

巍巍交大 百年书香
www.jiaodapress.com.cn
bookinfo@sjtu.edu.cn



策划编辑 刘子嘉
责任编辑 胡思佳 柳卫清
封面设计 张瑞阳

金属加工与实训

JINSHU JIAGONG YU SHIXUN



免费提供

★★★ 精品教学资料包

服务热线: 400-615-1233
www.huatengzy.com



扫描二维码
关注上海交通大学出版社
官方微信

ISBN 978-7-313-24683-7



9 787313 246837 >

定价: 45.00元



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

金属加工与实训

主编 王青春 胡登纯

高等职业教育机电系列精品教材

高等职业教育机电系列精品教材

主编 王青春 胡登纯

金属加工与实训



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

高等职业教育机电系列精品教材

主 编 王青春 胡登纯
副主编 王 晶 吴立新
刘洪鑫 赵跃松

金属加工与实训



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书为适应职业教育而编写,重在培养学生利用金属加工相关知识解决生产实际问题的能力。针对高等职业院校学生的特点,本书在编写中将理论知识简单化、实用化,突出应用性,强调以能力为本位的理念。

本书简要介绍金属热加工和冷加工的基础理论,重点介绍常用冷、热加工基本技能及其综合应用。全书共分七个项目,具体包括金属材料及其力学性能、钢的热处理、铸造、锻压、焊接、钳工加工和机械切削加工。

本书既可作为高等职业院校机械制造类专业的基础课教材,也可作为相关工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

金属加工与实训 / 王青春, 胡登纯主编. — 上海:
上海交通大学出版社, 2022. 9
ISBN 978-7-313-24683-7

I. ①金… II. ①王… ②胡… III. ①金属加工—职业
教育—教材 IV. ①TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2022)第 031451 号

金属加工与实训

JINSHU JIAGONG YU SHIXUN

主 编:王青春 胡登纯

出版发行:上海交通大学出版社

邮政编码:200030

印 制:三河市骏杰印刷有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

字 数:364 千字

版 次:2022 年 9 月第 1 版

书 号:ISBN 978-7-313-24683-7

定 价:45.00 元

地 址:上海市番禺路 951 号

电 话:021-64071208

经 销:全国新华书店

印 张:15

印 次:2022 年 9 月第 1 次印刷

版权所有 侵权必究

告读者:如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话:0316-3662258

金属加工是机械制造的重要组成部分,金属加工与实训课程是机械制造类相关专业学生必修的一门基础课程。本书参考教育部颁布的金属加工与实训教学大纲和国家职业技能鉴定的相关考试内容编写而成。

本书的编写思路突出以能力为本位,重在培养学生利用金属加工相关知识解决生产实际问题的能力。本书坚持“必需、够用、兼顾发展”的原则,降低理论知识的深度和难度,操作技能实训有很强的针对性和实用性,正确处理理论知识与操作技能的关系。本书充分考虑实际应用和发展现状,兼顾相关技术的发展和延续,力求反映较新的应用内容。

本书共分为七个项目,具体包括金属材料及其力学性能、钢的热处理、铸造、锻压、焊接、钳工加工和机械切削加工。每个项目都包括理论知识和项目实训两大模块:理论知识为项目实训提供理论基础,项目实训又能够帮助学生尽快地消化理论知识。同时,本书采用以点带面、点面结合的方式编排教学内容,以适应职业岗位需求为导向,加强操作技能教学环节,以促进理论知识与技能实践相结合来组织教学内容,运用任务加课题的教学方法和手段将教学内容进行整合。通过本书的学习,学生应掌握金属材料力学性能及其测定、常用金属材料及其热处理操作、铸造基础及技能操作、锻压基础及技能操作、焊接基础及技能操作、钳工加工基础及技能操作、机械切削加工基础及技能操作。本书还简单介绍了数控加工的基础知识及技能操作案例,内容丰富而全面,旨在培养学生分析问题和解决问题的能力,使其具备在机械类专业领域的基本从业能力;对学生进行职业意识和安全文明生产教育,使其形成细致严谨、爱岗敬业的工作作风,为未来的职业生涯发展奠定良好的基础。

本书每个项目前都设置了“学思园地”模块和“项目分析”模块,使学生在每个项目前,都能对本项目的学习应用有所了解,提升学习的兴趣。同时,每个任务前设置了“任务描述”模块和“任务目标”模块,使学生在每个任务前都能对本任务的内容结构有概括性的了解,能明确本任务的具体学习目标。在每个项目的适当位置设置了数量不等的“技巧点拨”模块,提示重点内容及关键知识点,起到画龙点睛的作用。在每个项目后都设置了“思考与练习”模块,该模块是帮助学生对所学知识进行应用,对分析问题和解决问题的能力进行综合训练,以突出综合能力的培养,为以后的工作实践打下良好的基础。

本书由成都航空职业技术学院王青春、胡登纯任主编,大庆技师学院王晶、吴立新、刘洪鑫和赵跃松任副主编。具体的编写分工如下:王青春编写项目一和项目四,胡登纯编写项目二和项目五,吴立新编写项目三,王晶编写项目六,刘洪鑫和赵跃松编写项目七。全书由胡登纯编写大纲并进行统稿。

本书在编写过程中得到了多所学校教师和多家企业工程师的大力支持与帮助,在此深表谢意。同时,向本书参考文献和引用资料的作者表示衷心感谢。

由于编者的水平有限,书中难免存在疏漏之处,恳请读者批评指正。

编 者

Contents

目录

项目一

1

金属材料及其力学性能 1

任务一 理论学习 1

课题一 常用金属材料 2

课题二 金属的力学性能 8

任务二 金属材料的力学性能实训 14

课题一 拉伸实验 14

课题二 布氏硬度测定实验 19

课题三 洛氏硬度测定实验 21

课题四 冲击韧性测定实验 23

项目二

2

钢的热处理 26

任务一 理论学习 26

课题一 整体热处理 27

课题二 表面热处理 32

任务二 热处理实训 35

课题一 正火实训 35

课题二 淬火实训 37

课题三 回火实训 38

项目三

3

铸造 41

任务一 理论学习 42

课题一 铸造基础知识 43

课题二 砂型铸造 46

课题三 特种铸造 49

项目四

4

任务二 铸造实训	54
课题一 整模造型实训	54
课题二 分模造型实训	61

锻压	65
任务一 理论学习	66
课题一 锻造基础知识	68
课题二 自由锻	71
课题三 模锻与胎模锻	78
课题四 冲压	82
任务二 锻压实训	87
课题一 自由锻造阶梯轴实训	87
课题二 冲压垫片实训	91

项目五

5

焊接	94
任务一 理论学习	95
课题一 焊接基础知识	95
课题二 焊条电弧焊	100
课题三 CO ₂ 气体保护电弧焊	105
课题四 钨极氩弧焊	111
任务二 焊接实训	115
课题一 焊条电弧焊平对接焊接实训	116
课题二 焊条电弧焊平角接焊接实训	124
课题三 CO ₂ 气体保护焊平对接焊接实训	128
课题四 CO ₂ 气体保护焊平角接焊接实训	134

项目六

6

钳工加工	139
任务一 理论学习	140
课题一 常用量具及其使用方法	141
课题二 常用设备及工具	147
课题三 钳工操作技能基础知识	156

任务二 钳工加工实训	164
课题一 钳工基本操作技能实训	165
课题二 综合实训一——鸭嘴锤的制作	173
课题三 综合实训二——凹凸体的锉配	175

项目七**7**

机械切削加工	178
---------------------	-----

任务一 理论学习	180
-----------------------	-----

课题一 切削加工基础知识	180
课题二 切削机床及应用	186
课题三 数控加工基础	201

任务二 机械切削加工实训	206
---------------------------	-----

课题一 车削加工技能实训	206
课题二 铣削加工技能基础实训	216
课题三 铣削加工技能综合实训	223
课题四 磨削加工技能综合实训	226
课题五 数控加工实训案例	228

