

高等学校函授教材

(兼作高等教育自学用书)

金属工艺学

(机械类各专业用)

上册

北京钢铁学院 金属工艺学教研室 编

王允禧 主编

高等教育出版社

内 容 提 要

本书系根据 1981 年 12 月审订的高等工业学校机械类专业试用《金属工艺学函授教学大纲》(草案)编写的。

全书分上、下两册出版。上册共四篇,包括:金属材料的基础知识、铸造、金属压力加工、焊接。细分为二十章,每章末附有自我检查题,便于学生用来自行检查掌握教材内容的程度;每篇末附有作业题,可用来考查自学的效果。

本书可作为高等工业学校机械类各专业函授学生和自学者用书,也可供全日制工科院校及电视、职工大学师生参考。

责任编辑 单继清

高等学校函授教材
(兼作高等教育自学用书)
金 属 工 艺 学
(机械类各专业用)
上 册

北京钢铁学院 金属工艺学教研室 编
王允禧 主编

高等教育出版社出版
新华书店北京发行所发行
二二〇七工厂印装

开本 787 × 1092 1/16 印张 17.75 字数 408,000
1985 年 2 月第 1 版 1985 年 2 月第 1 次印刷
印数 00,001—12,000

书号 15010·0596 定价 3.40 元

前 言

本书是根据教育部1981年12月高等工业学校函授教学工作会议审订的《金属工艺学函授教学大纲》(草案)编写的,可作为高等工业学校机械类专业的函授教材,也可供电视大学、职工大学和有关工程技术人员选用。

全书共五篇,分两册出版。上册四篇:金属材料的基础知识;铸造;金属压力加工;焊接。下册一篇:切削加工。

本书力求从下述几个方面反映函授、自学教材的特点:

1. 各篇、章的前面有“学习指导”:介绍本篇、章的基本内容,各部分之间的内在联系及在本书中的地位;指出学习本篇、章的目的、要求及其重点和深广度;介绍学习方法。

2. 根据函授教学计划中不单设“金工实习”课的安排,本书将实习教材中主要加工方法及有关的典型设备、工具的工作原理、结构和功用,综合在一起编写。

3. 本书基本内容的深广度,相当于全日制高等学校的教材,但在叙述上注意详略适当,重点或难点则力求深入浅出、循序渐进、“台阶”较小,以利自学。书中力求围绕基本要求教给学生分析问题的思路和方法。

4. 各篇、章的后面,分别附有自我检查题和作业题。自我检查题用于检查基本内容的掌握程度;作业题用于培养分析和运用的能力。

本书由北京钢铁学院金属工艺学教研室编写。其中,绪论由王允禧、第一篇由夏琦、第二篇第五章由马毅、第六、七、八、九章和第三篇由王允禧、第四篇由米舒平、第五篇第二十一、二十二、二十六、二十七、二十九章由陈端树、第二十三、二十四、二十五章由肖秀文、第三十章由肖秀文、陈端树、第二十八、三十一、三十二章由何永智编写。上册由王允禧主编、下册由陈端树主编。

本书承主审单位北方交通大学王金华、郭兴铭、袁梓桂、王绍孔、罗韵琴、王广涛、李士松并邀请南京工学院骆志斌、王德品、清华大学金问楷、曹聿、龚国尚等同志参加审稿会议,提出许多宝贵意见。最后,主审单位王金华、郭兴铭、徐德基、王绍孔等同志复审热加工部分;袁梓桂、郑孝友、罗韵琴、李士松、王广涛等同志复审冷加工部分,在此表示衷心感谢。

由于编者水平所限,书中错误与不妥之处在所难免,恳切希望有关同志和读者提出批评建议,以便改进。

编 者

一九八四年三月

目 录

绪论	1
----------	---

第一篇 金属材料的基础知识

学习指导	4	自我检查题	20
第一章 金属及合金的主要性能	5	第三章 铁碳合金	22
学习指导	5	学习指导	22
§ 1-1 金属及合金的机械性能	5	§ 3-1 铁碳合金的基本组织	22
§ 1-2 金属及合金的物理、化学及工艺 性能简介	13	§ 3-2 铁碳合金状态图	24
自我检查题	13	§ 3-3 钢的分类、编号和应用	33
第二章 金属及合金的晶体结构和 结晶过程	14	自我检查题	37
学习指导	14	第四章 钢的热处理知识	38
§ 2-1 金属的晶体结构	14	学习指导	38
§ 2-2 金属的结晶过程和同素异晶转变	15	§ 4-1 钢在加热和冷却时的组织转变	39
§ 2-3 合金的结构	18	§ 4-2 钢的热处理工艺	41
		自我检查题	44
		作业题	45

