

石油化工技工学校统编教材

石油化工机械基础

贺继来 李玉堂 编

中国石化出版社



石油化工技工学校统编教材

石油化工机械基础

贺继来 李玉堂 编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书结合生产实际,介绍了与石油化工设备有关的机械常识及设备维护、保养、检修等方面的基础知识。本书通俗易懂,实用性强,可作为石油化工系统炼油、化工专业的技校教材,也可供高、初中毕业生、从事石油化工操作的技术人员、工人阅读。

图书在版编目(CIP)数据

石油化工机械基础/贺继来,李玉堂编. —北京:中国石化出版社,1993.4(1998重印)
石油化工技工学校统编教材
ISBN 7-80043-288-2

I. 石… II. ①贺…②李… III. 石油化工-化工机械-技工学校-教材 IV. TE96

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 03282 号

中国石化出版社出版发行
地址:北京市东城区安定门外大街 58 号
邮编:100011 电话:(010)64241850
海丰印刷厂排版
北京通州京华印刷制版厂印刷
新华书店北京发行所经销

787×1092 毫米 16 开本 10 印张 286 千字 印 13501—15500

1993 年 4 月第 1 版 1998 年 4 月第 4 次印刷

定价:10.00 元

前 言

本书系根据中国石油化工总公司人事部培训处1987年审订的技工学校《石油化工机械基础》教学大纲编写的。

本书结合技工教育的特点，内容兼顾炼油、化工两个专业，着重介绍石油化工设备的有关机械常识及其维护、保养、检修等方面的基础知识，适于石油化工技校的教学及在职职工技术教育的需要。

全书初稿经中国石油化工总公司人事部培训处组织有关人员审定。在各有关学校试用并广泛听取意见的基础上，于1991年重新做了修改。

在此，作者谨向参加1989年初稿审定的郭文明、张维生、王亚珍、张福元、李淑跃、王巧遇同志，及参加1991年修改意见的郭文明、狄铁成、徐嘉昌、黎利君、吴荣江、张丽娟等同志表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，本书缺点错误在所难免，希望使用本教材的老师 and 读者给予批评指正，以便再版时修改。

1992年5月于锦州

绪 论

现代的石油化工工业生产广泛使用着各种设备。有进行化学反应的反应器；有介质间进行热量交换的换热器；有贮存物料用的各种贮罐；有分离物料用的各种塔以及加热炉、阀件等。这些生产工艺上的特定设备称为静止设备或工艺设备。还有输送物料用的各种泵、压缩机、鼓风机等，则是运转的设备，称为转动设备或机械设备。这些都是石油化工生产中的技术装备，其质量的优劣是决定正常生产的主要因素。石油化工生产的操作人员，工作在生产第一线，每天都要与这些设备接触，维护、保养好这些设备是义不容辞的责任。为了更好地进行设备的维护与保养工作，石油化工生产的操作人员，除了应该掌握生产工艺、操作技能外，还必须懂得一定的机械知识、设备的检修、保养与维护知识等，以满足现代的石油化工生产的需要，确保装置安全、平稳、长周期、满负荷运转。

结合石油化工厂的生产实际，《石油化工机械基础》包括以下内容：

1. 石油化工设备常用材料：石油化工厂操作条件复杂，条件苛刻。有些设备在高温下运转，如各种类型的加热炉，有些设备里承受较大压力，如各类压力容器等，石油化工行业经常处理对设备具有强烈腐蚀性的物料。为了适应以上生产条件的需要，石油化工设备采用了大量的金属材料与非金属材料。通过对石油化工设备常用材料的学习，来了解常用材料的分类、性能、牌号及用途等。
 2. 机械传动：学习石油化工厂常用的各种机械传动的分类、传动特点及应用场合，为机械传动的维护、保养提供必要的基础知识。
 3. 轴系零件：学习轴与联轴器的种类、结构方面的知识、轴的密封知识、轴承的结构、类型、应用等方面的知识，为机械设备的日常保养与维护提供基础知识。
 4. 机械设备的磨损与润滑：学习机械设备的磨损规律以及防止磨损的基本措施，学习机械设备常用润滑剂的种类、润滑剂的选择以及润滑方法等方面的知识。
 5. 钢制容器：学习石油化工厂对容器的基本要求、容器的强度计算及其它标准零部件，为今后操作各种容器以及分析容器的工作能力，确保安全生产提供必要的知识。
 6. 石油化工管道：学习管道的分类、规格表示法、常用管材及法兰、垫片、阀门的种类和特点等有关知识。
 7. 设备和管道的防腐、绝热与涂漆：学习设备和管道的腐蚀与防护、绝热与涂漆等有关知识。
 8. 石油化工设备的检修与维护：主要学习管道、换热器、塔、容器、加热炉等设备的检修与维护以及石油化工装置的安全检修等方面的基础知识。
- 随着石油化工生产的迅速发展，石油化工生产所用的设备日益复杂，技工学校石油化工专业的学生学好《石油化工机械基础》是很有必要的。

