

海 船 船 员 适 任 考 试 培 训 用 书

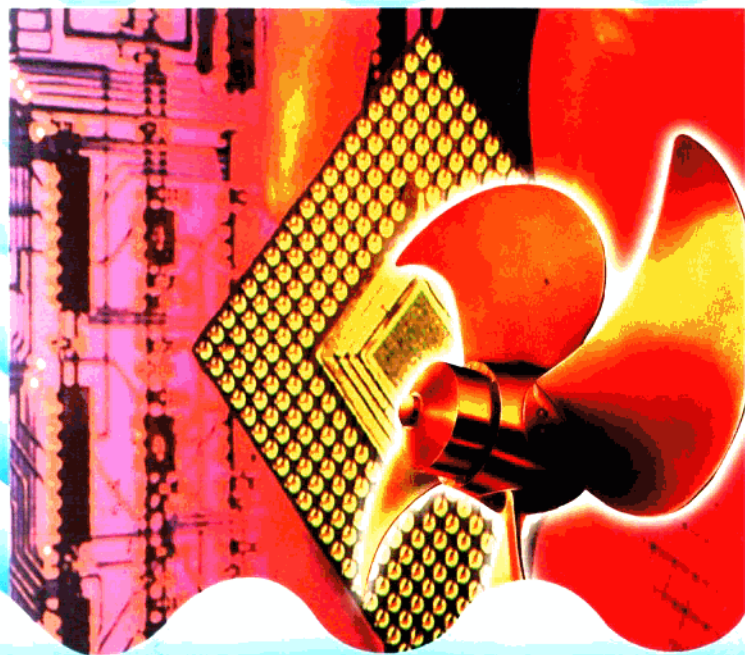


中国航海学会船舶机电专业委员会组织编写

轮机工程基础

(下册·操作级)

郭祖平 主 编
张宏国 副主编
王宏志
金以铨 主 审



大连海事大学出版社

海船船员适任考试培训用书

中国航海学会船舶机电专业委员会组织编写

轮机工程基础

(下册·操作级)

郭祖平 主 编
张宏国 王宏志 副主编
金以铨 主 审

大连海事大学出版社

序

在世纪之交,中国航海学会船舶机电专业委员会,又一次不失时机地积极倡导、精心组织轮机界的学者和专家推出这套《海船船员适任考试培训用书》,将它奉献给 21 世纪以及日夜奋战在海洋运输战线上的广大船员,这是一件令人称道的大好事。

海船船员适任考试培训用书符合经 1995 年修正案修正的《1978 年海员培训、发证和值班标准国际公约》(STCW78/95 公约),满足中华人民共和国海事局于 1998 年颁布的《海船船员适任考试和评估大纲》(简称“新大纲”)的要求,由具有丰富教学经验和实践经验的教授、专家所撰写。应该说,这套系列丛书已是第三版了,它的前两版《高级船员适任证书考试用轮机培训教材》,分别在 1989 年和 1993 年出版,先后在数十次的轮机员培训中使用,深受广大船员及考试、发证单位的欢迎和赞许,许多分册一经问世即被购置一空,以致多次重印。几年中,各分册先后印刷 1.3 万册至 2.6 万多册,平均每分册印刷 2 万余册,全书总印量约 18 万册之巨。

作为第三版的“海船船员适任考试培训用书”在前两版的基础上,以原作者为主体编写而成。它由十个分册组成,分别是:《轮机长业务》、《船舶主推进动力装置(船舶柴油机)》、《船舶辅机》、《船舶电气》、《轮机自动化》、《轮机维护与修理》、《船舶管理》、《轮机工程基础》、《轮机英语和机工业务》。与前两版比较,在丛书的组成上做了这些变更:将原先的《轮机管理》一书分成两册,即《轮机长业务》和《船舶管理》,借以增强轮机长所需知识的广度和深度;新增了《轮机维护与修理》和《机工业务》两本书;删去了《造船大意》一书。