第二篇 铸 造

学习指导	46	§ 6-4 铸件的常见缺陷	79
概述	46	自我检查题	81
第五章 砂型铸造	48	第七章 常用合金铸件的生产	82
学习指导	48	学习指导	82
§ 5-1 造型材料	48	§ 7-1 铸铁件生产概述	82
§ 5-2 各种造型方法的特点和应用	49	§ 7-2 铸铁的组织、性能和用途	84
§ 5-3 型芯的制造和砂型的合箱	57	§ 7-3 铸铁的熔化	92
§ 5-4 铸型的浇注和铸件的落砂清理	60	§ 7-4 铸钢件生产	95
§ 5-5 铸造工艺图的制定及模型的制造	61	§ 7-5 铜、铝合金铸件的生产	98
自我检查题	69	自我检查题	101
第六章 合金的铸造性能	71	第八章 特种铸造	102
学习指导	71	学习指导	102
§ 6-1 合金的流动性	71	§ 8-1 金属型铸造	102
§ 6-2 合金的收缩	73	§ 8-2 压力铸造	103
§ 6-3 铸造应力、变形和裂纹的形成与 防止	77	§ 8-3 低压铸造	105
		§ 8-4 离心铸造	106

§8-5 熔模铸造	107	§9-1 铸造工艺对铸件结构的要求	112
§8-6* 其它特种铸造方法	108	§9-2 铸造合金性能对铸件结构的要求	115
§8-7 各种铸造方法的比较	110	§9-3 组合铸件的应用	119
自我检查题	111	自我检查题	120
第九章 铸件结构工艺性	112	作业题	121
学习指导	112		

第三篇 金属压力加工

学习指导	123	§13-1 锤上模锻	163
概述	123	§13-2 胎模锻造	169
第十章 金属的塑性变形	126	§13-3 其它设备上的模锻	170
学习指导	126	自我检查题	176
§10-1 金属塑性变形的实质	126	第十四章 板料冲压	177
§10-2 塑性变形后的金属组织和性能	128	学习指导	177
§10-3 金属的可锻性	132	§14-1 冲压设备简介	177
自我检查题	134	§14-2 板料冲压的基本工序	179
第十一章 金属的加热和锻件冷却	135	§14-3 冲裁	181
学习指导	135	§14-4 冲裁模及其设计要点简介	184
§11-1 加热时钢的组织 and 性能变化	135	§14-5 拉深	189
§11-2 加热缺陷和锻造温度范围	137	§14-6 冲压件的结构工艺性	191
§11-3 加热规范	139	自我检查题	193
§11-4 加热设备简介	140	第十五章 金属压力加工新工艺简介	194
自我检查题	142	学习指导	194
第十二章 自由锻造	143	§15-1* 高能成形	194
学习指导	143	§15-2* 超塑性成形	196
§12-1 自由锻造设备简介	143	§15-3* 粉末热锻	199
§12-2 自由锻的基本工序	147	§15-4 精密模锻	200
§12-3 自由锻工艺规程的编制	152	§15-5 零件的轧制	200
§12-4 高合金钢锻造特点	160	§15-6 零件的挤压	202
自我检查题	161	自我检查题	205
第十三章 模型锻造	163	作业题	205
学习指导	163		

第四篇 焊 接

学习指导	207	§16-1 焊接电弧	211
概述	207	§16-2 弧焊机	213
第十六章 电弧焊	211	§16-3 手工电弧焊的过程、特点及应用	215
学习指导	211	§16-4 焊条	216

§ 16-5 手工电弧焊工艺	220	自我检查题	256
§ 16-6 埋弧自动焊	223	第十九章 常用金属的焊接	257
§ 16-7 气体保护焊	226	学习指导	257
自我检查题	228	§ 19-1 金属的焊接性	257
第十七章 焊接质量分析	229	§ 19-2 碳钢的焊接	258
学习指导	229	§ 19-3 合金钢的焊接	259
§ 17-1 焊接接头的金属组织及性能	229	§ 19-4 铸铁的补焊	262
§ 17-2 焊接缺陷及成品检验	232	§ 19-5 铜、铝及其合金的焊接	263
§ 17-3 焊接变形与应力	236	自我检查题	265
自我检查题	242	第二十章 焊接结构设计	266
第十八章 其它焊接方法与切割	243	学习指导	266
学习指导	243	§ 20-1 结构材料的选择	266
§ 18-1 气焊与气割	243	§ 20-2 焊接方法的选择	266
§ 18-2 等离子弧焊接与切割	247	§ 20-3 接头与坡口形式的选择	267
§ 18-3 电渣焊	248	§ 20-4 结构工艺性	268
§ 18-4 压焊	249	自我检查题	272
§ 18-5 钎焊	253	作业题	273
§ 18-6 *电子束焊和激光焊	253	附录 教学参观	275

