

工程材料及机械制造基础系列教材

湖南省金工学会组织编写

机械制造 基础与实践

刘舜尧 刘水华 主编

中南工业大学出版社

机械制造基础与实践

刘舜尧 刘水华 主编

江苏工业学院图书馆
藏书章

中南工业大学出版社

内 容 提 要

《机械制造基础与实践》一书内容包括机械工程材料、铸造、锻压、焊接、粉末冶金成型与工程塑料成型、机械加工、钳工、特种加工与数控加工技术等。书中所含的内容包括传统的金属加工工艺方法,且增加了机械制造新材料、新工艺与新技术的内容。传统金属加工工艺内容的编写遵循国家教委1995年颁布的“高等工业学校本科金工实习教学基本要求”,新增加的内容注意与传统内容在知识深度方面的衔接。本书与以往同类教材相比,内容有较大幅度的更新,以适应本课程教学改革的需要。

本书可作为高等工业学校本科非机类和近机类各专业金工实习和课堂教学的通用教材,也可以作为机械类专业以及职工大学、函授大学的教学参考书。

机械制造基础与实践

刘舜尧 刘水华 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:13 字数:324千字

1996年5月第1版 1996年5月第1次印刷

印数:0001—7000

*

ISBN7-81020-866-7/TH·020

定价:15.00元

本书如有印装质量问题,请直接与生产厂家联系解决
厂址:湖南长沙 邮编:410083

前 言

科学技术的进步不断地给机械工业注入新的活力,新材料、新工艺与新技术在机械工业中的应用、机与电的相互结合、微电子技术和微机处理应用于机械设计与制造过程,更新了机械设计与制造的概念。“金属工艺学”作为高等工业学校一门重要的技术基础课,必须跟上机械工业的发展步伐。学生在机械制造实习教学中除了学习通用设备操作和传统工艺方法之外,还应该学习机械制造的新工艺和新技术,掌握现代制造技术的知识,以适应未来工业社会的需要。基于这种考虑,我们编写了《机械制造基础与实践》一书。

本书按照“确保基础、拓宽知识、注重实践、内容新颖”的原则编写,并注意总结了各院校教学改革和课程建设的经验。在内容上除了传统的金属加工工艺外,在机械工程材料部分增加了非金属材料和功能材料;在零件成型部分增加了粉末冶金成型和工程塑料成型等工艺方法;在零件加工部分增加了特种加工和数控加工等。全书内容理论紧密结合实践,深入浅出。选材上注意了系统性和先进性。

全书采用法定计量单位。材料牌号、工艺术语等均采用最新国家标准。各章节后附有练习题,以促进學生思考和应用。

参加本书编写的有:中南工业大学刘舜尧(第1, 3, 4, 5章),中南工学院冷发启(第2章),中南工业大学刘水华(第6, 8章)和赵平生(第7章)。由刘舜尧、刘水华主编。

本书由中南工业大学胡昭如教授主审。参加审稿工作的有:湘潭大学周增文,长沙铁道学院何少平,长沙交通大学杨瑾珪和湖南农业大学伍乾坤等。他们提出了许多宝贵意见,在此谨表示衷心的感谢。

湖南省金工学会把加强《工程材料及机械制造基础》课程建设和推进课程的教学改革作为一项基本工作常抓不懈,组织力量编写出版系列配套教材,已编写出版了《机械工程材料》、《热加工工艺基础》、《机械加工工艺基础》等教学用书。本书作为该系列教材的配套教材,在编写出版中自始至终得到学会的全力支持和帮助。

限于编者水平,书中的错误和不妥之处,热诚希望读者批评指正。

编 者

1996年8月

CAc88/1570

目 录

1 机械工程材料	(1)
1.1 金属材料的性能	(1)
1.1.1 金属材料的力学性能	(1)
1.1.2 金属材料的其它性能	(5)
1.2 金属热处理方法	(6)
1.2.1 退火	(7)
1.2.2 正火	(7)
1.2.3 淬火	(7)
1.2.4 回火	(7)
1.2.5 表面热处理	(8)
1.3 钢铁材料	(9)
1.3.1 钢的分类	(10)
1.3.2 钢的编号与用途	(11)
1.3.3 铸铁	(15)
1.4 有色金属材料与粉末合金	(18)
1.4.1 有色金属材料	(18)
1.4.2 粉末合金	(21)
1.5 非金属材料与复合材料	(24)
1.5.1 非金属材料	(24)
1.5.2 复合材料	(27)
1.6 功能材料	(29)
1.6.1 磁性材料	(29)
1.6.2 超导材料	(30)
1.6.3 形状记忆合金	(30)
2 铸 造	(32)
2.1 概述	(32)
2.1.1 铸造生产的基本概念	(32)
2.1.2 铸型的组成	(33)
2.1.3 铸造生产的特点与应用	(33)
2.2 砂型铸造	(33)
2.2.1 型砂与芯砂	(33)
2.2.2 模样与芯盒	(34)
2.2.3 造型方法	(35)
2.2.4 浇注系统	(40)

