

机械工业技术学

李万瑾等 主编

中南财经大学工业技术教研室

一九八六年七月



绪 论

第一章 金属材料与热处理

机械是人们从事社会物质生产的重要手段。机械工业是为国民经济各个部门提供技术装备的重要工业部门。在我国的四个现代化建设中，机械工业担负着极其重要的任务。无论是农业、工业，还是国防和尖端技术，都离不开机械工业生产的机器装备、仪器、仪表等。在国民经济各行各业中，都需要尽可能地利用机器代替人力，利用先进设备代替落后的设备，不断地更新换代，逐步实现机械化和自动化。因此，机械工业是我国实现四个现代化的基础。机械工业的技术水平及其生产能力是衡量一个国家现代化程度的重要标志之一。

我国的机械制造技术具有悠久的历史，远在公元前2700年左右（黄帝时代），就制造出了指南车；到公元前1700年左右（商代），已经进入了使用青铜器的全盛时代；在春秋战国时候，制造刀、剑的技术达到了相当高的水平；到公元前400年左右，已经普遍使用铁器工具了。明朝大科学家宋应星所著《天工开物》一书中，详细论述了冶铁、铸钟、锻铁、淬火等各种金属加工方法。它是世界上有关金属工艺的最早的科学著作。反应了我国历代劳动人民在机械制造技术方面的卓越贡献。

由于我国长期处于封建统治之下，尤其是解放前的一百多年里，帝国主义的侵略和反动政府的腐朽无能，很多的创造发明得不到利用，大量的人才被埋没和外流，生产水平处于极端落后状态，直到解放前夕，我国还没有自己独立的机械制造工业。

解决后，我国的机械制造工业有了巨大的发展。现在，已经建成了产品齐全、布局合理、并具有相当规模的机械制造工业体系。我国的机床设备总数已居世界各国的前列，不少的机械产品已经接近或达到世界先进水平。

但是，与世界工业先进国家相比，我国的机械工业还有一定的差距，主要反映在技术落后和经济效益差两个方面。当前，我国机械工业的发展方向是：在自力更生的基础上，学习国外的先进科学技术，改革现有的管理体制，改革落后的技术装备，努力提高产品质量，扩大产品品种，不断地提高经济效益。

机器产品的种类繁多，体积（或重量）相差悬殊。然而，机器的生产过程一般都可以划分为生产准备、毛坯制造、零件加工、装配试车等阶段。

机器产品的生产工艺过程一般可用下图表示：

图1-1 材料受外力作用变形示意图

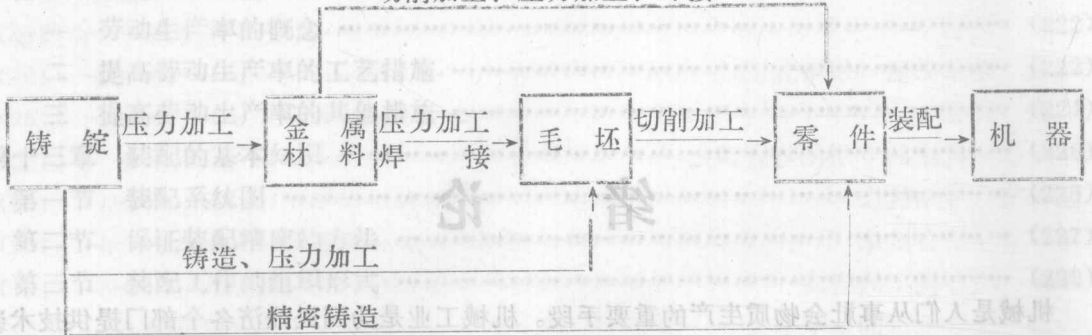
其中， σ ——应力，P。（帕斯卡）；

P——外力，N（牛顿）；

F——材料的截面积， m^2 （米²）。

1. 弹性 金属材料受外力作用时产生变形，外力撤去后能完全恢复原来形状的性能，称

切削加工、压力加工、焊接



为了改善零件的某些性能，在生产工艺过程中，有时对工件还要进行热处理和表面处理。

“机械工业技术学”系统地介绍了机械制造中常用金属材料的性能和用途、毛坯加工、零件加工和装配的各种工艺方法及其设备的基础知识。由于机器产品应用极广、生产工艺过程复杂、组织管理方法较为典型，所以学习本课程既可为学习有关的专业课程打下生产技术知识的基础，同时也为学生在未来的工作岗位上，能够尽快掌握产品生产工艺过程的基本规律和为掌握新的科学技术创造条件。

“机械工业技术学”是一门理论与实践相结合，并且实践性很强的课程。除课堂教学外，还必须配合必要的实验，实习、参观和现场教学等实践环节，帮助学生加深理解，以便收到应有的教学效果。

