

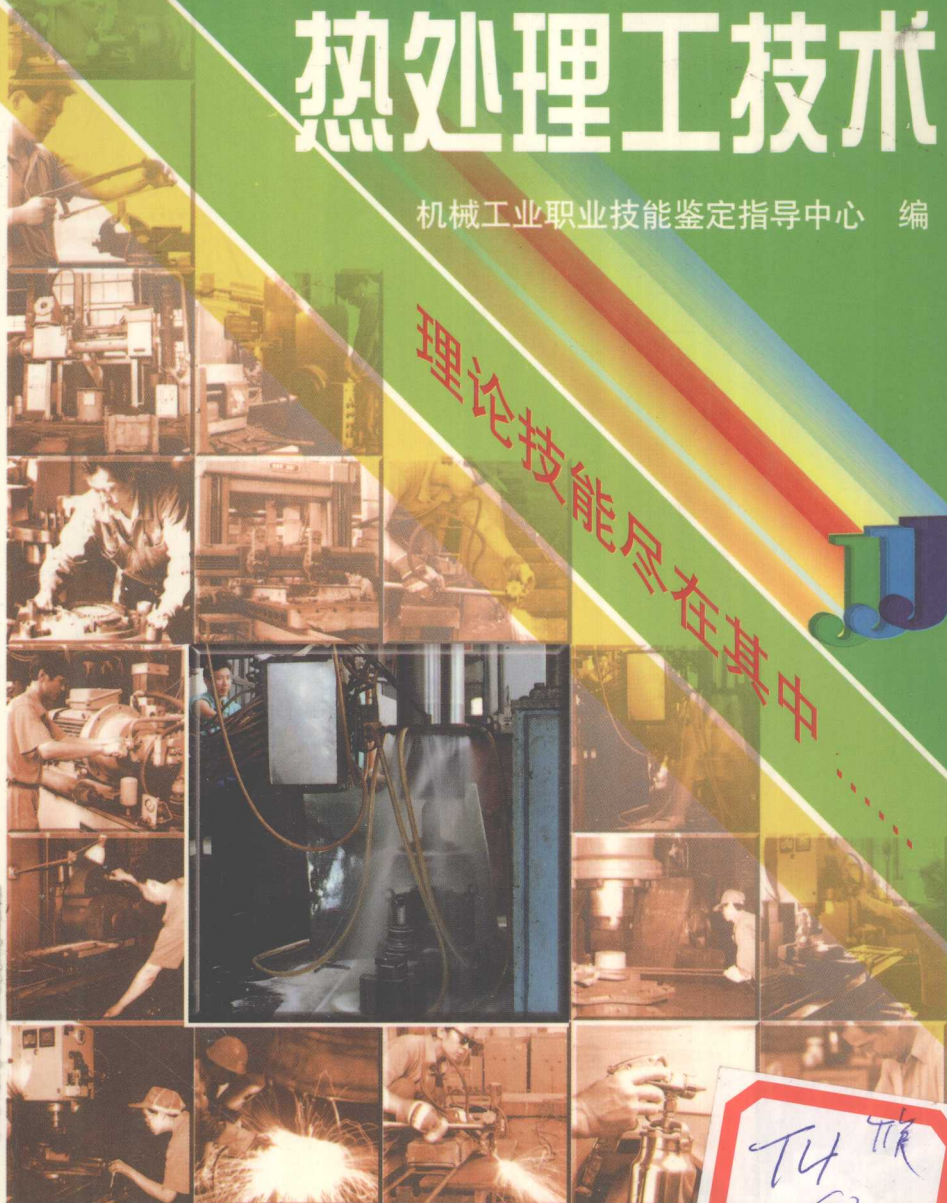
机械工人职业技能培训教材

初级

热处理工技术

机械工业职业技能鉴定指导中心 编

理论技能尽在其中



机械工业出版社

T4 炉
②

机械工人职业技能培训教材

初级热处理工技术

机械工业职业技能鉴定指导中心 编

机械工业出版社

本书是根据原劳动部,机械工业部颁发的《职业技能鉴定规范(考核大纲)初级热处理工》编写的。内容包括:金属材料的性能、金属学基础知识、钢及其热处理基础知识、钢的普通热处理工艺、钢的表面淬火和化学热处理、热处理设备、热处理车间工艺管理和安全操作知识等共八章。本书理论结合实际,既有操作技能又有理论分析方法。

