



全国中等职业技术学校机械类
工程技术类通用教材

金属材料与 热处理

(少学时)



中国劳动社会保障出版社

全国中等职业技术学校机械类通用教材
工程技术类

金属材料与热处理

(少学时)

人力资源和社会保障部教材办公室组织编写



中国劳动社会保障出版社

简介

本书的主要内容有：金属材料及其性能、金属的结构与结晶、铁碳合金、钢的热处理、低合金钢与合金钢、有色金属与硬质合金、国外金属材料牌号及新型工程材料简介等。

本书由韩志勇主编，陈志毅主审。

图书在版编目(CIP)数据

金属材料与热处理：少学时/韩志勇主编. —北京：中国劳动社会保障出版社，2012
全国中等职业技术学校机械及工程技术类通用教材
ISBN 978-7-5045-9677-2

I. ①金… II. ①韩… III. ①金属材料-中等专业学校-教学参考资料②热处理-中等专业学校-教学参考资料 IV. ①TG14②TG15

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 070559 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街1号 邮政编码：100029)

出版人：张梦欣

*

北京世知印务有限公司印刷装订 新华书店经销
787 毫米×1092 毫米 16 开本 8.25 印张 196 千字
2012 年 5 月第 1 版 2012 年 5 月第 1 次印刷

定价：16.00 元

读者服务部电话：010-64929211/64921644/84643933

发行部电话：010-64961894

出版社网址：<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话：010-64954652

如有印装差错，请与本社联系调换：010-80497374

前 言

为了更好地适应全国中等职业技术学校机械类、工程技术类专业教学要求，满足不同专业和一体化教学模式对专业基础课教学的差异化需要，人力资源和社会保障部教材办公室组织有关学校的一线教师和行业、企业专家，通过广泛调研企业生产和学校教学情况，在 2011 版全国中等职业技术学校机械类通用教材基础上，开发了与之对应的少学时版教材。本次开发的教材包括：《机械制图（少学时）》《工程力学（少学时）》《电工学（少学时）》《机械基础（少学时）》《机械制造工艺基础（少学时）》《金属材料与热处理（少学时）》《极限配合与技术测量基础（少学时）》。

本次教材编写工作的重点主要体现在：

1. 调整教学内容，定位科学合理

在教材内容方面，以实用、够用为原则，合理确定学生应具备的知识和能力结构。通过分析机械类、工程技术类不同专业对专业基础课教学的需要，提炼教学基本知识和技能点，在内容设计上注重突出基础性和应用性。此外，在学时安排上注重突出灵活性，以满足不同的教学需要。

2. 精心设计形式，激发学习兴趣

在教材内容的呈现形式上，沿用 2011 版机械类通用教材的设计理念，尽可能使用图片、实物照片和表格等将知识点生动地展示出来，力求让学生更直观地理解和掌握所学内容。同时，更加注重理论知识与工程实际以及日常生活实例相结合，并设计了许多互动性栏目，以激发学生的学习兴趣，使教材“易教易学，易懂易用”。在印刷工艺上采用了双色印刷，增强了教材的表现力。