本课程的内容涉及较广，本着学以致用原则。在学习这些知识的过程中，应注意以下几点：

1. 坚持理论联系实际，充分重视直观教学，发挥实物、模型、示教板的作用，提倡现场参观教学等有效形式，多接触生产现场实际，增强感性认识。

2. 《石油化工机械基础》是针对石油化工操作人员所编教材，大部分内容是介绍石油化工设备的基础知识，学习时必须明确培养目标及学习目的，对某些较深入的知识及内容一定要适当掌握。

3. 要逐章地学习、巩固，每节学完后，要认真做好复习题。

我们要努力学习，掌握更多的科学技术知识，不断提高我们分析问题、解决问题的能力，努力把自己培养成为会操作、会维护、会保养、会检查、会参与大修工作的现代化石油化工生产的操作人员，为我国的四个现代化贡献力量。

目 录

绪论

第一章 石油化工设备常用材料	1
§ 1-1 金属材料的机械性能	1
§ 1-2 钢和铸铁的成分、组织与性能	5
§ 1-3 钢的热处理	7
§ 1-4 碳素钢	8
§ 1-5 合金钢	10
§ 1-6 铸铁	13
§ 1-7 有色金属	14
§ 1-8 非金属材料	15
习题.....	17
第二章 机械传动	19
§ 2-1 概述	19
§ 2-2 皮带传动	19
§ 2-3 链传动	24
§ 2-4 齿轮传动	25
§ 2-5 减速器概述	31
习题.....	33
第三章 轴系零件	34
§ 3-1 轴与联轴器概述	34
§ 3-2 旋转轴的密封	36
§ 3-3 轴承	43
习题.....	48
第四章 机械设备的磨损与润滑	49
§ 4-1 摩擦与磨损	49
§ 4-2 润滑剂	52
§ 4-3 机械设备的润滑	56
§ 4-4 机械设备的润滑制度	66
习题.....	67
第五章 钢制容器	69
§ 5-1 概述	69
§ 5-2 容器的基本结构	70
§ 5-3 内压薄壁容器	74
§ 5-4 外压容器	82
习题.....	87

第六章 石油化工管道	88
§ 6-1 概述	88
§ 6-2 常用管材及管件	89
§ 6-3 阀门	93
习题	97
第七章 设备和管道的防腐、绝热与涂漆	99
§ 7-1 设备和管道的防腐	99
§ 7-2 设备和管道的绝热	102
§ 7-3 设备和管道的涂漆	105
习题	107
第八章 石油化工设备的维护与检修	106
§ 8-1 概述	108
§ 8-2 管道的维护与检修	109
§ 8-3 换热器的检修与维护	118
§ 8-4 塔设备的检修与维护	124
§ 8-5 容器的检修与维护	129
§ 8-6 管式加热炉的检修与维护	135
§ 8-7 机械设备的使用与维护	139
§ 8-8 石油化工装置安全检修	144
习题	150

第一章 石油化工设备常用材料

现代的石油化工生产条件是很复杂的，操作条件苛刻，如高温、高压、低温、高真空。有的物料含有酸、碱、盐，对设备有较强的腐蚀；有的物料易燃、易爆或有毒，要求设备要严格密闭。这就对制造石油化工设备的材料提出各种要求，以适应其生产条件的需要，保证生产的正常进行。石油化工设备所采用各种材料的品种是大量的，但可以概括为两大类：金属材料和非金属材料。金属材料中，又可分为：黑色金属（如碳钢、合金钢、铸铁等）和有色金属（如铜、铝、铅等）。为了能合理地使用金属材料和非金属材料，更好地操作各种设备，做好设备的维护与检修工作，对石油化工设备常用材料的基本知识要有一定的了解。本章着重介绍石油化工设备常用材料的种类、牌号、性能和用途等基本知识。

§ 1-1 金属材料的机械性能

石油化工设备在使用过程中总要受到各种形式的载荷作用。如轴类零件要承受扭矩和弯矩的作用，各种容器要承受介质压力的作用，因而要求金属材料必须具备抵抗外力作用而不破坏的能力。金属材料在承受外力作用时所表现出来抵抗外力作用的特性，称为金属材料的机械性能。它一般包括强度、塑性、硬度、冲击韧性、刚度和蠕变极限等。

在外力作用下，材料都会发生变形。材料受力后产生的变形分为两类：一类是在去掉外力以后能完全消失的变形，称为弹性变形；另一类是在去掉外力以后不能消失的变形，称为塑性变形（永久变形）。试验指出，当外力不超过一定限度时，绝大多数材料在外力解除后都可恢复原状，即变形在弹性变形范围以内。但如外力过大，超过一定限度，则外力解除后，只能部分复原，而遗留下一部分不能消失的变形，即塑性变形。一般情况下，要求零部件正常工作时只能发生弹性变形，而不允许发生塑性变形。