绪 论

金属工艺学是一门研究金属性能、铸造、压力加工、焊接和切削加工的综合性技术基础课。它是高等工科院校多数专业学生的必修课。其目的和任务是使函授生了解常用金属材料性能及其加工工艺的基础知识,为学习其它有关课程、进行课程设计、毕业设计以及以后从事机械设计和制造方面的工作奠定必要的金属工艺学的基础。

在机械制造过程中通常是先用铸造、压力加工或焊接等方法,制做毛坯(或半成品)再经切削加工得到尺寸精确的零件。另外为了改善零件的某些性能,常需经过必要的热处理,最后将制成的各种零件装配成机器。

实际上现代的机器设备种类繁多,用途和特性又各不相同,所采用的具体制造方法往往随产品而异。例如制造滚珠轴承,由于产品精度要求高,磨削加工占用了最大的工作量;又如锅炉、轮船等主要由钢结构件构成,焊接是主要的加工方法;在金属切削机床中,铸件所占比重很大,而仪表则冲压件较多,在制造时所用的主要加工方法也不相同。

但应指出,各种加工方法本身是在不断发展的,所以产品的具体制造方法不是固定不变的。如柴油机用的曲轴,现已有用球墨铸铁来代替锻钢件的。并且各种加工方法在机械制造过程中是相互影响和相互联系的。例如毛坯的制造工艺能直接影响以后的切削加工工艺。

金属工艺学是在生产实践中发展起来的有关加工工艺方法的综合性技术科学。我国历代劳动人民在冶铸技术工艺等方面,积累了丰富的经验,有过辉煌的成就。

我国的生铁冶铸技术比世界各国要早一千九百多年,生铁柔化处理技术比西方早二千三百多年。

战国初期创造的生铁柔化处理技术,使硬且脆的白口铁能转变为展性铸铁(相当于现在的可锻铸铁),从而更适合制做工具和农具,在生产中广泛采用。

汉魏时期的铁器,还出现与现代球墨铸铁金相组织极为相似的球状石墨组织。

商代的晚期遗物司母戊大方鼎(图01),是1939年在河南安阳武官村出土的,用含铜为84.77%,锡为11.64%,铅为2.29%的青铜铸成的,作工精细,重达875公斤。铜锡合金的配比为5:1~6:1,合乎钟鼎之齐(合金)的配比规律。由此可见当时的冶铸技术已相当发达。

战国时期的制剑技艺已相当高超,也说明很早就掌握炼钢、锻造和热处理等工艺技术。

唐朝(约公元7世纪)锡焊和银焊早已被采用,而欧洲直到17世纪才出现这种钎焊方法。

汉朝已有不少简单机械,并有了金属机件,在湖南衡阳出土的东汉人字齿轮,制造相当精致。到了明朝,我国已有多种简易切削

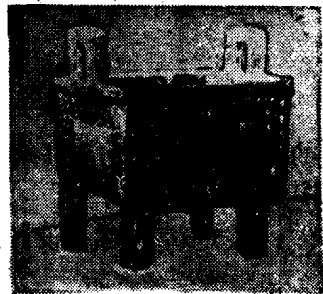


图01 司母戊大方鼎

加工设备。

明朝宋应星所著《天工开物》一书中，载有冶铁、炼钢（百炼钢和灌钢）、铸钟、锻铁（熟铁）、焊接（锡焊和银焊）、淬火等多种金属成形加工方法。该书是世界上最早的有关金属工艺学的著作之一。它反映了我国劳动人民在金属工艺方面的巨大贡献。

然而，由于我国长期处于封建社会制度之下，从1840年鸦片战争到1949年解放前夕，我国人民受尽了帝国主义的侵略和反动派的剥削，严重地阻碍了生产力的发展，使我国的科学技术和生产水平处于极端落后状态。

中华人民共和国建立以后，机械制造业和其它事业一样获得迅速发展。已经建立起拖拉机、汽车、机车、造船、航空、重型机械、精密机床、精密仪表等现代工业。为农业、工业、国防和科学研究提供了必需的设备和装备，促进了国民经济的发展。

1962年6月试车投产的，我国自己设计，用国产材料、自己制造的12000 t水压机，是制造大发电机、大轧钢机、大化工容器、大动力轴一类锻件所必需的设备。

这台水压机上的一个下横梁就有260 t重，一根立柱就将近1 m粗18 m长。这样又重又大的零件，如何加工制造、运输和安装等，都不是轻易能解决的技术问题。到目前为止世界上只有几个国家制造了这种机器，而且总共生产二十来台。

