



高等职业教育工程机械类专业规划教材

机械基础

沈旭 主编

钱晓琳 李云聪 副主编

孙厚芳[北京理工大学] 主审



人民交通出版社
China Communications Press

高等职业教育工程机械类专业规划教材

Jixie Jichu 机械基础

沈旭 主编

钱晓琳 李云聪 副主编

孙厚芳[北京理工大学] 主审



YZLI0890169098

人民交通出版社

内 容 提 要

本书内容由机械制造基础和机械设计基础两篇构成。根据当前高职高专的专业基础课程的教学改革需要,本书采纳了高职教学经验丰富的教师和工程技术人员建议与意见,打破机械工程材料、机械制造工艺基础、公差与配合、工程力学、机械原理和机械零件六门传统课程界限,整合精练为认识金属材料、改善钢的性能、选用金属材料、加工毛坯和零件、检验加工精度、校核零件安全性、分析常用平面机构、分析常用机械传动形式、分析连接、分析轴系零部件十个项目。每个项目按任务驱动的形式展开课程内容,按照“知识目标→能力目标→任务描述→知识链接→任务实施→自我检测”六个环节编写。

本书为高等职业技术学院的工程机械运用与维护专业、工程机械技术服务与营销专业的教学用书,也可作为机械类其他专业的教学参考书,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械基础/沈旭主编. —北京:人民交通出版社,2013.1

高等职业教育工程机械类专业规划教材

ISBN 978-7-114-10299-8

I. ①机… II. ①沈… III. ①机械学—
高等职业教育—教材 IV. ①TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 005863 号

高等职业教育工程机械类专业规划教材

书 名:机械基础

著 作 者:沈 旭

责任编辑:夏 迎

文字编辑:周 凯

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com>

销售电话:(010)59757973

总 经 销:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京交通印务实业公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:20.75

字 数:518 千

版 次:2013 年 1 月 第 1 版

印 次:2013 年 1 月 第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-10299-8

定 价:56.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

高等职业教育工程机械类专业 规划教材编审委员会

主任委员 张 铁(山东交通学院)

副主任委员(按姓氏笔画排序)

沈 旭(南京交通职业技术学院)

吕其惠(广东交通职业技术学院)

李文耀(山西交通职业技术学院)

邵 茜(河南交通职业技术学院)

吴幼松(安徽交通职业技术学院)

贾玉斌(内蒙古大学)

委 员(按姓氏笔画排序)

丁成业(南京交通职业技术学院)

王 俊(安徽交通职业技术学院)

田兴强(贵州交通职业技术学院)

孙珍娣(新疆交通职业技术学院)

刘 波(辽宁省交通高等专科学校)

吴明华(安徽交通职业技术学院)

吴 哲(辽宁省交通高等专科学校)

李云聪(山西交通职业技术学院)

张炳根(湖南交通职业技术学院)

杨长征(河南交通职业技术学院)

高贵宝(山东现代职业学院)

徐永杰(鲁东大学)

王 健(内蒙古大学)

王德进(新疆交通职业技术学院)

代绍军(云南交通职业技术学院)

闫佐廷(辽宁省交通高等专科学校)

祁贵珍(内蒙古大学)

杜艳霞(河南交通职业技术学院)

陈华卫(四川交通职业技术学院)

李光林(山东交通职业技术学院)

杨 川(成都铁路学校)

赵 波(辽宁省交通高等专科学校)

徐化娟(甘肃交通职业技术学院)

特邀编审委员(按姓氏笔画排序)

万汉驰(三一重工股份有限公司)

孔渭翔(徐工集团挖掘机械有限公司)

王彦章(中国龙工挖掘机事业部)

王国超(山东临工工程机械有限公司重机公司)

孔德锋(济南力拓工程机械有限公司)

韦 耿(广西柳工机械股份有限公司挖掘机事业部)

田志成(国家工程机械质量监督检验中心)

冯克敏(成都市新筑路桥机械股份有限公司)

任华杰(徐工集团筑路机械有限公司)

吕 伟(广西玉柴重工有限公司)

刘士杰(中交西安筑路机械有限公司)

张立银(山推工程机械股份有限公司工程机械研究总院)

李世坤(中交西安筑路机械有限公司)

李太杰(西安达刚路面机械股份有限公司)

李旭涛(力士德工程机械股份有限公司)

赵家宏(福建晋工机械有限公司)

姚录廷(青岛科泰重工机械有限公司)

顾少航(中联重科股份有限公司渭南分公司)

谢 耘(山东临工工程机械有限公司)

秘 书 长 丁润铎(人民交通出版社)



总 序

中国高等职业教育在教育部的积极推动下,经过10年的“示范”建设,现已进入“标准化”建设阶段。

2012年,教育部正式颁布了《高等职业学校专业教学标准》,解决了我国高等职业教育教什么,怎么教,教到什么程度的问题。为培养目标和规格、组织实施教学、规范教学管理、加强专业建设、开发教材和学习资源提供了依据。

目前,国内开设工程机械类专业的高等职业学校,大部分是原交通运输行业的院校,现交通职业学院,而且这些院校大都是教育部“示范”建设学校。人民交通出版社审时度势,利用行业优势,集合院校10年示范建设的成果,组织国内近20所开设工程机械类专业高等职业教育院校专业负责人和骨干教师,于2012年4月在北京举行“示范院校工程机械专业教学教材改革研讨会”。本次会议的主要议题是交流示范院校工程机械专业人才培养工学结合成果、研讨工程机械专业课改教材开发。会议宣布成立教材编审委员会,张铁教授为首届主任委员。会议确定了8种专业平台课程、5种专业核心课程及6种专业拓展课程的主编、副主编。

2012年7月,高等职业教育工程机械类专业教材大纲审定会在山东交通学院顺利召开。各位主编分别就教材编写思路、编写模式、大纲内容、样章内容和课时安排进行了说明。会议确定了14门课程大纲,并就20门课程的编写进度与出版时间进行商定。此外,会议代表商议,教材定稿审稿会将按照专业平台课程、专业核心课程、专业拓展课程择时召开。

本教材的编写,以教育部《高等职业学校专业教学标准》为依据;以培养职业能力为主线;任务驱动、项目引领、问题启智;教、学、做一体化;既突出岗位实际,又不失工程机械技术前沿;同时将国内外一流工程机械的代表产品及工法、绿色节能技术等融入其中。使本套教材更加贴近市场,更加适应“用得上,下得去,干

得好”的高素质技能人材的培养。

本套教材适用于教育部《高等职业学校专业教育标准》中规定的“工程机械控制技术(520109)”、“工程机械运用与维护(520110)”、“公路机械化施工技术(520112)”、“高等级公路维护与管理(520102)”、“道路桥梁工程技术(520108)”等专业。

本套教材也可作为工程机械制造企业、工程施工企业、公路桥梁施工及养护企业等职工培训教材。

本套教材也是广大工程机械技术人员难得的技术读本。

本套教材是工程机械类专业广大高等职业示范院校教师、专家智慧和辛勤劳动的结晶。在此向所有参与者表示敬意和感谢。

高等职业教育工程机械类专业规划教材编审委员会

2013.1



前言

本书根据工程机械运用与维护专业典型工作岗位的工作任务对专业基础知识和能力的要求,打破传统学科体系的课程界限,将机械工程材料、机械制造工艺基础、公差与配合、工程力学、机械原理和机械零件六门课程的内容课进行了整合精练,使之能够满足工程机械运用与维护专业的学生掌握必要的机械专业基础知识的要求,同时为学生在今后学习和工作中可持续学习和知识迁移搭建扎实的专业基础知识平台。

本书具有以下主要特点:

(1)从工程应用到机械系统整体考虑,将多门专业基础课程的教学内容重新组合,有机地形成一个完整的综合课程系统,能够达到用较少的学时数完成学习机械专业基础知识的目的。

(2)本书内容由机械制造基础和机械设计基础两篇构成,分为认识金属材料、改善钢的性能、选用金属材料、加工毛坯和零件、检验加工精度、校核零件安全性、分析常用平面机构、分析常用机械传动形式、分析连接、分析轴系零部件十个项目。每个项目按任务驱动的形式展开,每个任务按照“知识目标→能力目标→任务描述→知识链接→任务实施→自我检测”六个环节编排课程内容,形成一个完整的闭环系统。

(3)在教材体系和内容安排上遵循认知和学习规律,重视工程实际应用,尽可能反映科技的最新发展动态,同时便于教师有计划地引导学生开展自主学习及研究学习,注重学生创新意识的熏陶和训练。

本书由南京交通职业技术学院沈旭主编,南京交通职业技术学院钱晓琳和山西交通职业技术学院李云聪担任副主编。编写分工如下:沈旭编写项目一、项目五和项目十;李云聪编写项目二和项目三;北京交通职业技术学院马连霞编写项目四;钱晓琳编写项目六和项目八;河南交通职业技术学院潘明存编写项目七;河

南交通职业技术学院张正华编写项目九。此外,南京伟亿精密机械制造有限公司的孙乃刚先生和苏州嘉天利工程设备有限公司的吴金龙先生也在百忙之中抽出时间参与了课程标准的制定并审核了全书,在此深表感谢!

在本书的编写过程中,南京交通职业技术学院、山西交通职业技术学院、北京交通职业技术学院、河南交通职业技术学院等单位的领导和老师给予了编写组大力的支持和帮助,在此一并表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中错误与不足之处在所难免,敬请使用本书的师生与读者批评指正,以便修订时改进。

编者

2012年10月



目 录

第一篇 机械制造基础

项目一 认识金属材料	5
任务一 认识金属的主要性能	5
任务二 探究金属的组织结构	14
项目二 改善钢的性能	26
任务一 热处理钢材	26
任务二 合金化钢材	38
项目三 选用金属材料	42
任务一 选用碳钢	42
任务二 选用合金钢	49
任务三 选用铸铁	64
任务四 选用有色金属	72
项目四 加工毛坯和零件	85
任务一 加工毛坯	85
任务二 机加工零件	110
项目五 检验加工精度	140
任务一 检测尺寸误差	140
任务二 检测形位误差	149
任务三 检测表面粗糙度	162

第二篇 机械设计基础

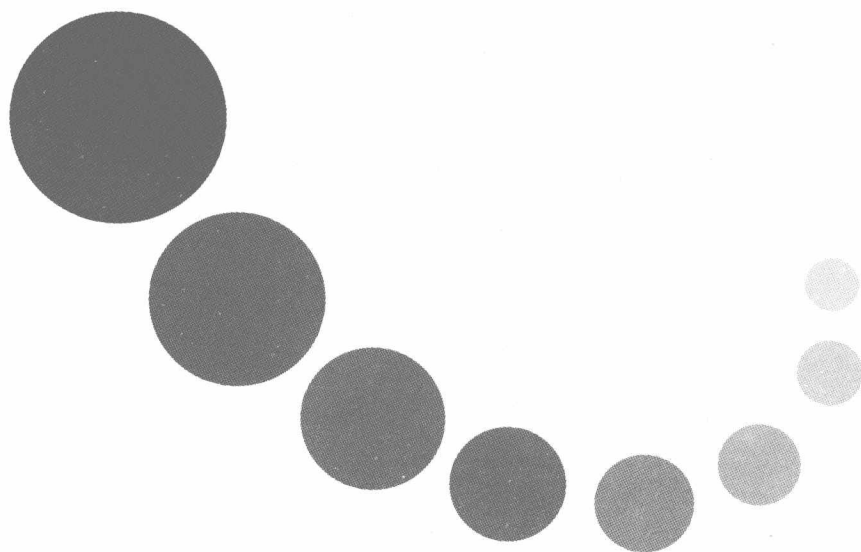
项目六 校核零件安全性	173
任务一 分析平衡机构中零件的受力	173

任务二 计算平衡机构中零件的受力·····	180
任务三 分析基本变形时的零件承载能力·····	188
子任务一 分析轴向拉伸和压缩·····	190
子任务二 分析剪切和挤压·····	195
子任务三 分析圆轴扭转·····	197
子任务四 分析平面弯曲·····	202
项目七 分析常用平面机构·····	209
任务一 计算平面机构自由度·····	209
任务二 分析平面连杆机构·····	214
任务三 分析凸轮机构·····	224
项目八 分析常用机械传动形式·····	232
任务一 分析带传动·····	232
任务二 分析链传动·····	242
任务三 分析齿轮传动·····	247
任务四 分析轮系·····	267
项目九 分析连接·····	275
任务一 分析螺纹连接·····	275
任务二 分析轴毂连接·····	284
任务三 分析轴间连接·····	290
项目十 分析轴系零部件·····	295
任务一 分析轴·····	295
任务二 分析轴承·····	304
附表一 尺寸小于或等于 500mm 的轴的基本偏差数值·····	317
附表二 尺寸小于或等于 500mm 的孔的基本偏差数值·····	318
参考文献·····	319



第一篇

机械制造基础



机械基础是工程机械运用与维护专业和相关专业的一门必修专业基础课,在专业学习中起到承上启下的作用。学习本课程主要是为后续的专业核心课程,如工程机械内燃机构造与维修、工程机械底盘构造与维修等,提供必要的机械专业基本理论知识,并为今后的可持续发展提供必要的机械专业知识迁移平台。

机械基础作为一门综合化课程,其具有信息量大且新、内容精且散的特点。课程内容以“机械工程材料”为内容载体,以生产过程“材料→零(部)件→机构→机械”为导向,设置10个项目,28个任务。第一学期讲授以记忆性内容为主的机械制造基础篇;第二学期讲授以应用性内容为主的机械设计基础篇。

机械制造是机器制造工艺过程的总称,是指将原材料制成毛坯,再将毛坯加工成机械零件,最后由零件装配成机器的整个过程。注意,大部分冲压件、塑料件、陶瓷制品等主要使用模具将原料直接制成产品。机械制造的一般过程如图1-0-1所示。



图1-0-1 机械制造的一般过程

材料是人类用于制造器件、构件、机器或其他产品的物质。材料先于人类存在,是人类生活和生产的物质基础。利用材料也是人类进化的标志之一,任何工程技术都离不开材料的设计和制造工艺;一种新材料的出现,必将支持和促进当时社会文明的发展和技术的进步。

提及材料时,环看你的四周,相信仅用几十秒,你就可以指出至少10种不同的材料。以手机为例:塑料外壳、液晶屏幕、锂电池、铜质接口、半导体芯片、玻璃摄像镜片。教室和宿舍是由钢铁和水泥等材料建成的,衣服是由棉、化纤等材料制作的,眼镜片由玻璃或树脂材料制成等。

材料有各种不同的分类方法,比较科学的方法是根据材料的结合键性质进行分类。机械工程材料一般分为:金属材料、陶瓷材料、高分子材料和复合材料四大类,见表1-0-1。其中,金属材料将是我们学习的重点。

机械工程材料的四大类

表1-0-1

材料类别	材料组成	结合键	主要性能	举 例
金属材料	金属元素为主	金属键	导电、导热、延展性好、具有金属光泽	碳钢、铸铁、合金钢、铝合金、铜合金、钛合金等
陶瓷材料	金属与非金属的化合物为主	共价键离子键	熔点高、硬度大、化学稳定性好、绝缘、耐热、脆性大	普通陶瓷是硅和铝氧化物的硅酸盐材料;无机玻璃、玻璃陶瓷等
高分子材料(聚合物)	碳氢化合物为主	共价键分子键	绝缘、减振性好、密度小、耐蚀性较好	塑料、橡胶、合成纤维
复合材料	以上不同材料的组合	混合键	相比单一材料,在某些性能上具有绝对优势	玻璃钢、铝塑薄膜、梯度功能材料、抗菌材料等

工业生产中把金属分为黑色金属和有色金属两大类。黑色金属是铁和以铁为基体的合金,主要包括碳钢、铸铁、合金钢等;有色金属是除黑色金属以外的所有金属及其合金,主要包括铝合金、铜合金、钛合金、镍合金等。

工程材料是指用于机械工程、电气工程、建筑工程、化工工程、航空航天工程等领域材料的

统称。人类使用材料的实质是使用材料所具有的一种或多种性能。材料的性能与材料的化学成分、组织、结构、加工工艺等多种因素相关,它们的关系如图 1-0-2 所示。



图 1-0-2 影响材料性能的多种因素关系图

进入 21 世纪,现代科学技术飞跃发展。材料技术、能源技术、信息技术成为现代人类文明的三大支柱。现在,世界上已有传统材料数十万种,并且新材料的品种正以每年大约 5% 的速度增长。在工程材料的研究和应用方面,传统钢铁材料不断扩大品种规模,不断提高质量并降低成本,在冶炼、浇铸、加工和热处理等工艺上不断革新,出现了炉外精炼、连铸连轧、控制轧制等新工艺。微合金钢、低合金高强度钢、双相钢等新钢种不断涌现;在非铁金属及其合金方面,出现了高纯高韧铝合金和钛合金,高温铝合金和钛合金,镍基、铁基、铬基高温合金,难熔金属合金及稀贵金属合金等;快速冷凝金属非晶和微晶材料、纳米金属材料、定向凝固柱晶和单晶合金等许多新型高性能金属材料、磁性材料、形状记忆合金等功能材料也层出不穷。

在机械加工工艺方面,各种特种加工和特种处理工艺方法也日益繁多。传统的机械制造工艺过程正在发生变化,如铸造、压力加工、焊接、热处理、胶接、切削加工、表面处理等生产环节采用高效专用设备和先进工艺,普遍实行工艺专业化和机械生产自动化;为适应产品更新换代周期短、品种规格多样化的需要,高效柔性加工系统获得迅速发展;计算机集成制造系统将计算机设计系统(CAD)、计算机辅助制造系统(CAM)与生产管理信息系统(MIS)综合成一个有机整体,实现了机械制造过程的高度自动化,极大提高了劳动生产率和社会经济效益。

项目一

认识金属材料

任务一 认识金属的主要性能

知识目标

1. 掌握金属材料的强度、塑性、硬度等力学性能指标的含义及测试方法。
2. 了解金属材料的物理性能、化学性能和工艺性能。

能力目标

1. 能根据相关指标初步判断金属材料的优劣。
2. 能正确识读技术资料中关于金属材料性能主要指标的符号及含义。

任务描述

根据学习和分析,回答以下问题:

- (1) 现测得长短两根 $d_0 = 10\text{mm}$ 圆形截面标准拉伸试样的 δ_{10} 和 δ_5 均为 25%, 求两试样拉断后的标距长度是多少? 哪根试样的塑性好? 为什么?
- (2) 锉刀、黄铜管、硬质合金刀片、供应状态的钢材、耐磨工件的表面硬化层各采用什么硬度指标?
- (3) 为什么铜质文物相比铁质文物保存完整?
- (4) 为什么在多数零件图纸上的技术要求中会对材料的硬度有要求?