3. 开发辅助产品, 提供教学服务

本套教材配套开发了习题册, 同时还提供配套多媒体教学课件的网络下载以及在线网络课程服务 (<http://www.class.com.cn>)。

本次教材的编写工作得到了河北、辽宁、江苏、山东、广东、广西、陕西等省、自治区人力资源和社会保障厅及有关学校的大力支持, 在此我们表示诚挚的谢意。

人力资源和社会保障部教材办公室

2012 年 4 月

目 录

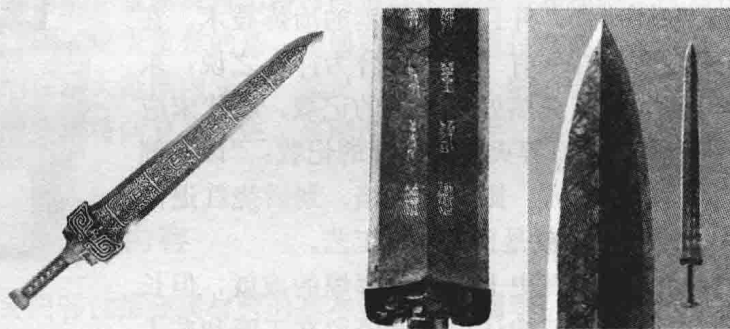
绪论	(1)
第 1 章 金属材料及其性能	(6)
§ 1—1 金属材料的基本知识	(6)
§ 1—2 金属材料的力学性能	(11)
§ 1—3 金属材料的物理性能与化学性能	(20)
§ 1—4 金属材料的工艺性能	(24)
第 2 章 金属的结构与结晶	(29)
§ 2—1 金属的晶体结构	(29)
§ 2—2 金属的结晶	(32)
第 3 章 铁碳合金	(37)
§ 3—1 铁碳合金相图	(37)
§ 3—2 非合金钢 (碳素钢)	(42)
§ 3—3 铸铁	(50)
第 4 章 钢的热处理	(54)
§ 4—1 常用的热处理方法	(54)
§ 4—2 钢的表面热处理和化学热处理	(59)
§ 4—3 零件的热处理工艺	(63)
第 5 章 低合金钢与合金钢	(66)
§ 5—1 低合金钢与合金钢的分类与牌号	(66)
§ 5—2 常用低合金钢与合金钢	(70)
第 6 章 有色金属与硬质合金	(78)
§ 6—1 铜及其合金	(78)

§ 6—2 铝及其合金	(84)
§ 6—3 钛及钛合金	(88)
§ 6—4 硬质合金	(92)
第 7 章 国外金属材料牌号及新型工程材料简介	(96)
§ 7—1 国外常用金属材料的牌号	(96)
§ 7—2 新型工程材料	(99)
实验	(104)
实验 1 拉伸实验	(104)
实验 2 硬度测试	(107)
实验 3 钢的火花鉴别	(112)
实验 4 参观热处理车间	(117)
附录	(119)
附录 I 压痕直径与布氏硬度对照表	(119)
附录 II 各国常用钢铁牌号对照表	(121)

绪 论

学习引导

1965 年，在湖北江陵发掘的一号楚墓中发现了越王勾践剑，此剑埋藏 2000 多年依然锋利无比，当时有记载说：“拔剑出鞘，寒光闪闪，毫无锈蚀，刃薄锋利，试之以纸，20 余层一划而破。”由此可见，我们的祖先在很早以前就掌握了高超的金属材料及热处理知识。



越王勾践青铜宝剑

一、金属材料的发展和在现代工业中的地位

材料是人类用以制造各种有用器件的物质，是人类生产和生活所必须的物质基础。人类认识和使用材料共经历了石器时代、青铜器时代、铁器时代、水泥时代、钢铁时代、硅时代、新材料时代，如图 0—1—1 所示。

如今，材料、能源和信息已成为当代社会发展的三大支柱，而材料又是能源和信息发展的物质基础。现代材料种类繁多，据粗略统计，目前世界上的材料总数已达 40 多万种，并且每年仍在以 5% 的速度增长，其中应用最广的是金属材料。

金属是人类较早开发利用的材料。4000 年前的夏朝时期，我们的祖先已经能够炼铜，到殷商时期，我国的青铜冶炼和铸造技术已达到很高水平。春秋时期，我国已能对青铜冶炼技术作出规律性的总结。河南安阳出土的司母戊大方鼎（图 0—1—2）和湖北江陵楚墓出土的越王勾践青铜宝剑便是这一时期青铜器发展的例证。



图 0—1—1 材料发展经历的几个时代

我国早在周代就开始冶铁，比欧洲最早使用生铁早 2000 年。至战国晚期，中国的冶铁技术得到了很大的发展，已经懂得利用生铁退火制造韧性铸铁，并且掌握了钢的冶炼技术。在热处理技术方面，远在西汉时就有“水与火合为淬”之说，东汉时则有“清水淬其锋”等有关热处理技术的记载。明代宋应星的《天工开物》中有采用预冷淬火技术制锉的记载：“以己健钢鏊划成纵斜文理，划时斜向入，则文方成焰。划后烧红退微冷，入水健。”其中“退微冷”就是预冷淬火工艺。

