

材料组织与性能测试

■ 主编 刘生发 主审 叶卫平 ■



武汉理工大学出版社
Wuhan University of Technology Press

材料组织结构控制与性能测试

主 编 刘生发
副主编 魏 鹏 吴兴文
主 审 叶卫平

武汉理工大学出版社

· 武 汉 ·

【内 容 简 介】

本实验教程以铸造和热处理方向典型的专业实验为基础,主要包括金属材料学、金属材料及热处理、材料力学性能与物理性能、金属凝固理论、铸造合金及其熔炼、铸造工艺学、特种铸造等专业主干课程的实验。在实验内容的选择上,尽可能安排以全面提高学生实验技能为主的专业实验,并按照不同的专业课进行了分模块排序,以实现内容编写的系统性和科学性。

本书可以作为高等学校材料科学与工程专业(铸造和热处理方向)的实验教材。

图书在版编目(CIP)数据

材料组织结构控制与性能测试/刘生发主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2011.6
ISBN 978-7-5629-3164-5

I. ① 材… ① II. 刘… III. 金属材料-结构性能-性能分析 IV. ① TG14

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 105017 号

项目负责人:	陈 硕	责任编辑:	陈 硕
责任校对:	郭 芳	装帧设计:	吴 极
出版发行:	武汉理工大学出版社		
社 址:	武汉市洪山区珞狮路 122 号		
邮 编:	430070		
网 址:	http://www.techbook.com.cn		
经 销:	各地新华书店		
印 刷:	湖北睿智印务有限公司		
开 本:	787×1092 1/16		
印 张:	9.75		
字 数:	237 千字		
版 次:	2011 年 6 月第 1 版		
印 次:	2011 年 6 月第 1 次印刷		
定 价:	18.00 元		

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:027-87394412 87383695 87384729 87397097(传真)

· 版权所有 盗版必究 ·

前 言

实验教学对培养学生的实验技能、综合研究能力和创新能力有着重要作用,已成为素质教育和创新人才培养的重要环节。材料科学与工程专业(铸造和热处理方向)要求培养学生既有深厚的基础理论知识,又具备实验动手与研究能力,因此实验教学越来越受到重视。传统的实验教学一般由十几门专业课程单独组成,相互联系不够密切,部分实验内容重复,且缺乏系统性。为了增强实验教学与专业课程教学的联系,满足现代开放实验室对实验教学的要求,特编写了本教材。

本实验教程以铸造和热处理方向典型的专业实验为基础,主要包括金属材料学、金属材料及热处理、材料力学性能与物理性能、金属凝固理论、铸造合金及其熔炼、铸造工艺学、特种铸造等主干专业课程的实验。在实验内容的选择上,尽可能安排以全面提高学生实验技能为主并具有针对性的实验,且按照不同的专业课进行了分模块排序,以实现内容编写的系统性和科学性。此外,根据学科专业发展的需要,还特意编写了主要以培养学生综合实验研究能力、创新能力为目的的综合性、设计性与研究创新性实验。

本实验教程的主要特点表现在:一方面,注重实验教材体系结构的创新,在实验内容的编排上以全面提高学生专业实验技能的常规基础实验为主,同时又兼顾了以培养研究能力为主的综合设计实验。另一方面,吸取了国内同类实验教材的精华,增强了该实验教材的系统性、适用性和科学性。

本教材所列实验共 53 个。每个实验均由实验目的、实验原理、实验材料与设备、实验内容、实验步骤与方法、实验报告要求及思考题等组成。学生在具体实验时根据条件可以有选择地完成部分内容。

本书由武汉理工大学刘生发教授任主编,魏鹏博士和吴兴文副教授任副主编。参加编写的有范宏利、贾健生、文红艳等实验室老师以及金属材料系的全体老师。全书由叶卫平教授主审。

本书在编写过程中,参考了武汉理工大学材料科学与工程学院金属材料系所使用的实验指导书、兄弟院校的实验教材以及相关著作和论文。本书的出版得到了武汉理工大学材料科学与工程学院的大力支持,谨在此一并深表谢意。

由于编者水平有限,本书不足之处在所难免,敬请广大读者提出宝贵意见。

编者

2010 年 4 月

目 录

1	合金显微组织观察综合实验	(1)
	实验 1 铁碳合金相图及平衡组织观察实验	(1)
	实验 2 碳钢非平衡组织观察实验	(4)
	实验 3 合金钢显微组织观察实验	(7)
	实验 4 铸铁显微组织观察实验	(10)
	实验 5 有色合金显微组织观察实验	(12)
2	金属材料力学性能综合实验	(16)
	实验 1 金属材料室温拉伸力学性能实验	(16)
	实验 2 金属材料硬度实验	(19)
	实验 3 金属材料缺口试样冲击韧性测定实验	(26)
3	金属材料组织与物理性能测试综合实验	(30)
	实验 1 钢中残余奥氏体量的测定实验	(30)
	实验 2 用双电桥研究含碳量及热处理对钢的电阻率影响实验	(31)
	实验 3 用磁性法检测铸态球铁的珠光体含量实验	(34)
	实验 4 简易竖式膨胀仪测量钢在加热、冷却时的临界点及膨胀系数	(36)
	实验 5 用热磁仪研究淬火钢回火过程中的组织转变实验	(38)
4	超声波探伤法实验	(40)
5	热处理工艺设计分析综合实验(一)	(42)
6	热处理工艺设计分析综合实验(二)	(50)
	实验 1 奥氏体晶粒度测定实验	(50)
	实验 2 钢的淬透性测定实验	(51)
	实验 3 碳钢的普通热处理实验	(54)
7	表面改性技术综合实验	(58)
	实验 1 电刷镀镍工艺实验	(58)
	实验 2 等离子喷涂涂层的制备与观测实验	(59)
	实验 3 渗碳及渗碳层厚度的测定实验	(63)
	实验 4 其他化学热处理组织观察	(66)
8	热工设备及仪表检测技术综合实验	(71)
	实验 1 热电偶的校验实验	(71)
	实验 2 XCT-101 型动圈式温度指示调节仪的校验及调整实验	(73)
	实验 3 XWB 型电子电位差计的校验实验	(74)
	实验 4 井式热处理多用炉工艺调试	(79)
9	热加工缺陷分析综合实验	(83)
10	液态合金铸造性能综合实验	(93)

