

金相图谱

(教学用)

王运炎 主编

高等教育出版社



1196296

金相图谱

(教学用)

王运炎 主编

高等教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

金相图谱/王运炎主编. --北京:高等教育出版社,1994.4 (2000重印)

工程专科、中等专业学校教材

ISBN 7-04-004559-1

I. 金… II. 王… III. 金相组织-相图-图谱-专业学校-教材 N. TG113.14 64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 00516 号

出版发行	高等教育出版社	邮政编码	100009
社址	北京市东城区沙滩后街 55 号	传 真	010-64014048
电 话	010-64054588		
网 址	http://www.hep.edu.cn		

经 销	新华书店北京发行所	版 次	1994 年 4 月第 1 版
印 刷	高等教育出版社印刷厂	印 次	2000 年 3 月第 5 次印刷
开 本	850×1168 1/32	定 价	3.50 元
印 张	1.625		
字 数	39 000		

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请与图书供应部门联系调换。

版权所有 侵权必究



内 容 简 介

本图谱系根据国家教委审定批准的高等学校工程专科“机械工程材料课程教学基本要求”(机械类)(1991年)以及中等专业学校“机械工程材料工艺学教学大纲”(机械类)(1987年)、“金属工艺学教学大纲”(热加工类)(1987年)编写。本书汇集了常用金属材料的典型金相组织图81幅,除给出金相组织获得的条件外,还作了较详细的说明。本书可作为各类高等、中等工科院校有关课程的辅助教材。

目 录

一、二元合金组织	
图1 Cu-Ni合金组织 .....( 1)	图15 共晶白口铸铁组织 .....( 8)
图2 $w_{Sn} = 10\%$ 的Pb-Sn合金组织 .....( 1)	图16 过共晶白口铸铁组织 .....( 8)
图3 亚共晶Pb-Sn合金组织 .....( 2)	三、钢经热处理和化学热处理后组织
图4 共晶Pb-Sn合金组织 .....( 2)	图17 索氏体 .....( 9)
图5 过共晶Pb-Sn合金组织 .....( 3)	图18 索氏体的电镜形貌 .....( 9)
二、Fe-Fe ₃ C合金平衡组织	图19 托氏体 .....( 10)
图6 铁素体 .....( 3)	图20 托氏体的电镜形貌 .....( 10)
图7 奥氏体 .....( 4)	图21 回火索氏体 .....( 11)
图8 $w_C = 0.2\%$ 的亚共析钢组织 .....( 4)	图22 回火索氏体的电镜形貌 .....( 11)
图9 $w_C = 0.4\%$ 的亚共析钢组织 .....( 5)	图23 回火托氏体 .....( 12)
图10 $w_C = 0.6\%$ 的亚共析钢组织 .....( 5)	图24 回火托氏体的电镜形貌 .....( 12)
图11 共析钢组织 .....( 6)	图25 上贝氏体 .....( 13)
图12 共析钢电子显微组织 .....( 6)	图26 上贝氏体的电镜形貌 .....( 13)
图13 过共析钢组织 .....( 7)	图27 下贝氏体 .....( 14)
图14 亚共晶白口铸铁组织 .....( 7)	图28 下贝氏体的电镜形貌 .....( 14)
	图29 45 钢退火组织 .....( 15)

图 30	45 钢正火组织	(15)
图 31	45 钢淬火组织	(16)
图 32	45 钢淬火组织的电镜形貌	(16)
图 33	45 钢水淬组织 (中碳马氏体)	(17)
图 34	45 钢水淬组织的电镜形貌	(17)
图 35	20 钢水淬组织 (低碳马氏体)	(18)
图 36	T12 钢正火组织 (高碳马氏体)	(18)
图 37	T12 钢正火组织	(19)
图 38	T12 钢正火组织	(19)
图 39	渗碳层的平衡组织	(20)
图 40	渗氮层组织	(21)
图 41	T12 钢球化退火组织 (球化体)	(22)

四、金属塑性变形及再结晶组织

图 42	工业纯铁经冷变形度 20% 时的组织	(22)
图 43	工业纯铁经冷变形度 50% 时的组织	(23)
图 44	工业纯铁经冷变形度 70% 时的组织	(23)
图 45	工业纯铁中的滑移带	(24)
图 46	纯锌中的形变孪晶	(24)

五、合金钢组织

图 47	纯铝的变形度与再结晶晶粒度	(25)
图 48	高速钢铸态组织	(26)
图 49	高速钢退火组织	(26)
图 50	高速钢淬火组织	(27)
图 51	高速钢回火组织	(27)
图 52	奥氏体不锈钢组织	(28)

六、钢的不正常组织

图 53	ZG270 - 500 钢铸态魏氏组织	(28)
图 54	40 钢过热魏氏组织	(29)
图 55	45 钢不完全淬火组织	(29)
图 56	带有显微裂纹的高碳马氏体	(30)
图 57	15 钢带状组织	(30)
图 58	高速钢带状组织	(31)

七、铸铁组织

图 59	扫描电镜下球状石墨的立体形貌	(31)
图 60	扫描电镜下片状石墨的立体形貌	(32)
图 61	铁素体灰铸铁组织	(32)

图 62	珠光体 + 铁素体灰铸铁组织	.....( 23)
图 63	珠光体灰铸铁组织	.....( 33)
图 64	铁素体球墨铸铁组织	.....( 34)
图 65	珠光体 + 铁素体球墨铸铁组织	.....( 34)
图 66	珠光体 + 分散状铁素体 球墨铸铁组织	.....( 35)
图 67	珠光体球墨铸铁组织	.....( 35)
图 68	贝氏体球墨铸铁组织	.....( 36)
图 69	蠕墨铸铁组织	.....( 36)
图 70	铁素体可锻铸铁组织	.....( 37)
图 71	珠光体可锻铸铁组织	.....( 37)
八、有色金属及粉末冶金材料组织		
图 72	变质前的 ZL102 铝合金组织	.....( 38)
图 73	变质后的 ZL102 铝合金组织	.....( 38)
图 74	H90 黄铜组织	.....( 39)
图 75	H59 黄铜组织	.....( 39)
图 76	锡青铜铸态组织	.....( 40)
图 77	锡基轴承合金组织	.....( 40)
图 78	铅基轴承合金组织	.....( 41)
图 79	铝基轴承合金组织	.....( 41)
图 80	铁基烧结减摩材料组织	.....( 42)
图 81	钨钴类硬质合金组织	.....( 42)

• 1 •



图 1 (150 ×)

材 料 Cu-Ni 合金 ($w_{Cu} = 80\%$, $w_{Ni} = 20\%$)¹
 状 态 铸造
 浸蚀剂 $w_{CuCl_2} = 10\%$ 的氨水溶液
 组 织 α 固溶体
 说 明 α 固溶体呈枝晶偏析

¹ 本图谱中合金和浸蚀剂的成分均用质量分数 w 或体积分数 φ 表示。



图 2 (200 ×)

材 料 Pb-Sn 合金 ($w_{Sn} = 10\%$, $w_{Pb} = 90\%$)
 状 态 铸造
 浸蚀剂 $\varphi_{HNO_3} = 4\%$ 酒精溶液
 组 织 $\alpha + \beta_{II}$
 说 明 黑色基体为 α 固溶体, 白色颗粒为次生相 β_{II}

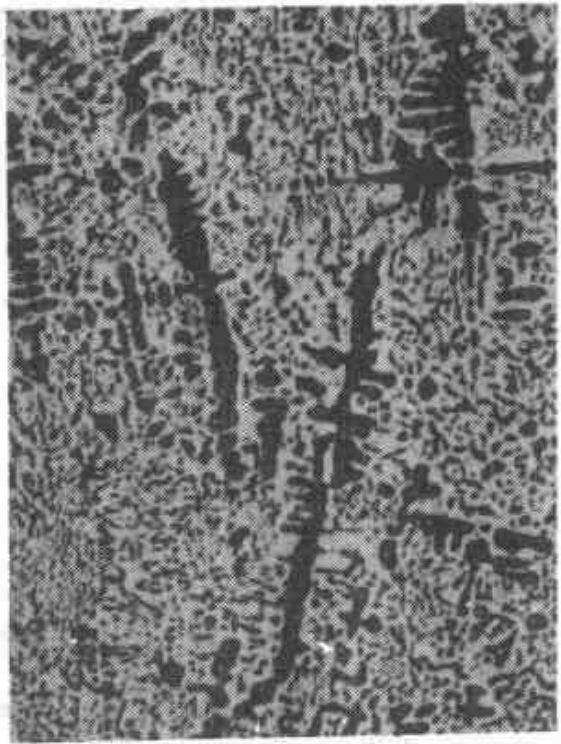


图 3 (100×)

材 料 亚共晶 Pb-Sn 合金
状 态 铸造
浸蚀剂 $\phi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
组 织 初晶 $\alpha +$ 共晶体($\alpha + \beta$) + 次生 β_{II}
说 明 基体为黑白相间分布的共晶体($\alpha + \beta$),
黑色树枝状为初晶 α 固溶体, 初晶 α
内的少量白色小颗粒为 β_{II} 固溶体

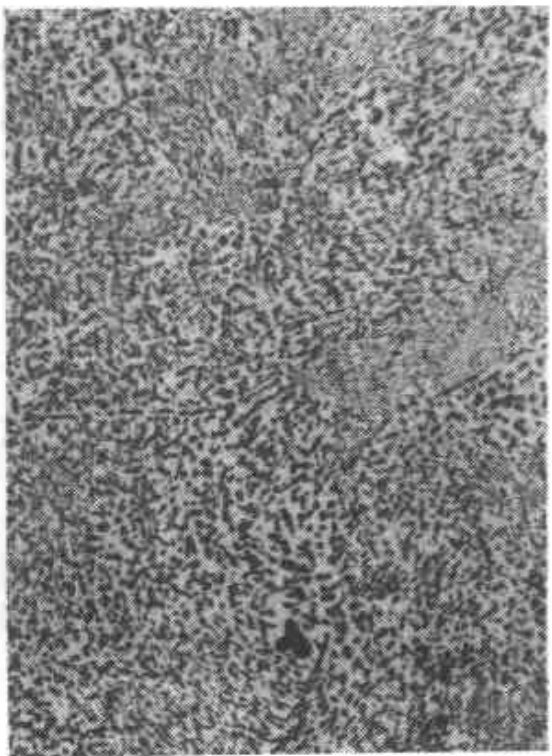


图 4 (100×)

材 料 共晶 Pb-Sn 合金($w_{\text{Sn}} = 61.9\%$,
 $w_{\text{Pb}} = 38.1\%$)
状 态 铸造
浸蚀剂 $\phi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
组 织 共晶体($\alpha + \beta$)
说 明 黑色的 α 固溶体与白色的 β 固溶体呈
交替分布

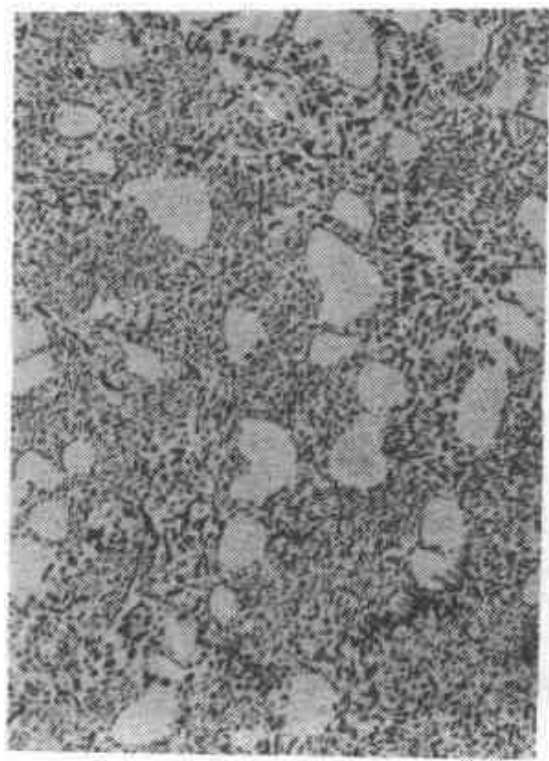


图 5 (100×)

材料 过共晶 Pb-Sn 合金
 状态 铸造
 浸蚀剂 $\varphi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
 组织 初晶 β + 共晶体 ($\alpha + \beta$) + 次生 α_{II}
 说明 基体为黑白相间分布的共晶体 ($\alpha + \beta$)，白色卵形为初晶 β 固溶体，初晶 β 内的黑点为 α_{II} 固溶体

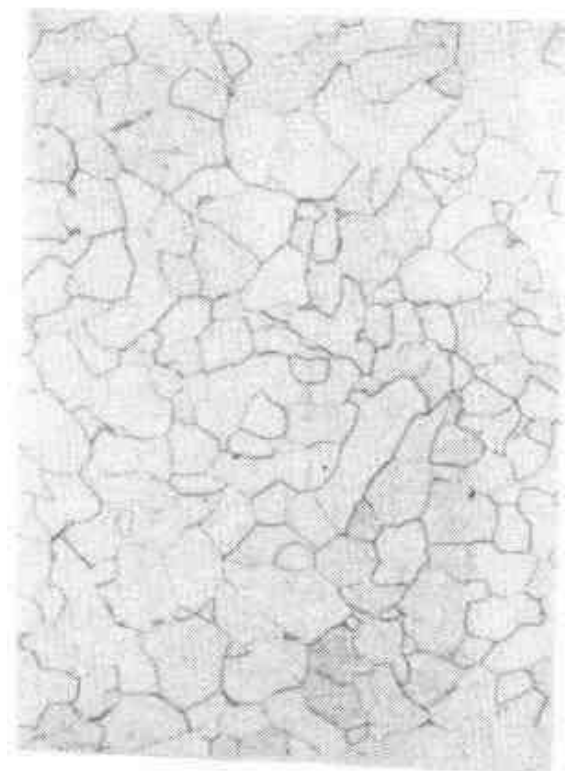


图 6 (100×)

材料 工业纯铁
 状态 退火
 浸蚀剂 $\varphi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
 组织 铁素体
 说明 白色等轴多边形晶粒为铁素体，黑色线条为铁素体晶界



图 7 (400×)

材 料	T8 钢
状 态	950℃ 加热
浸蚀剂	氧化法显示
组 织	奥氏体
说 明	白色多边形晶粒为奥氏体，黑色线条为奥氏体晶界。高温下部分晶粒已合并长大，形成了混合晶粒