中华民族在金属材料的发展史上创造了辉煌的成就，但长期以来人们对金属材料及热处理的认识一直停留在工匠和艺人经验技术的水平上。直到 1863 年，光学显微镜首次应用于金属研究，诞生了金相学，使人们能够将材料的宏观性能与微观组织联系起来。1912 年 X—射线衍射技术和 1932 年电子显微镜问世 (图 0—1—3)，把人们带到了金属材料微观世界的更深层次 (10^{-7}m)。



图 0—1—2 司母戊大方鼎

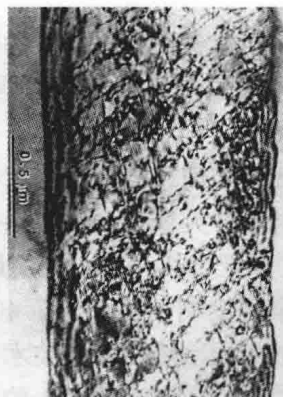
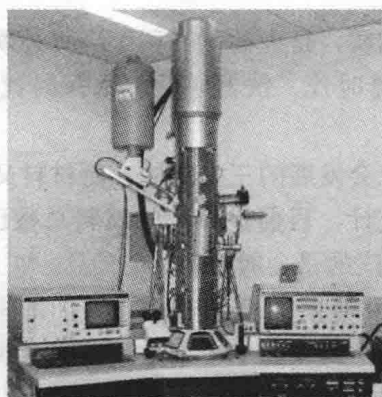


图 0—1—3 电子显微镜下的金属显微组织

新中国成立后,传统的钢铁工业在冶炼、浇铸、加工和热处理等方面不断出现新工艺。特别是近些年来,新型的金属材料如高温合金、形状记忆合金、储氢合金、永磁合金、非晶态合金相继问世,超高强度钢、超低碳不锈钢等新的合金钢和新的有色合金也应运而生,大大扩展了金属材料的应用范围。金属材料已成为现代化工农业、国防工业及科学技术的重要物质基础(图0—1—4)。

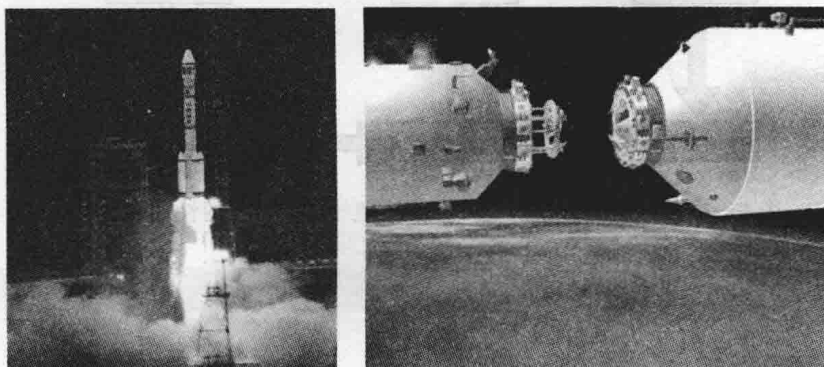


图0—1—4 长征运载火箭及神舟八号/天宫一号对接

在可以预见的未来,金属材料仍将占据材料工业的主导地位,这不仅因为其具有优良的使用性能和工艺性能,更为重要的是,金属材料可以通过调整化学成分、采用热处理或其他加工工艺使其性能在较大范围内变化,满足工程需要。随着经济的飞速发展和科学技术的日新月异,对材料的要求将向着高比强、高刚度、高韧性、耐高温、耐腐蚀、抗辐射和多功能的方向发展。