2.2.5	造芯	(41)
2.2.6	合型 浇注 落砂 清理及铸件热处理	(42)
2.2.7	铸造工艺图	(43)
2.3	铸造合金熔炼	(46)
2.3.1	冲天炉熔炼	(46)
2.3.2	感应电炉熔炼	(48)
2.3.3	坩埚炉熔炼	(48)
2.4	合金的铸造性能与铸件结构工艺性	(49)
2.4.1	合金的铸造性能	(49)
2.4.2	铸件缺陷分析	(50)
2.4.3	铸件结构工艺性	(52)
2.5	特种铸造	(54)
2.5.1	金属型铸造	(55)
2.5.2	压力铸造	(55)
2.5.3	离心铸造	(56)
2.5.4	熔模铸造	(56)
3	金属压力加工	(58)
3.1	概 述	(58)
3.1.1	金属压力加工的概念	(58)
3.1.2	塑性变形对金属组织和性能的影响	(58)
3.1.3	锻造的应用	(61)
3.2	金属的加热和冷却	(61)
3.2.1	金属的锻造性能	(61)
3.2.2	金属的加热	(62)
3.2.3	锻件的冷却	(64)
3.3	锻造工艺	(64)
3.3.1	自由锻	(64)
3.3.2	模锻	(71)
3.4	冲 压	(72)
3.4.1	冲压设备	(72)
3.4.2	冲压基本工序	(74)
3.5	锻压加工先进工艺	(76)
3.5.1	精密模锻	(76)
3.5.2	零件的轧制	(76)
3.5.3	零件的挤压	(77)
4	焊 接	(79)
4.1	概 述	(79)
4.1.1	常用焊接方法及其分类	(79)
4.1.2	熔化焊接头与焊缝	(79)

4.2 手工电弧焊	(80)
4.2.1 焊接过程	(80)
4.2.2 手弧焊机	(80)
4.2.3 电焊条	(82)
4.2.4 手弧焊工艺	(83)
4.3 气焊与气割	(86)
4.3.1 气焊	(86)
4.3.2 氧气切割	(91)
4.4 其它焊接方法	(92)
4.4.1 埋弧自动焊	(92)
4.4.2 气体保护焊	(93)
4.4.3 压力焊	(94)
4.4.4 钎焊	(95)
4.5 焊接质量及其控制	(96)
4.5.1 焊接应力与变形	(96)
4.5.2 焊缝缺陷及质量检验	(97)
4.6 焊接结构设计	(99)
4.6.1 选择焊接件的材料	(99)
4.6.2 焊接结构工艺性	(101)
5 其它成型工艺	(102)
5.1 粉末冶金工艺	(102)
5.1.1 粉末冶金基本工艺过程	(102)
5.1.2 粉末冶金的特点	(105)
5.2 塑料成型工艺	(106)
5.2.1 压制成型	(106)
5.2.2 注射成型	(107)
5.2.3 挤压成型	(107)
5.2.4 吹塑成型	(108)
6 机械加工	(109)
6.1 机械加工的基础知识	(109)
6.1.1 切削加工与机械加工	(109)
6.1.2 机械加工质量	(109)
6.1.3 切削运动与切削用量	(111)
6.1.4 切削刀具的基本知识	(113)
6.1.5 金属切削过程	(117)
6.2 车削加工	(122)
6.2.1 车床	(122)
6.2.2 车削操作	(127)
6.2.3 车削工艺示例	(136)
6.2.4 车削加工的特点	(138)

6.3	钻削与镗削加工	(138)
6.3.1	钻削加工	(138)
6.3.2	镗削加工	(142)
6.4	刨削和插削加工	(143)
6.4.1	刨削加工	(143)
6.4.2	插削加工	(147)
6.5	铣削加工	(148)
6.5.1	铣床	(149)
6.5.2	铣刀	(150)
6.5.3	分度头	(150)
6.5.4	铣削基本工作	(151)
6.6	齿形齿面的切削加工	(153)
6.6.1	渐开线齿轮概述	(153)
6.6.2	铣齿	(154)
6.6.3	滚齿和插齿	(155)
6.6.4	齿面精加工简介	(158)
6.6.5	齿面加工方案的选择	(159)
6.7	磨削加工	(160)
6.7.1	砂轮	(160)
6.7.2	万能外圆磨床及其磨削工作	(161)
6.7.3	平面磨床及其磨削工作	(163)
6.8	零件表面的加工与机械加工工艺过程	(164)
6.8.1	零件表面加工方案的选择	(164)
6.8.2	机械加工工艺过程的概念	(166)
6.9	零件机械加工的结构工艺性	(168)
7	钳工	(172)
7.1	概 述	(172)
7.1.1	钳工及其主要工作	(172)
7.1.2	钳工工作台和虎钳	(172)
7.2	划 线	(172)
7.2.1	划线工具	(173)
7.2.2	划线种类及操作方法	(174)
7.3	锯 切	(176)
7.3.1	手锯	(176)
7.3.2	锯切操作	(176)
7.4	锉 削	(177)
7.4.1	锉刀	(177)
7.4.2	锉削操作	(178)
7.5	刮 削	(179)
7.5.1	刮刀	(179)

