

职业 教育 示范 性 教材



中等职业学校机电类专业规划教材

金属材料 与热处理

潘建农 朱智文 主编 蒋晓斌 主审



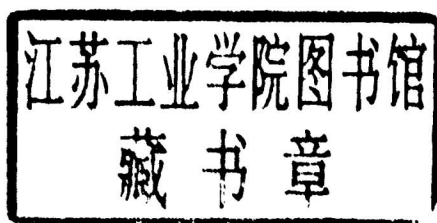
湖南大学 出版社

职业教育示范性教材

中等职业学校机电类专业规划教材

金属材料与热处理

主 编 潘建农 朱智文
副主编 赵红斌 高 明
主 审 蒋晓斌



湖南大学出版社

2009年·长沙

内 容 简 介

本书以培养实用性人才为目标,以满足目前就业市场需要为核心,对传统的教材内容作了适当的调整,注重培养学生的实践能力和创新能力。本书内容布局合理,文字精炼、准确、通俗易懂,且图文产茂、形象生动;每章前有阅读指导;章后有动手练一练,每节后有快记站台、你问我答、快乐灯塔,为学生学习和教师教学、提供参考。

本书适合于职业技术学校 and 机械类或近机械类专业学生作为教材使用,也可作为职业培训教材或有关人员自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

金属材料与热处理/潘建农,朱智文主编.

—长沙:湖南大学出版社,2009.5

(中等职业学校机电类专业规划教材)

ISBN 978-7-81113-553-4

I. 金... II. ①潘...②朱... III. ①金属材料—专业学校—教材

②热处理—专业学校—教材

IV. TG1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 070479 号

金属材料与热处理

Jinshu Cailiao yu Rechuli

主 编:潘建农 朱智文

责任编辑:张建平

封面设计:晓艺视觉

出版发行:湖南大学出版社

社 址:湖南·长沙·岳麓山

邮 编:410082

电 话:0731-8822559(发行部),8820006(编辑室),8821006(出版部)

传 真:0731-8649312(发行部),8822264(总编室)

电子邮箱:presszhangjp@hnu.cn

网 址: <http://press.hnu.cn>

印 装:湖南省地质测绘印刷厂

开本:787×1092 16开

印张:10.5

字数:270千

版次:2009年6月第1版

印次:2009年6月第1次印刷

书号:ISBN 978-7-81113-553-4/TH·28

定价:20.00元

版权所有,盗版必究
湖南大学版图书凡有印装差错,请与发行部联系

前 言

为适应职业中等技术学校教学改革的需要,我们根据职业学校“工学结合,校企合作”办学的新模式和编写了该教材。在编写过程中,我们十分注意研究我国职业教育的现状和不同专业对教学模式的要求等多种因素,具体问题具体分析,大胆尝试,勇于创新,力求使本教材更好地适合我国职业教育的实际情况。

本书以培养实用性人才为目标,以满足目前就业市场需要为核心,对传统的教材内容进行了适当的调整,注重培养学生的实践能力和创新能力。本书内容布局合理、新颖实用;文字精炼、准确、通俗易懂,且图文并茂、形象生动;每章前有阅读指导,章后有练一练,每节后有快记站台、你问我答、快乐灯塔,为学生学习和教师教学提供参考。

本书第1章、第3章由湖南化工机械学校朱智文老师编写;第2章、第5章由永州市技师学院潘建农老师编写;第4章、第6章由汨罗市职业中专学校高明老师编写;绪论、第7章、第8章由湘潭市工贸中专学校赵红斌老师编写。全书由湖南化工机械学校蒋晓斌老师审定。

本书适合于职业技术学校机械类或近机械类专业学生作为教材使用,也可作为职业技术培训教材或有关人员自学用书。

本书在编写过程中参阅了很多教材和资料,在此表示最衷心的感谢!由于作者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请广大读者提出宝贵意见和建议。

