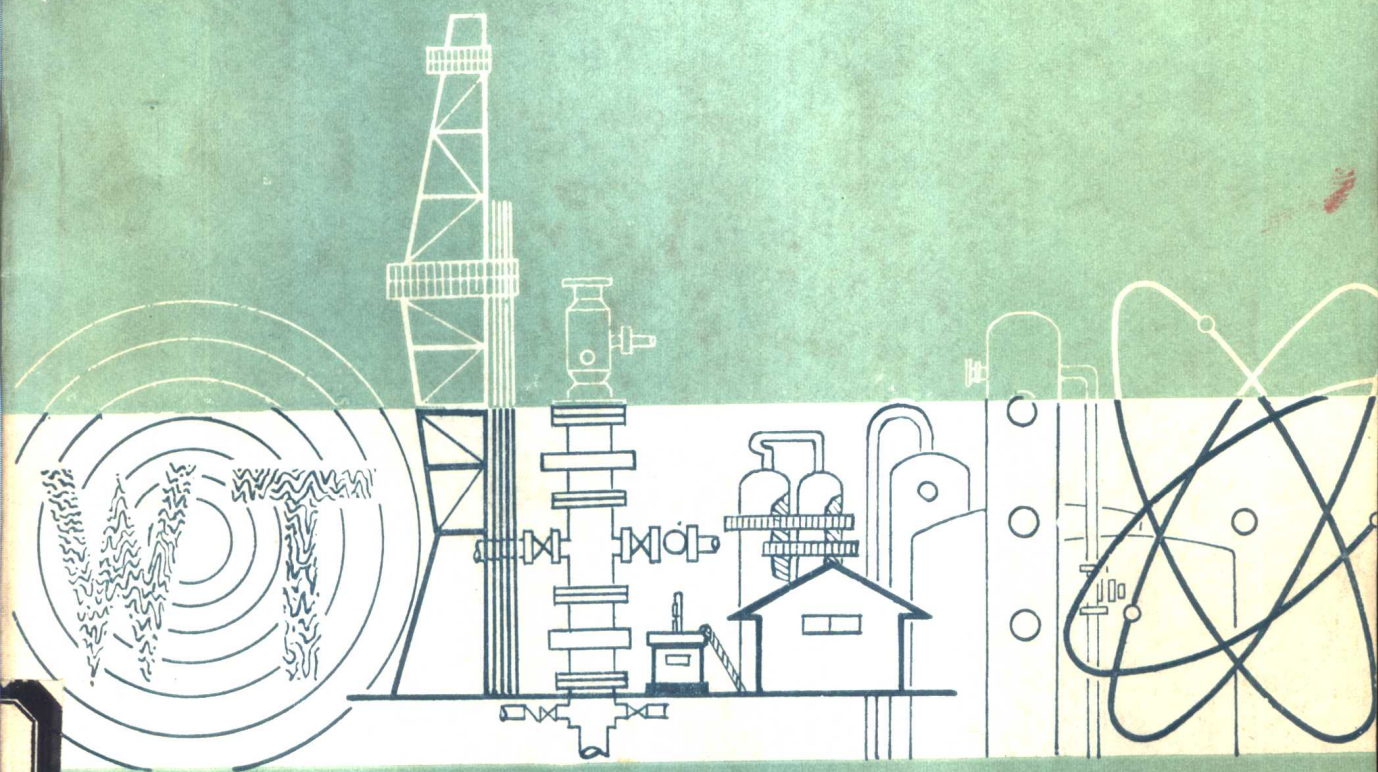




石油技工学校试用教材

金属材料与热处理

华北石油技工学校 孙建忠 主编



石油工业出版社

金属材料与热处理

华北石油技工学校 孙建忠 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书从石油技工学校机械类各专业学生的实际需要出发,扼要讲述金属材料 and 热处理方面的基本内容。共包括:金属材料的机械性能;金属的结构与结晶; $\text{Fe-Fe}_3\text{C}$ 状态图;钢的热处理;碳素钢;合金钢;铸铁;有色金属及其合金;金属的腐蚀与防腐等九章。