目 录

绪论	(1)
第一篇 金属热加工	(1)
第一章 金属材料与热处理	(1)
第一节 金属材料的性能	(1)
一 金属材料的机械性能	(1)
二 金属材料的工艺性能	(4)
第二节 金属组织	(5)
一 金属的晶体结构	(5)
二 金属的结晶过程	(6)
三 同素异晶转变	(6)
四 合金的结构	(7)
五 铁碳合金状态图	(8)
第三节 钢的热处理	(11)
一 退火	(12)
二 正火	(13)
三 淬火	(13)
四 回火	(13)
五 表面淬火	(14)
六 化学热处理	(15)
七 热处理炉	(15)
第四节 钢	(17)
一 钢的分类	(17)
二 我国钢铁产品的牌号	(19)
三 碳素钢	(21)
四 合金钢	(27)
五 铸钢	(31)
六 钢材	(31)
第五节 铸铁与铁合金	(32)
一 铸铁	(32)
二 铁合金	(34)
第六节 有色金属及其合金	(34)
一 铝及铝合金	(35)

二 铜及铜合金	(36)
三 锡基和铅基轴承合金 (巴氏合金)	(37)
四 硬质合金	(38)
第二章 铸造生产	(39)
第一节 概述	(39)
第二节 合金的铸造性能	(40)
一 合金的流动性	(40)
二 合金的收缩	(40)
三 偏析	(42)
第三节 模型和芯盒的制造	(42)
一 模型和芯盒的种类	(42)
二 制造模型和芯盒的材料	(43)
三 制模要点	(43)
第四节 造型材料	(44)
一 造型材料应具备的性能	(44)
二 造型材料的组成	(45)
三 造型材料的种类	(46)
四 造型材料的制备	(46)
第五节 造型	(47)
一 手工造型	(47)
二 机器造型	(49)
三 浇注系统、冒口、冷铁和气口	(52)
四 型芯的制造	(52)
五 砂型和型芯的烘干	(53)
六 合箱	(54)
第六节 铸铁的熔炼	(54)
一 冲天炉的构造	(54)
二 冲天炉的炉料	(55)
三 冲天炉的熔炼过程	(55)
四 冲天炉的操作过程	(57)
第七节 浇注、落砂、清理和铸件的缺陷分析	(57)
一 浇注	(57)
二 落砂	(58)
三 铸件的清理	(59)
四 铸件的缺陷分析	(59)
第八节 特种铸造	(62)
一 金属型铸造	(62)
二 压力铸造	(63)
三 离心铸造	(64)

四	熔模铸造	(65)
五	各种铸造方法的比较	(66)
第三章	金属压力加工	(67)
第一节	概述	(67)
第二节	金属的塑性变形	(68)
(80一)	金属塑性变形的实质	(68)
(80二)	塑性变形对金属组织和性能的影响	(69)
(80三)	金属的可锻性	(70)
第三节	锻造用原材料及坯料的加热	(71)
(80一)	锻造用原材料及其准备	(71)
(80二)	加热的目的以及加热时产生的缺陷	(72)
(80三)	加热规范	(72)
(80四)	加热设备	(73)
第四节	自由锻造	(75)
(80一)	自由锻造概述	(75)
(80二)	自由锻造的基本工序	(76)
(80三)	自由锻造设备	(77)
(80四)	自由锻造工艺规程的编制	(80)
第五节	模型锻造	(83)
(80一)	模型锻造概述	(83)
(80二)	模锻设备	(83)
(80三)	锻模	(86)
第六节	胎模锻造	(87)
(80一)	什么是胎模锻造	(87)
(80二)	胎模	(87)
(80三)	胎模锻造的优缺点	(88)
第七节	板料冲压	(88)
(80一)	板料冲压概述	(88)
(80二)	冷冲压的基本工序	(89)
(80三)	板料冲压设备	(90)
第八节	压力加工新工艺	(91)
(80一)	精密模锻	(91)
(80二)	零件的轧制	(92)
(80三)	零件的挤压	(92)
第四章	金属的焊接与切割	(94)
第一节	概述	(94)
第二节	电弧焊	(95)
(80一)	电弧焊的原理和特点	(95)
(80二)	手工电弧焊	(96)