《金属材料与热处理》编写组

2009年3月

目次

绪 论	001
项目一 金属的性能	003
任务一 金属的物理性能与化学性能	004
任务二 金属的力学性能	006
任务三 金属的工艺性能	015
练一练	016
项目二 金属的晶体结构与结晶	017
任务一 金属的晶体结构	018
任务二 纯金属的结晶	022
任务三 金属的同素异构转变	025
练一练	026
项目三 铁碳合金	027
任务一 合金的晶体结构	028
任务二 二元合金相图	030
任务三 铁碳合金相图	032
练一练	042
项目四 碳素钢	045
任务一 常存杂质元素对碳素钢性能的影响	046
任务二 碳素钢的分类	047
任务三 常用碳素钢的牌号、性能和用途	049
任务四 钢的火花鉴别 *	055
练一练	058
项目五 钢的热处理	059
任务一 概 述	060
任务二 钢在加热时的转变	060
任务三 钢在冷却时的转变	063
任务四 钢的退火与正火	067

任务五 钢的淬火	070
任务六 钢的回火	075
任务七 钢的表面淬火	078
任务八 钢的化学热处理	080
任务九 热处理技术条件与工序位置	083
练一练	084
项目六 合金钢	087
任务一 合金元素在钢中的作用	088
任务二 合金钢的分类及牌号	089
任务三 合金结构钢	091
任务四 合金工具钢	097
任务五 特殊性能钢	102
练一练	105
项目七 铸 铁	107
任务一 铸铁的分类及组织特点	108
任务二 灰铸铁	110
任务三 可锻铸铁	112
任务四 球墨铸铁	114
练一练	116
项目八 非铁金属及硬质合金	119
任务一 铝及铝合金	120
任务二 铜及铜合金	124
任务三 轴承合金	128
任务四 硬质合金	131
练一练	133
《金属材料与热处理》课程模拟试卷	135
模拟试卷(一)	135
模拟试卷(一)参考答案	138
模拟试卷(二)	139
模拟试卷(二)参考答案	142
实 验	143
实验一 硬度测量	144
实验二 铁碳合金的平衡组织观察	145
实验三 钢的热处理	146
实验四 钢铁材料的火花鉴别	149

附 录	151
附录 1 国内外部分钢号对照	151
附录 2 压痕直径与布氏硬度对照表	153
附录 3 黑色金属硬度及强度换算表	155
附录 4 常用钢的临界点	156
参考文献	157

绪 论

金属材料是人类社会发展的重要物质基础,与我们的生产、生活紧密联系在一起。人类利用金属材料制作了生产和生活用的工具、设备及设施,不断地改善了人类生存的环境与空间,创造了丰富的物质文明和精神文明。在现代工业生产中,不论是机械制造、冶金矿山、交通运输,还是建筑、化工、纺织、电子仪表甚至宇航工业,金属材料都是不可缺少的。金属材料大规模的生产及其消耗的急剧上升,将会极大地促进人类社会和科学的飞速发展。因此,如果离开金属材料,现代社会人类科学技术的发展与进步以及整个社会的生活与生产活动是不堪设想的。

金属材料的使用在我国具有悠久的历史,并且我国是使用金属材料最早的国家之一。我国使用铜的历史约有 4 000 余年。根据大量的出土文物考证,在殷商时代我国就有了高度发达的青铜制作技术,已大量使用在礼器、生活用具、生产工具、武器等方面。如河南安阳出土的司母戊大方鼎(图 1),体积庞大,重达 875 kg,花纹精巧,造型精美,要制造这么庞大的精美青铜器,如果没有大规模的劳动分工、精湛的雕刻艺术及熟练的铸造技术,是不可能成功的。



图 1 司母戊大方鼎

由青铜器过渡到铁器是生产工具的重大发展。我国是生产铸铁最早的国家,早在春秋末期,就已出现人工冶炼的铁器,比欧洲早约 2 000 多年。如 1953 年河北武安兴隆地区出土的用来铸造农具的铁模子,说明铁农具已大量地应用于农业生活中,冶铸技术已从泥砂造型进入铁模造型的高级阶段。



图 2 越王勾践青铜剑

我国古代创造了三种炼钢方法:第一种是从矿石中直接炼出的自然钢,这种钢做的剑在东方各国享有盛誉,东汉时传入欧洲;第二种是西汉期间经过“百次”锻打的百炼钢;第三种是南北朝时期的灌钢。即先炼铁、后炼钢的两步钢技术,这种技术我国比其他国家早 1 600 多年,直到明朝之前的 2 000 多年间,我国在钢铁生产技术方面一直是遥遥领先于世界。1965 年湖北省出土的越王勾践青铜剑(图 2),虽然在地下深埋了 2 400 多年,但是这把剑在出土时却没有一点锈斑,完好如初,而且刃口磨制得非常精细,说明当时已掌握了金属冶炼、锻造成形、热处理及防腐蚀技术。

