有色金属及其合金的种类很多，它们具有许多独特的性能，因而在国民经济中占有重要地位。机械工业中广泛使用如下几种有色金属及合金。