一、强度

金属材料在外力作用下抵抗塑性变形和断裂的能力，称为强度。材料的强度越高，所能承受的外力也越大。按照外力作用的性质不同，强度可分为抗拉强度、抗压强度和抗弯强度等。工程上常用来表示金属材料强度的是抗拉强度。

为了测定金属材料的抗拉强度，通常都采用拉伸试验。所谓拉伸试验，就是将被测金属材料作成标准试件（如图1-1a），把它装夹在拉伸试验机上，逐步加大对试件的拉力。随着拉力的增加，试件轴向被拉长，直至拉断为止。

在拉伸过程中，试验机自动记录了每一瞬间的拉力 P 和变形量（伸长量） ΔL ，并绘出它们之间的关系曲线，通常称为拉伸曲线。低碳钢的拉伸曲线如图1-2所示。根据它的变形特点，大致可以分为以下几个阶段。

1. 弹性阶段 在图1-2中 oe 段内材料是弹性变形阶段。在弹性变形阶段中， op 段是直线，这说明在 op 段，材料的外力与变形成正比。图中的 p 点比 e 点略低， pe 段已不成直线，稍有弯曲，但仍然属于弹性变形阶段。

●详见：国家标准GB228-87《金属拉力试验法》。

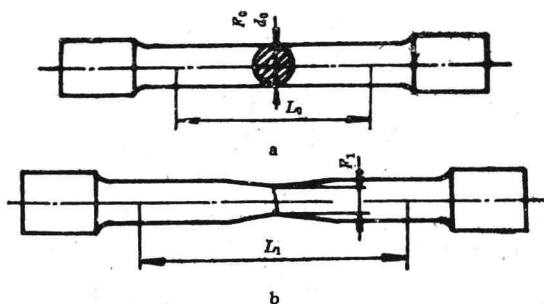


图 1-1 拉伸试件

a—拉伸前；b—拉伸后

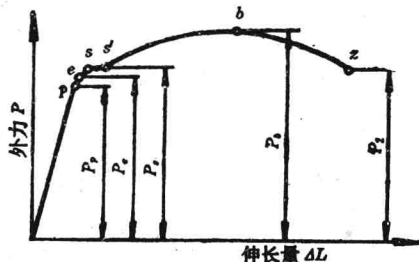


图 1-2 低碳钢的拉伸曲线

2. 微量塑性变形阶段 当拉力超过 P_e 后，在 es 段时材料在发生弹性变形的同时，还出现微量的塑性变形，即除去外力后材料不能完全恢复原状。

3. 屈服阶段 当拉力增大到 P_s 时，在曲线上出现水平或是上下微微抖动的一段，图1-2中的 ss' 段。这说明在这一段中，即使外力基本上不变，但试件的变形却急剧地增加。此时试件好象对外力屈服了一样，所以此阶段称为屈服阶段。在屈服阶段试件将出现较大的塑性变形。

4. 强化阶段 即曲线 $s'b$ 部分。超过屈服阶段后，要使试件继续变形又必须增加拉力，这种现象称为材料的强化。这时曲线又逐渐上升，直到曲线的最高点 b ，相应的拉力达到最大值。

5. 颈缩阶段 当拉力达到 P_b 后，试件的变形开始集中于某一局部区域内，这时该区域内的横截面逐渐收缩，形成颈缩现象。由于局部截面收缩，试件继续变形时，所需的拉力逐渐减小，最后在颈缩处被拉断。

根据拉伸曲线可以求得材料的强度指标。为了消除试件尺寸的影响，反映材料本身的力学性质，强度指标通常以应力的形式来表示。当材料受外力作用时其内部会产生阻止变形的抗力，这种抗力称为内力，单位横截面积上的内力就称为应力，以 σ 表示。

$$\sigma = \frac{P}{F} \quad \text{MPa}$$

式中 P ——外力，N；

F ——横截面积， mm^2 。

工程技术上常用的强度指标是屈服极限和强度极限。

1. 屈服极限（屈服强度）屈服极限是材料出现屈服现象的最小应力，用符号 σ_s 表示。其计算方法如下：

$$\sigma_s = \frac{P_s}{F_0} \quad \text{MPa}$$

式中 P_s ——材料屈服时受的外力，N；

F_0 ——材料试样的原始横截面积， mm^2 。

屈服极限是选用金属材料时非常重要的机械性能指标之一。机械零件所受的应力，一般都应小于屈服极限，否则就会产生明显的塑性变形。

2. 强度极限（抗拉强度）强度极限是材料在拉断前所承受的最大应力，用符号 σ_b 表示。

其计算方法如下:

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F_0} \quad \text{MPa}$$

式中 P_b ——拉断材料试样的最大外力, N;

F_0 ——材料试样的原始横截面积, mm^2 。

抗拉强度也是材料的主要机械性能指标, 是设计和选材的主要依据之一。

3. 许用应力 从前面的拉伸试验中看出, 当拉应力达到屈服应力 σ_s 时, 材料将出现较大的塑性变形; 当拉应力达到强度极限 σ_b 时会引起断裂。对于设备和结构构件, 工作时一般不允许产生较大的塑性变形或断裂。所以, σ_s 和 σ_b 统称为材料的极限应力。

构件工作时应力的最大允许值称为材料的许用应力, 用 $[\sigma]$ 表示。对于脆性材料, 由于没有屈服现象, 故以 σ_b 作为极限应力; 对于塑性材料因为有明显的屈服现象, 故以 σ_s 作为极限应力。即:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_b}{n_b} \quad \text{MPa}$$

$$[\sigma] = \frac{\sigma_s}{n_s} \quad \text{MPa}$$

式中 n_s 、 n_b 是一个大于1的系数, 称为安全系数。

有了安全系数, 材料就有了一定的强度储备。 n 愈大, $[\sigma]$ 就愈小, 构件也就愈安全, 但材料消耗也愈多, 即导致材料的浪费与构件的笨重; n 过小不能保证构件的安全可靠。在一般强度计算中, 塑性材料 $n_s = 1.5 \sim 2.0$; 脆性材料 $n_b = 2.5 \sim 3.5$, 有时也可根据具体情况确定 n 的数值。

二、塑性

塑性是材料在外力作用下产生塑性变形而不破坏的能力。塑性指标用伸长率和断面收缩率来表示。

1. 伸长率 伸长率就是试样拉断后标距长度的伸长量与原标距长度之比值的百分率, 用符号 δ 表示。即:

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

式中 L_1 ——试样拉断后的标距长度, mm;

L_0 ——试样的原始标距长度, mm。

2. 断面收缩率 断面收缩率就是试样拉断后, 其断面减小量与原始断面面积之比值的百分率, 用符号 ψ 表示。即:

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

式中 F_0 ——试样的原始横截面积, mm^2 ;

F_1 ——试样拉断处的横截面积, mm^2 。

金属材料的伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 的数值愈大, 表示材料的塑性愈好。通常把 $\delta \geq 5\%$ 的材料称作为塑性材料, 如钢材、铜等。而把 $\delta < 5\%$ 的材料称为脆性材料, 如铸铁、砖石等。

塑性指标在工程技术中有重要的实际意义。首先, 良好的塑性可顺利完成某些成型工艺, 如冷冲、弯曲变形等。其次, 良好的塑性使零件在使用中万一超载, 也能由于产生塑性

变形而避免突然断裂。特别是石化厂的各类容器用钢,为了保证容器有足够的塑性储备,要求容器用钢应有较好的塑性。

三、刚度与弹性模量

材料抵抗弹性变形的能力叫做刚度,刚度的大小由弹性变形范围内应力与应变(应变 $\epsilon = \Delta L/L$,是指试样单位长度的变形量)的比值——弹性模量 E 来表示。 E 愈大,就表明材料在一定的应力作用下产生的弹性变形愈小,即刚度愈大。

四、硬度

金属材料抵抗其它更硬物体压入其表面的能力,称为硬度。

常用的硬度指标有:布氏硬度(HB);洛氏硬度(HRC、HRB及HRA)。测定金属材料的硬度时一般都用相应的硬度计,并能计算出或从硬度计上直接读出其硬度的数值,如HB300、HB250、HRC60等。其中同种硬度其数值愈大,说明材料硬度愈大。

硬度也是重要的机械性能指标。一般说来,金属材料硬度高,耐磨性好;硬度高,强度也高。

金属材料的布氏硬度与强度极限之间有一定的近似关系,因此可按布氏硬度值近似确定金属材料的强度极限:

$$\sigma_b \approx K HB$$

式中 K 是一个常数,它随不同金属材料而有所不同,如低碳钢 $K=0.36$,高碳钢 $K=0.34$ 等。

五、冲击韧性

以很快的速度作用于构件上的载荷叫做冲击载荷。金属材料抵抗冲击载荷而不破坏的能力,叫做冲击韧性。有很多构件是在冲击载荷作用下工作,例如,运转的空气压缩机零件、温度与压力有急剧波动的容器都承受冲击载荷的作用。实践可知,静力强度 σ_s 、 σ_b 大的材料,在受冲击载荷作用下的性能并不一定是良好的。所以,还应知道材料在冲击载荷作用下的性能。