本书是石油工业部为石油技工学校柴油机、钻井、井下作业、安装等专业组织编写的试用教材。

本书也可供职业高中及职工技术培训学校有关专业师生和厂矿有关工程技术人员及技术工人参考。

责任编辑:刘良坚

封面设计:胡 炯

金属材料与热处理

华北石油技工学校 孙建忠主编

石油工业出版社出版

(北京安苑门内大街东后街甲36号)

地质印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 16开本 $8\frac{1}{2}$ 印张 1插页 200千字 印1—16,000

1986年10月北京第1版 1986年10月北京第1次印刷

书号:15037·2653 定价:1.15元

前 言

本教材是根据石油部劳资司于一九八四年审定的《金属材料与热处理》教学大纲编写的。本书在选材方面，努力贯彻少而精的原则，注重理论联系实际。从技校学生的实际水平出发，教材内容尽量做到由浅入深，通俗易懂。

《金属材料与热处理》是一门理论性较强，并与生产实践有密切联系的技术基础课。主要介绍金属材料的化学成分、组织与性能之间的关系；钢的热处理常识；常用金属材料的分类、编号、成分、性能和用途，以使达到具有初步合理选用金属材料的能力和熟悉热处理生产方面的有关知识，为深入学习专业课和掌握熟练的操作技能打下一定的基础。

本书统一采用法定计量单位制(SI)，并以国际代号表示。如强度指标的单位一律用MPa(MN/m^2 ，百万牛顿/米²)表示，它同一般沿用单位 kgf/mm^2 (公斤力/毫米²)的关系为： $1\text{MPa} \approx 0.1\text{kgf}/\text{mm}^2$ ；冲击值的单位用 kJ/m^2 (千焦耳/米²)表示，它同沿用单位 $\text{kgf} \cdot \text{m}/\text{cm}^2$ (公斤力·米/厘米²)的关系为： $1\text{kJ}/\text{m}^2 \approx 0.01\text{kgf} \cdot \text{m}/\text{cm}^2$ ；布氏硬度计算公式后虽然标注的是法定计量单位Pa，由于硬度值目前还没有新的国家标准，因此，书中各章节及各表格中的布氏硬度值和维氏硬度值数据仍沿用 kgf/mm^2 作为单位，但通常不予标注。

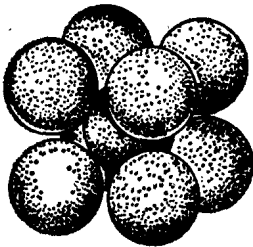
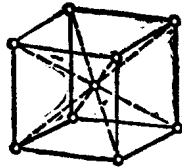
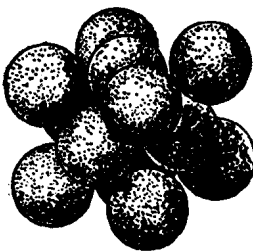
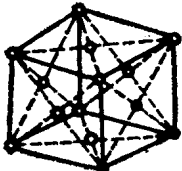
本书由华北石油技工学校孙建忠同志主编，江汉石油技工学校余能真同志和渤海石油技工学校张祝和同志参加编写。其中绪论、第一、四、五、六章和第八章的第四节由孙建忠同志编写，第二、三章由余能真同志编写，第七、八、九章由张祝和同志编写。审稿工作由以上三位同志共同完成。本书在编写过程中，曾得到有关领导和许多同志的热忱帮助和支持，在此谨表示衷心感谢。

由于我们水平有限，经验不多，加之编写时间仓促，书中一定存在不少缺点和错误，恳切希望广大师生和读者提出宝贵意见。

编 者

1985年5月

石油技工学校试用教材
《金属材料与热处理》勘误表

页	行	误	正
4	例10	数值越小	数值越大
9	例 5	肖氏硬度P(HS)	肖氏硬度(HS)
16	图2-7	上图方位错误	  图2-7 体心立方晶格
17	图2-8	图错	  图2-8 面心立方晶格
27	10	冷却到	冷却到
27	15	完全相同	基本相同

