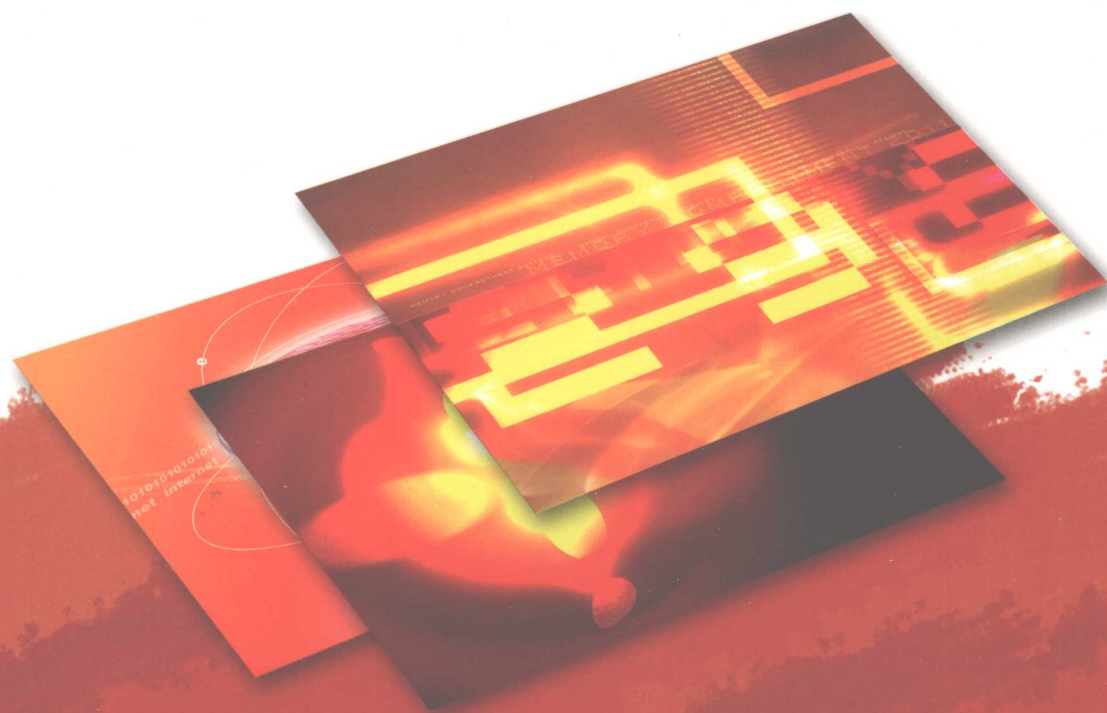


中等职业技术学校教材

金属材料与热处理

江西省技工学校教学研究室 编



中等职业技术学校教材

金属材料与热处理

江西省技工学校教学研究室 编



安徽科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

金属材料与热处理/江西省技工学校教学研究室
编. —合肥:安徽科学技术出版社,2007.7
中等职业技术学校教材
ISBN 978-7-5337-3850-1

I. 金… II. 江… 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(2007)第 105572 号

金属材料与热处理

江西省技工学校教学研究室 编

出 版 人: 朱智润
责任编辑: 徐浩瀚 邵 梅 陈 军
封面设计: 秦 超
出版发行: 安徽科学技术出版社(合肥市政务文化新区圣泉路 1118 号
出版传媒广场, 邮编: 230071)
电 话: (0551)3533330
网 址: www.ahstp.com.cn
E - mail: yougoubu@sina.com
经 销: 新华书店
印 刷: 安徽新华印刷股份有限公司
开 本: 787×1092 1/16
印 张: 13.25
字 数: 320 千
版 次: 2007 年 7 月第 1 版 2007 年 7 月第 1 次印刷
定 价: 23.00 元

(本书如有印装质量问题,影响阅读,请向本社市场营销部调换)

江西省技工教材编审委员会

主任委员	刘奇兰		
副主任委员	张小岗	何 坚	
委 员	韩林平	邱欣群	常 青
	庞钧涛	肖 文	侯祖飞
	杨乐文	张醒清	彭有华
	欧阳枝德	章国顺	朱永刚
	汪发兴	于 涛	

前 言

为适应中等职业技术学校的教学改革,本着“实用、顶用、够用”的原则,江西省技工教材编审委员会组织一批在中等职业教育领域具有丰富教学经验的骨干教师,编写了中等职业技术学校系列教材,本书是系列教材之一。