参考文献	231
-------------------	-----



项目一 金属材料及其力学性能



学思园地

1912年,世界航海史上曾被称为“永不沉没的巨轮”的泰坦尼克号在首次航行中与海面上一座漂浮的冰山发生碰撞后,短短的数十秒钟,制造厚度达到350 mm的双层船体钢板就在水位线处被撕裂,海水排山倒海般涌入船舱内部,大约3小时后,这艘曾经在二十世纪初被造船业引以为荣的巨轮竟在其首次航行中葬身海底。

人们不禁要问,是什么原因导致了这场悲剧的发生?排除其他人为因素,船体的设计、制造船体材料的选择和材料的性能无疑起到了决定性的作用。

如今,在我国无论是国产航母山东舰,还是新型核潜艇,都具有非常高的安全性和稳定性。其关键在于,我国的设计和选材都经过科学严密的论证,严格遵循科学规律,坚持严谨细致的科学精神,保证做到万无一失。



项目分析

金属材料的性能一般分为使用性能和工艺性能两类。使用性能是指材料在使用条件下所表现出来的各种性能,主要包括力学性能(或机械性能)、物理性能(如导电性、导热性、热膨胀性等)和化学性能(如耐蚀性、抗氧化性等)。金属材料的使用性能,决定了它的使用范围与使用寿命。工艺性能是指在加工制造产品或零件的过程中材料对各种加工工艺和加工方法的适应性,主要包括冲压、锻压、焊接、铸造、切削加工等工艺性能以及热处理工艺性能等。



任务一 理论学习



任务描述

金属材料包括黑色金属和有色金属两大类。通常以铁、锰、铬为基的合金称为黑色金属,工业生产中广泛使用的钢铁材料——钢和铸铁,就是最常见的黑色金属。除了黑色金属以外的所有金属称为有色金属,如铝及铝合金、铜及铜合金、镁及镁合金以及轴承合金等。

在设计和制造过程中,力学性能指标是选用材料和判定工艺质量的主要依据。金属材料在载荷作用下抵抗破坏的能力称为力学性能。常用的力学性能包括强度、塑性、硬度、冲击韧性和疲劳极限等。



任务目标

- (1)了解常用金属的种类和牌号。
- (2)掌握金属材料的力学性能指标及含义。
- (3)会初步识别常用金属的基本力学性能。
- (4)会分析金属材料选用时应考虑的力学性能指标。
- (5)会应用实验仪器测定力学性能指标。

课题一 常用金属材料

一、碳钢

钢分为碳素钢(简称碳钢)和合金钢两大类。

碳钢是指含碳量小于 2.11% 并含有少量硅、锰、硫、磷杂质的铁碳合金。工业用碳钢的含碳量一般为 0.05%~1.35%。

1. 碳钢的分类

碳钢的分类方法有多种,常见的有以下三种。

(1)按钢的含碳量分为以下三类。

- ①低碳钢,含碳量小于 0.25%。
- ②中碳钢,含碳量为 0.25%~0.60%。
- ③高碳钢,含碳量大于 0.60%。

(2)按钢的质量(按钢中有害元素硫、磷的含量)分为以下三类。

- ①普通碳素钢,钢中硫、磷含量分别不大于 0.050% 和 0.045%。
- ②优质碳素钢,钢中硫、磷含量均不大于 0.035%。
- ③高级碳素钢,钢中硫、磷含量分别不大于 0.030% 和 0.030%。

(3)按钢的用途分为以下两类。

- ①碳素结构钢。其主要用于制造各种工程构件和机械零件。
- ②工具钢。其主要用于制造各种工具、量具和模具等。

2. 碳钢牌号的表示方法及应用

(1)碳素结构钢。碳素结构钢的牌号由屈服点“屈”字汉语拼音第一个字母 Q、屈服点数值、质量等级符号(A、B、C、D)及脱氧方法符号(F、Z、TZ)等四部分按顺序组成。其中,质量等级按 A、B、C、D 顺序依次增高,F 代表沸腾钢,Z 代表镇静钢,TZ 代表特殊镇静钢,“Z”和“TZ”符号可以省略。如 Q235-A·F 表示屈服强度为 235MPa 的 A 级沸腾碳素结构钢。

(2)优质碳素结构钢。优质碳素结构钢的牌号用两位数字表示。这两位数字代表钢中

的平均含碳量的万分之几。例如,45 钢表示平均含碳量为 0.45%的优质碳素结构钢;08 钢表示平均含碳量为 0.08%的优质碳素结构钢。常用优质碳素结构钢的牌号及应用如表 1-1 所示。

表 1-1 常用优质碳素结构钢的牌号及应用

常用牌号	用 途
08F	塑性好,可用于制造冷冲压零件
10	冷冲压性与焊接性能良好,可用作冲压件及焊接件,经过热处理也可以用于制造轴、销等零件
20	
35	
40	经调质处理后,可获得良好的综合机械性能,用来制造齿轮、轴类、套筒等零件
45	
50	
60	
65	主要用来制造弹簧

(3)刀具模具用非合金钢。刀具模具用非合金钢的牌号是用碳字汉语拼音字头 T 和数字表示。数字表示钢的平均含碳量的千分之几。若为高级优质,则在数字后面加“A”。例如,T12 钢表示平均含碳量为 1.2%的刀具模具用非合金钢;T8 钢表示平均含碳量为 0.8%的刀具模具用非合金钢;T12A 表示平均含碳量为 1.2%的高级优质刀具模具用非合金钢。

(4)铸钢。铸钢件的力学性能优于各类铸件,并具有优良的焊接性能,适用于以铸焊联合工艺制造重型铸件。生产上铸钢主要用于制造形状复杂、难以锻造而又须承受冲击载荷的零部件,如机车车架、火车车轮、水压机的缸和立柱、大型齿轮、轧钢机机架等。

一般工程用铸钢的牌号由“ZG”加两组数字表示。其中,“ZG”为“铸钢”二字汉语拼音首字母,后面两组数字分别表示材料的最小屈服强度值和最小抗拉强度值,如 ZG200-400、ZG270-500、ZG340-640 等。

二、合金钢

为了提高钢的力学性能、工艺性能或某些特殊性能(如耐蚀性、耐热性、耐磨性等),冶炼中有目的地加入一些合金元素(如锰、硅、铬、镍、钼、钨、钒、钛等),这种钢称为合金钢。

1. 合金钢的分类

合金钢的分类方法有多种,常见的有以下两种。

(1)按合金元素的总含量可分为以下三类。

- ①低合金钢,合金元素总含量小于 5%。
- ②中合金钢,合金元素总含量为 5%~10%。
- ③高合金钢,合金元素总含量大于 10%。

(2)按用途可分为以下三类。

- ①合金结构钢,用于制造各种性能要求更高的机械零件和工程构件。

- ②合金工具钢,用于制造各种性能要求更高的刀具、量具和模具。
- ③特殊性能钢,是具有特殊物理和化学性能的钢,如不锈钢、耐热钢、耐磨钢等。

2. 合金钢的牌号及应用

合金钢是按钢材的含碳量以及所含合金元素的种类和含量编号的。

(1)合金结构钢。合金结构钢的牌号用“两位数(平均碳质量分数的万分之几)+元素符号+数字(该合金元素质量分数,小于1.5%不标出;1.5%~2.5%标2;2.5%~3.5%标3,依次类推)”表示。例如,25Mn2V表示平均含碳量为0.25%,含锰量约为2%,含钒量小于1.5%的合金结构钢。常用合金结构钢的牌号及应用如表1-2所示。