(三) 埋弧自动电弧焊	(98)
(四) 气体保护电弧焊	(99)
第三节 气焊与气割	(100)
(一) 气焊及其特点	(100)
(二) 氧乙炔火焰	(101)
(三) 气焊条与气焊粉	(102)
(四) 气焊设备及器具	(102)
(五) 氧气切割	(104)
第五节 接触焊	(105)
(一) 接触焊的原理和特点	(105)
(二) 接触焊的种类及其应用	(105)
第五节 其它焊接方法	(107)
(一) 电渣焊	(107)
(二) 等离子弧焊接与切割	(107)
(三) 真空电子束焊	(108)
(四) 钎焊	(108)
第六节 焊接变形缺陷和金属的可焊性	(109)
(一) 焊接变形	(109)
(二) 焊接缺陷	(109)
(三) 金属的可焊性	(110)
第二篇 金属切削加工及装配	(111)
第五章 金属切削加工的基础知识	(112)
第一节 切削运动和切削用量	(112)
(一) 零件表面的形成及切削运动	(112)
(二) 切削用量	(113)
(三) 切削加工基本工艺时间的计算	(114)
(四) 切削用量的选择	(114)
第二节 金属切削刀具与切削过程	(115)
(一) 刀具的几何形状及刀具材料	(115)
(二) 金属切削过程	(116)
第三节 夹具的概念	(119)
(一) 工件的定位和夹紧	(120)
(二) 机床夹具的分类及应用	(120)
第四节 量具的概念	(120)
(一) 加工精度和表面光洁度的概念	(121)
(二) 量具及其应用	(121)
第五节 金属切削机床概论	(124)
(一) 金属切削机床的分类和编号	(124)
(二) 机床的传动与变速	(127)

第六章 车削加工	(131)
第一节 普通车床的构造	(131)
第二节 普通车床的主要组成部分及其功用	(131)
第三节 普通车床的传动系统图	(132)
第四节 车床附件	(135)
第五节 车刀及其安装	(137)
第六节 车刀的种类	(137)
第七节 车刀的安装	(138)
第八节 车床的主要工作	(139)
第九节 车外圆	(139)
第十节 车端面	(139)
第十一节 切槽和切断	(140)
第十二节 内圆柱面加工(孔加工)	(140)
第十三节 车圆锥面	(141)
第十四节 车成型面	(142)
第十五节 车螺纹	(143)
第十六节 其他车床类机床	(144)
第十七节 立式车床	(145)
第十八节 多刀车床	(145)
第十九节 六角车床	(146)
第七章 钻削加工和镗削加工	(147)
第一节 钻床与钻削用量	(147)
第二节 钻头	(147)
第三节 钻削用量	(148)
第四节 钻床	(149)
第五节 立式钻床	(149)
第六节 摇臂钻床	(149)
第七节 钻床所能完成的工作	(150)
第八节 钻孔	(150)
第九节 扩孔	(152)
第十节 铰孔	(152)
第十一节 镗削加工	(153)
第十二节 镗床及镗刀	(153)
第十三节 卧式镗床所能完成的工作	(154)
第八章 刨削和拉削加工	(156)
第一节 概述	(156)
第二节 刨床类机床	(157)
第三节 牛头刨床	(157)
第四节 龙门刨床	(158)

(18三) 插床	(159)
(第三节) 刨床的主要工作	(159)
(18一) 刨平面	(159)
(18二) 刨沟槽	(160)
(第四节) 拉削加工	(161)
(18一) 拉削加工概念	(161)
(18二) 拉刀的结构	(161)
(18三) 拉床及其所能完成的工作	(162)
第九章 铣削加工	(163)
(第一节) 铣刀及铣削过程	(163)
(18一) 铣刀的结构及刀齿几何形状	(163)
(18二) 铣削要素	(164)
(18三) 铣削方式	(165)
(第二节) 铣床	(166)
(18一) 卧式铣床	(166)
(18二) 立式铣床	(167)
(18三) 龙门铣床	(167)
(第三节) 铣床的主要工作	(167)
(18一) 铣平面	(168)
(18二) 铣槽	(169)
(18三) 铣成形面	(170)
(18四) 利用分度头铣工件	(171)
(第四节) 齿轮加工	(173)
(18一) 概述	(173)
(18二) 加工齿轮的方法	(173)
(18三) 齿轮精加工简介	(175)
第十章 磨削加工	(177)
(第一节) 砂轮	(177)
(18一) 砂轮的组成	(177)
(18二) 砂轮规格表示方法	(180)
(18三) 砂轮的使用与安装	(180)
(第二节) 磨削过程	(181)
(18一) 磨削用量	(181)
(18二) 磨削基本时间	(182)
(第三节) 磨床	(182)
(18一) 外圆磨床	(182)
(18二) 内圆磨床	(185)
(18三) 平面磨床	(185)
(第四节) 光整加工	(187)