调整改编后的这套培训用书,充分保持了前两版教材的较好的针对性、适用性和系统性,篇幅适中,简明易懂,以及理论与实际密切结合的特点,并根据近年来轮机技术和轮机管理的发展变化,以往教学中发现的问题和不足,对全书的内容进行精选、调整、充实和更新,对文言结构进行推敲和雕琢,做到了有一定的深度而不艰涩,有必要的广度而不琐乱,主次分明,详略得宜。使得这套培训用书,在整体上更好地体现了“新大纲”的要求,在知识体系上更具针对性,在内容上更具适用性和先进性,因而也就更具科学性、实用性和易读性。它无论是对海船轮机人员的考试培训,还是对考试、发证单位的命题,以及对船员的业务学习和提高都是大有裨益的。

在本书出版之际,我作为该书前两版的编委会主任委员,对此额手称庆,相信它一定会像前两版一样,受到广大船员和读者的关心、爱护和支持,并期望成为大家的良师益友。

钱耀鹏

1999 年 8 月

海船船员适任考试培训用书编委会

(按姓氏笔画为序)

主任委员 吕登有

副主任委员 刘德洪 刘福生 孙培廷 林建清
袁林新 殷佩海

委	员	毛道彬	史际昌	刘建军	刘宗德
		许乐平	朱 峰	陆卫东	芦庆丰
		李玉平	李 凯	李忠华	李明昌
		李成玉	吴树雄	吴 恒	杜荣铭
		时培育	陈景杰	金以铨	郑为民
		郑凤阁	徐正兴	钱耀鹏	钱 闵
		郭祖平	顾宣炎	费 千	黄海波
		韩秀廷	谢群威	满一新	詹玉龙
		蔡振雄			

前 言

为适应经 1995 年修正案修正的《1978 年海员培训、发证和值班公约》(STCW78/95 公约)及中华人民共和国海事局 1998 年颁布的《海船船员适任考试和评估大纲》的实施和要求,中国航海学会船舶机电专业委员会组建了海船船员适任考试培训用书编写委员会,选聘有丰富教学经验和实践经验的教授、专家为各本书的主编。编委会对各本书的编写大纲进行了审定。

这套船员考试培训用书有较强的针对性、适用性、先进性,符合船员考试和评估大纲要求,篇幅适中,取材切题,联系实际,简明扼要,适用于海船轮机人员适任考试培训用,对船员的业务学习也有参考价值。

这套系列丛书分十册:《轮机长业务》、《船舶主推进动力装置(船舶柴油机)》、《轮机工程基础》、《船舶辅机》、《船舶电气》、《轮机自动化》、《轮机维护与修理》、《船舶管理》、《机工业务》、《轮机英语》。