实验 1 铸造合金流动性测定实验	(93)
实验 2 铸造合金线收缩及热裂的测定实验	(95)
实验 3 铸造合金体收缩的测定实验	(97)
实验 4 铸造热应力测定实验	(99)
11 原砂性能测定综合实验	(101)
实验 1 原砂含泥量测定实验	(101)
实验 2 原砂颗粒组成测定实验	(102)
实验 3 原砂颗粒形状检定实验	(103)
实验 4 原砂烧结点测定实验	(104)
12 黏土性能测定综合实验	(106)
实验 1 胶质价的测定实验	(106)
实验 2 膨胀倍数测定实验	(107)
实验 3 黏土对次甲基蓝吸附量的测定实验	(107)
实验 4 黏土种类及加入量对型砂热湿拉强度影响实验	(108)
13 型砂性能测试综合实验	(110)
实验 1 标准工艺试样的制作实验	(110)
实验 2 型砂透气性的测定(快速法)实验	(111)
实验 3 型砂湿压强度的测定实验	(112)
实验 4 型砂破碎指数的测定实验	(113)
实验 5 型砂紧实率的测定	(113)
14 压力铸造综合实验	(115)
实验 1 压铸模结构与拆装实验	(115)
实验 2 压力铸造工艺及设备控制实验	(120)
15 球墨铸铁的制备及其热处理综合实验	(127)
实验 1 球墨铸铁的制备及炉前检测实验	(127)
实验 2 球墨铸铁的热处理及显微组织观察实验	(129)
16 铸造铝合金的熔铸及热处理综合实验	(131)
实验 1 ZL102 铝硅合金的熔炼、精炼、细化及变质处理实验	(131)
实验 2 ZL101 铝合金的热处理实验	(134)
17 铸造铜合金熔炼综合实验	(136)
18 金属抗腐蚀综合实验	(139)
实验 1 环境因素的电化学腐蚀综合实验	(139)
实验 2 电化学评定材料表面膜腐蚀失效综合实验	(143)
附表	(148)
参考文献	(149)

1 合金显微组织观察综合实验

实验 1 铁碳合金相图及平衡组织观察实验

一、实验目的

掌握并运用铁碳合金相图,提高分析铁碳合金平衡凝固过程及组织变化的能力。掌握碳钢和白口铸铁的显微组织特征。

二、实验原理

铁碳合金相图是研究碳钢组织、确定其热加工工艺的重要依据。铁碳合金在室温下的平衡组织均由铁素体(F)及渗碳体(Fe_3C)两相按不同数量、大小、形态和分布所组成。高温下还有奥氏体(A)及 δ 固溶体相。

利用铁碳合金相图分析铁碳合金的组织,需了解相图中各相的本质及其形成过程,明确图中各线的意义、三条水平线上的反应及反应产物的本质和形态,并能作出不同合金的冷却曲线,从而得知其凝固过程中组织的变化及最后的(室温状态下的)组织。

根据含碳量的不同,铁碳合金可分为工业纯铁、碳钢及白口铸铁三大类。现分别说明其组织形成过程及特征。

1. 工业纯铁

碳的质量分数 w_c 小于 0.0218% 的铁碳合金称为工业纯铁。当其冷却到碳在 α -Fe 中的固溶度线 PQ 以下时,将沿铁素体晶界析出少量三次渗碳体,铁素体的硬度在 80HB 左右,而渗碳体的硬度高达 800HB,因工业纯铁中的渗碳体量很少,故硬度、强度不高而塑性、韧性较好。其显微组织如图 1-1 所示。

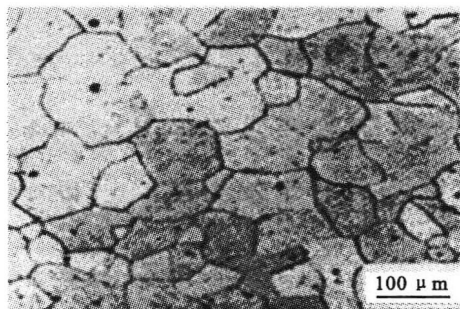
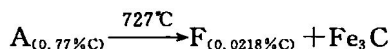


图 1-1 工业纯铁显微组织

2. 碳钢

碳的质量分数 w_c 在 0.0218%~2.11% 之间的铁碳合金称为碳钢。根据合金在相图中的位置可分为共析钢、亚共析钢和过共析钢。

(1) 共析钢($w_c=0.77\%$) 在 727 °C 以上的组织为奥氏体,冷却至 727 °C 时发生共析反应:



铁素体与渗碳体的混合物称珠光体(P),慢冷所得珠光体呈片状。室温下珠光体中渗碳体的质量分数约为 12%。

采用电子显微镜能看出 Fe_3C 薄层的厚度,如图 1-2 所示,图中窄条为 Fe_3C ,宽条为 F 基体,两者有明显的分界线。在普通光学显微镜下观察时,只能看到 Fe_3C 呈条条细黑线分布在

