

铁路成人中专非脱产学历教育教材

JIXIE JICHU

机械基础

祖国庆 主编



中国铁道出版社

TH11
126-1

机械基础

主编 祖国庆

限期还书卡

[illegible]

内 容 简 介

本教材分上、下两篇,分别介绍了金属材料及工艺和机械零件与传动的知识。上篇内容包括:金属材料基础知识、黑色金属、钢的热处理及应用、有色金属及其他材料、金属加工工艺及防腐;下篇内容包括:机械零件与传动概述、常用机构、联接、带传动与链传动、齿轮传动、支承零部件。

本书为铁路成人中专非脱产学历教育教材,也可作为铁路成人中专学历教育、铁路职工提高文化素质学习的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机械基础/祖国庆主编. —北京:中国铁道出版社,2004.2

铁路成人中专非脱产学历教育教材

ISBN 7-113-05705-5

I. 机… II. 祖… III. 机械学—成人教育:中等教育—教材 IV. TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 003742 号

书 名:机械基础

作 者:祖国庆

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

策划编辑:武亚雯

责任编辑:程东海 阙济存

封面设计:马 利

印 刷:北京市兴顺印刷厂

开 本:787×1092 1/16 印张:13.25 字数:320 千

版 本:2004 年 2 月第 1 版 2004 年 3 月第 2 次印刷

印 数:6 001~8 000 册

书 号:ISBN 7-113-05705-5/TH·103

定 价:17.00 元(含自学指导与习题)

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

编辑部电话 (010)51873135 发行部电话 (010)51873171

前 言

为规范铁路成人中专非脱产学历教育教学工作,全面提高职工学历教育教学质量,确保铁道部、铁路局职工岗位学历达标工作的健康发展,依据铁道部关于铁路成人中专非脱产联合办学指导性教学计划,并参照教育部相关普通中等专业学校教学大纲,结合成人中专学员学习的自身特点,北京铁路局教育处组织有关专家,编写了铁路成人中专非脱产学历教育教材《机械基础》一书。

本教材吸收了近年来北京铁路局有关中等职业学校部分自编讲义的精华,并在教学实践中不断充实、完善,尽可能地体现了职业的针对性、内容的实用性、程度的适中性、方法的训练性。适于铁路成人中专学历教育(含非脱产)教学或学员自学。

为便于学员自学,我们还编写了与本教材配套的自学指导与习题,作为学员必备的自学补充资料。

本套书由祖国庆担任主编,陈忠胜、李雪芳任副主编。编写分工为:祖国庆(第一章、第三章),李雪芳(第二章、第四章),赵建英(第五章),陈忠胜(第六章、第十一章),向秀梅(第七章),黄丽鹃(第八章、第九章一、二、三节),张福顺(第九章四节、第十章)。参加审稿的有:米志刚、曹元枫、李麟伟、钟彤、贾云平、徐中涛、邓洪等。

本教材编写时间紧促,在编写过程中难免存在疏漏与不足,如有不妥之处,恳请读者批评指正,使之日臻完善。

北京铁路局教育处
2004年元月



目 录

上篇 金属材料及工艺

第一章 金属材料基础知识	1
第一节 金属材料的分类	1
第二节 金属材料的性能	3
第三节 金属的结构与结晶	8
复习思考题	11
第二章 黑色金属材料	12
第一节 铁碳合金的基本组织	12
第二节 非合金钢	13
第三节 低合金钢	17
第四节 合金钢	19
第五节 铸 铁	26
复习思考题	30
第三章 钢的热处理及应用	31
第一节 钢的整体热处理	31
第二节 钢的表面热处理	35
第三节 钢的化学热处理	36
复习思考题	37
第四章 有色金属及其他材料简介	39
第一节 铜及其合金	39
第二节 铝及其合金	42
第三节 轴承合金及粉末冶金	44
第四节 其他材料	46
复习思考题	48
第五章 金属加工工艺及防腐	49
第一节 铸造与锻造	49
第二节 焊 接	52

