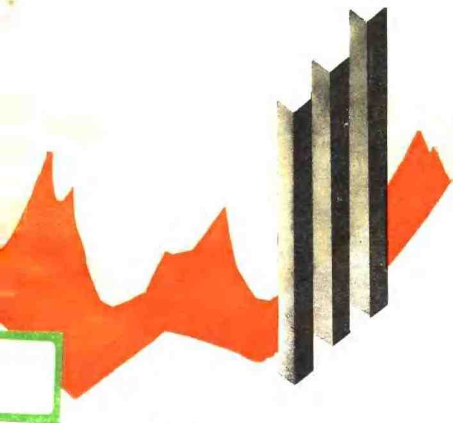


● 工人技术培训教材

金属材料及热处理

黄源 许定 编



哈尔滨船舶工程学院出版社

TG14
54
3

金属材料及热处理

黄源 许定 编

Bx72/08

哈尔滨船舶工程学院出版社



B 606279

内 容 简 介

本书简要阐述了金属材料的性能、成分与内部组织结构的相互关系,并介绍了焊接金属学和钢的热处理基本知识,还讲述了金属材料的种类、牌号、成分、性能和知主要用途。为适应工程材料应用日趋广泛的需要,书中最后附有非金属材料一章。每章均附有一定数量的习题。

本书可作为船厂技术工人和一般机械工人技术培训教材,也可作为技工学校船体、船机有关工种技术基础课教材。

金属材料及热处理

黄源 许定 编

哈尔滨船舶工程学院出版社出版
新华书店首都发行所发行
哈尔滨船舶工程学院印刷厂印刷

开本787×1092 1/32 印张8.375 字数188千字

1988年6月第1版 1988年6月第1次印刷

印数:1—11,500册 定价:2.00元

ISBN 7-81007-023-1/TG·2



前 言

为了落实中共中央、国务院《关于加强职工教育工作的决定》，搞好船舶工人技术理论教育工作，加强智力开发，提高职工素质，以适应社会主义现代化建设和振兴船舶工业的需要。中国船舶工业总公司人事部组织了上海船舶工业公司有关船厂，在调查研究和总结经验的基础上，根据总公司《船舶工业造船工人技术等级标准》的要求，编写了船厂二十一个工种的初、中级《造船工人技术理论教育教学计划与教学大纲》。

根据这些教学计划与教学大纲的要求，我们组织一些船厂有实践经验的工程技术人员及有丰富教学经验的教师，编写了五十种船舶工人技术培训教材，并聘请技术水平较高、经验丰富的同志担任主审。在编写过程中，广泛地听取了各船厂的意见，增强了教材的适应性。

编写的教材有：放样号料工、冷加工、火工、装配工、焊接工、批铆和密性试验工、气焊气割工、船舶钳工、船舶管铜工、螺旋桨工、船舶板金工、船舶电工、船舶木塑工、除锈涂装工、船舶泥工、起重吊运工的工艺学，及船体结构、船舶概论、船体制图、船体结构与识图、船体加工设备与工夹模具、企业管理常识、电工常识、机械制图、船舶常识、船舶电工学、电工基础、船舶电气工程概论、电工仪表与测量、船舶电站与电力拖动、船舶导航与通讯设备、木工

制图、电动起重机原理及操作、金属材料及热处理、画法几何、船舶柴油机结构和修理等。

这些教材力图体现工人培训的特点，既考虑到当前造船工人的文化水平，做到通俗易懂，又要有一定的理论深度，适当考虑到长远的发展；既做到理论联系实际，又注意到知识的科学性、系统性和完整性；既体现船舶特色，又兼顾不同类型船厂的需要；既便于集体组织教学，也便于个人自学。

这套教材主要用于船舶工人相应工种的初、中级技术理论教育，也适用于对口专业职业高中和技工学校的教学，有的也可作为其它类型工厂的工人培训教材。相应专业的科技人员、专业教师及管理人员也可选作参考书。

