



中等职业教育特色精品课程规划教材
中等职业教育课程改革项目研究成果

金属工艺学

jinchugongyixue

■ 主编 李 军

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

21世纪中等职业教育特色精品课程规划教材
中等职业教育课程改革项目研究成果

金属工艺学

主 编 李 军

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

金属工艺学是研究机械零件的制造方法,集材料选择、制造毛坯直到加工出零件的综合性课程。主要由热加工和冷加工两大部分组成,通过本课程的学习将使学生对机械工程中各零部件的加工方法及工艺有所认识和了解,从而在工程设计中正确地选用。

本书主要包括:金属的性能、铁碳合金、钢的热处理、工业用钢、铸铁、有色金属及其合金、非金属材料、铸造、锻压成形、焊接和金属切削机床及切削加工。

版权专用 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

金属工艺学/李军主编. —北京:北京理工大学出版社,
2009.8

ISBN 978 - 7 - 5640 - 2538 - 0

I. 金… II. 李… III. 金属加工 - 工艺学 - 职业技能鉴定 - 教材 IV. TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 131155 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (办公室) 68944990 (批销中心) 68911084 (读者服务部)

网 址 / [http://www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京通县华龙印刷厂

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 11

字 数 / 275 千字

版 次 / 2009 年 7 月第 1 版 2009 年 7 月第 1 次印刷

定 价 / 18.00 元

责任校对/陈玉梅

责任印制/母长新

图书出现印装质量问题,本社负责调换

出版说明

中等职业教育是以培养具有较强实践能力,面向生产、面向服务和管理第一线职业岗位的实用型、技能型专门人才为目的的职业技术教育,是职业技术教育的初级阶段。目前,中等职业教育教学改革已经从专业建设、课程建设延伸到了教材建设层面。根据教育部关于要求发展中等职业技术教育,培养职业技术人才的大纲要求,北京理工大学出版社组织编写了《21 世纪中等职业教育特色精品课程规划教材》。该系列教材是中等职业教育课程改革项目研究成果。坚持以能力为本位,以就业为导向,以服务学生职业生涯发展为目的的指导思想。主要从以下三个角度切入:

1. 从专业建设角度

该系列教材摒弃了传统普通高等教育和传统职业教育“学科性专业”的束缚,致力于中等职业教育“技术性专业”。主体内容由与一线技术工作相关联的岗位有关知识所构成,充分体现职业技术岗位的有效性、综合性和发展性,使得该系列教材不但追求学科上的完整性、系统性和逻辑性,而且突出知识的实用性、综合性,把职业岗位所需要的知识和实践能力的培养融于一炉。

2. 从课程建设角度

该系列教材规避了现有的中等职业教育教材内容上的“重理论轻实践”、“重原理轻案例”,教学方法上的“重传授轻参与”、“重课堂轻现场”,考核评价上的“重知识的记忆轻能力的掌握”、“重终结性的考试轻形成性考核”的倾向,力求在整体教材内容体系以及具体教学方法指导、练习与思考等栏目中融入足够的实训内容,加强实践性教学环节,注重案例教学和能力的培养,使职业能力的提升贯穿于教学的全过程。

3. 从人才培养模式角度

该系列教材为了切合中等职业教育人才培养的产学结合、工学交替培养模式,注重有学就有练、学完就能练、边学边练的同步教学,吸纳新技术引用、生产案例等情景来激活课堂。同时,为了结合学生将来因为岗位或职业的变动而需要不断学习的实际,注重对新知识、新工艺、新方法、新标准引入,在培养学生创造能力和自我学习能力的培养基础上,力争实现学生毕业与就业上岗的零距离。

为了贯彻和落实上述指导思想,在本系列教材的内容编写上,我们坚持以下一些原则:

1. 适应性原则

在进行广泛的社会调查基础上,根据当今国家的政策法规、经济体制、产业结

构、技术进步和管理水平对人才的结构需求来确定教材内容。依靠专业自身基础条件和发展的可行性,以相关行业和区域经济状况为依托,特别强调面向岗位群体的指向性,淡化行业界限、看重市场选择的用人趋势,保证学生的岗位适应能力得到训练,使其有较强的择业能力,从而使教材有活力、有质量。

2. 特色性原则

在调整原有专业内容和设置专业新兴内容时,注意保留和优化原有的、至今仍适应社会需求的内容,但随着社会发展和科技进步,及时充实和重点落实与专业相关的新内容。“特色”主要是体现为“人无我有”,“人有我精”或“众有我新”,科学预测人才需求远景和人才培养的周期性,以适当超前性专业技术来引领教材的时代性。结合一些一线工作的实际需要和一些地方用人单位的区域资源优势、支柱产业及其发展方向,参考发达地区的发展历程,力争做到专业课内容的成熟期与人才需求的高峰期相一致。

3. 宽口径性原则

拓宽教材基础是提高专业适应性的重要保证之一。市场体制下的人才结构变化加快,科技迅猛发展引起技术手段不断更新,用人机制的改革使人才转岗频繁,由此要求大部分专门人才应是“复合型”的。具体课程内容应是当宽则宽,当窄则窄。在紧扣本专业课程内容基础上延伸或派生出一些适应需求的与其他专业课相关的综合技能。既满足了社会需求又充分锻炼学生的综合能力,挖掘了其潜力。

4. 稳定性和灵活性原则

中职职业教育的专业课程都有其内核的稳定性,这种内核主要是体现在其基本理论,基础知识等方面。通过稳定性形成专业课程教材的专业性特点,但同时以灵活的手段结合目标教学和任务教学的形式,设置与生产实践相切合的项目,推进教材教学与实际工作岗位对接。

为了更好地落实本教材的指导思想和编写原则,教材的编写者都是既有一定的教学经验、懂得教学规律,又有较强实践技能的专家,他们分别是:相关学科领域的专家;中等职业教育科研带头人;教学一线的高级教师。同时邀请众多行业协会合作参与编写,将理论性与实践性高度统一,打造精品教材。另外,还聘请生产一线的技术专家来审读修订稿件,以确保教材的实用性、先进性、技术性。

总之,该系列教材是所有参与编写者辛勤劳作和不懈努力的成果,希望本系列教材能为职业教育的提高和发展作出贡献。

北京理工大学出版社

前 言



金属工艺学是研究机械零件的制造方法，集材料选择、制造毛坯直到加工出零件的综合性课程。主要由热加工和冷加工两大部分组成，通过本课程的学习将使学生对机械工程中各零部件的加工方法及工艺有所认识 and 了解，从而在工程设计中正确地选用。

本课程是机械设计制造专业的一门重要技术基础课。在金工实习的基础上，通过本课程的学习，使学生获得常用工程材料及材料成形的基础知识，培养工艺分析的初步能力，并为学习其他有关课程及以后从事机械设计和加工制造工作奠定必要的基础。

本课程的学习任务主要有以下几种：

(1) 熟悉常用工程材料的种类、牌号和性能，具有选用工程材料的初步能力；

(2) 掌握主要加工方法的基本原理和工艺特点，具有选择毛坯及工艺分析的初步能力；

(3) 了解与本课程有关的新材料、新工艺、新技术及发展趋势。

本书主要内容包括：金属的性能、钢铁材料生产简介、铁碳合金、钢的热处理、工业用钢、铸铁、有色金属及其合金和非金属材料，铸造、锻压成形、焊接和金属切削机床及切削加工。

由于作者水平有限，错误与不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 金属的性能	1
第一节 金属的物理性能	1
第二节 金属的化学性能	3
第三节 金属的力学性能	3
第四节 金属的工艺性能	10
第二章 铁碳合金	12
第一节 金属与合金的晶体结构	12
第二节 铁碳合金的组织结构及其性能	14
第三节 铁碳合金状态图	17
第三章 钢的热处理	25
第一节 钢的预备热处理	25
第二节 钢的淬火	28
第三节 钢的回火	31
第四节 钢的化学热处理	33
第五节 钢的表面热处理	35
第四章 工业用钢	38
第一节 钢的种类	38
第二节 低合金钢	41
第三节 常见合金钢的牌号、性能及用途	43