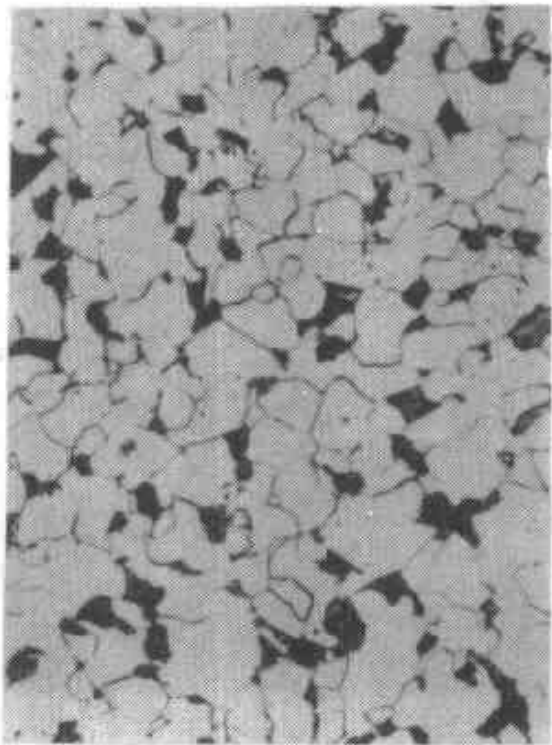


图 8 (200×)

材 料	20 钢
状 态	退火
浸蚀剂	$\phi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
组 织	铁素体 + 珠光体
说 明	白色晶粒为铁素体，黑色块状为珠光体。因放大倍数较低，珠光体中的层状结构未能显示出来，故呈黑色块状

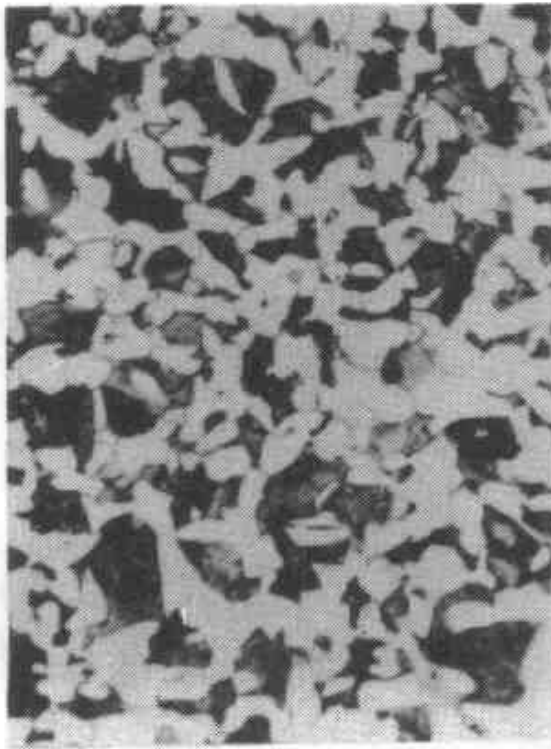


图 9 (250×)

材料 40 钢
 状态 退火
 浸蚀剂 $\varphi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
 组织 铁素体 + 珠光体
 说明 白色块状为铁素体，黑色块状为珠光体。因放大倍数较低，珠光体中的层状结构未能清晰显示出来，故呈黑色块状

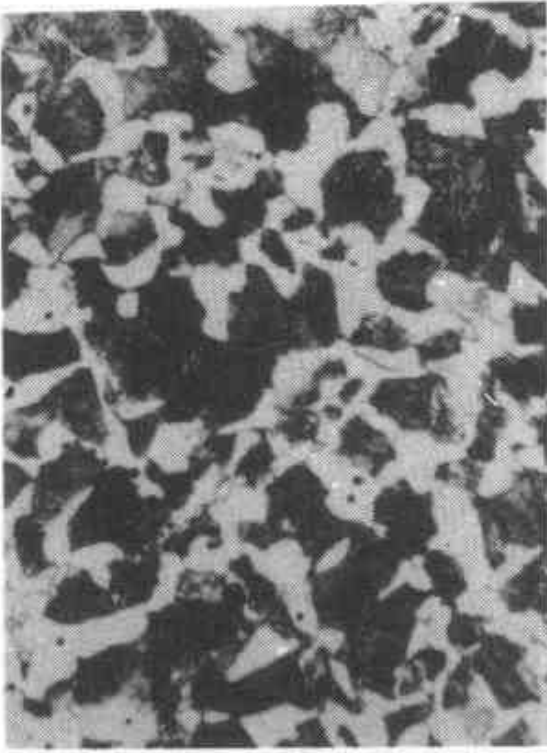


图 10 (250×)

材料 60 钢
 状态 退火
 浸蚀剂 $\varphi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
 组织 铁素体 + 珠光体
 说明 白色呈网络状分布的为铁素体。因放大倍数较低，珠光体中的层状结构未能清晰显示出来，故呈黑色块状

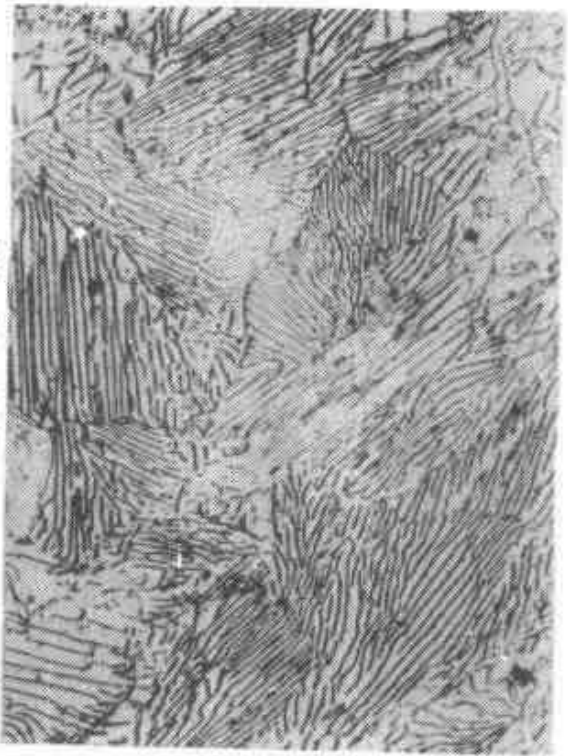


图 11 (500×)

材 料	T8 钢
状 态	退火
浸蚀剂	$\phi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
组 织	层状珠光体
说 明	层状珠光体是铁素体和渗碳体的层状细密组织，因放大倍数较低，且分辨率小于渗碳体层片厚度，故只能看到白色基体的铁素体和黑色线条的渗碳体

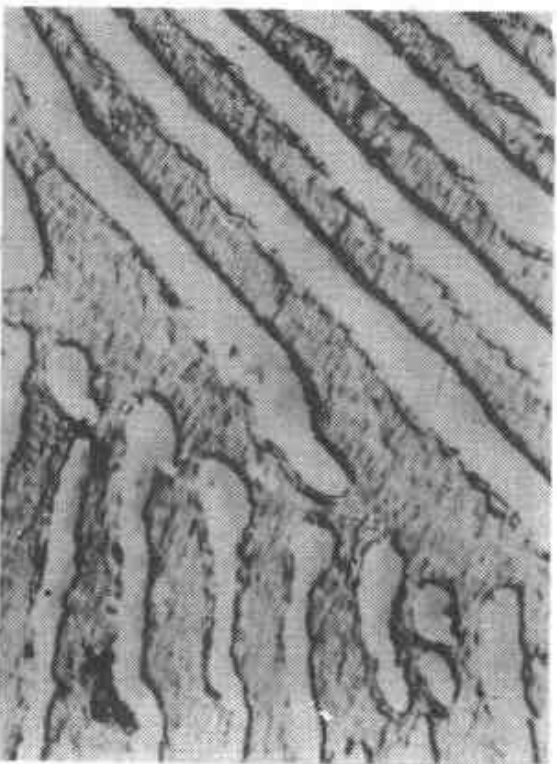


图 12 (8000×)

材 料	T8 钢
状 态	退火
浸蚀剂	$\phi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
组 织	层状珠光体的电镜形貌
说 明	深灰色基体为铁素体，白色条状为渗碳体



图 13 (500×)

材 料 T12 钢
 状 态 完全退火
 浸蚀剂 $\varphi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
 组 织 层状珠光体 + 二次渗碳体
 说 明 基体为层状珠光体，晶界上的白色网
 络为二次渗碳体

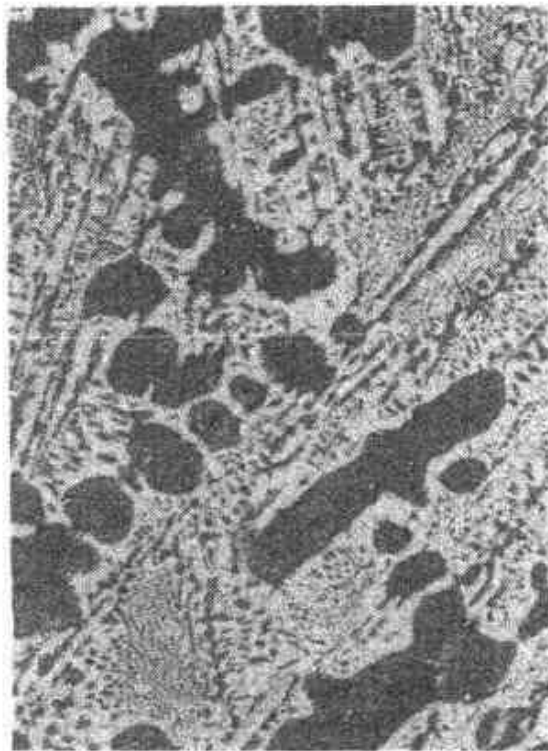


图 14 (80×)

材 料 亚共晶白口铸铁
 状 态 铸造
 浸蚀剂 $\varphi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
 组 织 珠光体 + 变态莱氏体 + 二次渗碳体
 说 明 基体为黑白相间分布的变态莱氏体，黑色
 树枝状为初晶奥氏体转变成的珠光
 体，白色的二次渗碳体与共晶渗碳体
 连在一起，不易分辨

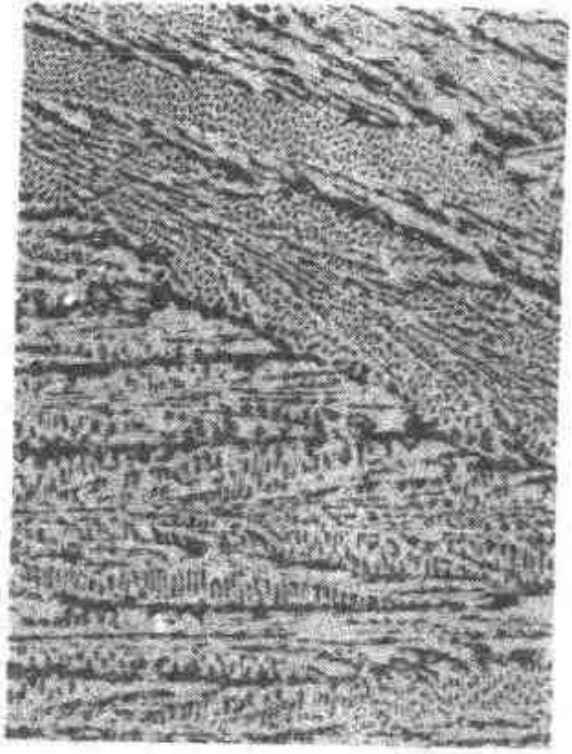


图 15 (250×)

材料 共晶白口铸铁
 铸造
 浸蚀剂 $\phi_{HNO_3} = 4\%$ 酒精溶液
 组织 变态莱氏体
 说明 变态莱氏体中白色基体为渗碳体(共晶渗碳体和二次渗碳体), 黑色圆粒及条状为珠光体

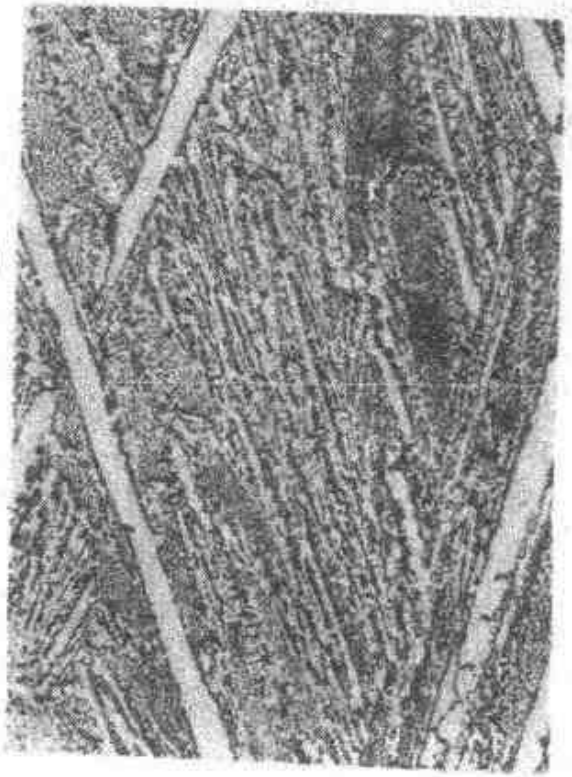


图 16 (250×)

材料 过共晶白口铸铁
 铸造
 浸蚀剂 $\phi_{HNO_3} = 4\%$ 酒精溶液
 组织 一次渗碳体 + 变态莱氏体
 说明 基体为黑白相间分布的变态莱氏体, 白色板条状为一次渗碳体



图 17 (1000×)

材 料 T8 钢
 状 态 正火
 浸蚀剂 $\phi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
 组 织 索氏体
 说 明 索氏体是细珠光体，其片层间距小，只能在高倍光学金相显微镜下才可分辨其层状结构