冲击韧性的大小是在冲击试验机上测定的。试验时将具有U形缺口的标准试样,放在冲击试验机上,将摆锤举到一定的高度来冲断试样,见图1-3。试样在缺口截面断裂时,试样断面的单位面积上所消耗的功即为冲击韧性值,用符号 a_k 表示。即:

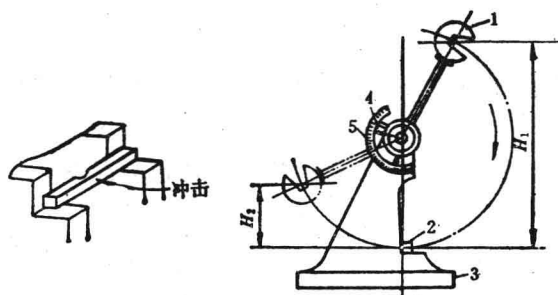


图 1-3 冲击试验示意图

1—摆锤; 2—试样; 3—机架; 4—指针; 5—刻度盘

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

式中 A_k ——冲断试样所消耗的功, J;

F ——试样断口处的截面积。cm²。

a_k 值愈大,表示材料抵抗冲击的能力愈强,韧性愈好。

六、蠕变极限

长期在高温下(碳钢在300℃~350℃以上,合金钢350℃~400℃以上)工作的构件,即使其应力固定不变,并远小于材料的屈服极限,材料的变形也会随时间而缓慢的增加,这种变形是不可消失的塑性变形,这种现象称为材料的蠕变。高温高压的加热炉炉管因蠕变使管径逐渐变大,管壁变薄,承载能力降低,最后导致破裂。又如高温设备上的法兰螺栓,因蠕

变使螺栓产生的压紧力逐渐减小，导致法兰密封泄漏，这种现象称为螺栓的松弛。所以石化厂高温设备上的法兰在常温拧紧后，在开工后要进行热紧，来减小这种松弛现象。

金属的蠕变是材料的属性，是不能避免的，温度愈高，工作应力愈大，蠕变愈剧烈。材料在高温时抵抗蠕变的能力用蠕变极限表示。蠕变极限是指在给定的温度下，在规定的时间内（如 10^5 小时）内，使试样产生的蠕变变形量不超过规定值（如1%）时的最大应力。例如，20号钢在 400°C 时，当寿命为 10^5 小时，蠕变变形量规定为1%时的蠕变极限为98MPa。

§ 1-2 钢和铸铁的成分、组织与性能

钢和铸铁虽然因成分不同而品种很多，但其最基本的组成是铁和碳两种元素。因此，钢和铸铁是铁和碳为主的合金。含碳量小于2.11%的铁碳合金称为钢；含碳量大于2.11%的铁碳合金称为铸铁。

在工业上所用的钢，除铁、碳主要成分外，在冶炼过程中还不可避免地要带入（或冶炼工艺的需要有意加入）一些其它杂质元素，如硅、锰、硫、磷等。这些杂质的存在，必然会对钢的性能产生影响。其中：锰、硅是炼钢生铁和脱氧剂锰铁残留在钢中的元素，是属有益元素，可以提高钢的强度；而硫、磷是由矿石及炼钢铁水带入的，是不能除尽的有害元素，硫的存在使钢在高温时产生“热脆性”，而磷的存在则使钢在低温时产生“冷脆性”。

金属中的原子，都是按一定的次序有规则地排列成结晶格子，称为晶格。例如纯铁在不同温度时具有两种不同的晶格：在 $1538\sim 1394^\circ\text{C}$ 之间具有体心立方晶格（图1-4a），称 $\delta\text{-Fe}$ ；在 $1394\sim 912^\circ\text{C}$ 之间具有面心立方晶格（图1-4b），称为 $\gamma\text{-Fe}$ ；在 912°C 以下具有体心立方晶格，称为 $\alpha\text{-Fe}$ 。

在加热或冷却时， $\alpha\text{-Fe}$ 转变为 $\gamma\text{-Fe}$ 或 $\gamma\text{-Fe}$ 转变为 $\alpha\text{-Fe}$ ，这种因温度改变而晶格也发生改变的现象称为同素异构转变。纯铁的这个特性很重要。它是钢铁在固态下通过加热、保温和不同的冷却方法能够改变内部组织的原因，钢铁内部组织的改变，使得它的性能发生变化。

纯铁的塑性好，但强度较低，并且冶炼困难，价格昂贵，工业上应用的是铁碳合金。

一、铁碳合金的基本组织

我们把经过特定处理，不同含碳量的铁碳合金放在显微镜下观察，会发现有下列几种常见的基本组织。

1. 铁素体 碳原子溶解在铁的晶格间隙中形成固溶体。固溶体就是两种以上的化学元素在固态下互相溶解构成的单一物质。碳原子溶解在 $\alpha\text{-Fe}$ 中形成的固溶体称为铁素体。由于 $\alpha\text{-Fe}$ 的原子间隙很小，所以铁素体中碳的溶解度很小，室温时仅能溶解0.006%。由于铁素体的含碳量低，所以铁素体的性能与纯铁相似，即具有良好的塑性和韧性，有低的强度和硬度。图1-5a为铁素体的显微组织。