本书可供初级热处理工、本专业技术人员和从事机械工人职业技能培训的人员参考。

初级热处理工技术

机械工业职业技能鉴定指导中心 编

*

责任编辑:俞逢英 版式设计:霍永明

封面设计:姚毅 责任校对:张莉娟

责任印制:何全君

*

机械工业出版社出版(北京市百万庄大街22号)

邮政编码:100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

北京京丰印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 850mm×1168mm¹/₃₂·印张 7.125·字数 186千字

1999年6月第1版第1次印刷

印数 0 001—4 000·定价:12.00元

*

ISBN 7-111-04744-3/TG·1282

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527

机械工人职业技能培训教材与试题库 编审委员会名单

(按姓氏笔画排列)

主任委员	邵奇惠			
副主任委员	史丽雯	李成云	苏泽民	陈瑞藻
	谷政协	张文利	郝广发	(常务)
委 员	于新民	田力飞	田永康	关连英
	刘亚琴	孙 旭	李明全	李 玲
	李超群	吴志清	张 岚	张佩娟
	邵正元	杨国林	范申平	姜世勇
	赵惠敏	施 斌	徐顺年	董无岸
技术顾问	杨溥泉			
本书主编	王英杰	参编	蒋希娟	付 强
本书主审	常建业			

前 言

这套教材及试题库是为了与原劳动部、机械工业部联合颁发的机械工业《职业技能鉴定规范》配套，为了提高广大机械工人的职业技能水平而编写的。

三百六十行，各行各业对从业人员都有自己特有的职业技能要求。从业人员必须熟练地掌握本行业、本岗位的职业技能，具备一定的包括职业技能在内的职业素质，才能胜任工作，把工作做好，为社会做出应有的贡献，实现自己的人生价值。

机械制造业是技术密集型的行业。这个行业对其职工职业素质的要求比较高。在科学技术迅速发展的今天，更是这样。机械行业职工队伍的一半以上是技术工人。他们是企业的主体，是振兴和发展我国机械工业极其重要的技术力量。技术工人队伍的素质如何，直接关系到行业、企业的生存和发展。在市场经济条件下，企业之间的竞争，归根结底是人才的竞争。优秀的技术工人是企业各类人才中重要的组成部分。企业必须有一支高素质的技术工人队伍，有一批技术过硬、技艺精湛的能工巧匠，才能保证产品质量，提高生产效率，降低物质消耗，使企业获得经济效益；才能支持企业不断推出新产品去占领市场，在激烈的市场竞争中立于不败之地。

机械行业历来高度重视技术工人的职业技能培训，重视工人培训教材等基础建设工作，并在几十年的实践中积累了丰富的经验。尤其是在“七五”和“八五”期间，先后组织编写出版了《机械工人技术理论培训教材》149种，《机械工人操作技能培训教材》85种，以及配套的习题集、试题库和各种辅助性教材共约700种，基本满足了机械行业工人职业培训的需要。上述各类教材以其行业针对性、实用性强，职业工种覆盖面广，层次齐备和成龙

配套等特点，受到全国机械行业工人培训、考核部门和广大机械工人的欢迎。

1994年以来，我国相继颁布了《劳动法》、《职业教育法》，逐步推行了职业技能鉴定和职业资格证书制度。我国的职业技能培训开始走上了法制化轨道。为适应新形势的要求，进一步提高机械行业技术工人队伍的素质，实现机械、汽车工业跨世纪的战略目标，我们在组织修改、修订《机械工人技术理论培训教材》，使其以新的面貌继续发挥在行业工人职业培训工作中的作用的同时，又组织编写了这套《机械工人职业技能培训教材》和《技能鉴定考核题库》，共87种，以更好地满足行业和社会的需要。