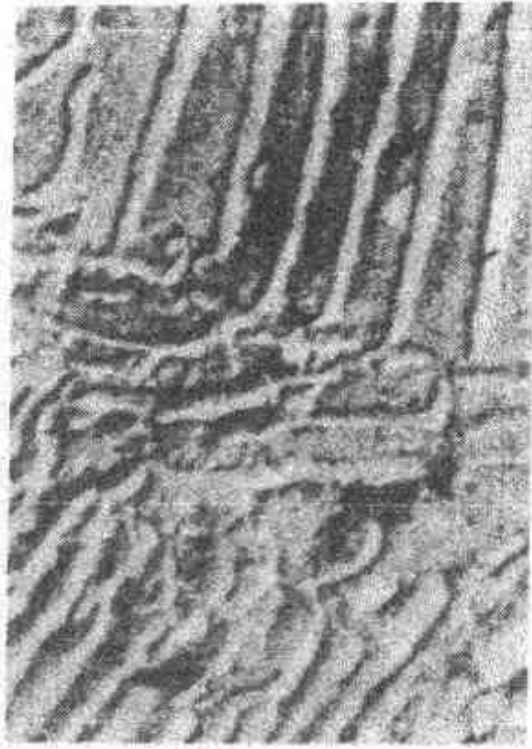


图 18 (19000×)

材 料 T8 钢
 状 态 正火
 浸蚀剂 $\phi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
 组 织 索氏体的电镜形貌
 说 明 深灰色基体为铁素体，白色条状为渗碳体

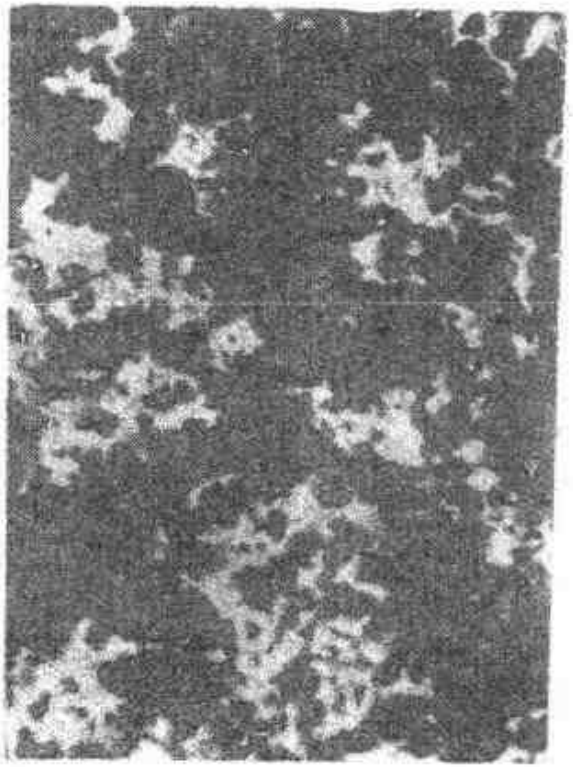


图 19 (200×)

材 料 45 钢
状 态 860℃ 油淬(试样心部)
浸蚀剂 $\phi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
组 织 托氏体 + 马氏体
说 明 托氏体是极细珠光体，在光学金相显微镜下不能分辨其层状结构，易浸蚀成黑色团絮状。灰白色块状为淬火马氏体



图 20 (19000×)

材 料 45 钢
状 态 图 19 中托氏体部位
浸蚀剂 $\phi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
组 织 托氏体的电镜形貌
说 明 深灰色基体为铁素体，白色条状为渗碳体

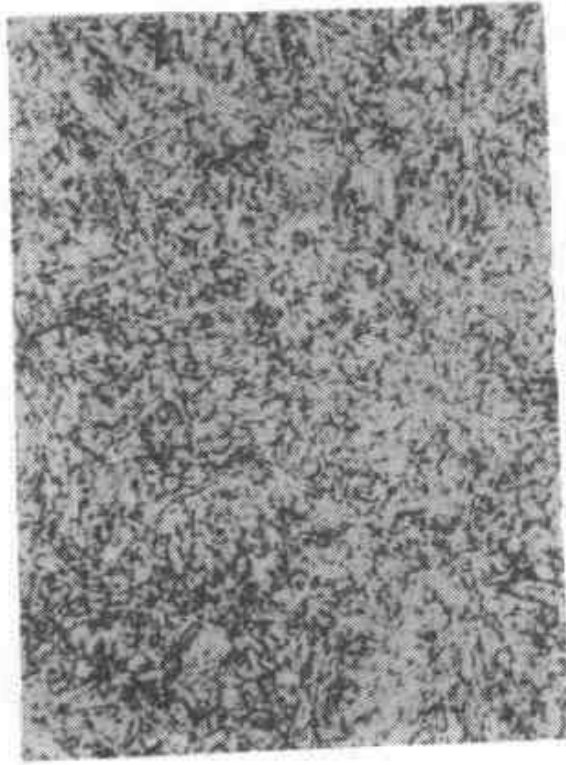


图 21 (500×)

材 料 45 钢
状 态 860℃ 水淬, 600℃ 回火
浸蚀剂 $\varphi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
组 织 回火索氏体
说 明 回火索氏体是铁素体和细粒状渗碳体
组成。由于在 600℃ 回火时, 铁素体
已发生再结晶, 故原来马氏体的位向
已基本消失

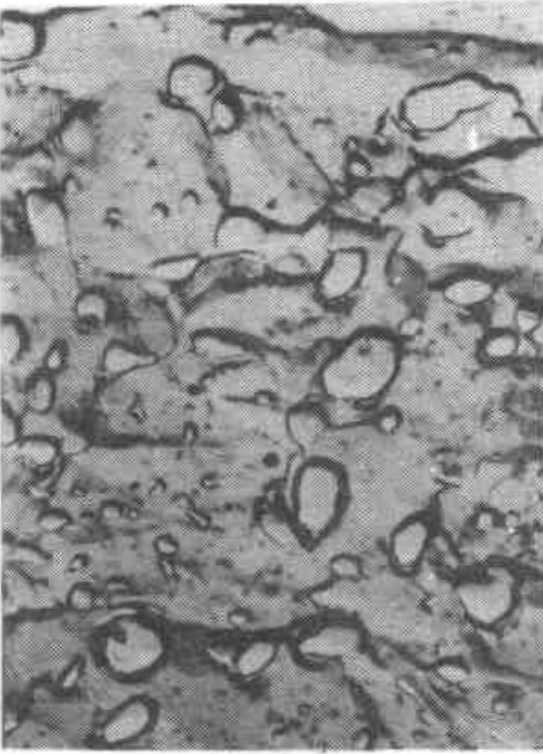


图 22 (7500×)

材 料 45 钢
状 态 同图 21
浸蚀剂 $\varphi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
组 织 回火索氏体的电镜形貌
说 明 基体为铁素体, 白色颗粒为渗碳体

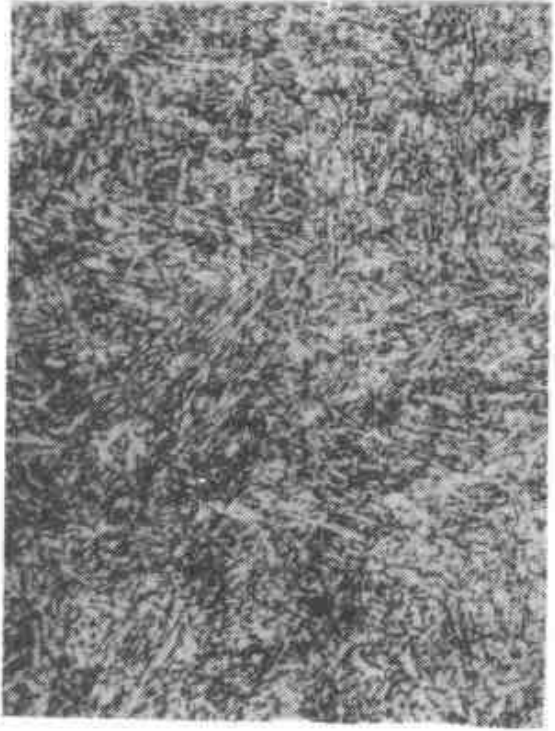


图 23 (500×)

材料 45 钢
状态 860℃ 水淬, 500℃ 回火
浸蚀剂 $\phi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
组织 回火托氏体
说明 回火托氏体是铁素体和极细小颗粒状渗碳体组成。由于铁素体尚未发生再结晶, 故仍保留原来马氏体的位向

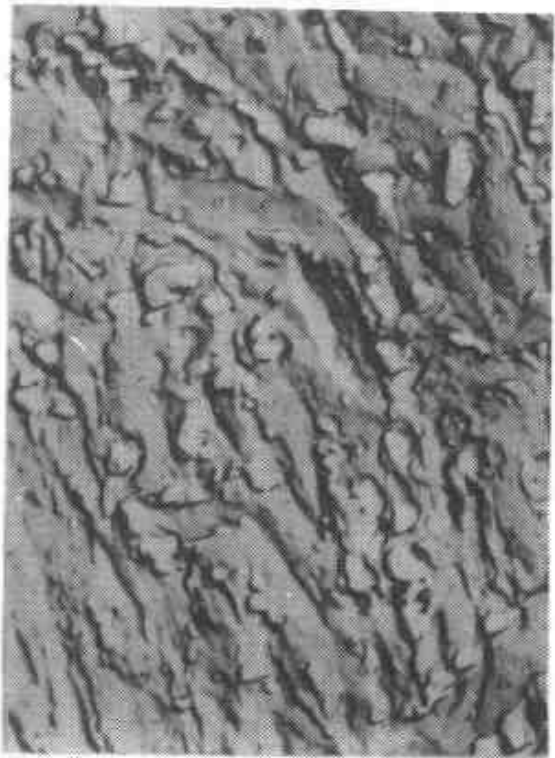


图 24 (7500×)

材料 45 钢
状态 同图 23
浸蚀剂 $\phi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
组织 回火托氏体的电镜形貌
说明 基体为铁素体, 白色颗粒为渗碳体

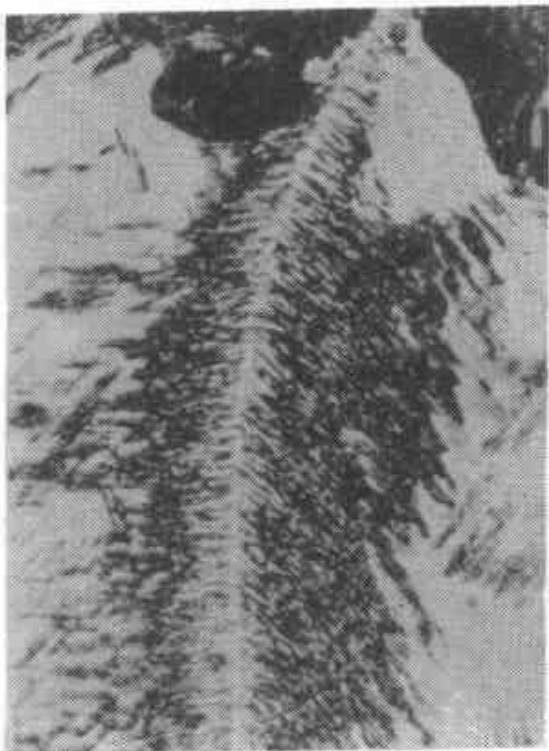


图 25 (600 ×)

材料 65Mn 钢
 状态 450℃ 等温淬火
 浸蚀剂 $\phi_{\text{HNO}_3} = 2\%$ 酒精溶液
 组织 上贝氏体 + 马氏体 + 残余奥氏体
 说明 羽毛状为上贝氏体，白色基体为淬火马氏体和残余奥氏体，右边黑色团状为托氏体

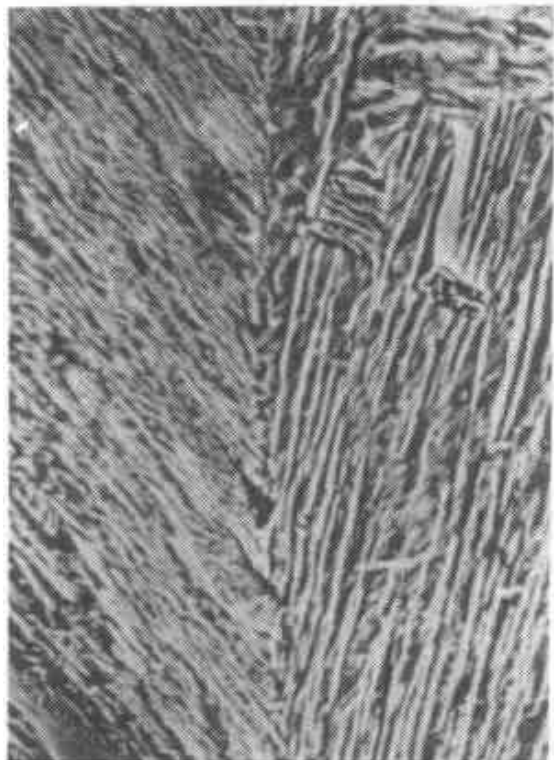


图 26 (4500 ×)

材料 65Mn 钢
 状态 同图 25 中上贝氏体部位
 浸蚀剂 $\phi_{\text{HNO}_3} = 3\%$ 酒精溶液
 组织 上贝氏体的电镜形貌
 说明 基体为碳过饱和和不大的铁素体，白色条状为碳化物



图 27 (500×)

材	料	65Mn 钢
状	态	320℃ 等温淬火
浸	蚀	$\varphi_{\text{HNO}_3} = 2\%$ 酒精溶液
组	织	下贝氏体 + 马氏体 + 残余奥氏体
说	明	黑色针状为下贝氏体，白色基体为淬火马氏体和残余奥氏体

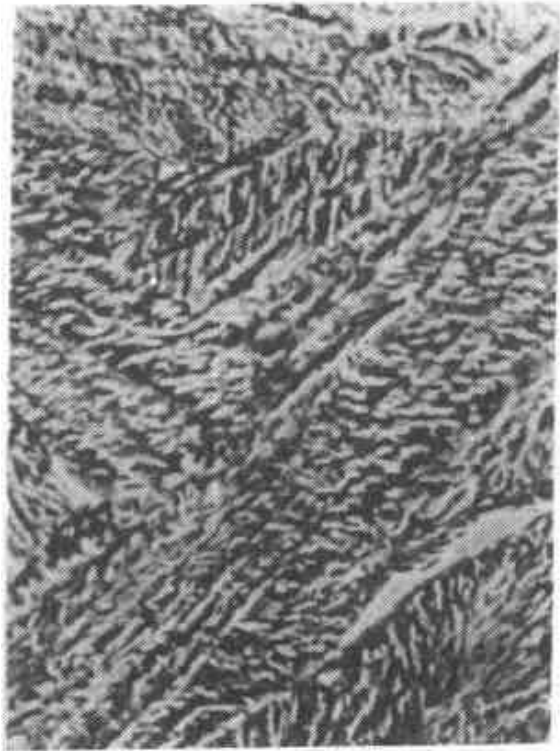


图 28 (8500×)