本书以教育部及劳动保障部对技能型人才培养目标为依据,参考《国家职业标准》中部分职业对金属材料及热处理知识的要求,根据新形势下各级职业学校教学的实际情况,遵循“突出职教特色,注重体现教学改革成果,坚持理论联系实际,促进学生知识、能力和素质的提高”等原则编写而成。

全书以工程材料牌号、性能、应用为主线,重点突出常用金属材料及热处理工艺;注意新材料、新工艺、新技术以及新的国家标准的引入,书中的技术用语、材料的分类与牌号及其他相关的标准均采用最新的国家标准。

教材内容分为三个层次,第一层次为基本概念——按照教学大纲的要求,贯彻少而精的原则,做到重点突出,主次分明,内容简洁;第二层次为原理分析及新技术运用——多为选修内容(书中用“※”号标出),主要出于分层教学考虑;第三层次为工程运用——为提高学生对工程材料的选择能力而和综合分析能力而添加的内容。本书注重对学生自学能力、动手能力和创新能力的培养,在各章后面不仅附有练习题,还以“想一想”的形式,增加了有一定难度的综合性应用课题,供学生以合作学习的方式加以讨论和研究。书末附有配套的包括选择、判断、简答及讨论等四种题型的试题库,以便学生自测自查及教考分离,也便于与职业技能鉴定接轨。

参加本教材编写的有江西现代职业技术学院王晓勇(绪论,第七章,第八章,试题库,第二、第三、第五、第六章阅读材料,实验二,实验三)、新余市技工学校徐金林(第一章及阅读材料、第二章和实验一)、赣州技术师范学院李明全(第三章、第六章及实验四)、核工业部南昌技校袁小庆(第四章及阅读材料、第五章)。全书由王晓勇任主编。

本书在编写过程中,吸纳了许多同仁的宝贵意见和建议,得到了作者所在单位的大力支持和帮助,在此表示衷心感谢!由于作者水平有限,加上编写时间仓促,书中难免存在不足之处,敬请各位专家和读者指正,以便修订完善。

江西省技工学校教学研究室
2007年5月

目 录

绪论	1
第一章 金属材料的性能	5
第一节 常见金属制品的失效形式	5
第二节 金属材料的机械性能	6
第三节 金属材料的工艺性能	18
【练习题】	19
【阅读材料】 金属材料的物理性能和化学性能	20
第二章 黑色金属材料	23
第一节 纯金属与合金的晶体结构	23
第二节 铁碳合金的组织	27
第三节 铁碳合金相图	29
第四节 碳素钢	36
【练习题】	45
【阅读材料】 钢铁是怎样炼成的	46
第三章 钢的热处理	49
第一节 钢在加热时的组织转变	49
第二节 钢在冷却时的组织转变	52
第三节 退火与正火	58
第四节 淬火	61
第五节 回火	64
第六节 表面淬火与化学热处理	66
第七节 热处理新工艺简介	69
第八节 热处理工艺的应用※	70
【练习题】	75
【想一想】	76

【阅读材料】 用 T12A 钢制作剪板机刀片	76
第四章 合金钢及其热处理	78
第一节 钢中的合金元素及其对性能的影响	78
第二节 钢的淬透性	83
第三节 合金钢的分类和牌号	84
第四节 合金结构钢	85
第五节 合金工具钢※	89
第六节 特殊性能钢※	94
【练习题】	95
【阅读材料】 钢铁材料的现场鉴别	95
第五章 铸铁	98
第一节 铸铁的特点和分类	98
第二节 灰口铸铁与球墨铸铁	100
第三节 可锻铸铁※	103
【练习题】	105
【想一想】	105
【阅读材料】 箱体、床身类零件选材及热处理工艺实例	105
第六章 非铁金属	107
第一节 铝及铝合金	107
第二节 铜及铜合金	112
第三节 轴承合金※	117
【练习题】	119
【想一想】	120
【阅读材料】 地球上储量最多的金属	120
第七章 其他工程材料	122
第一节 高分子材料	122
第二节 现代技术陶瓷	139
第三节 复合材料	141
【练习题】	145
【想一想】	145
【阅读材料】 塑料的贡献与白色污染	145