《机械工人职业技能培训教材》是依据原机械工业部、劳动部联合颁发的机械工业《工人技术等级标准》和《职业技能鉴定规范》编写的，包括18个机械工业通用工种。各工种均按《职业技能鉴定规范》中初、中、高三级“知识要求”（主要是“专业知识”部分）和“技能要求”分三册编写，适合于不同等级工人职业培训、自学和参加鉴定考核使用；对多个工种有共同要求的“基本知识”如识图、制图知识等，另编写了公共教材，以利于单科培训和工人自学提高。题库分别按工种和学科编写。

本套教材继续保持了行业针对性强和注重实用性的特点，采用了国家最新标准、法定计量单位和最新名词、术语；各工种教材则更加突出了理论和实践的结合，将“专业知识”和“操作技能”有机地融于一体，形成了本套教材的一个新的特色。

本套教材是由机械工业相对集中和发达的上海、天津、江苏、山东、四川、安徽、沈阳等地区机械行业管理部门和中国第一汽车集团公司等企业组织有关专家、工程技术人员、教师、技师和高级技师编写的。在此，谨向为编写本套教材付出艰辛劳动的全体人员表示衷心的感谢！教材中难免存在不足和错误，诚恳希望专家和广大读者批评指正。

目 录

前言

第一章 金属材料的性能	1
第一节 金属材料的物理和化学性能	1
第二节 金属材料的力学性能	5
第三节 金属材料的工艺性能	23
复习思考题	24
第二章 金属学基础知识	26
第一节 纯金属的晶体结构与结晶	26
第二节 合金的构造与结晶特点	37
第三节 铁碳合金相图	44
复习思考题	57
第三章 钢	58
第一节 钢中常存杂质和钢的分类	58
第二节 碳素结构钢	61
第三节 合金结构钢	67
复习思考题	89
第四章 钢的热处理基础知识	90
第一节 钢在加热时的组织转变	91
第二节 钢在冷却时的转变	98
第三节 马氏体组织在 A_1 以下加热时的转变	106
复习思考题	108
第五章 钢的普通热处理工艺	110
第一节 钢的退火和正火工艺	110
第二节 钢的淬火和回火工艺	120
复习思考题	142
第六章 钢的表面淬火和化学热处理	144
第一节 钢的表面淬火和回火	144

第二节 钢的化学热处理	152
复习思考题	167
第七章 热处理设备	168
第一节 热传递基本知识	168
第二节 加热设备	169
第三节 冷却设备	187
第四节 辅助设备	190
第五节 测温仪表	194
第六节 筑炉材料	199
复习思考题	205
第八章 热处理车间工艺管理和安全操作知识	206
第一节 热处理车间工艺管理知识	206
第二节 热处理车间安全操作知识	208
复习思考题	213
附录 钢的火花鉴别	214

第一章 金属材料的性能

培训要求 了解金属物理、化学和力学性能的概念，掌握力学性能的衡量指标及实用意义。

金属和合金统称为金属材料。工业用的金属材料可分为黑色金属和有色金属两大类。黑色金属即是铁及其合金，如钢和铸铁。除黑色金属以外的金属及其合金统称为有色金属，如铜及铜合金、铝及铝合金等。

金属材料的种类繁多，用途广泛，从日常生活、机械制造到航天工业都离不开金属材料。随着零件的工作条件及加工方法不同，必然会对金属材料提出各种不同的性能要求。例如，弹簧需要弹性；刀具要求硬而耐磨；飞机零件要求强度高、质量轻；制造容器的材料要求良好的焊接性能和压延性能等。因此，为了合理地选择、使用和加工金属材料，充分发挥其性能潜力，保证产品的质量和使用的可靠性，必须首先了解金属材料的性能。

金属材料具有多种性能，不同的材料具有不同的性能，同一类材料的元素含量不同，牌号不同其性能也有差异。一般把金属材料在不同条件下所表现出来的属性称为金属材料的性能。概括起来主要有物理性能、化学性能、力学性能和工艺性能等。

第一节 金属材料的物理和化学性能

一、金属材料的物理性能

金属材料在各种物理现象作用下所表现出的性能称为物理性能。其特点是在各种物理现象过程中，金属材料的化学成分保持不变。主要的物理性能有密度、熔点、热膨胀性、导热性、导电性、磁性等。