第四节 碳素钢	52
第五章 铸 铁	58
第一节 铸 铁	58
第二节 常用铸铁	60
第六章 有色金属及其合金	69
第一节 铝	69
第二节 铝合金	70
第三节 铜	75
第四节 铜合金的分类及强化方法	76
第五节 其他有色金属合金	80
第七章 非金属材料	84
第一节 复合材料	84
第二节 塑 料	87
第三节 橡 胶	90
第四节 胶黏剂	92
第五节 陶 瓷	92
第八章 铸 造	96
第一节 砂型铸造	96
第二节 铸造工艺图	101
第三节 合金的铸造性能	103
第四节 特种铸造	105
第九章 锻压成形	109
第一节 金属的锻造性能	109
第二节 影响金属锻造性能的因素	113
第三节 锻造工艺过程	114
第四节 自由锻造工艺设计简介	121
第五节 零件结构的锻造工艺性	124
第十章 焊 接	127
第一节 焊接的分类	127

第二节	焊条电弧焊	128
第三节	焊接应力与变形	134
第四节	常用焊接方法	136
第五节	其他焊接方法简介	139
第六节	常用金属材料的焊接	141
第七节	焊接新技术	142
第十一章 金属切削机床及切削加工		145
第一节	切削运动与切削用量	146
第二节	切削刀具	148
第三节	金属切削机床	151
第四节	车 床	153
第五节	铣床、铣削、钻床与钻削	156
第六节	刨削、磨削、镗削	159
第七节	数控加工	160

第一章

金属的性能

本章概述

本章主要介绍了金属的物理性能、化学性能、力学性能和工艺性能的含义、分类以及使用范畴等内容,其中重点介绍了力学性能的几个指标:强度、疲劳强度、塑性、硬度以及韧性。还包括金属力学性能测定的三个试验:拉伸试验、硬度试验和冲击试验。



学习目标

1. 重点理解和掌握相关名词的定义和范围。
2. 掌握知识在实际中的应用。
3. 掌握三个试验的原理。
4. 掌握试验的原理和结论。
5. 在学习中提高自己的感性认识,对教学知识加以理解和认识。

* * * * *

第一节 金属的物理性能

金属的物理性能是指金属固有的属性,不与所在环境有关。主要包括密度、熔点、热膨胀性、导热性、导电性和磁性等。根据机器零件的不同用途,对材料物理性能的要求亦有所不同。例如一些电机或电器零件要求金属材料具有良好的导电性,飞机零件则选用密度小的铝合金等来制造,而对于内燃机的活塞则要求材料具有小的热膨胀系数。

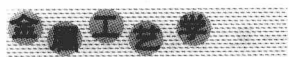
1. 熔点

金属和合金从固态向液态转变时所需要的温度称为熔点。进行相反动作(即由液态转为固态)的温度,称之为凝固点,与凝固点不同的是,熔点受压力影响很小。纯金属都有固定的熔点,合金的熔点取决于它的化学成分。例如,钢是铁和碳组成的合金,不同的钢碳的质量分数不同,熔点也不同。

2. 密度

单位体积的某种物质的质量,叫作这种物质密度。可用下式表达:

$$\rho = \frac{M}{V}$$



式中, ρ 为物质密度, kg/m^3 ; M 为物质质量, kg ; V 为物质体积, m^3 。

一般将密度小于 $5 \times 10^3 \text{kg}/\text{m}^3$ 的金属称为轻金属, 密度大于 $5 \times 10^3 \text{kg}/\text{m}^3$ 的金属称为重金属。

3. 磁性

磁性是金属材料在磁场中受到磁化的性能。一般可以根据金属材料在磁场中受到磁化程度的不同, 分为铁磁性材料(如铁、钴等)、顺磁性材料(如锰、铬等)、抗磁性材料(如铜、锌等)三类。