在唐朝(约公元 7 世纪)时期,我国已应用了锡焊和银焊技术,而欧洲直到公元 17 世纪才

出现。明朝宋应星所著《天工开物》一书中明确记载了冶铁、炼钢、铸钟、锻铁、淬火等各种金属的加工方法,它是世界上有关金属加工工艺最早的科学著作之一。

历史证明,我国古代劳动人民在金属材料及热处理技术方面,表现出了极大的创造力,为这门学科的发展做出了巨大贡献。随着科学技术的不断进步,我国在金属材料及热处理方面有了突飞猛进的发展,推动了机械制造、矿山冶金、交通运输、石油化工、电子仪表、宇宙航行等现代化工业的发展。原子弹、氢弹、人造卫星、超导材料、纳米材料、宇宙飞船等重大项目的研究成功,标志着我国材料及加工工艺达到了一个新的水平,相信在不远的将来我们定能进入世界先进行列。

“金属材料与热处理”是研究金属材料的成分、组织、热处理与性能之间的关系和变化规律的一门综合性专业基础课程。学习本课程的目的是使学生掌握有关金属学、热处理的基本理论及金属材料的成分、组织、热处理工艺、性能之间的关系及其用途。该课程是培养从事机械制造行业应用型、管理型、操作型与复合型人才的一必修课程。其主要内容包括金属的性能、金属学基础知识、钢的热处理及金属材料等。

《金属材料与热处理》教材比较系统地介绍了金属材料及其成形加工方面的知识,是融汇多种专业基础知识为一体的专业技术基础课程教材。它是从实践中发展起来,又直接为生产实践服务的,所以本教材具有很强的实践性。本书在内容编写方面注重体现通俗易懂,格式上新颖独特,图文并茂,让学生在过程中感到轻松愉快、生动有趣,并且拓宽了学生的知识面,充分调动了学生学习的积极性。

在学习过程中,只要我们很好地理解一些重要的概念和基本理论,以材料的成分、组织、性能及其用途为主线,更多地联系自己在金属材料及其成形加工方面的感性认识和生活经验,多讨论、多交流、多分析和多研究,特别是在实习中要勤观察、勤实践,做到理论联系实际,就完全能学好这门课程。

项目一 金属的性能

环顾我们所接触的物质世界——日常生活用品或机械制造生产,被广泛应用和消耗的是金属材料。生活经验让我们认识到它具有许多基本性能,其中主要包括使用性能和工艺性能。那就让我们来慢慢了解它们基本的性能,并运用好它们吧!

通过本章的学习,你就会明白以下几个问题:

(1)金属在使用过程中会表现出一定的适应能力,主要表现有物理性能、化学性能和力学性能,它们包含的内容有哪些?生产中又是怎样评价、选择它们呢?

(2)金属材料在被选择制造机械零件时,除了考虑满足使用性能、经济性外,还必须考虑满足工艺性能。那么金属材料用各种加工方法是否都能获得优质零件呢?存在的性能差异有哪些?

.....

✎任务一 金属的物理性能与化学性能

✎任务二 金属的力学性能

✎任务三 金属的工艺性能

任务一 金属的物理性能与化学性能

一、金属的物理性能

金属的物理性能是金属本身固有的一些属性。主要包括有:金属的密度、熔点、导热性、导电性和磁性。常用金属的物理性能比较见表 1.1。

(一) 密度

一种物质的质量与体积的比值是一定的。物质不同,其比值一般也不同。材料的密度就是指在一定的温度下,单位体积材料的质量。当使用密度小的材料制造运动构件时,则可使构件拥有轻巧、消耗能量小、效率提高的优势。