铁素体上,见图 1-3。位向相同的一组铁素体加渗碳体片层,称一个共析领域。当放大倍数低,珠光体组织细密或浸蚀过深时,珠光体中的片层难以分辨,呈一片暗色区域。

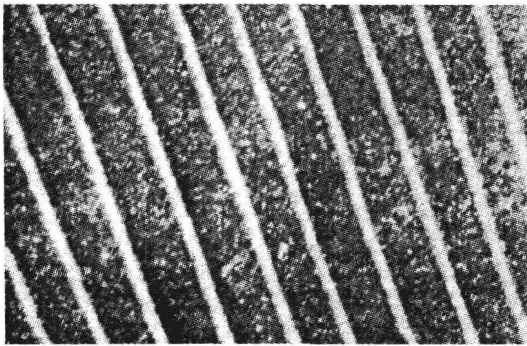


图 1-2 珠光体的电镜组织

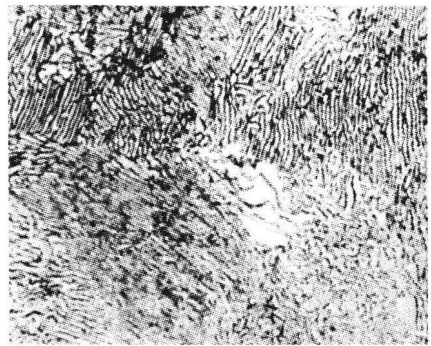
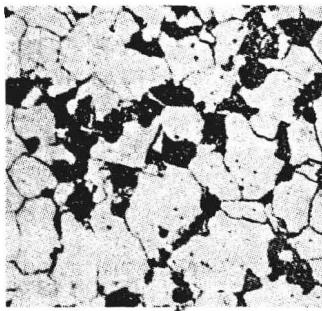
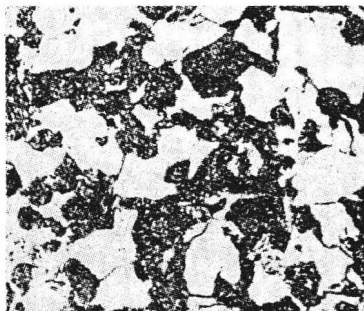


图 1-3 光学显微镜下的珠光体组织 400×

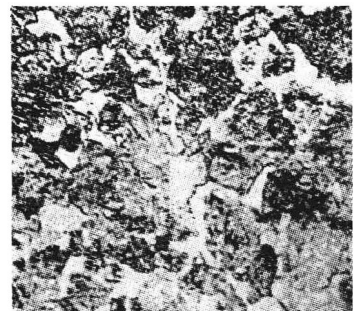
(2) 亚共析钢($0.0218\% < w_c < 0.77\%$) 组织为铁素体加珠光体。在显微镜下铁素体呈亮色,珠光体为暗色。铁素体的形态随合金所含碳量即铁素体量的多少而变,如 $w_c = 0.2\%$ 时,其组织的基体为等轴的铁素体晶粒,少量暗色珠光体分布在铁素体晶粒边界或三叉晶界上呈不规则岛状。当含碳量增加,组织中珠光体的量增多,至 $w_c = 0.4\%$ 时,珠光体与铁素体的量各占一半; $w_c > 0.5\%$ 时,珠光体成为钢的基体,铁素体呈连续或断续的网络状,并围绕着珠光体分布。这是由于先共析铁素体是沿原奥氏体边界优先析出,至一定量后,剩余奥氏体才转变为珠光体。不同含碳量的亚共析钢的显微组织见图 1-4。



(a)



(b)



(c)

图 1-4 亚共析钢的显微组织 500×

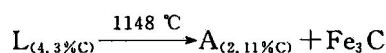
(a) 20# 钢; (b) 40# 钢; (c) 60# 钢

(3) 过共析钢($0.77\% < w_c < 2.11\%$) 实用钢的最大含碳量只到 1.3%, 因为如果含碳量再高,会导致二次渗碳体量增多,使钢的性能变脆。

过共析钢的组织由珠光体及二次渗碳体所组成,二次渗碳体呈网状。碳量愈高,渗碳体网愈多、愈完整。与先共析铁素体网很容易区别,若经硝酸酒精溶液浸蚀后,两者虽均为亮色,但二次渗碳体网要细得多;若用碱性苦味酸钠溶液热浸蚀后,渗碳体变成暗色,铁素体仍为亮色。经不同方法浸蚀后的 T12 钢组织见图 1-5(a)和图 1-5(b)。

3. 白口铸铁

(1) 共晶白口铁($w_c = 4.3\%$) 此合金由液态冷却到 1148 °C 时,全部发生共晶反应:



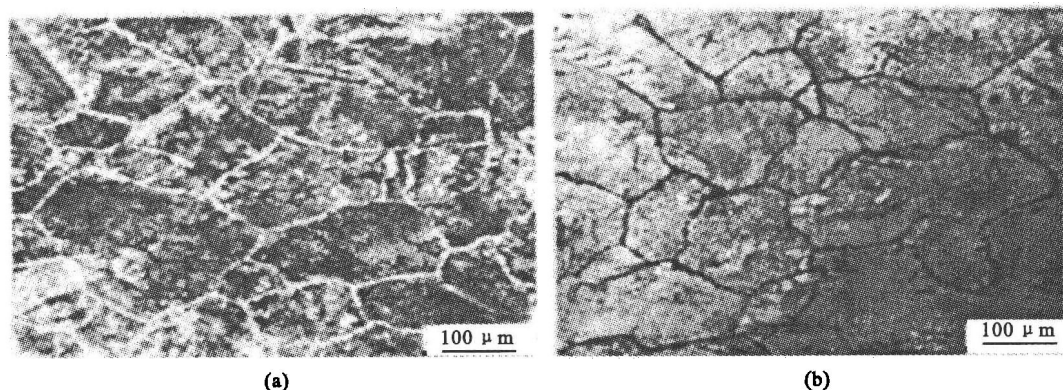


图 1-5 T12 钢的显微组织 500×

(a) 4%硝酸酒精浸蚀;(b) 苦味酸钠溶液热浸蚀

所得产物称莱氏体(Ld),呈豹皮状,其中奥氏体呈短棒或小条状分布在渗碳体基体上。在以后继续冷却的过程中,只有奥氏体原地发生转变,先析出二次渗碳体,后在 727 °C 形成珠光体。沿奥氏体边界析出的二次渗碳体,常与共晶渗碳体连成一片,不易分辨。室温共晶体是由奥氏体转变来的二次渗碳体、珠光体及原共晶渗碳体所组成,称变态莱氏体(Ld')。所谓变态的实质是指共晶内部组成物改变,并非形貌改观。在显微镜下观察变态莱氏体仍呈豹皮状,见图 1-6(a)。