本套系列丛书在编审、出版和征订工作中得到中华人民共和国海事局和航运企业、大连海事大学出版社等单位的关心和大力支持,特致谢意。

海船船员适任考试培训用书编写委员会

编 者 的 话

本书是根据中华人民共和国港务监督局制定的《海船船员适任考试和评估大纲》而编写的,其内容符合《STCW78/95 公约》,全面覆盖考试大纲。

本书内容贯彻理论联系实际,少而精的原则,既参考了以往各类考证教材,又注重最新知识的补充,做到由浅入深,具有系统性、实用性,便于自学。

本书分上、下两册。上册作为参加管理级轮机员考试用书,下册作为参加操作级轮机员考试用书。本书也可供轮机管理人员及船舶工程技术人员参考。

本书由郭祖平副教授主编,金以铨主审。参加编写的有杨华、李文双、卢春琦、左春宽、赵虹、韩学胜、尹峰等人。

由于编者水平所限,书中不妥之处在所难免,欢迎使用者批评指正。

编者

1999 年 11 月

目 录

第一篇 材料工艺学

第一章 金属材料的性能	1
第一节 金属的机械性能	1
第二节 金属的工艺性能和物理、化学性能	5
第二章 金属的晶体结构与结晶	7
第一节 金属的晶体结构	7
第二节 金属的实际晶体结构	9
第三节 纯金属的结构	12
第四节 金属的同素异晶转变	15
第三章 合金的构造与铁碳合金状态图	17
第一节 合金的基本概念	17
第二节 合金的结构	17
第三节 铁碳合金状态图	21
第四节 铁碳合金的基本组织	21
第五节 铁碳合金状态图分析	24
第六节 钢的结晶过程	25
第七节 合金成分、组织、性能之间的关系和铁碳合金状态图的应用	27
第四章 钢的热处理	30
第一节 钢在加热时的组织转变	31
第二节 钢在冷却时的组织转变	33
第三节 钢的退火与正火	38
第四节 钢的淬火	40
第五节 钢的回火	43
第六节 钢的表面热处理	45
第五章 船用碳素钢	49
第一节 杂质对碳钢性能的影响	49
第二节 碳钢的分类、牌号和用途	50
第六章 船用合金钢	58
第一节 合金元素对钢的组织 and 性能的影响	58
第二节 合金的分类与编号	61
第三节 合金结构钢	62

第四节	合金工具钢	67
第五节	特殊性能钢	69
第七章	船用铸铁	74
第一节	铸铁的石墨化及影响因素	74
第二节	灰铸铁	75
第三节	球墨铸铁	78
第四节	蠕墨铸铁	80
第五节	可锻铸铁	81
第六节	合金铸铁	83
第八章	有色金属及其合金	85
第一节	铝及铝合金	85
第二节	铜及铜合金	89
第三节	滑动轴承合金	93
第九章	非金属材料	97
第一节	高分子材料的基本知识	97
第二节	塑料	98
第三节	橡胶与胶粘剂	101
第四节	陶瓷	103
第五节	复合材料	104
第十章	轮机主要零件的材料及热处理	106
第一节	曲轴	106
第二节	连杆	107
第三节	气缸套	109
第四节	活塞	111
第五节	活塞销	112
第六节	活塞环	113
第七节	气阀	114
第八节	精密偶件	116
第九节	其他重要零件的材料及热处理	117
第十一章	船体结构和设备的材料	120

第二篇 机械制图

第一章	机械制图基础	125
第一节	投影的基本知识	125
第二节	物体的三视图	127
第三节	平面与直线的投影	130
第四节	基本体的投影、截切和相交	133
第五节	组合体的画法与读图	148
第六节	视图上的尺寸标注	156

第七节 机件的表达方法	159
第二章 机械制图	166
第一节 标准件和常用件	166
第二节 零件图	175
第三节 装配图	186

第三篇 机构与机械传动

第一章 平面连杆机构	193
第一节 平面四杆机构的基本形式和应用	193
第二节 曲柄滑块机构	195
第二章 凸轮机构	197
第一节 凸轮机构的应用和分类	197
第二节 从动件与凸轮的运动关系、压力角和基圆半径	198
第三章 棘轮机构和槽轮机构	200
第一节 棘轮机构	200
第二节 槽轮机构	201
第四章 摩擦轮传动	203
第一节 概述	203
第二节 摩擦轮传动中的滑动	204
第三节 传动比、压紧力和功率损失	205
第五章 带传动和链传动	207
第一节 带传动的工作原理、特点和类型	207
第二节 带传动的受力分析和带滑动现象	208
第三节 影响带传动能力的因素	210
第四节 链传动	211
第六章 齿轮传动	213
第一节 齿轮传动概述	213
第二节 渐开线和渐开线齿廓的啮合性质	214
第三节 渐开线齿轮的主要参数与几何尺寸	216
第四节 渐开线齿轮的正确啮合和连续传动条件	218
第五节 轮齿的失效形式	219
第六节 蜗杆传动	220
第七章 液力传动	223
第一节 液力传动的基本原理	223
第二节 液力变矩器	223
第三节 液力偶合器的工作特点和液力机械传动	226
第四节 液力传动的特点及主要用途	227

第四篇 仪表与单位

第一章 仪表.....	229
第一节 温度计.....	229
第二节 压力表.....	232
第三节 转速表.....	233
第四节 流量计.....	236
第五节 比重计.....	238
第六节 湿度计.....	238
第七节 盐度计.....	239
第二章 单位.....	242
第一节 单位制简介.....	242
第二节 单位换算及计算图表.....	244