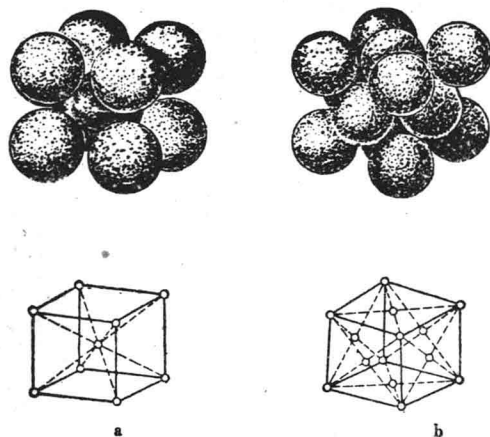


图 1-4 铁的两种晶格

a—体心立方晶格；b—面心立方晶格

2. 奥氏体 碳原子溶解在 γ -Fe中形成的固溶体称为奥氏体。由于 γ -Fe是面心立方晶格，晶格间隙较大故奥氏体的溶碳能力较强，最大溶解度可达2.11%。图1-5b为奥氏体的显微组织。

奥氏体的强度和硬度并不高，但具有良好的塑性，变形较容易。碳钢的奥氏体是高温下存在的一种组织。奥氏体的形成为钢材的轧制、锻造等加工提供了良好的条件，故钢材在轧制和锻造时，需要加热到奥氏体状态。

3. 渗碳体 碳在铁中的溶解能力是具有一定限度的，并且随温度的不同而发生变化。当碳的含量超过其在铁中的溶解度时，多余的碳就会和铁按一定的比例化合而形成 Fe_3C ，称为渗碳体。渗碳体中含碳量为6.69%，具有复杂的晶格，它的硬度很高（ $\text{HB}=800$ ），强度低，塑性和冲击韧性几乎等于零。在常温下，由于碳在 α -Fe中溶解度很小，钢中大部分的碳以渗碳体的形式存在。

4. 珠光体 铁素体和渗碳体组成的机械混合物称为珠光体。由于它是硬的渗碳体和软的铁素体组成的混合物，所以其机械性能相互补偿，介于铁素体和渗碳体之间，它的强度较高，硬度和塑性适中。含碳量为0.77%的钢，在常温时的正常组织全部是珠光体。图1-5c为珠光体的显微组织。

5. 碳的石墨状态 铁碳合金中，当含碳量超过2.11%时，除构成铁素体、珠光体、渗碳体以外部分的碳以石墨状态游离存在，这种合金就是铸铁。石墨质软而脆，强度很低。从强度观点来看，分布在铸铁中的石墨，相当于在合金中挖了许多孔洞，所以铸铁的抗拉强度和塑性都比钢低，但是并不削弱它的抗压强度。石墨的组织松软，可吸收振动，使得铸铁零件具有良好的消振作用。由于石墨具有润滑作用，并且当铸铁零件表面的石墨掉落而成孔洞时，可以储存润滑油，因而铸铁比较耐磨。