(2) 亚共晶白口铁($w_c=2.11\%\sim4.3\%$) 这类合金凝固时先析出初生奥氏体,呈树枝状,剩余液体在 1148 °C 发生共晶反应得到莱氏体。继续冷却时初生奥氏体及共晶体中的奥氏体各在原地发生相同的转变,即先析出二次渗碳体,后形成珠光体,室温组织是由初生奥氏体转变所得的二次渗碳体加珠光体($Fe_3C_{II}+P$)及变态莱氏体(Ld')所组成,见图 1-6(b)。

(3) 过共晶白口铁($w_c=4.3\%\sim6.69\%$) 过共晶白口铸铁的组织为粗大片状的一次渗碳体加变态莱氏体,见图 1-6(c)。

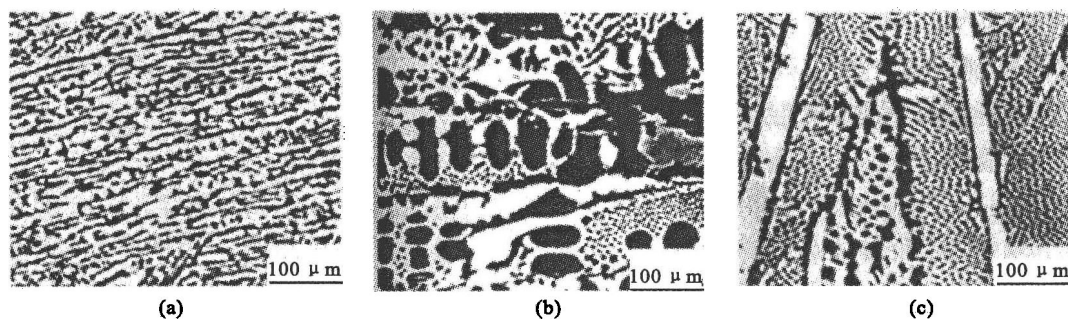


图 1-6 白口铸铁的显微组织

(a) 共晶;(b) 亚共晶;(c) 过共晶

三、实验材料与设备

工业纯铁、碳钢(共析钢、亚共析钢、过共析钢)、白口铸铁(共晶、亚共晶、过共晶)金相试样及其对应的金相照片,金相显微镜,布氏硬度计。

四、实验内容

讨论 Fe-Fe₃C 相图,分析不同含碳量的铁碳合金的凝固过程、室温组织及其形貌特征。观察、分析并画出组织示意图。

五、实验步骤

(1) 讨论 Fe-Fe₃C 相图(分析各相及组织组成物,分析不同含碳量的铁碳合金的凝固过程、室温组织及其形貌特征,总结铁碳合金的组织、性能与含碳量的关系)。

(2) 观察、分析并画出工业纯铁、不同碳钢及白口铸铁的组织示意图。

(3) 测定不同含碳量的碳钢的硬度。

六、实验报告要求

(1) 说明铁碳相图中各个相的本质、晶体结构、形成条件及其形态。

(2) 画出所观察合金的显微组织示意图。

(3) 分析亚共析钢及亚共晶白口铁的凝固过程。

(4) 总结碳钢和铸铁中各种组织组成物的本质和形态特征。

七、思考题

分析铁碳合金含碳量与组织及性能之间的关系。

实验 2 碳钢非平衡组织观察实验

一、实验目的

了解碳钢在非平衡状态下的组织与性能。掌握奥氏体转变动力学曲线(C 曲线)对实际生产的指导意义。

二、实验原理

钢在热处理条件下所得到的组织与钢的平衡组织有很大差别,钢加热到临界点以上即发生奥氏体转变,奥氏体在非常缓慢冷却时才能形成平衡状态的珠光体或珠光体与铁素体(或渗碳体),但大部分热处理工艺,如退火、正火、淬火(回火或时效例外)都是将钢加热到奥氏体状态,然后以各种不同的冷却速度或冷却方式冷却到室温。退火、正火、淬火的冷却速度不同,得到的组织不同,其力学性能或物理性能亦不相同。

随着钢中奥氏体过冷度不同,转变产物与性能亦不同。根据 C 曲线,过冷奥氏体等温分解可形成三类基本组织,在 C 曲线鼻子上部(550~723 °C)形成珠光体类组织,在鼻子下部(550~M_s °C)形成贝氏体(B)组织,在 M_s 以下形成马氏体(M)组织(以 T8 钢过冷等温转变为例进行说明)。

(1) 珠光体 珠光体类型的组织包括珠光体、索氏体(S)、屈氏体(T),均为层片状铁素体和渗碳体的两相机械混合物,差别仅在于片层厚度不同。这三类产物弥散度的改变是一个量

变过程,它随着奥氏体转变温度的降低而增大。珠光体、索氏体、屈氏体组织在金相显微镜下观察时是按片层细密程度区分的,无严格的界线。珠光体在一般金相显微镜下可分辨出其片层来(图 1-7),而索氏体、屈氏体由于片间距越来越小,不易分辨其片层,只有在较高的倍率下才能分辨清楚。