这套教材的出版，得到了哈尔滨船舶工程学院、有关地区公司、船厂的大力支持，在此特致以衷心的感谢。

编写船舶工人培训的统一教材还是第一次。由于时间仓促，加上编写经验不足，教材难免存在不少缺点和错误。我们恳切希望广大读者在使用中提出批评和指正，以便进一步修改、完善，不断提高教材质量。

中国船舶工业总公司教材编审室
一九八五年七月

编者的话

本教材是按照中国船舶工业总公司关于船舶工人技术理论教育统编教材《金属材料及热处理教学大纲》的要求编写的。

原教学大纲只有金属材料与热处理,鉴于船用材料日趋广泛,并尽可能兼顾到船体系统和铜钳系统工种培训内容的需要,经1984年4月上海会议研究确定,在原有大纲基础上加进了一些焊接金属学和非金属材料的基础知识。这本書内容以金属材料为重点介绍各种船用材料的化学成分、组织和性能相互间的关系,以及热处理的基本方法,为合理选用材料和发挥材料的使用性能提供基础知识。

本书适合具有初中文化程度的船体装配工、电焊工、钳工、铜工、机工工人以及一般机械工人作为技术理论培训教材,也可作技工学校有关工种教材。本书文字力求通俗易懂,为便于复习,在每章后附有练习题。本书按80学时编写,对于学时较少的工种可结合本工种特点选讲需要的章节。

本教材由新港船厂黄源主编,许定参加编写第七、八章。全书由芜湖船厂黄玉熙主审。在编写过程中得到船舶工业总公司各船厂及有关同志的大力支持和帮助,在此谨致谢意。

限于我们的理论水平和业务能力,加之编写时间仓促,书中欠妥之处在所难免,恳望使用本书的各单位教师 and 读者批评指正。

编者

• iii •

目 录

第一章 金属材料的性能	(1)
第一节 金属与合金的物理性能	(1)
第二节 金属与合金的化学性能	(4)
第三节 金属材料的机械性能	(5)
第四节 金属材料的工艺性能	(21)
习 题	(22)
第二章 金属与合金的结构和结晶	(24)
第一节 金属的晶体结构	(24)
第二节 金属的结晶过程	(28)
第三节 金属的塑性变形与再结晶	(32)
第四节 合金的基本结构	(39)
习 题	(42)
第三章 铁碳合金	(44)
第一节 纯铁的同素异晶转变	(44)
第二节 铁碳合金的基本组织	(46)
第三节 $\text{Fe} - \text{Fe}_3\text{C}$ 状态图	(49)
第四节 $\text{Fe} - \text{Fe}_3\text{C}$ 状态图的应用	(61)
第五节 焊接接头的组织与性能	(63)
第六节 碳素钢	(67)
第七节 船体结构用钢	(78)
习 题	(86)
第四章 钢的热处理	(88)
第一节 钢在加热时的组织转变	(89)

第二节	钢在冷却时的组织转变·····	(93)
第三节	钢的退火与正火·····	(101)
第四节	钢的淬火与回火·····	(105)
第五节	钢的表面热处理·····	(120)
习 题	·····	(129)
第五章	合金钢·····	(132)
第一节	合金元素在钢中的作用·····	(133)
第二节	合金钢的分类及牌号·····	(138)
第三节	合金结构钢·····	(142)
第四节	合金工具钢·····	(156)
第五节	特殊钢·····	(165)
习 题	·····	(173)
第六章	铸铁·····	(175)
第一节	概论·····	(175)
第二节	灰口铸铁·····	(178)
第三节	球墨铸铁·····	(184)
第四节	可锻铸铁与合金铸铁·····	(190)
习 题	·····	(192)
第七章	有色金属与粉末冶金·····	(194)
第一节	铜和铜合金·····	(194)
第二节	铝和铝合金·····	(202)
第三节	轴承合金·····	(208)
第四节	粉末冶金材料·····	(212)
习 题	·····	(214)
第八章	金属材料的选用·····	(215)
第一节	选用金属材料的原则·····	(215)

