

化工工人技术理论培训教材

金属材料与 热处理基础知识

化学工业部人事教育司 组织编写
化学工业部教育培训中心

化学工业出版社

ISBN 7-5025-1724-3



9 787502 517243 >

ISBN 7-5025-1724-3/G·436

定 价 7.00 元

化工工人技术理论培训教材

金属材料与热处理基础知识

化学工业部人事教育司 组织编写
化学工业部教育培训中心

化学工业出版社

·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

金属材料与热处理基础知识/化学工业部人事教育司,
化学工业部教育培训中心组织编写. —北京:化学工业出
版社,1997

化工工人技术理论培训教材

ISBN 7-5025-1724-3

I. 金… I. ①化…②化… III. ①金属材料-技术教
育-教材②热处理-技术教育-教材 IV. TG15

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 06847 号

金属材料与热处理基础知识

化学工业部人事教育司 组织编写
化学工业部教育培训中心

责任编辑:陈志良

责任校对:麻雪丽

封面设计:于兵

*

化学工业出版社出版发行

北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码 100029)

新华书店北京发行所经销

北京市通县京华印刷厂印刷

北京市通县京华印刷厂装订

*

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 3½ 字数 93 千字

1997 年 1 月第 1 版 1997 年 1 月北京第 1 次印刷

印数:1—5000

ISBN 7-5025-1724-3/G·436

定 价:7.00 元

版权所有 盗印必究

凡购买化工版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

前 言

为了适应化工系统工人技术等级培训的需要,提高工人的技术理论水平 and 实际操作技能,我们依据《中华人民共和国工人技术等级标准》和《化工系统工人技术理论培训教学计划 and 教学大纲》的要求,组织有关人员,编写了这套培训教材。

在教材编审过程中,遵循了“坚持标准,结合实际,立足现状,着眼发展,体现特点,突出技能,结构合理,内容精炼,深浅适度”的指导思想,以“等级标准”为依据,以计划和大纲为蓝图,从有利于教师教学和方便工人自学出发,力求教材内容能适应化工生产技术的发展 and 现代化生产工人培训的要求。

按照“中华人民共和国工人技术等级标准”规定的化工行业 168 个生产工种的有关内容,在编制教学计划和大纲划定时,我们在充分理解等级标准的基础上,吸取了国外职业教育的成功经验,对不同工种不同等级工人围绕技能所要求掌握的技术理论知识进行分析和分解,作为理论教学的基本单位,称之为“单元”。在计划和大纲中,168 个工种按五个专业大类(及公共课)将不同等级的全部理论教学内容分解为 301 个教学单元。为了方便各单位开展培训教学活动,我们把教学计划中一些联系较为密切的“单元”合在一起,分成 112 册出版。合订后的全套教材包括以下六部分。

无机化工类单元教材共 25 册:《流体力学基础》、《管路的布置与计算》、《物料输送》、《气相非均一系分离》、《液相非均一系分离》、《物料混合》、《固体流态化与应用》、《加热与冷却》、《蒸发》、《结晶》、《浸取与干燥》、《制冷》、《焙烧与工业炉》、《粉碎与筛分》、《电渗析》、《吸附分离》、《离子交换》、《常见的无机化学反应》、《电解及其设备》、《物料衡算与热量衡算》、《合成氨造气》、《合成氨变换》、《合成氨净化》、《合成氨压缩》和《氨的合成》。

有机化工类单元教材共7册:《吸收》、《蒸馏》、《萃取》、《有机化学反应(一)》、《有机化学反应(二)》、《有机化学反应(三)》、和《化学反应器》。

化工检修类单元教材共43册:《电镀》、《腐蚀与防护》、《机械传动及零件》、《液压传动与气动》、《金属材料热处理知识》、《机械制造工艺基础》、《化工检修常用机具》、《工程力学基础》、《测量与误差》、《公差与配合》、《化工机器与设备安装》、《化工压力容器》、《展开与放样》、《化工管路安装与维修》、《钳工操作技术》、《装配和修理》、《钢材矫正与成型》、《电工材料及工具》、《焊工操作技术》、《焊接工艺》、《阀门》、《化工用泵》、《风机》、《压缩机》、《化工分析仪表(一)》、《化工分析仪表(二)》、《化工测量仪表》、《电动单元组合仪表》、《化工自动化》、《集散系统》、《仪表维修工识图》、《仪表常见故障分析与处理》、《过程分析仪表》、《化工检修钳工工艺学》、《化工检修铆工工艺学》、《化工检修管工工艺学》、《化工检修焊工工艺学》、《化工防腐橡胶衬里》、《化工防腐金属喷涂》、《化工防腐金属铅焊》、《化工防腐砖板衬里》、《化工防腐塑料》以及《化工防腐玻璃钢》。