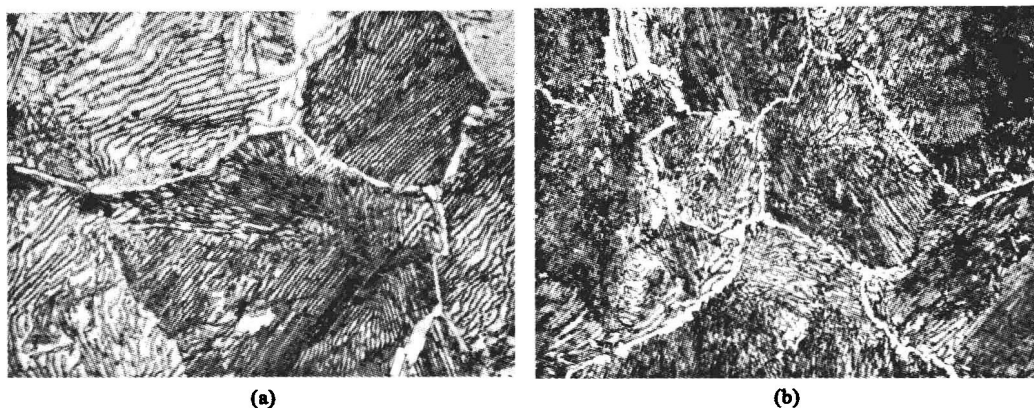


图 1-7 T10 珠光体组织 400×

(a) 退火;(b) 正火

(2) 贝氏体 贝氏体也是铁素体与渗碳体两相组织,但形态多变,不像珠光体那样成层相间排列。贝氏体由于等温温度不同,其转变产物的形态亦不同,故又可将贝氏体分为上贝氏体、下贝氏体两种。

上贝氏体是奥氏体在 $400\sim 550\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内的分解产物,其中铁素体形成密集而相互平行的扁片,渗碳体里短片状断续地分布在铁素体片层之间,在显微镜下,上贝氏体典型形态为羽毛状[图 1-8(a)]。下贝氏体是奥氏体在 $240\sim 400\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内的分解产物,其中铁素体形成针状,极为细小的渗碳体质点呈弥散状分布在针状铁素体的基体上,由于该质点很细密地分布在针状铁素体的基体上,极易浸蚀而呈黑色,因而在显微镜下,下贝氏体呈现黑色的针状形态[图 1-8(b)]。

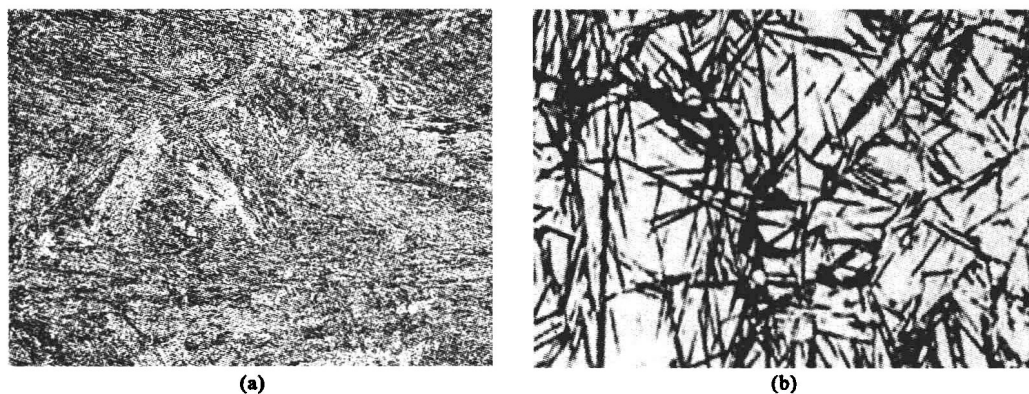


图 1-8 贝氏体组织 400×

(a) 上贝氏体;(b) 下贝氏体

(3) 马氏体 马氏体是奥氏体在极大的过冷度下形成的。马氏体组织很不稳定,其形态根据含碳量的高低可形成板条马氏体与针片状马氏体两种基本形态。

板条马氏体由低碳钢淬火后得到,其金相特征是:尺寸大致相同的细马氏体条平行排列组

成马氏体束,各束之间有一定的位向差[图 1-9(a)]。针片状马氏体是由含碳量较高的钢淬火后得到的,其金相特征是针片状,各针片之间互成一定的角度,在奥氏体晶粒内开始形成的片较粗大,且横贯晶粒,以后形成的片则越来越细小。

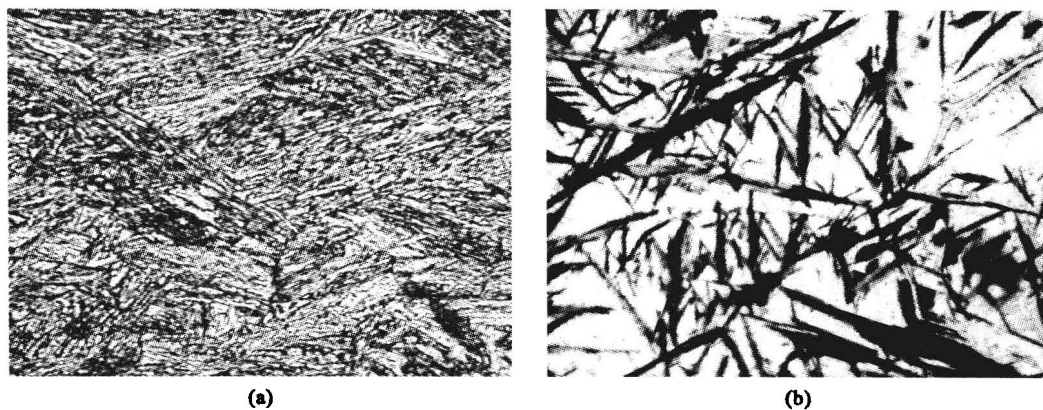


图 1-9 马氏体组织 400×
(a) 板条马氏体;(b) 针片状马氏体

三、实验材料与设备

金相显微镜,不同热处理状态的金相试样,相应的金相图谱及金相照片。

四、实验内容

观察 T8 钢根据 C 曲线经不同温度下等温淬火得到的 P、S、T、B_上、B_下 显微组织特征。观察 20[#]、T10 根据 C 曲线连续冷却淬火得到的 M 板条与 M 针片显微组织特征。

五、实验步骤

(1) 领取一套金相试样,在金相显微镜下观察和分析表 1-1 的金相组织。观察时要根据 Fe-Fe₃C 相图和钢的 C 曲线来分析确定不同热处理条件下各种组织的形成原因。