第二节	典型零件选材及工艺分析·····	(218)
第三节	电镀·····	(222)
第四节	金属喷镀·····	(227)
第五节	钢材成分的火花鉴别·····	(233)
习 题	·····	(236)
第九章	非金属材料 ·····	(237)
第一节	高分子材料·····	(237)
第二节	陶瓷材料·····	(251)
第三节	复合材料·····	(253)
习 题	·····	(256)
附录	·····	(257)

第一章 金属材料性能

在自然界的108种元素中，凡具有良好的导电、导热和可锻性能的元素称为金属，如铁、锰、铝、铜、铬、镍等。而合金则是由一种金属元素和一种或一种以上的其它元素所组成的具有金属性质的物质，如钢是由铁和碳所组成的合金，黄铜是铜和锌的合金等。这些合金在使用中的某些性能远比组成它的金属要好，所以在现代工业中，合金已成为应用广泛的金属材料，特别是钢和铸铁的应用更为广泛。

凡是工业上所用的金属和合金都叫做金属材料。

第一节 金属与合金的物理性能

金属与合金的物理性能包括有：密度熔点、导电导热性、热膨胀性和磁性。

一、密度

每一单位体积（厘米³）的物质的质量（克），叫做该物质的密度，其单位为克/厘米³。

根据密度大小，可将金属分为轻金属和重金属，密度在5克/厘米³以下的金属叫做轻金属，超过5克/厘米³的金属叫做重金属。例如，镁和铝是轻金属，铁、钢、铅等为重金属。

表1-1 几种常见金属材料的密度

名称	密度(g/cm ³)	名称	密度(g/cm ³)	名称	密度(g/cm ³)
镁	1.7	镍	8.9	铂	21.45
铝	2.7	铜	8.89	灰口铁	6.8~7.4
锌	7.19	银	10.5	白口铁	7.2~7.5
锡	7.3	铅	11.3	青铜	7.4~9.2
铁	7.85	钢	7.8~7.9	铝合金	2.55~3.00
金	19.3	黄铜	8.5~8.6	镁合金	1.75~1.85

二、熔点

金属和合金从固体状态向液体状态转变时的熔化温度，称为熔点。每种金属和合金都有它自己的熔点。

表1-2 几种常见金属材料的熔点

材料名称	熔点(°C)	材料名称	熔点(°C)	材料名称	熔点(°C)
钨	3400	铁	1535	铝	658
钼	2622	镍	1455	镁	627
钛	1800	锰	1230	锌	419
铬	1765	铜	1083	铸铁	约1200
钒	1900	铅	327	碳钢	1450~1500
金	1063	锡	232	青铜	865~900

工业上把熔点低于700℃的金属或合金称为易熔金属或易熔合金。熔点对于冶炼、铸造、焊接、配制合金等方面都很重要。金属的熔点低可以大大改善铸造工艺和焊接工艺。

易熔合金可以用来制造印刷铅字、保险丝和防火安全阀的零件等；难熔金属可以用来制造耐高温的零件，已在火箭、导弹、燃气轮机、喷气飞机等方面获得了广泛的应用。

三、导电导热性

金属能够导电的性能称为导电性。物质的导电能力用导电率表示。银的导电性最高，如果以银的导电率为100%，那么铜的导电率为94%，铝为55%，铁为2%，钛仅为0.3%。

金属能够导热的性能称为导热性。物质的导热能力用导热率（或导热系数）表示。工业上用的导热率是以厚1厘米的材料，两面温差为1℃，在1秒钟内，每平方厘米向一方面传导的热量（卡）表示，计量单位为卡/厘米·秒·℃。

凡金属都是电和热的良导体。

四、热膨胀性

金属在温度升高时，产生体积胀大的现象称为热膨胀性。各种金属的热膨胀性能也不相同。通常用线膨胀系数来表示，它的单位是毫米/毫米·℃或1/℃，即金属在温度升高1℃时其单位长度所伸长的大小（毫米）。