我国人造地球卫星和洲际弹道导弹的研制和发射成功，也与机械制造工艺的发展水平密切相关。由此可见，机械制造在实现四个现代化的进程中担负着重大的任务。

本课程的主要内容如下：

“金属材料”篇主要讲述在机械制造业中常用金属材料的主要性能，金属及合金的组织、成分随温度变化的规律。

“铸造”篇主要讲述生产铸件的各种方法，常用铸造合金的性能，所用设备的工作原理和铸件结构工艺性等。

“金属压力加工”篇主要讲述金属塑性变形的实质、变形后金属组织和性能的变化。锻压设备的工作原理和锻件、冲压件结构工艺性等。

“焊接”篇主要讲述焊接的基本方法，焊接设备的工作原理和焊件结构工艺性以及金属的切割等。

“金属切削加工”篇主要讲述金属切削加工的基本原理、工艺特点和应用，使用典型机床、标准夹具、附件、刀具结构及其功用、以及零件的切削加工工艺性等。

以上各篇的内容均有其相对的独立性，但在机械制造中，它们又是相互联系和紧密配合的。

本课程的基本要求是：

1. 初步掌握各种主要加工方法的基本原理，工艺特点和应用，并有选择毛坯和零件加工方法的基础知识。

2. 初步掌握零件设计的结构工艺性。

函授教学的特点 函授生自学及重点内容课堂面授，而本课程的特点是实践性很强的技术基础课。因此，函授生在自学之前必需具备铸、锻、焊、切削加工等生产实际的感性知识和一

定的操作技能，否则是很难进行自学的。因此要求函授生在自学之前根据自己缺乏的感性知识到有关工厂或学校的实习工厂去进行一次初步参观实习。了解金属的主要加工方法，所用设备情况和工具的使用方法等。对毛坯和零件的加工工艺过程有一般的了解。在自学过程中遇到困难时，还应带着问题再到有关工种去进一步观察和体验书中阐述的内容。

由于本课程的内容异常丰富，包括多种加工方法的基本原理和工艺过程，所用设备的工作原理和构造，生产过程的操作要领和大量的实际数据等。因此当自学到每一篇章时，首先要看懂“学习指导”，抓住各篇中的重点章节的有机联系，掌握其规律性。每一章的后面都附有自我检查题，以帮助函授生消化和深入理解本章的内容。函授生应当根据它来进行复习，做好作业题，要密切联系生产实际，以保证基本内容学到手，不必死记硬背图表中的数字，而要弄清楚这些数据的来源和使用范围。函授生只要按照上述要求去做，一定能达到本课程预期的效果。

每篇中带星(*)号的内容，是为学有余力的同学扩大知识面而编写的，对于一般同学无这方面的要求。

第一篇 金属材料的基础知识

学 习 指 导

本篇主要是为学习本课程中的铸造、压力加工、焊接和切削加工各篇所必需的基础知识而编写的,由于机械类专业以后还有《金属材料及热处理》课,因此,在学习本篇内容时,只要了解和掌握本教材所给基础知识即可,较深广的内容则在后续课中学习。

本篇所阐述的材料性质,主要是金属材料的机械性能,它是设计或制造机械零件选用材料时的重要依据之一;铁碳合金是工业生产中应用最广泛的金属材料,而铁碳合金状态图反映了它的性能随化学成分和组织状态变化的规律。这些内容都是本篇的重点,因此,必须很好掌握。

在学习本篇内容时,除应理解名词术语的基本概念外,还应抓住各章节内容之间的内在联系,这样才能顺理成章、融会贯通,不但容易理解,也便于记忆。例如在熟悉金属材料机械性能指标的基础上,进一步了解材料的内部组织结构对其机械性能的影响以及改善金属材料机械性能的方法。学完本篇后,除应初步具备选用金属材料的能力外,还能将所学的基础知识在以后各篇的有关内容中联系、应用。

金属材料在现代工业、农业、国防、科学技术以及日常生活中都得到广泛的应用,它亦是制造机械的最主要材料,其原因主要是由于它具有良好的机械性能和物理、化学性能,并且可以用较简便的工艺方法将其加工成所需要的各种零、部件,即具有良好的工艺性能。

金属材料是金属和合金的统称。目前已知的化学元素,按其性质的不同分为金属和非金属,金属的特性是:具有良好的导电性和导热性(即具有正的电阻、温度系数),良好的塑性,并具有金属光泽。如铁、铜、金、银等就是金属。若以一种金属为基础,加入其它金属或非金属元素,通过熔合而获得的一种具有金属特性的物质叫做合金。如钢是铁和碳所组成的合金;黄铜是铜和锌组成的合金。

机器制造工业中所使用的金属材料是以合金为主,很少使用纯金属,这是因为合金除具备纯金属的基本特性外,还具有比纯金属更好的机械性能、理化性能和工艺性能,如高强度、强磁性、耐蚀性等。而且,合金的成本一般较低。只有在为了满足某种特殊性能的要求时,才考虑使用纯金属来制造零件。