(二) 熔点

金属材料都有固定的熔点。熔点就是金属材料被熔化的温度。一般当材料的熔点越高,则其在制造高温条件下工作的构件越有优势。熔点低的材料则可用来制造熔丝、防火安全阀等。

(三) 导热性

导热性是指金属传导热或散热的能力,一般用热导率表示。金属的热导率越大,则金属的导热性越好,越适合用来制造热交换器等传热设备的零件。在各类热加工工艺的过程中,导热性是金属材料必须考虑的条件。如热作模具选材常要考虑其热导性,以防止其在使用过程中遇热或遇冷而出现的表面和内部温差,膨胀差异比例过大,导致形成内应力过高,引起模具出现变形或开裂。

表 1.1 常用金属的物理性能比较

物理性能	物理性能比较							
密度/(kg/L)	金	铅	银	铜	铁	锰	铝	
	(大)—————→(小)							
	19.32	11.34	10.53	8.92	7.8	7.43	2.70	
熔点/(℃)	钨	铁	锰	铜	金	银	铝	锡
	(高)—————→(低)							
	3 380	1 538	1 244	1 083	1 064	960	660	232
导热性——热导率/ [W/(m·K)]	银	铜	铝	镁	铁	锡	铅	锰
	(优)—————→(良)							
	418.6	393.5	221.9	153.7	75.4	62.8	34.8	4.98(−192℃)
导电性——电阻率(0℃) /(Ω·m×10 ^{−8})	银	铜	铝	镁	钨	铁	铅	锰
	(好)—————→(次)							
	1.5	1.67(20℃)	2.66	4.47	5.1	9.7	20.68	185(20℃)

(四) 导电性

当电荷通过金属件时,金属的内部有自由电子移动,一般具有良好的导电能力。材料的导电性一般用电阻率表示。电阻率越大金属的导电性越差。金属的电阻率常常又会随温度升高而增加,从而使金属的导电性和电阻热发生变化。

(五) 磁性

金属在磁场中被磁化或者磁性强弱反应的能力,称为磁性。因为金属材料在磁场中被磁

化程度的不同,可分为铁磁性材料(在外磁场中能强烈地被磁化的材料,如铁、钴等)、抗磁性材料(在外磁场中能抵抗或削弱被磁化的材料,如铜、锌等)、顺磁性材料(在外磁场中能微弱被磁化的材料,如锰、铬等)三类。铁磁性材料可以用于制造变压器、电动机、测量仪表等,抗磁性材料则可用于制造要求避免电磁性干扰的零件和结构材料,非金属材料一般无磁性。

二、金属的化学性能

金属的化学性能是指金属在其服役条件下抵抗各种化学介质作用的能力。主要包括:耐蚀性、抗氧化性和化学稳定性。

(一)耐蚀性

耐蚀性指金属在其服役条件下抵抗各种化学介质作用而不被腐蚀(耗损)的能力。它是金属的重要性能之一。常见到的不锈钢,具有比其他材料在腐蚀介质环境中更强的耐蚀性。

(二)抗氧化性

金属在高温下抵抗氧化的能力称为抗氧化性。温度升高,金属的抗氧化性随之降低,工件氧化现象也越严重,从而使工件耗损或产生其他各种缺陷,所以应尽可能地避免或选用抗氧化钢来制造工件。

(三)化学稳定性

化学稳定性是金属的耐蚀性和抗氧化性的总称。在高温及腐蚀环境使用的设备部件,化学稳定性好的材料占有较强的适应优势。

*快记站台

- ①金属的物理性能主要包括:密度、熔点、导热性、导电性、磁性。
- ②金属的化学性能主要包括:耐蚀性、抗氧化性、化学稳定性。

{你问我答

保险丝为什么能够“保险”?

答:保险丝是用铅锡合金制作,电阻率比较大,熔点却较低,电流过大时,它因温度的升高而熔断,切断电路,从而起到保护作用。

快乐灯塔

在希腊文中“学校”一词的意思是“闲暇”。在希腊人看来,只有在闲暇的时候,一个文明人才会花时间去思考和学习。

——摘自《给教育一些“闲暇”》

任务二 金属的力学性能

随着机械、电气、电子技术的日益结合,产品性能和质量不断提高,现代机械设备及工具的设计、制造中选用金属材料时,除考虑材料的物理、化学性能相适应外,还大多以其力学性能为主要评价和选择依据。如选择不当,受力构件会出现断裂、磨损、变形等损坏现象,使构件失去预定效能,生产中称为“失效现象”,故金属的力学性能是产品生产、使用控制的重要参数。