第三节 机械加工简介	56
第四节 金属腐蚀及防护	59
复习思考题	61

下篇 机械零件与传动

第六章 机械零件与传动概述	63
第一节 机器与机构	63
第二节 机构运动简图	64
复习思考题	67
第七章 常用机构	68
第一节 铰链四杆机构	68
第二节 单移动副四杆机构	70
第三节 平面四杆机构的传动特性	72
第四节 凸轮机构	74
第五节 步进运动机构	76
复习思考题	79
第八章 联 接	80
第一节 键联接	80
第二节 销及销联接	83
第三节 螺纹联接与螺旋传动	83
第四节 轴间联接	91
复习思考题	96
第九章 带传动与链传动	97
第一节 带传动的类型、特点和应用	97
第二节 V 带传动	100
第三节 带传动的张紧、安装及维护	103
第四节 链传动简介	105
复习思考题	106
第十章 齿轮传动	107
第一节 齿轮传动概述	107
第二节 直齿圆柱齿轮的几何参数	109
第三节 渐开线齿轮的啮合	112

第四节	斜齿圆柱齿轮传动	113
第五节	直齿锥齿轮传动	115
第六节	齿轮的失效形式与齿轮的结构	116
第七节	齿轮加工、根切与变位简介	118
第八节	蜗杆传动	121
第九节	轮系	123
复习思考题		126
第十一章	支承零部件	128
第一节	轴	128
第二节	滑动轴承	133
第三节	滚动轴承	137
复习思考题		143
参考文献		143

上篇 金属材料及工艺

金属材料是现代工业、农业、国防及科学技术等部门使用最广泛的材料。它之所以能获得广泛的应用,不仅由于它的来源丰富,而且还由于它具有优良的性能。此外,金属材料品种多,性能各异,可以通过不同的加工方法(例如热处理),使金属材料的某些性能获得进一步的改善,从而扩大其使用范围。

从事机械制造或维修工作,都会遇到金属材料的选用及热处理等问题。为此,我们必须掌握常用金属材料的成分、加工方法、组织、性能、用途之间相互联系的基本知识,并运用这些知识去解决实际生产中遇到的具体问题。

它的内容主要包含以下几个部分。

1. 金属的基本知识

介绍金属的物理性能、化学性能、机械性能及工艺性能等;介绍金属和合金的晶体构造,金属的成分、温度和组织之间的相互关系及变化规律。

2. 常用的金属材料

介绍非合金钢、合金钢、铸铁、有色金属等金属材料的牌号、成分、组织、热处理、性能及用途。

3. 钢的热处理

介绍热处理的基本理论及各种热处理工艺的目的和方法。

4. 有色金属

介绍铜、铝、粉末冶金等材料;介绍常用的非金属材料。

5. 金属常用冷热加工工艺、特点及金属的防腐方法

该内容是与生产实践联系比较密切的课程,也是学习各专业与生产实习课的基础。

第一章 金属材料基础知识

金属材料是现代工农业生产中使用最广泛的机械工程材料。对机械维修和制造工作者来说,了解金属材料的分类和基本性能具有非常重要的意义。

第一节 金属材料的分类

在机械上,常用的金属材料如图 1-1 所示。

在已发现的化学元素中大多数是金属元素。金属是指具有良好的导电性和导热性,有一定的强度和塑性,并具有一定光泽的物质,如铁、铝、铜、锌等。有两种或两种以上的金属元素,或者金属与非金属元素所组成的具有金属特性的物质叫合金。如钢是由铁和碳所组成的合



金;黄铜是铜和锌组成的合金。金属与合金统称金属材料。

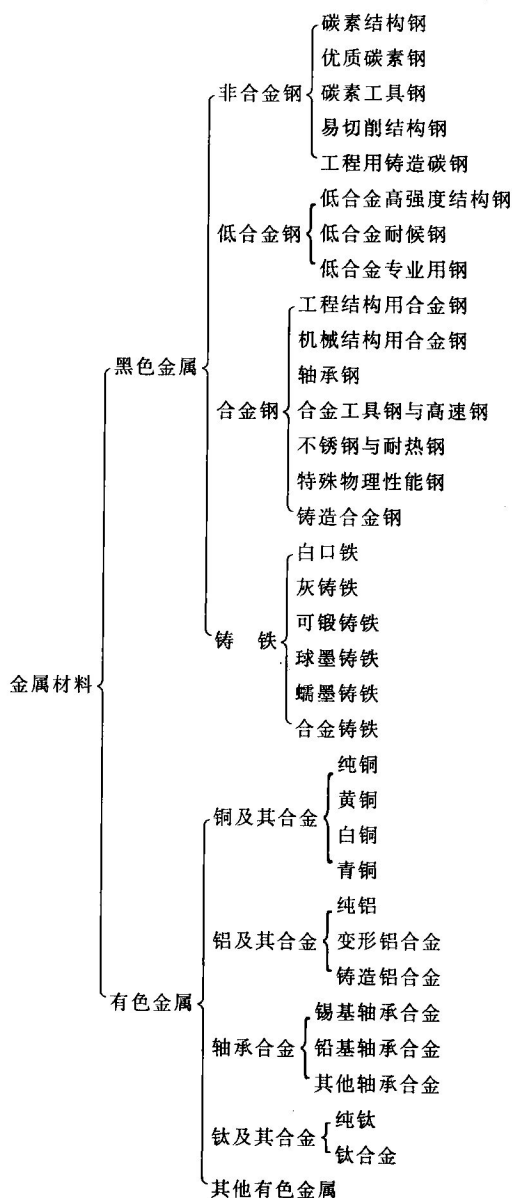


图 1-1 金属材料分类方法

在机械上所用的金属材料以合金为主,很少使用纯金属。原因是合金比纯金属具有更好的机械性能和工艺性能,而且成本一般较纯金属低。合金还可以通过调整组成元素之间的比例,获得一系列性能各不相同的材料,从而满足生产上不同的性能需要。

金属材料,特别是钢铁材料,由于它具有比其他材料优越的性能,如综合机械性能、物理性能和工艺性能等,因而在国民经济建设中有着重要的作用。

金属通常分为黑色金属和有色金属两大类。

1. 黑色金属

以铁或以它为主而形成的金属,称为黑色金属,如钢和生铁。

2. 有色金属

除黑色金属以外的其他金属,都称为有色金属,如铜、铝和锌等。

在实际生产应用中,不同的材料有不同的用途。同一种材料通过不同的热处理,可作不同的用途。这就要求从零件的具体工作条件出发,选择能够满足零件技术要求的材料和热处理工艺。因此,不论是设计工作,还是检修工作,首先应该了解材料的使用性能和工艺性能。

第二节 金属材料的性能

金属材料(包括其他材料)的性能通常可分为使用性能和工艺性能。所谓使用性能是指金属材料保证机械零件在正常工作条件下,材料应具备的性能。它决定了金属材料的应用范围、安全可靠性和使用寿命。它包括机械性能、物理和化学性能等。所谓工艺性能是指机械零件在冷、热加工制造过程中,材料应具备的加工性能,它决定了金属材料制造零件时的难易程度。

一、金属材料的机械性能

金属在使用时,都要受到不同形式的外力作用,通常把这种外力称为载荷。在载荷作用下,物体形状和尺寸发生变化就是物体的变形。变形的具体形态常见的又有:拉伸、压缩、扭转、剪切和弯曲等五种基本变形。

1. 载荷与变形

静载荷是指大小不变或变化很慢的载荷。静载荷又可分为拉伸、压缩、扭转、剪切和弯曲等种类。

冲击载荷是指突然增加的载荷。

交变载荷是指大小或方向作周期性变化的载荷。

弹性变形是指金属材料在载荷作用下产生变形,载荷去除后变形也消失,金属又恢复到原来形状和尺寸的变形。

塑性变形是指金属材料在载荷作用下产生变形,载荷去除后,变形不能完全消失,金属不能恢复到原来的形状和尺寸的变形。

2. 内力与应力

在材料受外力作用而不破坏的条件下,其内部产生与外力相平衡的力称为内力。单位横截面面积上的内力称为应力。在拉伸或压缩时的应力用 σ 表示[见工程力学]。

金属的机械性能就是指金属材料在外力作用下表现出来的特性,通常包括强度、塑性、硬度、冲击韧性和疲劳强度等。

(一) 强度

金属材料的强度是指金属材料在载荷作用下,抵抗变形和破坏的能力。为了便于比较各种金属材料的强度,常用金属材料抵抗变形和破坏时的应力来衡量。

金属材料的强度指标可通过强度试验(拉伸、压缩、弯曲、疲劳等试验)求得。常以拉伸试验所测得的屈服强度 σ_s (又称屈服极限或屈服点)、抗拉强度 σ_b (又称强度极限)等指标来表示最基本的强度值。

1. 屈服强度

载荷不增加的情况下仍能产生明显塑性变形时的应力,用 σ_s 表示。它是选用材料时非常重要的机械性能指标。机械零件所受的应力,一般都小于屈服点,否则会产生明显的塑性变



形,例如发动机气缸盖螺栓,所受的载荷不应高于它的屈服点,否则会因螺栓变形使气缸盖松动、漏气。

2. 抗拉强度

金属材料抵抗拉伸载荷作用而不致破坏的最大应力,用 σ_b 表示。它是机械零件设计和选材的主要依据之一。

(二) 塑性

金属材料在载荷作用下,产生显著的变形而不致破坏,并在载荷取消后,仍能保持变形后形状的能力,称为塑性。例如,铜、铝、锡、铅等金属的塑性良好,可以制成线、轧制成板等。塑性可以通过拉伸试验的方法测定,常用伸长率和断面收缩率表示。

1. 伸长率(延伸率)

伸长率是试样拉断后,标定长度的伸长量与原始标定长度之比值的百分数,用 δ 表示。

2. 断面收缩率

断面收缩率是试样断口面积的缩减量与原截面面积之比值的百分数,用 ψ 表示。

伸长率和断面收缩率的数值愈大,表示金属材料的塑性愈好,可以进行冲压或大变形量加工。此外,塑性好的材料,不致因超载而突然断裂,从而增加了金属材料使用时的安全可靠性能。

(三) 硬度

硬度是指金属材料抵抗另一种更硬的物体(材料)压入其表面的能力。硬度值是通过硬度试验测定的。根据测定的方法不同,可分为布氏硬度、洛氏硬度、维氏硬度等。其中比较常用的是布氏硬度和洛氏硬度两种。

1. 布氏硬度

布氏硬度是在布氏硬度试验机上测定的。布氏硬度是用一定的载荷,把一定直径的淬硬钢球或硬质合金钢球做压头压入金属材料表面,保持一定时间,然后除去载荷,使金属表面留下一个压痕。用所加载荷除以压痕表面积,得出的结果就是布氏硬度值,两者分别用 HBS 或 HBW 表示。选用淬火钢球时用 HBS 表示,选用硬质合金球时用 HBW 表示。

HBS 适合测硬度 450 以下的金属,HBW 适合测硬度为 450 ~ 650 的金属。

由于金属材料有硬有软,工件有厚有薄,在进行布氏硬度试验时,压头直径 D 、试验力和保持时间应根据被测金属的种类和试验厚度,按表 1-1 所示的布氏硬度试验规范正确地进行选择。

表 1-1 布氏硬度范围选择

材 料	布 氏 硬 度	F/D^2
钢及铸铁	< 140	10
	≥ 140	30
铜及其合金	< 35	5
	35 ~ 130	10
	> 130	30
轻金属及其合金	< 35	2.5(1.25)
	35 ~ 80	10(5 或 15)
	> 80	10(15)
铅、锡		1.25(1)

注:①当试验条件允许时,应尽量选用直径为 10 mm 的球。

②当有关标准中没有明确规定时,应使用无括号的 F/D^2 值。

布氏硬度的标注方法是,测定的硬度值应标注在硬度符号的前面,除了采用钢球直径 D 为10 mm,试验力为29.403 kN(3 000 kgf),保持时间为10 s的试验条件外,其他条件下试验测得的硬度值,均应在硬度符号的后面用相应的数字注明压头直径、试验力大小和试验力保持时间。例如:

150HBS10/1 000/30 表示用直径为10 mm的淬火钢球在 9.801 kN(1 000 kgf)试验力作用下,保持30 s测得的布氏硬度值为 150。

500HBW5/750 表示用直径为5 mm的硬质合金球,在7.355 kN(750 kgf)试验力作用下保持10 ~ 15 s测得的布氏硬度值。一般试验力保持时间为10 ~ 15 s时不需标明。

2. 洛氏硬度

洛氏硬度是在洛氏硬度试验机上测得的。根据压头与载荷的不同,洛氏硬度可分为:HRA、HRB、HRC 三种。HRA、HRC 是用 120°的金刚石圆锥体,HRB 是用直径为1.588 mm(1/16 英寸)的淬火钢球做压头,在一定载荷的作用下,压入材料表面,除去载荷后,根据材料表面留有压痕的深度确定的。

洛氏硬度以 HRC 应用最多。洛氏硬度值可以直接从刻度盘上读出,不需计算。

洛氏硬度试验操作简单、迅速,软硬金属都可以测量(HRA 用于测量硬而薄的金属,HRB 用于测量较软的金属,HRC 用于测量硬度在20 ~ 70 HRC范围内的硬金属)。由于压痕较小,可以测量成品件。但是,当材料组织不均匀时,会使测量结果不够准确。测试洛氏硬度时,要选取不同位置的三点测出硬度值,再计算平均值作为被测材料的硬度值。

为了能用一种硬度计测定较大范围的硬度,常用洛氏硬度采用了三种硬度标尺,其试验条件及范围见表 1-2。

表 1-2 洛氏硬度标尺的试验条件和适用范围

硬度标尺	压头类型	总试验力(N)	硬度值有效范围	应用举例
HRC	120°金刚石圆锥体	1 471.0	20 ~ 67 HRC	一般淬火钢件
HRB	φ1.588 mm 钢球	980.7	25 ~ 100 HRB	软钢、退火钢、铜合金等
HRA	120°金刚石圆锥体	588.4	60 ~ 85 HRA	硬质合金、表面淬火钢等

洛氏硬度的标注方法根据试验时选用的压头类型和试验力大小的不同分别采用不同的标尺进行标注。

根据 GB/T230—1991 规定,硬度数值写在符号的前面,HR 后面写使用的标尺。如:50 HRC 表示用 HRC 标尺测定的洛氏硬度值为 50。

(四) 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而不致破坏的能力。

金属材料韧性的好坏,可通过冲击试验测定,用冲击韧性值来表示。冲击韧性值是在冲击韧性试验机上测定的。冲断试样消耗的功与试样断口处横断面积的比值即为冲击韧性值,用 α_k 表示。

冲击韧性值越大,则材料的韧性越好。

(五) 疲 劳

在交变载荷作用下,材料发生断裂的现象称为疲劳。金属抵抗疲劳的能力的大小,可以用疲劳强度(疲劳极限)衡量。疲劳强度越大,抗疲劳性能越好。所谓疲劳强度,就是金属材料在无数次重复的交变载荷作用下,而不致破坏的最大应力,用 σ_{-1} 表示。



几种金属材料的疲劳强度是与其本身抗拉强度之间有近似的关系,如:

碳素钢 $\sigma_{-1} \approx (0.4 \sim 0.55) \sigma_b$

灰口铁 $\sigma_{-1} \approx 0.4 \sigma_b$

有色金属 $\sigma_{-1} \approx (0.3 \sim 0.4) \sigma_b$

疲劳破坏是机械零件失效的主要原因之一。据统计,在零件失效中大约有 80% 以上的属于疲劳破坏。而且疲劳破坏前没有明显的变形(断裂前没有塑性变形的预兆,突然发生)引起疲劳断裂的应力低于材料的屈服点,易使人忽视。

金属的疲劳强度受到很多因素的影响,经归纳有工作条件、表面状态、材料本质、材料使用的时间及残余内应力等。改善零件的结构形状、降低零件表面粗糙程度以及采取各种表面强化的方法,都能提高零件的疲劳极限。

二、金属材料的物理性能

金属及合金的主要物理性能有密度、熔点、热膨胀性、导电性、导热性和磁性等。由于机械零件的用途不同,对其物理性能的要求也有所不同,例如飞机零件要选用比重小的铝合金来制造,又如制造内燃机阀门的金属材料应具备很好的耐热性等。

金属材料的一些物理性能,对于热加工工艺还有一定影响。例如高速钢的导热性较差,在锻造时就应该用较低的速度进行加热,否则会产生裂纹,又如铸钢和铸铁的熔点不同,在铸造时选择浇注温度也不同。

(一) 密度

物体质量与其所占体积之比,称为密度,用 ρ 表示,单位 kg/m^3 。

各种金属材料的密度不同,在相同的体积下,密度愈大的金属材料,其质量也愈大。对于飞机、机车、车辆、汽车等交通工具,为增加有效载重量和减少燃料消耗,在满足使用性能的条件下,应尽可能采用密度小的金属材料。例如飞机的许多零部件,都是采用密度小的高强度铝合金制造而成的。

根据密度的大小,可以把金属分为轻金属和重金属两类。凡密度小于 $5 \text{ kg}/\text{m}^3$ 的金属,称为轻金属,密度大于 $5 \text{ kg}/\text{m}^3$ 的金属,称为重金属。

(二) 熔点

金属加热到一定温度时,会由固体状态转变为液体状态,开始转变的温度称为熔点。纯金属都有固定的熔点。

熔点是金属和合金冶炼、铸造、焊接时的重要工艺参数。

(三) 热膨胀性

金属材料受热时温度升高,体积会增大;冷却时温度下降,体积会缩小。金属材料的这种性能称为热膨胀性。不同金属材料的热膨胀性不同。

工业上经常利用金属的热膨胀性来配合组合件或拆卸组合件。如热压铜衬套,就是利用铜套的热膨胀性。铜套加热,孔径扩大,压入衬套;待冷却后,孔径收缩,使衬套在孔中紧固不动。铁路客车滚动轴承的内圈也是利用这一原理组装到轴颈上。钢轨间留有缝隙,就是为钢轨的热膨胀留有余地,以防止轨道畸变。生产中在制定焊接、热处理、铸造等工艺时,必须考虑材料的热膨胀影响,以减少工件的变形和开裂。在测量精密零件尺寸时,也要注意热膨胀问题,以减少测量误差。



(四) 导热性

金属传导热量的性能称为导热性。金属的导热性各有不同,在金属加热时,常常需要考虑金属的导热性。例如合金元素含量较高的合金钢,其导热性比非合金钢差,所以对合金钢加热时,其加热速度应比非合金钢慢,以保证内外温度均匀一致。

(五) 导电性

金属传导电流的性能称为导电性。导电性好的金属电阻小,导电性差的金属电阻大。导电性最好的金属是银,其次是铜、铝。

(六) 磁性

金属在磁场中被磁化而呈现磁场性强弱的性能称为磁性。铁、镍、钴具有较高的磁性称为铁磁性金属。

磁性对电机、变压器和电器元件特别重要,例如制造永久磁铁、电机和变压器铁芯,就要用硬磁材料(钨钢、铬钢)或软磁材料(硅钢片或铁镍合金)。在检修时,利用钢铁能被磁化的特性,还可以进行电磁探伤,检查钢铁制品表面是否存在裂纹等缺陷。

三、金属材料的化学性能

金属材料的化学性能,是指在化学介质作用下表现出来的性能,如耐腐蚀性、抗氧化性等。它反映了金属在常温或高温时,抵抗各种化学作用的能力。

(一) 耐腐蚀性

金属材料在常温下抵抗各种介质(大气、蒸汽、酸、碱、盐等)腐蚀的能力,称为耐腐蚀性。如铝在大气中的耐腐蚀性较好,长期暴露在空气中,也不会因腐蚀而破坏;而铁则很差,很容易被腐蚀。在使用耐腐蚀性较差的金属时,常需要在表面进行喷漆、电镀等防护。

(二) 抗氧化性

金属材料在高温下抵抗氧化的能力,称为抗氧化性或热稳定性。如制造锅炉用的金属材料,不仅要求具有良好的耐腐蚀性,还要求有良好的抗氧化性。

四、金属材料的工艺性能

工艺性能是指金属材料是否易于加工成型等,它是金属材料的物理、化学、机械性能的综合。按工艺方法不同可分为铸造性能、锻压性能、焊接性能和切削性能等。在这里简要介绍一下,具体将在以后各章中分别介绍。

(一) 铸造性能

铸造性能是指金属能否用铸造方法制造出优良的铸件的性能。它包括金属的液态流动性,冷却时的收缩率和偏析倾向等。

(二) 锻压性能

金属能否用锻造方法制造优良锻件的性能,叫做锻压性能。锻压性能一般与材料的塑性变形抗力有关。塑性好的材料,锻压性能好。低碳钢的锻压性能比中碳钢、高碳钢好。铸铁是脆性材料,不能锻造。

(三) 焊接性能

金属能否用一般焊接方法焊成优良接头的性能,叫做焊接性能。焊接性好的金属材料,可以获得没有裂纹和气孔等缺陷的焊缝,并且焊接接头具有一定的机械性能。低碳钢的焊接性能优良,高碳钢和铸铁则较差。



(四)切削性能

金属是否容易被刀具切削的性能,叫切削性能。切削性能良好的金属材料,在切削时,切削屑易折断、脱落,切削后表面光亮,切削量大、刀具寿命长。

综上所述,了解和掌握金属材料的性能,在工业生产中有着重大的意义。在零件设计上,它是选材和确定结构尺寸等等的主要依据;在制造上,它是确定制造方法及具体工艺的主要依据;在维修保养中,它是确定检修技术标准和要求及修理方法和工艺的主要依据。

第三节 金属的结构与结晶

不同的金属材料具有不同的力学性能,即使是同一种金属材料,在不同的条件下其力学性能也是不同的。金属力学性能的这些差异,从本质上来说,是由其内部结构所决定的。因此,掌握金属的内部结构及其对金属性能的影响,对于选用和加工金属材料,具有非常重要的意义。

一、金属的晶体结构

(一)晶体与非晶体

在物质内部,凡是原子呈无序堆积状况的,称为非晶体,例如普通玻璃、松香、树脂等,都属于非晶体。相反,凡是原子作有序、有规则排列的称为晶体。绝大多数金属和合金都属于金属晶体。

晶体与非晶体相比,由于原子排列方式不同,它们的性能也有差异。晶体具有固定的熔点,其性能呈各向异性,而非晶体则没有固定熔点,而且表现为各向同性。

(二)晶体结构的概念

晶体内部原子是按一定的几何规律排列的。为了便于理解,把原子看成是一个小球,则金属晶体就是由这些小球有规律地堆积而成的物体,如图 1-2 所示。

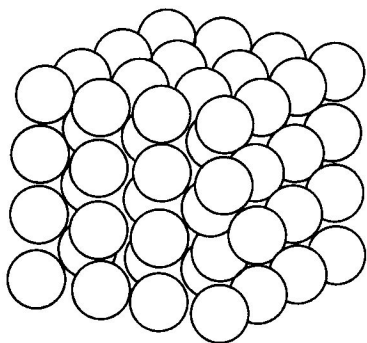


图 1-2 晶体内部原子排列示意图

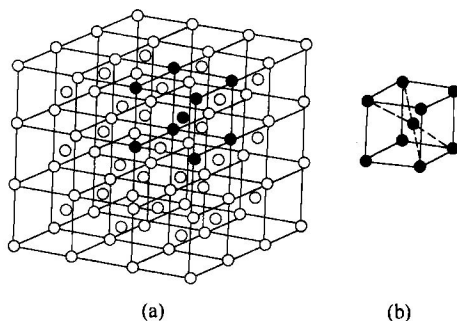


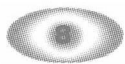
图 1-3 晶格和晶胞示意图

为了形象地表示晶体中原子排列的规律,可以将原子简化成一个点,用假想的线将这些点连结起来,就构成了有明显规律性的空间格子。这种表示原子在晶体中排列规律的空间格架,叫做晶格,如图 1-3(a)所示。

由图可见,晶格是由许多形状、大小相同的最小几何单元重复堆积而成的。能够完整地反映晶格特征的最小几何单元称为晶胞,如图 1-3(b)所示。

(三)金属晶格的类型

金属的晶格类型很多,但绝大多数(占 85%)金属属于下面三种晶格。



1. 体心立方晶格

它的晶胞是一个立方体,原子位于立方体的八个顶角上和立方体的中心,如图 1-4 所示。属于这种晶格类型的金属有铬(Cr)、钒(V)、钨(W)、钼(Mo)、及 α 铁(α -Fe)等金属。

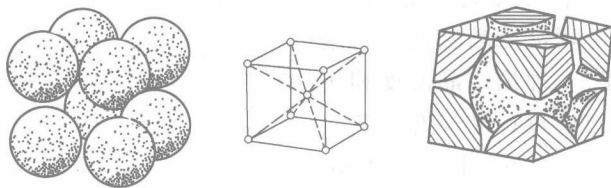


图 1-4 体心立方晶格示意图

2. 面心立方晶体

它的晶胞也是一个立方体,原子位于立方体的八个顶角上和立方体六个面的中心,如图 1-5 所示。属于这种晶格类型的金属有铝(Al)、铜(Cu)、铅(Pb)、镍(Ni)及 γ 铁(γ -Fe)等金属。

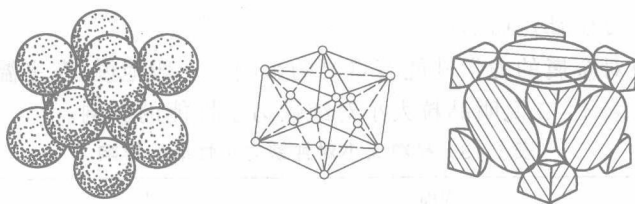


图 1-5 面心立方晶格示意图

3. 密排六方晶格

它的晶胞是一个正六方柱体,原子排在柱体的每个角顶上和上、下底面的中心,另外三个原子排列在柱体内,如图 1-6 所示。属于这种晶格类型的金属有镁(Mg)、铍(Be)、镉(Cd)及锌(Zn)等金属。

(四) 金属晶体结构缺陷

在实际使用的金属材料中,由于加进了其他种类的外来原子以及材料在冶炼后的凝固过程中受到各种因素的影响,使本来该有规律的原子堆积方式受到干扰,不像理想晶体那样规则。晶体中出现的各种不规则的原子堆积现象称为晶体缺陷。常见的晶体缺陷有:空位和间隙原子;位错;晶界和亚晶界。