化工分析类单元教材6册:《化学分析的一般知识及基本操作》、《化学分析》、《电化学分析》、《仪器分析》、《化验室基本知识》和《有机定量分析》。

橡胶加工类单元教材共11册:《橡胶、配合剂与胶料配方知识》、《再生胶制作机理、工艺及质量检验》、《橡胶加工基本工艺》、《轮胎制造工艺方法》、《力车胎制造工艺方法》、《胶管制造工艺方法》、《胶带制造工艺方法》、《橡胶工业制品制造工艺方法》、《胶鞋制造工艺方法》、《胶乳制品制造工艺方法》和《炭黑制造工艺方法》。

另外还有公共课及管理课类单元教材共20册:《电工常识》、《电工基础》、《电子学一般常识》、《电子技术基础》、《机械识图》、《机械制图》、《化工管路识图》、《工艺流程与装备布置图》、《工厂照明与动力线路》、《电气识图与控制》、《电机基础及维修》、《工厂电气设备》、《工厂电气技术》、《安全与防护》、《三废处理与环境保护》、《化工计量常识》、《计算机应用基础知识》、《化工应用文书写》、《标准化基础知识》和《化工生产管

理知识》。

按照“单元”体系组织编写工人培训教材,尚是一种尝试,由于我们经验不足和教材编审时间的限制,部分教材在体系的合理性、内容的先进性、知识的连贯性和深广度的准确性等方面还不尽如人意,为此建议:

一、各单位在组织教学过程中,应按不同等级的培训对象,根据相应的教学计划和教学大纲的具体要求,以“单元”为单位安排教学。

二、工人技术理论的教学应与操作技能的培训结合起来。技术理论的教学活动除应联系本单位生产实际外,还应联系培训对象的文化基础、工作经历等实际情况,制订相应的教学方案,确定相应的教学内容,以提高教学的针对性和教学效率。

三、在教学过程中发现教材中存在的问题,可及时与我们联系,也可与教材的编者或出版单位联系,使教材中的问题得到及时更正,以利教学。

本套教材的组织编写,得到全国化工职工教育战线各方面同志的积极支持和帮助,在此谨向他们表示感谢。

化学工业部人事教育司
化学工业部教育培训中心

1996年3月

目 录

金属材料与热处理基础知识(检 017)	1
绪论	2
第一章 金属材料的性能	5
第一节 金属的物理性能	5
第二节 金属的化学性能	6
第三节 金属的机械性能	6
第四节 金属的工艺性能	18
第二章 金属与合金的结构及铁碳合金	20
第一节 金属的晶体结构	20
第二节 金属的结晶	22
第三节 合金的基本组织结构	28
第四节 Fe-Fe ₃ C 合金状态图及其实用意义	31
第三章 钢的热处理	47
第一节 热处理的概念	47
第二节 钢在加热、冷却时的组织转变	47
第三节 钢的热处理方法	54
第四节 化学热处理	63
第四章 常用金属材料及选用	66
第一节 碳素钢	66
第二节 合金钢	72
第三节 铸铁	80
第四节 有色金属	87
第五节 机器零件的选材及热处理	92
第五章 金属材料的腐蚀与防腐	96
第一节 腐蚀的原因	96
第二节 钢材的防腐方法	98

金属材料与热处理基础知识 (检 017)

泸州化工学校 陈钧衡 陈谦 编
泸州化工学校 陈钧衡 审

绪 论

在现代工业生产中,金属材料是不可缺少的。无论是在机械制造、冶金矿山、交通运输、化工、轻纺等行业,还是在国防、科研等部门,金属材料都得到了广泛的应用。金属材料之所以能够得到广泛的使用,是由于它具有良好的物理性能、化学性能、机械性能和工艺性能。

金属材料可以制成多种合金,还可以通过热处理的方法来改善它的某些性能,如强度、硬度、耐磨性和耐腐蚀性等,使其得到进一步的提高,从而延长了金属材料的使用寿命,扩展了金属材料的使用范围。