1. 密度 密度是物质单位体积所具有的质量，其单位是

kg/m^3 。体积相同的物体，密度越大，质量也越大。例如，两块体积相同的铁和铝，铁的质量要比铝大得多。不同的金属材料其密度是不同的，几种常见金属材料的密度见表 1-1。

表 1-1 常见金属材料的密度

名 称	密度/(g/cm^3)	名 称	密度/(g/cm^3)
镁(Mg)	1.74	金(Au)	19.32
铝(Al)	2.7	铂(Pt)	21.45
锌(Zn)	7.13	灰铸铁	6.8~7.4
锡(Sn)	7.3	白口铸铁	7.2~7.5
铁(Fe)	7.87	碳钢	7.8~7.9
镍(Ni)	8.9	黄铜	8.5~8.6
铜(Cu)	8.96	青铜	7.4~9.2
银(Ag)	10.49	铝合金	2.55~3.0
铅(Pb)	11.34	镁合金	1.75~1.85

材料的密度对选材有重要的意义，在设计和制造过程中，如何减少自身质量、增加承载能力，密度也是重点考虑的对象。例如，飞机上的许多零件及构件都要采用密度小的铝合金或镁合金来制造。一般把密度小于 $5 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ 的金属称为轻金属，密度大于 $5 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ 的金属称为重金属。利用密度还可以计算材料的消耗定额和计算出机器零件的质量，在热加工中常常根据金属的密度不同来去除液态金属中的杂质。

2. 熔点 在缓慢加热的条件下，金属由固体状态变成液体状态时的温度称为熔点。不同的金属具有不同的熔点，几种金属材料的熔点见表 1-2。

不同熔点的金属有不同的用途，例如选用熔点高的钨做灯丝，防止灯丝因温度升高而熔化，选用低熔点的材料做熔体，保护电器设备不会因电流突然增大而烧坏。另外，熔点对于某些加工工艺也有一定影响。例如，铸造和焊接等工艺，必须加热到金属的熔点才能实现。热处理工艺中加热温度的选择、压力加工时锻造

温度范围的选择等也应考虑金属材料的熔点。

表 1-2 几种金属材料的熔点 (°C)

名 称	熔 点	名 称	熔 点
钨(W)	3380	铝(Al)	660
钼(Mo)	2625	镁(Mg)	650
钛(Ti)	1677	锌(Zn)	419
铬(Cr)	1903	铅(Pb)	327
钒(V)	1910	锡(Sn)	232
铁(Fe)	1538	灰铸铁	约 1200
镍(Ni)	1453	白口铸铁	约 1130
钴(Co)	1492	碳钢	1450~1500
硅(Si)	1412	青铜	760~1064
锰(Mn)	1244	黄铜	865~950
铜(Cu)	1083	铝合金	447~575
金(Au)	1063	镁合金	590~635
银(Ag)	960		

3. 热膨胀性 金属材料随温度升高而体积发生增大的现象称为热膨胀。一般地说, 物质都有受热其体积膨胀受冷其体积收缩的性能, 但不同的金属其体积随温度变化的大小不同。热膨胀的大小, 一般用线胀系数来表示。其计算公式如下:

$$\alpha = \frac{L_2 - L_1}{L_1 t}$$

式中 L_1 ——膨胀前长度 (m);

L_2 ——膨胀后长度 (m);

t ——升高的温度 (°C);

α ——线胀系数 (1/°C)。

热膨胀是金属一个很重要的性能, 在选材、加工、装配等方面都应予以重视。例如, 为保证量具有高度的尺寸稳定性, 制造时就应选择线胀系数小的材料。切削加工时为保证零件尺寸的准确性, 必须重视由于切削热所导致的尺寸变化等等。几种常见

金属材料的线胀系数见表 1-3。

表 1-3 几种常见金属的线胀系数 ($10^{-6}K^{-1}$)

名 称	线 胀 系 数	名 称	线 胀 系 数
锌(Zn)	39.5	铜(Cu)	17.0
铅(Pb)	29.3	镍(Ni)	13.4
镁(Mg)	24.3	铁(Fe)	11.76
锡(Sn)	23.0	铬(Cr)	6.2
铝(Al)	23.6	钨(W)	4.6