第八章 典型金属制品的选材及热处理工艺安排	147
第一节 轴类及齿轮类零件选材与热处理工艺安排	147
第二节 冷冲裁模具选材与热处理工艺安排	152
第三节 压铸模用钢与热处理工艺安排※	158
第四节 塑料模具用钢※	161
【练习题】	166
【想一想】	167
【阅读材料】 锥形转子电动机断轴原因分析	168
试题库	170
实验	185
实验一 金属材料的硬度值测定	185
实验二 金相显微镜的结构、使用与金相试样的制备	187
实验三 铁碳平衡组织观察	194
实验四 碳钢的热处理实验	197
附录	200
附录 1 压痕直径与布氏硬度对照表	200
附录 2 黑色金属硬度及强度换算表	201
附录 3 常用钢的相变点	202
附录 4 常用钢回火温度与硬度对照表	202

绪 论

材料是人类赖以生存和发展,征服自然和改造自然的物质基础,它们不仅存在于我们的现实生活中,而且也扎根于我们的文化和思想领域。事实上,材料与人类文明的进化有着密切的联系,它们的名字已成为人类文明的标志。例如,石器时代、青铜器时代和铁器时代。如今,人类社会已经进入人工合成材料和复合材料的新时代。材料、能源和信息已成为发展现代化生产的三大支柱,而能源和信息的发展,在一定程度上又依赖于材料的发展。因此,世界各国对材料科学都非常重视,并使之成为衡量一个国家科学技术、经济水平及综合国力的重要标志之一。

机械工程材料一般分为金属材料和非金属材料,其中金属材料是现代化工业、农业、国防和科学技术等部门使用最多的材料,从日常生活用品到高科技产品,从简单的手工工具到复杂的机器,都使用了不同种类、不同性能的金属材料。金属材料之所以得到广泛的应用,一是由于它来源丰富,二是它具有优良的使用性能和良好的工艺性能。使用性能包括机械性能、物理性能和化学性能。优良的使用性能可满足生产和生活的需要。良好的工艺性能便于人们采用各种加工方法,把金属材料经济地制成不同形状、尺寸的零件和工具。

不同金属材料在性能上的差异是很大的,那么,它们的性能是由什么因素决定的呢?纯铜比纯铁的延展性好,是因为铜和铁是两种不同的金属元素。含碳量很高的铸铁比低碳钢脆,是因为这两种材料的含碳量不同,所以表现出不同的性能。然而,含碳量均为 3.0% 的两块铸铁,一个浇注在砂模中,另一个浇注在金属模中,前者呈暗灰色,后者的表层有许多银白色亮点;前者的硬度较低,能进行切削加工,后者表层的硬度很高,很难切削加工;但若将后者重新加热至 850℃,保温 2~3 小时并随炉冷却后,后者变为前者。用含碳量为 0.45% 的优质碳素钢,加工成三根 $\phi 10$ mm 的钢棒,加热至 850℃ 后,保温 1~2 小时,用不同方法冷却处理,再测其拉断力发现,随炉冷却的钢棒,拉断力需 41.6 kN;在空气中冷却的钢棒,拉断力需 55 kN;在水中冷却的钢棒,拉断力需 86.4 kN——比随炉冷却处理的提高约一倍。

显然,单以化学成分的差别作为材料性能差异的理由是不充分的。对合金而言,内部显微组织对其机械性能起着至关重要的影响。同一成分的材料,我们可以通过某些途径,比如用热处理工艺,来改变材料的组织,从而达到改变材料性能的目的。

1863 年,英国金相学家和地质学家展示了钢铁在显微镜下的 6 种不同的金相组织,证明了钢在加热和冷却时,内部组织会发生改变,高温时的相在急冷时转变为另一种较硬的相。法国人奥斯蒙德确立的铁的同素异构理论和英国人奥斯汀最早制定的铁碳相图,为现代热处理工艺奠定了初步的理论基础。

今天,金属热处理是机械制造中的重要工艺之一,与其他加工工艺相比,热处理一般不改变工件的形状和整体的化学成分,只是将金属工件放在一定的介质中加热到适宜的温度,并在此

温度中保持一定时间后,再以不同速度冷却。通过这种工艺方法可改变工件内部的显微组织,或改变工件表面的化学成分,赋予或改善工件使用性能。钢铁是机械工业中应用最广的材料,钢铁显微组织复杂,可以通过热处理予以控制,所以钢铁的热处理是金属热处理的主要内容。另外,铝、铜、镁、钛及其合金也可以通过热处理改变其机械和化学性能,以获得不同的使用性能。为使重要的金属工件具有人们所需要的机械性能和化学性能,除了合理选用材料和各种成形工艺外,热处理工艺是必不可少的。