一 研磨	(187)
二 珩磨	(188)
三 超级光磨(超精加工)	(188)
四 抛光	(189)
第十一章 机床的专用化与自动化	(190)
第一节 专用机床	(190)
第二节 组合机床	(190)
一 组合机床的组成	(191)
二 组合机床的基本型式	(192)
三 组合机床的特点及应用范围	(192)
第三节 自动机床	(193)
一 机床自动化的意义及自动机床的组成	(193)
二 自动机床的工作原理	(194)
第四节 数字程序控制机床	(195)
一 数控机床的组成及其工作过程	(195)
二 数控机床的特点	(196)
第五节 机械加工自动线	(196)
一 自动线的基本概念	(196)
二 自动线的配置形式	(197)
第十二章 机械制造工艺知识	(199)
第一节 工艺过程的基本知识	(199)
一 生产过程	(199)
二 工艺过程的组成	(199)
三 生产类型及其工艺特征	(201)
四 工艺规程的作用和种类	(202)
第二节 机械加工工艺规程的制定	(206)
一 零件的工艺分析	(206)
二 零件毛坯的选择	(207)
三 定位基准的选择	(207)
四 工艺路线的拟定方法	(209)
五 常用加工方法的选择	(210)
六 加工余量的确定	(211)
第三节 典型零件加工的工艺过程举例	(211)
一 轴类零件	(211)
二 套类零件	(213)
三 箱体零件	(216)
第四节 工艺过程的技术经济分析	(219)
一 工艺过程的经济性	(219)
二 工艺过程的经济分析	(219)

第五节 提高机械加工生产率的途径	(222)
(88) 一 劳动生产率的概念	(222)
(88) 二 提高劳动生产率的工艺措施	(222)
(88) 三 提高劳动生产率的其他措施	(224)
第十三章 装配的基本知识	(226)
第一节 装配系统图	(226)
第二节 保证装配精度的方法	(227)
第三节 装配工作的组织形式	(229)
(89) 一 装配工作的组织形式	(229)
(89) 二 装配工作的组织形式	(229)
(89) 三 装配工作的组织形式	(229)
(89) 四 装配工作的组织形式	(229)
(89) 五 装配工作的组织形式	(229)
(89) 六 装配工作的组织形式	(229)
(89) 七 装配工作的组织形式	(229)
(89) 八 装配工作的组织形式	(229)
(89) 九 装配工作的组织形式	(229)
(89) 十 装配工作的组织形式	(229)
(89) 十一 装配工作的组织形式	(229)
(89) 十二 装配工作的组织形式	(229)
(89) 十三 装配工作的组织形式	(229)
(89) 十四 装配工作的组织形式	(229)
(89) 十五 装配工作的组织形式	(229)
(89) 十六 装配工作的组织形式	(229)
(89) 十七 装配工作的组织形式	(229)
(89) 十八 装配工作的组织形式	(229)
(89) 十九 装配工作的组织形式	(229)
(89) 二十 装配工作的组织形式	(229)
(89) 二十一 装配工作的组织形式	(229)
(89) 二十二 装配工作的组织形式	(229)
(89) 二十三 装配工作的组织形式	(229)
(89) 二十四 装配工作的组织形式	(229)
(89) 二十五 装配工作的组织形式	(229)
(89) 二十六 装配工作的组织形式	(229)
(89) 二十七 装配工作的组织形式	(229)
(89) 二十八 装配工作的组织形式	(229)
(89) 二十九 装配工作的组织形式	(229)
(89) 三十 装配工作的组织形式	(229)
(89) 三十一 装配工作的组织形式	(229)
(89) 三十二 装配工作的组织形式	(229)
(89) 三十三 装配工作的组织形式	(229)
(89) 三十四 装配工作的组织形式	(229)
(89) 三十五 装配工作的组织形式	(229)
(89) 三十六 装配工作的组织形式	(229)
(89) 三十七 装配工作的组织形式	(229)
(89) 三十八 装配工作的组织形式	(229)
(89) 三十九 装配工作的组织形式	(229)
(89) 四十 装配工作的组织形式	(229)
(89) 四十一 装配工作的组织形式	(229)
(89) 四十二 装配工作的组织形式	(229)
(89) 四十三 装配工作的组织形式	(229)
(89) 四十四 装配工作的组织形式	(229)
(89) 四十五 装配工作的组织形式	(229)
(89) 四十六 装配工作的组织形式	(229)
(89) 四十七 装配工作的组织形式	(229)
(89) 四十八 装配工作的组织形式	(229)
(89) 四十九 装配工作的组织形式	(229)
(89) 五十 装配工作的组织形式	(229)

第一篇 金属热加工

第一章 金属材料与热处理

金属材料包括钢铁和有色金属及其合金。金属材料具有优良的机械性能，可以承受拉、压、弯、扭、冲击等外力作用而不易破坏；具有良好的工艺性能，可以应用轧、锻、铸、焊、切削等加工工艺；还具有一定的物理性能和化学性能，如导电、导热、耐腐蚀、抗氧化等，因此金属材料在工业中占有非常重要的地位，它是机械制造工业的基本材料。金属材料的质量、品种和数量对机械工业的发展速度，对提高机械产品质量、发展产品品种、提高劳动生产率 and 降低成本均有重大意义。