知识链接

金属是指具有良好的导电性和导热性,有一定的强度和塑性并具有光泽的物质,如铁、铝、铜等。金属材料是由金属元素或以金属元素为主组成的并具有金属特性的工程材料,它包括纯金属和合金两类。

纯金属在工业生产中虽然具有一定的用途,但由于它的强度、硬度一般都较低,而且冶炼困难,价格较高,因此,在使用上受到很大的限制。目前在工业生产中广泛使用的主要是合金材料。合金是指两种或两种以上的金属元素或金属与非金属元素组成的金属材料。例如,普

通黄铜是由铜和锌两种金属元素组成的合金;非合金钢是由铁和碳两种元素组成的合金。与组成合金的纯金属相比,合金除具有更好的力学性能外,还可通过调整组成元素之间的比例,以获得一系列性能各不相同的合金,从而满足工业生产上不同的性能要求。

在现代工业生产中,金属材料由于其特有的性能被广泛应用,因此是工程材料的核心。了解金属材料知识,对于机械行业的技术人员掌握有关金属材料主要性能极为重要。通常,金属材料的性能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的特性,包括力学性能、物理性能和化学性能。工艺性能是指金属材料在制造加工过程中所表现出的特性,主要包括铸造性、锻造性、焊接性、热处理性以及切削加工性等。

一、金属的力学性能

机械零件和工具在使用过程中要受到各种外力作用,力学性能是指金属材料在外力作用下所表现出来的性能。金属力学性能的高低表征金属抵抗各种机械损害能力的强弱,是评定金属材料的主要判断依据,也是选材和进行安全性校核的主要依据。金属力学性能的主要指标有强度、塑性、硬度、冲击韧度和疲劳强度等。

1. 强度

强度是指材料在外力作用下,抵抗塑性变形和断裂的能力。

根据外力形式不同,强度可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗扭强度等。工程上,主要使用通过拉伸试验测得的屈服强度和抗拉强度作为金属材料的强度指标。

拉伸试验是指在拉伸试验机上用静拉伸力对试样进行轴向拉伸,直至试样断裂,测量试样在拉伸过程中的拉伸力 F 和伸长量 ΔL ,记录装置将数据绘制成“力—伸长曲线”,或称“ $F-\Delta L$ 曲线”,通过分析图线得到相关力学性能指标。

通常采用圆柱形拉伸试样,如图 1-1 所示。图 1-1-1a) 为未拉伸的试样,图 1-1-1b) 为拉伸后的试样。试样分为短试样 ($L_0 = 5d_0$) 和长试样 ($L_0 = 10d_0$) 两种。

图 1-1-2 为退火低碳钢的力—伸长曲线,可以看出,试样从开始拉伸到断裂要经过:弹性变形阶段、屈服阶段、变形强化阶段、缩颈与断裂四个阶段。

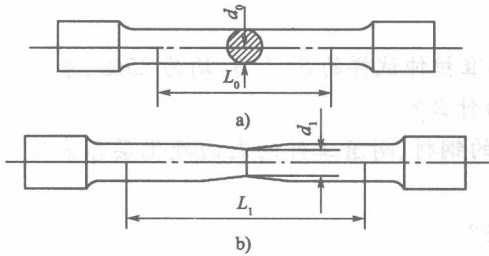


图 1-1-1 圆柱形拉伸试样

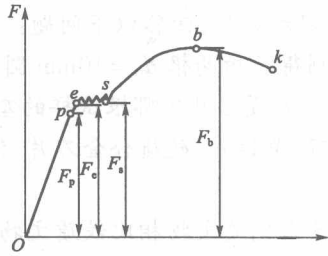


图 1-1-2 退火低碳钢的力—伸长曲线

(1)弹性变形阶段—— oe 段:当拉伸力不超过 F_e 时,试样发生弹性变形。此时,如果卸载,试样仍能恢复到原来的尺寸。在图线中,完全呈直线的 op 段称为完全弹性阶段,这一阶段的拉伸力和伸长量成正比,即胡克定律 $F = k\Delta L$ 。在弹性变形阶段,有两个强度指标:

$$\text{弹性极限 } \sigma_e = \frac{F_e}{A_0}$$

$$\text{比例极限 } \sigma_p = \frac{F_p}{A_0}$$

式中: F_e ——弹性变形阶段内的最大拉伸力, N;