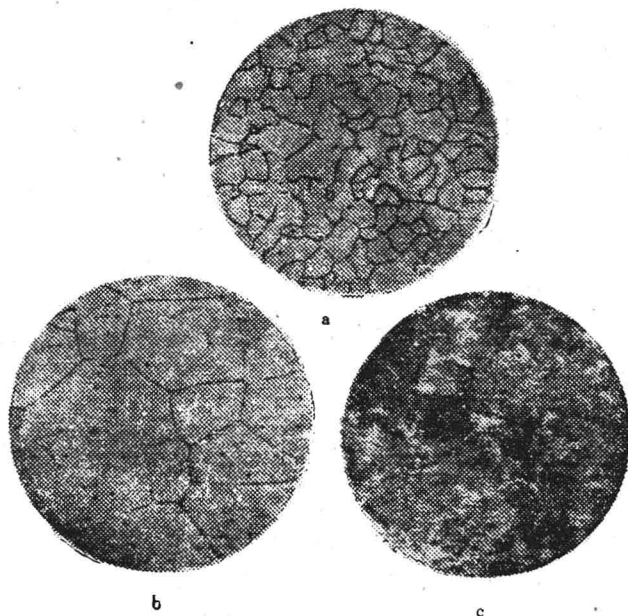


图 1-5 铁碳合金的显微组织

a—铁素体；b—奥氏体；c—珠光体

二、含碳量对钢机械性能的影响

钢中的含碳量对钢的机械性能影响很大，这是由于碳的含量决定了钢的内部组织。图1-6a所示是含碳量对钢组织的影响。由图上可见，含碳量小于0.77%的碳钢，它的组织是珠光体和铁素体，随着含碳量的增加，钢中珠光体的数量不断增加，因此钢的强度、硬度不断提高，塑性、韧性不断下降，见图1-6b；含碳量为0.77%的碳钢，它的组织都是珠光体，机械性能适中；含碳量大于0.77%的钢，它的组织是珠光体和渗碳体，随着含碳量的增加，渗碳体不断增加，钢的强度、硬度也是不断提高，塑性、韧性不断下降。但当钢的含碳量大于0.9%时，由于冷却时析出的渗碳体形成网状包围着珠光体的晶粒，从而削弱了珠光体晶粒间的联系，除硬度继续上升，塑性、韧性进一步降低外，强度反而下降，见图1-6b。

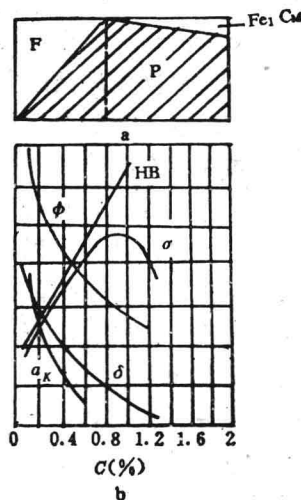


图 1-6 含碳量对钢组织性能的影响

§ 1-3 钢 的 热 处 理

钢的热处理是通过钢在固态下加热、保温和冷却的操作来改变其内部组织，从而获得所需性能的一种工艺方法。

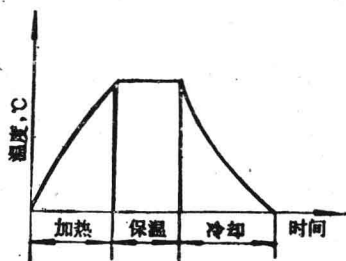


图 1-7 热处理工艺曲线图。

一、退火

退火是将钢加热到一定温度，保温一定时间，然后缓慢地冷却到室温的热处理工艺。

退火的目的是降低钢的硬度，提高塑性、改善加工性能和消除内应力等。

根据钢的成分和处理目的不同，退火又分为完全退火、等温退火、球化退火及去应力退火等。

二、正火

正火是将钢加热到一定温度后，保温一定时间，随后在空气中冷却下来的热处理工艺。

正火的目的：①低碳钢正火能提高硬度，改善切削加工性能；②中碳钢正火能提高强度和硬度；③高碳钢正火主要用来消除能降低钢的强度，增加钢的脆性的网状渗碳体。

三、淬火

淬火是将钢加热到一定温度，保温一定时间，随后快速冷却的一种热处理工艺。

淬火的目的是提高钢的硬度及耐磨性,通过淬火和随后的中温或高温回火能使工件获得良好综合机械性能,如提高强度和韧性,特别是提高钢的韧性。

四、回火

回火是将淬火后的零件加热到某一温度,保温一定时间后,再冷却到室温的热处理工艺。

回火可以改善零件淬火后钢的内部组织使工件的形状和尺寸不变。

回火根据回火温度不同,分为低温回火、中温回火、高温回火三种方法。低温回火的主要目的,是降低淬火后在工件中存在的内应力和减低脆性,同时保持高的硬度和良好的耐磨性。中温回火的目的,是提高淬火钢的弹性极限、屈服强度和适当的韧性,主要用于弹性零件。高温回火的目的,是使淬火钢具有较好的综合机械性能,即强度、硬度与冲击韧性都比较高。生产中,常把淬火和高温回火相结合的热处理工艺称为“调质处理”。调质处理广泛应用于各种受力构件,如螺栓、连杆、齿轮、曲轴等零件。

五、钢的表面热处理

有很多机器零件(如齿轮、钢轨等)要求表面具有高硬度、耐磨损或其他特殊性能,而中心部分仍保持较高的韧性,采用表面热处理可以达到这一目的。表面热处理包括表面淬火和化学热处理。

钢的表面淬火是通过将钢快速加热,使工件表面层很快达到淬火温度随之立即淬火的热处理工艺。其目的主要是使工件表面获得高硬度,而中心仍保持足够的塑性和韧性。

化学热处理是将零件放在某种介质中,加热到一定温度,使介质中的某些元素扩散渗入零件表面,以改变零件表面层化学成分和组织,从而改善表面性能的热处理工艺。它属于表面热处理的一种形式。

常见的化学热处理有渗碳、渗氮、渗金属等。化学热处理能使零件表层与内部得到不同的化学成分和组织,以调整零件表层和内部机械性能,提高零件表面硬度、耐磨性、耐蚀性和抗氧化性等。