第一节 金属材料的性能

金属材料的性能分为机械性能、工艺性能、物理性能和化学性能，它们是正确选用材料和进行各种加工工艺的重要技术依据。

一、金属材料的机械性能

金属材料的机械性能是指金属材料受外力作用时所表现的特性。

机械零件在工作过程中都要受到外力的作用，通常把这种外力称为载荷。载荷有多种，如静载荷、冲击载荷和交变载荷等。金属材料在外力的作用下发生形状和尺寸的变化称为变形。外力的形式不同，材料的变形也不同，基本的变形形式有压缩、拉伸、扭转、剪切和弯曲等五种（图1—1）。

金属材料在外力作用下，其内部产生与外力相平衡的抵抗力，单位截面积上的抵抗力称为应力。应力可按下式计算：

$$\sigma = \frac{P}{F}$$

式中， σ ——应力，P.（帕斯卡）；

P——外力，N（牛顿）；

F——材料的截面积， m^2 （米²）。

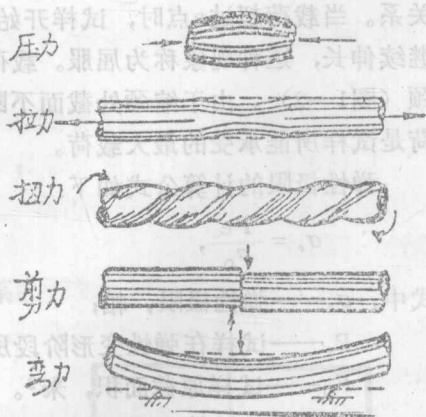


图1—1 材料受外力作用变形示意图

1. 弹性 金属材料受外力作用时产生变形，外力除去后能完全恢复原来形状的性能，称

为弹性。材料能保持弹性变形的最大应力称为弹性极限。材料在外力作用下抵抗弹性变形的能力称为刚度。

2. 塑性 金属材料在外力作用下，产生永久变形而不发生破坏的性能，称为塑性。在外力除去后残留的变形称为塑性变形。塑性的大小常用延伸率和断面收缩率表示。

3. 强度 金属材料受外力作用时，抵抗变形和断裂的能力称为强度。根据外力形式的不同，可分为抗拉强度、抗压强度和抗弯强度等。常用的强度指标是屈服强度和抗拉强度。

金属材料的弹性极限、延伸率、断面收缩率、屈服强度和抗拉强度均由拉伸试验来测定。试验时，将材料制成标准拉伸试样（图1—2），在其表面上标出长为 L_0 的标距，将试

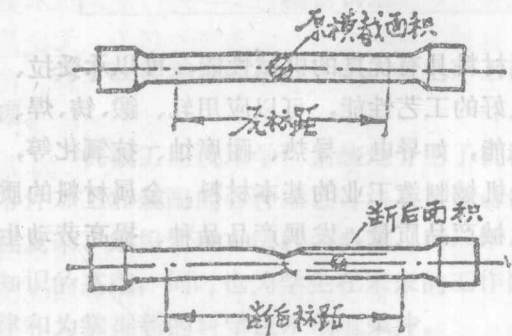


图1—2 试验前后试样尺寸变化示意图

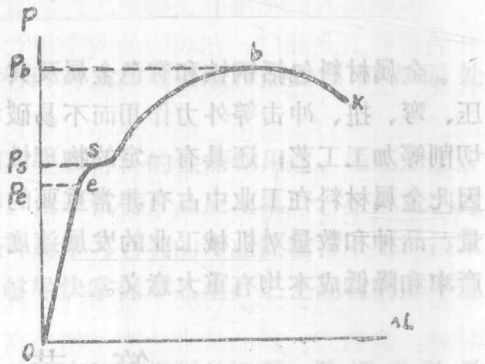


图1—3 低碳钢拉伸图

样两端夹紧在拉伸试验机上，然后逐渐加力拉伸，直到将试样拉断为止。以伸长量 ΔL 为横坐标，载荷 P 为纵坐标，便可绘出拉伸曲线（图1—3），它反映了金属材料在拉伸过程中弹性变形、塑性变形直至断裂的全部特性。

由图1—3可知，当载荷小于 e 点时，材料处于弹性变形阶段，试样的伸长和载荷成正比关系。当载荷超过 e 点时，试样开始产生塑性变形。载荷增至 s 点时，不继续增加载荷，试样继续伸长，这种现象称为屈服。载荷继续增加至 b 点时，试样局部的截面明显缩小，出现缩颈（图1—2）。由于缩颈处截面不断变小，载荷也逐渐降低，至 k 点时试样被拉断。 b 点的载荷是试样所能承受的最大载荷。