4. 导电性

金属材料传导电流的能力称为导电性。电阻率是表示材料导电能力的性能指标。长 1 m 、截面积为 1 mm^2 的导体在一定温度下具有的电阻值, 称为电阻率 ρ , 单位是 $\Omega \cdot \text{m}$ 。 ρ 的值越大, 相应金属导电性越差。在金属中, 银的导电性最好, 其次是铜和铝, 合金的导电性比纯金属差。导电性好的金属适合作导电材料(纯铝、纯铜等); 导电性差的材料适于制作电热元件。

5. 热膨胀性

金属受热时体积发生胀大的现象称为金属的热膨胀。例如, 被焊的工件由于受热不均匀而产生不均匀的热膨胀, 就会导致焊件的变形和焊接应力。衡量热膨胀性的指标称为热膨胀系数。常用的热膨胀性判断依据是材料的热膨胀性系数 α_1 , 可用下式表达:

$$\alpha_1 = \frac{l_2 - l_1}{l_1 \Delta t}$$

式中, α_1 为线膨胀系数, $1/^\circ\text{C}$; l_1 为膨胀前的长度, m ; l_2 为膨胀后的长度, m ; Δt 为温度变化量, $^\circ\text{C}$ 。

一般材料都具有热胀冷缩的特点。在工程实际中, 许多场合要考虑热膨胀性。例如, 制造内燃机活塞的材料, 热膨胀系数要小; 铺设铁轨时, 两根钢轨衔接处应留有一定空隙, 使钢轨在长度方向有伸缩的余地。因此, 在制订热加工工艺时, 应考虑材料的热膨胀性, 尽量减小工件的变形和开裂等。

6. 导热性

金属传导热量的性能称为导热性。一般说导电性好的材料, 其导热性也好。若某些零件在使用中需要大量吸热或散热时, 则要用导热性好的材料。如凝汽器中的冷却水管常用导热性好的铜合金制造, 以提高冷却效果。导热性能好的物体, 往往吸热快, 散热也快。其大小用热导率来衡量, 热导率的符号是 λ , 单位是 $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。

纯金属的导热性好, 其中银(约 418.6)最好, 铜(约 393.5)、铝(约 211.9)次之, 钨(约 166.2)、镁(约 153.7)等再次之, 合金的导热性比纯金属差。一般来说, 在焊接、铸造、锻造和热处理等工艺就必须考虑其导热性, 防止材料在加热或冷却过程中其内外温差过大, 从而对材料造成变形和破坏等因素。

第二节 金属的化学性能

一、基本概念

金属在各种温度下抵抗各种化学介质作用所表现出来的性能是金属的化学性能,包括抗氧化性、耐腐蚀性和化学稳定性。

二、化学性能指数

1. 抗氧化性

金属材料在高温时抵抗氧化性气氛腐蚀作用的能力称为抗氧化性。热力设备中的高温部件,如锅炉的过热器、水冷壁管、汽轮机的汽缸、叶片等,易产生氧化腐蚀。金属的氧化随温度的升高而加速,钢铁材料在高温下(570℃以上)表面易氧化,主要原因是生成了疏松多孔的FeO,氧原子易通过FeO进行扩散,使钢内部不断氧化,温度越高,氧化速度越快。这不仅造成金属材料过量的损耗,也会使机器形成各种缺陷,为此常采取措施避免金属材料发生氧化。

2. 化学稳定性

化学稳定性是金属材料的抗氧化性和耐腐蚀性的总称。金属材料在高温下的化学稳定性称为热稳定性。在高温条件下工作的设备(如锅炉、加热设备、汽轮机、喷气发动机等)的部件需要选择热稳定性好的材料来制造。