页	行	误	正
31	图3-6		横坐标上“0.45”应为“0.40”
34	图3-9	本图与35页图3-12位置排错	两图位置互换, 图号图名不动
35	图3-13	图下漏排(a)(b)	左图下加(a), 右图下加(b)
36	图3-14	图下漏排(a)(b)	左图下加(a), 右图下加(b)
38	图3-19	共析钢	过共析钢
39	图3-20	1200HB _b (MPa)	1200σ _b (MPa)
39	图3-21	横坐标未注明单位	横坐标加注C%
42	18	A _{cm}	A _{cm}
42	20	A _{cm}	A _{cm}
45	表4-1	性能第三竖行σ	δ
49	图4-13	M _s	M _s
49	26	0.1%C	1.0%C
49	图4-14	左右两图位置排错	左右两图位置互换, 图名不动
50	1	1.0%C	0.1%C
50	14	继续	继续
53	3	渗氏碳	渗碳体
53	图4-18	横坐标未注明单位	横坐标加注C%
53	例17	其实也并不需要在整个冷却过程中……	其实并不需要在整个冷却过程中……
57	例14	“残余奥氏体分解”后面未空一格	在分解的“解”字后面空一格
57	例7	“渗碳体聚集长大”后面未空一格	在长大的“大”字后面空一格
61	例8	……以及快的……	……以极快的……
67	5	……限制碳的含量。	……限制碳的含量。
71	7	A ₃	A ₃
73	例2	200°C	200°C
80	13	合金钢中的优质钢, 同样在……	合金钢中的高级优质钢, 在……
80	例3	Cu	Cr
85	7	此处,	此外,
88	图6-1图名	高热钢……	高速钢……
89	例11	卡板等。	卡板等,
90	例5	……关键之一是否有良好的……	……关键之一是否有良好……
93	12	……硬而脆,	……硬而脆,
94	图7-1	P、S、E、C点漏排	在P'、S'、E'、C'下方分别加注P、S、E、C
94	图7-1	F+Fe ₃ C (A+G)	A+Fe ₃ C (A+G)
101	图7-7图注	(a) 铁素体球墨铸铁; (b) 铁素体-珠光体球墨铸铁;	(a) 铁素体-珠光体球墨铸铁; (b) 铁素体球墨铸铁;
111	15	……关系;	……关系。
112	2	……铝黄铜。	……铅黄铜。
113	2	硬度、	硬度,
118	15	……是有了……	……是为了……
119	例9	磷化钛……	碳化钛……
120	例19	……继续……	……断续……
123	例3	……形成电池……	……形成原电池……

绪 论

现代工业生产中，不论是机械制造、冶金矿山、交通运输，还是建筑、化工、轻纺、电子仪表以至国防工业和宇航工业，金属材料都是不可缺少的。石油工业所用金属材料在整个国民经济中也占有相当大的比重。石油勘探、石油开发、石油输送、油田建设所使用的机械、车辆、管道、器材及其它各种设备，其绝大部分零部件，都是金属材料制造的。

金属材料的种类繁多，化学成分不同，性能各异。一定化学成分金属材料，随着热加工（如铸、锻等）和热处理工艺的不同，性能还会发生很大的变化。特别是热处理，对常用的钢铁材料和许多有色金属的性能影响很大。通过适当的热处理，可以成倍以至几十倍地提高零件的使用寿命。生产实践证明，热处理是发挥金属材料潜力、节约钢材、提高机械产品质量、延长零部件使用寿命、提高机械使用效率的一个重要手段。

我国是世界上最早发现和使用金属材料的国家之一，约在四千年以前，我国就使用了铜器；公元前700~600年，我们的祖先就发明了生铁冶炼技术，而欧洲两千多年后才炼出生铁；我国的炼钢技术也比欧洲早一千七百多年，据“广重会史”记载，早在战国时代，我国已掌握了某些钢铁热处理技术。无数的出土文物说明，我国古代在金属的冶炼、使用以及其他许多科学领域都曾占有过遥遥领先的地位。只是到了近代，由于封建制度的日益腐败，解放前百余年间外国的侵略和国内统治阶级的愚昧反动，才使我国科学技术的发展停滞落后了。