第一章 金属及合金的主要性能

学 习 指 导

本章的重点是第一节——金属及合金的机械性能。通过学习,必须明确金属材料在外力作用下变形过程的基本概念;并熟悉几个主要的机械性能指标——弹性极限、伸长率、断面收缩率、屈服强度、抗拉强度、硬度、冲击韧性及疲劳强度的代表符号和物理意义,以便在设计或制造机器零件时,能根据零件的机械性能要求,选用所需的材料。有关金属及合金的物理、化学及工艺性能,不是本章重点,只要求作一般的阅读。

从事机械工程设计人员或工艺人员,必须首先熟悉金属及合金的各种主要性能,才能根据机件的技术要求,合理地选用所需的金属材料。

金属及合金的主要性能是指机械性能、物理性能、化学性能和工艺性能等。

§ 1-1 金属及合金的机械性能

金属及合金的机械性能是指金属材料在外力作用下所表现出来的特性,也称为力学性能,如弹性、塑性、强度、硬度和韧性等。机械性能是衡量金属材料、控制材料质量的重要参数,亦是选用材料的重要依据。

金属材料在被加工的过程中或制成机器零、部件后在工作时,都会受到外力的作用,如起重机上的钢索,受到悬吊重物的拉力;钢轨受到火车的压力;电动机的主轴在工作时受到扭力;就是普通紧固螺栓,有时不仅受拉力,同时还受到剪切力等。这种外力叫做载荷(或负荷)。

金属材料受外力作用时,在其内部相应产生与外力相平衡的抵抗力(或称内力),将单位面积上所产生的内力称为应力,其表示方法为

$$\sigma = \frac{P}{F} \text{ MPa}$$

式中 σ ——应力(MPa^①);

P ——外力(N^②);

F ——受力截面的横截面积(mm²)。

各种机械零、部件的尺寸和形状均不相同,而且受力状况和工作环境也不相同,要找到一个能满足各种不相同的条件下的机械性能指标是不可能的。所以,只能根据载荷的性质(静载

① MPa(兆帕)和 Pa(帕斯卡,简称帕)是国际单位制的应力单位,而我国原出版的书籍或材料手册上是采用工程单位制,其应力单位为 kgf/mm²。二者的关系:1kgf/mm²≈10MPa=10⁷Pa。

② N(牛顿,简称牛)是国际单位制的力的单位,而工程单位制力的单位为 kg·f(公斤力)。二者的关系:1kg·f=9.8N。

荷、动载荷、变载荷)、工作时的外界环境(温度的高低、介质的性质)等对材料在特定的条件下进行试验,取得一定的性能指标,以其作为鉴定材料质量及选用材料的依据。测定金属材料机械性能指标的最简便最通用的方法有拉伸试验、硬度试验、冲击韧性试验等。在工业生产中,衡量金属材料机械性能最常用的指标有弹性极限、抗拉强度、屈服强度、塑性、硬度、冲击韧性和疲劳强度等。

下面首先介绍拉伸试验

拉伸试验是测定金属材料静态机械性能指标应用最普遍的方法。

拉伸试验是将按国家标准(GB228—63)①规定的形状和尺寸制作的试样,如图1-1, a)所示,

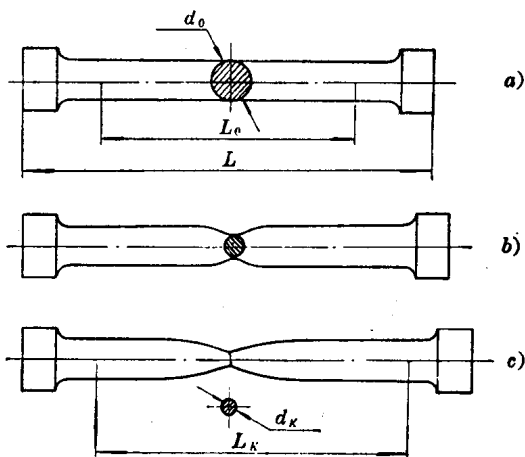


图 1-1 拉伸试样

a) 标准拉伸试样; b) 产生缩颈时; c) 拉断后

装卡在材料试验机上,对其两端施加轴向静拉力,试样受力后开始变形,并随着静拉力的增加变形量增大,直至把试样拉断。而试验机自动记录每一瞬间作用在试样上的拉力 P (载荷)和与其相对应的变形量 Δl 。以试样所载荷 P 为纵坐标、试样受力后的伸长量 Δl 为横坐标、绘制成的载荷与伸长量之间的关系曲线就是通常所称的拉伸曲线(或拉伸图)。由于材料的性质不同,拉伸曲线的形式也有差异。图1-2为不同材料的拉伸曲线示意图。