3. 耐腐蚀性

金属材料抵抗周围介质腐蚀破坏作用的能力称为耐腐蚀性。由材料的成分、化学性能、组织形态等决定的。钢中加入可以形成保护膜的铬、镍、铝、钛;改变电极电位的铜以及改善晶间腐蚀的钛、铌等,可以提高耐腐蚀性。

第三节 金属的力学性能

一般来说,金属材料在外力(载荷)作用下所表现出来的性能,称为力学性能或机械性能。金属力学性能的高低,表征着金属抵抗各种机械损害作用能力的大小,是评定金属质量的主要判断依据,也是金属制件设计时选材和进行强度计算的主要依据。力学性能主要有强度、塑性、硬度、韧性、疲劳强度等。

一、力学基本概念

1. 载荷

载荷就是物体受到的外力,也称负载。载荷可以从不同的角度进行分类:

①根据大小、方向和作用点是否随时间变化可以分为静载荷和动载荷。其中静载荷包括不随时间变化的恒载(如自重)和加载变化缓慢以至可以略去惯性力作用的准静载(如锅炉压力);动载荷包括短时间快速作用的冲击载荷(如空气锤)、随时间作周期性变化的周期载荷(如空气压缩机曲轴)和非周期变化的随机载荷(如汽车发动机曲轴)。

②根据载荷分布情况可分为集中载荷和分布载荷,其中分布载荷又可分为体载荷、面载荷和线载荷3种。

③根据载荷对杆件变形的作用可分为轴向拉伸或压缩载荷、弯曲载荷和扭转载荷等。

2. 内力和应力

物体在载荷作用下,内部之间的相互作用力称为内力。单位面积上的内力称为应力(内力与应力的关系,类似于压力和压强的关系),可用下式表示:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

式中, σ 为应力, N/m^2 ; P 为内力, N ; A 为横截面积, m^2 。

3. 变形

金属材料受不同载荷作用而发生的几何形状和尺寸的变化,称为变形。变形一般分为弹性变形和塑性变形。

(1)弹性变形 材料在载荷作用时发生变形,当载荷卸去后,变形也完全消失。这种变形就叫弹性变形。例如弹簧的变形。

(2)塑性变形 当作用在金属材料上的载荷超过一定范围,这时若卸去载荷,金属材料还有一部分变形不能消失,这种不能消失的变形就叫塑性变形,也叫永久变形,例如折弯的钢管。一般金属材料都同时存在这两种变形,只是不同性质的金属材料表现出的变形不同。

二、强度

金属材料在外力作用下抵抗永久变形和断裂的能力称为强度。强度越高的材料,所能承受的载荷越大。按作用力性质不同,强度可分为屈服强度(屈服点)、抗拉强度等。

材料的强度可以通过拉过拉伸试验得到的拉伸曲线求得,具体的拉伸试验将在第三节介绍。

1. 屈服强度

屈服强度是指金属材料在外力作用下开始产生明显塑性变形时的最小应力,也叫屈服极限。用 σ_s 表示,单位为帕(Pa),计算公式如下:

$$\sigma_s = \frac{P_s}{A_0}$$

式中, P_s 为屈服时的载荷, N ; A_0 为试样拉伸前的截面积, m^2 。

有许多金属和合金材料,并没有明显的屈服现象发生,往往在测试时不能明确测定,因此为了表明这些材料的屈服极限,工程界规定以试样产生伸长量为试样长度的0.2%时的应力作为材料的“条件屈服极限”,用 $\sigma_{0.2}$ 来表示。

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

2. 抗拉强度

抗拉强度是金属材料断裂前所承受的最大应力,故又称强度极限。常用 σ_b 来表示,单位为帕(Pa),计算公式如下:

$$\sigma_b = \frac{P_b}{A_0}$$

式中, P_b 为试样承受的最大载荷, N ; A_0 为试样拉伸前的截面积, m^2 。

材料的强度极限越高,能承受的应力越大。因此金属材料不能在超过其屈服极限 σ_s 的条件下工作,否则会引起机件的塑性变形;金属材料也不能在超过其强度极限 σ_b 的条件下工作,否则会导致机件的破坏。