新中国成立后，社会主义祖国的面貌发生了翻天覆地的变化。生产建设一日千里地向前发展，钢铁年产量从解放初期的几十万吨，发展到四千多万吨，先进的热处理技术和设备也从无到有，迅速发展。许多科学工作者和工程技术人员对金属材料的研究和应用，进行了大量工作。结合我国资源情况，研制成功许多性能良好的新金属材料，有力地促进了机械工业技术水平的提高。我国人造卫星上天和原子弹、氢弹爆炸成功，标志着我国科学技术的新水平，也反映了我国材料工业的新水平。

《金属材料与热处理》课程是石油技校机械类各专业的技术基础课。主要讲授金属机械性能概念及常用机械性能指标的试验方法；金属与合金的组织结构与结晶过程；金属材料性能与化学成分、组织结构之间关系的基本规律；热处理原理、方法及应用；常用金属材料（碳钢、合金钢、铸铁、有色金属及合金）的分类、编号、成分、组织、性能及用途；金属的腐蚀与防腐等基本知识。

目 录

绪 论

第一章 金属材料的机械性能	1
第一节 强度	1
一、拉伸试验	1
二、强度指标	3
第二节 塑性	4
一、延伸率(伸长率)	4
二、断面收缩率	4
第三节 硬度	5
一、布氏硬度	6
二、洛氏硬度	8
第四节 韧性	9
一、摆锤式一次冲击试验	10
二、小能量多次重复冲击试验	11
第五节 疲劳	12
一、疲劳现象	12
二、疲劳强度	13
习题	13
第二章 金属的结构与结晶	14
第一节 金属的晶体结构	14
一、金属的晶体结构	14
二、常见金属晶体的晶格类型	16
三、实际金属的晶体缺陷	17
第二节 金属的结晶	18
一、纯金属的结晶过程	18
二、纯金属的冷却曲线	19
第三节 合金的结构	19
一、固溶体	20
二、金属化合物	21
三、机械混合物	21
第四节 二元合金的结晶及其状态图	22
一、二元合金状态图的表示法	22
二、二元合金状态图的建立方法	22
三、二元合金状态图的分析	23
四、典型 Pb-Sb 合金的结晶过程	24
五、其它类型的二元合金状态图	25
六、二元合金状态图的分析法	26
习题	26

第三章 Fe-Fe ₃ C 状态图	27
第一节 金属的同素异构转变	27
第二节 铁碳合金的基本组织及其性能	28
一、铁素体	28
二、奥氏体	28
三、渗碳体 (Fe ₃ C)	29
四、珠光体	29
五、莱氏体	29
第三节 Fe-Fe ₃ C 状态图	29
一、Fe-Fe ₃ C 状态图的分析	30
二、铁碳合金的分类	32
三、Fe-Fe ₃ C 状态图中典型合金结晶过程	33
四、碳对铁碳合金组织和性能的影响	37
五、Fe-Fe ₃ C 状态图的应用	38
习题	40
第四章 钢的热处理	41
第一节 概述	41
一、热处理的基本概念	41
二、钢的实际临界温度	41
第二节 钢在加热时的组织转变	42
一、奥氏体的形成	42
二、奥氏体晶粒的长大及其影响因素	43
第三节 钢在冷却时的组织转变	45
一、奥氏体的等温转变	45
二、奥氏体在连续冷却时的转变	48
第四节 钢的退火与正火	50
一、退火	50
二、正火	52
第五节 钢的淬火	52
一、淬火加热温度的选择	52
二、淬火冷却介质	53
三、常用的淬火方法	54
四、钢的淬透性	55
五、淬火缺陷及其防止	55
第六节 钢的回火	56
一、回火的目的	57
二、钢回火时组织和性能的变化	57
三、回火的分类及其应用	59
第七节 钢的表面热处理	61
一、表面淬火	61
二、化学热处理	63
习题	65