7.5.2	刮削的操作	(179)
7.5.3	刮削质量的检验	(180)
7.6	攻丝和套扣	(180)
7.6.1	攻丝	(180)
7.6.2	套扣	(181)
7.7	操作示例	(182)
7.7.1	制作地质锤的操作步骤	(182)
7.7.2	制作六角螺母的操作步骤	(185)
7.8	装 配	(186)
7.8.1	产品装配步骤	(186)
7.8.2	某减速器低速轴组件的装配	(187)
7.8.3	滚动轴承的装配	(188)
7.8.4	螺纹联接的装配	(188)
7.8.5	齿轮的装配	(189)
7.8.6	拆卸工作	(189)
8	特种加工与微机数控加工	(190)
8.1	特种加工	(190)
8.1.1	概述	(190)
8.1.2	电火花加工	(190)
8.1.3	激光加工	(192)
8.1.4	超声波加工	(194)
8.2	数控加工	(194)
8.2.1	数控加工的工作原理	(194)
8.2.2	数控加工的特点和应用	(195)
主要参考文献		(197)

1 机械工程材料

机械工程材料是制造各种机械设备的物质基础。掌握机械工程材料的基本知识,对于从事机械设备的设计、制造、使用、维修、管理等工作都是十分重要的。在机械设计中要根据零件的工作条件选择合适的材料和提出正确的技术要求;在机械制造中要根据材料的工艺性能确定恰当的加工方法和制定合理的工艺规程;在机械设备的使用、维修和管理等工作中要对设备的工作状态、产品质量与经济效益作出正确的分析和评价,也必须具备足够的材料基础知识。本章介绍材料的性能、金属热处理方法、常用金属材料、非金属材料、复合材料、功能材料等方面的基本知识。

1.1 金属材料的性能

金属材料的性能包括力学性能、物理性能、化学性能和工艺性能。在机械设计与制造中,主要考虑材料的力学性能与工艺性能,某些特定条件下工作的零件还要求材料具备一定的物理性能与化学性能。

1.1.1 金属材料的力学性能

金属材料在外力作用下反映出来的力学性质称为力学性能,衡量力学性能的指标主要有强度、塑性、硬度和韧性等几种。

1 强度

金属材料在外力作用下抵抗变形与断裂的能力称为强度。根据外力的作用方式不同,可以分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗扭强度等等。一般所说的强度指的是抗拉强度。

抗拉强度是将金属试样(图 1.1)夹持在拉伸试验机上测试出来的。试验时,对拉伸试样缓慢增加载荷,试样在拉力作用下产生变形并且被不断拉长,最终被拉至断裂。用低碳钢试样作拉伸试验,可以得到如图 1.2 所示的拉伸曲线。

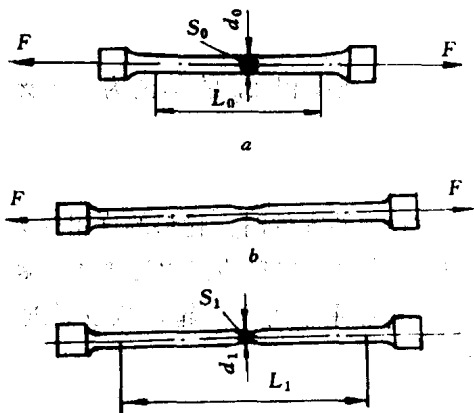


图 1.1 拉伸试样

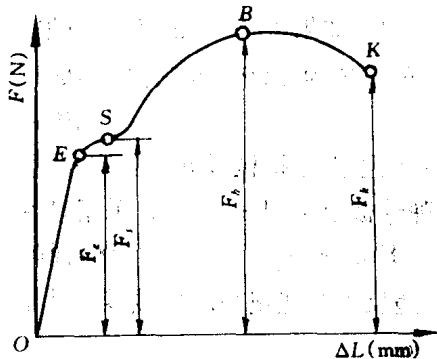


图 1.2 低碳钢的拉伸曲线

在拉伸曲线上, 纵坐标表示外力的大小, 横坐标表示试样的变形量。从拉伸曲线可以看出, 当外力小于 F_e 时, 试样的变形量与外力成正比关系, 此时若去除外力, 试样将恢复到原始长度, 说明这时试样仅发生弹性变形; 当外力大于 F_e 时, 试样除发生弹性变形外, 还发生不能回复的变形(塑性变形), 这时如果去除外力, 试样的弹性变形消失, 塑性变形部分残留下来, 试样不能完全恢复到原始长度; 当外力增加到 F_s 时, S 点附近的曲线近似于水平状态, 即发生外力不增加而试样却在连续伸长的现象, 这种现象称为“屈服”; 屈服现象过后, 继续增加外力, 则试样发生明显的塑性变形, 当外力增大到 F_b 时, 试样局部开始变细而发生“缩颈”现象; 之后, 试样变形集中出现在缩颈附近, 由于截面缩小, 继续变形所需的外力下降, 外力达到 F_k 时, 试样在缩颈处断裂。