表 1-2 常用合金结构钢的牌号及应用

类 别	常用牌号	机械性能			用 途
		下屈服强度 R_{eL} / MPa	抗拉强度 R_m / MPa	断后伸长率 A / %	
低合金高强度 结构钢	Q295	≥ 295	390~570	23	具有高强度、高韧性、良好的焊接性能和冷成形性能。主要用于制造桥梁、船舶、车辆、锅炉、高压容器、输油输气管道、大型钢结构等
	Q345	≥ 345	470~630	21~22	
	Q390	≥ 390	490~650	19~20	
	Q420	≥ 420	520~680	18~19	
	Q460	≥ 460	550~720	17	
合金渗碳钢	20Cr	540	835	10	主要用于制造汽车、拖拉机中的变速齿轮、内燃机上的凸轮轴、活塞销等机器零件
	20CrMnTi	850	1 080	10	
	20Cr2Ni4	1 080	1 180	10	
合金调质钢	40Cr	785	980	9	主要用于汽车和机床上的轴、齿轮等
	30CrMnTi	—	1 470	9	
	38CrMoAl	835	980	14	

(2)合金工具钢。对合金工具钢的牌号而言,当碳的质量分数小于1%时,用“一位数(表示碳质量分数的千分之几)+元素符号+数字”表示;当碳的质量分数大于1%时,用“元素符号+数字”表示(注:高速钢碳的质量分数小于1%,其含碳量也不标出)。例如,9SiCr表示平均含碳量为0.9%,含硅、铬量都少于1.5%的合金工具钢。

对于含碳量超过1.0%的合金工具钢,则在牌号中不表示含碳量。例如,CrWMn钢表示含碳量大于1.0%并含有铬、钨、锰三种合金元素的合金工具钢。但也有特例,高速钢的含碳量小于1.0%,牌号中也不表示含碳量。例如,W18Cr4V钢的含碳量仅为0.7%~0.8%。常用工具钢的牌号及应用如表1-3所示。

表 1-3 常用工具钢的牌号及应用

分 类	牌 号	应 用
量具钢	CrWMn、CrMn、9Mn2V	用于制造测量工具,如卡尺、千分尺、量规、块规、塞规等
刀具钢	W18Cr4V、W6Mo5C4V2	用于制造高速切削的刀具,如钻头、铣刀、滚刀、拉刀、铰刀、车刀等

(续表)

分 类	牌 号	应 用
热模具钢	5CrMnMo、3Cr2W8V	用于制造热锻模、热压模、压铸模等
冷模具钢	Cr12、Cr12MoV	用于制造冷冲模具、冷切剪刀具等

(3)特殊性能钢。其牌号表示方法基本上与合金工具钢相同。例如,2Cr13 表示平均含碳量为 0.2%,含铬量约为 13%的不锈钢。

对有些特殊用钢,则用专门的表示方法。例如,滚动轴承钢的牌号以 G 表示,不标含碳量,铬的平均含量用千分之几表示;GCr15 表示含铬量为 1.5%的滚动轴承钢。

1Cr18Ni9、1Cr18Ni9Ti 钢属奥氏体不锈钢,用于制造耐硝酸、冷磷酸、有机酸及盐、碱溶液腐蚀的设备零件。

ZGMn13 钢属耐磨钢,用于制造拖拉机链轨板、挖掘机铲齿、铁路道岔等。

15CrMo、4Cr10Si2Mo 钢属耐热钢,用于制造在高温下工作的零件或构件。

三、铸铁

铸铁是含碳量大于 2.11%的铁碳合金,它含有比碳钢更多的硅、锰、硫、磷等杂质。工业上常用的铸铁含碳量为 2.5%~4.0%。

根据石墨化程度及断口色泽不同,铸铁可分为白口铸铁、灰口铸铁和麻口铸铁三大类。

1. 白口铸铁

白口铸铁中的碳几乎全部以 Fe_3C 形式存在,断口呈银白色,性能硬而脆,很难进行切削加工,工业上极少用来制造机械零件。其主要用作炼钢原料或可锻铸铁的毛坯。

2. 灰口铸铁

灰口铸铁中的碳大部分或全部以自由状态的石墨形式存在,断口呈暗灰色。根据灰口铸铁中石墨存在形式的不同,可分为普通灰口铸铁、可锻铸铁和球墨铸铁等。

(1)普通灰口铸铁。其简称灰口铸铁,其石墨形态呈片状。由于片状石墨的存在,割裂了金属基体组织,减少了承载的有效面积,因此其综合力学性能较低,但减震性、耐磨性、铸造性及切削加工性较好,主要用于制造承受压力的床身、箱体、机座、导轨等零件。

灰口铸铁牌号的表示方法为“HT”加数字,其中“HT”是“灰铁”两字汉语拼音的首字母,数字表示最低抗拉强度。常用的灰口铸铁牌号为 HT100、HT150、HT200、HT250、HT300 等。灰口铸铁的牌号及应用如表 1-4 所示。

表 1-4 灰口铸铁的牌号及应用

牌 号	应 用
HT100	适用于载荷小、对摩擦和磨损无特殊要求的不重要的零件,如防护罩、盖、油盘、手轮、支架、底板、重锤等
HT150	适用于承受中等载荷的零件,如机座、支架、箱体、刀架、床身、轴承座、工作台、带轮、阀体、飞轮、电动机座等

(续表)

牌 号	应 用
HT200	适用于承受较大载荷和要求一定气密性或耐腐蚀性等较重要的零件,如气缸、齿轮、机座、飞轮、床身、气缸体、活塞、齿轮箱、制动轮、联轴器盘、中等压力阀体、泵体、液压缸、阀门等
HT250	
HT300	适用于承受高载荷、耐磨和高气密性的重要零件,如重型机床、剪床、压力机、自动机床的床身、机座、机架、高压液压件、活塞环、齿轮、凸轮、车床卡盘、衬套、大型发动机的气缸体、缸套、气缸盖等
HT350	

(2)可锻铸铁。可锻铸铁由白口铸铁经石墨化退火后而得到。因其石墨呈团絮状,对金属基体的割裂作用减小,故其抗拉强度、塑性、韧性都比灰口铸铁高,主要用于制造一些形状比较复杂而在工作中承受一定冲击载荷的薄壁小型零件,如管接头、农具等。

可锻铸铁的牌号由“KTH”或“KTZ”加两组数字组成。其中,“KT”是“可铁”两字汉语拼音首字母,后面的“H”表示黑心可锻铸铁,“Z”表示珠光体可锻铸铁;其后面的两组数字分别表示材料的最低抗拉强度数值和最小伸长率数值。其主要牌号有 KTH350-10、KTZ550-04等。

(3)球墨铸铁。球墨铸铁中石墨形态呈球状。由于球状石墨对金属基体的割裂作用更小,它具有较高的强度、塑性和韧性,因此应用较广,在某些情况下可替代中碳钢。其主要用于制造受力较复杂、负荷较大的机械零件,如曲轴、连杆、齿轮、凸轮轴等。

球墨铸铁的牌号由“QT”加两组数字组成。其中,“QT”是“球铁”两字汉语拼音的首字母,两组数字分别表示最低抗拉强度数值和最小伸长率数值。其主要牌号有 QT500-7、QT800-2 等。

3. 麻口铸铁

麻口铸铁中的碳一部分以石墨的形式存在,另一部分以渗碳体的形式存在,断口呈灰白相间的麻点。麻口铸铁的脆性大,硬度高,难以加工,工业上很少应用。

四、铜及铜合金

1. 纯铜

纯铜呈紫红色,故俗称紫铜。纯铜的强度和硬度都不高,但塑性很好,适合深冲压力加工。纯铜的密度比钢铁大,是铝的三倍多。其导电和导热性能优良,在所有金属中仅次于银。其化学稳定性好,在大气和海水具有良好的耐蚀性。

技巧点拨:工业纯铜很少用于制造机械零件,一般作为导电、导热、耐蚀材料使用。

2. 铜合金

在纯铜中加入某些合金元素(如锌、锡、铝、铍、锰、硅、镍、磷等),就形成了铜合金。铜合金具有较好的导电性、导热性和耐蚀性,同时具有较高的强度和耐磨性。

根据成分不同,铜合金分为黄铜、青铜和白铜。

(1)黄铜。黄铜是以锌为主要合金元素的铜合金。按照化学成分,黄铜分为普通黄铜和特殊黄铜两种。常用黄铜的牌号及应用如表 1-5 所示。

表 1-5 常用黄铜的牌号及应用

种 类	牌 号	应 用
普通黄铜	H70	弹壳、热交换器、造纸用管、机械和电气用零件
	H63	销钉、铆钉、螺帽、垫圈、导管、夹线板、散热器、环形件
	H59	机械、电器用零件,焊接件及热冲压件
特殊黄铜	HPb63-3	钟表零件
	HA160-1-1	齿轮、蜗轮、衬套、轴、耐蚀零件
	HSi65-1. 5-3	耐磨锡青铜的代用品

(2)青铜。青铜原指铜锡合金,但工业上都习惯称含铝、硅、铅、铍、锰等的铜合金也为青铜,所以青铜实际上包括锡青铜、铝青铜、锰青铜、铍青铜、硅青铜、铅青铜等。青铜也分为压力加工青铜和铸造青铜两类。

(3)白铜。白铜是指以镍为主要合金元素的铜合金,一般呈银白色,镍含量越高,颜色越白。白铜按成分也分为普通白铜和特殊白铜(除镍以外,还加入了其他合金元素)。普通白铜的牌号为“B”(“白”的拼音首字母)加数字(表示镍的质量分数的百分数)。

五、铝及铝合金

1. 铝的基本特性

纯铝的塑性好,强度与硬度低。由于其密度低,无磁性,导电、导热性优良,抗大气腐蚀能力强,主要用来制作电线、电缆及电气元件。因为纯铝的导电、导热性随其纯度降低而变差,所以纯度是铝材料的重要指标。

2. 铝合金

铝合金是在铝中加入硅、铜、镁、锌、锰等元素制成的合金,其强度和硬度比纯铝高,而且可以通过变形或热处理等方法进一步强化,可用来制造各类结构零件及生活用品。

根据成分及加工特点,铝合金分为形变铝合金和铸造铝合金。

(1)形变铝合金。形变铝合金包括防锈铝合金、硬铝合金、超硬铝合金等。因其塑性好,故常利用压力加工方法制造冲压件、锻件等,例如,铆钉、焊接油箱、管道、容器、发动机叶片、飞机大梁及起落架、内燃机活塞等。常用形变铝合金的代号及应用如表 1-6 所示。

表 1-6 常用形变铝合金的代号及应用

种 类	系 列	代 号	应 用
防锈铝合金	Al-Mg	LF5	耐蚀容器、弯管、灯具、建筑门窗
		LF11	
		LF21	
硬铝合金	Al-Mn	LY1(铆钉)	低强度:铆钉
		LY11(标准)	中强度:螺旋桨叶片
		LY12(高强)	高强度:骨架、筋、梁

(续表)

种 类	系 列	代 号	应 用
超硬铝合金	Al-Cu-Mg	LC4、LC6	重要件:飞机大梁、起落架、加强框
锻铝合金	Al-Cu-Mg-Zn	LD5、LD7	高温、重载:内燃机活塞

(2)铸造铝合金。铸造铝合金是用于制造铝合金铸件的材料,按主要合金元素的不同,铸造铝合金分为铝硅合金、铝镁合金、铝铜合金和铝锌合金。常用铸造铝合金的代号及应用如表 1-7 所示。

表 1-7 常用铸造铝合金的代号及应用

种 类	系 列	代 号	应 用
铝硅合金	ZL102	ZAlSi12	质轻、壁薄、形状复杂件:发动机活塞
铝铜合金	ZL201	ZAlCu5Mn	300 ℃工作:汽车、摩托车发动机活塞
铝镁合金	ZL301	ZAlMg10	氨用泵体、船舰配件
铝锌合金	ZL401	ZAlZn11Si7	形状复杂件:医疗器械、日用品

课题二 金属的力学性能

一、强度

强度是指金属材料在载荷作用下抵抗塑性变形或断裂的能力。强度分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度等。各种强度间常有一定的联系,使用中一般以抗拉强度作为最基本的强度指标。

1. 力-伸长曲线

通过拉伸试验测出拉伸力与伸长量的关系曲线称为力-伸长曲线。图 1-1 所示为低碳钢的力-伸长曲线,纵坐标表示力 F ,单位为 N;横坐标表示伸长量 Δl ,单位为 mm。图中低碳钢有下面几个变形阶段。

(1) Oe ——弹性变形阶段。试样变形是弹性的,如去除载荷,试样即可恢复原状。这种因载荷的存在时产生,载荷去除时消失的变形称为弹性变形。

(2) es ——屈服阶段。当载荷超过 F_e 。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。这种载荷去除后仍然存在的变形称为塑性变形。当载荷增加到 F_s 时,在载荷不增加或略有减小的情况下,试样还继续伸长的现象称为屈服。 F_s 称为屈服载荷。

(3) sb ——强化阶段。在屈服阶段以后,如果不断加载,试样继续伸长。随着塑性变形的增大,试样变形抗力也逐渐增加,这种现象称为形变强化(或称加工硬化),此阶段试样的变形是均匀发生的。 F_b 为试样拉伸试验时的最大载荷。

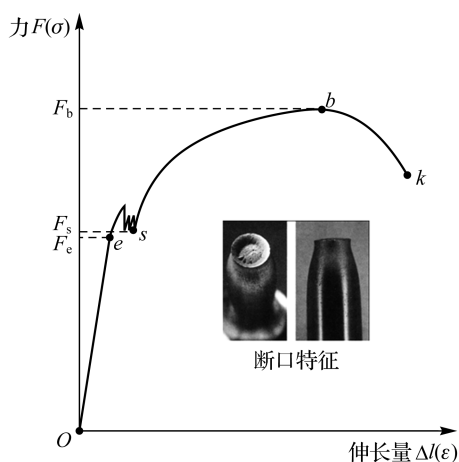


图 1-1 低碳钢的力-伸长曲线

(4) bk ——缩颈阶段。当载荷达到最大值后,试样的直径发生局部收缩,称为缩颈。由于试样缩颈处横截面积减小,试样变形所需的载荷也随之降低,此时伸长量集中于缩颈部位,直至断裂。

2. 强度指标

(1) 屈服强度。屈服强度是指金属材料呈现屈服现象时,在试验期间达到塑性变形发生而力不增加的应力点。屈服强度分为上屈服强度和下屈服强度,分别用符号 R_{eH} 、 R_{eL} 表示,单位为 MPa,即

$$R_e = F_s / S_0 \quad (1-1)$$

式中, F_s 为试样屈服时所承受的拉伸力(N); S_0 为试样原始的横截面积(mm^2)。

机械零件经常由于过量的塑性变形而失效,因此,零件在使用过程中不允许发生明显的塑性变形,大多数机械零件常根据屈服点作为选材和设计的依据。

(2) 抗拉强度。抗拉强度是指试样在拉断前所承受的最大拉应力,用符号 R_m 表示,单位为 MPa,即

$$R_m = F_b / S_0 \quad (1-2)$$

式中, F_b 为试样断裂前所承受的最大拉伸力(N); S_0 为试样原始的横截面积(mm^2)。

抗拉强度反映了金属材料最大均匀变形的抵抗力,表明了其在拉伸条件下单位截面积上所能承受的最大载荷。零件在工作时,所承受的拉应力不允许超过 R_m ,否则会产生断裂。

技巧点拨: R_m 是零件设计和选材的重要依据。

二、塑性

塑性是金属材料在被破坏前产生永久变形的能力。评定材料塑性的指标是伸长率和断面收缩率。

1. 伸长率

试样拉断后标距变化的伸长量与原始标距的百分比,用符号 A 表示。其计算公式如下:

$$A = (l_1 - l_0) / l_0 \times 100\% \quad (1-3)$$

式中, A 为伸长率; l_1 为试样拉断后的标距(mm); l_0 为试样的原始标距(mm)。

伸长率的大小与试样标距长度有关, 按长径比将试样分为长试样($l_0/d_0=10$)和短试样($l_0/d_0=5$)。同一材料的试样长短不同, 测得的伸长率是不同的。

2. 断面收缩率

断面收缩率是指试样拉断后, 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 Z 表示。其计算公式如下:

$$Z = (S_0 - S_1) / S_0 \times 100\% \quad (1-4)$$

式中, Z 为断面收缩率; S_0 为试样原始横截面积(mm^2); S_1 为试样拉断后缩颈处的横截面积(mm^2)。

断面收缩率不受试样尺寸的影响, 比较确切地反映了材料的塑性。

塑性直接影响到零件的成型及加工使用。采用塑性好的材料, 不仅能顺利进行轧制、锻压等成形, 而且在使用中金属材料的伸长率和断面收缩率数值越大, 表示材料的塑性越好。塑性好的金属可以发生大量塑性变形而不破坏, 易于通过塑性变形加工成型。

三、硬度

材料局部抵抗硬物压入其表面的能力称为硬度。

硬度是金属材料的一项重要力学性能指标。生产中广泛采用压入法来测定硬度。

压入法就是把一个很硬的压头以一定的压力压入试样的表面, 使金属产生压痕, 然后根据压痕的大小来确定硬度值。压痕越大, 则材料越软; 反之, 则材料越硬。根据压头类型和外加载荷的不同, 常用的硬度指标有布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度三种。

1. 布氏硬度

布氏硬度试验是对一定直径的硬质合金施加试验力压入试样表面, 经过规定的保持时间后, 卸除试验力, 测量试样表面压痕的直径, 如图 1-2 所示。

布氏硬度与试验力除以压痕面积的商成正比, 压痕被看作是具有一定半径的球形, 压痕的表面积通过压痕的平均直径和压头直径计算得到。布氏硬度值 HBW 的计算公式如下:

$$\text{HBW} = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (1-5)$$

式中, d 为压痕平均直径(mm); D 为硬质合金球直径(mm); F 为试验力(N)。

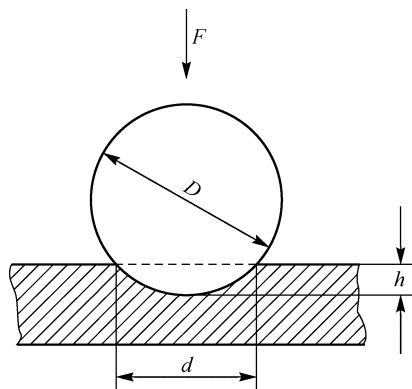


图 1-2 布氏硬度试验的原理

2. 洛氏硬度

洛氏硬度是将压头(金刚石圆、硬质合金球)按图 1-3 所示,分两个步骤压入试样表面,经过规定的保持时间后,卸除主试验力,测量在初试验力下的残余压痕深度 $h(h_2-h_0)$ 。

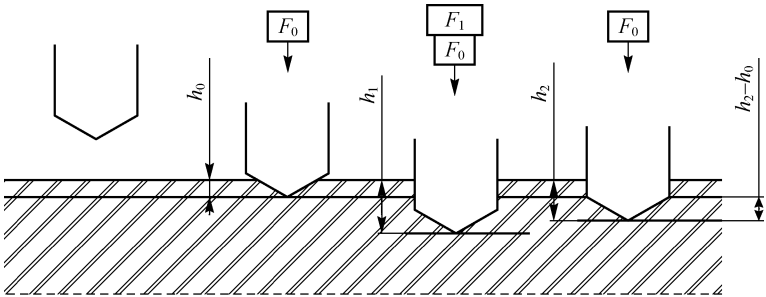


图 1-3 洛氏硬度试验的原理

根据 h 值及常数 N 和 S ,洛氏硬度 HR 的计算公式如下:

$$HR=N-\frac{h}{S}$$

(1-6)

式中, h 为残余压入深度(mm); N 为给定标尺的硬度数; S 为给定标尺的单位(mm)。

洛氏硬度常用 HRA、HRB 和 HRC 三种标尺,其中以 HRC 应用最多。常用的三种洛氏硬度标尺如表 1-8 所示。

表 1-8 常用的三种洛氏硬度标尺

符 号	压 头	主载荷/kgf	测量范围	应 用
HRA	金刚石	50	20HRA~88HRA	硬质合金、表面硬化层等(最硬)
HRB	淬火钢球	90	20HRA~100HRA	非铁金属、退火钢、正火钢等(最软)
HRC	金刚石	140	20HRA~70HRA	调质钢、淬火钢等(中等)

3. 维氏硬度

维氏硬度测定的基本原理和布氏硬度相同,区别在于压头采用锥面夹角为 136° 的金刚石棱锥体,压痕是四方锥形,如图 1-4 所示。

维氏硬度用 HV 表示,HV 的计算公式为

$$HV=0.189F/d^2$$

(1-7)

式中, d 为平均压痕对角线的长度(mm); F 为试验力(N)。

维氏硬度试验主要用于材料研究和科学试验方面,测试小型精密零件的硬度、表面硬化层硬度和有效硬化层深度、镀层的表面硬度,薄片材料和细线材的硬度、刀刃附近的硬度,由于试验力很小,压痕也很小,试样外观和使用性能都可以不受影响。但维氏硬度试验效率低,要求较高的试验技术,对于试样表面的光洁度要求较高,通常需要制作专门的试样,操作麻烦费时,通常只在实验室中使用。

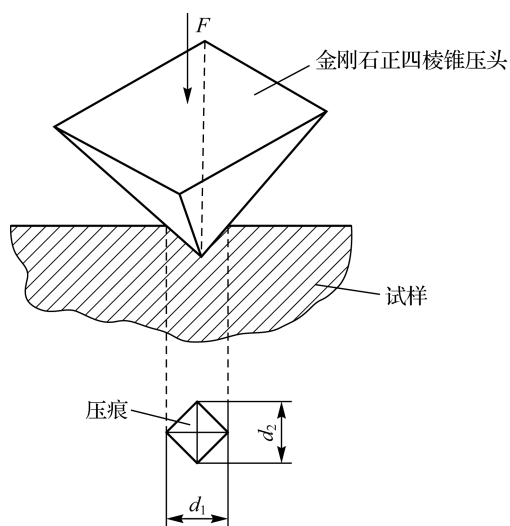


图 1-4 维氏硬度试验的原理

四、冲击韧性

金属材料抵抗冲击载荷不被破坏的能力称为冲击韧性。许多机器零件在工作时要遇到冲击载荷，例如，火车开车、刹车、改变速度时，车辆间的挂钩要受到冲击；有些机械利用冲击负荷工作，如锻锤、冲床、凿岩机等。目前，常用一次摆锤冲击弯曲试验来测定材料的冲击韧性。

冲击韧性的数值与试样的尺寸、缺口形状和支承方式有关。试样尺寸可参考《金属材料预裂纹夏比试样冲击加载断裂韧性的测定》(GB/T 38769—2020)。

试验时将规定几何形状的缺口试样安放在试验机的支座上，如图 1-5 所示，用摆锤一次打击试样，测定试样的吸收能量。试验应在规定的温度下进行，当不在规定的温度下试验时，试样必须在规定条件下加热或冷却，以保持规定的温度。

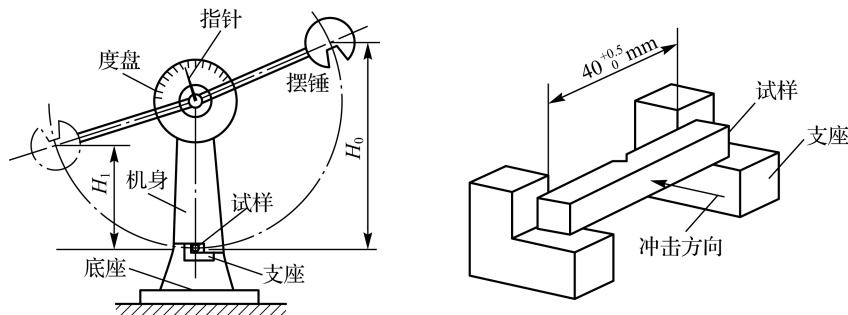


图 1-5 冲击试验示意

因为试样缺口处高度应力集中，冲击过程中有效的功 K_p 的绝大部分被缺口吸收。以试样在缺口处的最小横截面积 A 除 K_p ，定义材料的冲击韧性 a_k ，即

$$a_k = \frac{K_p}{A} \quad (1-8)$$

式中, a_k 的单位为 J/cm^2 。 a_k 值越大, 表明材料的抗冲击性能越好。

a_k 值取决于材料及其状态, 同时与试样的形状、尺寸有很大的关系。 a_k 值对材料的内部结构缺陷、显微组织的变化很敏感, 如夹杂物、偏析、气泡、内部裂纹、钢的回火脆性、晶粒粗化等都会使 a_k 值明显降低; 同种材料的试样, 缺口越深、越尖锐, 缺口处应力集中程度越大, 越容易变形和断裂, 冲击功越小, 材料表现出来的脆性越高。因此, 不同类型和尺寸的试样的 a_k 值不能直接比较。

冲击韧性值还和环境温度有关。有些金属材料在室温时并不显示脆性, 而在较低温度下则可能发生脆断。温度对冲击吸收功的影响如图 1-6 所示。由图可知, 冲击吸收功的值随着试验温度的下降而减小。材料低于某温度时, K_p 值急剧下降, 使试样的断口由韧性断口过渡为脆性断口, 这个温度范围称为韧脆转变温度范围。金属的韧脆转变温度越低, 说明金属的低温抗冲击性能越好。非合金钢的韧脆转变温度约为 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, 因此在较寒冷(低于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$)的地区使用此类钢制作构件时容易发生脆断现象。

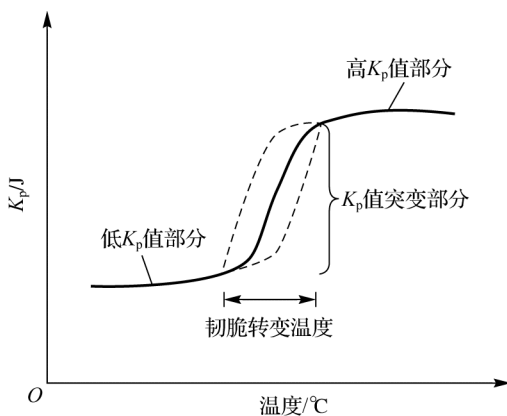


图 1-6 温度对冲击吸收功的影响

技巧点拨: 在选择金属材料时, 应考虑工作的最低温度必须高于它的韧脆转变温度。

五、疲劳强度

许多机械零件和工程构件是承受交变载荷工作的。在交变载荷的作用下, 虽然应力水平低于材料的屈服极限, 但经过长时间的应力反复循环作用以后, 也会发生突然脆性断裂, 这种现象称为金属材料的疲劳断裂。疲劳断裂是工程上最常见、最危险的断裂形式。

金属材料在无限多次交变载荷作用下而不破坏的最大应力称为疲劳强度或疲劳极限。图 1-7 所示为疲劳曲线。实际上, 对金属材料并不可能做无限多次交变载荷试验。一般试验时规定, 钢在经受 10^7 次、非铁(有色)金属材料经受 10^8 次交变载荷作用时不产生断裂时的最大应力称为疲劳强度。当应力为对称循环时, 疲劳极限用符号 R_{-1} 表示。

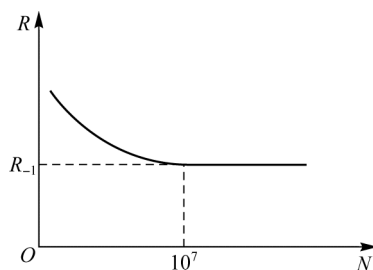


图 1-7 疲劳曲线

疲劳破坏是机械零件失效的主要原因之一。据统计,机械零件失效中的 80% 以上属于疲劳破坏,而且疲劳破坏前没有明显的变形,疲劳破坏经常造成重大事故,所以对于轴、齿轮、轴承、叶片、弹簧等承受交变载荷的零件,要选择疲劳强度较好的材料来制造。

任务二 金属材料的力学性能实训

任务描述

金属构件的工作条件决定了对金属材料的性能要求。只有材料的性能满足工作条件,才能制造出合格的构件。金属材料的性能实验很多,此处主要训练力学性能的测定,包括强度、塑性、硬度和韧性等指标的测定。这些基本的力学性能测定是学习其他实验的基础。

任务目标

- (1) 掌握力学性能测定实验设备的使用方法。
- (2) 能按照安全操作规程进行实验。
- (3) 能独立完成拉伸实验,测定低碳钢和铸铁的抗拉强度和塑性。
- (4) 能独立完成硬度实验,测定材料的布氏硬度和洛氏硬度。
- (5) 能独立完成冲击韧性实验,测定材料的冲击韧性值。

课题一 拉伸实验

一、实验目的

- (1) 了解试验设备——万能材料试验机的构造,掌握其操作规程及使用时的注意事项。
- (2) 测定低碳钢的强度指标(下屈服点 R_{eL} 和抗拉强度 R_m)、塑性指标(伸长率 A 和断面收缩率 Z)。
- (3) 测定铸铁的抗拉强度 R_m 。
- (4) 观察两种材料在拉伸过程中的各种现象,并利用自动绘图装置绘制应力-伸长曲线。
- (5) 比较低碳钢(塑性材料)与铸铁(脆性材料)拉伸时的机械性质。

二、实验设备和量具

(1)实验设备:万能材料试验机,在材料力学实验中,最常用的设备是万能材料试验机,它可以用于拉伸、压缩、剪切、弯曲等试验。常用的万能材料试验机如图 1-8 所示。



图 1-8 万能材料试验机

(2)量具:游标卡尺、钢直尺、分规。

三、实验试样

实验用试样的各部分名称如图 1-9 所示。夹持部分用来装入试验机夹具中以便夹紧试样,过渡部分用来保证标距部分能均匀受力,这两部分的形状和尺寸取决于试样的截面形状和尺寸以及机器夹具的类型。标距是待试部分,也是试样的主体,其长度通常简称为标距,也称为计算长度。

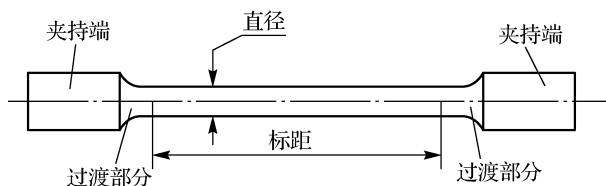


图 1-9 实验用试样的各部分名称

试样的尺寸和形状对材料的塑性性质影响很大。为了能正确地比较材料的机械性质,国家对试样尺寸做了标准化规定。常用试样的形状尺寸、光洁度等可查《金属材料 拉伸试验 第 1 部分:室温试验方法》(GB/T 228.1—2021)中的试样要求。

四、实验方法及步骤

1. 低碳钢试样的拉伸实验

(1)测定试样的截面尺寸。圆试样测定直径 d_0 的方法是:在试样标距长度的两端和中间三处予以测量,每处在两个相互垂直的方向上各测一次,取其算术平均值,然后取这三个平均数的最小值作为 d_0 。对矩形试样测三个截面的宽度 b 与厚度 a ,求出相应的三个 S_0 ,取最小的值作为 S_0 。 S_0 的计算精确度:当 $S_0 \leq 100 \text{ mm}^2$ 时, S_0 取小数点后面一位;当 $S_0 > 100 \text{ mm}^2$ 时, S_0 取整数。所需位数以后的数字按四舍五入处理。

(2)试样标距长度。试样标距长度 l_0 除了要根据圆试样的直径 d_0 或矩形试样的截面积 S_0 来确定外,还应在标距长度的两端各打一小标点,此两点应使其连线平行于试样的轴线。两标点之间用分划器等分 10 格或 20 格,并刻出分格线,以便观察变形分布情况,测定伸长率 A 。

(3)量程的选择。根据低碳钢的强度极限,估计加在试样上的最大载荷,据此选择适当的机器量程(也称载荷级)。

每台全能机都有几个载荷级,其刻度范围均自零至该级载荷的最大值。由于机器测力部分精确度的限制,每级载荷的刻度范围只有一部分是有效的。有效部分的规律如下:

- ①下限不小于该载荷级最大值的 10%,且不小于整机最大载荷的 4%。
- ②上限不大于该载荷级最大值的 90%。

实验时应保证全部待测载荷均在上述范围之内。就本次实验来说,必须保证屈服载荷 F_s 和极限载荷 F_b 均在该范围之内。如果机器有两个载荷级都能满足要求,则应取较小的载荷级以提高载荷测读精度。

选定好机器量程,挂好相应摆锤之后就可按一般程序调整试验机,安装试样,并试车一次,即预加少量载荷,然后卸载至零点附近。试车的目的是检查包括自动绘图装置在内的试验机工作是否正常。

(4)试车正常后,正式实验即可开始。用慢速加载,使试样的变形匀速增长。规定的拉伸速度是:屈服前,应力增加速度为 $10 \text{ N}/(\text{mm}^2 \cdot \text{s})$ ($1 \text{ kgf}/\text{mm}^2 \cdot \text{s}$);屈服后,试验机活动夹头在负荷下的移动速度不大于 $0.5 l_0/\text{min}$ 。在试样匀速变形的过程中,测力盘上的指针起初也是匀速前进的,但是,当指针停止前进或来回摆时就表明试样进入屈服阶段,读出此时的最小载荷 F_s 。借助试验机上自动绘出的载荷-变形曲线可以更好地判断屈服阶段的到达,低碳钢的应力-伸长曲线如图 1-10 所示。

屈服阶段終了以后,要使试样继续变形,就必须加大载荷。这时载荷-变形曲线将开始上升。

材料进入强化阶段。如果在这一阶段的某一点处进行卸载,则可以在自动绘图仪上得到一条卸载曲线,实验表明,它与曲线的起始直线部分基本平行。卸载后,若重新加载,加载曲线则沿原卸载曲线上升直到该点,此后曲线基本上与未经卸载的曲线重合,这就是冷作硬化效应。

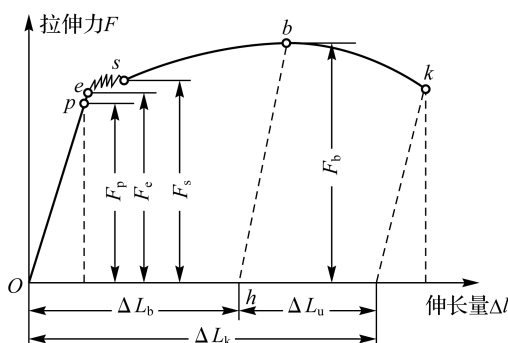


图 1-10 低碳钢的应力-伸长曲线

随着实验的继续进行,应力-伸长曲线将趋于平缓。当载荷达到最大 F_b 之后,测力指针也相应地由慢到快地回转,最后试样断裂。根据测得的 F_b 可以按 $R_m = F_b/S_0$ 计算出强度极限 R_m 。

(5) 试样断裂后标距部分长度 l_1 的测量。将试样拉断后的两段在拉断处紧密对接起来,尽量使其轴线位于一条直线上。拉断处由于各种情况形成缝隙,则此缝隙应计入试样拉断后的标距部分长度内。

(6) 拉断后缩颈处截面积 S_1 的测定。圆形试样在缩颈最小处两个相互垂直方向上测量其直径,用两者的算术平均值作为断口直径 d_1 。断面收缩率按公式 $Z = (S_0 - S_1)/S_0 \times 100\%$ 计算。

最后,在进行数据处理时,按有效数字的选取和运算法则确定所需的位数,所需位数后的数字按四舍六入五单双法处理。

技巧点拨: 加载时一定要缓慢、均匀;设备出现故障应立即停机,报告给老师处理。

2. 灰铸铁试样的拉伸实验

灰铸铁拉伸时的应力-伸长曲线如图 1-11 所示。它不像低碳钢拉伸那样明显可为分弹性、屈服、颈缩、断裂四个阶段,而是一根非常接近直线状的曲线,并没有下降段。灰铸铁试样是在非常微小的变形情况下突然断裂的,断裂后几乎测不到残余变形。注意到这些特点,可知灰铸铁不具有明显的屈服现象,因此不测定其屈服点 R_e ,而且测定它的断后伸长率 A 和断面收缩率 Z 也没有实际意义。这样,对灰铸铁只需测定它的抗拉强度 R_m 就可以了。

测定 R_m 可取制备好的试样,只测出其截面积 S_0 ,然后装在试验机上逐渐缓慢加载,直到试样断裂,记下最后载荷 F_b ,据此即可算得强度极限 $R_m = F_b/S_0$ 。

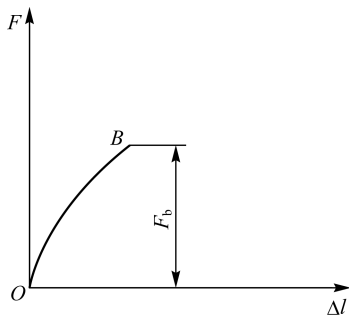
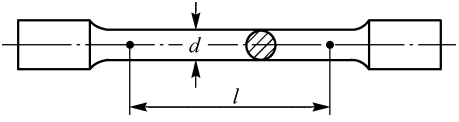
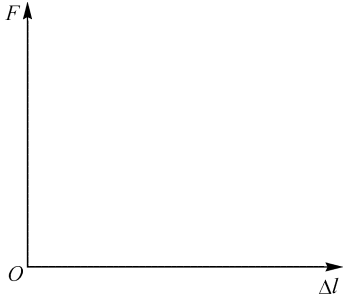


图 1-11 灰铸铁拉伸时的应力-伸长曲线

五、实验记录和结果

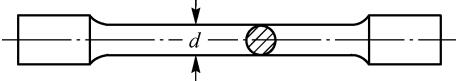
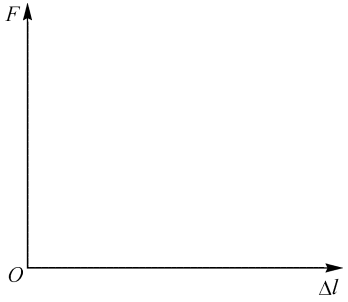
(1)测定低碳钢拉伸时的力学性能记录表(见表 1-9)。