我国的金属材料发展史可追溯至史前,早在 4 000 年前,我国就开始使用青铜。例如殷商祭器司母戊大方鼎,其体积大,重 875 kg,花纹精巧,造型精美,充分说明了远在商代(公元前 1600~公元前 1046),我国就有了高度发达的冶铸青铜技术。春秋战国时期《周礼·考工记》中有:“六分其金而锡居一,谓之钟鼎之齐(剂);五分其金而锡居一,谓之斧斤之齐;四分其金而锡居一,谓之戈戟之齐;三分其金而锡居一,谓之大刀之齐;五分其金而锡居二,谓之削杀矢之齐;金、锡半,谓之鉴燧之齐。”说明我们的祖先已经认识到青铜的性能与其成分之间的关系。

热处理工艺在我国也有悠久的历史,早在商代就已经有了经过再结晶退火的金箔饰物。在洛阳出土的战国时代的铁剑,系由白口铁脱碳退火制成。近代出土的秦兵马俑佩带的长剑、箭镞等都有力证明了当时已经出现铜合金等复合材料,人们已掌握精湛的表面保护处理方法,使这些器具逾千年不锈。公元前 6 世纪,钢铁兵器逐渐被采用,为了提高钢的硬度,淬火工艺遂得到迅速发展。远在西汉时,司马迁所著的《史记·天官书》中就有“水与火合为焠”;东汉班固所著的《汉书·王褒传》中有“巧冶铸干将之朴,清水焠其锋”等有关热处理技术的记载。这说明早在 2 000 年以前,我国已相继采用了各种热处理工艺,并具有相当高的水平。从辽阳三道壕出土的西汉时期的钢剑,经检验,发现其内部组织与现在的淬火组织完全相同。随着淬火技术的发展,人们逐渐发现冷剂对淬火质量的影响。三国蜀人蒲元曾在陕西斜谷为诸葛亮打制 3 000 把刀,相传是派人到成都取水淬火的。这说明中国在古代就已经注意到不同水质的冷却能力了。

从西汉(公元前 206~公元 25)中山靖王墓中出土的宝剑,心部含碳量为 0.15%~0.4%,而表面含碳量却达 0.6%以上,说明已应用了渗碳工艺。明代著名科学家、江西奉新人宋应星在 1637 年所著《天工开物》一书中详细记载了一种焖熬法固体渗碳技术,他写道:“凡针,先捶铁为细条;用铁尺一根,锥成线眼,抽过条铁成线,逐寸剪断为针。先錐其末成颖,用小槌敲扁其本,刚锥穿鼻,复錐其外。然后入釜,慢火炒熬。炒后,以土末入松木火天[矢]、豆豉三物罨盖,下用火蒸。留针二、三口插于其外,以试火候。其外针入手捻成粉碎,则其下针火候皆足。然后开封,入水健之。凡引线成衣与刺绣者,其质皆刚;惟马尾刺工为冠者,则用柳条软针。分别之妙,在于水火健法云。”该书是世界上有关金属加工工艺方面最早的科学著作之一,充分反映了我国劳动人民在材料及金属加工方面的卓越成就。

在材料的生产和使用方面,我们的祖先有过辉煌的成就,为人类文明做出了巨大的贡献,直到 17 世纪,我国还一直处于领先地位。但由于长期的封建统治,使劳动人民的生产经验得不到应有的重视,不能及时总结提高,有的技术甚至失传。再加上近百年来受到帝国主义的侵略及压迫,科学技术的发展受到极大的抑制,我国的科学技术处于落后状态。

新中国成立后,我国在金属材料及热处理技术方面有了迅猛的发展,促进了冶金、机械制

造、石油化工、仪器仪表、航空航天等现代化工业的进步。目前,我国的钢铁、有色金属产品已基本满足需要,钢的年生产能力已达一亿吨以上。非金属材料的研制和发展也很迅速。原子弹、氢弹、导弹、人造地球卫星、超导材料、纳米材料、载人航天飞机等重大项目的研究与试验成功,标志着我国在工程材料及热处理技术方面都达到了一个新的水平。

由于起点低、底子薄,就整体来说,材料工业生产技术和先进工业国家比较尚有很大的差距。在当前世界经济一体化的大趋势中,提高机械产品质量和在国内外市场的竞争力是当务之急,为此,材料及热处理生产技术必须迎头赶上,才能抓住机遇,迎接新的挑战,尽快减少和缩短与国际先进水平的差距,尽早使我国的材料工业、热处理技术和机械产品质量进入世界先进行列。