三、疲劳强度

疲劳强度是指金属材料在无限多次交变载荷作用下而不破坏的最大应力称为疲劳强度或疲劳极限。实际上,金属材料并不可能做无限多次交变载荷试验。一般试验时规定,钢在经受 10^7 次、非铁(有色)金属材料经受 10^8 次交变载荷作用时不产生断裂时的最大应力称为疲劳强度,用 σ_r 表示,其中 r 为应力循环次数。若金属承受的载荷为交变载荷,则用 σ_{-1} 来表示。

金属承受的交变应力越大,则断裂时循环次数 r 越少,即零件的寿命越短;反之,则 r 越大,寿命越长。疲劳破坏是机械零件失效的主要原因之一。据统计,在机械零件失效中约有80%以上属于疲劳破坏,而且疲劳破坏的机件在失效前没有明显的变形,而是突然的断裂,所以疲劳断裂经常造成重大事故。

机械零件之所以产生疲劳断裂是由于材料表面或内部有缺陷(夹杂、划痕、尖角等)。这些地方的局部应力大于屈服点,从而产生局部塑性变形而导致开裂,这些微裂纹随应力循环次数的增加而逐渐扩展,直至最后承受载荷的截面大大减小,以至不能承受所加载荷而突然断裂。

金属的疲劳极限受到很多因素的影响,有工作条件、表面状态、材料本质及残余应力等。改善零件的结构形状、降低零件表面粗糙度以及采取各种表面强化的方法,都能提高零件的疲劳强度。

四、塑性

塑性是一种在某种给定载荷下,材料产生永久变形的材料特性,对大多数的工程材料来说,当其应力低于比例极限时,应力—应变关系是线性的。另外,大多数材料在其应力低于屈服点时,表现为弹性行为,也就是说,当移走载荷时,其应变也完全消失。

金属材料的塑性通常用伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 来表示。这些都通过试验测定,具体试验将在第三节介绍。

1. 伸长率

伸长率是试样拉断后标距增长量与原始标距长度的百分比,计算公式如下:

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\%$$

式中, l_0 为试样的原始长度,mm; l_1 为试样拉断后长度,mm。

2. 断面收缩率

断面收缩率是指试样拉断后,缩颈处横截面面积的相对收缩值,计算公式如下:

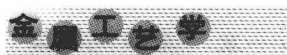
$$\psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\%$$

式中, A_0 为试样的原始截面积,mm²; A_1 为试样拉断后缩颈处最小面积,mm²。

伸长率和断面收缩率越大,则塑性越好。良好的塑性是金属材料能够进行塑性加工的必要条件。在一般的情况下, $\delta = 5\%$ 或 $\psi = 10\%$,就能满足绝大多数零件对塑性的要求。

五、硬度

材料局部抵抗硬物压入其表面的能力称为硬度。硬度是材料性能的一个综合物理量,表



示金属材料在一个小的体积范围内抵抗弹性变形、塑性变形和断裂的能力。

金属材料的硬度可用专门仪器来测试,常用的有布氏硬度(HB)、洛氏硬度(HR)和维氏硬度(HV)等,具体测量方法将在第三节介绍。

1. 布氏硬度

用布氏硬度机测试出来的硬度叫布氏硬度。布氏硬度(HB)是目前最常用的硬度之一,根据试验方法分为 HBS 和 HBW 两种。它的压痕面积较大,HB 值的代表性较全面,而且试验数据的重复性也好。

由于淬火钢球本身的变形问题,不能试验太硬的材料,一般在。HB450 以上的就不能使用,同时由于压痕较大,成品检验也有困难,所以这种硬度标准通常用于测定铸铁、有色金属、低合金结构钢等材料的硬度。