4. 导热性 金属材料传导热量的能力称为导热性。导热性好的金属散热性也好。各种金属的导热性是不同的，一般来说金属越纯，其导热性也越好，在金属中即使含有少量杂质时，也会显著地影响它的导热性。因此，合金钢的导热性一般都比碳钢低。

金属的导热性对热加工工艺有一定的影响，在热处理、锻造、焊接等工艺过程中，由于零件表面和内部的温度不同，将由温差而导致热胀冷缩不同，使材料内部产生极大的内应力，造成零件的变形甚至开裂。例如，因碳钢和高速钢的导热性不同，所以，在锻造或热处理时的加热速度也不同。锻件和铸件在冷却时，为防止产生变形和开裂的倾向，必须缓慢地加热和冷却。此外，导热性在选材方面也是不容忽视的因素。例如，散热器、活塞等部件应选择导热性好的金属材料。

5. 导电性 金属材料传导电流的性能称为导电性。不同的金属其导电性不同。一般来说，金属材料都具有较好的导电性，银的导电性最好，其次是铜、铝。导电性在发电、通信等工程中的应用很广泛，工业上也利用一些导电性差的高电阻材料制造仪表元件、电阻丝等。

6. 磁性 金属材料能够被磁铁吸引的性能称为磁性。在众多的金属材料中只有铁、镍、钴具有明显的磁性。磁性材料是制造电动机和通信材料以及制造仪表元件的重要材料。磁性与材料的成分有关，也与温度有关，在室温和低温下有磁性，高温时就会失去磁性。

二、金属材料的化学性能

金属材料的化学性能是指金属对周围介质侵蚀的抵抗能力。例如，金在潮湿的空气中经久不锈，而铁却会生成红锈，铜会生成绿锈、铝会生成白点。有些金属在高温时会生成厚厚的一层氧化皮，而耐热钢却不会产生氧化皮等，这些现象都反映出金属的化学稳定性是不同的。金属的化学性能通常包括耐腐蚀性和抗氧化性。

1. 耐腐蚀性 金属材料在常温下对大气、水蒸气、酸及碱等介质腐蚀的抵抗能力称为耐腐蚀性。上述的铁生红锈，铝生白点，铜生绿锈等现象都属于金属的腐蚀现象。

对金属材料的腐蚀现象应当引起足够的重视，在满足其它性能要求的同时，要考虑材料的抗腐蚀性。

2. 抗氧化性 金属材料在高温下对周围介质中的氧与其作用而损坏的抵抗能力叫抗氧化性。有些金属材料在高温下易与氧作用，表面生成氧化层。如果氧化层很致密地覆盖在金属表面，可以隔绝氧气，使金属内层不再发生氧化，如氧化皮很疏松，则将继续向金属内层氧化，金属表面将会因氧化层剥落而损坏掉，甚至使工件报废。因此，一些在高温工作的零件，如火箭、导弹、喷气机及热加工机械的零件，要采用抗氧化性好的材料来制造。

第二节 金属材料的力学性能

金属材料在进行各种加工时，以及制成零件或工具后的使用过程中，都要受到各种外力的作用。把金属材料所受的外力称作载荷。载荷有大有小，有静止的和冲击的，有变化的和不变化的。随着载荷对金属材料作用的方式、速度、持续性等作用性质的不同，载荷对材料所造成的破坏作用也不尽相同。

根据施载的方式不同可将载荷分为：

静载荷：大小不变或变化缓慢的载荷。

冲击载荷：一般指突然增加的载荷。

循环载荷：大小或方向随时间作周期性变化的载荷。

金属材料在外力作用下所显示与弹性和非弹性反应相关或涉及应力-应变关系的性能称为力学性能。金属受力时其原子的相对位置发生改变，其宏观表现为形状、尺寸的变化称为变形。金属的变形分为弹性变形和塑性变形两种。弹性变形是指金属在外力作用下产生变形，当外力去除后又恢复到原始形状和尺寸。这种变形称为弹性变形。塑性变形是指金属在外力作用下断裂前发生不可逆永久变形称为塑性变形。