金属材料 and 热处理基础知识的主要内容,是介绍和研究金属材料与合金材料的性能、成分、组织及其相互关系的变化规律,以及如何改善金属与合金的组织 and 性能。

在实际生产应用中,作为化工行业的技术工人,在维护检修各种机器设备时,都会遇到金属材料的选用及热处理问题。因此,必须了解和掌握有关金属材料成分、组织、性能、热处理和用途之间的相互联系等基本知识。只有掌握了金属材料的组织 and 性能,以及如何改变其组织性能等方面的知识,才能合理地选用材料,正确地解决生产中的实际问题。

金属材料与热处理是从长期生产实践中创造和发展起来的一门学科。因此金属材料与热处理基础知识和生产实际有着紧密的联系,学习中必须根据实际情况,突出重点,加深理解,把理论与实践结合起来,以巩固所学的知识。

全书共分五章。第一章介绍了金属材料各种性能的意义、表示方法和基本计算方法。金属材料的性能包括物理性能、化学性能、机械性能 and 工艺性能。

(1) 物理性能 包括密度($\rho = m/V$)、熔点、热膨胀性

（线膨胀系数 $\alpha = \frac{L_2 - L_1}{L_1 t}$ ）、导热性和导电性等。

（2）化学性能 包括耐腐蚀性和抗氧化性等。

（3）机械性能 包括强度（弹性极限 $\sigma_e = \frac{P_e}{F_0}$ ，屈服极限 $\sigma_s = \frac{P_s}{F_0}$ ，强度极限 $\sigma_b = \frac{P_b}{F_0}$ ）、塑性（延伸率 $\delta = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\%$ ，断面收缩率 $\Psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \times 100\%$ ）、硬度（布氏硬度 HB，洛氏硬度 HR，维氏硬度 HV 等）、冲击韧性 $\left(a_k = \frac{A_k}{F} \right)$ 及疲劳强度等。

（4）工艺性能 包括铸造性能、锻压性能、焊接性能、切削加工性能及热处理工艺性能等。

通过这一章的学习，我们可以了解和掌握金属材料的各种性能，以便在实际工作中正确地进行加工和合理地选用金属材料。

第二章介绍了金属与合金的组织结构及 Fe-Fe₃C 合金状态图。

常见的金属晶格类型有体心立方晶格、面心立方晶格、密排六方晶格等三种。金属晶粒的大小对机械性能有较大的影响，一般来说，晶粒越细小，机械性能就越好。常用的细化晶粒方法有增加过冷度、变质处理和施加振动等。

合金的基本结构有固溶体、金属化合物和机械混合物三种。

铁碳合金的基本组织有铁素体、奥氏体、渗碳体、珠光体、莱氏体等。

Fe-Fe₃C 合金状态图是表示在极其缓慢冷却（或加热）的情况下，不同成分的铁碳合金在不同温度下所具有的组织或状态的图形。

典型的铁碳合金有共析钢、亚共析钢、过共析钢及共晶白口铸铁、亚共晶白口铸铁、过共晶白口铸铁等。

通过这一章的学习，我们可以了解和掌握铁碳合金的基本组织和性能，并可应用 Fe-Fe₃C 合金状态图来解决实际工作中有关选材和铸造、锻造、轧制等加工工艺方面的问题。

第三章介绍了热处理的概念，钢在加热或冷却时的组织转变，常用的钢的热处理方法等。

热处理的目的是通过改变材料的组织结构来获得所需要的性能。

钢的热处理方法有退火(完全退火、球化退火、低温退火等)、正火、淬火(单液淬火、双液淬火、分级淬火、等温淬火等)、回火(低温回火、中温回火、高温回火)、表面淬火(火焰表面淬火、感应加热表面淬火等)以及化学热处理(渗碳、渗氮、碳氮共渗等)等。

通过这一章的学习,我们可以了解和掌握钢的组织转变和性能改善之间的关系,以及热处理的方法和实际应用。

第四章介绍了常用金属材料,包括碳素钢、合金钢、铸铁及有色金属等。通过这一章的学习,我们可以了解和掌握常用金属材料的牌号、成分、性能及用途,从而达到在生产实际中正确选择和合理使用材料的目的。

第五章介绍了金属材料的腐蚀原因及一般的防腐方法。

腐蚀的原因有化学腐蚀和电化学腐蚀,其中主要是电化学腐蚀。电化学腐蚀危害极大。

常用的防腐方法有电化学防腐法、化学防腐法及机械防腐法等。

通过这一章的学习,我们可了解腐蚀产生的机理,了解和掌握一般常用的防腐蚀方法,处理并解决一般生产中常见的腐蚀和防腐蚀问题。

总之,通过对本书的学习,能够对金属材料的性能及应用有较多的了解和认识。在生产实际中遇到各种各样的问题时,就能根据实际情况,结合所学过的知识进行适当的分析和处理,使所学到的知识在实践中得到应用和检验,并不断地完善与提高。