2. 洛氏硬度

用洛氏硬度机测试出来的硬度叫洛氏硬度。洛氏硬度 HR 根据不同的硬度标尺可分为 HRA、HRB、HRC 等 3 种,其中 HRC 最常用。洛氏硬度 HR 可以用于硬度很高的材料,而且压痕很小,几乎不损伤工件表面。但洛氏硬度由于压痕较小,硬度代表性就差些,如果材料中有偏析或组织不均的情况,则所测硬度值的重复性也差。所以这种硬度标准一般用于调质钢、正火钢、退火钢和铸铁等。

3. 维氏硬度

用维氏硬度机测试出来的硬度叫维氏硬度。维氏硬度 HV 与布氏硬度 HB 表示方法相似。因为试验时所加的试验力较小,压入深度较浅,故可测量较薄的材料,也可测量渗碳层、渗氮层的硬度。其测试范围很广,准确性高。但测试手续较繁,压痕小,对试样表面质量要求较高。

六、韧性

1. 金属的强度、塑性的测定

金属材料抵抗冲击载荷作用而不被破坏的能力叫韧性,也叫冲击韧性。常用一次摆锤冲击试验来测定金属材料的冲击韧性。韧性用符号 a_k 表示,单位为 J/cm^2 ,其计算公式如下:

$$a_k = \frac{A_k}{S_0}$$

式中, A_k 为冲击试样所吸收的功, J; S_0 为试样缺口处的横截面积, cm^2 。

金属的韧性通常随加载速度的提高,温度的降低,应力集中程度的加剧而减小。冲击韧性是衡量金属韧性的常用指标之一。

七、几种常用金属力学性能的测量方法

抗拉强度是通过拉伸试验测定的。拉伸试验是用静拉力对标准试棒进行轴向拉伸,同时连续测量力和相应的伸长,直至断裂。根据测得数据,即可求出有关的力学性能。

(1) 拉伸试棒 拉伸试棒的形状一般有圆形和矩形两类,在拉伸试验中通常采用圆形试棒,如图 1-1 所示。在国家标准中,对试棒的形状、尺寸及加工要求均有明确的规定。试棒分为短试棒和长试棒两种。

(2) 试验方法 拉伸试验是在拉伸试验机上进行的,图

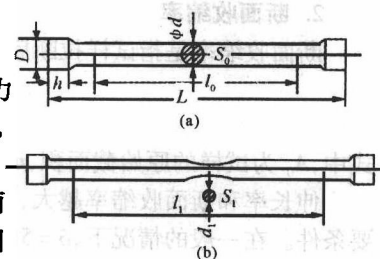


图 1-1 圆形拉伸试棒

(a) 拉伸前; (b) 拉伸后

1-2 是拉伸试验机外形示意图。当试棒在拉伸夹头上安装好后,开动试验机,试棒在轴向拉力的作用下,产生拉伸变形,通过记录拉伸过程中的拉伸曲线来测定其力学性能。

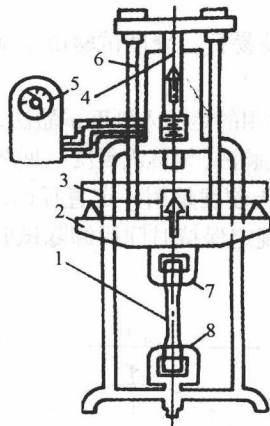


图 1-2 拉伸试验机外形示意图

- 1—试样;2—工作台;3—立柱;
4—工作活塞;5—表盘;6—拉杆;
7—上夹头;8—下夹头

(3) 拉伸曲线 以试棒所受外力 F 为纵坐标,拉伸值 ΔL 为横坐标,绘出载荷与伸长值的关系曲线——拉伸曲线(拉伸图)。图 1-3 为低碳钢的拉伸曲线图。

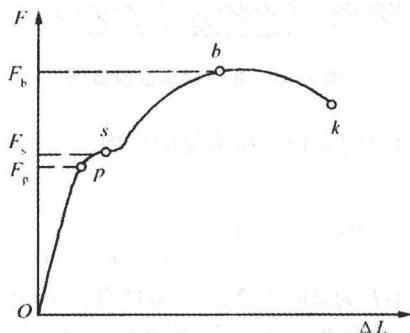


图 1-3 低碳钢的拉伸曲线

① Op 为弹性变形阶段。在该阶段,试棒的变形完全是弹性的,去除载荷后试棒即恢复原状,符合胡克定律。 F_p 为能恢复原始形状和尺寸的最大拉伸力。

② ps 为屈服阶段。当载荷超过 F_p 时,若去除载荷,试棒的伸长只能部分恢复,而保留一部分残余变形。当载荷增加到 F_s 时,出现平台,这种在载荷不增加或略有减少的情况下,试棒继续变形的现象称为屈服。屈服后材料将残留较大的塑性变形。

③ sb 为强化阶段。当载荷超过屈服载荷时,试棒抵抗变形的能力将会增加,这种现象称为变形强化(或加工硬化)。 F_b 为试棒拉伸试验时的最大载荷。

④ bk 为局部变形阶段。当载荷达到最大值 F_b 时,试棒上某局部直径发生收缩,称为“缩颈”。试棒变形所需的载荷也随之降低,这时伸长主要集中于缩颈部位,直至断裂。

从拉伸试验和拉伸曲线可以看出,试棒从开始拉伸到断裂要经过弹性变形阶段、屈服阶段、强化阶段和局部变形阶段。

2. 金属硬度的测定

与拉伸试验相比,硬度试验简便易行。硬度试验由于基本不损伤试样,可以直接在工件上进行,因而广泛应用于生产中。

硬度试验的方法很多,生产中常用的是压入硬度试验法,除压入硬度试验法(如布氏硬度、洛氏硬度、维氏硬度),还有划痕硬度试验法(如莫氏硬度)、回跳硬度试验法(如肖氏硬度)等。

(1) 布氏硬度的测试原理 布氏硬度是用一定直径的球体,比如淬火钢球或硬质合金球,以规定的试验力压入试样表面,经规定保持时间后卸除试验力,用测量表面压痕直径来计算硬度的一种方法,如图 1-4 所示。

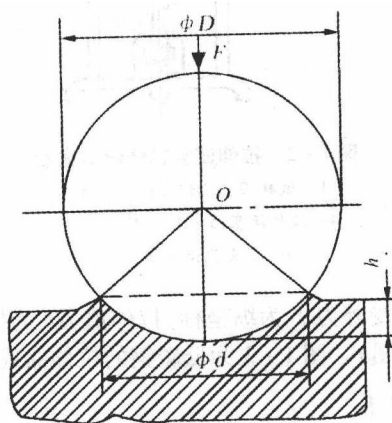


图 1-4 布氏硬度试验原理

布氏硬度值是用球面压痕单位面积上所承受的平均压力来表示的,用符号 HBW(HBS)来表示。布氏硬度值按下式计算:

$$\text{HBW(HBS)} = 0.102 \times \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

式中,HBW(HBS)为布氏硬度值; F 为试验力,N; D 为球体直径,mm; d 为压痕平均直径,mm。

布氏硬度的特点是试验时金属表面压痕大,能在较大范围内反映材料的平均硬度,测得的硬度值比较准确。但是,由于压痕大,所以不宜测定太小和太薄的试样。

(2) 洛氏硬度的测试原理 在初始试验力及总试验力先后作用下,将压头压入试样,比如金刚石圆锥体或淬火钢球的表面,经规定保持时间后卸除主试验力,在保持初始试验力的条件下,测量残余压痕深度增量来计算硬度,如图 1-5 所示。

洛氏硬度的计算公式如下:

$$\text{HR} = k - \frac{\text{压痕深度}}{0.002}$$

上式中, k 为标尺刻度满量程,mm。

洛氏硬度压痕小,对试样表面损伤小,常用来直接检验成品或半成品的硬度。但是,其准确性不如布氏硬度,因此,测试时常选取不同位置的 3 个点,再计算它们硬度值的平均值,从而作为所测金属的硬度值,多点测量取平均值是行之有效的提高试验准确性的方法。