晶体中由于存在了空位、空隙原子、位错、亚晶界及晶界等结构缺陷,都会造成晶格畸变,引起塑性变形抗力的增大,从而使金属的强度提高。

二、纯金属的结晶

金属材料通常都需要经过冶炼和铸造,都要经历由液态变成固态的凝固(结晶)过程,也就是原子由不规则排列的液体逐步过渡到原子规则排列的晶体的过程。了解金属结晶的过程及规律,对于控制材料内部组织和性能是十分重要的。

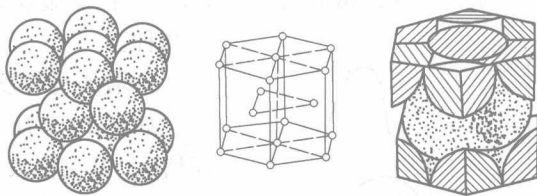


图 1-6 密排六方晶格示意图

(一) 纯金属的冷却曲线及过冷度

金属的结晶过程可以通过热分析法进行研究。纯金属结晶时的冷却曲线如图 1-7 所示。

由冷却曲线可见,实际上液态金属总是冷却到理论结晶温度(T_0)以下才开始结晶。实际结晶温度(T_1)低于理论结晶温度(T_0)这一现象称为“过冷现象”。理论结晶温度和实际结晶温度之差称为过冷度($\Delta T = T_0 - T_1$)。金属结晶时过冷度的大小与冷却速度有关。冷却速度越快,金属的实际结晶温度越低,过冷度也就越大。

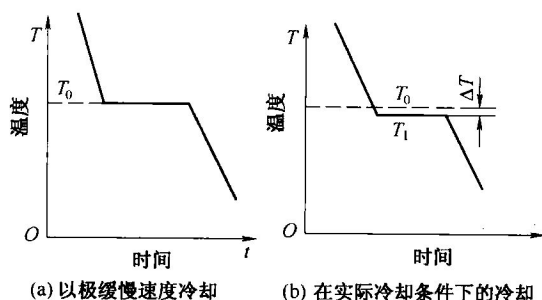


图 1-7 纯金属结晶时的冷却曲线

(二) 纯金属的结晶过程

液态金属的结晶是在一定过冷度的条件下,从液体中首先形成一些微小而稳定的固体质点开始的,这些固体质点称为晶核。晶核不断长大成为晶体,直到它们互相接触,液体完全消失为止。因此,结晶过程是形核及晶核长大的过程。

(三) 晶粒大小对力学性能的影响

金属的晶粒大小对金属的力学性能有重要的影响。一般地说,在室温下,细晶粒金属具有较高的强度和韧性。表 1-3 说明晶粒大小对纯铁力学性能的影响。

表 1-3 晶粒大小对纯铁力学性能的影响

晶粒平均直径(μm)	σ_b (MPa)	σ_s (MPa)	δ (%)
70	184	34	30.6
25	216	45	39.5
2.0	268	58	48.8
1.6	270	66	50.7

为了提高金属的力学性能,必须控制金属结晶后的晶粒大小。常用的细化晶粒方法有以下几种。

1. 增加过冷度

如图 1-8 所示,形核率 N 和长大速率 v 都随过冷度 ΔT 增长而增大,但在很大的范围内形核率比晶核长大速度增长更快,因此,增加过冷度总能使晶粒细化。

这种方法只适用中、小型铸件,对于大型零件则需要用变质处理使晶粒细化。

2. 变质处理

在液态金属结晶前加入一些细小的形核剂(又称变质剂或孕育剂),使它分散在金属液中作为人工晶核,可使晶核数目显著增加,这种细化晶粒方法称为变质处理。钢中加入钛、硼、铝等,铸铁中加入硅铁、硅钙等都能起到细化晶粒的作用。

3. 振动处理

在结晶时,对金属液加以机械振动、超声波振动和电磁振动等措施,把生长中的枝晶破碎,

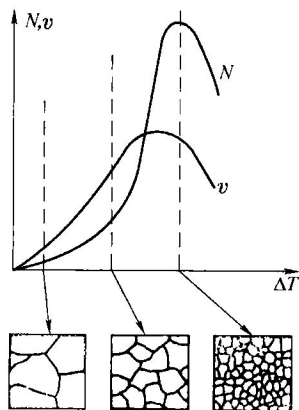


图 1-8 形核率和长大速度