第五章 碳素钢	66
第一节 常存杂质对钢性能的影响	66
一、锰	66
二、硅	66
三、硫	66
四、磷	67
第二节 碳素钢的分类	67
一、按钢的含碳量分类	67
二、按脱氧程度分类	67
三、按钢的质量分类	68
四、按钢的用途分类	68
第三节 碳素结构钢	68
一、普通碳素结构钢	69
二、优质碳素结构钢	71
第四节 碳素工具钢	72
第五节 铸钢	74
习题	75
第六章 合金钢	76
第一节 合金元素在钢中的作用	76
一、合金元素对钢组织和性能的影响	76
二、合金元素对钢热处理的影响	77
第二节 合金钢的分类和编号	78
一、合金钢的分类	78
二、合金钢的编号	79
第三节 合金结构钢	80
一、普通低合金结构钢	80
二、合金渗碳钢	81
三、合金调质钢	84
四、合金弹簧钢	84
五、滚动轴承钢	85
第四节 合金工具钢	86
一、刃具钢	86
二、模具钢	88
三、量具钢	89
第五节 特殊钢	89
一、不锈钢耐酸钢	90
二、耐热钢	90
三、耐磨钢	91
习题	91
第七章 铸铁	93
第一节 铸铁的石墨化及其影响因素	94
一、铸铁的石墨化	94
二、影响铸铁石墨化的因素	94

第二节 普通灰口铸铁	96
一、普通灰口铸铁的组织 and 性能	96
二、普通灰口铸铁的孕育处理	97
三、普通灰口铸铁的牌号和用途	97
四、普通灰口铸铁的热处理	97
第三节 可锻铸铁	99
一、可锻铸铁的组织 and 性能	99
二、可锻铸铁的牌号和用途	100
第四节 球墨铸铁	100
一、球墨铸铁的组织 and 性能	101
二、球墨铸铁的牌号和用途	102
三、球墨铸铁的热处理	103
习题	105
第八章 有色金属及其合金	106
第一节 铝与铝合金	106
一、纯铝	106
二、铝合金	107
三、形变铝合金	108
四、铸造铝合金	109
第二节 铜与铜合金	110
一、纯铜	110
二、黄铜	111
三、青铜	112
第三节 轴承合金	115
一、锡基轴承合金	116
二、铅基轴承合金	117
三、铝基轴承合金	117
第四节 粉末冶金与硬质合金	118
一、粉末冶金	118
二、硬质合金	119
习题	121
第九章 金属的腐蚀与防腐	123
第一节 金属的腐蚀	123
一、化学腐蚀	123
二、电化学腐蚀	123
第二节 金属的防腐方法	125
一、改变金属的化学成分	125
二、金属覆蔽法	125
三、非金属覆蔽法	125
四、化学保护法	125
五、电化学保护法	126
习题	126

常用符号表	127
参考文献	128

第一章 金属材料的机械性能

金属材料的种类很多,为了正确地加工和使用金属材料,充分发挥金属材料的性能潜力,了解金属材料的使用性能和工艺性能是十分必要的。所谓使用性能是指机械零件或工具在正常工作情况下,材料应具备的性能。它包括机械性能、物理性能和化学性能。所谓工艺性能是指机械零件在冷热加工的制造过程中,材料应具备的性能。它包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、热处理性能和切削加工性能等。

对于机械制造工业来说,除了一些特殊的机械,如在高温、高压、腐蚀介质中工作的机械外,一般的机械零件,在设计和选材时大多以机械性能指标作为主要的依据。本章主要介绍金属材料的机械性能。机械性能主要包括强度、塑性、硬度、韧性、抗疲劳性等。

第一节 强度

金属材料受外力作用时,这种外力称为载荷。根据载荷作用性质的不同,可以分为静载荷、冲击载荷和交变载荷等。静载荷是指大小不变或变动很慢的载荷;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换的载荷。

金属材料在外力作用下形状发生改变,称为变形。根据变形性质的不同,可分为弹性变形和塑性变形两种。弹性变形是外力去除后,能完全消失的变形;塑性变形是外力去除后,仍然保留下来的变形,又称永久变形。

金属材料受到外力作用后,其变形和破坏过程一般是:弹性变形→弹性变形及塑性变形→断裂。

所谓强度,就是指金属在外力作用下抵抗塑性变形和断裂的能力。测定金属强度指标最普遍的方法是拉伸试验法。

一、拉伸试验

拉伸试验在拉伸试验机上进行。预先将金属材料制成一定形状和尺寸的拉伸试样。常用的试样断面为圆形,称为圆形试样〔见图 1-1(a)〕。图中 d_0 称为试样的原始直径(mm); L_0 称为标距长度(mm)。试样可作成长短两种,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 $d_0=10\text{mm}$ 。