材	料	65Mn 钢
状	态	同图 27 中针状下贝氏体部位
浸	蚀	$\varphi_{\text{HNO}_3} = 3\%$ 酒精溶液
组	织	下贝氏体的电镜形貌
说	明	基体为碳过饱和的针状铁素体，白色粒状或短杆状为碳化物。碳化物与铁素体的长轴呈 $55^\circ \sim 60^\circ$ 角



图 29 (400×)

材 料 45 钢
状 态 退火

浸蚀剂 $\varphi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液

组 织 铁素体 + 珠光体

说 明 白色晶粒为铁素体，黑色块状和黑白交替分布的层状组织为珠光体

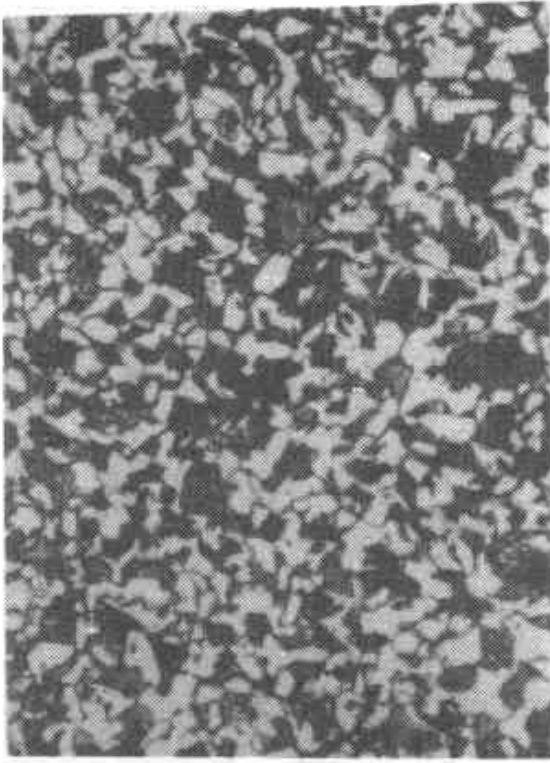


图 30 (400×)

材 料 45 钢
状 态 正火

浸蚀剂 $\varphi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液

组 织 铁素体 + 细珠光体

说 明 白色块状为铁素体，黑色块状为细珠光体



图 31 (400×)

材	料	45 钢
状	态	1000 °C 油淬
浸	蚀	$\phi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
组	织	铁素体 + 托氏体 + 上贝氏体 + 马氏体 + 残余奥氏体
说	明	灰白色基体为中碳马氏体和少量残余奥氏体，沿晶界分布的白色网络状为铁素体，在铁素体周围黑色团状为托氏体，晶界处还有少量羽毛状的上贝氏体



图 32 (4500×)

材	料	45 钢
状	态	820 °C 油淬
浸	蚀	$\phi_{\text{HNO}_3} = 3\%$ 酒精溶液
组	织	托氏体 + 上贝氏体 + 中碳马氏体混合组织的电镜形貌
说	明	图中“T”部位为托氏体，“UB”部位为上贝氏体，“M”部位为中碳马氏体

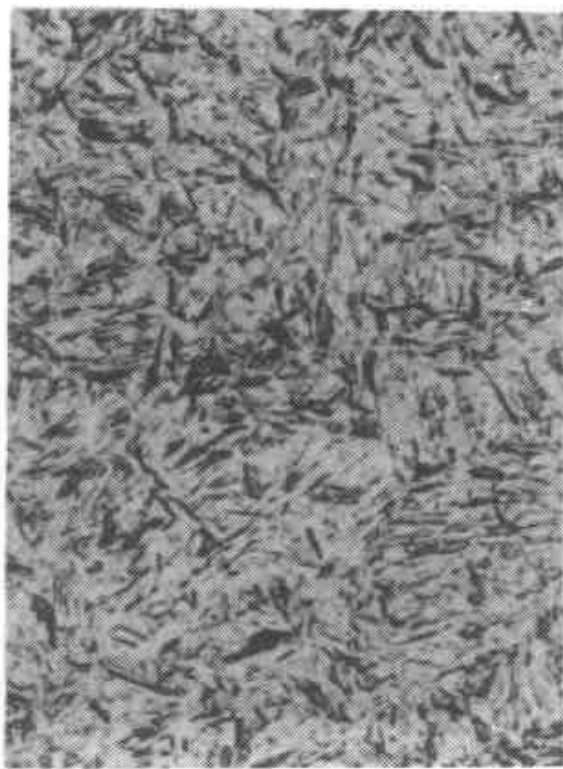


图 33 (500 ×)

材 料 45 钢
 状 态 840 °C 水淬
 浸蚀剂 $\phi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
 组 织 中碳马氏体
 说 明 中碳马氏体为板条马氏体与片状马氏体的混合组织，其针叶两端较圆钝

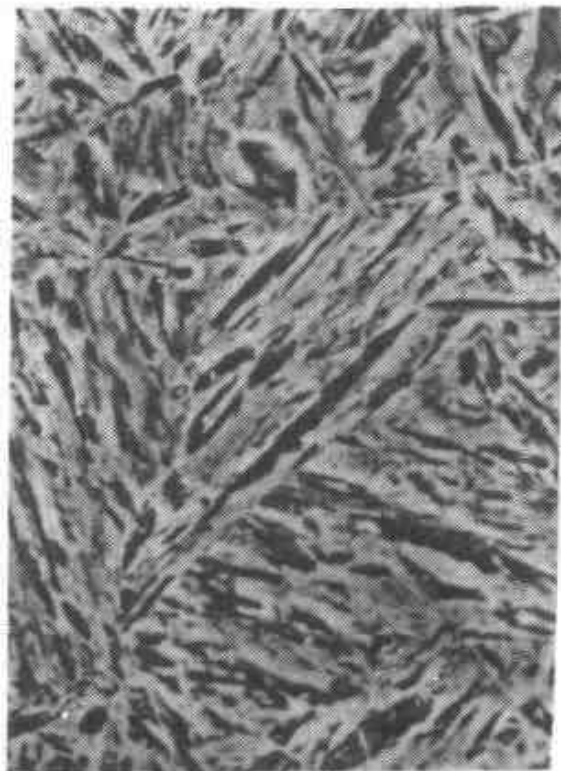


图 34 (3000 ×)

材 料 45 钢
 状 态 同图 33
 浸蚀剂 $\phi_{\text{HNO}_3} = 3\%$ 酒精溶液
 组 织 中碳马氏体的电镜形貌
 说 明 部分马氏体成排分布



图 35 (400×)

材 料 20 钢
状 态 950 °C 水淬
浸蚀剂 $\phi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
组 织 低碳马氏体
说 明 低碳马氏体的截面形态呈细长的板条

状，故又称板条马氏体。相互平行排列的板条组成一个板条束，一颗原始奥氏体晶粒内可以形成几个位向不同的板条束

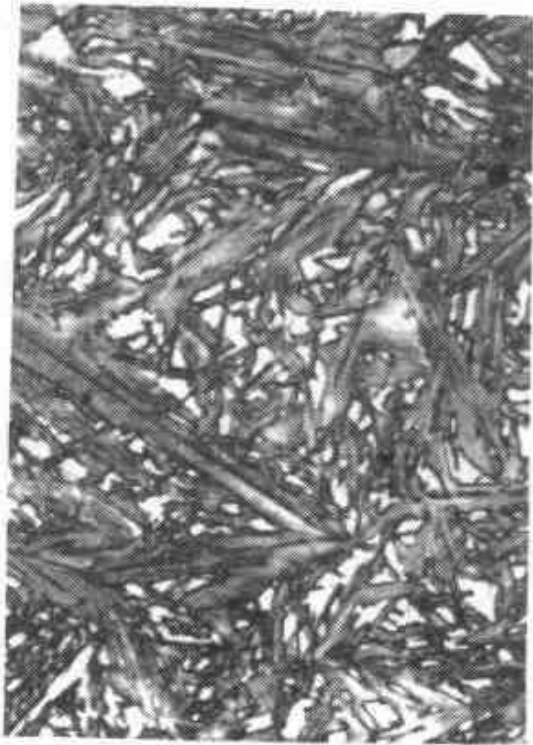


图 36 (400×)

材 料 T12 钢
状 态 1200 °C 油淬
浸蚀剂 $\phi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
组 织 高碳马氏体
说 明 高碳马氏体的截面形态呈针片状，故

又称片状马氏体。由于淬火加热温度很高，故形成粗大的片状马氏体，属过热的淬火组织。图中白色基体为残余奥氏体

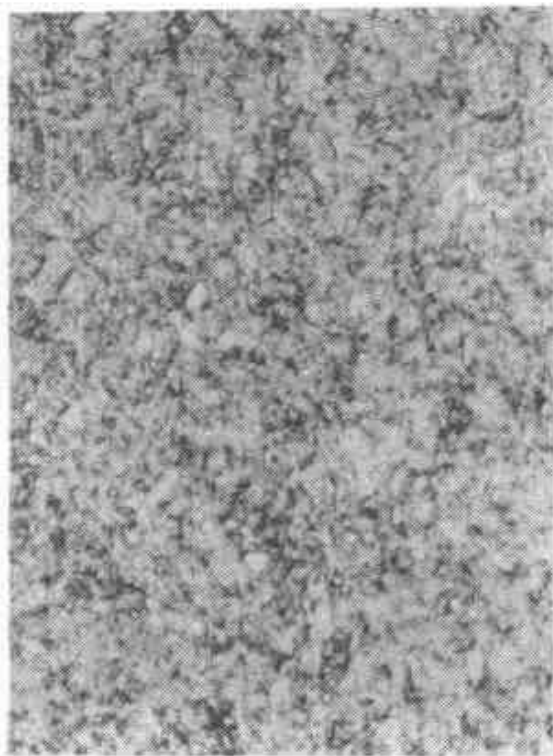


图 37 (400×)

材 料 T12 钢
 状 态 780 °C 水淬
 浸蚀剂 $\varphi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
 组 织 马氏体 + 二次渗碳体 + 残余奥氏体
 说 明 灰白色基体为细小的淬火高碳马氏体和少量残余奥氏体，白色颗粒为二次渗碳体，棕黑色针状为稍受回火的高碳马氏体，属正常的淬火组织

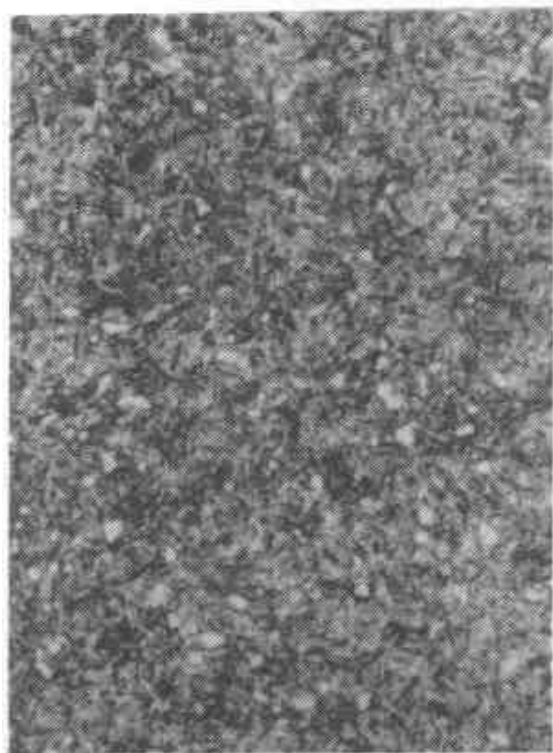
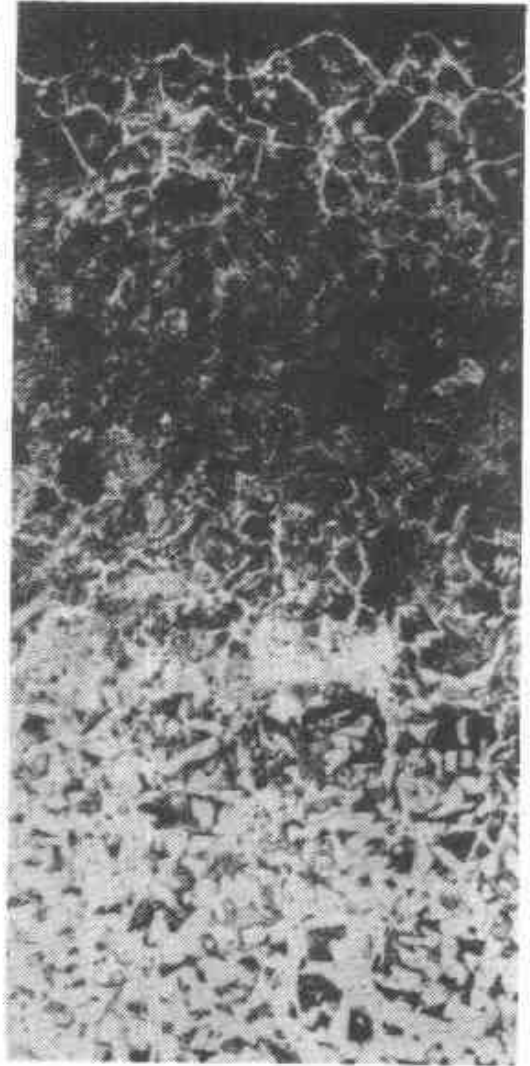


图 38 (400×)

材 料 T12 钢
 状 态 780 °C 水淬, 180 °C 回火
 浸蚀剂 $\varphi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
 组 织 回火马氏体 + 二次渗碳体
 说 明 灰黑色基体为细小的回火高碳马氏体，白色颗粒为二次渗碳体。回火马氏体易浸蚀而呈黑色，属正常的回火组织

表面



过共析层——共析层——亚共析过渡层——心部原始组织

图 39 (150×)

材 料	20 钢
状 态	气体渗碳后缓慢冷却
浸蚀剂	$\phi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
组 织	渗碳层的平衡组织
说 明	过 共 析 层: 珠光体(黑色) + 二次渗碳体(白色网络)
	共 析 层: 珠光体(黑色)
	亚共析过渡层: 珠光体(黑色) + 铁素体(白色)
	心 部: 20 钢原始组织