二、本课程的主要内容

本课程的主要内容包括金属材料的基本知识、金属学的基本知识、热处理的基本知识、常用金属材料及应用等。

金属材料的基本知识主要介绍金属材料的分类、使用性能和工艺性能;金属学的基本知识讲述金属的结构与结晶以及铁碳合金的组织及铁碳合金相图;热处理的基本知识讲述热处理的原理、热处理的工艺(退火、正火、淬火、回火、表面热处理等)及常用材料的典型热处理工艺;常用金属材料及应用讲述非合金钢、低合金钢、合金钢、铸铁、有色金属及硬质合金等金属材料的常用牌号、分类、性能及用途。

三、学习本课程的目的

作为一名技术工人,从手中的工具到加工的零件,每天都要与各种各样的金属材料打交道,为了能够正确地认识和使用金属材料,合理确定不同金属材料的加工方法,充分发挥它们的潜力,就必须熟悉金属材料的牌号,了解它们的性能和变化规律。为此,我们需要深入地去学习和了解有关金属材料的知识。金属材料与热处理正是这样一门研究金属材料的成分、热处理与金属材料性能间的关系和变化规律的学科。

四、本课程的特点及学习方法

金属材料与热处理是一门从生产实践中发展起来,又直接为生产服务的专业基础课,具

有很强的实践性。另一方面, 由于金属材料的种类繁多, 性能千变万化, 因而课程涉及的术语多, 概念多, 而且较抽象, 学习起来有一定的难度。但只要弄清楚重要的概念和基本理论, 按照材料的成分和热处理决定其性能, 性能又决定其用途这一内在关系进行学习和记忆(图 0—1—5), 注意理论联系实际, 认真完成作业, 是完全可以学好这门课程的。

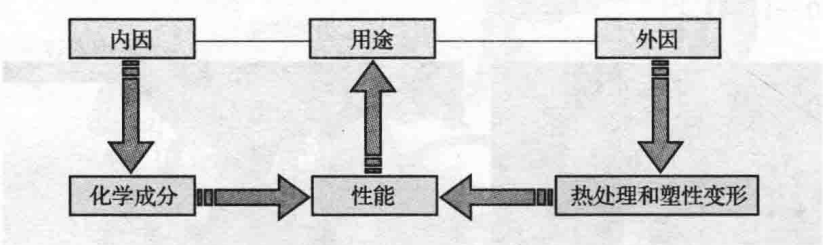


图 0—1—5 金属材料的成分、热处理与金属材料的性能间的关系

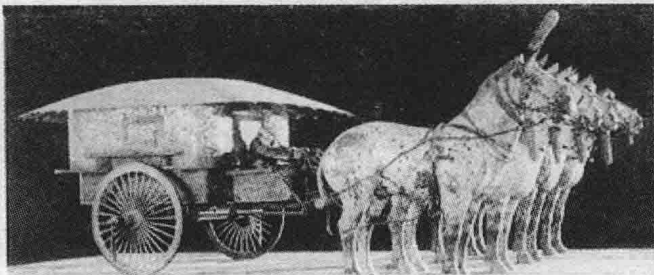
阅读材料

秦始皇陵铜车马

秦始皇陵铜车马结构之复杂, 技艺之精湛是以往出土的任何青铜器都不能与之相比的, 其形体大, 部件多, 制作精, 形象真, 被称为“青铜之冠”。图片所示为秦始皇陵出土的二号铜车马, 经考古专家仔细清理发现, 二号铜车马总共由 3 462 个铸件组成, 其中铜铸件 1 742 件, 金铸件 737 件, 银铸件 983 件, 总质量达 1 241 kg, 其中金铸件 3 kg 多, 银铸件 4 kg 多。