(2) 对于经过不同热处理后的组织,要采用对比的方式进行分析研究,例如,退火与正火、水淬与油淬、淬火马氏体与回火马氏体等。

(3) 画出所观察的几种典型显微组织形态特征,并注明组织名称、热处理条件及放大倍数等。

表 1-1 不同热处理后的典型显微组织特征

序号	材料	热处理工艺	显微组织特征	放大倍数	备 注
1	45 [#] 钢	退火,860 ℃炉冷	珠光体+铁素体(亮白色块状)	400×	
2	T12 钢	退火,860 ℃球化	铁素体+球状渗碳体(细粒状)	500×	
3	45 [#] 钢	正火,860 ℃空冷	细珠光体+铁素体(块状)	400×	
4	T12 钢	等温淬火,250 ℃	针片状贝氏体+马氏体+残留奥氏体	500×	等温淬火时间不足
5	20 [#] 钢	淬火,920 ℃水冷	板条状马氏体	400×	

续表 1-1

序号	材料	热处理工艺	显微组织特征	放大倍数	备 注
6	T12 钢	淬火, 1000 °C 水冷	粗片状马氏体+残留奥氏体(亮白色)	500×	
7	45# 钢	淬火, 860 °C 水冷	细针状马氏体	500×	正常淬火
8	45# 钢	淬火, 760 °C 水冷	针状马氏体+部分铁素体(白色块状)	400×	不完全淬火
9	45# 钢	淬火, 860 °C 油冷	细针状马氏体+屈氏体(暗黑色块状)	400×	冷却速度不足
10	45# 钢	淬火, 1000 °C 水冷	粗针状马氏体+残留奥氏体(亮白色)	400×	过热淬火
11	T12 钢	860 °C 水淬, 200 °C 回火	细针状回火马氏体(暗黑色针状)	400×	
12	T12 钢	860 °C 水淬, 400 °C 回火	针状铁素体+不规则粒状渗碳体	500×	
13	45# 钢	860 °C 水淬, 600 °C 回火	等轴状铁素体+粒状渗碳体	500×	

六、实验报告要求

绘出所观察试样的典型显微组织示意图。运用铁碳相图及相应钢种的 C 曲线, 并根据具体的热处理工艺分析所得组织及其特征。

七、思考题

综合分析 45# 钢在不同热处理条件下(退火、正火、油淬、水淬)的组织变化特征及性能变化。

实验 3 合金钢显微组织观察实验

一、实验目的

通过金相显微镜观察高速钢($W_{18}Cr_4V$)、轴承钢(GCr_{15})的组织特征。

二、实验原理

高速钢是目前生产中应用最广泛的一种多元素高合金刀具钢, 它的代表钢种是 $W_{18}Cr_4V$, 这种钢不仅在常温下具有高的硬度和耐磨性, 而且在高速切削条件下受热至 550~600 °C 也不软化, 具有良好的红硬性。高速钢的热处理有退火、淬火、回火等, 其金相检验也包括对铸态组织、锻造前后的组织、淬火组织、过热组织、过烧组织、回火组织的分析。

(1) 铸态组织 由于合金元素使 Fe-Fe₃C 合金状态中的 E 点和 S 点左移, 加之合金元素和碳的扩散困难而造成高速钢铸碳凝固时出现偏析, 故在铸态下有共晶莱氏体组织出现, 这在碳钢和一般合金钢中是不可能出现的, 其显微组织是索氏体+二次碳化物(少量)+鱼骨状莱氏体。视场中:

黑色组织:在晶粒中心,产物是(S+T),因为 T 易浸蚀即变黑。

白色组织:在黑色组织周围,产物是(M 隐晶+A'),因为 M-A'不易浸蚀即呈白亮色。

鱼骨状组织:共晶组织(S+K)。

图 1-10 所示为 $W_{18}Cr_4V$ 铸态组织,黑色组织为 δ 共析相;白色组织是马氏体和残余奥氏体;鱼骨状组织是共晶莱氏体。

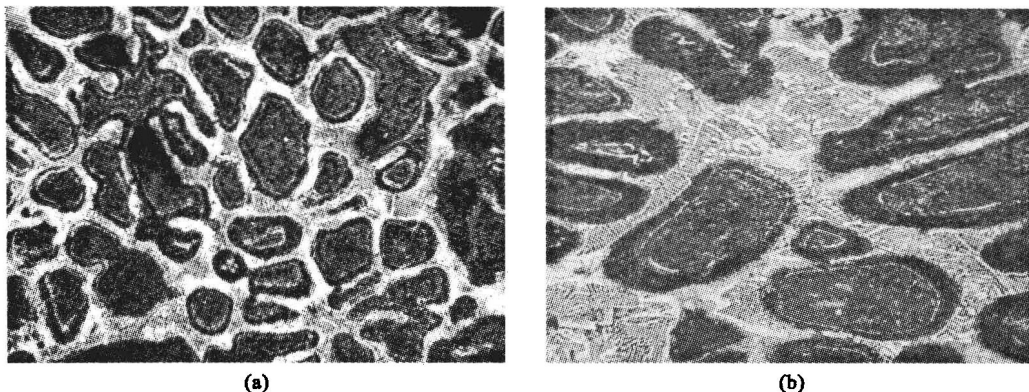


图 1-10 $W_{18}Cr_4V$ 铸态组织

(a) 100 $\times$; (b) 400 $\times$

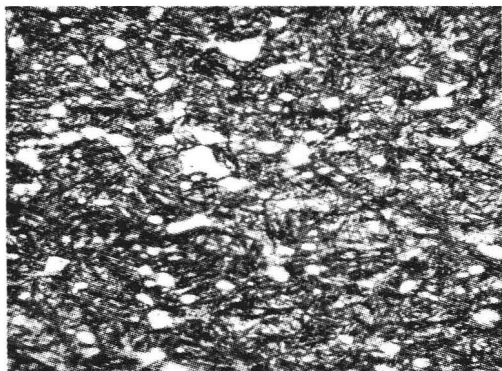


图 1-11 $W_{18}Cr_4V$ 锻造后退火 400 $\times$

(2) 锻造前后的组织 高速钢属于莱氏体钢,共晶碳化物虽受热至 1300 $^{\circ}C$ 高温也不能完全熔解在奥氏体中,因此不能靠热处理方法来消除,只能用压力加工,经多次锻打,将粗大的碳化物打碎,使其较均匀地分布在基体内。