心 部

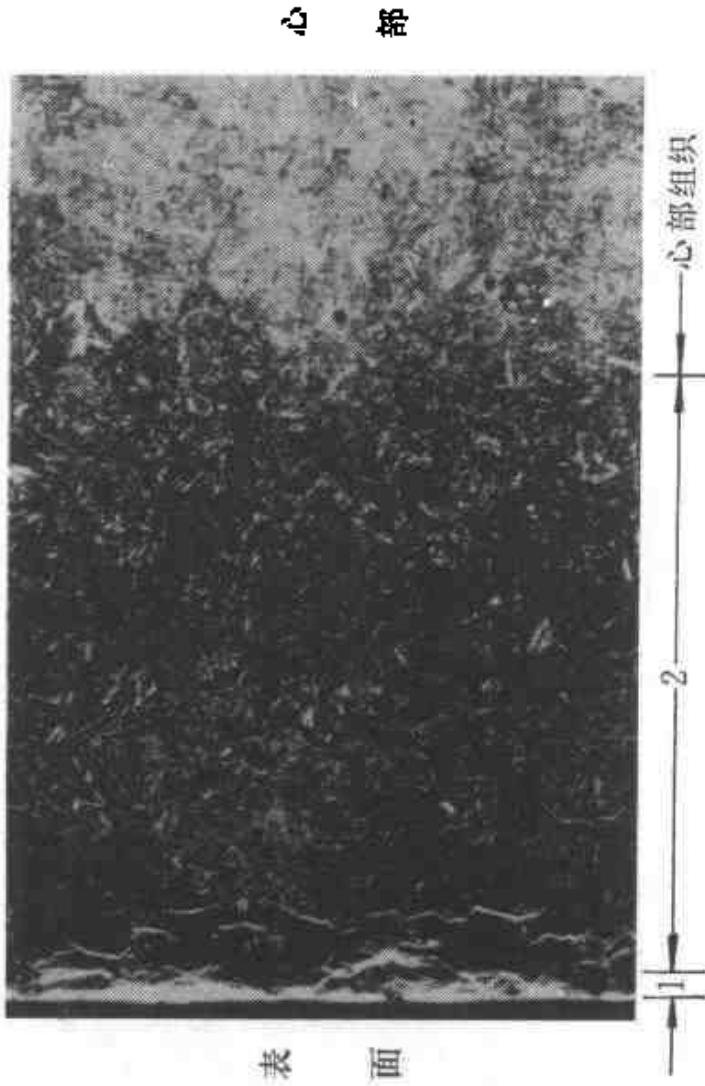


图 40 (100 ×)

材 料 38CrMoAl 钢

状 态 调质后经 520 °C 10 h、580 °C 15 h 气体渗氮后缓冷

浸蚀剂 $\varphi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液

组 织 渗氮层组织

说 明 最表层(1)为白亮色的 ϵ 相($\text{Fe}_2\text{-}_3\text{N}$)；次层(2)为扩散层，白亮色颗粒状的 γ' 相(Fe_4N)和合金氮化物弥散分布在索氏体上，近表面的扩散层中氮化物呈白色脉状分布；心部组织为回火索氏体

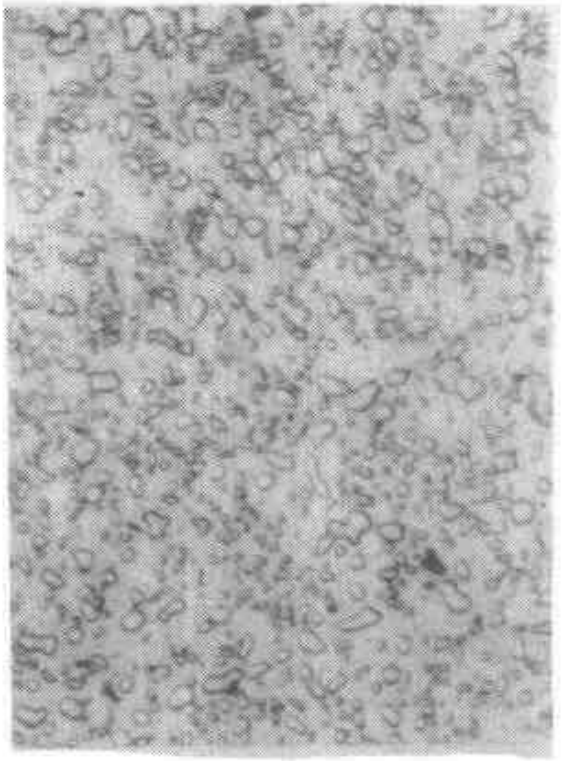


图 41 (800×)

材料 T12 钢
状态 球化退火
浸蚀剂 $W_{C_6H_2O(HNO_2)_3} = 4\%$ 酒精溶液
组织 球化体(球状珠光体)
说明 白色基体为铁素体, 白色颗粒状为渗碳体



图 42 (150×)

材料 工业纯铁
状态 冷变形度为20%
浸蚀剂 $\phi_{HNO_3} = 3\%$ 酒精溶液
组织 铁素体
说明 铁素体晶粒沿变形方向延伸, 并在部分晶粒内出现了许多互相平行的黑色线条状滑移带



图 43 (150×)

材料 工业纯铁
 状态 冷变形度为 50%
 浸蚀剂 $\varphi_{\text{HNO}_3} = 3\%$ 酒精溶液
 组织 铁素体
 说明 随着冷变形度的增加，铁素体晶粒沿变形方向进一步延伸，形成了纤维组织

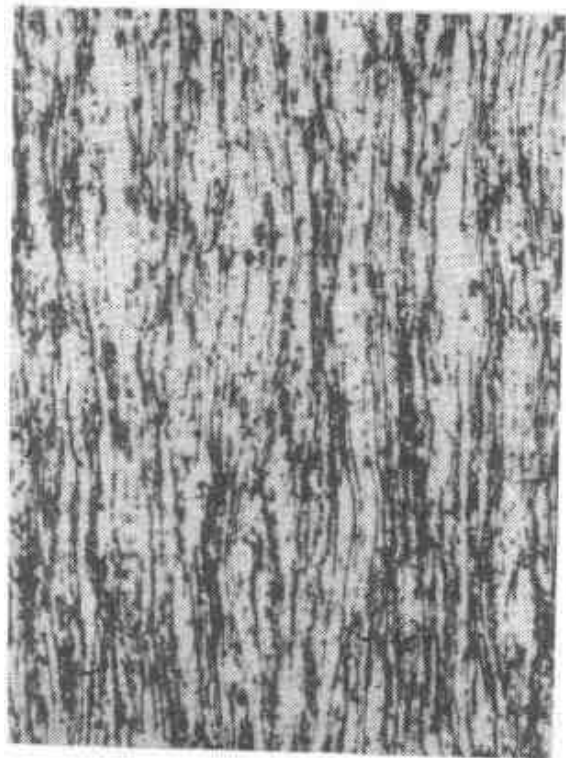


图 44 (150×)

材料 工业纯铁
 状态 冷变形度为 70%
 浸蚀剂 $\varphi_{\text{HNO}_3} = 3\%$ 酒精溶液
 组织 铁素体
 说明 由于冷变形度很大，沿变形方向延伸的各铁素体晶粒已不能辨别，呈现出许多纤维状的条纹，形成明显的纤维组织

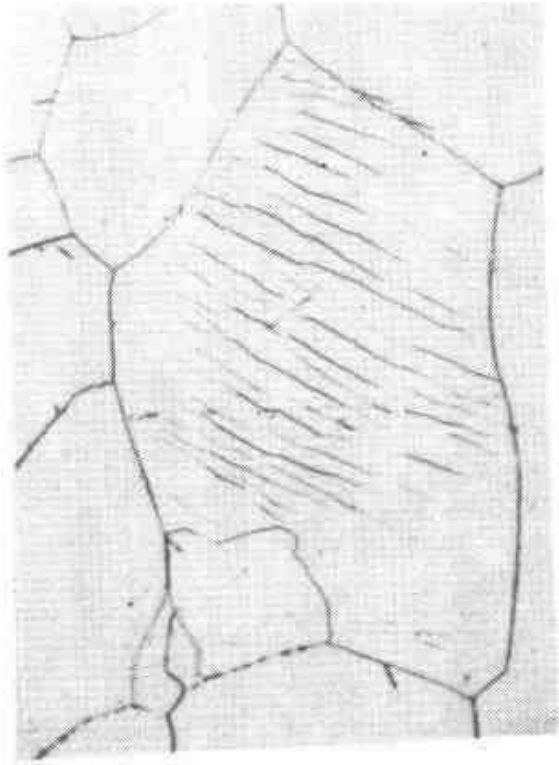


图 45 (400×)

材 料 工业纯铁
状 态 退火后经压延变形
浸蚀剂 $\phi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
组 织 铁素体
说 明 经压延塑性变形后，铁素体晶粒内出现许多滑移带(互相平行的黑色线条)

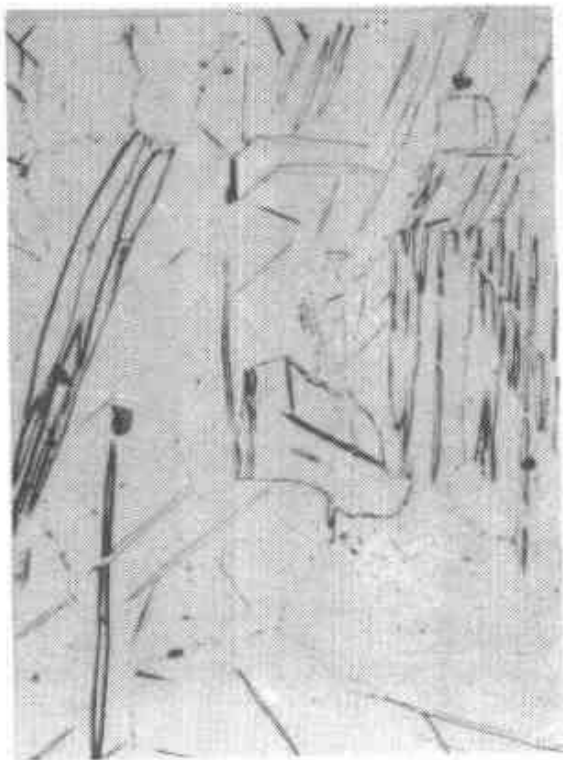


图 46 (100×)

材 料 纯锌
状 态 经塑性变形
浸蚀剂 化学抛光
组 织 纯锌晶粒
说 明 纯锌晶粒内出现了许多形变孪晶

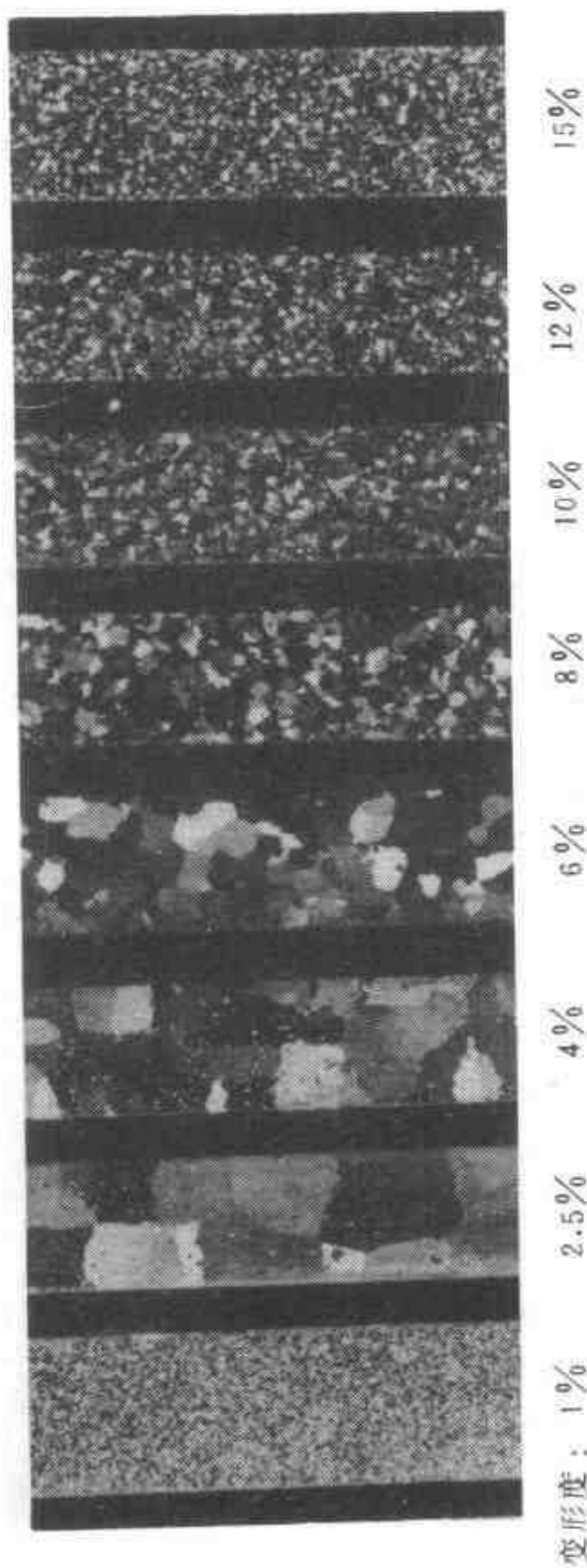


图 47 (1×)

