

“工程材料及机械制造基础”系列教材

# 机械工程材料基础

主编 高为国

副主编 尹付成 母福生

参编 汪新衡 汤猷则 吴安如

主审 刘舜尧

中南大学出版社

## 内 容 提 要

本书是由湖南省高等教育学会金工教学委员会组织编写的“工程材料及机械制造基础”系列教材之一。是以国家教育部颁布的《工程材料及机械制造基础课程教学基本要求》和《工程材料及机械制造基础系列课程改革指南》为指导进行编写的。

本书从机械类专业学生的实际出发,以机械工程材料的基础知识为主线,重点介绍了常用机械工程材料及其应用。主要包括:机械工程材料概论、金属的晶体结构与结晶、合金的结构与结晶、铁碳合金、钢的热处理、合金钢、铸铁、有色金属与粉末冶金材料、其他常用的机械工程材料、工程设计制造与材料选择等共十章。为帮助学生复习和巩固所学知识,各章后面均附有习题与思考题。

本书是高等工科院校机械类、近机械类专业用教材,也可供高等职业技术学院、电视大学、函授大学选用,同时还可作为相关专业工程技术人员的参考书籍。

# 序摇摇言

湖南省高等教育学会金工教学委员会在总结本地区多年课程教学改革经验的基础上,认真吸取与借鉴国内兄弟院校的教学改革成果,组织一批经验丰富的骨干教师,几历艰辛,成功编写了愿本一套《工程材料及机械制造基础》的系列教材。该套教材囊括了课堂教学、工程实践教学和教学指导三部分必备的内容,注重扩充制造领域的新材料、新技术和新工艺,重视零件设计的结构工艺性,使之既符合目前金工系列课程改革的发展方向,又体现了湖南地区高校课程改革的基本特色。

金工系列课程虽然属于工艺性技术基础课程的范畴,但在大学实现其整体教育目标中所起的作用,并不亚于任何一门其他重要课程。这是因为:

它包含讲课、实习和实验三部分完整内涵,是工艺理论与工艺实践高度结合的课程,尤其是“实践”这一必须经历的重要过程,正是我国高校学生所普遍缺乏的。

工程训练中心所提供的大工程背景和严格按照教学规划所实施的全面训练,使其不只是为后续课程打基础的一般性业务课程,而是全面贯彻落实素质教育的综合性课程。

工艺课程体现出很强的综合性。任何一个小的工艺问题,都必然涉及一系列相关的边界问题。因此,工艺问题的解决,实际上总是可以转化为类似于对一个多元方程求优化解,在解决问题的思维方法上可以给学生以启迪。

设计创新与工艺创新是相互关联和密切联系的。事实上,工艺创新愈深入,设计创新就愈活跃。真正懂得工艺的人,才能更好地实施设计创新。在这里,零件的结构工艺性只是体现其中的一个方面,工艺方法本身的不停顿创新则显得更为重要。国内外的专家学者目前对此问题的看法已经基本趋于一致。

当今的高等教育，旨在培养出一大批基础宽、能力强和素质高的复合性人才。从未来社会的发展趋势看，人文社会学科的学生应该具备一些工程技术方面的知识和经历；同样，理工学科的学生也应该具备更好的人文素质。金工系列课程中的工程训练则可以为实现这种交叉和融合提供一个良好的界面。

要高质量、高效率地实现预定的教学目标，在教学中应该合理、适度地采用已经日趋成熟的现代教育技术。

通过改革后的金工系列课程的教学过程，来实施新的课程教学目标：学习工艺知识，增强工程实践能力，提高综合素质，培养创新精神和创新能力。从全国金工同仁的实践看，这一目标是完全可以实现的。

教育部副部长吕福源同志于 1995 年 5 月在上海举办的“第一届国际机械工程学术会议”开幕式上的致辞中提出：“中国是一个拥有 12 亿人口的发展中国家，机械工程不仅影响和制约着国民经济其他工业的发展，而且还直接影响广大人民的衣、食、住、行和信息交流……大力发展高新技术，用高新技术改造传统制造业和其他产业，将设计创新与工艺创新紧密地结合起来，将是‘十五’期间我国机械工业发展的重要特点。”

工艺系列课程的重要性已经不容置疑，中南大学出版社出版的这套系列教材应时而出，期待它为培养新世纪的高质量人才作出新的贡献。

清华大学傅水根

---

\* 傅水根：清华大学教授，国家教育部《工程材料及机械制造基础》课程教学指导组组长。

# 《工程材料及机械制造基础》系列教材编写委员会

主任委员 胡昭如

副主任委员 刘舜尧

委员 （以姓氏笔画为序）

刘舜尧 刘培德 朱起凡

何少平 陈永泰 张亮峰

汤猷则 郑哲文 周继伟

周增文 杨瑾珪 胡昭如

钟世金 贺小涛 高为国

## 前摇言

本书是由湖南省高等教育学会金工教学委员会组织编写的“工程材料及机械制造基础”系列教材之一。是以国家教育部颁布的《工程材料及机械制造基础课程教学基本要求》和《工程材料及机械制造基础系列课程改革指南》为指导，在认真吸取国内各兄弟院校课程建设和教学改革成果的基础上，结合编者多年教学实践编写而成的。

本书从机械类各专业学生的实际出发，以机械工程材料的基础知识为主线，力求由浅入深，兼顾基本原理与实际应用，循序渐进，内容精练，体系完整，充分体现了我国高等教育学科归并的现实需求，符合加强基础、拓宽专业、更新内容的基本原则；重点突出了常用机械工程材料及其应用方面的内容，加强了对工艺方法的分析，增加了机械工程材料的失效、选用和设计方面的知识；在内容上力求有一定的深度和广度，注重优化课程体系，切实反映近年来国内外材料学科较成熟的科技成就，理论联系实际，使学生能对机械工程材料领域的发展有一个基本的了解；注重解决机械工程材料的选用与设计的基本思路和方法的问题，初步培养具有合理选材、正确制定工艺路线、综合运用所学知识、分析和解决一般工程实际问题的能力，并为后续课程的学习以及以后的生产和科研工作打下坚实的基础。

在教材的编写过程中，对教材内容力求少而精，以必须、够用为度，注重理论与实践的结合，强调知识的综合应用；对书中的插图力求清晰、典型，对于各种表格进行了优化和精选；认真贯彻和使用法定计量单位，书中的技术用语、技术条件、工艺参数及图表、材料的分类与牌号等均采用最新的国家标准。

教材的主要内容包括机械工程材料概论、金属的晶体结构与结晶、合金的结构与结晶、铁碳合金、钢的热处理、合金钢、铸铁、有色金属与粉末冶金材料、其他常用的机械工程材料、工程设计制造与材料选择等，各章后面均附有习题与思考题。

本书是高等工科院校机械类、近机械类专业用教材，也可供高等职业技术学院、电视大学、函授大学选用，同时还可作为相关专业工程技术人员的参考书籍。

参加本书编写的有湖南工程学院高为国（绪论、第 员章、第 圆章、第 源章）、湘潭大学尹付成（第 远章）、中南大学母福生（第 缘章）、湖南大学衡阳分校汪新衡（第 怨章、第 苑章）、湖南师范大学职业技术学院汤猷则（第 苑章、第 愿章）、湖南工程学院吴安如（第 猿章）。全书由高为国任主编，尹付成、母福生任副主编。

本书承蒙中南大学刘舜尧教授担任主审工作，对本书的编写大纲、编写内容以及封面设计等工作提出了许多建设性意见，在此谨表示衷心的感谢。

本书是由湖南省高等教育学会金工教学委员会组织编写的“工程材料及机械制造基础”系列教材之一。在编写出版过程中得到了湖南省教育厅和金工教学委员会有关专家的指导和帮助。在整个编写过程中，参考并引用了许多版本同类教材、手册及相关的资料和技术标准等，在此一并致以衷心的感谢。

由于编者水平有限，加之编写时间仓促，书中的不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

圆 年 缘 月

# 目 录

绪论 .....	( I )
1 机械工程材料概论 .....	( 1 )
1.1 机械工程材料的工作载荷 .....	( 1 )
1.2 机械工程材料的分类 .....	( 3 )
1.3 机械工程材料的性能 .....	( 5 )
思考练习题 .....	( 5 )
2 金属的晶体结构与结晶 .....	( 7 )
2.1 金属的晶体结构 .....	( 7 )
2.2 金属的结晶 .....	( 12 )
思考练习题 .....	( 12 )
3 合金的结构与结晶 .....	( 14 )
3.1 固态合金中的相结构 .....	( 14 )
3.2 二元合金相图 .....	( 16 )
3.3 二元共晶相图与共析相图 .....	( 18 )
3.4 相图与合金性能之间的关系 .....	( 20 )
思考练习题 .....	( 20 )
4 铁碳合金 .....	( 22 )
4.1 铁碳合金的基本组织 .....	( 22 )
4.2 铁碳合金相图 .....	( 24 )
4.3 碳钢 .....	( 26 )
思考练习题 .....	( 26 )
5 钢的热处理 .....	( 28 )
5.1 概述 .....	( 28 )
5.2 钢在加热时的组织转变 .....	( 30 )
5.3 钢在冷却时的组织转变 .....	( 32 )
5.4 钢的退火与正火 .....	( 34 )
5.5 钢的淬火 .....	( 36 )
5.6 淬火钢的回火 .....	( 38 )
5.7 钢的表面热处理 .....	( 40 )
思考练习题 .....	( 40 )

远遥合金钢 .....	( 远缘 )
远遥合金元素在钢中的主要作用 .....	( 远缘 )
远遥合金钢的分类与编号 .....	( 远远 )
远遥合金结构钢 .....	( 远远 )
远遥合金工具钢 .....	( 远缘 )
远遥特殊性能钢 .....	( 远远 )
思考练习题 .....	( 远缘 )
苑遥铸铁 .....	( 苑远 )
苑遥概述 .....	( 苑远 )
苑遥灰铸铁 .....	( 苑远 )
苑遥球墨铸铁 .....	( 苑缘 )
苑遥可锻铸铁 .....	( 苑缘 )
苑遥特殊性能铸铁 .....	( 苑远 )
思考练习题 .....	( 苑缘 )
愿遥有色金属与粉末冶金材料 .....	( 愿远 )
愿遥铝及铝合金 .....	( 愿远 )
愿遥铜及铜合金 .....	( 愿远 )
愿遥钛及钛合金 .....	( 愿远 )
愿遥滑动轴承合金 .....	( 愿缘 )
愿遥粉末冶金材料 .....	( 愿远 )
思考练习题 .....	( 愿远 )
怨遥其他常用的机械工程材料 .....	( 怨远 )
怨遥高分子材料 .....	( 怨远 )
怨遥陶瓷材料 .....	( 怨缘 )
怨遥复合材料 .....	( 怨远 )
思考练习题 .....	( 怨缘 )
零遥工程设计、制造与材料选择 .....	( 零缘 )
零遥零件的失效 .....	( 零缘 )
零遥零件设计中的材料选择 .....	( 零远 )
零遥热处理工艺的位置安排及方案选择 .....	( 零远 )
零遥典型零件、工具的选材及热处理 .....	( 零远 )
思考练习题 .....	( 零缘 )
专业英语词汇表 .....	( 零缘 )
参考文献 .....	( 零远 )

# 1 机械工程材料概论

## 1.1 机械工程材料的工作载荷

机械工程材料在工作中,会受到力学载荷(载荷)、热载荷、环境载荷等各种载荷的作用,而且大多数情况下将受到多种载荷的交互作用,工作载荷不同,需要的性能也各不相同。

### 1.1.1 力学载荷

在外力的作用下,机械零件的力学载荷主要表现为材料内部的应力分布、变形方式、缺口效应等。根据载荷随时间的变化情况,可将其分为静载荷和动载荷两类:

#### 1.1.1.1 静载荷

若载荷从零开始缓慢地增加到某一定数值后保持不变或变动不大,则称为静载荷。如机床的重量对地面安装位置的作用即为静载荷。一般情况下,作用在机械零件上的静载荷有拉伸、压缩、剪切、扭转、弯曲等多种形式,并导致各种形式的变形发生;有时,一个机械零件可能同时受到几种不同形式的静载荷作用,此时零件将发生组合变形。例如,车床主轴在工作时,同时承受压缩、弯曲、扭转等三种基本变形;钻床立柱在工作时,同时承受拉伸、弯曲与扭转等多种基本变形。

#### 1.1.1.2 动载荷

随时间而变化的载荷称为动载荷。根据动载荷随时间变化的方式,可将其分为交变载荷与冲击载荷。交变载荷是指随时间作周期性变化的载荷,如处在正常工作过程中的齿轮轮齿、使用中的滚动轴承的滚动体等都受到随时间作周期性变化的交变载荷作用;冲击载荷是指物体的运动在瞬时内产生突然变化而形成的载荷,如锻造时锻锤的锤杆、急刹车时飞轮的轮轴等都受到冲击载荷的作用。

## 1.1 热疲劳载荷

在各类不同行业使用的机械产品中,有许多机械零件都是在高温条件下工作的,除了由温度变化引起的热疲劳现象和高温氧化以外,还将导致零件材料的力学性能降低,并产生蠕变现象,使机械零件出现过早失效。

在高温下,零件材料的强度会随着工作温度的升高而降低,且材料的强度会随着高温下加载时间的延长而降低,载荷持续的时间越长,对零件材料的强度影响越显著;而在室温下,零件材料的强度却不受加载时间的限制。材料在给定温度和规定时间范围内发生断裂的应力称为持久强度。

另外,材料在长时间的高温作用下,即使所受应力低于其屈服强度,也会慢慢地产生塑性变形,这种现象称为材料的高温蠕变现象。一般说来,只有当工作温度超过材料的蠕变温度时,才会出现较为明显的蠕变现象。同时,许多机械零件在温度不断变化的条件下工作时,将受到热冲击作用,零件上的各个工作部分,会由于温度不同而产生不等量的膨胀或收缩,在零件的内部形成热应力作用,导致零件的变形或降低零件的实际承载能力。

## 1.2 环境载荷

环境载荷对零件及材料的作用,也是工程设计和制造中不可忽视的因素。

### 1.2.1 环境载荷对金属构件与零件的作用

环境载荷对金属构件与零件的影响主要体现在金属的腐蚀和摩擦磨损两个方面:

(1) 金属的腐蚀 从腐蚀的过程和金属腐蚀的机理上,可将金属的腐蚀分为物理腐蚀、化学腐蚀和电化学腐蚀三大类。物理腐蚀是指由单纯的物理溶解过程而形成的腐蚀;化学腐蚀是指金属材料与周围介质之间,直接发生纯化学反应,在反应的过程中不产生电流的腐蚀现象;电化学腐蚀是指金属材料与周围的电解质介质发生电化学反应,在反应过程中有电流产生的腐蚀过程。

(2) 金属的摩擦磨损 在机械的运转中,在任何接触状态下发生相对运动的机械零件,都会在彼此之间产生相互摩擦,如轴与轴、活塞环与汽缸套、齿轮与齿轮、滑块与十字头等。在不断的摩擦过程中,机械零件的表面出现物质损耗并造成形状和尺寸变化的现象称为磨损。由于磨损的机理不同,产生磨损的类型也很多,常见的有磨粒磨损、粘着磨损、腐蚀磨损、疲劳磨损等。

### 1.2.2 环境载荷对高分子材料构件和机械零件的作用

随着机器制造业的发展,非金属材料的应用日益广泛,特别是高分子材料的应用更是首当其冲。在高分子材料的加工、储存、运输和使用的过程中,由于受

到各种环境因素的影响,会导致其使用性能逐渐变坏,以致最后丧失其使用价值的现象称为老化。例如,农用薄膜经长时间的风吹日晒,会发生变脆、变色、透明度下降;车辆的橡胶轮胎在储存或使用过程中会发生龟裂;玻璃钢制品在长期的使用过程中,会在其表面上逐渐暴露出玻璃纤维、产生变色、慢慢失去光泽,并导致强度降低。

## 猿 机械材料的分类

机械工程材料是指具有一定性能、在特定条件下能够承担某些功能、被用来制造各类机械零件的材料。据统计,目前世界上的机械工程材料已达 源 多万种,并且约以每年 缘 的速度增加。

机械工程材料种类繁多,应用的场合也各不相同。因而,形成了许多不同的分类方法。

### 猿 按材料的化学组成分类

按材料的化学组成不同,可将机械工程材料分为金属材料、高分子材料、陶瓷材料、复合材料四类。

(员)金属材料 金属材料可分为黑色金属材料和有色金属材料两类。黑色金属材料是指铁及铁基合金,主要包括碳钢、合金钢、铸铁等;有色金属材料是指铁及铁基合金以外的金属及其合金。有色金属材料的种类很多,根据它们的特性不同,又可分为轻金属、重金属、贵金属、稀有金属等多种类型。金属材料具有正的电阻温度系数,良好的电导性、热导性、塑性、金属光泽等,是目前工程领域中应用最广泛的工程材料。

(圆)高分子材料 以高分子化合物为主要组分的材料称为高分子材料,可分为有机高分子材料和无机高分子材料两类。有机高分子材料主要有塑料、橡胶、合成纤维等;无机高分子材料包括松香、淀粉、纤维素等。高分子材料具有较高的强度、弹性、耐磨性、抗腐蚀性、绝缘性等优良性能,在机械、仪表、电机、电气等行业得到了广泛应用。

(猿)陶瓷材料 陶瓷材料是金属和非金属元素间的化合物,主要包括水泥、玻璃、耐火材料、绝缘材料、陶瓷等。它们的主要原料是硅酸盐矿物,又称为硅酸盐材料。由于陶瓷材料不具有金属特性,因此也称为无机非金属材料。陶瓷材料熔点高、硬度高、化学稳定性高,具有耐高温、耐腐蚀、耐磨损、绝缘性好等优点,在现代工业中的应用越来越广泛。

(源)复合材料 复合材料由基体材料和增强材料两个部分构成。基体材料主要有金属、塑料、陶瓷等;增强材料则包括各种纤维、无机化合物颗粒等。根据

基体材料不同,可将复合材料分为金属基复合材料、陶瓷基复合材料、聚合物基复合材料;根据组织强化方式的不同,可将复合材料分为颗粒增强复合材料、纤维增强复合材料、层状复合材料等。复合材料由两种或两种以上的材料组合而成,可能具有非同寻常的强度、刚度、高温性能和耐腐蚀性等,其性能是它的组成材料所不具备的。

### 1.2.2 按材料的使用性能或功能分类

按材料的使用性能或完成的功能不同,可将机械工程材料分为结构材料和功能材料两类。

(1) 结构材料用于制造实现运动和传递动力的零件材料称为结构材料。它是以强度、硬度、刚性、塑性、韧性、疲劳强度、耐磨性等力学性能为主要的性能指标。结构材料主要有金属材料、高分子材料、陶瓷材料、复合材料等,在机械工程中广泛使用。

(2) 功能材料用于制造实现特殊功能的零件材料称为功能材料。它是以声、光、电、磁、热等物理性能为主要性能指标,利用物质的各种物理特性及其对外部环境的敏感反应,实现对各种信息的处理和能量的转换。功能材料主要包括大规模集成电路材料、信息记录材料、光学材料、超导材料、形状记忆材料等,在通讯、计算机、电子、空间科学等领域扮演着极其重要的角色。

## 1.3 机械工程材料的性能

金属材料具有良好的使用性能(力学性能)和工艺性能,被广泛用来制造机械零件和工程结构。所谓使用性能是指金属材料在使用过程中所表现出来的性能,包括力学性能、物理性能(如电导性、热导性等)、化学性能(如耐蚀性、抗氧化性等)。所谓工艺性能是指金属材料在各种加工过程中所表现出来的性能,包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、热处理性能和切削加工性能等。

### 1.3.1 材料的力学性能

材料的力学性能是指材料在各种载荷(外力)作用下表现出来的抵抗能力,它是机械零件设计和选材的主要依据。常用的力学性能有强度、塑性、硬度、冲击韧度和疲劳强度等。

#### 1.3.1.1 强度

强度是指材料在外力作用下抵抗变形或断裂的能力。由于所受载荷的形式不同,金属材料的强度可分为抗拉强度(屈服强度)、抗压强度(抗压强度)、抗弯强度和抗剪强度等。各种强度间有一定的联系,而抗拉强度是最

基本的强度指标。

材料受外力时,其内部产生了大小相等方向相反的内力,单位横截面积上的内力称为应力(用符号  $\sigma$  表示)。通过拉伸试验可以测出材料的强度指标。金属材料的强度是用应力值来表示的。从拉伸曲线可以得出三个主要的强度指标:弹性极限、屈服强度(屈服点)和抗拉强度。

(1) 弹性极限:材料产生完全弹性变形时所承受的最大应力值,用符号  $\sigma_{el}$  表示,

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

式中:  $F_{el}$ ——试样产生完全弹性变形的最大载荷, N;

$S_0$ ——试样的原始横截面积,  $mm^2$ 。

(2) 屈服强度(屈服点):材料产生屈服现象时的最小应力值,用符号  $\sigma_{ys}$  表示,

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

式中:  $F_{ys}$ ——试样产生屈服的最小载荷, N;

$S_0$ ——试样的原始横截面积,  $mm^2$ 。

有些金属材料,如高碳钢、铸铁等,在拉伸试验中没有明显的屈服现象。所以国标中规定,以试样的塑性变形量为试样标距长度的 0.2% 时的应力作为屈服强度,用  $\sigma_{0.2}$  表示,

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

式中:  $F_{0.2}$ ——试样塑性变形量为标距长度的 0.2% 时的载荷, N;

$S_0$ ——试样的原始横截面积,  $mm^2$ 。

(3) 抗拉强度:材料断裂前所能承受的最大应力值,用符号  $\sigma_b$  表示,

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

式中:  $F_b$ ——试样断裂前所承受的最大载荷, N;

$S_0$ ——试样的原始横截面积,  $mm^2$ 。

弹性极限是弹性元件(如弹簧)设计和选材的主要依据。绝大多数机械零件(如紧固螺栓),在工作中不允许产生明显的塑性变形,所以屈服强度是设计和选材的主要依据。抗拉强度表示材料抵抗断裂的能力,脆性材料没有屈服现象,则常用  $\sigma_b$  作为设计依据。

### 圆塑性

塑性(韧性)是指金属材料在载荷作用下,产生塑性变形而不会被破坏的能力。金属材料的塑性也是通过拉伸试验测得的。常用的塑性指标有伸长率(%)和断面收缩率(%)。

(1)伸长率:试样拉断后标距长度的伸长量与原始标距长度的百分比,用符号  $\delta$  表示,即:

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

式中  $l_0$ ——试样原始的标距长度,mm;

$l$ ——试样拉断后的标距长度,mm。

长试样和短试样的伸长率分别用  $\delta_{10}$  和  $\delta_5$  表示,习惯上  $\delta_{10}$  也常写成  $\delta$ 。伸长率的大小与试样的尺寸有关,对于同一材料,短试样测得的伸长率大于长试样的伸长率,即  $\delta_5 > \delta_{10}$ 。因此,在比较不同材料的伸长率时,应采用相同尺寸规格的标准试样。

(2)断面收缩率:试样拉断后,缩颈处横截面积的缩减量与原始横截面积的百分比,用符号  $\psi$  表示,即:

$$\psi = \frac{F_0 - F_n}{F_0} \times 100\%$$

式中  $F_n$ ——试样拉断处的最小横截面积,mm<sup>2</sup>;

$F_0$ ——试样的原始横截面积,mm<sup>2</sup>。

断面收缩率与试样尺寸无关,因此能更可靠地反映材料的塑性。材料的伸长率和断面收缩率愈大,则表示材料的塑性愈好。塑性好的材料,如铜、低碳钢,容易进行轧制、锻造、冲压等;塑性差的材料,如铸铁,不能进行压力加工,只能用铸造方法成形。而且用塑性较好的材料制成的机械零件,在使用中万一超载,能产生塑性变形而避免突然断裂,增加了安全可靠。因此,大多数机械零件除要求具有较高的强度外,还必须有一定的塑性。

### 圆硬度

硬度是衡量材料软硬程度的指标,表示金属在不大的体积内抵抗变形或破裂的能力,是重要的力学性能指标。材料的硬度与强度之间有一定的关系,根据硬度可以大致估计材料的强度。因此,在机械设计中,零件的技术条件往往标注硬度。热处理生产中也常以硬度作为检验产品是否合格的主要依据。

硬度是通过硬度试验测得的。硬度试验方法简单、迅速,不需要专门的试样,不损坏工件,因此在生产和科研中得到广泛应用。测定硬度的方法很多,常用的有布氏硬度(HB)、洛氏硬度(HRC)和维氏硬度(HV)。

(六) 布氏硬度试验方法。

(员) 布氏硬度摇布氏硬度的测定是在布氏硬度机上进行的,其试验原理如图 员原员所示。用直径为 阅的淬火钢球或硬质合金球做压头,在试验力 云的作用下压入被测金属表面,保持规定的时间后卸除试验力,则在金属表面留下一压坑(压痕)。用读数显微镜测量其压痕直径 凿,求出压痕表面积,用试验力 云除以压痕表面积 杂所得的商作为被测金属的布氏硬度值,用符号 匀月表示,

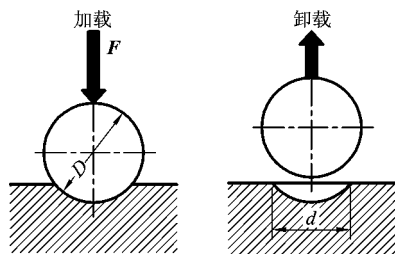


图 员原员 布氏硬度试验原理示意图

式中的 云——试验力,晕;  
杂——压痕表面积,皂皂。

$$匀月 = \frac{云}{杂}$$

布氏硬度值可通过上式计算求得,但在实际应用中,常根据压痕直径 凿的大小直接查布氏硬度表得到硬度值。

用淬火钢球做压头测得的硬度用符号 匀月杂表示,适合于测量布氏硬度值小于 源缘的材料;用硬质合金球做压头测得的硬度用符号 匀月宰表示,适合于测量布氏硬度值为 源缘~ 源缘的材料。在硬度标注时,硬度值写在硬度符号的前面。例如 源缘匀月杂表示用淬火钢球做压头测得材料的布氏硬度值为 源缘。我国目前布氏硬度机的压头主要是淬火钢球,故主要用来测定灰铸铁、有色金属以及经退火、正火和调质处理的钢材等的硬度。

布氏硬度压痕大,试验结果比较准确。但较大压痕有损试样表面,不宜用于成品件与薄件的硬度测试,而且布氏硬度整个试验过程较麻烦。

(圆) 洛氏硬度摇洛氏硬度的测定在洛氏硬度机上进行。与布氏硬度试验一样,洛氏硬度也是一种压入硬度试验,但它不是测量压痕面积,而是测量压痕的深度,以深度大小表示材料的硬度值。

用顶角为 员圆度的金刚石圆锥或直径为 员缘皂皂的淬火钢球做压头,先加初载荷,再加主载荷,将压头压入金属表面,保持一定时间后卸除主载荷,根据压痕的残余深度确定硬度值。用符号 匀砸表示,

$$匀砸 = \frac{澡}{云原 澡}$$

式中的 澡——压痕的残余深度,皂皂;

运——常数(用金刚石压头,运越员园;用淬火钢球做压头,运越员圆)。

为了能在同一洛氏硬度机上测定从软到硬的材料硬度,采用了由不同的压头和载荷组成的几种不同的洛氏硬度标尺,并用字母在 $\frac{1}{2}$ 圆后加以注明,常用的洛氏硬度是 $\frac{1}{2}$ 圆、 $\frac{1}{2}$ 圆和 $\frac{1}{2}$ 圆三种。

表示洛氏硬度时,硬度值写在硬度符号的前面。例如 $\frac{1}{2}$ 圆表示用标尺 $\frac{1}{2}$ 圆测得的洛氏硬度值为 $\frac{1}{2}$ 圆。

洛氏硬度试验操作简便迅速,可直接从硬度机表盘上读出硬度值。压痕小,可直接测量成品或较薄工件的硬度。但由于压痕较小,测得的数据不够准确,通常应在试样不同部位测定三点取其算术平均值。

( $\frac{1}{2}$ 圆)维氏硬度 $\frac{1}{2}$ 圆维氏硬度试验原理基本上与布氏硬度相同,也是根据压痕单位面积上的载荷大小来计算硬度值。所不同的是采用相对面夹角为 $\frac{1}{2}$ 圆的正四棱锥体金刚石做压头。

试验时,用选定的载荷 $\frac{1}{2}$ 圆将压头压入试样表面,保持规定时间后卸除载荷,在试样表面压出一个四方锥形压痕,测量压痕两对角线长度,求其算术平均值,用以计算出压痕表面积,以压痕单位面积上所承受的载荷大小表示维氏硬度值,用符号 $\frac{1}{2}$ 圆表示,

维氏硬度适用范围宽( $\frac{1}{2}$ 圆 $\frac{1}{2}$ 圆),可以测从极软到极硬材料的硬度,尤其适用于极薄工件及表面薄硬层的硬度测量(如化学热处理的渗碳层、渗氮层等),其结果精确可靠。缺点是测量较麻烦,工作效率不如洛氏硬度高。

各种硬度间没有理论的换算关系,但可通过查 $\frac{1}{2}$ 圆 $\frac{1}{2}$ 圆 $\frac{1}{2}$ 圆几种常用硬度换算表进行近似换算。

### $\frac{1}{2}$ 圆冲击韧度

强度、塑性、硬度都是在缓慢加载即静载荷下的力学性能指标。实际上,许多机械零件常在冲击载荷作用下工作,例如锻锤的锤杆、冲床的冲头等。所谓冲击载荷是指以很快的速度作用于零件上的载荷。对承受冲击载荷的零件,不但要求有较高的强度,而且要求有足够的抵抗冲击载荷的能力。

金属材料在冲击载荷作用下抵抗破坏的能力称为冲击韧度( $\frac{1}{2}$ 圆 $\frac{1}{2}$ 圆 $\frac{1}{2}$ 圆)。材料的冲击韧度值通常采用摆锤式一次冲击试验进行测定。冲击试验是在摆锤式冲击试验机上进行的,其试验原理如图 $\frac{1}{2}$ 圆所示。

将带有缺口的标准冲击试样安放在冲击试验机的支座上,试样缺口背向摆锤冲击方向。把质量为 $\frac{1}{2}$ 圆的摆锤从一定高度 $\frac{1}{2}$ 圆落下,将试样冲断,冲断试样后,摆锤继续升到 $\frac{1}{2}$ 圆的高度。摆锤冲断试样所消耗的能量称为冲击吸收功,用符号 $\frac{1}{2}$ 圆表示。