根据拉伸曲线所反映出的试样拉伸变形与断裂的情况, 可以得到如下的概念:

(1) 弹性极限 σ_e 弹性极限是金属材料在外力作用下开始产生塑性变形时的应力, 即:

$$\sigma_e = \frac{F_e}{S_0} \quad (\text{N/mm}^2)$$

式中: F_e ——试样发生最大弹性变形时的拉伸力(N);

S_0 ——试样原始横截面积(mm^2)。

为了便于比较, 在国家标准中把产生残余伸长为 0.01% 的应力作为规定弹性极限, 用 $\sigma_{p0.01}$ 表示, 并将 $\sigma_{p0.01}$ 称为规定非比例伸长应力。

(2) 屈服点(屈服强度) σ_s 屈服点是金属材料在外力作用下开始发生屈服现象时的应力, 即:

$$\sigma_s = \frac{F_s}{S_0} \quad (\text{N/mm}^2)$$

式中: F_s ——试样发生屈服现象时的拉伸力(N);

S_0 ——试样原始横截面积(mm^2)。

(3) 抗拉强度 σ_b 抗拉强度是金属材料在拉伸力作用下, 断裂前能承受的最大应力, 即:

$$\sigma_b = \frac{F_b}{S_0} \quad (\text{N/mm}^2)$$

式中: F_b ——试样断裂前的最大拉伸力(N);

S_0 ——试样原始横截面积(mm^2)。

上述各式中, 如果外力 F 的单位为牛顿(N), 试样原始横截面积 S_0 的单位为平方米(m^2), 则强度的单位为帕(Pa)或兆帕(MPa), 且有:

$$1\text{MPa} = 1 \times 10^6\text{Pa}$$

金属材料的强度在机械设计中具有重要意义。设计弹簧和弹性零件时, 材料的许用应力不应超过其弹性极限, 即 $\sigma_{\text{许}} < \sigma_e$; 采用韧性材料制造机械零件时, 材料的许用应力不应超过其屈服点, 即 $\sigma_{\text{许}} < \sigma_s$; 采用脆性材料制造机械零件时, 其许用应力不应超过抗拉强度, 即 $\sigma_{\text{许}} < \sigma_b$ 。违反了这些规则, 机械零件就不能正常使用。

2 塑性

金属材料在外力作用下, 产生永久变形而不破坏的能力称为塑性。塑性通常用断后伸长率(δ)与断面收缩率(ψ)来表示。它们的计算式如下:

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

$$\psi = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \times 100\%$$

式中: L_0 ——试样原始标距长度(mm);

L_1 ——试样拉断后的标距长度(mm);

S_0 ——试样原始横截面积(mm²);

S_1 ——试样拉断后缩颈处的最小横截面积(mm²)。

测定金属材料的断后伸长率时,同一种材料用不同长度的试样得到的 δ 值不同。用长比例试样($L_0 = 10d_0$)测得的断后伸长率用 δ_{10} 表示,通常简写为 δ ;用短比例试样($L_0 = 5d_0$)测得的断后伸长率用 δ_5 表示。由于金属材料的断后伸长率随标距长度 L_0 增加而 δ 值变小,故有 $\delta_5 > \delta_{10}$ 。

断面收缩率则不受试样长短的影响。

金属材料的断后伸长率与断面收缩率的值愈大,说明材料的塑性愈好。金属材料的塑性优劣,对零件的成形加工与使用具有重要意义。塑性良好是金属进行压力加工的必要条件,也是零件安全使用的标志。金属材料具有一定的塑性,能够顺利地进行锻造或其它形式的变形加工。在使用中,材料具有一定塑性,如果载荷超过允许值($\sigma > \sigma_s$),则在载荷作用下通过局部塑性变形并产生加工硬化,使零件强度升高,可以避免产生裂纹而不至于发生脆性断裂。大多数零件只要达到 $\delta \geq 5\%$ 或 $\psi \geq 10\%$ 就可以满足使用要求。过高地追求材料的塑性指标将导致强度偏低,不利于提高零件的使用寿命。

3 硬 度

金属材料抵抗集中载荷作用的能力称为硬度。或者说,硬度是材料抵抗硬物压入的能力。

常用的硬度测试方法有布氏硬度和洛氏硬度两种。

(1) 布氏硬度 HBS (HBW) 布氏硬度值在布氏硬度计上测定。用直径为 D 的钢球或硬质合金球作为压头,在规定的载荷 F 作用下压入试样表面,保持一定时间后卸除载荷,试样上留下直径为 d 的球面压痕(图 1.3),以压痕单位面积上所承受载荷的大小作为试样的硬度值,其计算式为:

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

式中: HBS——压头为钢球时的布氏硬度符号;

HBW——压头为硬质合金球时的布氏硬度符号;

D ——压头直径(mm);

F ——试验时的压力(kg·f);

d ——压痕平均直径(mm)。

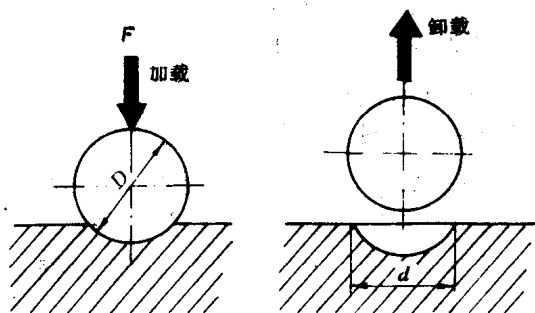


图 1.3 布氏硬度测定示意图

在实际生产中,布氏硬度试验值并不需要进行计算,而是测出材料表面所留压痕直径 d 后,可直接查阅布氏硬度表得到 HBS (或 HBW) 的数值。在进行布氏硬度试验时,钢球压头适合于测定硬度较低的金属材料

(<450HBS), 硬质合金球压头适合于测定硬度较高的金属材料(450~650HBW)。

(2) 洛氏硬度 洛氏硬度试验是用顶角为 120° 的金刚石圆锥体或直径为 1.588mm 的钢球作为压头, 在初载荷 P_0 与总载荷 P ($P = \text{初载荷 } P_0 + \text{主载荷 } P_1$) 分别作用下压入被测材料表面, 然后卸除主载荷 P_1 , 在初载荷 P_0 作用下测量压痕深度残余增量 e 来计算硬度值(图 1.4)。如果 e 值小, 则金属材料硬度较高; e 值较大, 则材料的硬度较低。试验时, 可以通过洛氏硬度计上的刻度盘直接读出洛氏硬度值。

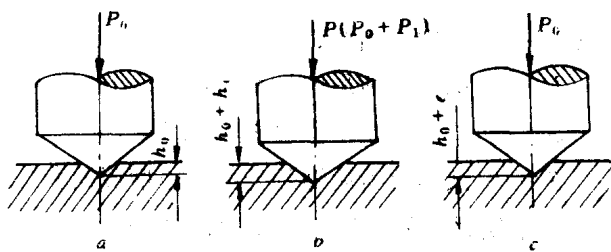


图 1.4 洛氏硬度试验原理

根据试验时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。各种标尺的洛氏硬度试验及其应用范围见表 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:

$$\text{HRA}(\text{HRC}) = 100 - \frac{e}{0.002\text{mm}}, \text{HRB} = 130 - \frac{e}{0.002\text{mm}}$$

式中: e ——卸除主载荷后, 在初载荷下的压痕深度残余增量, mm。

洛氏硬度试验结果的表示方法为: 用 HR 表示洛氏硬度, 随后的字母表示所用标尺, 字母后面的数字表示硬度值。例如 HRC60 表示用 C 标尺测定的洛氏硬度值为 60。

硬度试验是一种非破坏性试验, 可以直接在零件上测定成品的硬度。一般零件图上都标出所要求的硬度值范围作为零件性能的技术要求。例如, 一般工具(刀具、模具、量具)的硬度为 HRC60~66; 结构零件的硬度为 HRC25~40; 弹簧或弹性零件的硬度为 HRC40~48。

金属材料的硬度与其它性能指标之间有一定的关系。例如, 对于钢材, 在一定的范围内, 硬度与抗拉强度有下列经验公式可供参考:

低碳钢 $\sigma_b \approx 0.36\text{HBS}$;

合金调质钢 $\sigma_b \approx 0.33\text{HBS}$;

高碳钢 $\sigma_b \approx 0.34\text{HBS}$ 。

4 冲击韧性

金属材料抵抗冲击载荷作用而不破坏的能力称为冲击韧性。

冲击韧性的测定在冲击试验机上进行。试验时, 把冲击试样放在摆锤冲击试验机的支座上, 然后让摆锤从一定高度 H_1 将试样冲断, 摆锤反向升到 H_2 高度(图 1.5)。冲击韧性值

用下式计算:

$$a_{KV}(a_{KU}) = \frac{A_{KV}(A_{KU})}{S} \quad (\text{J/cm}^2)$$

式中: $a_{KV}(a_{KU})$ ——冲击韧度值, 单位为 J/cm^2 (或 $\text{kgf}\cdot\text{m/cm}^2$);

$A_{KV}(A_{KU})$ ——冲击吸收功, 单位为 J (或 $\text{kgf}\cdot\text{m}$);