第一篇 材料工艺学

第一章 金属材料性能

金属材料的性能主要是指其在加工过程中和使用过程中所表现出来的特性。金属材料在加工过程中所表现出来的特性称之为工艺性能,在使用过程中所表现出来的特性称之为使用性能,它又包括物理性能、化学性能和机械性能。

第一节 金属的机械性能

在机械工业中,常用的使用性能是机械性能。机械性能是指材料在外力作用下所表现出来的特性,也称为力学性能。金属零件或构件在工作时承受不同的外力的作用,相应地在零件中产生拉应力、压应力、弯曲应力、剪应力及扭转应力,往往同时存在着多种应力。在不同的应力作用下就有不同的机械性能指标,而这些机械性能指标又是通过不同的试验测定的,常用的有拉伸试验、硬度试验、冲击试验和疲劳试验等。根据零件的使用温度不同,有室温和高温机械性能指标。

一、室温下的机械性能指标

室温下的机械性能指标包括刚度、强度、塑性、硬度、冲击韧性和疲劳强度。其中刚度、强度和塑性是通过拉伸实验来获得的。

拉伸试验是在拉伸试验机上进行的。试验前,将被试验的材料制成一定形状和尺寸的拉伸试样。常用的试样截面为圆形,如图 1-1-1 所示。其中, d_0 为试样截面的原始直径(mm), l_0 为试样的原始标距(mm)。按国家标准(GB6397-86)的规定,拉伸试样一般分为长试样和短试样:长试样 $l_0 = 10d_0$;短试样 $l_0 = 5d_0$ 。

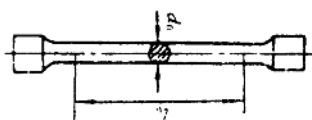


图 1-1-1 圆形拉伸试样简图

把拉伸试样夹在试验机的夹头上,缓慢增大拉伸力,直至拉断为止。试验机自动记录装置

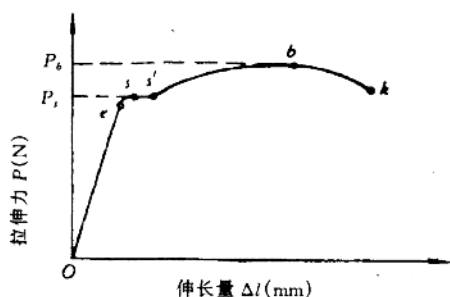


图 1-1-2 低碳钢拉伸图

可将整个拉伸过程中的拉伸力与变形(伸长)量描绘在以拉伸力 P 为纵坐标、伸长量 Δl 为横坐标的图上,即得到拉伸力和伸长量的关系曲线,称为拉力—伸长量曲线(拉伸曲线)。图 1-1-2 为低碳钢的拉伸图。图中的 Oe 段是一条斜线,代表试样处于弹性变形阶段,此时若去掉拉伸力,试样完全恢复原来的形状和尺寸。当拉伸力继续增加时,试样在产生弹性变形的同时,开始产生微量的塑性(永久)变形。当拉伸力增大到 P_s 时,曲线上出现一段水平线段

(或锯齿线) ss' ,此时拉伸力不增加,而试样的塑性变形量却继续增大(伸长),这种现象称为屈服现象。 s 点称为屈服点。拉伸力超过 P_s 后,试样在整个标距范围内产生均匀而显著的塑性变形,直至 b 点。 P_b 为试样能承受的最大拉伸力。这样,试样横截面开始发生局部收缩,称为颈缩。此后,试样的变形局限在颈缩部分,所受的拉力迅速减小直至断裂(曲线 k 点)。

1. 刚度

刚度是指金属材料在外力的作用下抵抗弹性变形的能力。衡量材料刚度的指标是弹性模量 E ,其值的大小反映金属材料弹性变形的难易程度。在弹性变形阶段内,弹性模量 E 为应力与应变之比,即 $E = \sigma/\epsilon$ 。 E 越大,材料的刚度越大,即在一定应力作用下产生的弹性变形越小。 E 值主要取决于材料的本性,处理方法(如热处理、冷热加工和合金化等)对它影响很小。提高零件刚度的方法是增加横截面积或改变截面形状。金属的 E 值随温度升高逐渐降低。