图1-2, a) 为普通低碳钢的拉伸曲线,由曲线可以看到,当载荷小于 P_e 时,拉伸曲线 OE 段是一直线,即变形与外力成正比。在此阶段,

试样受力后只产生弹性变形,外力去掉,试样就恢复到原始长度;当载荷超过 P_e (过 E 点)时,即使将外力去掉,试样也不能恢复到原始长度,而保留一部分残余变形,即试样产生了塑性变

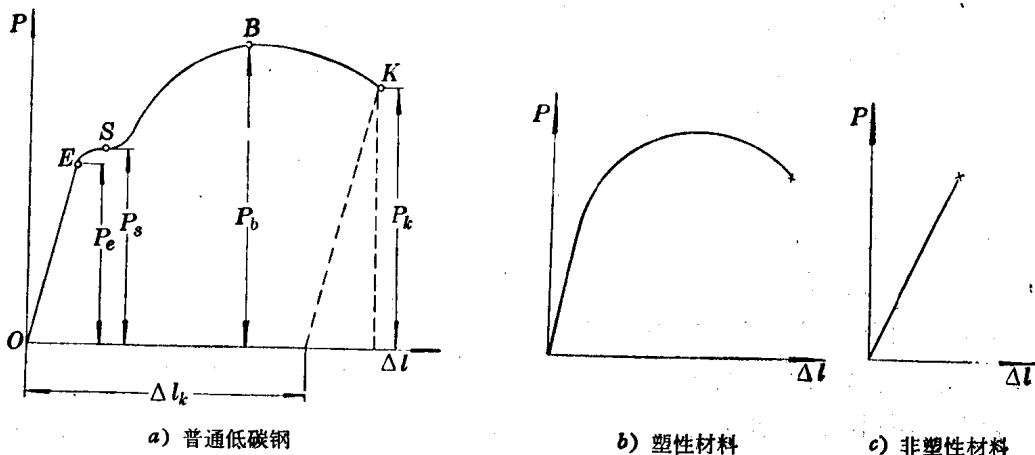


图 1-2 不同材料的拉伸曲线

① 由国务院或主管国家标准的领导机关批准颁发的技术标准, GB 为国家标准代号, 代号后第一组数字(228)为顺序号, 横线后的数字为批准的年代号。

形。所以 P_e 称为弹性极限载荷。当载荷继续增大到 P_e 时, 拉伸曲线出现了平台, 即载荷虽然保持不变, 而试样继续伸长(变形量继续增加), 这种现象称为屈服。引起试样产生屈服的最小载荷 P_e 叫做屈服载荷。屈服以后, 金属开始产生明显的塑性变形, 载荷再继续增加时, 变形量急剧增加, 当载荷增加到最大值 P_b 后, 试样的某一横截面开始急剧缩小, 出现了“缩颈”, 如图 1-1, b) 所示。由于缩颈处试样横截面的缩小, 继续变形所需的载荷下降, 但变形仍迅速增加(主要集中在缩颈附近), 试样很快被拉断, 如图 1-1, c) 所示。最大载荷 P_b 是强度极限载荷。综上所述, 金属材料在外力作用下的变形过程一般可分为三个阶段: 即弹性变形、弹塑性变形和断裂。对应于试样在各阶段所受的载荷(外力), 就能求得各阶段试样内部所产生的应力, 即通过拉伸试验, 可以求得金属材料的强度指标、塑性指标等。

以下就金属材料受外力作用时所表现出来的各个特性和机械性能指标分别进行讨论:

一、弹性和塑性

1. 弹性 金属材料在外力作用下, 都会或多或少的产生变形。金属材料受外力作用时产生变形, 当外力去掉后能恢复其原来形状的性能叫做弹性。这种随着外力消失而消失的变形, 叫做弹性变形。

一般用弹性极限 σ_e 作为金属材料的弹性指标。

弹性极限 σ_e 是材料由弹性变形过渡到弹塑性变形的应力, 即试样受弹性极限载荷时所产生的应力

$$\sigma_e = \frac{P_e}{F_0} \text{ MPa}$$

式中 P_e ——弹性极限载荷(N);

F_0 ——试样的原始横截面积(mm^2)。

弹性极限是金属材料不产生塑性变形(或保持弹性变形)时所能承受的最大应力。即当材料所受的力小于 σ_e 时, 只产生弹性变形, 当受力大于 σ_e 时, 除产生弹性变形外还产生塑性变形。

一般零件在使用过程中, 均处于弹性状态。对于在工作条件下, 不允许产生任何塑性变形的零件, 设计时, 弹性极限就应该是选材的重要依据。如弹簧就必须选用弹性极限高的材料。

2. 塑性 金属材料所受外力超过某一限度后, 即使外力去掉, 亦不能恢复其原来形状, 只有弹性变形部分恢复, 而保留一部分残余变形(永久变形), 此残余变形就叫做塑性变形。而塑性则是指金属材料受外力作用时, 在破断前产生永久变形的能力, 它是以断裂后的塑性变形大小来表示的。