金属材料品种繁多,性能各不相同,材料的性能差异直接影响到产品的质量、寿命和可靠性。但通过热处理,可使金属材料的性能显著提高。为了合理使用金属材料,必须研究金属材料的成分、组织、热处理与其性能间的关系和变化规律。在机械制造过程中,正确运用热处理工艺方法,能够充分发挥金属材料的潜力,提高产品质量,减轻机器重量,降低成本,延长使用寿命。另外,热处理还可以改善零件的工艺性能,便于加工,提高质量。据初步统计,在汽车、机床制造中,有 60%~70%的零件要经过热处理以改善其性能,而加工模具则 100%要进行热处理。总之,重要的零件都必须进行适当的热处理才能使用。因此,机械制造业的技能型人才要会运用金属晶体结构、显微组织、铁碳相图等基本知识分析问题;能识别常用金属材料的分类、牌号(代号)、性能特点及用途;初步具备根据零件的使用及加工要求,合理选择和使用材料,正确制定热处理工艺方法和妥善安排工艺路线的能力。

“金属材料与热处理”是从生产实践中发展起来,又直接为生产服务的一门课程,具有名词多、概念多、材料种类多、内容抽象和较难理解等特点。鉴于这种情况,我们建议以两条主线的形式将课程教学内容有机地统一起来。即学习时采用第一条主线:材料成分→热处理或加工方法→材料的组织结构→材料的性能特点→用途;讨论分析时采用第二条主线:材料实际使用的工况条件→性能要求→获取所需性能要求的途径→材料及处理方法。教师讲授时应注意教学方法,尽可能列举学生能接受的生产应用实例,辅以课堂讨论、合作学习、强化实验,以加深学生对课程内容的理解。学生应充分运用以前学过的知识,上课认真听讲,课后及时复习,认真完成实验和课外作业,尽力消化和理解工程材料的基本理论知识,达到能初步应用的目的。

在绪论即将结束时,我们提出如下问题:

1. 什么叫合金的组织?它与合金成分有什么关系?材料性能与组织的关系是什么?是不是所有的合金加热后放至水中冷却都能使合金硬化?
2. 金属材料的命名方法是怎样的?能不能根据材料的牌号知道它的应用范围?
3. 热处理是如何改变合金组织的?对加热温度有没有要求?《北齐书·列传第四十一》记载,东魏、北齐间(534~577)的綦母怀文在“宿铁刀”淬火时“浴以五牲之溺,淬以五牲之脂”,为什么要采用含盐的水和油作为具有不同冷却速度的液冷介质?
4. 西汉刘胜的佩剑为什么表里含碳量不同,芯部含碳量低而表层含碳量高?为什么古代制针要将针插在炭末中处理?
5. 选择合金钢或有色金属的依据是什么?怎样使合金既容易制造、成本低,又具有良好的

使用性能？

6. 非金属材料有什么特点？在取代金属材料方面有哪些典型应用？

7. 零件有哪些失效形式？如何根据这些失效现象，经济地选择合适的工程材料，合理安排热处理？

让我们带着以上问题进入这门课程，去领略工程材料的奥秘！

第一章 金属材料的性能

金属材料具有许多其他工程材料无法替代的良好性能,从而广泛地应用于生产和生活的各个领域。金属材料的性能归纳起来可分为使用性能和工艺性能。使用性能是指金属材料在使用过程中所表现出来的性能,这些性能包括物理性能、化学性能和机械性能;工艺性能是指金属材料在加工制造过程中所反映出来的性能,这些性能包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、切削加工性能和热处理性能等。

第一节 常见金属制品的失效形式

在日常的生产和生活中,我们经常要接触和使用各种各样的物品,它们由不同的工程材料制作而成,其中绝大多数物品是由金属材料制成的。金属制品有的在出厂时就出现了质量问题,有的还没到规定的使用寿命就不能继续使用了。我们把这种金属制品在使用过程中由于某些原因而丧失原有设计功能的现象称为失效。金属制品的失效归纳起来有三种形式,即过量变形失效、断裂失效和表面损伤失效。金属制品的失效有些对生产和生活影响不大,有些则会造成十分严重的后果。下面就是一些发生在日常生活中的金属制品失效的例子。

1. 菜刀卷口、螺丝刀卷刃

这是在日常生活中经常出现的情况。菜刀卷口或螺丝刀卷刃后就不好用或不能使用了。这类失效形式属于过量变形失效。造成这类失效的原因主要有三种:一是使用操作不当;二是用材不当,所用材料含碳量偏低,造成其强度和硬度不足;三是采用的热处理方法不当,淬火时加热温度过低,或保温时间不够,或冷却速度不够,造成其硬度低于所要求的硬度。