未锻造的高速钢金相组织观察时,细小颗粒状的碳化物分布不均匀,呈现粗带状和堆集现象。锻造的高速钢金相组织观察时,碳化物分布得到改善,细小颗粒的碳化物较均匀地分布在基体内(图 1-11)。

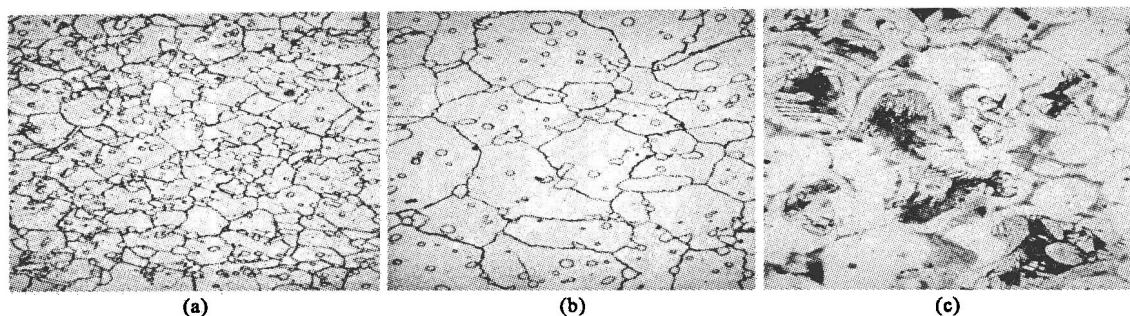
(3) 正常淬火组织 1260~1280 $^{\circ}C$ 加热淬火,其显微组织为隐针马氏体+未熔碳化物+残余奥氏体,视场中可看到未熔的细粒状碳化物均匀分布在奥氏体晶界上[图 1-12(a)]。

(4) 过热组织 若淬火加热温度过高(1310 $^{\circ}C$)、保温时间过长,则晶粒显著长大,碳化物向多角状变化,并逐步优先沿晶界展开,继而连成碳化物网状,视场中可看到晶粒粗大,碳化物数量减少,呈现角状[图 1-12(b)]。

(5) 过烧组织 温度继续升高,则奥氏体晶界会熔化,出现鱼骨状共晶莱氏体和黑色组织(T+ ϵ)即为过烧[图 1-12(c)]。过热、过烧组织脆性很大,根本不能用。

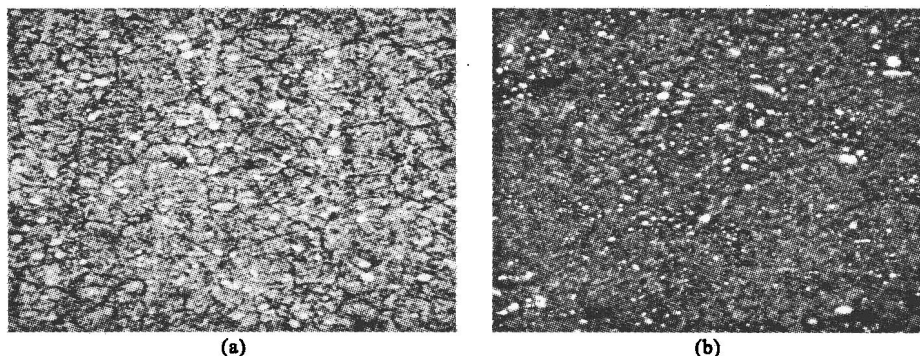
(6) 淬火后回火组织 淬火组织经过回火后,其马氏体发生分解,残留奥氏体发生转变。故基体的颜色变暗,此时钢的组织由回火马氏体和未熔的碳化物组成[图 1-13(a)]。

回火充分组织:经三次回火后,淬火马氏体才可能全部转变为回火马氏体,残余奥氏体才能充分转变,显微组织中可看到回火马氏体(黑色)+未熔碳化物(白色颗粒)+极少量残余奥

图 1-12 $W_{18}Cr_4V$ 不同温度淬火 400×

(a) 1280 °C 淬火; (b) 1310 °C 淬火; (c) 1320 °C 淬火

氏体(半透明灰白色),视场中基底较黑[图 1-13(b)]。

图 1-13 $W_{18}Cr_4V$ 1280 °C 淬火+560 °C 回火 400×

(a) 560 °C 一次回火; (b) 560 °C 三次回火

回火不足组织:由于回火不足,淬火马氏体部分转变为回火马氏体,残余奥氏体也未充分转变,显微组织中可以看到在某些碳化物堆集处有较多的灰白色组织(即残余奥氏体),视场中基底为灰黑色。

(7) 轴承钢的正常淬火组织 GCr_{15} 系过共析钢,加热温度 850 °C 左右,淬火后的组织为隐针马氏体+细粒状碳化物+少量残余奥氏体。

三、实验材料与设备

高速钢($W_{18}Cr_4V$)、轴承钢(GCr_{15})的金相试样一套,金相显微镜等。

四、实验内容

观察以下材料组织,其中主要观察高速钢的正常淬火组织,过热、过烧组织,回火充分、回火不足组织,未锻造、锻造后的组织,以及轴承钢的正常淬火组织。

1. 表面处理钢

(1) 渗碳(20[#]、20CrMnTi 等)。

① 退火(正火)组织;② 渗碳后淬火(退火)组织;③ 渗碳淬火+低温回火组织。

(2) 氮化(40Cr)。

(3) 渗 B(45[#])。

2. 整体处理钢

(1) 调质钢(45[#]、40Cr)。

① 退火组织;② 淬火组织;③ 调质后组织。

(2) 弹簧钢(65Mn、60Si₂Mn)。

① 退火组织;② 淬火组织;③ 中温回火组织。

(3) 轴承钢(GCr₁₅)、碳工钢(T10、T12)。

① 退火组织;② 淬火组织;③ 低温回火组织。

3. 高速钢(高合金钢)