通常用伸长率和断面收缩率作为衡量金属材料塑性大小的指标

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{\Delta l_k}{L_0} \times 100\% \\ &= \frac{L_k - L_0}{L_0} \times 100\% \end{aligned}$$

式中 δ ——伸长率(%);

Δl_k ——试样被拉断时的绝对伸长(mm), 如图 1-2, a) 所示;

L_0 ——试样标距的原始长度(mm);

L_k ——试样被拉伸断裂后的标距长度(mm)。

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

式中 ψ ——断面收缩率(%);

F_0 ——试样的原始横截面积(mm²);

F_k ——试样被拉伸断裂处的横截面积(mm²)。

材料的 δ 或 ψ 越大,其塑性越好,在一般情况下,塑性材料的 δ 或 ψ 较高,而脆性材料的 δ 或 ψ 较低,例如低碳钢(塑性材料)的 δ 一般均大于 25%,而灰口铸铁(脆性材料)的 δ 接近于零。良好的塑性是金属材料进行塑性加工的必要条件。

金属材料既具有弹性又具有塑性,但其弹性和塑性的表现常常是有条件的。在一般情况下(室温、静载荷、承受载荷时间不长),当外力不超过其弹性极限以前,变形是弹性的,超过其弹性极限后,则为弹塑性变形。

二、刚度和强度

1. 刚度 金属材料在受力时抵抗弹性变形的能力称刚度。刚度的大小以材料在弹性变形范围内应力与应变(指单位长度的变形量)的比值——弹性模数 E 来表示。 E 在拉伸曲线上表现为 OE 段的斜率,相当于引起单位变形时所需的应力。

弹性模数是衡量材料产生弹性变形难易程度的指标,材料的弹性模数 E 愈大,就表明要使其产生一定量弹性变形的应力愈大;或在一定的应力下产生的弹性变形愈小,则刚度就愈大。

各种金属材料的弹性模数 E 值,因其结构特点的不同而各异。同一材料的弹性模数 E 值与其显微组织的变化关系不大,但随温度的升高而降低。

对于要求弹性变形较小的零件,如精密机床的主轴、镗床的镗杆等,应选用刚度大(即弹性模数 E 较大)的材料。

2. 强度 强度是金属材料在外力作用下,抵抗变形和断裂的能力。按作用力性质的不同,可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度和抗扭强度等,各强度之间有着一定的联系。工程上最常用的金属材料的强度指标有屈服强度和抗拉强度。

(1) 屈服强度(屈服极限) 是指金属材料在外力作用下产生屈服现象时的应力。它可按下式计算

$$\sigma_s = \frac{P_s}{F_0} \text{ MPa}$$

式中 σ_s ——屈服强度(MPa);

P_s ——屈服载荷,即试样产生屈服现象时的载荷(N);

F_0 ——试样的原始横截面积(mm²)。

应该指出,除低碳钢和中碳钢等少数合金有屈服现象外,大多数金属材料在拉伸时,是没有明显的屈服现象的,因此,对这些材料,规定产生 0.2% 残余伸长时的应力作为屈服强度指标,称为条件屈服强度,其值为

$$\sigma_{0.2} = \frac{P_{0.2}}{F_0} \text{ MPa}$$

式中 $\sigma_{0.2}$ ——条件屈服强度(MPa);

$P_{0.2}$ ——试样产生 0.2% 塑性变形时的载荷(N);

F_0 ——试样的原始横截面积(mm²)。

屈服强度是金属材料开始产生微量塑性变形时的应力, 也就是表征金属材料抵抗塑性变形的抗力。当金属材料所受应力 σ 为 $\sigma_e < \sigma < \sigma_s(\sigma_{0.2})$ 时, 只产生微量的塑性变形, $\sigma > \sigma_s(\sigma_{0.2})$ 时, 将产生明显的塑性变形。

零件或结构在工作中一般不允许产生塑性变形, 但要求的严格程度是不一样的, 对要求特别严的零件, 应该根据材料的弹性极限设计, 要求不十分严格的零件或结构, 则以材料的屈服强度作为设计和选材的主要依据。屈服强度是最重要的机械性能指标之一, 是绝大多数零件设计时的主要依据。

(2) 抗拉强度(强度极限) 是指试样在拉断前承受最大载荷时的应力, 它可按式计算

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F_0} \text{ MPa}$$

式中 σ_b ——抗拉强度(MPa);

P_b ——试样在拉断前所承受的最大载荷(N);