表1-3 几种金属的线膨胀系数

金属名称	线膨胀系数 $\alpha \times 10^6 (1/^\circ\text{C})$	金属名称	线膨胀系数 $\alpha \times 10^6 (1/^\circ\text{C})$
锌	39.5	铝	23.6
锰	37	铜	17.0
镁	24.3	镍	13.4
锡	23	铁	11.76
铬	6.2	钛	8.2

铁道路轨间留有缝隙，就是为了防止温度升高时，铁轨发生膨胀而设计的。

五、磁性

通常把金属能导磁的性能叫做磁性。

在工厂板材原料场地上的吊车电磁吊钩，里面用一块纯铁板为铁芯，绕了许多线圈，通电时，能牢牢吸住成吨钢板，并把它吊起。这是因为通电线圈的周围产生了磁场，使铁板强烈磁化而显出磁性。如果把铁板换成铝板或铜板则无此现象。

这样，根据金属材料在磁场中受到磁化程度的影响，可把他们分为：（1）铁磁材料，即在外加磁场中，能强烈地被磁化的材料，如铁、钴、镍等；（2）顺磁材料，即在外加磁场中，只是微弱地被磁化的材料，如锰、铬、钼等；（3）抗磁材料，即抗拒或削弱外加磁场对材料本身的磁化作用的材料，如铜、金、银、锌等。

铁磁性材料，是制造电机和通讯器材中所不可缺少的材料。

第二节 金属与合金的化学性能

一、耐腐蚀性

我们可以看到船体外壳由于海水的侵蚀，船舶每次进船坞修理时，都要进行大量的表面除锈工作。材料场上的钢材、船上甲板机械等也会因大气的侵蚀而生锈。金属因介质（大气、水蒸气、海水、有害气体、酸、碱、盐等）的侵蚀作用受到破坏的现象，称为金属的腐蚀。金属抵抗各种介质侵蚀的能力，

称为金属的耐腐蚀性能。

据有人统计，世界上每年因锈蚀而损失的钢铁，大约为钢铁总产量的1%左右，腐蚀不仅使金属损失，严重时还会使金属制件遭到破坏。因此，提高金属材料耐腐蚀性能和探求各种防腐措施，对于节约金属，延长金属制件的使用寿命，具有现实的经济意义。例如，船体外壳水下部分焊上一些锌板，就是根据阴极保护原理，减少海水对船体的电化腐蚀。

二、抗氧化性

加热金属，将发生氧化作用。现代工业的许多设备，如工业锅炉、热加工机械、汽轮机、喷气发动机、火箭、导弹等，有许多在高温下工作的零件。这些零件的材料要求有良好的抗氧化性能，否则表面就会很快被氧化剥落而损坏掉。制造这些零件，就必须采用抗氧化性能好的耐热材料。

第三节 金属材料的机械性能

金属材料在进行加工和制成零件、工具使用时，都要受到外力或重力的作用，这些作用力称为载荷。根据作用力的大小、方向和作用的状态，可以把载荷分为压力、拉力、扭力、剪力、弯力以及冲击力等。如图1-1所示。在这些载荷作用下，使制件产生变形或破坏。

衡量金属材料承受载荷作用、抵抗变形或破坏的能力称为金属材料的机械性能。机械性能包括强度、塑性、硬度、韧性和疲劳强度等。

一、强度

要使起货吊杆在起重货物时不致弯曲、伸长或拉断，各类传动轴有效地传递动力而不产生变形和破坏，那么吊杆、钢索、轴应具有足够的强度。

强度就是材料在外力（载荷）作用下，能抵抗变形和不受损坏的能力。材料的强度可用其横断面上的单位面积（一平方毫米）所能承受的载荷（公斤力）来表示，单位是公斤力/毫米²（ kgf/mm^2 ）。