铜车马制造工艺堪称伟大的奇迹。零部件基本上都是铸造成形, 还使用了嵌铸、焊接、镶嵌、锉磨、抛光、镌刻等技术。它虽在地下沉睡了两千多年, 腐蚀深度却不超过万分之一毫米。车上各活动部分至今仍很灵活, 车窗开启自如, 牵引轅衡还能使车轮转动, 使车辆前行。又如铜马的笼头由 82 节小金管和 78 节小银管连接起来, 每节扁状金银管长仅 0.8 cm, 一节金管与一节银管以子母卯形式相连接, 其精细和灵活程度较之现代的表链毫不逊色。更令人感到惊奇的是马脖子下悬挂的璎珞, 它们全是采用一根根细如发丝的铜丝制作的。专家们用放大镜反复观察, 惊奇地发现铜丝表面无锻打痕迹, 粗细均匀, 表明很可能是用拔丝法制成的。尤其是以铜丝组成的链环由铜丝两端对接焊成, 对接面合缝严密。如此纤细的铜丝 (0.5 mm) 到底是用什么方法制作的, 采取什么样的工艺焊接, 目前还是一个谜。

试想当时没有车床和现代化的冶铸设备, 制造出如此精美、不同规格的金、银、铜构件, 说明我们的祖先早在两千多年前就掌握了相当成熟的金属材料及相关工艺知识。





练习

1. 中华民族对材料发展作出了重大贡献，你能再举出几个例子来吗？
2. 怎样才能学好金属材料与热处理这门课程？

第 1 章

金属材料及其性能

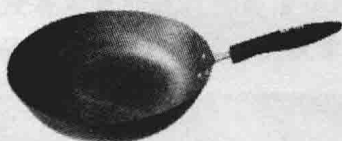
学习目标

1. 了解金属材料的概念及金属材料的分类。
2. 掌握金属材料力学性能各项指标的含义及测量方法。
3. 了解金属材料的物理性能、化学性能和工艺性能各项指标的含义。

§ 1—1 金属材料的基本知识

学习引导

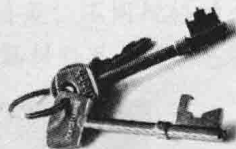
生活中许多物品根据用途的不同,采用不同的材料制成,有些是用金属材料制成,而有些则由非金属材料制成。下图中所示的物品,你知道这些物品是用什么材料制成的吗?对于其中用金属材料制成的物品,它们有哪些特点?



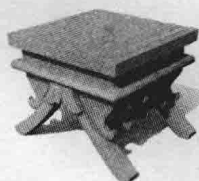
炒锅



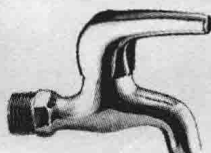
水杯



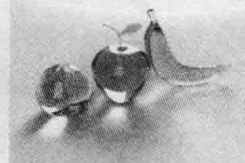
钥匙



椅子



水龙头



工艺品

一、金属材料的概念

金属材料是现代机械制造业的基本材料，从日常生活中的厨房用具到工业生产中的各类机床（图 1—1—1），都是用金属材料制成的。金属材料是金属及其合金的总称，即指金属元素或以金属元素为主构成的，并具有金属特性的物质。