弹性极限的计算公式如下：

$$\sigma_e = \frac{P_e}{F_0},$$

式中， σ_e ——弹性极限，帕；

P_e ——试样在弹性变形阶段所能承受的最大拉力，牛；

F_0 ——试样原截面积，米²。

塑性指标的计算公式如下：

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

式中 δ ——延伸率；

L_0 ——试样原标距长度，米；

L ——试样拉断后的标距长度，米。

延伸率有 δ_5 和 δ_{10} 之分，前者表示用标距长度为直径五倍的试样测出的延伸率，后者所

用的试样标距长度为直径的十倍。 δ_{10} 通常写成 δ 。

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

式中， ψ ——断面收缩率；
 F_0 ——试样原截面积，米²；
 F ——试样拉断后断裂处的截面积，米²。

强度指标的计算公式如下：

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

式中 σ_s ——屈服强度，帕；
 P_s ——试样屈服时的拉力，牛；
 F_0 ——试样原截面积，米²。

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

式中， σ_b ——抗拉强度，帕；
 P_b ——试样所能承受的最大拉力，牛；
 F_0 ——试样原截面积，米²。

4. 硬度 金属材料抵抗比它更硬的物体压入的能力称为硬度。表示硬度的标准有几种，常用的有布氏硬度和洛氏硬度。

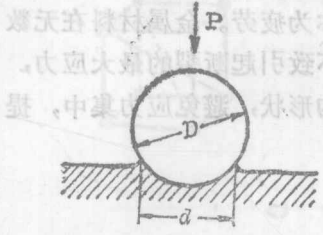


图1—4 布氏硬度试验示意图

布氏硬度是在布氏硬度试验机上测定的。试验时，用一定直径的淬火钢球，以一定的压力压入被试金属的表面内(图1—4)，结果，在金属表面上形成一个压坑，以压坑单位面积上所受的 average 压力，作为布氏硬度值。硬度值愈大，表示材料愈硬。

$$HB = \frac{P}{F}$$

式中，HB——布氏硬度，帕(实际应用中都不注单位)；
 P ——压力，牛；
 F ——压坑表面积，米²。

金属材料的布氏硬度与抗拉强度之间有下列近似关系：

- 低碳钢 $\sigma_s \approx 0.36 HB$
- 高碳钢 $\sigma_b \approx 0.34 HB$

洛氏硬度是在洛氏硬度试验机上测定的。试验时，用一金刚石圆锥或小钢球以一定压力压入金属表面(图1—5)，根据压入深度来确定硬度值。洛氏硬度没有单位，一般不需要计算，可直接从试验机的指示器读出，硬度值愈大，表示材料愈硬。洛氏硬度有三种，符号是HRA、HRB和HRC。HRA和HRC所用压头是120°金刚石圆锥，HRB用直径为1.588毫米的小钢

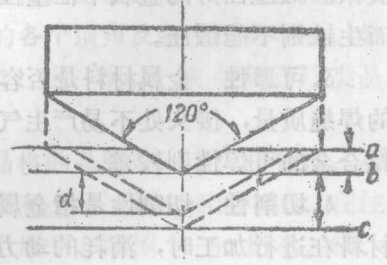


图1—5 洛氏硬度试验示意图

球，所加压力分别为60公斤、150公斤和100公斤。HRC应用最为广泛。

5. 韧性 金属材料抵抗冲击性外力作用而不致破裂的能力称为韧性。与韧性相反的性质，就是脆性。

韧性的大小是用冲击试验来测定的。试验时，将标准试样放在试验机的两个支承上，使其缺口背向冲击方向，然后将摆锤抬起H的高度，摆锤落下时将试样冲断，并升起h的高度（图1—6），冲击韧性值即为试样单位截面积上所消耗的冲击功。冲击韧性值愈大，表示材料的韧性愈好，在受到冲击载荷时愈不容易脆断。