根据金属材料在力作用下所表现的变形行为其受载作用后的变形可分为拉伸、压缩、弯曲、剪切和扭转等，如图 1-1 所示为金属材料受载荷时变形分类。

金属材料的力学性能是设计人员选材、用材首先应当考虑的问题。金属材料力学性能的高低是通过力

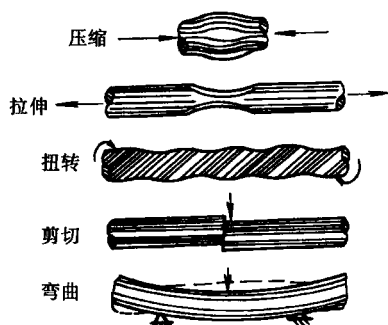


图 1-1 金属材料受载荷时变形分类

学性能指标来衡量的，而力学性能指标需通过专门的试验才能测定出来。它主要有强度、塑性、硬度、韧性和疲劳强度等。

一、强度

金属材料在外力作用时，抵抗变形和断裂的能力称为强度。抵抗能力越大，金属材料强度越高，强度大小可用应力表示。所谓应力就是在外力作用下，材料发生变形的同时，其内部原子间还会产生阻止变形的抗力，称为内力其数值与外力相等，为便于比较，材料强度用单位面积上所承受的内力大小表示，其单位为 MPa，可用下式计算：

$$\sigma = \frac{F}{S}$$

式中 F ——外力 (N)；

S ——横截面积 (mm^2)；

σ ——应力 (N/mm^2)[⊖]。

工业上最常用的金属材料的强度指标有非比例伸长应力、屈服点、抗拉强度等，它们可以通过拉伸试验测定出来。

拉伸试验是用静拉伸力对试样轴向拉伸，测量力和相应的伸长，一般拉至断裂，测定其力学性能的试验。拉伸试验机都具有自动的记录装置，它可以把作用在试样上的拉伸力的大小和相对应的伸长量之间的关系记录下来并绘出曲线，把它称为拉伸曲线。拉伸试样及低碳钢拉伸曲线如图 1-2 所示。

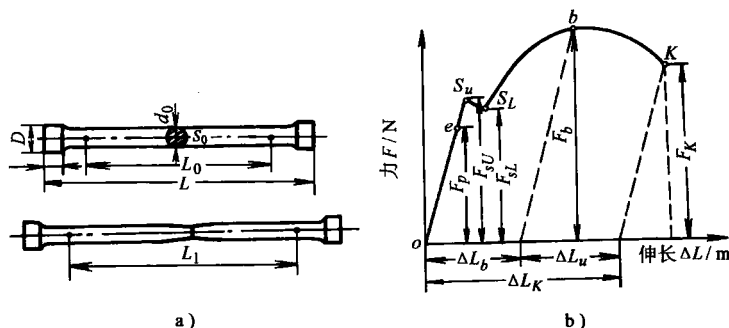


图 1-2 拉伸试样及低碳钢拉伸曲线

由拉伸曲线可以看出，随拉伸力的不断递增，试样经历了 3 个特性阶段的变化，由此可以确定出拉伸时金属材料的几个强度指标。

1. 弹性极限 由图 1-2b 可以看出，线段 oe 是直线，这说明在此阶段试样的变形量（伸长量）与外力成正比关系，即每增加一定的外力，就对应一定的伸长量，如果去除外力，变形就消失。因此，线段 oe 所对应的变形为弹性变形阶段， e 点所对应的变形量是试样弹性变形的最大变形量。把在弹性变形范围内金属材料单位面积上所能承受的最大应力称为弹性极限，用符号 σ_e 表示，即：

$$\sigma_e = \frac{F_e}{S_0}$$

⊖ $1\text{N}/\text{mm}^2 = 1\text{MPa}$ ，下同。

式中 F_e ——最大弹性变形时的外力 (N);

S_0 ——试样工作部分原始横截面积 (mm^2);