第一章 金属材料的性能

金属材料的性能包括物理性能、化学性能、机械性能和工艺性能等四个方面。

第一节 金属的物理性能

金属材料的物理性能包括密度、熔点、热膨胀性、导热性和导电性等。

1. 密度

单位体积的某种物质的质量,叫做该物质的密度,即

$$\rho = m/V (\text{g/cm}^3)$$

式中 ρ ——密度, g/cm^3 ;

m ——质量, g ;

V ——体积, cm^3 。

密度是金属材料的重要物理性能。某些机械零件在选材时,必须考虑金属材料的密度,以减轻自重,增加有效载荷。比如飞机的很多构件都是用密度小而强度高的铝合金制造的。

2. 熔点

金属材料的熔化温度称为熔点。熔点高的金属材料可用来制造耐热零件,而低熔点的金属材料则可用来制焊锡和保险丝等。熔点对于铸造和焊接也很重要,如两种熔点相差很大的金属材料,就很难用电焊方法焊接。

3. 热膨胀性

金属材料的热胀冷缩称之为热膨胀性,其大小一般用线膨胀系数来表示,即

$$\alpha = \frac{L_2 - L_1}{L_1 t} (1/^\circ\text{C})$$

式中 α ——线膨胀系数, $1/^\circ\text{C}$;

L_1 ——膨胀前长度, cm;

L_2 ——膨胀后长度, cm;

t ——升高的温度, $^\circ\text{C}$ 。

金属材料的热膨胀性对制造、加工工艺和装配都有很大的影响, 在实际工作中应予以充分重视。如异种金属材料焊接时就必须考虑其热膨胀系数是否相近。

4. 导热性

金属材料传导热能的性质叫做导热性。在制造热交换器和散热器等设备时, 就应选择导热性好的材料。

5. 导电性

金属材料传导电流的性能称为导电性。常用金属材料中导电性最好的是银, 其次是铜和铝。工业上常用铜和铝作为导电材料。

第二节 金属的化学性能

金属材料的化学性能是指金属在化学作用下表现的性能, 主要包括耐腐蚀性和抗氧化性。

1. 耐腐蚀性

金属材料对周围介质, 如大气、水汽及各种电解质侵蚀的抵抗能力叫做耐腐蚀性。常见的钢铁生锈就是一种腐蚀现象。

腐蚀会降低金属材料的使用寿命, 造成极大的危害和损失。所以在有腐蚀介质存在的工况下, 选材必须考虑其耐腐蚀性, 并应采取适当的防腐措施。

2. 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。工业锅炉、加热设备、汽轮机等都有许多零件在高温下工作, 制造这些零件所用的材料, 就要求具有良好的抗氧化性。

第三节 金属的机械性能

机械性能是工业用金属材料最重要的性能, 是衡量金属材料质量

的主要指标之一。

金属材料在受到外力作用时所表现出来的性能,叫做金属材料的机械性能。它主要包括强度、塑性、硬度、冲击韧性和疲劳强度等。

1. 强度

强度是指金属材料在外力作用下,抵抗变形和断裂的能力。根据载荷作用形式的不同,一般可分为抗拉、抗压、抗剪、抗扭和抗弯强度等。常以抗拉强度作为工业上常用金属材料机械性能的主要强度指标。

抗拉强度可通过拉伸试验来进行测定。在进行拉伸试验时,采用如图 1-1a 所示的标准拉伸试样。试样可分为长、短两种,长试样 $L_0=10d_0$,短试样 $L_0=5d_0$ 。一般工厂采用的试样直径 $d_0=10\text{mm}$ 。