金属材料的力学性能是金属材料受外力(载荷)作用时所表现出抵抗损伤的能力。材料在加工及使用过程中所受的外力称为载荷,常因作用性质的不同,可分为静载荷、冲击载荷及交变载荷等。当外加载荷性质、使用环境等因素不同时,对金属构件力学性能的要求也不同,故需要确定其相适应的金属材料的力学性能,其主要内容有强度、塑性、硬度、冲击韧度和疲劳强度等。

一、强度

强度是金属在静载荷作用下,抵抗永久变形(塑性变形)和断裂的能力。一般用屈服点、抗拉强度作为强度的评价指标,测定的常用方法是拉伸试验。

1. 拉伸试样

试验前,将被测金属制成标准形状、尺寸的拉伸试样,比较常用的试样截面为圆形,简称为圆形拉伸试样,如图 1.1 所示。

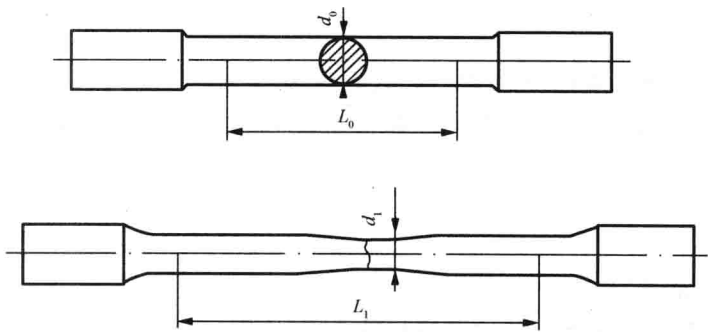


图 1.1 圆形拉伸试样

图中 d_0 为试样的原始直径, L_0 为标距长度。根据标距长度与直径之间的关系,拉伸试样一般分为长试样($L_0/d_0=10$)和短试样($L_0/d_0=5$)两种。

2. 试验步骤

将拉伸试样装夹在拉伸试验机上,并施加载荷,随载荷逐渐增加,试样伸长量逐渐增加,直至试样被拉断。在试验机的自动记录装置上获得载荷与伸长量的坐标图,即试验中拉伸力与伸长量的关系曲线,称为拉伸曲线(或力—伸长曲线)。

3. 拉伸曲线分析

以低碳钢的拉伸曲线为例,如图 1.2 所示,低碳钢试样在拉伸过程中表现出下面几个变形阶段:

(1) oe ——弹性变形阶段。拉伸曲线近乎为直线,伸长量与载荷成正比,此时如卸载,试样

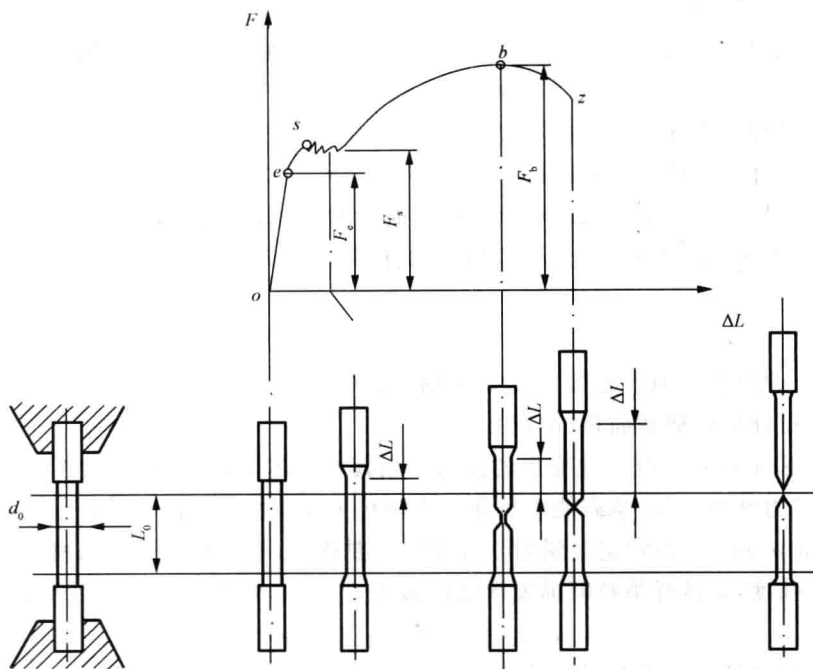


图 1.2 低碳钢拉伸曲线

可恢复原来形状和尺寸(此过程出现的变形能随载荷去除而消失,称为弹性变形), F_e 为试样能恢复至原始状态的最大载荷。

(2) es ——屈服阶段。当载荷继续增加时,试样将产生塑性变形(不可恢复的变形)并逐渐明显。在载荷达到 F_s 时,曲线上出现水平或锯齿线段,表明载荷不增加或略有增减,而试样仍继续伸长,此现象称为屈服。引起试样屈服的载荷称为屈服载荷。

(3) sb ——强化阶段。屈服阶段后,试样塑性变形增大,承受载荷的能力也随之增加,材料进入了强化阶段。这种随塑性变形程度的增加,金属的强度、硬度提高而塑性、韧性下降的现象,称为形变强化,形变强化是强化金属材料的重要手段之一,在生产中具有很重要的意义。

(4) bz ——缩颈、断裂阶段。当载荷达至最大值 F_b 后,试样某处横截面发生局部收缩,即出现了缩颈。此后,试样变形局限在缩颈处,因受力截面缩小,所承受载荷的能力迅速减小,当达至 z 点时,试样在缩颈处被拉断。

工业上使用的金属材料在拉伸试验时,其拉伸曲线并非都与低碳钢的相同,某些脆性材料(如铸铁)在未产生明显塑性变形就已断裂,它不仅没有屈服现象,也不产生缩颈。

4. 强度指标

金属受载荷作用时,为抵抗变形或断裂,在材料内部作用着与外力相对抗的力,称为内力。内力大小主要受材质和承载面积的影响。为反映材料材质(或力学性能),常用应力——单位面积上的内力来衡量,应力用符号 σ 表示。金属材料拉伸或压缩载荷时的强度评价一般用应力来确定。

拉伸、压缩载荷下,横截面积上的应力计算公式:

$$\sigma = F/S \quad (\text{单位 Pa 或 MPa})$$

式中: F ——载荷(外力)(N); S ——横截面积(m^2 或 mm^2)。

强度的评价指标有:

(1)屈服点:指试样试验过程中,载荷不增加,试样仍能继续伸长时的应力,用符号 σ_s 表示。

$$\sigma_s = F_s / S_0 \quad (\text{MPa})$$

式中: F_s ——试样产生屈服时的载荷(N);

S_0 ——试样原始横截面积(mm^2)。

许多金属材料(如铸铁、高碳钢等)在拉伸时没有明显的屈服现象,国家标准规定,一般规定残余伸长应力 $\sigma_{0.2}$ 表示, $\sigma_{0.2}$ 是试样拉断后,其标距部分残余伸长达到 0.2% 时的应力,也称为屈服强度。

$$\sigma_{0.2} = F_{0.2} / S_0 \quad (\text{MPa})$$

式中: $F_{0.2}$ ——试样残余伸长达至 0.2% 时的载荷(N);

S_0 ——试样原始横截面积(mm^2)。

σ_s 或 $\sigma_{0.2}$ 表示材料抵抗塑性变形的能力。当其数值越高,材料抵抗塑性变形能力越大,工件许用工作应力越高,工件承载能力越强。为防止工件塑性变形而失效,一般是不允许产生塑性变形的。故 σ_s 或 $\sigma_{0.2}$ 是评定金属力学性能的主要指标,是零件设计和选材的重要依据。

(2)抗拉强度:指试样被拉断前能承受的最大应力,用符号 σ_b 表示。计算公式为:

$$\sigma_b = F_b / S_0 \quad (\text{MPa})$$

式中: F_b ——试样拉断前所受最大载荷(N);

S_0 ——试样原始横截面积(mm^2)。

σ_b 表示材料抵抗断裂的能力。 σ_b 值越高,材料抵抗断裂能力越大。工件的工作应力是不允许超过抗拉强度的,否则会产生断裂。 σ_b 是机械零件设计和选材的重要依据。