2. 菜刀崩刃、钢锯条折断、自行车踏蹬杆断裂

这类失效属于断裂失效。造成这类失效的原因主要也有三种:一是使用操作不当;二是用材不当,所用材料含碳量偏高,造成硬度高,塑性差,脆性大;三是采用的热处理方法不当,淬火时加热温度过高,或保温时间过长,引起金属材料“过热”或“过烧”,使金属材料的脆性大大增加,从而造成断裂。

3. 内燃机汽缸活塞环划伤

这种失效属于表面损伤失效。活塞环与汽缸内壁之间配合要求高,对密封的要求也高。当活塞环表面划伤后,这种要求得不到保证,使内燃机不能正常工作。造成这种失效主要是在加工或装配过程中操作失误,或活塞环表面硬度不够。

类似的例子还有很多。例如,经常听到高压锅爆炸,造成财物的毁损和人员受伤。其原因

或是使用操作不当,或是选用材料不当,或是超期服役使其材质变得疏松、强度下降等。

1999年1月4日18时,重庆綦江县彩虹桥发生整体垮塌。造成40人死亡,14人受伤,直接经济损失631万元。造成这次重大事故的原因很多,其中一个主要的原因是主拱钢管在工厂加工过程中,对接焊缝普遍存在裂纹、未焊透、未熔合,有气孔、夹渣等严重缺陷,质量达不到施工及验收规范规定的二级焊缝验收标准。

金属制品的失效在其他领域造成的后果要比上述例子严重得多。因此,研究金属材料的性能,避免和预防金属材料的失效具有十分重要的意义。

第二节 金属材料的机械性能

在设计机械零件时选用金属材料,大多以机械性能为主要依据。因此熟悉和掌握金属材料的机械性能是非常重要的。

所谓金属材料的机械性能,也称金属材料的力学性能,是指金属材料在外力作用时表现出来的性能。机械性能包括强度、塑性、硬度、韧性及疲劳强度等。

一、载荷的分类及其作用形式

金属材料在加工及使用过程中所受的外力称为载荷。根据载荷作用性质的不同,可以分为静载荷和动载荷。

(1)静载荷:是指大小不变或变动很慢的载荷。

(2)动载荷:是指大小随时间而不断改变的载荷。动载荷又可分为冲击载荷及循环载荷。

①冲击载荷:是指在很短的时间内突然变化的动载荷。

②循环载荷:是指随时间作周期性变化的动载荷(也称交变载荷)。

根据载荷作用方式不同,它可分为拉伸载荷、压缩载荷、弯曲载荷、剪切载荷和扭转载荷等(如图1-1所示)。

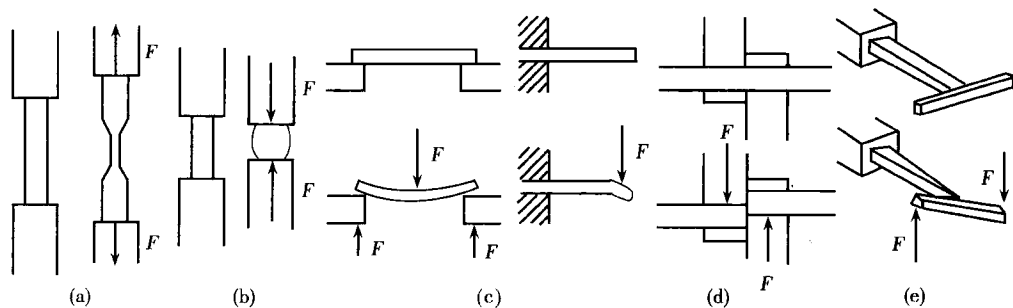


图 1-1 载荷的作用形式及零件的变形形式

(a)拉伸载荷 (b)压缩载荷 (c)弯曲载荷 (d)剪切载荷 (e)扭转载荷

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:是指撤除载荷以后可以完全恢复的变形。

(2)塑性变形(或称永久变形):是指撤除载荷以后不能恢复的变形。

金属受外力作用后,为保持其不变形,在材料内部作用着与外力相对抗的力,称为内力。单位面积上的内力称为应力(或内应力)。金属受拉伸载荷或压缩载荷作用时,其横截面积上的应力 σ 按下式计算:

$$\sigma = F/A \quad (1-1)$$

式中 F ——外力(N);