试验时,将拉伸试样放在拉伸试验机上,缓慢加载,随着载荷增加,试样产生伸长变形直至断裂。断裂后的试样如图 1-1(b)所示。把试验过程中外加载荷和试样的相应伸长量,画在以载荷 P 为纵坐标、伸长量 ΔL 为横坐标的图上,所连成的曲线即为拉伸曲线。

图 1-2 是低碳钢的拉伸曲线图。低碳钢拉伸时可分为三个阶段。

op_e为弹性变形阶段。当作用在试样上的载荷在 P_p 之内时,外力与伸长成正比地增加,保持直线关系,载荷去除后,试样恢复原有形状和尺寸,材料处于弹性变形阶段。当载荷超过 P_p 而不大于 P_s 时,试样的伸长与外力不再成正比关系,拉伸曲线开始稍微偏离直线,

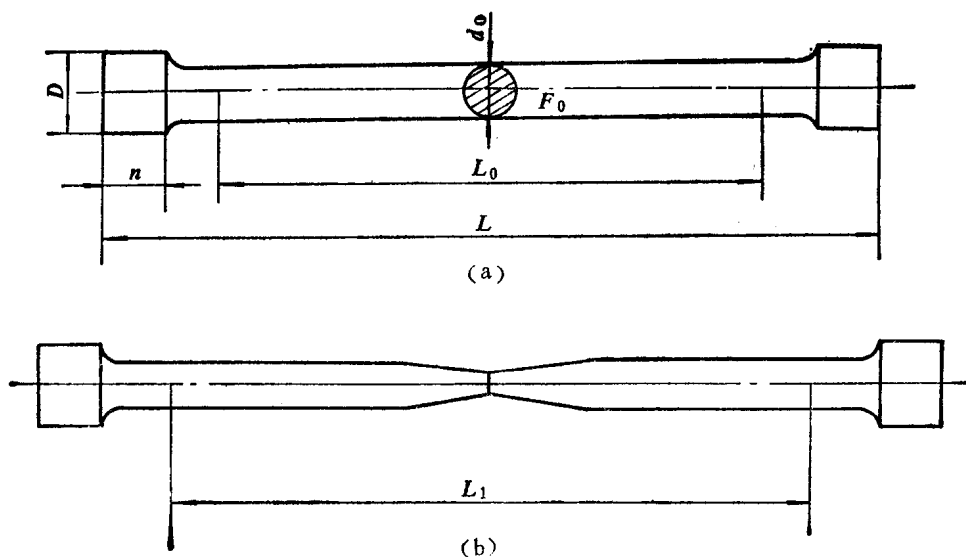


图 1-1 拉伸试样
(a) 拉伸前; (b) 拉伸后

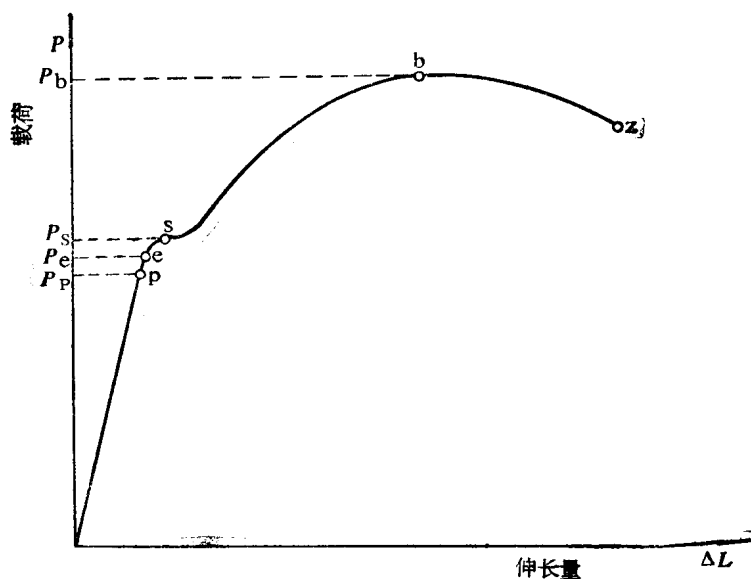


图 1-2 低碳钢的拉伸曲线图

但这时如果去除外力, 试样仍可恢复原有形状和尺寸, 材料还属于弹性变形阶段。

esb 为弹性-塑性变形阶段。当载荷超过 P_e 后, 材料除弹性变形外, 开始产生塑性变形。载荷增大到 P_s 时, 载荷保持不变 (不增加也不减小) 而材料仍然继续变形 (伸长), 曲线在 s 点后出现一段水平线段, 这种现象称为屈服, 这时材料发生微量塑性变形。屈服现象过后, 变形又随载荷的增加而逐渐增大, 整个试样发生均匀而明显的塑性变形。当载荷达到 P_b 后, 在试样的标距长度内出现局部直径变细, 即发生缩颈现象。

bz 为断裂阶段。 b 点过后, 变形主要集中于缩颈处。由于缩颈处试样截面的急剧减小, 致使载荷下降, 至 z 点时, 试样不足以抵抗外力的作用, 发生断裂。

试样受载荷 P 作用时,材料内部产生同等大小的抵抗力。材料单位横断面积上的抵抗力称为应力,用符号 σ 代表,其计算公式为:

$$\sigma = \frac{P}{F_0} \text{ Pa (帕斯卡)}$$

式中 P ——载荷, N(牛顿);

F_0 ——试样拉伸前的横断面积, m^2 。

金属材料各强度指标就是通过拉伸试验过程中各特殊点的应力计算而得到的。

二、强度指标

通过拉伸试验测得常用的强度指标有比例极限、屈服极限和强度极限。

1. 比例极限