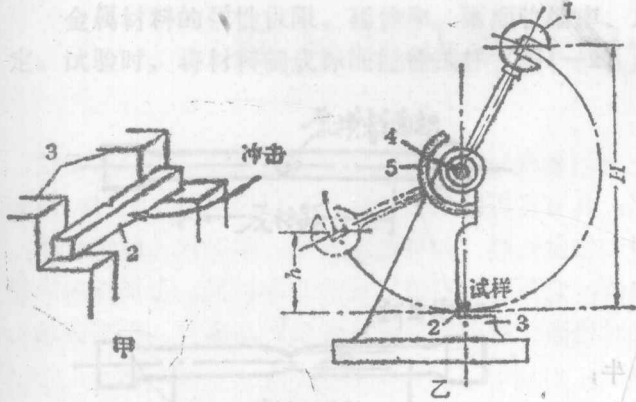


图1—6 冲击试验图

$$a_k = \frac{A_k}{F_0}$$

式中 a_k ——冲击韧性值，
焦/米²；
 A_k ——冲断试样所消耗的功，焦；
 F_0 ——试样缺口处的横截面积，米²。

6. 疲劳强度 很多机械零件都是在大小及方向变化的交变载荷作用下工作的，这种交变载荷使金属材料在受力低于其屈服强度时即发生断裂，这种现象称为疲劳。金属材料在无数次（钢铁不小于10⁷次，有色金属不小于10⁸次）交变载荷作用下不致引起断裂的最大应力，称为疲劳强度。提高金属材料的疲劳强度，可通过改善零件的结构形状，避免应力集中，提高表面光洁度和表面强化处理等措施来实现。

二、金属材料的工艺性能

金属材料在加工过程中所表现的性能叫做工艺性能。

1. 铸造性 金属材料是否容易铸造出优质铸件的性能叫铸造性。它和流动性、收缩性、偏析等有关。金属在液态时的流动性好、收缩小、偏析小则铸造性好。灰生铁具有良好的铸造性，钢则较差。

2. 锻压性 金属材料承受压力加工的能力叫锻压性。锻压性与金属材料的塑性有直接的关系。锻压性好的金属不但塑性好，锻压时所需的外力也较小。钢一般具有优良的锻压性，而生铁则不能锻压。

3. 可焊性 金属材料是否容易焊接的性能叫做可焊性。可焊性好的金属焊后能得到满意的焊缝质量，接头处不易产生气孔、裂纹、夹渣等缺陷。低碳钢具有优良的可焊性，铸铁和铝合金的可焊性则较差。

4. 切削性 切削性是指金属材料是否容易被切削工具进行切削加工的性能。切削性好的材料在进行加工时，消耗的动力小，刀具寿命长，加工的零件表面光洁。灰铸铁、铜合金和铝合金等较好的切削性，高碳钢与高合金钢的切削性则较差。

5. 冷弯性 金属材料在常温下承受弯曲而不致破裂的能力叫做冷弯性。可通过冷弯试验

来测定。冷弯试验时，材料出现裂纹前能承受的弯曲程度愈大，则冷弯性愈好。

第二节 金属的组织

一、金属的晶体结构

固态物质按其原子排列的特征，分为晶体与非晶体两类。晶体的原子按一定次序作有规律的排列，所有的金属在固态下都是晶体，金刚石、石墨等也是晶体。非晶体的原子排列是不规律的，松香和沥青等都是非晶体。

图1—7a示晶体中原子排列的情况。为了表明晶体内原子排列的规律，可用直线将各原

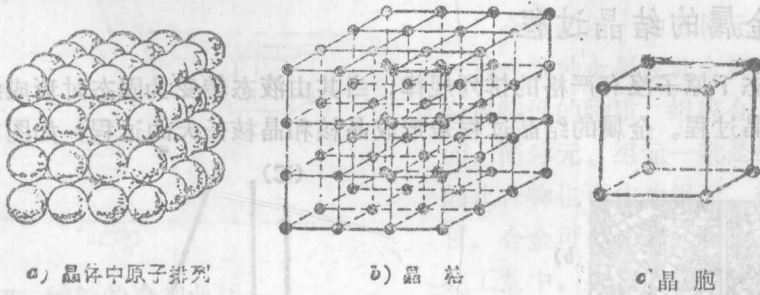


图1—7 晶格与晶胞

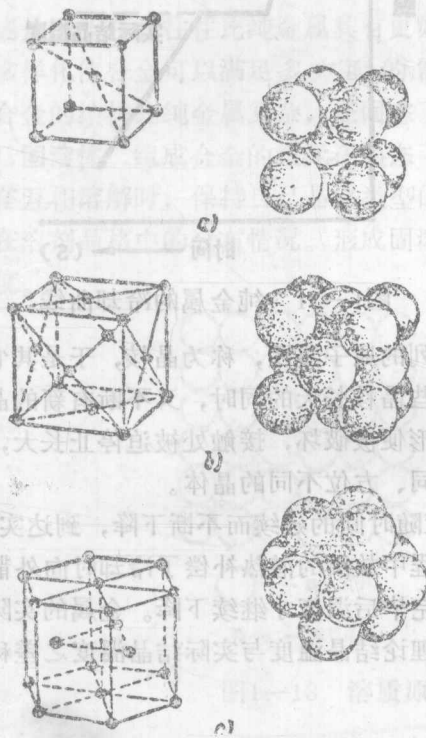


图1—8 常见的三种晶胞

子的中心联结起来，便形成了空间结晶格子，简称晶格（图1—7b）。能够反映晶格排列规律的最小单元叫做晶胞（图1—7c）晶胞各边的长度叫做晶格常数，以埃（ $\text{\AA}$ ）为单位（ $1 \text{\AA} = 10^{-10}$ 米）。