2. 强度

强度是金属材料在外力作用下抵抗产生塑性变形和断裂的能力。零件承受拉力时的强度指标有屈服强度和抗拉强度。

1) 屈服强度

屈服强度又称屈服极限,用 σ_s 表示。屈服强度是材料抵抗微量塑性变形的能力,也是材料在外力作用下刚刚开始产生塑性变形时的应力。

$$\sigma_s = P_s / F_0 \quad (\text{MPa})$$

式中: P_s ——材料产生屈服时的外力,N;

F_0 ——标准试棒的原始横截面积, mm^2 。

在应力—应变曲线上,不同的材料有不同的屈服情况,有的有明显的屈服现象,有的却没有。工程上对不产生屈服现象的材料规定,将产生0.2%残余伸长量的应力值作为屈服强度,用 $\sigma_{0.2}$ 来表示。 σ_s 是具有屈服现象的材料特有的强度指标。所以, $\sigma_{0.2}$ 和 σ_s 均是表征金属材料产生微量塑性变形的抗力,是机械设计和选材时的主要依据。

2) 抗拉强度

抗拉强度又称强度极限,用 σ_b 表示。抗拉强度是金属材料抵抗断裂的能力,也就是材料抵抗最大外力时的应力。

$$\sigma_b = P_b / F_0 \quad (\text{MPa})$$

式中: P_b ——试样在断裂时所承受的最大拉力,N;

F_0 ——试样的原始横截面积, mm^2 。

屈强比是 σ_s 与 σ_b 之比,是工程上常用的参数。材料的屈强比越小,表示材料的 σ_s 越小,零件的储备强度大,工作可靠性大。

3. 塑性

金属材料在外力作用下产生塑性变形而不破坏的能力称为塑性。衡量金属材料塑性的指标有延伸率和断面收缩率。

1) 延伸率

在拉伸试验时,试样拉断后的标距增长量与原标距长度之比,用 δ 表示,即

$$\delta = \frac{l - l_0}{l_0} \times 100\%$$

式中: l_0 ——试样原标距长度, mm;

l ——试样拉断后的标距长度, mm。

由于标准试样有两种, 即长试样和短试样, 所以延伸率有两种表示方法, 长试样表示为 δ_{10} , 短试样表示为 δ_5 。 δ_{10} 与 δ_5 不能相互比较。

2) 断面收缩率

在拉伸试验时, 试样拉断后的截面积缩小量与原截面积之比, 用 ψ 来表示。即

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

式中: F_0 ——试样原截面积, mm^2 ;

F_1 ——试样拉断处的截面积, mm^2 。

材料的 δ 和 ψ 值越大, 则其塑性越好。

4. 硬度

硬度是金属材料表面抵抗局部塑性变形的能力, 是衡量金属材料软硬程度的指标。

金属材料硬度的测试方法简单方便, 都是采用压入硬度法测定。常用金属材料的硬度分为布氏硬度(HB)、洛氏硬度(HR)、维氏硬度(HV)和显微硬度(HM)。测量陶瓷材料还常用克努普氏显微硬度(HK)和莫氏硬度(划痕比较法)作为硬度指标。此外还有近年产生的利用超声波技术来测量金属压力容器等的硬度测试方法——里氏硬度测试法。不同的测试方法得到的硬度值不能相互比较, 但可以通过各种硬度对应换算表来对照比较。下面介绍几种常用的金属材料硬度的测试方法。

1) 布氏硬度

布氏硬度是把一定直径(一般为 10mm)的淬火钢球或硬质合金球, 在一定压力 P 的作用下压入金属表面, 以单位面积上的压力作为硬度值, 用 HB 来表示, 即

$$HB = P/F \quad \text{MPa}$$

式中: P ——外力, N;