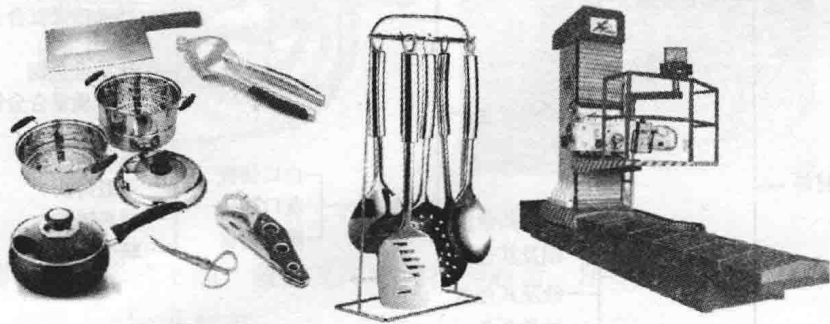


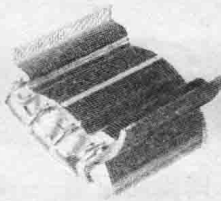
图 1—1—1 金属材料的应用

金属是具有特殊光泽、延展性、导电性、导热性的物质，如金、银、铜、铁、锰、锌、铝等。纯金属的强度和硬度一般都较低，冶炼困难，因而价格较高，在使用上受到限制。而合金是由一种金属元素与其他金属元素或非金属元素通过熔炼或其他方法合成的具有金属特性的材料。在工业生产中广泛使用的是合金，这是因为生产中可以通过改变合金的化学成分（或组织结构）来进一步提高金属材料的力学性能，并可获得某些特殊的物理性能和化学性能（耐蚀、耐热、耐磨、电磁性能等），以满足机械零件和工程结构对材料的要求。

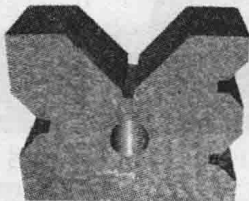
二、金属材料的分类

做一做

观察以下金属物品并填空，讨论它们在材质上有哪些差异。



纯铜散热器



铸铁 V 形架



铝合金蒸锅



高速钢丝锥



锉刀

金属材料种类繁多，通常把金属材料分为黑色金属和有色金属两大类。黑色金属指铁、锰、铬及其合金，而把除铁、锰、铬以外的其他金属及合金称为有色金属（或 $\times\times$ 合金）。另外，习惯上通常将硬质合金也作为一个类别来单独划分。金属材料的分类如图 1—1—2 所

示。在黑色金属中，锰、铬通常作为合金元素存在于铁碳合金中，很少单独作为金属材料使用，所以黑色金属通常指代钢铁材料。

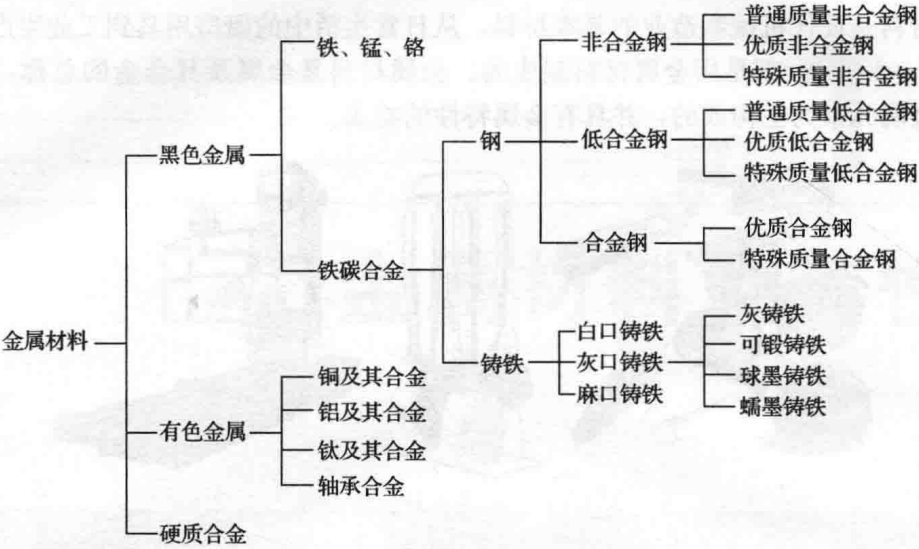


图 1—1—2 金属材料的分类

三、金属材料的载荷与变形

1. 载荷

金属材料的变形通常是在外力作用下发生的，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，载荷可分为静载荷、冲击载荷和交变载荷三种。