(1) 正常组织。

① 铸态组织;② 退火组织;③ 淬火组织;④ 回火组织。

(2) 不正常组织。

① 不正常淬火组织;② 不正常回火组织。

4. 不锈钢

(1) 马氏体不锈钢。

① 退火(正火)组织;② 淬火组织;③ 高温回火组织。

(2) 奥氏体不锈钢。

① 退火组织;② 固溶组织。

五、实验步骤

(1) 领取一套金相试样,在金相显微镜下观察和分析金相组织。观察时要根据相图和相关基础知识分析确定不同热处理条件下各种组织的形成原因。

(2) 对于不同状态的组织,要采用对比的方式进行分析研究。

(3) 画出所观察到的、指定的几种典型显微组织形态特征,并注明组织名称、热处理条件及放大倍数等。

六、实验报告要求

绘出所观察试样的典型显微组织示意图。

七、思考题

W₁₈Cr₄V 钢为什么要进行反复锻打? 不经过锻打会造成什么样的不利影响?

实验 4 铸铁显微组织观察实验

一、实验目的

观察铸铁中石墨的形态,观察铸铁的基本组织。

二、实验原理

铸铁与钢的区别在化学成分上主要是铸铁的含碳量与石墨量较高。碳在铸铁中除少量溶

入金属基体外,大部分以石墨或渗碳体形式存在。根据碳的存在形式及组织特点可将铸铁划分为白口铸铁、灰口铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁、蠕墨铸铁,其中灰口铸铁实际上相当于钢的基体包含着石墨,因此它们的性质取决于石墨与基体。由于石墨的形状、大小、分布及含量对铸铁的性能影响很大,所以铸铁的金相组织首先要观察石墨的特征,然后再观察基体。

石墨与金属基体不同,没有反光能力,所以不需要腐蚀即可清晰地看到石墨呈灰黑色。石墨的形状一般可分为片状、团絮状、球状三种。石墨越粗越多,铸铁强度就越低;反之,若石墨细小而均匀分布,铸铁强度就高。

经腐蚀后,基体组织被显示出来,基体可以是全部铁素体、铁素体+珠光体、全部珠光体三种。基体中珠光体量越多,强度越高。

铸铁具有较好的工艺性能和良好的使用性能,并且价格便宜,在机器制造中得到广泛的应用,可用来制造各种机床床身、减速机壳体、低速运转的构件等,球墨铸铁还可以用来制造柴油机零件和曲轴等。

(1) 灰口铸铁 灰口铸铁是在原铁水中含有较高的石墨化元素、较低的反石墨化元素并在较缓慢的冷却条件下按稳定的 Fe-C 石墨系结晶而成。灰口铸铁的金相组织可以看成是由基体和石墨组成,石墨以片状形式存在,按基体不同可分为铁素体为基、珠光体为基、铁素体+珠光体为基三种。实验中先观察经抛光未腐蚀的试样,视场上呈现白亮的基底上分布着无方向性、离散分布的片状石墨,然后观察经 4% 硝酸酒精腐蚀后的基体组织情况。图 1-14 所示为灰口铸铁的显微组织。

(2) 球墨铸铁 由于灰铁中片状石墨割裂基体和应力集中的作用较大,为了改善力学性能,在铁水中加入稀土镁硅铁球化剂,使石墨成为球状分布,减少对基体的割裂作用,从而提高了综合力学性能,可代替钢材制造构件。按金属基体组织不同可分为铁素体为基、珠光体为基、铁素体+珠光体为基三种。实验中先观察经抛光未腐蚀试样,视场中为白亮的基底上分布着大小不一的球状石墨,然后观察经腐蚀后的基体组织情况。图 1-15 所示为铁素体基的球墨铸铁。

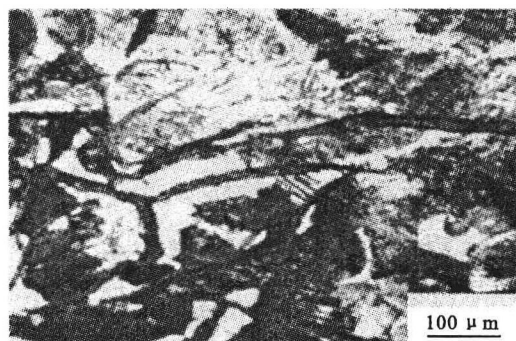


图 1-14 灰口铸铁的显微组织

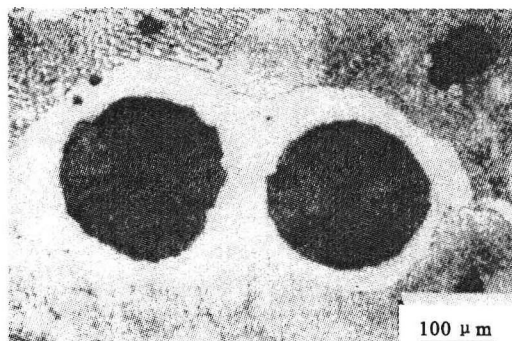


图 1-15 球墨铸铁的显微组织

(3) 可锻铸铁 将白口铸铁毛坯进行退火,石墨为团絮状,其强度介于球铁与灰铁之间。按金属基体组织分为黑心可锻铸铁(铁素体为基)和白心可锻铸铁(珠光体为基)两种。图 1-16 所示为黑心可锻铸铁。

(4) 蠕墨铸铁 在铁水中加入球化元素的同时加入反球化元素(通常称为蠕化剂),使石墨在一次结晶过程中形成非球非片的蠕虫状,即蠕墨铸铁,如图 1-17 所示。