F ——压痕面积, mm^2 。

国标(GB231-84)规定, 布氏硬度值 < 450 时, 采用淬火钢球压头, 用 HBS 表示; 硬度值 ≥ 450 时, 选用硬质合金球压头, 用 HBW 来表示。HB 值越大, 材料越硬。HBS 多用于测定普通碳钢、铸铁及有色金属等材料。布氏硬度测量精度较高, 但因压痕大, 不宜在成品零件上测定。

此外, 可根据布氏硬度近似地估算出材料的抗拉强度。换算关系为:

低碳钢 $\sigma_b \approx 0.36HB$

高碳钢 $\sigma_b \approx 0.34HB$

合金调质钢 $\sigma_b \approx 0.325HB$

灰铸铁 $\sigma_b \approx 0.1HB$

2) 洛氏硬度

洛氏硬度法测硬度以 HR 来表示, 是根据零件表面上的压痕来确定硬度值的。依据压头及所加外力的不同, 分别有 HRA、HRB、HRC 三种洛氏硬度。各种洛氏硬度所用的压头、载荷及适用范围如表 1-1-1 所示。

表 1-1-1 各种洛氏硬度的应用条件

硬度符号	压头类型	总试验力 ^{**}		硬度值有效范围	应用举例
		N	kgf		
HRC	120°金刚石圆锥体	1471.0	150	HRC20~67(>HBS225)	一般淬火钢件
HRB	Φ1.588mm 钢球	980.7	100	HRB25~100(相当于 HBS60~230)	软钢、退火钢、铜合金等
HRA	120°金刚石圆锥体	588.4	60	HRA60~85*	硬质合金、表面淬火钢等

* 在有关产品技术条件中有特殊规定时,允许 HRA 超过规定范围。

** 总试验力 = 初始试验力 + 主试验力,初始试验力均为 98.07N(10kgf)。

洛氏硬度法测硬度简便、迅速、压痕小,可测定的材料范围广,硬度值还可直接在表上读出。洛氏硬度中以 HRC 应用最普遍。但不能测太薄、太硬而脆的渗层。另外由于压痕较小,遇到材质不均匀容易造成误差,但可以通过在不同的地方多测几次来避免。

3) 维氏硬度

维氏硬度是采用夹角为 136°的四棱锥体金刚石压头,在 50~1 200 N 的载荷作用下压入材料表面,计算出单位压痕面积上的力,即为维氏硬度,用 HV 来表示。

4) 显微硬度

显微硬度以 HM 来表示,利用显微硬度计可测定材料内部的组织或相组成物的硬度。

5. 冲击韧性

冲击韧性是金属材料抵抗冲击载荷作用而不破坏的能力,用 a_k 表示。冲击韧性是在摆锤式冲击试验机上利用冲击试验来测定的。试验用的标准试样要求具有 U 形或 V 形缺口,试样应在一次冲击下被冲断。冲击韧性值 a_k 是冲断试样时,断口单位面积所消耗的功。 a_k 值越大,材料的韧性越好。

$$a_k = A_k / F \quad \text{J/cm}^2$$

式中: A_k ——冲断试样所作的功, J;

F ——试样断口截面积, cm^2 。

某些材料的 a_k 值与温度有关,如图 1-1-3 所示。 a_k 值随温度降低而减小,并在某一温度或温度范围时 a_k 显著降低,这种现象称为冷脆,使 a_k 值显著减小的温度称为脆性转变温度。在脆性转变温度以下材料由韧性状态转变为脆性状态。材料的脆性转变温度越低,说明材料的低温冲击韧性越好。因此,应对在低温和严寒地区工作的构件(如船体、桥梁)或零件材料的脆性转变温度和最低温度下应具有最低韧性值作出规定。

在生产实践中,绝大多数在冲击载荷下工作的机械零件与构件都是在小能量多次冲击作用下工作的,此时多次重复冲击时的多冲抗力主要取决于材料的强度。

有些机械零件或构件(如柴油机曲轴)在大小和方向周期性变化的交变载荷作用下,在所受的应力远远小于 σ_b 甚至小于 σ_s 的情况下发生突然断裂,这种现象称为疲劳。材料在工作时所受的交变应力越大,循环的周次越少。材料在无限多次交变载荷的作用下不致引起破坏的最大应力称为疲劳强度,通过疲劳试验来测试。而在实际工作中材料的材质不可能绝对均匀,