S ——试样缺口底部横截面积, 单位为 cm^2 。

冲击试验标准试样有 V 型缺口和 U 型缺口两种, 所以分别用 a_{KV} 或 a_{KU} 表示它们的试验值。

冲击韧度是金属材料的一种重要的性能指标, 通常用它来衡量零件在使用时的安全性或检验材料的脆性倾向。实际工作中, 有些零件 (如汽车变速齿轮、凿岩机活塞等) 在使用过程中承受较大的冲击载荷作用, 从而产生比静载荷作用时大得多的应力。有些金属材料在静载荷作用下具有很高的强度, 而在冲击载荷作用时却表现得脆弱。因此, 对于承

受冲击载荷作用的零件, 不仅要有较高的强度, 还必须具有一定的冲击韧度值才能满足使用要求。

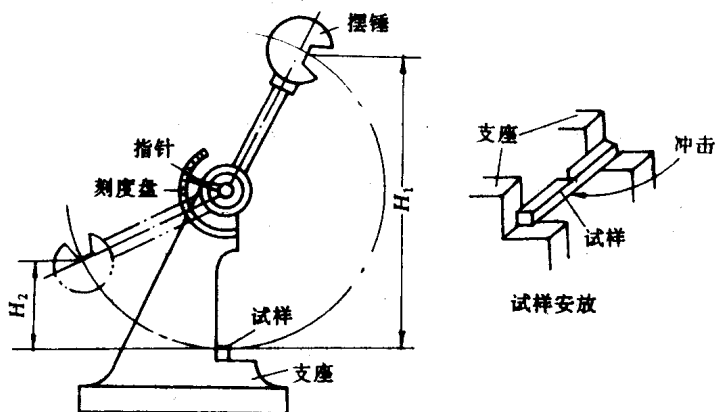


图 1.5 冲击试验原理

1.1.2 金属材料的其它性能

除力学性能之外, 金属材料的物理性能、化学性能和工艺性能在机械设计与制造中也具有重要的意义。

1 物理性能

金属材料的物理性能包括密度、熔点、热膨胀性、导热性、导电性和磁性等。

密度小于 5g/cm^3 的金属称为轻金属, 轻金属材料对于制造飞机与航天器具有重要的意义。密度大于 5g/cm^3 的重金属材料则主要用于制造普通的机械设备。

制造保险丝时要求金属熔点低, 制造锅炉管道及加热炉底板等零件则要求金属熔点高。此外, 在进行金属热加工时, 必须了解金属的熔化温度, 以便制定合适的加工工艺。

金属材料的热膨胀性主要是通过它的线膨胀系数反映出来。线膨胀系数大的材料会使零件在使用中改变配合状态甚至出现变形与裂纹的问题, 从而影响机器的精度和使用寿命。

在制定金属热处理工艺或其它热加工工艺时, 要考虑金属的导热性。导热性差的材料在加热与冷却时, 若加热速度与冷却速度控制不当, 则工件内外温差大, 容易产生大的应力, 而导致零件变形甚至产生裂纹。

金属材料的导电性和磁性在设计制造电机与电器产品中是很重要的性能参数。例如, 电阻丝要求大电阻, 导线和电缆要求导电性能优良, 变压器和电机的铁芯要采用磁性好的铁磁材料, 而磁屏蔽系统则要求采用具有逆磁性质的铜合金制造。

2 化学性能

金属材料的化学性能主要是指其抵抗活泼介质化学侵蚀的能力, 包括耐蚀性、耐酸碱性

和抗高温腐蚀性等性能。

耐蚀性是指金属材料在常温下抵抗大气、水或水蒸汽等介质侵蚀的能力。工程上采用表面金属镀层、涂刷油漆或进行发蓝处理等方法,就是对零件和金属制品采取的表面保护措施,以提高表面耐蚀性。有些零件需要采用不锈钢制造,以抵抗腐蚀性环境的侵袭。

耐酸碱性指的是金属抵抗酸碱侵蚀的能力。设计制造化工、石油等工程机械设备时要选用耐酸钢,以抵抗酸、碱、盐等化学介质的侵蚀。

耐热性是金属材料在高温下保持足够强度并能抵抗氧或其它介质侵蚀的能力。锅炉、汽轮机及其它在高温下工作的机械设备,其中的一些结构件必须采用耐热钢制造,以适应高温工作环境。

3 工艺性能

金属材料的工艺性能是材料在加工过程中能否易于加工成零件的性质。工艺性能主要有铸造性、锻造性、焊接性、切削加工性与热处理性。材料的工艺性能与它的化学成分、内部组织以及加工条件有关,它们是材料的力学性能、物理性能和化学性能在加工过程中的综合表现。工艺性能的优劣不仅影响产品的生产效率和成本,而且影响产品的质量和性能。

铸造成形的零件要求所选用的金属铸造性能良好,液态金属能够顺利地充满铸型,得到力学性能合格、尺寸准确和轮廓清晰的铸件,并且能够减少和避免产生应力、变形、裂纹、缩孔、气孔、化学成分与内部组织不均匀等缺陷,提高铸件使用的可靠性。