F_p ——完全弹性阶段内的最大拉伸力, N;

A_0 ——试样的原始面积, mm^2 。

(2) 屈服阶段—— es 段: 当拉伸力超过 F_e 后, 试样将进一步伸长, 此时, 如果卸载, 弹性变形消失, 而另有一部分变形却不能消失, 即在 e 点之后, 试样开始发生塑性变形。 es 段呈现水平或锯齿形线段, 表明在拉伸力基本不变的情况下, 试样却继续变形, 这种现象称为“屈服”。在屈服阶段, 有一个强度指标:

$$\text{屈服极限/屈服强度/屈服点 } \sigma_s = \frac{F_s}{A_0}$$

对于屈服现象不明显的材料, 常以材料产生 0.2% 的塑性伸长时的拉伸力与试样原始面积比值作为屈服强度, 称为“名义屈服点”或“条件屈服点”, 用“ $\sigma_{0.2}$ ”表示。

(3) 变形强化阶段—— sb 段: 在屈服阶段后, 拉伸力和伸长量之间以曲线形式增加, 说明材料恢复抵抗外力的能力, 故此阶段称为变形强化阶段。 b 点对应的 F_b 是材料在断裂前所能承受的最大拉伸力。在变形强化阶段, 有一个强度指标:

$$\text{抗拉强度/抗拉极限 } \sigma_b = \frac{F_b}{A_0}$$

抗拉强度 σ_b 是金属材料在静拉伸条件下的最大承载能力, 也是金属材料由均匀塑性变形向局部集中塑性变形过渡的临界值。对于塑性金属来说, 拉伸试样在承受最大拉应力 σ_b 之前, 变形是均匀一致的; 但超过 σ_b 后, 金属就开始出现缩颈现象, 即产生集中变形。

(4) 缩颈与断裂阶段—— bk 段: 当拉伸力达到最大值 F_b 后, 试样截面发生局部收缩的“缩颈”现象, 直至到 k 点时被拉断。

工程上, 屈服点 σ_s 和抗拉强度 σ_b 是材料极为重要的力学性能指标, 是大多数机械零件选材和设计的依据。其中, 塑性材料的极限应力为屈服点 σ_s ; 脆性材料的极限应力为抗拉强度 σ_b 。工程上不仅希望所用的金属材料具有较高的屈服点 σ_s 和抗拉强度 σ_b , 还希望其具有一定的屈强比 σ_s/σ_b 。屈强比越小, 零件的可靠性越高, 即万一超载也不至于立即断裂; 但屈强比过小, 则材料强度的有效利用率就会太低。

2. 塑性

塑性是指材料在外力作用下, 发生塑性变形但不破坏的能力。评定材料塑性的两个指标“断后伸长率”和“断面收缩率”也是通过拉伸试验测得的。

$$\text{断后伸长率 } \delta = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\%$$

$$\text{断面收缩率 } \psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\%$$

长、短试样的断后伸长率分别用“ δ_{10} ”、“ δ_5 ”表示。通常, δ_5 要比 δ_{10} 大一些, 两者不能直接比较。工程上, 依据断后伸长率 δ_{10} 是否达到 5% 划分塑性材料和脆性材料。金属塑性对零件的加工和使用都具有重要的实际意义。塑性好的材料不仅能顺利地进行锻压、轧制等成型工艺; 而且在使用时万一超载, 由于塑性好, 能避免突然断裂, 增加了材料的可靠性。所以, 大多数机械零件除要求具有较高的强度外, 还必须具有一定的塑性。

3. 硬度

硬度是指金属表面抵抗局部变形, 特别是塑性变形、压痕或划痕的能力。硬度是衡量金属