σ_e ——弹性极限 (MPa)。

2. 屈服点 当外力到达 S_u 点所对应的力 F_{sU} 时, 材料在力不增加或者下降 (S_L 所对应的力 F_{sL}) 的情况下, 发生明显塑性变形, 这种现象称为屈服。 F_{sU} 称上屈服力, F_{sL} 为下屈服力, 如果 $F_{sU} = F_{sL}$, 则称屈服力 F_s 。如图 1-2b 所示呈现屈服现象的材料当试样在试验过程中力不增加 (保持恒定), 仍能继续伸长的应力, 称为屈服点以 σ_s 表示, 若力发生下降应区分上、下屈服点, 如图 1-3 所示低碳钢应力-应变曲线。试样发生屈服而首次下降前的最大应力称上屈服点。以 σ_{sU} 表示。当不计初始瞬时效应时, 屈服阶段中的最小应力称为下屈服点, 以 σ_{sL} 表示。 σ_s 用下式表示, 即

$$\sigma_s = \frac{F_s}{S_0}$$

式中 F_s ——试验过程力不增加时的载荷 (N);

S_0 ——试样工作部分的原始横截面积 (mm^2);

σ_s ——屈服点 (MPa)。

必须指出, 除退火中, 低碳钢及青铜等少数几种材料有明显屈服外, 大多数工程材料在拉伸时不存在明显屈服现象, 而是由弹性变形逐渐过渡到弹塑性变形, 不存在应力恒定或下降而继续伸长的现象, 对于这一类工程材料, 以规定残余伸长达到规定的原始标距百分比时的应力, 表示此应力的符号应附以角注说明, 如 $\sigma_{0.2}$ 表示规定残余伸长率为 0.2% 时的应力, 为材料的条件屈服强度, 或称屈服强度 $\sigma_{0.2}$ 用下式表示:

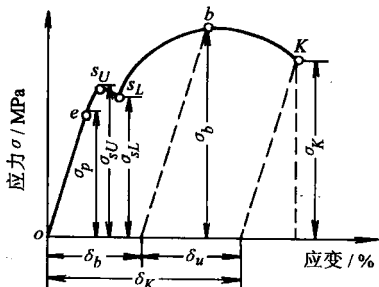


图 1-3 低碳钢的应力-应变曲线

$$\sigma_{0.2} = \frac{F_{0.2}}{S_0}$$

式中 $F_{0.2}$ ——规定残余伸长率为 0.2% 时的力 (N);

S_0 ——试样工作部分的原始横截面积 (mm^2);

$\sigma_{0.2}$ ——规定残余伸长率为 0.2% 时的应力或屈服强度 (MPa) 通常用 $\sigma_{0.2}$ 表示。

3. 抗拉强度 金属材料产生屈服后, 随着外力增加, 试样产生均匀而显著的塑性变形, 当外力增加到 F_b 时出现最大值。这时试样由于变形出现缩颈, 截面变小, 外力不增加试样继续变长变细, 变形集中在缩颈部分, 直到 K 点时断裂, 把金属材料断裂前最大力所对应的应力用符号 σ_b 表示, 其计算方法用下式表示, 即:

$$\sigma_b = \frac{F_b}{S_0}$$

式中 F_b ——拉伸曲线上最高点所对应的力 (N);

S_0 ——试样工作部分原始横截面积 (mm^2);

σ_b ——抗拉强度 (MPa)。

强度指标是设计和使用金属材料的重要依据。机械零件和工具在使用时的应力只能限制在弹性变形范围内, 即小于弹性极限 σ_e , 才能安全可靠。若超过屈服强度, 会引起明显的变形, 甚至造成零件和工具的损坏。若大于其抗拉强度, 零件和工具则会发生断裂, 造成事故。

二、塑性

塑性是指金属材料断裂前承受塑性变形的能力。塑性是与脆性相反的性能。金属材料的塑性指标有断后伸长率和断面收缩率, 它们可以通过拉伸试验, 在测得强度指标的同时确定下来。由图 1-2a 可以看出, 试样在载荷作用下由开始变形到被拉断, 其长度由原始标距长度 L_0 伸长到 L_K , 横截面积由 S_0 缩小到 S_K 。

1. 断后伸长率 伸长率用 δ 表示。它是试样拉断后标距的伸长与试样原始标距长度之比的百分数。计算公式为