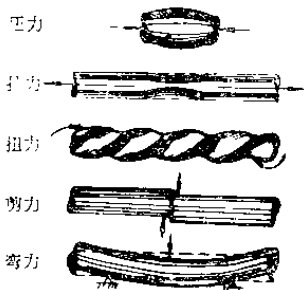


图1-1 几种不同力的作用对金属材料引起的变形

按材料所受载荷的状态不同，材料的强度可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗扭强度和抗剪强度五种。由于抗拉强度和其它强度有一定的关系，在实际应用上经常要测量抗拉强度。金属材料的抗拉强度是通过拉伸试验来测定的。

拉伸试验是将被测定的金属材料制成如图 1-2 所示的标准试样，并把它装在拉力机上，然后开动拉力机，随着拉力的增大，引起试样的伸长。起初，试样的伸长与施加的载荷成正比，试样的变形属弹性变形。当载荷继续增加到 P_1 后，试样伸长不再完全属于弹性变形，即在载荷消除后，除部分弹性变形恢复外，还有极少量变形被保留下来。当载荷增加到 P_2 ，试样发生连续伸长现象——屈服现象。继续加载

荷，试样继续伸长，一直到载荷达到某一最大值后，试样出现颈缩现象，变形集中在颈缩处。试样便在较低于 P_b 值的载荷下被拉断。拉力（ P ）和试样变形量之间的关系，可在坐标内作出拉伸曲线，见图1-3所示。



图1-2 圆形拉伸试样

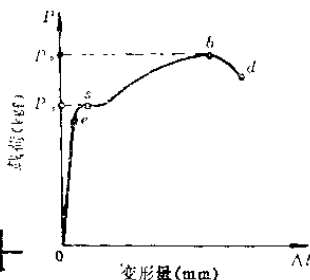


图1-3 拉伸曲线图

如果把拉伸试验测得的载荷（ P_e 、 P_s 、 P_b ）分别被试样的原来截面积（ F_0 ）除，则可获得被测金属材料的弹性极限（ σ_e ）、屈服极限（ σ_s ）和抗拉强度极限（ σ_b ）值。

$$\text{弹性极限} \quad \sigma_e = \frac{P_e}{F_0} \quad (\text{公斤力/毫米}^2)$$

$$\text{屈服极限} \quad \sigma_s = \frac{P_s}{F_0} \quad (\text{公斤力/毫米}^2)$$

塑性低的材料没有明显屈服点，规定试样标距产生0.2%的塑性变形时的强度化为屈服极限指标，称为“条件屈服极限”，用 $\sigma_{0.2}$ 表示。

$$\text{强度极限} \quad \sigma_b = \frac{P_b}{F_0}$$

式中 P_e ——弹性极限点所受的载荷

P_s ——开始发生屈服现象时所受的载荷

P_b ——断裂前所受的最大载荷

F_0 ——试样原来的截面积

显然，有精度要求的金属制件，不能在承受超过材料屈服强度的载荷下工作，因为这会引起金属制件的变形。因此在设计金属制件时，应根据材料的强度和有效尺寸来确定它们的承载能力。

二、塑性

造船钢板和各种型钢，按照图纸和样板要求，要经压力加工弯成各种形状，而不允许产生裂纹，这就要求钢板和型材有好的塑性。因此，塑性是金属材料受力后发生永久变形而不破坏的能力。它用延伸率（ δ ）和断面收缩率（ ψ ）来表示。它们的百分值根据拉伸试验前试棒上的标距长（ L_0 ）和横断面（ F_0 ）以及拉断后试棒上的标距长（ L ）和断面（ F ）计算出来。

$$\text{延伸率} \quad \delta = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100\%$$

$$\text{断面收缩率} \quad \psi = \frac{F_0 - F}{F_0} \times 100\%$$

公式意义：伸长率是试棒拉断后的伸长量，对原来长度所占的百分数；断面收缩率是试棒断面处横断面积的缩减量，对于原来面积所占的百分数。

由于拉伸试棒标长与直径比有 5:1 和 10:1 两种，所以不同标准试棒的延伸率分别用 δ_5 和 δ_{10} 来表示。为了简化，“ δ_{10} ”可用“ δ ”表示。而“ δ_5 ”则不可省去。