注意:金属材料塑性变形会产生形变强化现象,它在生产中有三利一弊。三利指:①强化金属的重要手段之一;②使金属具有偶然超载能力,一定程度上提高构件使用安全性;③是工件用塑性变形方法成型的必要条件。一弊指形变强化不利的一面,使材料塑性降低,给进一步冷塑性变形带来困难(常用“中间热处理”办法来消除)。

*快记站台

① 金属材料的强度评价用:

$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_s \text{ 或 } \sigma_{0.2} \text{——材料抵抗塑性变形能力。数值越高,抗塑性变形能力越强,工件许用承载能力越强。} \\ \sigma_b \text{——材料抵抗断裂的能力。数值越高,抵抗断裂能力越强,工件超载空间大。} \end{array} \right.$

② 形变强化是材料在塑性变形时产生强度、硬度提高,塑性、韧性下降的现象。它是强化材料的重要手段之一。

二、塑性

塑性是指材料断裂前产生永久变形(塑性变形)的能力。其主要用伸长率、断面收缩率来评价,它们也是通过拉伸试验测得的。

1. 伸长率

伸长率指试样拉断后标距的伸长与原始标距的百分比,用符号 δ 表示。

$$\delta = (L_1 - L_0) / L_0 \times 100\%,$$

式中: L_0 ——试样的原始标距(mm);

L_1 ——试样拉断后的标距(mm)。

同一材料标距长度不同,其伸长率数值不同,而且不能直接比较,长试样的伸长率用符号 δ_{10} 表示,通常写成 δ ;短试样用 δ_5 表示。

2. 断面收缩率

指试样拉断后,缩颈处横截面积的最大缩减量与原始横截面积的百分比,用符号 ψ 表示。

$$\psi = (S_0 - S_1) / S_0 \times 100\%$$

式中: S_0 ——试样原始横截面积(mm^2);

S_1 ——试样拉断后的缩颈处最小横截面积(mm^2)。

断面收缩率不受试样尺寸的影响,因此能较确切地反映材料的塑性。

一般, δ 或 ψ 值越大,表明材料塑性越好。塑性好的材料能发生大量塑性变形而不被破坏,适宜通过冷塑性变形方法加工工件。塑性好的工件若超载,也可因其塑性变形而避免突然断裂,提高了工作安全性。故大多数工件除了要求强度外,还要求具有塑性。

例:某厂需购进一批 15 钢材,按国家标准规定,其力学性能指标应不低于下列数值: $\sigma_b \geq 375 \text{ MPa}$, $\sigma_s \geq 225 \text{ MPa}$, $\delta_5 \geq 27\%$, $\psi \geq 55\%$ 。验收时,用该材料制成 $d_0 = 10 \text{ mm}$ 的圆形截面短试样,经拉伸试样测得 $F_b = 30.21 \text{ kN}$, $F_s = 19.86 \text{ kN}$, $L_1 = 65 \text{ mm}$, $d_1 = 6 \text{ mm}$ 。试计算这批钢材是否合格?

解:因为 $d_0 = 10 \text{ mm} \rightarrow S_0 = \pi d_0^2 / 4 = 3.14 \times 10^2 / 4 = 78.5 \text{ mm}^2$

$$d_1 = 6 \text{ mm} \rightarrow S_1 = \pi d_1^2 / 4 = 3.14 \times 6^2 / 4 = 28.26 \text{ mm}^2$$

$$L_1 = 65 \text{ mm}, L_0 = 5 \times d_0 = 50 \text{ mm} \text{ (试样为短试样)}$$

① 计算试样的 σ_s, σ_b

$$\sigma_s = F_s / S_0 = 19\,860 / 78.5 \approx 235 \text{ MPa}$$

$$\sigma_b = F_b / S_0 = 30\,210 / 78.5 \approx 385 \text{ MPa}$$

② 计算试样的 δ_5, ψ

$$\delta_5 = (L_1 - L_0) / L_0 \times 100\% = (65 - 50) / 50 \times 100\% = 30\%$$

$$\psi = (S_0 - S_1) / S_0 \times 100\% = (78.5 - 28.26) / 78.5 \times 100\% = 64\%$$

③ 由上可知,这批钢材的力学性能指标都不低于国家标准规定要求,故这批钢材合格。

*快记站台

① 金属材料塑性评价用 δ, ψ 来说明,当其值越大,金属材料的塑性越好;