材 料 工业纯铝

状 态 不同冷变形度后，经 550 °C 再结晶退火 30 min

浸蚀剂 HF 15 ml, HCl 45 ml, HNO₃ 15 ml, H₂O 25ml

组 织 铝的晶粒

说 明 变形度很小(1%)时，因不发生再结晶，晶粒保持原来大小。临界变形度(2.5%)时，再结晶后晶粒特别粗大。当超过临界变形度后，变形度愈大，再结晶后晶粒愈细

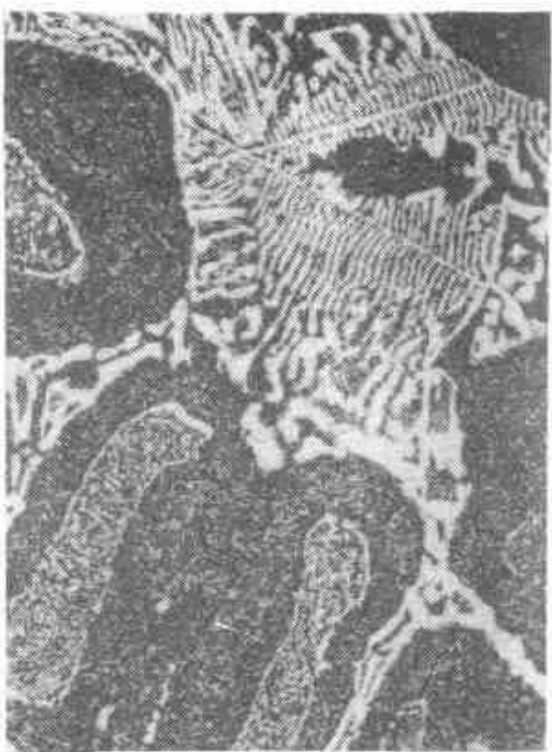


图 48 (300×)

材 料 W18Cr4V 钢
状 态 铸造(缓慢冷却)
浸蚀剂 $\phi_{\text{HNO}_3} = 3\%$ 酒精溶液
组 织 共晶莱氏体 + 托氏体 - 索氏体 + 碳化物
说 明 基体为黑色组织(托氏体 - 索氏体), 骨骼状组织为共晶莱氏体, 白色小块状为碳化物

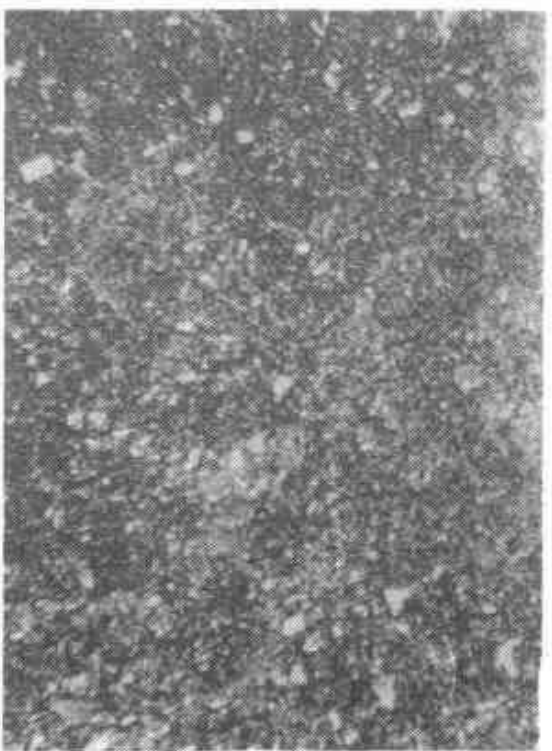


图 49 (500×)

材 料 W18Cr4V 钢
状 态 锻造后退火
浸蚀剂 $\phi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
组 织 索氏体 + 碳化物
说 明 基体为索氏体, 白色大颗粒为共晶碳化物, 白色小颗粒为二次碳化物

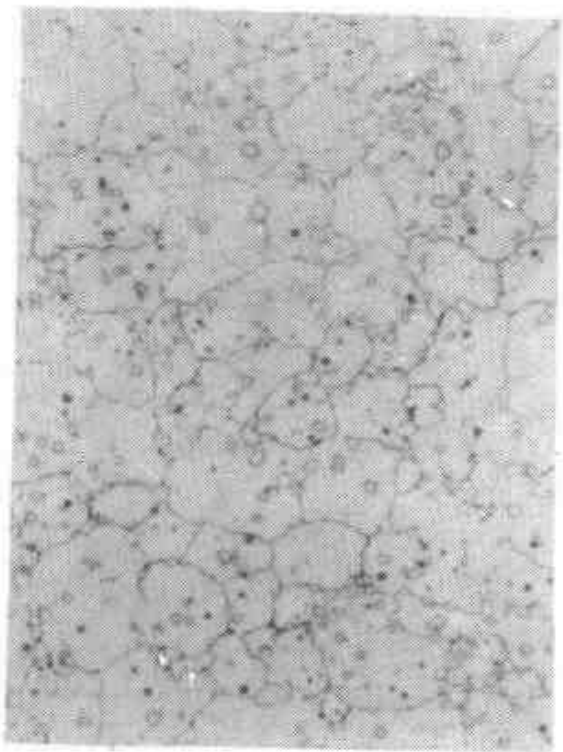


图 50 (400 ×)

材 料 W18Cr4V 钢
 状 态 1280 °C 油淬
 浸蚀剂 $\phi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
 组 织 淬火马氏体 + 残余奥氏体 + 碳化物
 说 明 白色基体为隐晶淬火马氏体和残余奥氏体，白色大颗粒为共晶碳化物，白色小颗粒为二次碳化物

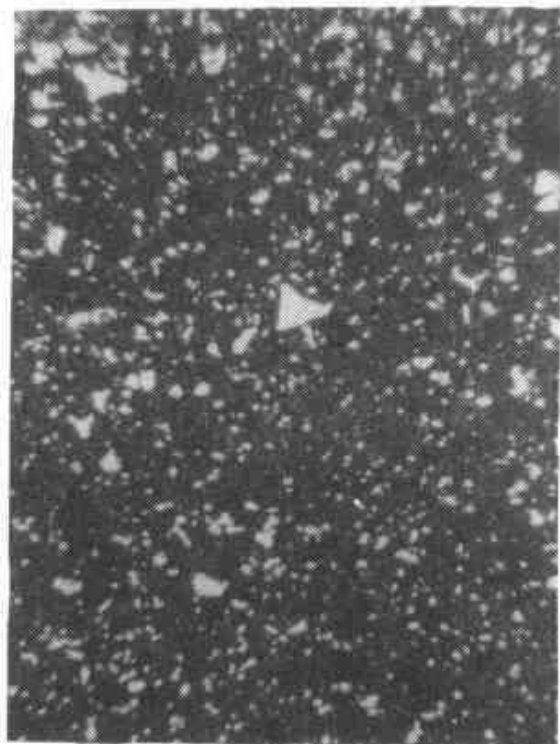


图 51 (250 ×)

材 料 W18Cr4V 钢
 状 态 1280 °C 油淬、560 °C 三次回火
 浸蚀剂 $\phi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
 组 织 回火马氏体 + 碳化物
 说 明 黑色基体为回火马氏体，白色大颗粒为共晶碳化物，白色小颗粒为二次碳化物

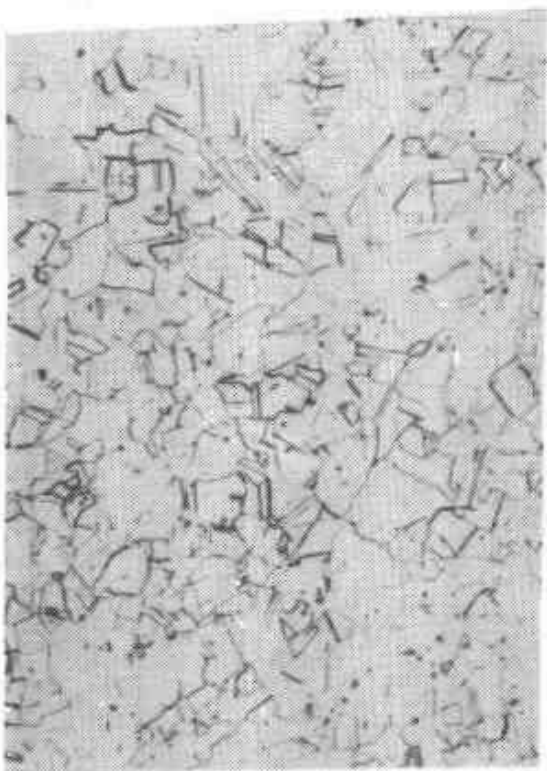


图 52 (100×)

材料 18-8 不锈钢
 状态 固溶热处理
 浸蚀剂 王水溶液
 组织 奥氏体
 说明 部分奥氏体晶粒中呈现孪晶分布

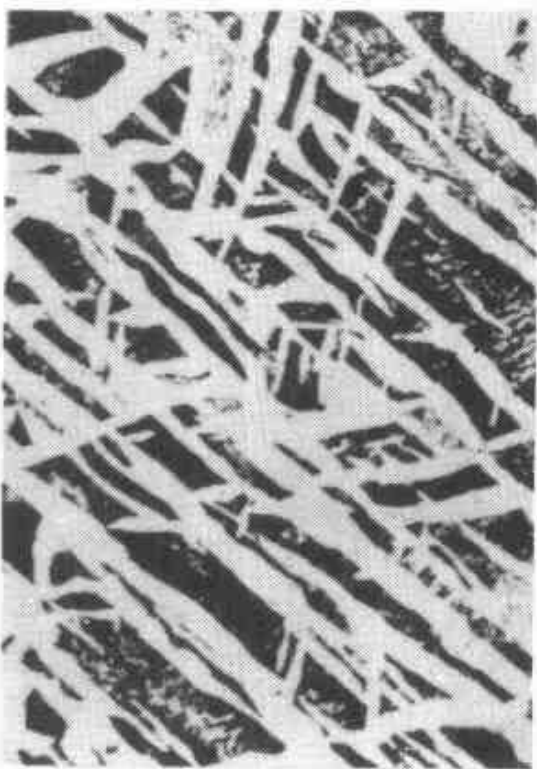


图 53 (200×)

材料 ZG270-500 钢
 状态 铸造
 浸蚀剂 $\phi \text{HNO}_3 = 4\%$ 酒精溶液
 组织 粗大魏氏组织(铁素体 + 珠光体)
 说明 黑色基体为层状珠光体, 白色针状按一定位向分布的为铁素体, 呈严重的魏氏组织

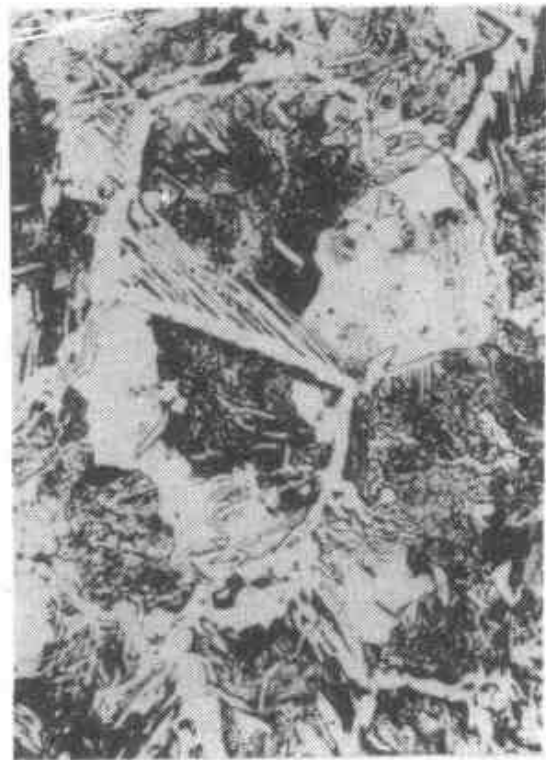


图 54 (200×)

材 料 40 钢
 状 态 1200℃ 加热后空冷
 浸蚀剂 $\phi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
 组 织 魏氏组织(铁素体 + 珠光体)
 说 明 黑色基体为层状珠光体, 白色针状、块状及沿晶网状分布的为铁素体, 属过热组织

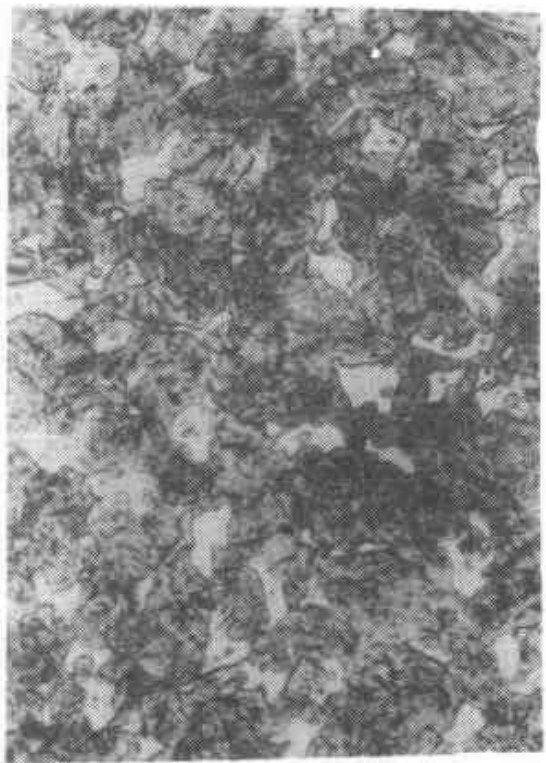


图 55 (400×)

材 料 45 钢
 状 态 750℃ 水淬
 浸蚀剂 $\phi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
 组 织 铁素体 + 马氏体
 说 明 白色块状为铁素体, 灰黑色基体为中碳马氏体, 属不完全淬火组织。因加热温度较低, 马氏体细小, 故其形态不易显示出来

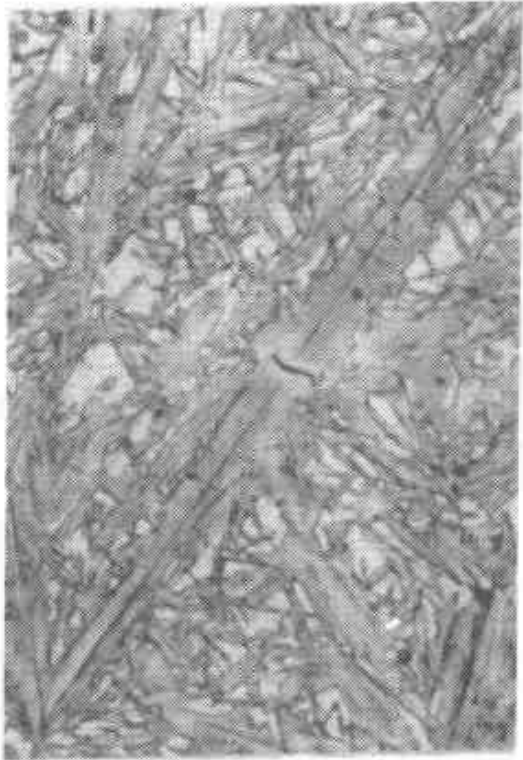


图 56 (400×)