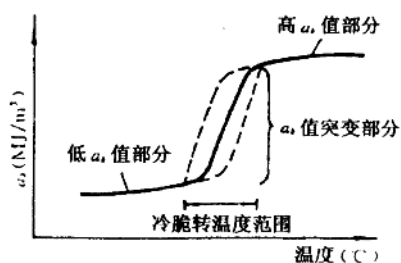


图 1-1-3 冲击韧性值与温度的关系曲线

规定材料在规定次数(一般钢铁材料取 10^7 次,有色金属及其合金取 10^8 次)的交变载荷作用下不致引起断裂的最大应力为疲劳强度。疲劳强度又称为疲劳极限,用 σ_{-1} 来表示。一般钢铁材料的 σ_{-1} 为其 σ_b 的一半,非金属材料的疲劳极限一般低于金属材料。

二、高温下的机械性能指标

有些机械零件长期在高温下工作,如柴油机的排气阀、涡轮增压器的涡轮叶片。室温下的材料性能不能满足高温下的工作要求。金属长时间在高温和载荷的作用下,即使应力小于 σ_s ,也会发生缓慢的塑性变形,此种现象称为蠕变。温度越高,蠕变越严重,甚至会导致零件断裂。通常当材料温度超过 $0.3T_m$ (以绝对温度表示)时,蠕变才显著。

金属在高温下的机械性能指标有:高温强度(又称热强度)和热硬性。

1. 高温强度

高温强度是应力、应变、温度和时间综合作用的反映。其指标有蠕变极限和持久强度。

1) 蠕变极限

蠕变极限是金属材料长期在高温和载荷的作用下抵抗塑性变形的能力。用 $\sigma_{\delta/t}^T$ 表示,单位为 MPa。意思是在一定温度 T 下、一定的时间 t 内,产生一定塑性变形量 δ 时所能承受的最大应力。例如,用 1Cr13 制作涡轮叶片,材料蠕变极限 $\sigma_{0.1 \times 10000}^{500} = 57$ MPa,即在 500 °C 下工作 10 000 h,产生 0.1% 的变形量时的最大应力为 57 MPa。

2) 持久强度

持久强度是金属材料长期在高温和应力作用下抵抗断裂的能力,用 σ_r^T 表示,单位为 MPa。意思是在一定温度 T 下,工作一定的时间 t 后产生断裂的应力。例如 1Cr13 的持久强度 $\sigma_{100000}^{500} = 190$ MPa,即在 500 °C 下工作 100 000 h 发生断裂时的应力为 190 MPa。

2. 热硬性

热硬性又称红硬性,是金属材料在高温下保持较高硬度的能力。热硬性是高温下工作的机器零件和高速切削刀具的重要机械性能指标。

第二节 金属的工艺性能和物理、化学性能

一、工艺性能

金属零件和构件在加工和制造过程中要经过各种冷、热加工,如铸造、锻造、焊接、切削加工及热处理等。金属材料在冷、热加工过程中所表现出来的特性称为工艺性能。工艺性能直接影响零件的加工方法及质量,是选材的重要依据。金属材料的工艺性能包括以下几种:

1. 铸造性

铸造性能是指金属材料铸造时获得完好铸件的能力。它由以下特点来显示:

(1) 流动性 是金属材料在熔化状态下填充型腔的能力。流动性好的金属材料就能铸造出形态复杂的铸件,而且加工余量少,产生缺陷少。

(2) 收缩率 是液态金属在冷却过程中,铸件形状尺寸缩小的程度。收缩率越小,铸件的缩孔、缩松和内应力越小。

(3) 偏析倾向 是液态金属在凝固后出现的化学成分不均匀的现象。偏析倾向越小,铸件的性能越均匀一致。

常见的灰铸铁、青铜和铸造铝合金等具有良好的铸造性能。

2. 可锻性

金属材料的可锻性是其承受压力加工的能力。金属材料的可锻性取决于材料的塑性和变形抗力,材料的塑性好、易成型、变形抗力小,材料的锻造性就好。

常用的金属材料中,中、低碳钢的可锻性好,而高碳钢的可锻性差,灰铸铁不能锻造。

3. 可焊性

金属材料的焊接性能是指金属用一定的焊接方法获得优质焊缝的能力。它用材料的接合性能和焊缝的使用可靠性来判断。

钢的焊接性与钢中含碳量有关,含碳量越低的钢焊接性越好。

4. 热处理性

金属材料的热处理性能主要是指钢的淬透性、晶粒长大倾向及回火脆性等。

5. 切削加工性

是指金属材料进行切削加工的难易程度。切削加工性能与材料的种类、成分、硬度、塑性、组织等有关。切削加工性能好的材料硬度在 HB160~230 之间,而且切屑易断,加工表面光洁,刀具寿命长,消耗动力少。

二、物理、化学性能

金属材料的物理、化学性能是材料的物理、化学特性。金属材料的物理性能主要是指比重、熔点、热膨胀性、导电性、导热性、磁性等。金属材料的化学性能包括耐腐蚀性和抗氧化性。

第二章 金属的晶体结构与结晶

不同材料在载荷作用下会表现出不同的机械性能,如低碳钢比高碳钢具有较好的塑性、韧性,但硬度却低得多。即使是化学成分相同的材料,采用不同的加工工艺,也会使机械性能产生明显的差异,其根本原因是改变了金属的内部结构。因此,只有从研究金属的内部结构着手,才能掌握金属材料变化的规律。

第一节 金属的晶体结构

一、晶体与非晶体

固态物质的性能与原子在空间的排列情况有着密切的关系。固态物质按原子排列特点可分为晶体与非晶体两大类。

凡原子按一定规律排列的固态物质,称为晶体,如金刚石、单晶硅和一切固态金属及其合金等。晶体的特点是:

- (1)原子在三维空间呈有规则的周期性重复排列;
- (2)具有一定的熔点,如铁的熔点为 $1\,538\text{ }^{\circ}\text{C}$,铜的熔点为 $1\,083\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- (3)晶体的性能随着原子的排列方位而改变,即具有各向异性。

在自然界中,有些物质如塑料、玻璃、沥青等是非晶体。由于非晶体的结构无异于液体结构,可以看成是被冻结的液体。非晶体没有固定熔点,随着温度升高,固态非晶体将逐渐变软,最终变为有显著流动性的液体。当冷却时,液体又逐渐稠化,最终变为固体。此外,非晶体在各个方向上的原子聚集密度大致相同,即具有各向同性。

二、晶体结构的基本知识

晶体中原子的排列可用 X 射线分析等方法加以测定。晶体中最简单的原子排列情况,如图 1-2-1(a)所示。

1. 晶格

为了清楚地表明原子在空间的排列规律,人为地将原子看作一个点,再用一些假想线条,将晶体中各原子的中心连接起来,便形成了一个空间格子,称为结晶格子,简称晶格,如图 1-2-1(b)所示。晶格中的每个点称为结点,晶格中各种不同方位的原子面称为晶面。

2. 晶胞

晶体中原子的排列具有周期性变化的特点,因此只要在晶格中取出最基本的几何单元进行分析,便能研究原子排列的规律。组成晶格的最基本几何单元称为晶胞,如图 1-2-1(c)所示。实际上整个晶格就是由许多大小、形状和位向相同的晶胞在空间重复堆积而成的。

3. 晶格常数

为了研究晶体结构的需要,在结晶学中规定用晶格常数来表示晶胞的几何形状和大小,如图 1-2-1(c)所示。晶胞的棱边长度 a 、 b 、 c 称为晶格常数。当晶格常数 $a = b = c$,棱边夹角 $\alpha = \beta = \gamma = 90^{\circ}$ 时,这种晶胞称为简单立方晶胞。

三、常见金属的晶格类型

不同金属具有不同的晶格类型。除一些具有复杂晶格类型的金属外,大多数金属的晶体