F_0 ——试样的原始横截面积(mm²)。

脆性材料(塑性差的材料), 如灰口铸铁, 在拉伸时, 基本上不发生塑性变形, 不仅没有屈服现象, 也不产生缩颈, 断裂是突然发生的, 如图 1-2, c) 曲线所示, 因此, 它们没有屈服强度, 设计时就以抗拉强度作依据。

抗拉强度是表征金属材料在拉伸条件下所能承受的最大应力, 是主要的机械性能指标, 是设计和选材的主要依据之一。

屈服强度和抗拉强度是金属材料最常用的强度指标, 亦是评定金属材料质量的重要机械性能指标, 所以, 一般介绍金属材料机械性能的资料中, 都给出屈服强度和抗拉强度的数据。

三、硬度

所谓硬度乃是材料对更硬物体压入其内时所表现的抵抗力, 是衡量材料软硬的一个指标。硬度值是材料性能的一个综合的物理量, 可以认为, 硬度是表示在金属材料表面的局部体积内抵抗弹性变形、塑性变形或破裂的能力。它还影响材料的耐磨性, 一般来说, 硬度高的材料, 耐磨性较好, 强度也比较高。因此, 硬度也是衡量金属材料性能的重要指标, 通常是机械零件设计要求的条件之一。

应用最广泛的测定材料硬度的试验方法是静负荷压入法。现将两种最常用的方法分别介绍如下:

1. 布氏硬度 布氏硬度是用布氏硬度试

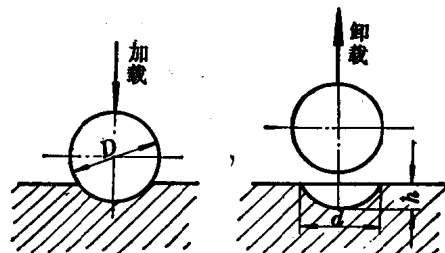


图 1-3 布氏硬度试验原理示意图

验计进行测试的,其原理是将一定直径的淬火钢球,在一定的压力作用下,垂直地压入金属材料的表面,如图 1-3 所示,并保持压力至规定的时间,然后将压力去除,于是,在材料表面出现球面状压痕,以计算出的压痕单位球面积上所承受的压力值作为布氏硬度的指标,即将所承受载荷的大小与压痕面积的比值叫做布氏硬度,用符号 HB 表示

$$\begin{aligned} \text{HB} &= 0.102 \times \frac{P}{F} \\ &= 0.102 \times \frac{2P}{\pi D^2 \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{d^2}{D^2} \right)} \right]} \\ &= 0.102 \times \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \end{aligned}$$

式中 P ——所受压力(N);

F ——所得压痕球面积(mm^2);

d ——所得压痕的直径(mm);

D ——压头(硬钢球)的直径(mm)。

由于钢球直径 D 和压力 P 都是已知的,根据钢球直径和压痕直径 d 就可以求出压痕球面积 F 。在实际测试时,HB 的数值一般不需计算,用带有刻度的放大镜测量出压痕直径后,就可以直接查表得到 HB 值。一般只标出 HB 的大小而不注明单位。

材料越硬,压痕直径 d 越小,硬度值越高。

当 HB 大于 450 后,淬火钢球本身可能严重变形,而使测得的结果不准确,所以布氏硬度法不宜测定太硬的材料。有关布氏硬度试验方法和技术条件,在 GB 231—63 中有明确规定。

材料的强度越高,塑性变形抗力越大,硬度值也就高。实践证明,材料的硬度值与强度极限、屈服极限之间存在着一定的内在联系,下列经验公式可供参考:

低碳钢 $\sigma_b \approx 3.6 \text{ HB}$;

高碳钢 $\sigma_b \approx 3.4 \text{ HB}$;

调质合金钢 $\sigma_b \approx 3.25 \text{ HB}$;

灰口铸铁 $\sigma_b \approx 1 \text{ HB}$ 。

式中 σ_b ——抗拉强度;

HB——布氏硬度值。

硬度试验方法比较简便、迅速、经济,而且一般不破坏零件,测得硬度值便可以大致估计出材料的抗拉强度,这在生产实际中是很有用的。

2. 洛氏硬度 测定更硬材料的硬度采用洛氏硬度法。洛氏硬度是在洛氏硬度试验计上测试的,其原理如图 1-4 所示,它也是一种压入法硬度试验,用一定的载荷将顶角为 120° 的金刚石圆锥体或直径为 1.588mm 的淬火钢球压入试样,然后根据压痕的深度($h_1 - h_2$)确定硬度值,用符号 HR 表示,在实际测试时,可以从硬度计刻度盘上直接读出洛氏硬度值。

为了可以用一种硬度计测量从软到硬的金属材料的硬度,采用了不同的压头和不同载荷相配合,因而组成了 HRA、HRB 和 HRC 三种不同的洛氏硬度标尺,这三种标尺的试验规范