A ——横截面积(m^2);

σ ——应力(Pa)。1Pa=1N/ m^2 ;当面积单位用 mm^2 时,则应力可用兆帕(MPa)为单位。其换算关系为1MPa=1N/ mm^2 = 10^6 Pa。

二、强度

金属在静载荷作用下,抵抗塑性变形或断裂的能力称为强度。强度的大小通常用应力来表示。

根据载荷作用形式(如图1-1所示)不同,强度可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度和抗扭强度5种。一般情况下多以抗拉强度作为判别金属强度高低的指标。抗拉强度是通过常温静载拉伸试验测定的。

1. 常温静载拉伸试验

按国家标准(GB/T397-1986)制作标准拉伸试样,在拉伸试验机上缓慢地进行拉伸,使试样承受轴向拉力 F ,并引起试样沿轴向伸长 Δl ($\Delta l = l_2 - l_1$),直至试样断裂。在实验中同时连续测量力和相应的伸长量,根据测得的数据,即可得到拉力 F 和相应伸长变形 Δl 的关系曲线,该曲线图称为拉伸图,如图1-2所示。

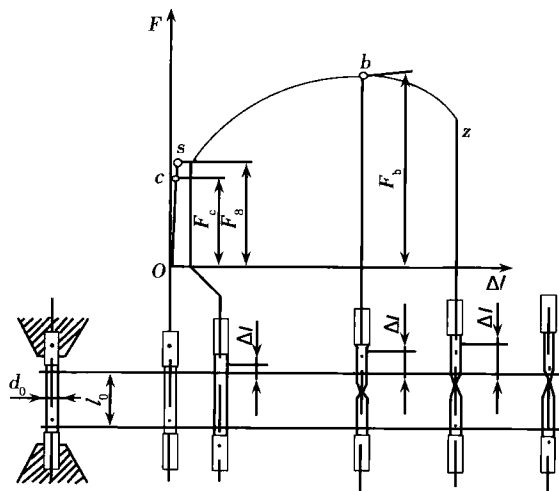


图1-2 低碳钢的 $F-\Delta l$ 曲线

通过观察可以发现,拉伸图的形状与试样的尺寸有关。要研究金属材料拉伸时的力学性能,就需要消除试样尺寸的影响。为了消除试样横截面尺寸的影响,将拉力 F 除以试样原来的横截面积 A ,得到 σ ;为了消除试样长度的影响,将变形 Δl 除以试样原长 l ,得到应变 ϵ ,这样

曲线就转变为纵坐标为 σ 、横坐标为 ϵ 的应力—应变曲线,即 σ — ϵ 曲线,见图1-3。

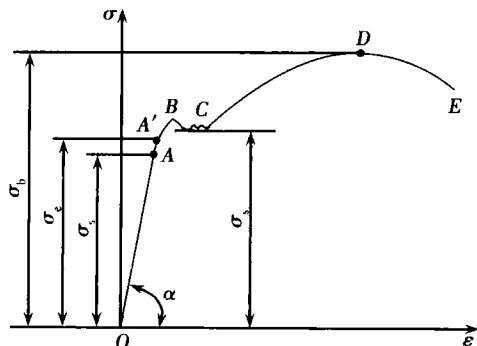


图1-3 低碳钢的 σ — ϵ 曲线

σ — ϵ 曲线的形状与 F — Δl 曲线相似,但与试样尺寸无关,仅反映金属材料本身的特性。

2. 拉伸试样

拉伸试样的形状一般有圆形和矩形两类。在国家标准(GB/T397-1986)中,对试样的形状、尺寸及加工要求均有明确的规定。图1-4所示为圆形拉伸试样。

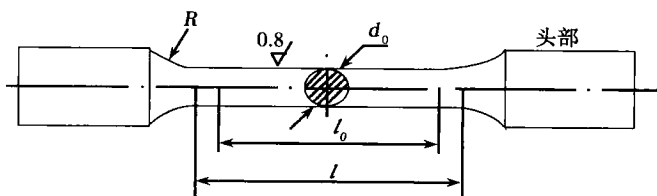


图1-4 圆形拉伸试样

图中 d_0 是试样的直径, l_0 为标距长度。根据标距长度与直径之间的关系,试样可分为长试样($l_0=10d_0$)和短试样($l_0=5d_0$)两种。

3. σ — ϵ 曲线

在得到的 σ — ϵ 曲线图(见图1-3)中,明显地表现出下面几个变形阶段:

(1)OA'——弹性变形阶段。试样变形完全是弹性变形,此时如果卸载,试样即恢复原状。 σ_e 为试样能恢复到原始形状和尺寸的最大加载应力,称为弹性极限。

需要指出的是,曲线图中OA'线段有一段直线部分OA,在OA段内应力与应变成正比,比例系数即为OA直线的斜率 $\tan \alpha$,记作弹性模量 E 。 σ_p 为OA段所对应的最大加载应力,称为比例极限。实际上A与A'两点非常接近,一般不严格区分 σ_p 和 σ_e ,统称为弹性极限。工程中,一般使构件在弹性极限范围内工作。

(2)BC——屈服阶段。当加载应力超过 σ_e 再卸载时,试样的伸长只能部分地恢复,而保留一部分残余变形,此时保留在试样中的残余变形即为塑性变形。在这一阶段图上出现平台或锯齿状,这种在应力不增加或略有减小的情况下,试样还继续伸长的现象叫做屈服。 σ_s 为屈服阶段中最低点所对应的应力值,称为屈服点(屈服强度)。屈服后,材料开始出现明显的塑性变形。零件发生塑性变形意味着零件丧失了对尺寸和公差的控制,因此工程中常根据 σ_s 确定材料的许用应力。

(3)CD——强化阶段。在屈服阶段以后,试样开始出现明显的塑性变形,欲使试样继续伸长,必须继续加载。随着塑性变形增大,试样变形抗力也逐渐增加,这种现象称为冷变形强化(或称加工硬化、冷作硬化),此阶段试样的变形是均匀发生的。 σ_b 为试样拉伸试验时所承受的最大加载应力,称为抗拉强度。

(4)DE——缩颈阶段(局部塑性变形阶段)。当加载应力达到最大值 σ_b 后,试样的直径发生局部收缩,称为“缩颈”或“颈缩”。由于试样缩颈处横截面积的减小,试样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。

工程上使用的金属材料,多数没有明显的屈服现象。有些脆性材料,不仅没有屈服现象,而且也不产生“缩颈”,如铸铁等。图 1-5 为铸铁的 σ — ϵ 曲线。

4. 强度指标

(1)屈服强度(屈服点)。用符号 σ_s 表示,计算公式如下:

$$\sigma_s = F_s / A_0 \quad (1-2)$$

式中 F_s ——拉伸试样产生屈服时的载荷(N);

A_0 ——拉伸试样拉伸前的横截面积(mm^2);

σ_s ——屈服强度(屈服点)(MPa)。

对于无明显屈服现象的金属材料,按国标 GB/T228—1987 规定,可用规定残余伸长应力 $\sigma_{0.2}$ 表示。 $\sigma_{0.2}$ 表示试样卸除载荷后,其标距部分的残余伸长率达到 0.2% 时的应力,也称为名义屈服强度,如图 1-6 所示。计算公式如下:

$$\sigma_{0.2} = F_{0.2} / A_0 \quad (1-3)$$

式中 $F_{0.2}$ ——残余伸长率达到 0.2% 时的载荷(N);

A_0 ——试样原始横截面积(mm^2);

$\sigma_{0.2}$ ——规定残余伸长应力(MPa)。

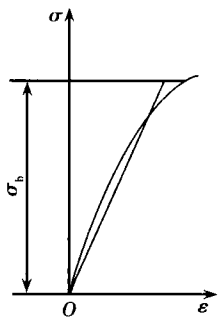


图 1-5 铸铁的 σ — ϵ 曲线

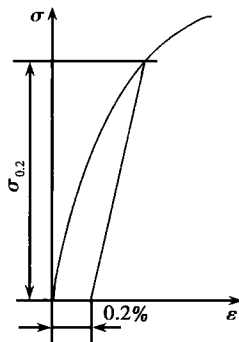


图 1-6 名义屈服强度

屈服强度 σ_s 和名义屈服强度 $\sigma_{0.2}$ 都是衡量金属材料塑性变形抗力的指标。机械零件在工作时如受力过大,则因过量的塑性变形而失效。如零件工作时所受的应力低于材料的屈服强度或名义屈服强度,则不会产生过量的塑性变形。材料的屈服强度或名义屈服强度越高,允许的工作应力也越高。因此,材料的屈服强度或名义屈服强度是机械零件设计的主要依据,也是评定金属材料性能的重要指标。

(2)抗拉强度。用符号 σ_b 表示。计算公式如下: