

实验指导书

高等工科院校

工程材料及机械制造基础系列教材

主 编：陆文周

副主编：杨雪樱

主 审：卫家楣



东南大学出版社

高等工科院校
工程材料及机械制造基础系列教材

工程材料及机械制造基础 实验指导书

主 编 陆文周
副主编 杨雪樱
主 审 卫家楣

东南大学出版社

内 容 提 要

本书是根据国家教委高教司[1995]82号通知颁布的高等学校工科本科《工程材料及机械制造基础教学基本要求》编写的。全书分成工程材料、热加工工艺基础、机械加工工艺基础三部分,共28个实验。包括了教学基本要求规定的全部实验内容,并增加了塑料焊接实验;编写了五个新工艺、新技术的实验,如数控加工、特种加工、计算机在机械加工中的应用等。

本书是高等工科院校机械工程类专业的教材,也可供近机类、非机类相关专业选用。

工程材料及机械制造基础

实验指导书

陆文周 主编

*

东南大学出版社出版发行

(南京四牌楼2号 邮编 210096)

江苏省新华书店经销 南京雄州彩色印刷厂印刷

*

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 7.5 字数 172 千

1997年3月第1版 1997年9月第2次印刷

印数 4001—7000 册

ISBN 7—81050—121—6/TH·13

定价:7.50 元

(凡因印装质量问题,可直接向承印厂调换)

工程材料及机械制造基础系列教材

编委名单

主任委员：邱坤荣

副主任委员：王晓天 骆志斌 张恩生

委 员：黄英萍 贺锡生 王特典 张启芳
王辰宝 陆文周 程伟炯 李玉琴
吴 绯 张介岷

前 言

本书是根据国家教委高教司[1995]82号通知颁布的高等学校工科本科《工程材料及机械制造基础教学基本要求》，结合课程教学实际，由江苏省高校金属工艺教学研究会组织编写的系列教材之六。

编写本书的宗旨是帮助学生通过实验巩固和验证课程的基本理论知识；增强新材料、新工艺、新技术的知识和实践基础；训练严谨的科学作风，培养学生分析研究和科学实践的能力。

本书编写人员有王栓虎、顾卫标、丁毅、陈静、杨雪樱、陆文周。由陆文周任主编，杨雪樱任副主编，卫家楣主审。江苏省高校金工研究会骆志斌及金工信息站吴绯、张介岷等为本书的编写作了大量工作，在此深表谢意。

由于编者水平有限，错误和不妥之处敬请读者批评指正。

编 者

1996年11月

目 录

第一部分	工程材料实验	1
实验一	金相试样的制备及显微组织观察	1
实验二	铁碳合金显微组织分析	5
实验三	钢的热处理及硬度测定	8
实验四	钢在不同热处理状态下的显微组织	13
实验五	铸铁、铜合金、铝合金的显微组织	17
实验六	钢铁材料的火花鉴别	22
实验七	钢的淬透性与回火稳定性	27
第二部分	热加工工艺基础实验	30
实验一	合金的流动性及合金的充型能力	30
实验二	铸造应力的测定	33
实验三	零件铸造结构工艺性的对比	37
实验四	冷变形强化及再结晶	40
实验五	锻造流线及其对零件力学性能的影响	44
实验六	冲压模具的结构分析与拆装	46
实验七	焊接应力和变形	48
实验八	焊接接头的组织和性能	53
实验九	不同金属的锻造性能	57
实验十	不同金属的焊接性能	60
实验十一	塑料焊接	63
第三部分	机械加工工艺基础实验	67
实验一	刀具几何角度的刃磨与测量	67
实验二	切削因素对加工表面粗糙度的影响	73
实验三	材料的切削性能	77
实验四	安装方法对零件加工精度的影响	81
实验五	数控机床加工	88
实验六	电火花加工	92
实验七	电火花线切割加工	96
实验八	超声波加工	101
实验九	激光加工	105
实验十	计算机在机械加工中的应用	108
参考文献		112

第一部分 工程材料实验

实验一 金相试样的制备及显微组织观察

一、实验目的

1. 初步掌握金相试样的制备方法。
2. 了解金相显微镜的成像原理及基本结构,熟悉金相显微镜的使用方法。

二、实验原理

金相显微分析是研究金属内部组织最重要的方法之一。用光学显微镜观察和研究金属内部组织的步骤,首先是制备所取试样的表面,然后选用合适的浸蚀剂浸蚀试样表面,并用金相显微镜观察和研究试样表面组织。

试样表面比较粗糙时,由于对入射光产生漫反射,无法用显微镜观察其内部组织,因此要对试样表面进行加工,通常采用磨光和抛光的方法,从而得到光亮如镜面的试样表面。这个表面在显微镜下只能看到白亮的一片而看不到其组织细节,因此必须采用合适的浸蚀剂对试样的表面进行浸蚀,使试

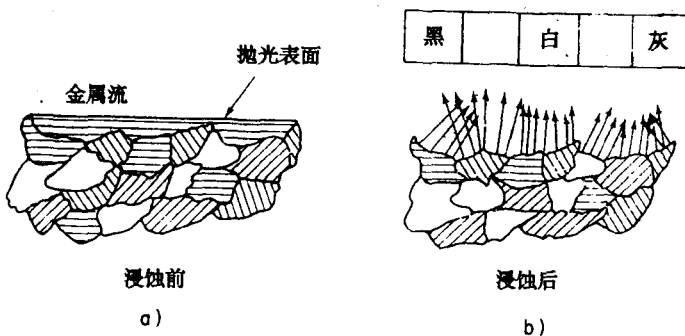


图 1-1-1 金相组织的显示

样表面有选择性地溶解掉某些部分(如晶界),从而呈现微小的凹凸不平(图 1-1-1),这些凹凸不平在光学显微镜的景深范围内可以显示出试样的组织形貌、大小和分布。

1. 金相显微镜的结构和使用

金相显微镜通常由光学系统、照明系统和机械系统三大部分组成。有的显微镜还附有摄影装置,现以 XJB-1 型台式金相显微镜为例加以说明。

XJB-1 型金相显微镜的光学系统如图 1-1-2 所示,由灯泡发出的光线经聚光透镜组及反光镜聚集到孔径光栏,再经过聚光镜聚集到物镜的后焦面,最后通过物镜平行照射到试样的表面。从试样表面反射回来的光线经物镜组和辅助透镜,由半反射镜转向,经过辅助透镜及棱镜形成一个倒立的放大实像,该像再经过目镜放大,就成为在目镜视场中能看到的放大映像。

XJB-1 型金相显微镜的外形如图 1-1-3 所示,现分别介绍其各部件的功能及使用。

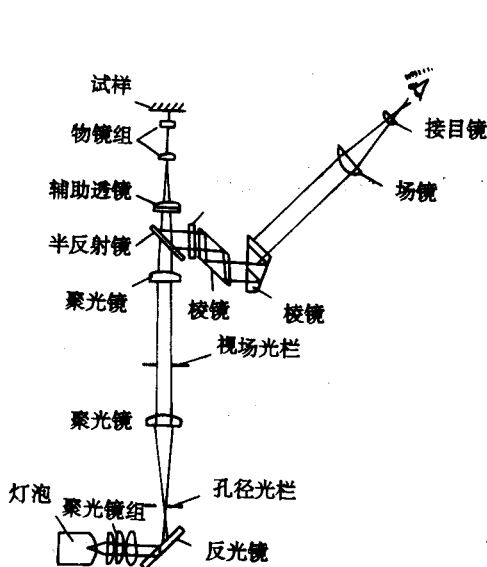


图 1-1-2 XJB-1 型金相显微镜的光学系统

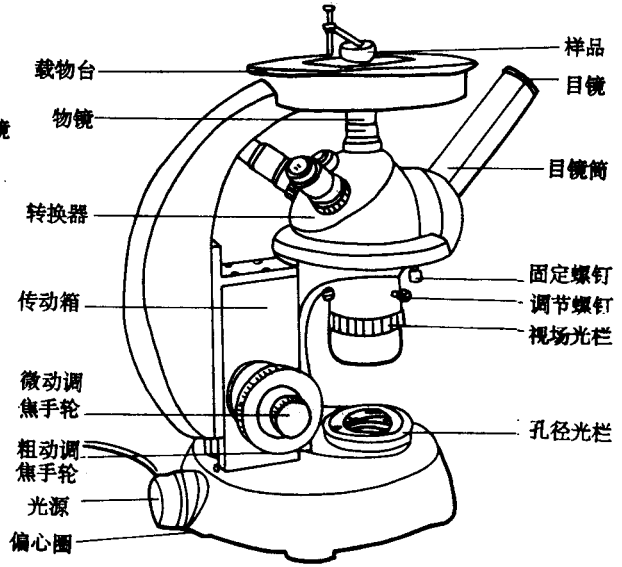


图 1-1-3 XJB-1 型金相显微镜外形结构图

照明系统:在底座内装有一低压灯泡作为光源,聚光镜、孔径光阑及反光镜等均安置在圆形底座上,视场光阑及另一聚光镜则安在支架上,它们组成显微镜的照明系统,使试样表面获得充分均匀的照明。

显微镜调焦装置:在显微镜的两侧有粗调焦和微调焦手轮,粗调手轮的转动可使载物台的弯臂作上下移动,微调手轮使显微镜沿滑轮缓慢移动,在右侧手轮上刻有分度格,每一格表示物镜座上下微动 0.002 mm。

载物台(样品台):用于放置金相样品,观察面须向下。载物台和下面托盘之间有导轨,用手推动,可使载物台在水平面上作一定范围内的十字定向移动,以改变试样的观察部位。

孔径光阑和视场光阑:孔径光阑装在照明反射镜座上面,调整孔径光阑能够控制入射光束的粗细,以保证物像达到清晰的程度。视场光阑设在物镜支架下面,其作用是控制视场范围,使目镜中视场明亮而无阴影。

物镜转换器:转换器呈球面状,上有三个螺孔,可安装不同放大倍数的物镜,旋动转换器可使各物镜镜头进入光路,与不同的目镜搭配使用,以获得各种放大倍数。

目镜筒:目镜筒呈 45° 倾斜安装在附有棱镜的半球座上,还可将目镜转向 45° 呈水平状态以配合照相装置进行金相摄影。

2. 金相试样的制备方法

金相显微试样的制备包括取样、镶嵌、磨制、抛光、浸蚀等工序。

1) 取样

试样的选取应根据研究的目的,取其具有代表性的部位。待确定好部位,就可以把试

样截下,试样的尺寸通常采用直径12~15 mm,高12~15 mm的圆柱体或边长12~15 mm的方形试样。取样方法可用手锯、锯床切割或锤击等方法。

2) 镶嵌

如试样尺寸太小,直接用手来磨制困难时,可把试样镶嵌在低熔点合金或塑料中,以便于试样的磨制和抛光。

3) 磨制

切好或镶好的试样在砂轮机上磨平,尖角要倒圆。然后用2[#]、1½[#]和1[#]等粗砂布磨光,再换用W28、W20、W14、W10等金相砂纸逐级细磨,一直磨到W10砂纸后方可进行粗抛光和细抛光。

磨制试样时,每换一次磨制步骤(即每换一号砂纸)时,试样磨制方向应转90°,这样才能看出上次磨痕是否磨去。试样在每一号砂布(纸)上磨制时,要沿一个方向磨,切忌来回磨削,而且给试样施加的压力要适当。

4) 抛光

细磨的试样还需进行抛光。抛光的目的是去除细磨时遗留下来的细微磨痕而获得光亮的镜面。试样的抛光是在专用的抛光机上进行的,转速一般为100~150 r/min。抛光时在抛光盘盘面上铺有丝绒等织物,并不断滴注抛光液。抛光液是由Al₂O₃、Cr₂O₃或MgO等极细粒度的磨料加水而形成的悬浮液,依靠抛光液中极细的抛光粉末与试样磨面间产生的相对磨削和滚压作用来消除磨痕。抛光时应使试样磨面均匀地压在旋转的抛光盘上,并沿盘的边缘到中心不断作径向往复运动。除机械抛光方法外,还有电解抛光、化学抛光等其他抛光方法。

5) 浸蚀

经抛光后的试样还须经过浸蚀后才能在显微镜下进行观察。浸蚀主要是依靠浸蚀剂对金属的溶解或电化学腐蚀过程,使金属试样表面的晶粒与晶界及各组成相之间呈现轻微的凹凸不平,在显微镜下就可以清楚地观察到试样表面的显微组织及形貌。浸蚀方法是將试样磨面浸入浸蚀剂中,或用棉花沾上浸蚀剂擦拭试样表面,浸蚀时间要适当,一般试样磨面发暗时就可停止。如果浸蚀不足可重复浸蚀。浸蚀完毕后立即用清水冲洗,然后用酒精冲洗,最后用吹风机吹干,试样即可置于金相显微镜上进行观察。

金属材料常用的浸蚀剂见表1-1-1。

表 1-1-1 金属材料常用的浸蚀剂

浸蚀剂名称	成分	浸蚀条件	使用范围
A. 钢铁材料常用的浸蚀剂			
硝酸酒精溶液	硝酸 1~5 ml 酒精 100 ml	硝酸含量增加时,浸蚀速度增加。浸蚀时间从数秒至 60 s	适用于显示碳钢及合金结构钢经不同热处理的组织。显示铁素体晶界特别清晰
苦味酸酒精溶液	苦味酸 4 g 酒精 100 ml	有时可用较淡溶液浸蚀数秒至数分钟	能显示碳钢、低合金钢的各种热处理组织,特别是显示细珠光体和碳化物。显示铁素体晶界效果则不如硝酸酒精溶液
混合酸酒精溶液	盐酸 10 ml 硝酸 3 ml 酒精 100 ml	浸蚀 2~10 min	显示高速钢淬火及回火后钢的奥氏体晶粒,显示回火马氏体组织
王水溶液	盐酸(相对密度 1.19) 3 份 硝酸(相对密度 1.42) 1 份	试样浸入试剂内数次,每次 2~3 s,并抛光、用水和酒精冲洗	显示各类高合金钢组织,用于 Cr-Ni 不锈钢的组织显示、晶界、碳化物析出物特别清晰
B. 有色金属材料常用的浸蚀剂			
氯化铁、盐酸溶液	FeCl ₃ HCl H ₂ O (g) (ml) (ml)	先擦拭,再浸入试剂中 1~2 min	显示黄铜、青铜的晶界,使二相黄铜中的 β 相发暗,铸造青铜枝晶组织图象清晰
	(a) 1 20 100		
	(b) 5 10 100		
	(c) 25 25 100		
氢氟酸水溶液	HF(浓) 0.5 ml H ₂ O 99.5 ml	用棉花沾上试剂擦拭 10~20 s	可显示铝合金的一般显微组织
浓混合酸溶液	HF(浓) 10 ml	此液作粗视浸蚀用;	是显示轴承合金粗视组织和显微组织的最佳浸蚀剂
	HCl(浓) 15 ml	若用作显微组织,则	
	HNO ₃ (浓) 25 ml H ₂ O 50 ml	可用水按 9:1 冲淡后作为浸蚀剂用	

三、实验内容

1. 每人制备一块工业纯铁或低碳钢金相试样。
2. 在试样浸蚀之前,先在显微镜下观察抛光后的磨面状况,然后进行浸蚀。
3. 轻腐蚀和重腐蚀对显微组织观察的影响。

四、实验报告要求

1. 写出实验目的及所用实验设备。
2. 简述金相试样的制备过程。
3. 讨论如何制备高质量的金相试样。

实验二 铁碳合金显微组织分析

一、实验目的

1. 研究和了解铁碳合金在平衡状态下的显微组织。
2. 分析含碳量对铁碳合金显微组织的影响,从而加深理解成分、组织和性能之间的相互关系。

二、实验原理

铁碳合金的平衡组织是指铁碳合金在极为缓慢的冷却条件下所得到的组织。可以根据铁碳相图来分析铁碳合金在平衡状态下的显微组织。

铁碳合金主要包括碳钢和白口铸铁,其室温组成相由铁素体和渗碳体这两个基本相所组成。由于含碳量不同,铁素体和渗碳体的相对数量、析出条件及分布状况均有所不同,因而呈现各种不同的组织形态。

不同成分的铁碳合金在室温下的显微组织见表 1-2-1。

表 1-2-1 各种铁碳合金在室温下的显微组织

类 型	含碳量(%)	显 微 组 织	浸 蚀 剂
工 业 纯 铁	< 0.02	铁 素 体	4% 硝酸酒精溶液
亚共析钢	0.02 ~ 0.77	铁素体 + 珠光体	4% 硝酸酒精溶液
碳 钢 共 析 钢	0.77	珠 光 体	4% 硝酸酒精溶液
过共析钢	0.77 ~ 2.11	珠光体 + 二次渗碳体	苦味酸钠溶液, 渗碳体变黑或呈棕红色
白 口 铸 铁 亚共晶白口铁	2.11 ~ 4.3	珠光体 + 二次渗碳体 + 莱氏体	4% 硝酸酒精溶液
共晶白口铁	4.3	莱 氏 体	4% 硝酸酒精溶液
过共晶白口铁	4.3 ~ 6.69	莱氏体 + 一次渗碳体	4% 硝酸酒精溶液

铁碳合金在金相显微镜下具有下面四种基本组织:

铁素体(F) 铁素体是碳溶解于 α -Fe 中的间隙固溶体。工业纯铁用 4% 硝酸酒精溶液浸蚀后,在显微镜下呈现明亮的等轴晶粒;亚共析钢中铁素体呈块状分布;当含碳量接近共析成分时,铁素体则呈现断续的网状分布于珠光体周围。

渗碳体(Fe_3C) 渗碳体是铁与碳形成的金属间化合物,其含碳量为 6.69%,质硬而脆,耐腐蚀性强,经 4% 硝酸酒精浸蚀后,渗碳体仍呈亮白色,而铁素体浸蚀后呈灰白色,由此可区别铁素体和渗碳体。渗碳体可以呈现不同的形态:一次渗碳体直接由液体中结晶出,呈粗大的片状;二次渗碳体由奥氏体中析出,常呈网状分布于奥氏体的晶界;三次渗碳

体由铁素体中析出,呈不连续片状分布于铁素体晶界处,数量极微,可忽略不计。

珠光体(P) 珠光体是铁素体和渗碳体呈层片状交替排列的机械混合物。经4%硝酸酒精浸蚀后,在不同放大倍数的显微镜下可以看到具有不同特征的珠光体组织。当放大倍数较低时,珠光体中的渗碳体看到的只是一条黑线,甚至珠光体片层因不能分辨而呈黑色。

莱氏体(Ld') 莱氏体在室温时是珠光体和渗碳体所组成的机械混合物。其组织特征是在亮白色渗碳体基底上相间地分布着暗黑色斑点及细条状珠光体。

根据含碳量及组织特点的不同,铁碳合金可分为工业纯铁、钢和铸铁三大类。其中钢又可分为亚共析钢、共析钢和过共析钢三种;铸铁又可分为亚共晶白口铁、共晶白口铁和过共晶白口铁三种。各种铁碳合金的平衡组织如图1-2-1至图1-2-7所示。

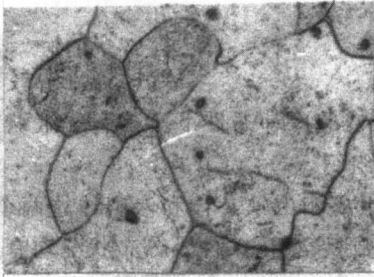


图 1-2-1 工业纯铁的显微组织
(400 ×)

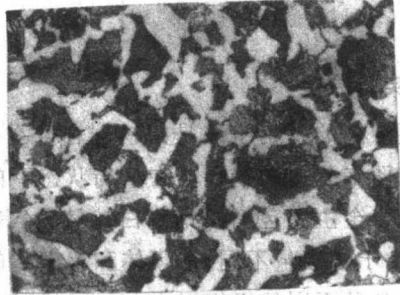


图 1-2-2 45 钢的显微组织
(400 ×)



图 1-2-3 T8 钢的显微组织
(400 ×)

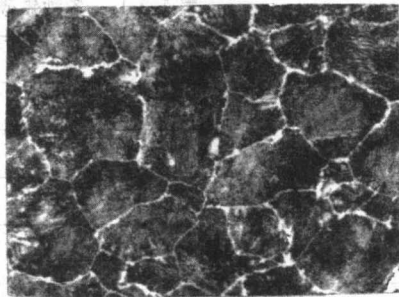


图 1-2-4 T12 钢的显微组织
(400 ×)

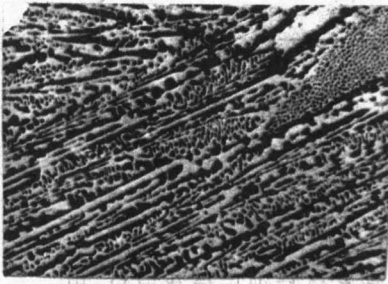


图 1-2-5 共晶白口铸铁
显微组织图

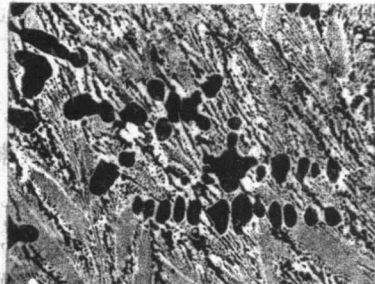


图 1-2-6 亚共晶白口铸铁
显微组织图

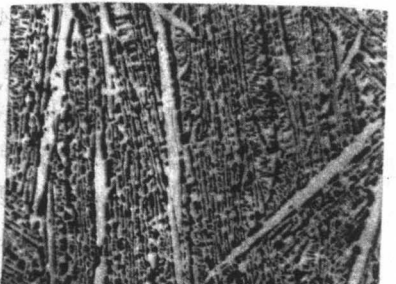


图 1-2-7 过共晶白口铸铁
显微组织图

三、实验内容

观察表 1-2-2 中所列试样的显微组织,画出所观察组织的示意图。

表 1-2-2 几种碳钢和白口铸铁的显微样品

编号	材 料	热处理	组织名称及特征	浸蚀剂	放大倍数
1	工业纯铁	退火	铁素体(呈等轴晶粒)和微量三次渗碳体(薄片状)	4% 硝酸酒精溶液	100 ~ 500
2	20 钢	退火	铁素体(呈块状)和少量的珠光体	4% 硝酸酒精溶液	100 ~ 500
3	45 钢	退火	铁素体(呈块状)和相当数量的珠光体	4% 硝酸酒精溶液	100 ~ 500
4	T8 钢	退火	铁素体(宽条状)和渗碳体(细条状)相间交替排列	4% 硝酸酒精溶液	100 ~ 500
5	T12 钢	退火	珠光体(暗色基底)和细网络状二次渗碳体	4% 硝酸酒精溶液	100 ~ 500
6	T12 钢	退火	珠光体(呈浅色晶粒)和二次渗碳体(黑色网状)	苦味酸钠溶液	100 ~ 500
7	亚共晶白口铁	铸态	珠光体(呈黑色枝晶状)、莱氏体(斑点状)和二次渗碳体(在枝晶周围)	4% 硝酸酒精溶液	100 ~ 500
8	共晶白口铁	铸态	莱氏体,即珠光体(黑色细条及斑点状)和渗碳体(亮白色)	4% 硝酸酒精溶液	100 ~ 500
9	过共晶白口铁	铸态	莱氏体(暗色斑点)和一次渗碳体(粗大条片状)	4% 硝酸酒精溶液	100 ~ 500

四、实验报告要求

1. 明确实验目的。
2. 画出所观察试样的显微组织示意图,注明合金成分、状态、放大倍数、浸蚀剂及各组织组成物的名称;说明其特征,并分析形成过程。

实验三 钢的热处理及硬度测定

一、实验目的

1. 了解钢的基本热处理工艺。
2. 了解布氏和洛氏硬度计的主要原理、结构及操作方法。
3. 了解不同的热处理工艺对钢的性能的影响。

二、实验原理

热处理是充分发挥金属材料性能潜力的重要方法之一。其工艺特点是把钢加热到一定温度,保温一段时间后,以某种速度冷却下来,通过改变钢的内部组织来改善钢的性能,其基本工艺包括退火、正火、淬火和回火等。

金属的硬度是材料表面抵抗硬物压入而引起塑性变形的能力。硬度越大,表明金属抵抗塑性变形的能力越大,材料产生塑性变形就越困难。硬度是金属材料一项重要的力学性能指标。硬度的试验方法很多,其中常用的有布氏法、洛氏法和维氏法三种硬度试验方法。

1. 钢的退火、正火、淬火和回火

钢的退火通常是将钢加热到临界温度 Ac_1 或 Ac_3 线以上,保温后缓慢地随炉冷却的一种热处理工艺。钢经退火处理后,其组织比较接近平衡状态,硬度较低(约 180 ~ 220HBS),有利于进行切削加工。

钢的正火是将钢加热到 Ac_3 或 Ac_{cm} 线以上 30 ~ 50℃,保温后在空气中冷却的一种热处理工艺。由于冷却速度稍快,与退火组织相比,所形成的珠光体片层细密,故硬度有所提高。对低碳钢来说,正火后提高硬度可改善其切削加工性能,降低加工表面的粗造度;对高碳钢来说,正火可以消除网状渗碳体,为球化退火和淬火作准备。

钢的淬火就是将钢加热到 Ac_3 或 Ac_1 线以上 30 ~ 50℃,保温后在不同的冷却介质中快速冷却,从而获得马氏体和(或)贝氏体组织的一种热处理工艺。马氏体的硬度和强度都很高,特别适用于有较高耐磨性能要求的工模具材料。淬火工艺包括三个重要参数,淬火加热温度、保温时间和冷却速度。淬火加热温度过高时晶粒容易长大,而且还会产生氧化脱碳等缺陷,加热温度过低则会因组织中存在铁素体或珠光体而导致材料硬度不足。保温时间与钢的成分、工件的形状、尺寸及加热介质等因素关,一般可按照经验公式加以估算,保温时间过长或过短都会对钢的组织及性能造成不利的影响。冷却是淬火的关键工序,它直接影响到淬火后的组织和性能。冷却时应使冷却速度大于临界冷却速度,以保证获得马氏体组织。在这个前提下又应尽量降低冷却速度,以减小内应力,防止变形和开裂。因此,可根据 C 曲线图(见图 1-3-1),使淬火工件在过冷奥氏体最不稳定的温度范围(650 ~ 550℃)进行快冷,而在较低温度(300 ~ 100℃)时的冷却速度则尽可能小些。

钢的回火是把经过淬火后的钢再加热到 Ac_1 线以下某一温度,保温一段时间,然后冷却到室温的热处理工艺,其主要目的是改善淬火组织(马氏体)的韧性,消除淬火时产生的残余内应力并减小钢件的变形。回火温度和保温时间是回火工艺的两个重要参数,根据回火温度的不同,回火又可分为低温回火(小于 250°C),中温回火($250 \sim 500^\circ\text{C}$)和高温回火($500 \sim 650^\circ\text{C}$)。

2. 硬度试验原理、结构及操作方法

硬度测试方法很多,使用最广泛的是压入法。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。根据压头类型和几何尺寸等条件的不同,常用的压入法可分为布氏法、洛氏法和维氏法三种。

1) 布氏硬度

布氏硬度试验是施加一定大小的载荷 P ,将直径为 D 钢的球压入被测金属表面后保持一定时间,然后卸除载荷,根据钢球在金属表面上所压出的压痕直径查表即可得硬度值。

用钢球压头所测出的硬度值用 HBS 表示;用硬质合金球压头所测出的硬度值用 HBW 表示。布氏硬度的优点是测定结果较准确,缺点是压痕大。目前布氏硬度计一般以钢球为压头,主要用于测定较软的金属材料的硬度。布氏硬度值的计算式如下:

$$\text{HBS(HBW)} = 0.102 \times \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

式中: P —— 试验力(N);

D —— 压头球体直径(mm);

d —— 相互垂直方向测得的压痕直径 d_1, d_2 的平均值(mm)。

布氏硬度试验机的外形结构如图 1-3-2 所示,其基本操作和程序是:

(1) 将试样放在工作台上,顺时针转动手轮,使压头向试样表面直至手轮对下面螺母产生相对运动(打滑)为止。此时试样已承受 98.07 N 初载荷。

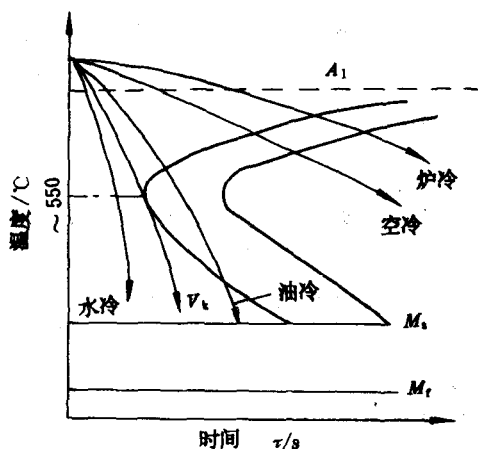


图 1-3-1 在共析钢 C 曲线上估计连续冷却速度的影响

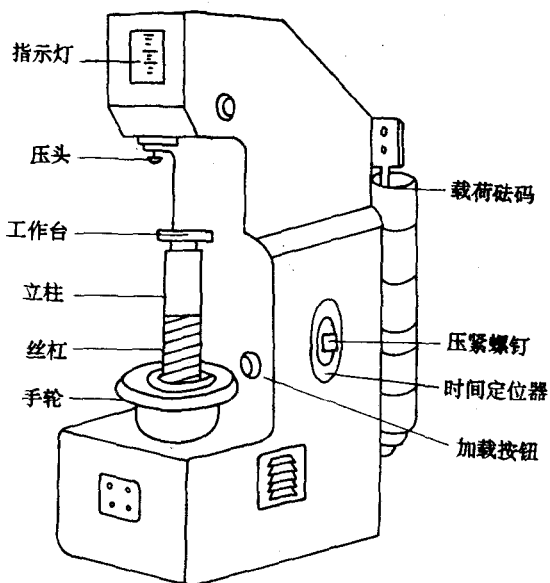


图 1-3-2 HB-3000 布氏硬度试验机外形结构图

(2) 按动加载按钮,开始加主载荷,当红色指示灯闪亮时,迅速拧紧紧压螺钉,使圆盘转动。达到所要求的持续时间后,转动即自行停止。

(3) 逆时针转动手轮降下工作台,取下试样用读数显微镜测出压痕直径 d ,以此查表即得 HBS 值。

2) 洛氏硬度

洛氏硬度以顶角为 120° 的金刚石圆锥体作为压头,以一定的压力使其压入材料表面,通过测量压痕深度来确定其硬度。被测材料的硬度可在硬度计刻度盘上读出。洛氏硬度有 HRA、HRB 和 HRC 三种标尺,其中以 HRC 应用最多,一般用于测量经过淬火处理后较硬材料的硬度。

在实际使用中为了使硬材料的洛氏硬度值比软材料的高,以符合人们的习惯。因此被测试材料的硬度值尚须用下式作适当变换:

$$HR = \frac{K - (h_2 - h_3)}{c} = \frac{K - e}{c}$$

式中: K ——常数,采用金刚石压头时为 0.2,采用 1.5875 mm (1/16") 钢球压头时为 0.26;

c ——常数,采用金刚石压头或钢压头时都为 0.002;

h_3, h_2 ——施加载荷前后的压痕深度 (mm)。

常用的三种洛氏硬度试验规范见表 1-3-1。

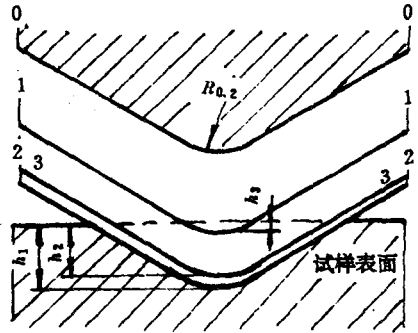


图 1-3-3 洛氏硬度测定

表 1-3-1 常用三种洛氏硬度试验规范

符号	压头	N	硬度值有效范围	使用范围
HRA	金刚石圆锥 120°	588.4	20 ~ 88 HRA	适用于测量硬质合金、表面淬火或渗碳层
HRB	1.5875 mm (1/16") 钢球	980.7	20 ~ 100 HRB	适用于测量有色金属、退火、正火钢等
HRC	金刚石圆锥 120°	1471	20 ~ 70 HRC	适用于调质钢、淬火钢等

洛氏硬度试验机的结构如图 1-3-4 所示,其基本操作程序是:

(1) 将试样放置在试样台上,顺时针转动手轮,使试样与压头缓慢接触,直至表盘小指针指到“0”为止,然后将表盘上指针调零。

(2) 按动按钮或转动手柄,加主载荷,当表盘大指针反转停止后,再顺时针旋转摇柄,卸除主载荷,此时表盘大指针即指示出该试样的 HRC 值。

(3) 逆时针转动手轮,取出试样,硬度测定完毕。

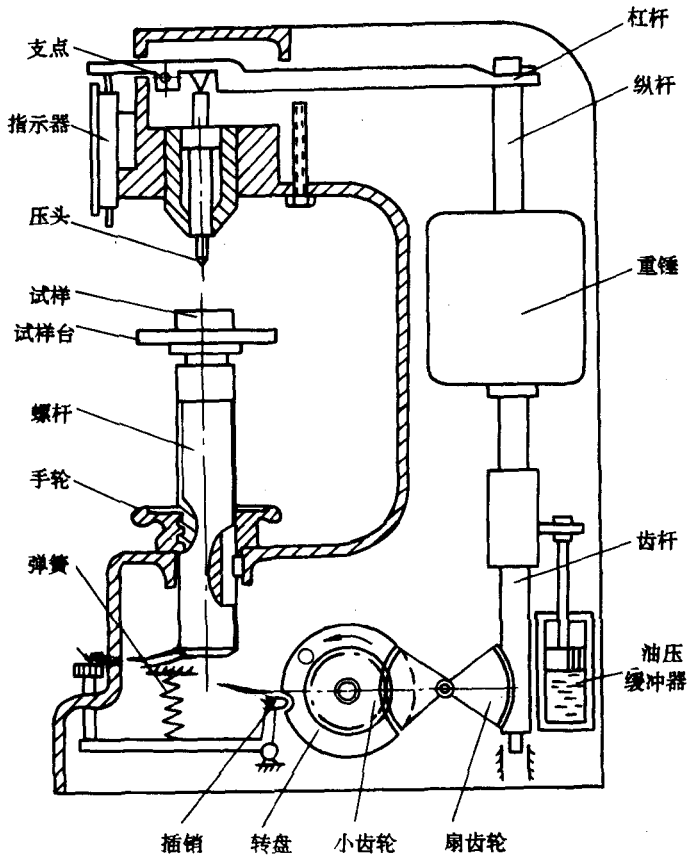


图 1-3-4 H-100 型洛氏硬度试验机结构图

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(图 1-3-5)。

维氏硬度用 HV 表示, HV 的计算式为:

$$HV = 0.102 \times 1.8544 \frac{F}{d^2}$$

式中: F —— 载荷(N);

d —— 压痕对角线长度(mm)。

三、实验内容

1. 退火、正火及淬火部分的内容及具体步骤

(1) 根据处理条件不同,可按表 1-3-2 进行分组试验。

(2) 表 1-3-2 中所用原始试样一律经退火处理后测定其 HBS 值,经淬火实验后一律用洛氏(HRC)硬度计测定。

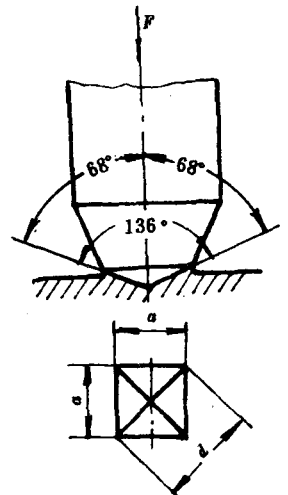


图 1-3-5 维氏硬度测定