金属的晶胞有各种形式，常见的有三种类型：

体心立方晶格的晶胞是一个立方体，原子位于立方体的各个顶角及其中心，如图1—8a所示。属于这类晶格的金属有铬、钼、 α 铁等。

面心立方晶格的晶胞也是一个立方体，原子位于立方体的各个顶角及各个面的中心，如图1—8b所示。铝、铜、 γ 铁等属于这类晶格。

密排六方晶格的晶胞是一个六棱柱体，原子位于各个棱角和上、下两个面的中心，在柱体中间还有三个原子，如图1—8c所示。镁、锌、钛等属于这类晶格。

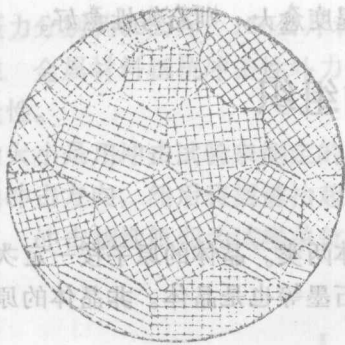


图1—9 多晶体

如果一块金属由结晶方位完全一致的晶胞所组成，则称为单晶体。实际使用的金属一般都是多晶体，它是由很多外形不规则、结晶方位不同的小晶体所组成（图1—9），这些小晶体称为晶粒。晶粒之间的交界面称为晶界，晶界处的原子排列不规律，并常有杂质汇集于此。

二、金属的结晶过程

金属在液态下原子没有严格的排列规律，当其由液态转变为固态时形成结晶体，此过程称为金属的结晶过程。金属的结晶过程是形成晶核和晶核长大的过程，如图1—10所示。当

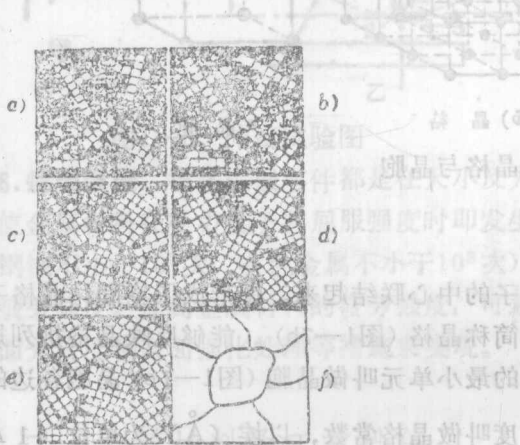


图1—10 金属结晶过程示意图。(米⁰¹⁻⁰¹)

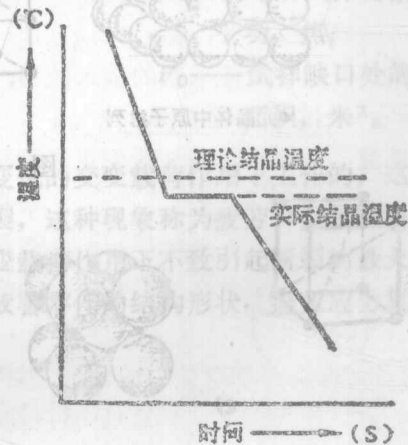


图1—11 纯金属的冷却曲线

液体金属冷却至结晶温度时，就出现了一些规律排列的原子集团，称为晶核，于是其它原子就围绕这些晶核按一定的几何形状排列起来，在这些晶核长大的同时，又不断有新的晶核生成和长大。当生长着的晶体互相接触时，其规则外形便被破坏，接触处被迫停止长大，晶体只能向未接触的空间生长，结果形成了许多外形不同、方位不同的晶体。

图1—11示纯金属的冷却曲线。液体金属的温度随时间的延续而不断下降，到达实际结晶温度时，图中出现一水平线段，这是由于结晶过程中放出的潜热补偿了冷却时向外散发的热量，使纯金属在结晶过程中温度保持不变，结晶完毕后温度才继续下降。金属的实际结晶温度总是低于理论结晶温度，这种现象称为过冷。理论结晶温度与实际结晶温度之差称为过冷度。冷却速度愈大，过冷度愈大。

三、同素异晶转变

有些金属如铁、锰、锡等在不同温度范围具有不同的晶格类型，在冷却或加热时，可通过固相内原子的扩散来实现晶格的转变，这是一种固态转变，称为同素异晶转变。