② δ, ψ 一般不直接用于工程计算,但任何工件都要求材料具有一定的塑性。(因为偶尔的过载,工件能发生一定塑性变形产生形变强化而不致突断,安全性增加;且塑性好的材料越易于冷成型加工。)

三、硬度

硬度是评价材料软硬程度的指标,是材料抵抗局部变形、特别是塑性变形,压痕或划痕的能力。生产中常用压入硬度法测定材料硬度,故硬度又称为材料抵抗更硬物体压入的能力。硬度是各种零件和工具必须具备的重要力学性能指标,机械制造中刀具、量具、模具等都应具

有足够的硬度,从而达到使用性能和使用寿命。在零件设计图纸的技术条件中,硬度是一项重要的技术指标。

硬度试验设备简单、操作方便,能在不破坏工件前提下获得硬度数据,并且还可根据其数值间接反映金属材料的强度、耐磨性及金属冶炼质量、热处理工艺差异等。硬度试验方法较多,最常用的是布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度等试验方法。

(一)布氏硬度

1. 测试原理

用直径为 D 淬火钢球(符号为 HBS)或硬度合金球(符号为 HBW)做压头,以相应载荷压试样表面,经保持规定时间后卸除载荷,得到一直径为 d 的压痕,再用载荷除以压痕表面积,所得值即为布氏硬度值(即是压力痕单位面积上能承受的平均压力)。如图 1.3 所示。

布氏硬度值的计算公式:

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

式中: S ——压痕表面积(mm^2);

D, d ——压头直径、压痕表面的直径(mm);

F ——作用在工件上的载荷(kgf 或 N)。

实际生产中,布氏硬度测试时硬度值是不需计算的,用有刻度放大镜测出压痕直径 d ,根据 d 值查附录 2(压痕直径与布氏硬度对照表),便可获得材料硬度值,习惯上在其后是不标单位的。

2. 表示方法

硬度值	硬度符号	试验条件(依次为: D, F 及载荷保持时间, 10~15 s 不标注)
-----	------	--

例: 120HBS10/1000/30 表示用直径为 10 mm 的淬火钢球为压头,在 1 000 kgf (或 9 807 N)载荷作用下保持 30 s,所测得的布氏硬度值为 120;

538HBW5/750 表示用直径为 5 mm 的硬质合金压头在 750 kgf(或 7 355 N)载荷作用下保持 10~15 s,所测得布氏硬度值为 538。

注意:试验时选择压头直径(D)、压头材质、载荷及其保持时间,应根据被测金属材料种类、工件厚薄、硬度范围来确定。常用压头直径有 1, 2, 2.5, 5 和 10 五种。载荷在 9 807 N~29.42 kN 范围内。载荷保持时间,一般黑色金属 10~15 s;有色金属为 30 s;布氏硬度值小于 35 时为 60 s。HBS 适于测量硬度值小于 450 的材料,而 HBW 适于测量 450~650 的材料。

3. 布氏硬度测试方法的优缺点

优点:压痕较大,能较准确反映材料的平均硬度,数据较稳定。

缺点:测试操作麻烦、耗时、压痕较大,不适于测量成品及薄件材料,测试范围较小,主要适于测定灰铸铁、有色金属、各种软钢等。

(二)洛氏硬度

1. 测试原理

采用顶角为 120° 的金刚石圆锥体或直径为 1.588 mm 淬火钢球为压头,在初载荷及主载荷先后作用下,将压头压入试样表面,保持规定时间后卸除主载荷,以测量的压痕深度来确定洛氏硬度值。洛氏硬度试验法是目前应用最广泛的测试方法。

图 1.4 是用金刚石压头进行洛氏硬度试验的示意图。图中 0—0 为圆锥压头的初位置;

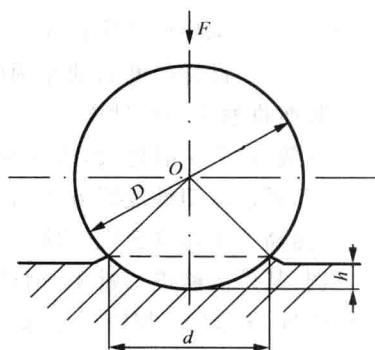


图 1.3 布氏硬度示意图