材	料	T12 钢
状	态	1200 °C 油淬
浸	蚀	$\phi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
组	织	带有显微裂纹的高碳马氏体
说	明	由于加热温度很高(过热), 马氏体的 针片很粗大, 并带有显微裂纹。白色 基体为残余奥氏体

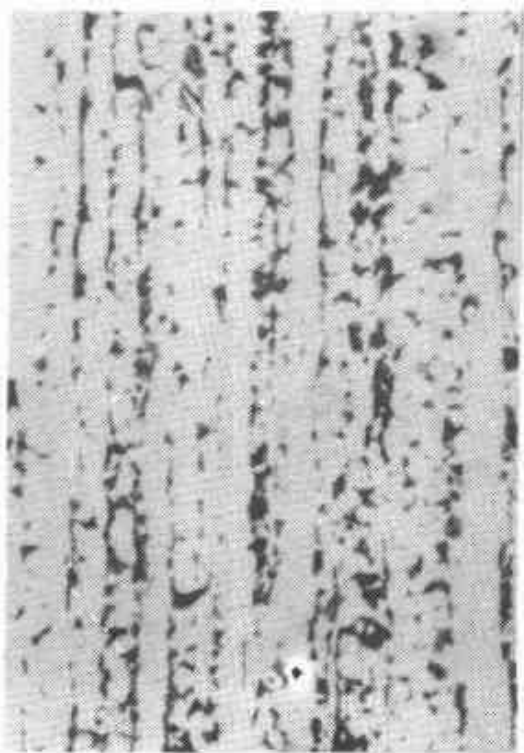


图 57 (100×)

材	料	15 钢
状	态	热轧
浸	蚀	$\phi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
组	织	带状组织(铁素体 + 珠光体)
说	明	白色晶粒为铁素体, 黑色条状为珠光 体, 呈明显的带状分布

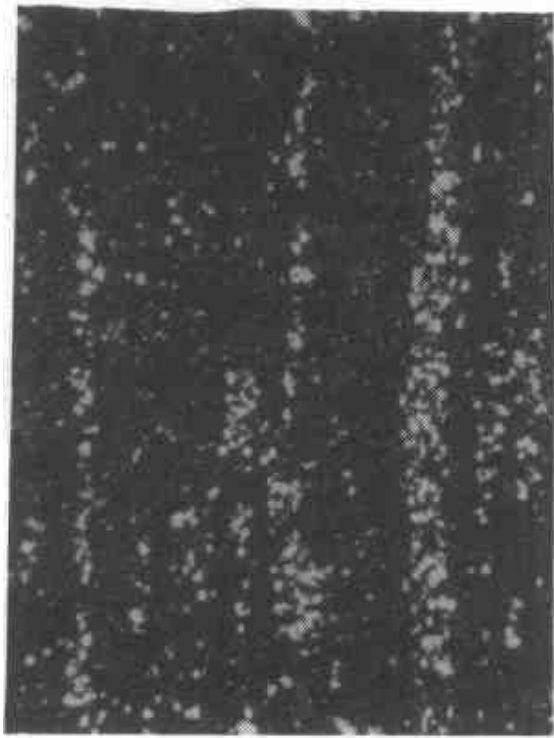


图 58 (300 ×)

材 料 W18Cr4V 钢
 状 态 热轧后经淬火、560℃ 三次回火
 浸蚀剂 $\varphi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
 组 织 带状组织(回火马氏体 + 碳化物)
 说 明 黑色基体为回火马氏体，白色颗粒呈带状分布的为碳化物

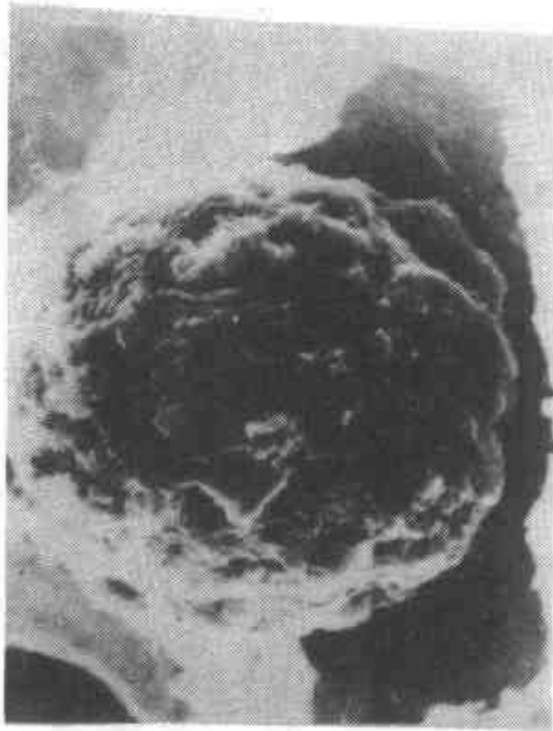


图 59 (950 ×)

材 料 球墨铸铁
 状 态 铸造
 浸蚀剂 盐酸深腐蚀
 组 织 球状石墨
 说 明 深腐蚀后，基体受到严重浸蚀，石墨仍存在这样表面，在扫描电镜下显示的球状石墨的立体形貌

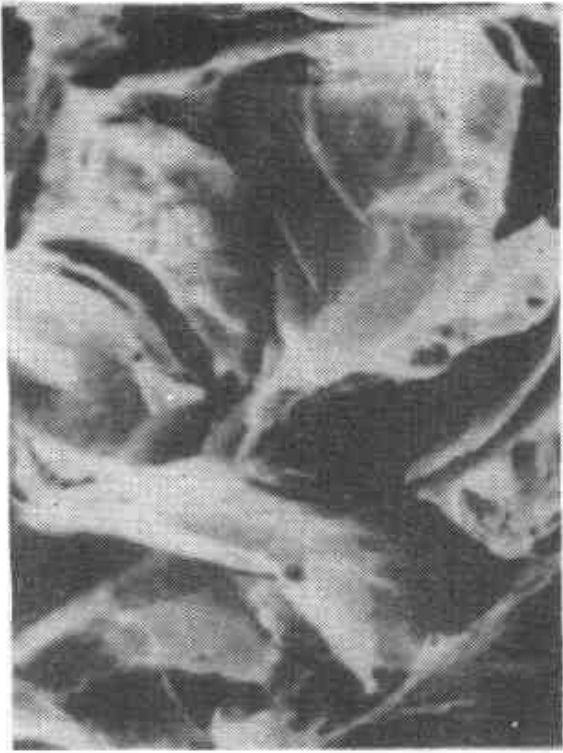


图 60 (950×)

材料 灰铸铁
状态 铸造
浸蚀剂 盐酸深腐蚀
组织 片状石墨
说明 深腐蚀后，基体受到严重浸蚀，石墨仍存在试样表面，在扫描电镜下显示的片状石墨的立体形貌



图 61 (200×)

材料 灰铸铁
状态 退火
浸蚀剂 $\varnothing_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
组织 铁素体 + 片状石墨
说明 白色基体为铁素体，深灰色条片状为片状石墨



图 62 (200 ×)

材料 灰铸铁
 状态 铸造
 浸蚀剂 $\varphi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
 组织 珠光体 + 铁素体 + 片状石墨
 说明 深灰色条片状为片状石墨，基体为黑色的层状珠光体和石墨周围白色的铁素体



图 63 (300 ×)

材料 灰铸铁
 状态 铸造
 浸蚀剂 $\varphi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
 组织 珠光体 + 片状石墨
 说明 基体为层状珠光体，深灰色条片状为片状石墨

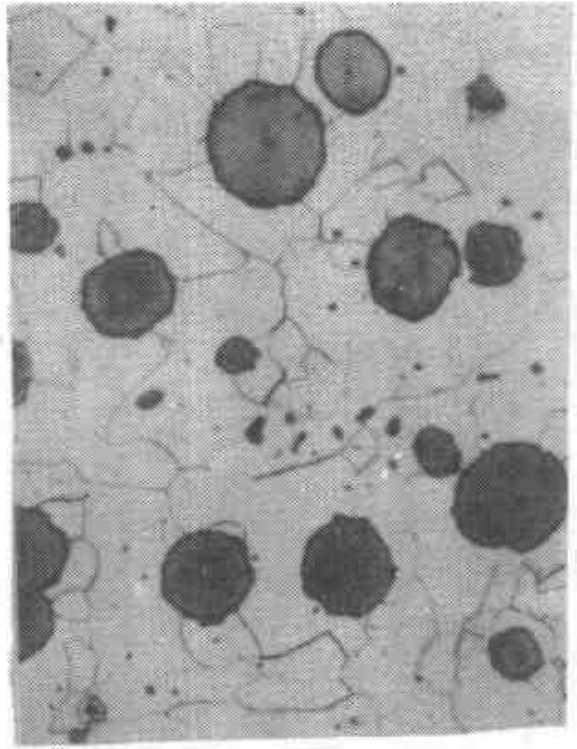


图 64 (250×)

材料 球墨铸铁
状态 退火
浸蚀剂 $\phi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
组织 铁素体 + 球状石墨
说明 白色基体为铁素体，深灰色球状为球状石墨

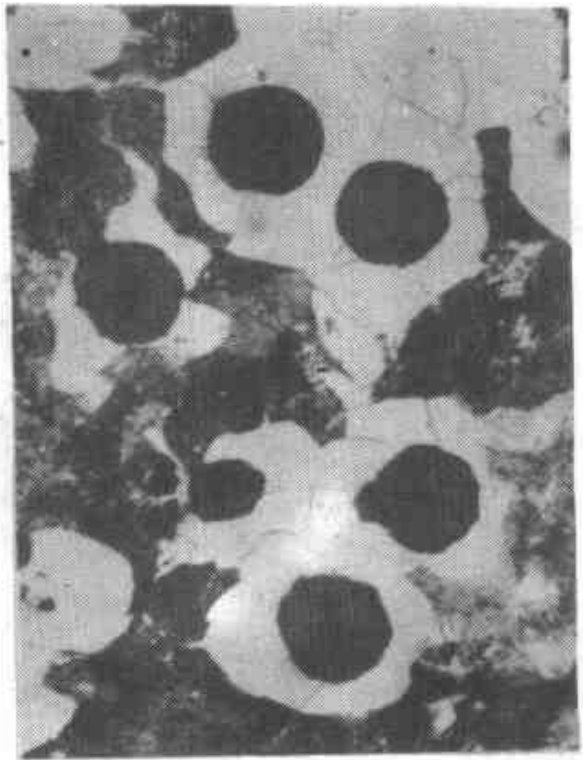


图 65 (250×)

材料 球墨铸铁
状态 铸造
浸蚀剂 $\phi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
组织 珠光体 + 铁素体 + 球状石墨
说明 深灰色球状为球状石墨，基体为黑色的层状珠光体和白色围绕石墨分布的铁素体(形似牛眼，故有牛眼状铁素体之称)

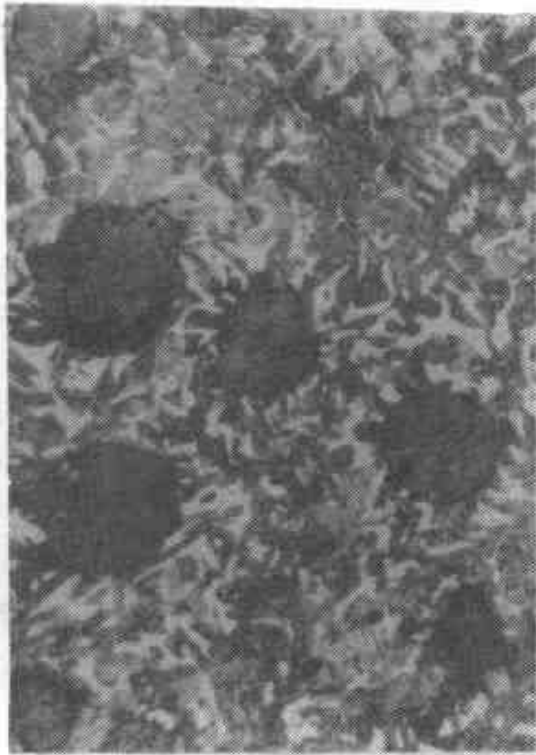


图 66 (200 ×)

球墨铸铁
低温正火

浸蚀剂 $\varphi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液

组织 珠光体 + 铁素体 + 球状石墨
说明 深灰色球状为球状石墨，基体为深灰色的层状珠光体和白色呈块状和条状分布的铁素体(亦称分散状铁素体)

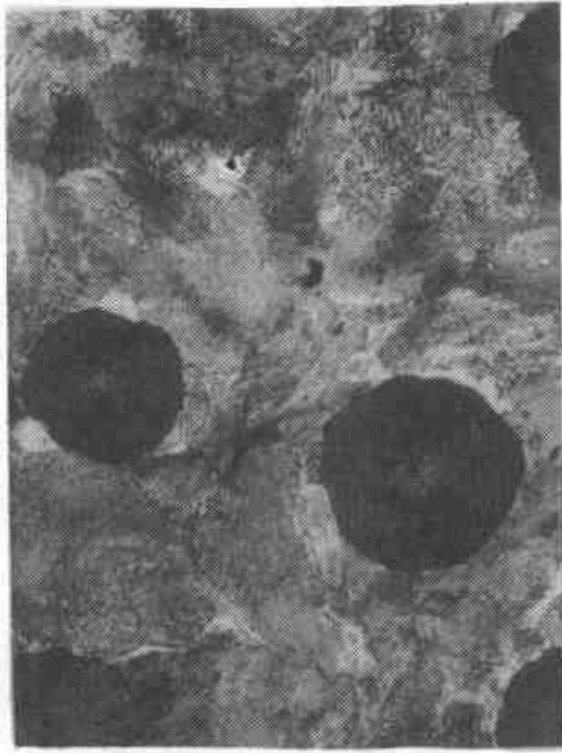


图 67 (200 ×)

球墨铸铁
高温正火

浸蚀剂 $\varphi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液

组织 珠光体 + 球状石墨
说明 基体为层状珠光体和极少量白色的铁素体，黑灰色球状为球状石墨



图 68 (500×)

材料 球墨铸铁
状态 880℃ 加热、270℃ 等温 1 h 空冷
浸蚀剂 $\phi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
组织 下贝氏体 + 马氏体 + 残余奥氏体 + 球状石墨
说明 白色基体为淬火马氏体和残余奥氏体，黑灰色细针状为下贝氏体，深灰色球状为球状石墨