锻压成形的零件应该选用锻造性良好的金属材料,即材料的塑性好、变形抗力小,可锻温度范围较宽,变形时不易产生裂纹;易于获得高质量的锻件。

焊接件应该获得优质焊接接头。焊接性好的金属焊接接头强度高,焊缝及焊缝邻近部位不易产生大的焊接应力而引起变形与裂纹,焊缝中也不易出现气孔、夹渣与其它焊接缺陷。

大多数零件必须经过各种形式的切削加工,因此要求材料的切削加工性良好,即切削时能耗低、切屑易脱落、加工面的表面质量高,并且刀具寿命长,切削工效高。

进行热处理的零件要求材料具有良好的热处理性能,经过热处理之后金属零件必须是内部晶粒细小、组织均匀、性能合格,尽量避免出现过大的热处理应力而导致变形与开裂的缺陷。

练 习 题

1. 说出下列力学性能指标的含义:

σ_s 、 σ_s 、 σ_b 、 δ 、 ψ 、 a_K 、HBS、HRC

2. 机械零件图上一一般只标明零件的硬度要求,而不标明要求多高的强度,为什么?

3. 零件在使用中发生下列现象,是什么性能指标不符合要求?

①零件使用中发生过量塑性变形而不能继续运行;

②某种轴的轴颈磨损速率极快;

③某种杆状零件使用时发生突然断裂的现象;

④一种弹簧在投入使用短时间之后即失去弹性。

1.2 金属热处理方法

热处理是将金属在固态下通过加热、保温和冷却,改变金属的组织,从而改变金属性能的一种工艺方法。在热处理过程中,主要是通过控制加热温度、保温时间和冷却速度来改变金属材料的组织结构和它的性能,而不改变零件的形状和尺寸。

在机械制造中,热处理是一种非常重要的工艺方法。切削加工之前,对零件进行预备热

处理,可以改善切削加工性能,提高切削效率,改善加工质量;欲使零件达到使用性能指标,应该根据图纸的技术要求进行最终热处理;为了稳定零件的形状和尺寸,可以制定合适的热处理工艺方法来消除金属内部的应力。所以,热处理是现代机械制造中改善加工条件、保证产品质量、节约能源和节省材料的一项极为重要的工艺方法。

热处理的工艺方法很多,在机械制造中常见的热处理方法有退火、正火、淬火与回火等常规热处理,还有表面淬火与化学热处理(渗碳、渗氮、碳氮共渗等)等表面热处理。

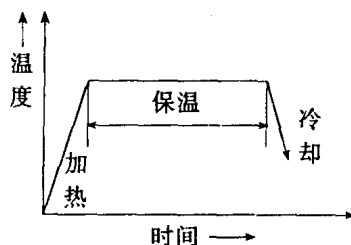


图 1.6 热处理方法示意图

1.2.1 退火

将钢材加热到适当的温度并保温一定的时间,然后随炉缓慢冷却的热处理工艺称为退火。退火时,钢材的加热温度一般为 $800\sim 900^{\circ}\text{C}$ 范围,低碳钢的退火加热温度较高,而高碳钢的退火加热温度较低。保温时间的长短主要取决于零件的尺寸大小和同炉装入工件的数量。

退火是缓慢冷却,退火以后得到平衡组织,经过退火的钢件内部晶粒细小,组织均匀,降低了硬度和消除了应力,切削加工性能得到了改善。退火主要适应于含碳较高的碳钢和各类合金钢。

如果只是为了消除材料的应力,防止变形和开裂,可将零件加热到 $600\sim 650^{\circ}\text{C}$,保温一段时间后缓慢冷却下来。这种方法称为去应力退火(低温退火)。

1.2.2 正火

正火是将工件加热到临界温度以上的适当温度,保温之后从炉中取出置于空气中冷却的热处理工艺。钢材的正火加热温度通常在 $820\sim 950^{\circ}\text{C}$ 范围,正火的冷却速度比退火快,正火之后工件的硬度比退火略高,而正火消除应力的效果不如退火彻底。

在实际生产中,正火处理的目的与退火相似,而正火后钢材的组织更为细小,低碳钢和中碳钢通过正火后更适合于切削加工。所以,正火多用于改善钢材切削加工性能的预备热处理。对于普通要求的机械零件,正火也可以作为达到使用性能的最终热处理工艺。

1.2.3 淬火

淬火是将工件加热到临界温度以上的适当温度,保温之后快速冷却下来的热处理工艺方法。钢材的淬火加热温度一般为 $780\sim 880^{\circ}\text{C}$ 。淬火处理之后,再进行适当的回火处理,能改善零件的使用性能和延长使用寿命。