表 1-9 测定低碳钢拉伸时的力学性能记录

试样尺寸	实验数据
实验前: 标 距 $l =$ mm 直 径 $d =$ mm 横截面积 $S =$ mm ²	屈服载荷 $F_s =$ kN 最大载荷 $F_b =$ kN 下屈服强度 $R_{eL} = \frac{F_m}{S}$ MPa 抗拉强度 $R_m = \frac{F_b}{S} =$ MPa
实验后: 标 距 $l_1 =$ mm 最小直径 $d_1 =$ mm 横截面积 $S_1 =$ mm ²	伸 长 率 $A = \frac{l_1 - l}{l} \times 100\% =$ 断面收缩率 $Z = \frac{S - S_1}{S} \times 100\% =$
试样草图	拉伸图
实验前:  实验后:	

(2)测定灰铸铁拉伸时的力学性能记录表(见表 1-10)。

表 1-10 测定灰铸铁拉伸时的力学性能记录

试样尺寸	实验数据
实验前: 直 径 $d =$ mm 横截面积 $S =$ mm ²	最大载荷 $F_b =$ kN 抗拉强度 $R_m = \frac{F_b}{S} =$ MPa
试样草图	拉伸图
实验前:  实验后:	

课题二 布氏硬度测定实验

一、实验目的

- (1) 了解布氏硬度测定的应用范围。
- (2) 了解布氏硬度实验机的主要结构。
- (3) 掌握布氏硬度测定的操作方法。

二、实验设备、材料

(1) 实验设备: HB-3000、HB-3000B 或 HB-3000C 型布氏硬度计均可; 20 倍读数显微放大镜。

(2) 材料: 20 钢、45 钢、T10 钢正火状态试样若干; 经抛光的 45 钢正火状态试样若干。

三、设备结构与操作

1. HB-3000 型布氏硬度试验机的结构

HB-3000 型布氏硬度试验机的结构如图 1-12 所示。其主要部件及作用如下。

(1) 机体与工作台。硬度计有铸铁机体, 在机体前的台面上安装了丝杠座, 其中装有丝杠, 丝杠上装立柱和工作台, 可上下移动。

(2) 杠杆机构。通过电动机可将载荷自动加在试样上。

(3) 压轴部分。压轴部分用以保证工作时试样与压头中心对准。

(4) 减速器部分。减速器部分带动曲柄及曲柄连杆, 在电动机转动及反转时, 将载荷加到压轴上或从压轴上卸除。

(5) 换向开关系统。换向开关系统是控制电动机回转方向的装置, 使加、卸载荷自动进行。

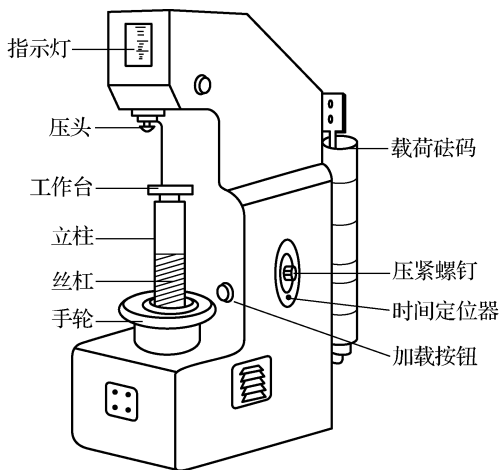


图 1-12 HB-3000 型布氏硬度试验机的结构

2. 操作前的准备工作

- (1) 根据表 1-11 选择压头,且将压头擦拭干净,装入主轴衬套中。
- (2) 根据表 1-11 选定试验力,加上相应的砝码。
- (3) 安装工作台。当试样高度小于 120 mm 时,应将立柱安装在升降螺杆上,然后安装好工作台进行试验。
- (4) 确定持续时间 t ,然后将压紧螺钉拧松,把圆盘上的时间定位器(红色指示点)转到与持续时间相符的位置上。
- (5) 接通电源,打开指示灯,证明通电正常。



表 1-11 布氏硬度测试规范

金属类型	布氏硬度值(HB)	试样厚度/mm	钢球直径 D /mm	F/D^2	载荷 F /kgf	载荷保持时间/s
黑色金属	140~450	6~3	10	30	3 000	10
		4~2	5		750	
		<2	2.5		187.5	
	<140	>6	10	10	1 000	10
		6~3	5		250	
		<3	2.5		62.5	
有色金属	>130	6~3	10	30	3 000	30
		4~2	5		750	
		<2	2.5		187.5	
	36~130	9~3	10	10	1 000	30
		6~3	5		250	
		<3	2.5		62.5	
	8~35	>6	10	2.5	250	60
		6~3	5		62.5	
		<3	2.5		15.6	

3. 操作程序

- (1) 将试样放在工作台上,顺时针方向旋转手轮,工作台上升,使压头压向试样表面,直到手轮与下方的螺母产生相对滑动为止。
- (2) 按动加载按钮,启动电动机,即开始加载荷。此时因压紧螺钉已拧松,圆盘并不转动,当红色指示灯闪亮时,迅速拧紧压紧螺钉,使圆盘转动。达到所要求的持续时间后,转动自动停止。
- (3) 逆时针方向旋转手轮,使工作台降下。取下试样用读数显微镜测量压痕直径 d ,并查表确定布氏硬度的数值。

4. 注意事项

- (1) 安装砝码时,一定要将吊杆的质量 187.5 kg 加进去。
- (2) 试样厚度应不小于压痕直径的 10 倍。试验后,试样背面及边缘呈现变形痕迹时,则

试验无效。

- (3)压痕直径 d 应为 $0.24D\sim0.6D$, 否则无效。
- (4)压痕中心至试样边缘的长度应大于 D , 两压痕中心连线的长度大于 $2D$ 。
- (5)试样表面必须平整光洁、无氧化皮, 以使压痕边缘清晰, 保证精确测量压痕直径 d 。
- (6)用显微镜测量压痕直径 d 时, 应从相互垂直的两个方向上读取, 取其平均值。

四、实验结果及记录

取正火钢 20 钢、45 钢、T10 钢及铸铁试样各一个, 打出压痕, 并从相互垂直的两个方向上测量压痕直径, 取其平均值, 查表求得 HBW 值, 将相关数据填入表 1-12 中, 对实验结果进行分析。

表 1-12 布氏硬度实验结果(正火状态)

材 料	20 钢				45 钢				T10 钢				铸 铁			
	1	2	3	平均	1	2	3	平均	1	2	3	平均	1	2	3	平均
压痕直径 /mm				/				/				/				/
HBW																

课题三 洛氏硬度测定实验

一、实验目的

- (1)了解洛氏硬度测定的应用范围。
- (2)了解洛氏硬度实验机的主要结构。
- (3)掌握洛氏硬度测定的操作方法。

二、实验设备、材料

- (1)设备: H-100 型洛氏硬度计。
- (2)材料: 20 钢、45 钢、T18 钢淬火状态试样若干。

三、设备结构与操作

1. 设备结构

洛氏硬度测定常用的设备为杠杆式试验机, H-100 型杠杆式洛氏硬度试验机的结构如图 1-13 所示, 其主要部分及作用如下:

- (1)机体及工作台: 试验机有坚固的铸铁机体, 在机体前面安装有不同形状的工作台, 通过手轮的转动, 借助螺杆的上下移动而使工作台上升或下降。
- (2)加载机构: 由加载杠杆(横杆)及挂重架(纵杆)等组成, 通过杠杆系统将载荷传至压头而压入试样, 借助扇形齿轮的转动可完成加载和卸载任务。
- (3)千分表指示盘: 通过刻度盘指示各种不同的硬度值, 洛氏硬度指示盘如图 1-14 所示。