材料承受外力的作用,载荷与变形成正比时的最大应力,称为比例极限,用符号 σ_p 代表。

计算公式如下:

$$\sigma_p = \frac{P_p}{F_0} \text{ Pa}$$

式中 P_p ——试样受载与变形成正比时能承受的最大载荷, N;

F_0 ——试样拉伸前的横断面积, m^2 。

2. 屈服极限(屈服点)

金属材料发生屈服现象时的应力,称为屈服极限,用符号 σ_s 代表。

计算公式如下:

$$\sigma_s = \frac{P_s}{F_0} \text{ Pa}$$

式中 P_s ——屈服时的载荷, N;

F_0 ——试样拉伸前的横断面积, m^2 。

有许多金属材料屈服现象极不明显,测定 σ_s 很困难。为了确定这些材料的屈服极限,工程技术上规定以试样产生塑性变形量为试样长度的0.2%时的应力作为条件屈服极限,或称屈服强度,用符号 $\sigma_{0.2}$ 代表。

σ_s 越大,代表金属材料抵抗塑性变形的能力越大。它是金属材料非常重要的机械性能指标。机械零件所受的应力,一般都应小于屈服极限,否则就会发生明显的塑性变形。

3. 强度极限(抗拉强度)

金属材料拉断前最大载荷时的应力,称为强度极限,或称抗拉强度,用符号 σ_b 代表。

计算公式如下:

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F_0} \text{ Pa}$$

式中 P_b ——拉断试样的最大载荷, N;

F_0 ——试样拉伸前的横截面积, m^2 。

σ_b 越大,代表金属材料抵抗断裂的能力越大。

σ_s 和 σ_b 是表示金属材料强度大小的重要指标,是设计机械零件和检查材料性能的重要

依据。若金属材料的强度高,零件或结构的尺寸就可能减小,重量减轻,或者在较大载荷作用下不至发生塑性变形和断裂,增加使用的可靠性。

除拉伸试验外,通过弯曲试验和抗压试验还可分别测得金属材料的抗弯强度 σ_{bb} 和抗压强度 σ_{bc} 。

第二节 塑性

塑性是指金属在外力作用下发生塑性变形而不被破坏的能力。

通过拉伸试验测得的常用塑性指标是延伸率和断面收缩率。

一、延伸率 (伸长率)

延伸率是试样拉断后的伸长量与原始标距长度之比值的百分率,用符号 δ 代表。

计算公式如下:

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

式中 L_0 ——试样的原始标距长度, mm。

L_1 ——试样拉断后的标距长度, mm。

由于同一种材料用不同的标准试样所测得延伸率 δ 数值不同,因此应注明试样尺寸比例。用长试样($L_0=10d_0$)测得的延伸率,用符号 δ_{10} 代表,可简写成 δ ;用短试样($L_0=5d_0$)测得的延伸率,用符号 δ_5 代表。对于同一材料, $\delta_5 > \delta_{10}$ 。

二、断面收缩率

断面收缩率是试样断口面积的缩减量与原横断面积之比值的百分率,用符号 ψ 代表。

计算公式如下:

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

式中 F_0 ——拉伸前试样的横截面积, mm^2 ;

F_1 ——试样拉断后的最小横断面积, mm^2 。

延伸率和断面收缩率用来衡量材料的塑性,数值越小,表示塑性越好。而塑性好的材料,可以通过多种压力加工的方法(如轧制、锻造、冲压等)制成金属加工产品、零件毛坯或成品。

下面举例说明强度、塑性的计算方法。

例 有一根钢制圆形试样,原始标距长度 $L_0=100\text{mm}$,直径 $d_0=10\text{mm}$ 。做拉伸试验时,载荷增加至26690N时开始出现屈服现象;载荷达47100N时,试样被拉断。结果测得拉断后的标距长度 $L_1=116\text{mm}$,断裂处截面直径 $d_1=7.75\text{mm}$ 。求试样 σ_s 、 σ_b 、 δ 和 ψ 的值。

解 (1)求试样的截面积

$$F_0 = \frac{\pi d_0^2}{4}, \quad d_0 = 10 (\text{mm})$$

$$F_0 = \frac{3.14 \times 10^2}{4} \approx 78.5 (\text{mm}^2) = 0.0000785 (\text{m}^2)$$

(2) 求屈服极限 σ_s

$$\sigma_s = \frac{P_s}{F_0} (\text{Pa}), \quad P_s = 26690 (\text{N}), \quad F_0 = 0.0000785 (\text{m}^2),$$

$$\sigma_s = \frac{26690}{0.0000785} = 340000000 (\text{Pa}) = 340 (\text{MPa})$$

(3) 求强度极限 σ_b

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F_0} (\text{Pa}), \quad P_b = 47100 (\text{N}), \quad F_0 = 0.0000785 (\text{m}^2)$$

$$\sigma_b = \frac{47100}{0.0000785} = 600000000 (\text{Pa}) = 600 (\text{MPa})$$

(4) 求延伸率 δ

$$\delta = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\%, \quad L_1 = 116 (\text{mm}), \quad L_0 = 100 (\text{mm})$$

$$\delta = \frac{116 - 100}{100} \times 100\% = 16\%$$

(5) 求断面收缩率 ϕ

先求断口处截面积

$$F_1 = \frac{\pi d_1^2}{4}, \quad d_1 = 7.75 (\text{mm})$$

$$F_1 = \frac{3.14 \times 7.75^2}{4} = 47.1 (\text{mm}^2)$$

$$\phi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \times 100\%, \quad F_0 = 78.5 (\text{mm}^2), \quad F_1 = 47.1 (\text{mm}^2)$$

$$\phi = \frac{78.5 - 47.1}{78.5} \times 100\% = 40\%$$

答: 试样的屈服极限为340MPa, 强度极限为600MPa, 延伸率为16%, 断面收缩率为40%。

第三节 硬度

硬度通常是指金属材料抵抗其它更硬物体压入其表面的能力, 也可以说是材料对局部变形的抵抗能力。

硬度是金属材料的重要性能指标之一。机械制造中所用的刀具、量具、模具等都应具备足够高的硬度, 才能保证使用性能和寿命; 许多机械零件, 根据其工作条件的不同, 也常要求硬度在某一规定的范围内, 以保证足够的强度、耐磨性和使用寿命。表面上看硬度只是衡量金属材料软硬的, 但实际上材料硬度值的大小, 在一定程度上可反映出耐磨性, 而且它与其它机械性能也有一定的内在关系。它是表征着材料的弹性、塑性、强度和韧性等一系列不同物理量组合的一种综合性能指标。在某些情况下, 通过硬度高低可以间接地了解材料的其它性能。因此, 硬度是检验工模具和机械零件质量的一项重要指标。