淬火操作时要使钢材实现快速冷却,必须选择具有足够冷却能力的淬火冷却介质,常用的冷却介质为水和矿物油。水是最便宜而且冷却能力很强的一种冷却介质,主要用于一般碳钢零件的淬火冷却剂。如果在水中加入少量盐,则其冷却能力可以进一步提高,这对于一些大尺寸碳钢件淬火冷却很有益处。油的冷却能力比水低,工件在油中淬火冷却的速度较慢,但可以避免出现淬火缺陷,合金钢适宜于采用矿物油作淬火冷却剂。

淬火冷却的速度极快,淬火后钢材的内部组织为非平衡组织,存在较大的应力和脆性,工件淬火之后应该进行回火处理才能使用。

1.2.4 回火

将淬火后的工件加热到一定的温度,保温一段时间,然后冷却下来,称为回火。回火的主要作用在于减小和消除淬火工件的应力与脆性,防止零件产生变形或裂纹,并且通过回火

过程调整零件的力学性能，使之符合使用要求。

根据回火加热温度的差别，可以分为低温回火、中温回火和高温回火三种。

(1) 低温回火 低温回火的加热温度为 $150\sim 250^{\circ}\text{C}$ 。在较低的温度下回火，可以部分消除淬火应力、降低脆性，提高韧性。同时，使工件保持淬火后的高硬度与高耐磨性。低温回火适用于要求硬度高、耐磨损的刀具、量具、模具以及各种耐磨零件。钢材低温回火后，硬度可达 HRC58~64。

(2) 中温回火 中温回火的加热温度为 $350\sim 500^{\circ}\text{C}$ 。淬火工件经中温回火之后，应力与脆性已基本上消除，零件具有较高的强度与一定的韧性，而且弹性良好。中温回火主要用于处理弹簧和弹性零件，中温回火后硬度一般为 HRC35~50。

(3) 高温回火 高温回火的加热温度为 $500\sim 650^{\circ}\text{C}$ 。由于回火温度较高，不仅可以使淬火应力与脆性全部清除，而且可以赋予零件良好的综合力学性能，即零件的强度、硬度与塑性、韧性具有良好的配合。高温回火主要是用于齿轮、轴、连杆和要求较高综合力学性能的各种结构件。习惯上把淬火与高温回火相结合的热处理工艺称为调质处理，调质件的硬度为 200~330HBS。

1.2.5 表面热处理

有些零件，如齿轮、链轮、轴、轧辊等，使用中要求整体强度和韧性较高，而表面则需要高硬度和高耐磨性，这时可以通过表面热处理的方法改变零件的表面性能。机械制造中广泛应用的表面热处理方法有表面淬火和化学热处理两种。

1 表面淬火

表面淬火是以极快的速度将零件表面加热到淬火温度，然后快速冷却下来，使表面组织发生转变、表面硬度得到提高。由于只对表面进行快速加热和快速冷却，故零件心部组织和性能并不发生变化。中碳钢和合金调质钢常采用表面淬火方法来提高表面硬度。表面淬火可以用火焰加热和感应加热等方法。

(1) 火焰加热表面淬火 火焰加热表面淬火是利用氧气-乙炔高温火焰将工件表层迅速加热到淬火温度，随后立即用水或乳化液进行冷却，使表层淬硬。火焰加热表面淬火设备简单，成本低，但不易于控制淬火质量，淬火之后表面硬度不够均匀，一般主要用于单件或小批量生产中。

(2) 感应加热表面淬火 感应加热表面淬火是利用交流电通过导体的集肤效应来加热工件的。交流电通过导体时，在靠近导体表面部位电流密度大，而中心部位电流密度几乎为零。并且，交流电频率越高，则电流密度分布不均匀的现象越显著。利用电磁感应的方法在零件中产生感应电流即可实现加热淬火操作。

高频电流在感应圈内形成强大电磁场，工件处于感应圈内的部分由于表面层感生强大的涡流而迅速发热，很快达到淬火温度，位于感应圈下部的喷淋套立即喷出冷却水(或乳化液)进行冷却，使工件

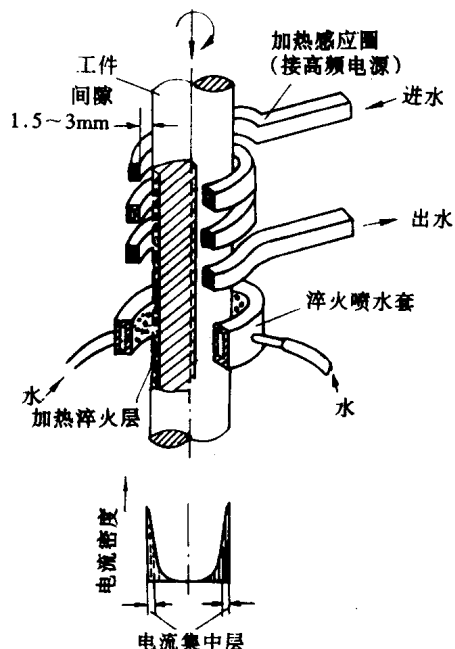


图 1.7 感应加热淬火示意图