上述热处理方法一般来说虽然都是加热到一定温度、保温一定时间,但具体加热温度、保温时间及冷却方式都是各不相同的。

§ 1-4 碳 素 钢

碳素钢简称碳钢,是含碳量小于2.11%的铁碳合金。碳钢的机械性能可以满足一般设备的要求,又有良好的工艺性能,且冶炼方便,价格便宜,故在石油化工设备中得到了广泛的应用。

一、碳素钢的分类

碳素钢的分类方法较多,常用的分类方法有以下几种:

1. 按钢的含碳量分类

- (1) 低碳钢 含碳量 $<0.25\%$;
- (2) 中碳钢 含碳量 $0.25\sim0.6\%$;
- (3) 高碳钢 含碳量 $>0.6\%$ 。

2. 按钢的脱氧程度分类

(1) 沸腾钢 钢水在冶炼时脱氧不完全,钢水中残留的氧在钢锭模内继续和碳反应生成CO,使钢水沸腾。在钢水凝固后内部存留大量微小气体孔穴,造成钢的成分不均匀,组织

不致密，质量较差。

(2) 镇静钢 钢水在冶炼时进行充分脱氧，钢水在钢锭模内平静地凝固。这种钢成分均匀，组织比较致密，质量较高。

(3) 半镇静钢 脱氧适中，质量介于沸腾钢和镇静钢之间。

3. 按钢的用途分类

(1) 碳素结构钢 主要用于制造各种工程构件（如容器、建筑构件等）和机械零件（齿轮、轴、螺钉、螺母等）。这类钢一般属于低碳钢和中碳钢。

(2) 碳素工具钢 主要用于制造各种工具（如刀具、量具等）。这类钢含碳量较高，一般属于高碳钢。

二、碳素结构钢

碳素结构钢，根据质量可分为普通碳素结构钢和优质碳素结构钢。

1. 普通碳素结构钢 普通碳素结构钢含有害杂质S、P较多， $S \leq 0.05\%$ ； $P \leq 0.045\%$ ，但价格便宜，产量较大，所以大量用于工程构件和不重要的机械零件。按照炼钢厂保证的技术条件，普通碳素结构钢又分为甲类钢、乙类钢和特类钢三类。

(1) 甲类钢 甲类钢供货时保证一定的机械性能，不保证化学成分，使用时一般不再进行锻压和热处理。甲类钢的牌号是用汉语拼音字母“A”或汉字“甲”加数字顺序号表示。共有1~7级，即A1、A2、……A7（或写成甲1、甲2……甲7）。顺序号愈大，表明钢的强度愈高，而塑性愈低。其具体的机械性能数据可查有关手册。

甲类钢的用途：A1、A2、A3钢塑性高，有一定强度，通常轧制成钢板、钢筋、钢管等用于制造化工设备的管路、容器等钢结构，也可用来制造受力不大的零件，其中A3钢应用最广。A4、A5钢强度较高，用于制造轧制成钢结构和各种型材钢和钢板。A6、A7钢的强度更高，可用于制做承受中等负荷的零件。

(2) 乙类钢 乙类钢供货时仅保证化学成分，而不保证机械性能，以适应使用时再进行锻压和热处理的需要。乙类钢的牌号是用汉语拼音字母“B”或汉字“乙”加数字顺序号表示。亦分为1~7级，即B1、B2……B7（或写成乙1、乙2、……乙7）。顺序号愈大，其含碳量愈高。

乙类钢的用途与相同数字的甲类钢相同。由于其化学成分已知，可进行热加工，并可通过适当的热处理提高其性能。

(3) 特类钢 特类钢供货时既保证化学成分，又保证机械性能。其牌号用汉语拼音字母“C”或汉字“特”加数字顺序号表示。分为2~5级，即C2、C3、C4、C5（或特2、特3、特4、特5）。特类钢使用较少，因在性能要求较高的场合，通常直接选用优质碳素钢。

上述普通碳素结构钢的牌号指的是镇静钢，若为沸腾钢在钢号后面加“F”或“沸”如A3F或A3沸。

此外，为了适应各种专门用途，还有某些专用钢，如容器专用钢，用A3R表示等。详见国家标准。

2. 优质碳素结构钢 优质碳素结构钢中有害杂质S、P含量较少， $S \leq 0.040\%$ ； $P \leq 0.035\%$ ，供货时既保证化学成分，又保证机械性能。这类钢大多数用于制造机械零件，可以进行热处理以提高其机械性能。

优质碳素结构钢的牌号用二位数字表示，数字表示钢中的平均含碳量的万分之几，如45钢，表示平均含碳量为0.45%的优质碳素结构钢；08钢，表示平均含碳量为0.08%的优质碳