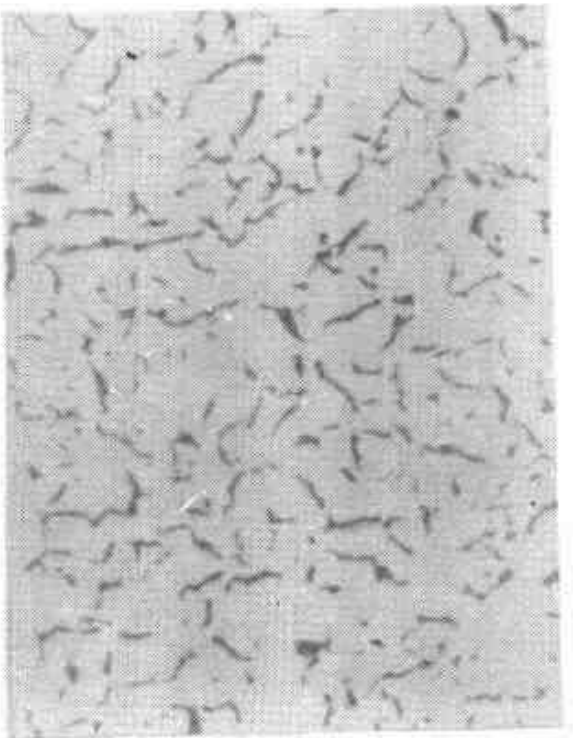


图 69 (100×)

材料 蠕墨铸铁
状态 铸造
浸蚀剂 未浸蚀
组织 蠕虫状石墨
说明 白色为金属基体，深灰色短而厚的条片状为蠕虫状石墨

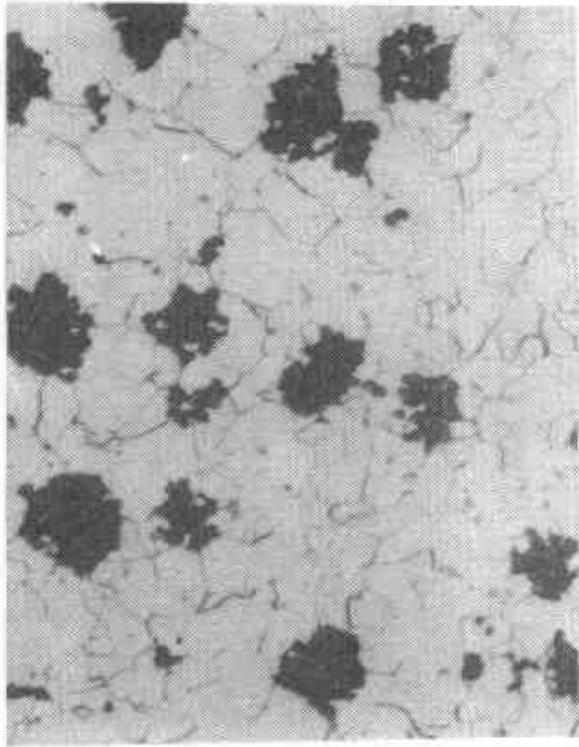


图 70 (200×)

材料 可锻铸铁
 状态 可锻化退火
 浸蚀剂 $\varphi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
 组织 铁素体 + 团絮状石墨
 说明 白色基体为铁素体，黑灰色团絮状为团絮状石墨

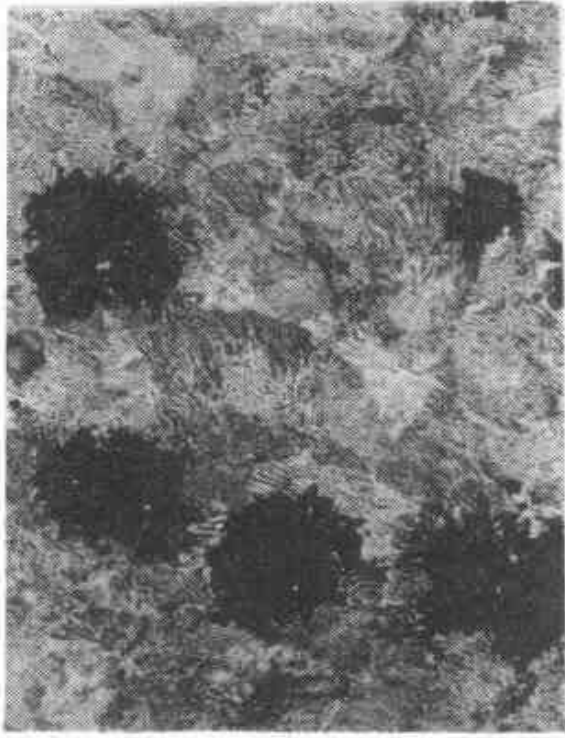


图 71 (100×)

材料 可锻铸铁
 状态 可锻化退火
 浸蚀剂 $\varphi_{\text{HNO}_3} = 4\%$ 酒精溶液
 组织 珠光体 + 团絮状石墨
 说明 基体为层状珠光体和极少量白色的铁素体，黑灰色团絮状为团絮状石墨



图 72 (100×)

材 料 ZL102 铝合金
状 态 铸造(未变质处理)
浸蚀剂 混合酸
组 织 共晶体($\alpha + \text{Si}$)
说 明 白色为 α 固溶体, 灰色为 Si。由于未经变质处理, 故 Si 呈粗大针状。

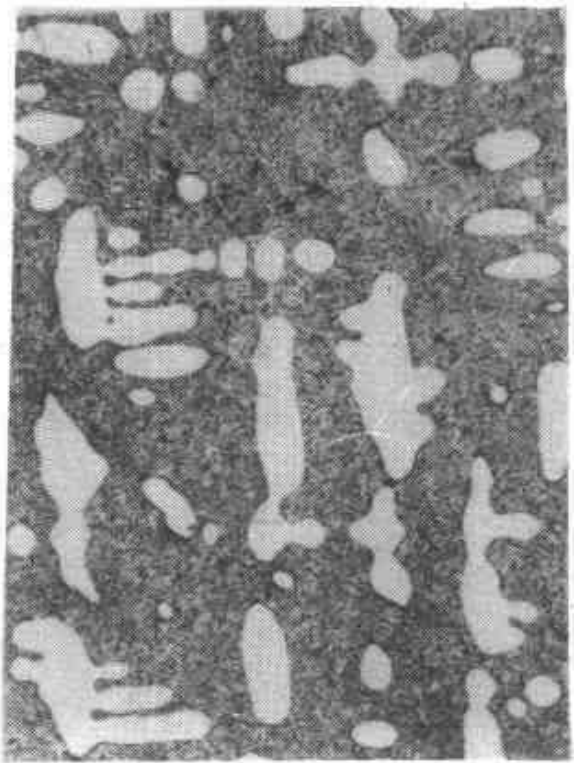


图 73 (100×)

材 料 ZL102 铝合金
状 态 铸造(变质处理)
浸蚀剂 混合酸
组 织 初晶 $\alpha +$ 共晶体($\alpha + \text{Si}$)
说 明 基体为黑白相同分布的共晶体, 白色树枝状或卵状为初晶 α 固溶体。由于经过变质处理, 共晶点向右下方移动故合金获得亚共晶组织, 且共晶体中 Si 成为细粒状

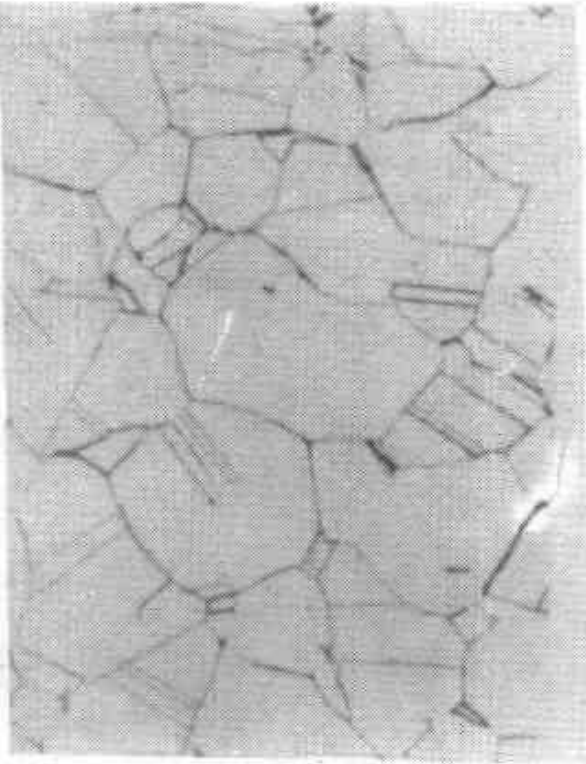


图 74 (150x)

材	H90 黄铜
状	冷轧后 600 °C 退火
浸蚀剂	三氯化铁酒精溶液
组 织	α 固溶体
说 明	部分 α 晶粒内出现退火孪晶

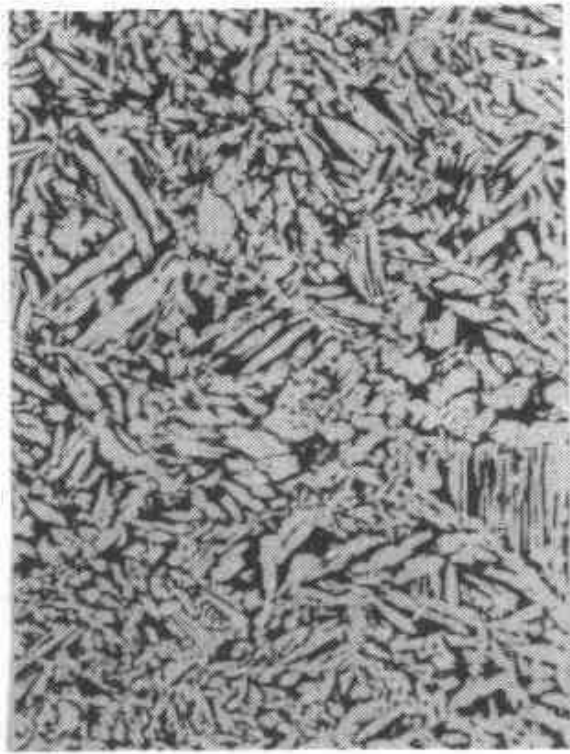


图 75 (100x)

材	H59 黄铜
状	铸造
浸蚀剂	三氯化铁盐酸水溶液
组 织	$\alpha + \beta'$
说 明	白色为 α 固溶体, 黑色为 β' 相 (CuZn 为基的固溶体)

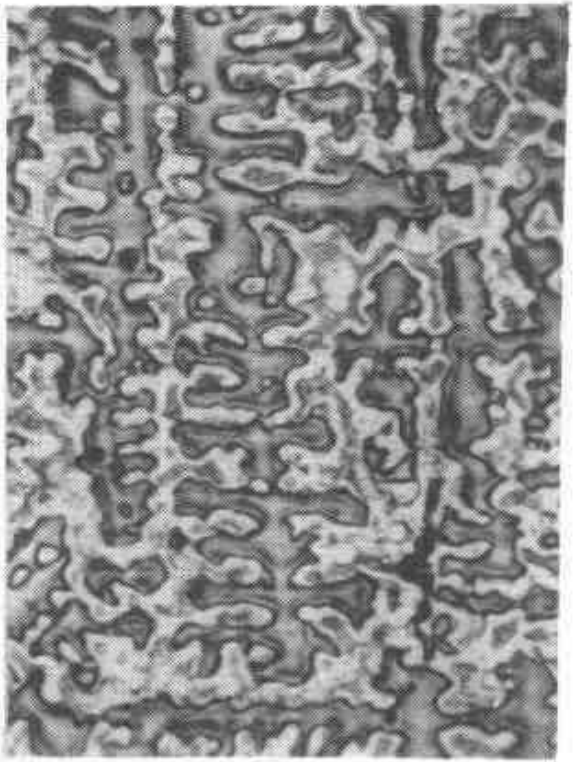


图 76 (200×)

材 料 锡青铜($w_{Sn} > 6\%$)
状 态 铸造
浸蚀剂 三氯化铁盐酸水溶液
组 织 $\alpha +$ 共析体($\alpha + \delta$)
说 明 灰、白两相共存的基体为共析体($\alpha + \delta$)，深灰色树枝状为初晶 α 固溶体。因 α 有枝晶偏析，故不同部位呈现明暗不同的颜色

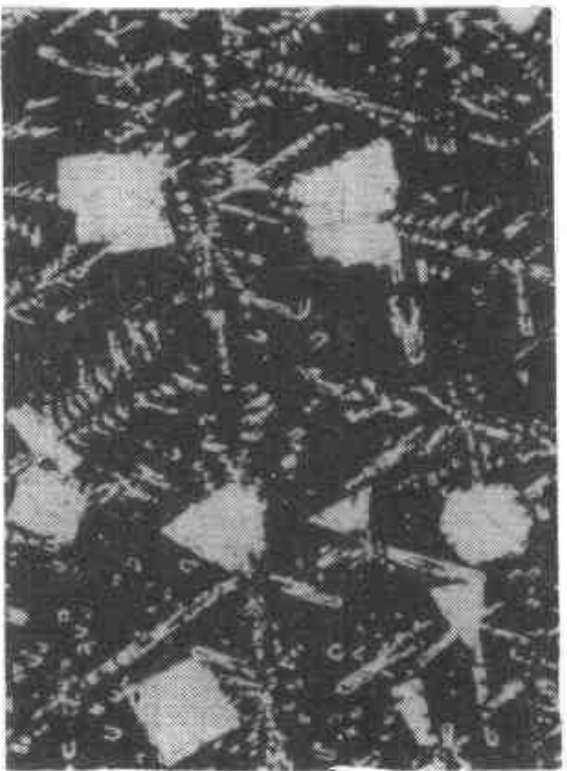


图 77 (100×)

材 料 ZChSnSb11-6 锡基轴承合金
状 态 铸造
浸蚀剂 $\phi_{HNC_3} = 4\%$ 酒精溶液
组 织 $\alpha + \beta' + Cu_3Sn + Cu_6Sn_5$
说 明 黑色基体为 α 固溶体，白色方块状为 $SnSb$ 为基的 β' 固溶体，白色星状为 Cu_3Sn ，白色粒状和条状为 Cu_6Sn_5