将拉伸试样装夹在拉伸试验机上,按规定标准逐步施加载荷。随着载荷的增加,试样逐渐变形伸长,直至断裂,如图 1-1b 所示。

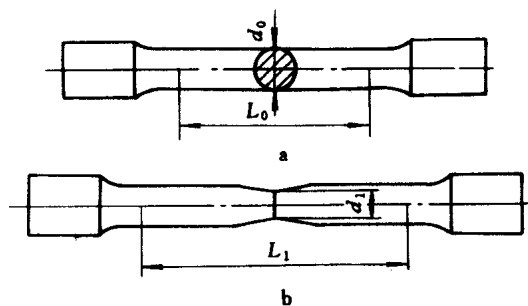


图 1-1 标准拉伸试样

a—拉伸前;b—拉伸后

在拉伸试验过程中,试验机自动记录了每一瞬间的载荷 P 与变形量 ΔL ,并绘制出它们的关系曲线,即拉伸曲线图。图 1-2 即是低碳钢的拉伸曲线图。低碳钢的拉伸过程可分为三个阶段。

ope 为弹性变形阶段。当载荷不超过 P_p 时,伸长量与载荷成正比。若此时消除载荷,试样立即恢复原状。当载荷超过 P_p 而不大于 P_e 时,试样的伸长量不再与载荷成正比,但仍属于弹性变形,若卸除载荷,试

样仍能恢复到原来的尺寸。

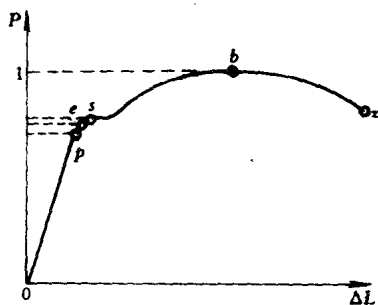


图 1-2 低碳钢的拉伸曲线图

esb 为弹性-塑性变形阶段。当载荷超过 P_e 时，试样除产生弹性变形外，同时还产生塑性变形。若此时去除载荷，试样不能完全恢复到原来的尺寸。当载荷达到 P_s 时，虽然载荷不再增加，但试样却继续伸长，这种现象称为材料的“屈服”。当载荷超过 P_s 后，随着载荷的增加，试样便开始产生大量而均匀的塑性变形。

bz 为断裂阶段。当载荷达到 P_b 时，试样开始发生局部变细的“缩颈”现象，之后变形就集中在缩颈附近。由于产生缩颈，试样截面面积减少，不足以抵抗外力的作用，因此在 z 点试样就发生断裂。

通过拉伸试验所测得的常用强度指标有弹性极限、屈服极限和强度极限。

(1) 弹性极限 金属材料在外力作用下，只产生弹性变形时所能承受的最大应力，称为弹性极限，以 σ_e 来表示。

$$\sigma_e = \frac{P_e}{F_0} (\text{MPa})$$

式中 P_e ——弹性极限载荷，N；

F_0 ——试样原始截面积， mm^2 。

(2) 屈服极限 金属材料产生屈服现象时的应力，称为屈服极限，以 σ_s 来表示。

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

式中 P_s ——产生屈服时的载荷；

F_0 ——试样原始截面积， mm^2 。

有许多金属材料如高碳钢和铸铁等，在拉伸试验过程中，并没有明显的屈服现象。因此对于这些材料，工程技术上规定以试样产生原始长度 0.2% 伸长量时的应力，作为材料的条件屈服极限，以 $\sigma_{0.2}$ 来表示。

屈服极限是金属材料最重要的机械性能之一,也是大多数机械零、部件设计计算的主要依据,在选择材料时应予以考虑。一般机械零、部件所受的应力,都不应超过材料的屈服极限,否则就会产生明显的塑性变形。

(3)强度极限 金属材料受拉而不致破裂时所能承受的最大应力,称为强度极限,以 σ_b 来表示。

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

式中 P_b ——试样能承受的最大载荷, N;

F_0 ——试样原始截面积, mm^2 。

强度极限也是金属材料最重要的机械性能之一,是设计与选材的主要依据。机械零、部件所选用的金属材料,在工作时所承受的应力,不允许超过强度极限,否则就会产生断裂而引起事故发生。

2. 塑性

金属材料在载荷作用下,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,它们都是通过拉伸试验来测得的。

(1)延伸率 延伸率是试样拉断后标距长度的伸长量与原始标距长度之比值的百分率,以 δ 表示。

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

式中 L_1 ——试样原始标距长度, mm;

L_0 ——试样拉断后的标距长度, mm。

(2)断面收缩率 断面收缩率是试样拉断后横截面面积的缩减量与原始截面面积之比值的百分率,用 Ψ 表示。

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

式中 F_0 ——试样原始横截面积, mm^2 ;

F_1 ——试样拉断后断裂处最小截面积, mm^2 。

延伸率和断面收缩率是用来衡量金属材料塑性好坏的主要指标,