(1) 静载荷 指大小不变或变化过程缓慢的载荷，如图 1—1—3 所示。



图 1—1—3 静载荷实例

(2) 冲击载荷 指在短时间内以较高速度作用于零件上的载荷，如图 1—1—4 所示。

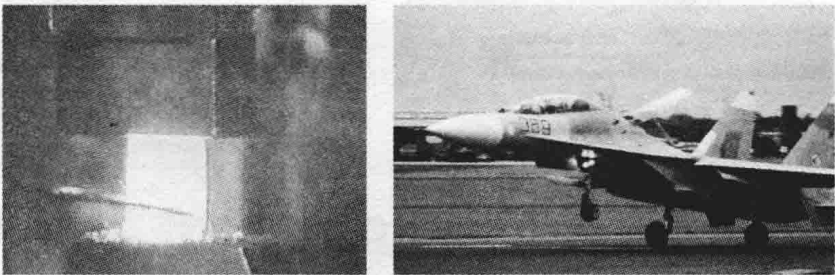


图 1—1—4 冲击载荷实例

(3) 交变载荷 指大小、方向或大小和方向均随时间发生周期性变化的载荷,如图 1—1—5 所示。

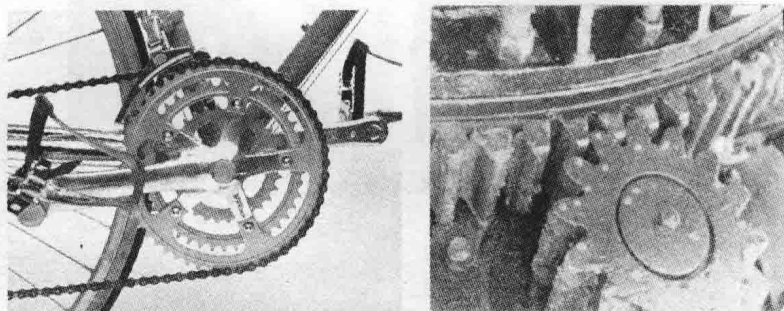


图 1—1—5 交变载荷实例

根据载荷的作用形式不同,载荷又可分为拉伸载荷、压缩载荷、弯曲载荷、剪切载荷和扭转载荷等,如图 1—1—6 所示。

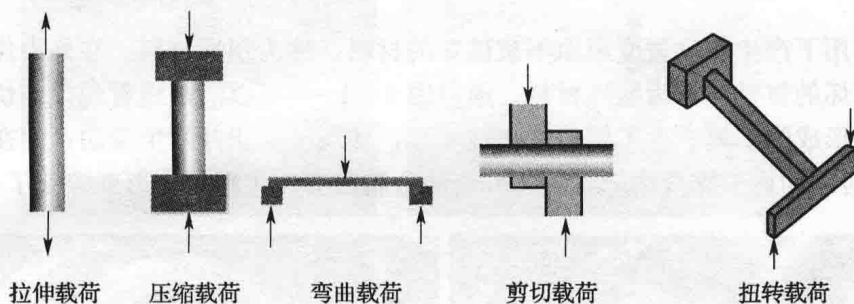


图 1—1—6 载荷的作用形式

2. 应力

物体受外力作用后所导致物体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。材料受拉伸或压缩载荷作用时,其应力按下式计算:

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

式中 R ——应力,单位为 MPa;

F ——外力,单位为 N;

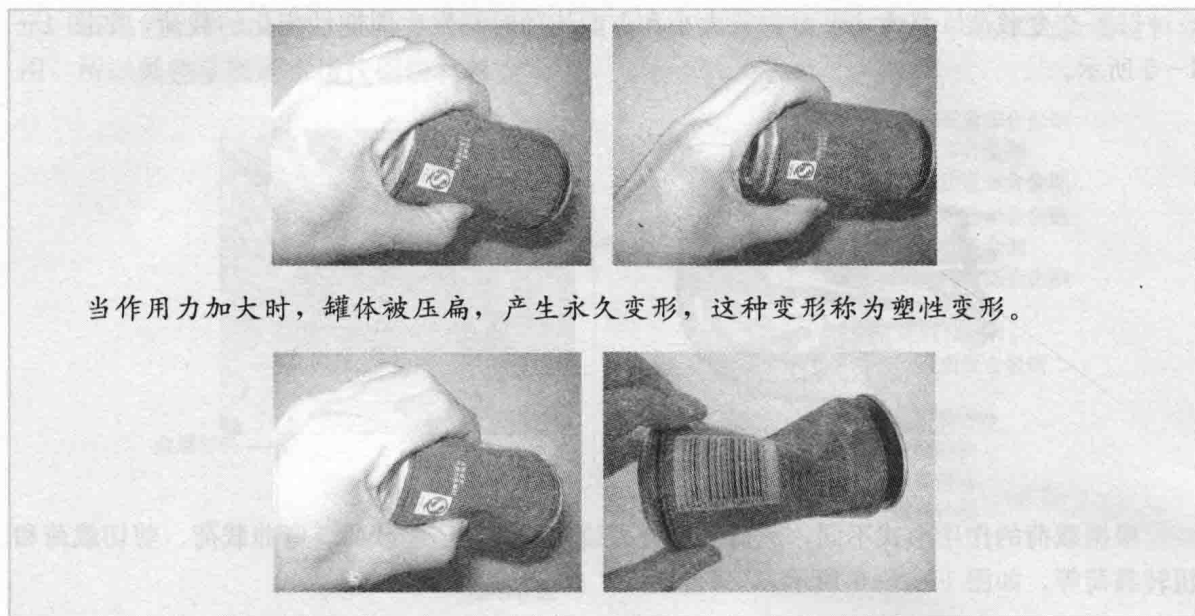
S ——横截面面积,单位为 mm^2 。

3. 变形

金属在外力作用下形状和尺寸所发生的变化称为变形。按去除外力后变形是否能完全恢复,变形分为弹性变形和塑性变形。

做一做

拿一个铝制的空易拉罐,用手对它作用很小的力,在外力去除后,压扁的罐体表面能回到原来的位置,这种变形称为弹性变形。



当作用力加大时,罐体被压扁,产生永久变形,这种变形称为塑性变形。

在外力作用下产生较显著变形而不被破坏的材料,称为塑性材料。在外力作用下发生微小变形即被破坏的材料,称为脆性材料。通过图 1—1—7 可以清楚地看到,在切削钢件(塑性材料)时,形成的切屑产生了明显的塑性变形,切屑呈带状并发生卷曲;而在切削铸铁件(脆性材料)时,切屑呈完全崩碎状态,分离的金属没有产生塑性变形就碎裂了。

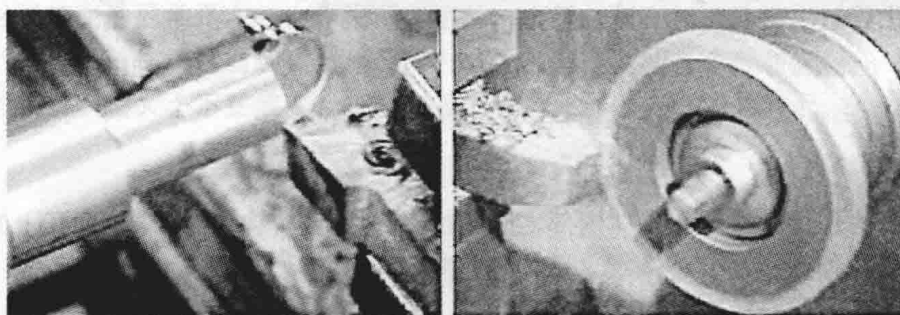


图 1—1—7 钢件与铸铁件切屑的比较

四、金属材料的性能

金属材料的性能包括使用性能和工艺性能。使用性能指保证零件的正常工作应具备的性能,即在使用过程中表现出的性能,包括力学性能、物理性能和化学性能;工艺性能指材料在被加工过程中,适应各种冷热加工的性能,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。在机械制造中,根据不同的使用要求,确定采用不同性能的材料,所以材料的性能是零件设计和选材的主要依据。

21 世纪,金属材料仍是用量最大、最广的材料。随着社会的发展,对金属材料的使用性能的要求越来越高,金属材料本身必须要发展以满足新的需要。可以预期,新型金属材料的发展和应用将成为 21 世纪金属材料工业的重要特征之一。因此,为了合理地使用和加工金属材料以及充分发挥其性能潜力,必须首先了解金属材料的基本性能。