

实验二 钢的非平衡组织观察

一、实验目的

- 1、熟悉各种非平衡组织的特点；
- 2、了解各种非平衡组织形成过程；
- 3、了解非平衡组织对性能的影响。

二、钢的各种非平衡组织

碳钢经热处理后的组织，可以是平衡或接近平衡状态如退火、正火后的组织，也可非平衡组织如淬火组织。钢中常见的非平衡组织主要有马氏体、贝氏体以及各种回火组织。

1、马氏体

马氏体是碳在 $\alpha\text{-Fe}$ 中所形成的过饱和固溶体。马氏体的组织形态是多种多样的，主要分为两大类即板条状马氏体和片状马氏体。在光学显微镜下，板条马氏体的形态呈现一束束相互平行的细长条状马氏体群，在一个奥氏体晶粒内可见几个不同取向的马氏体群。每束内马氏体条与条之间以小角度晶界分开，束与束之间具有较大的位向差。板条状马氏体的立体形态为细长的板条状，其横截面近似椭圆形。在电子显微镜下，马氏体群是由许多平行的板条所组成，板条马氏体的亚结构是高密度的位错，因此板条状马氏体又称为位错马氏体。因含碳量低，又称为低碳马氏体。在光学显微镜下，片状马氏体呈针状或竹叶状，片间有一定角度，其立体形态为双凸透镜状，在显微镜下呈白亮色。用透射电镜观察，其亚结构为孪晶，故片状马氏体又称为孪晶马氏体。因含碳量高，故片状马氏体又称为高碳马氏体。马氏体的粗细取决于原奥氏体晶粒的大小，即取决于淬火加热温度。如高碳钢在正常温度下淬火加热，淬火后可得到细针状马氏体，在光学显微镜下呈布纹状，仅能隐约见其针状，故又称为隐晶马氏体。如淬火温度较高，奥氏体晶粒粗大，则得到粗针状马氏体。

2、贝氏体

贝氏体是铁素体和渗碳体的两相混合物，但其金相形态与珠光体类组织不同，且因钢的成分和形成温度不同而有差别。其组织形态主要有三种：

上贝氏体 是由成束平行排列的条状铁素体和条间断续分布的细条状渗碳体所组成。当

转变量不多时，在光学显微镜严可观察到成束的铁素体条向奥氏体晶界内伸展，具有羽毛状特征。在电镜下观察可看到铁素体以几度到十几度的小位向差相互并列着，渗碳体沿条的长轴方向排列成行。上贝氏体中铁素体的亚结构是位错。

下贝氏体 是在具有一定过饱和的针状铁素体的内部沉淀有碳化物的组织。由于下贝氏体易受浸蚀，所以在显微镜下观察呈黑色针状。在电镜下观察可以看到它是以针片状铁素体为基，其中分布着很细小的碳化物片，这些碳化物片大致与铁素体片的长轴呈 $55\sim 55$ 度的角度。下贝氏体中铁素体的亚结构是位错。

粒状贝氏体 粒状贝氏体是最近十几年才被确定约组织。在低中碳合金钢中，特别是在连续冷却时如正火、热轧空冷或焊接热影响区时往往会出现这种组织，在等温冷却时也可能形成。它的形成温度范围大致在上贝氏体相变温度区的上部。粒状贝氏体的金相特征是，较粗大的铁素体块内存在一些孤立的小岛，形态多样，呈粒状或条状，很不规则。低倍观察时，其形态类似魏氏组织，但其取向不如魏氏组织明显。铁素体包围的小岛，原先是富碳的奥氏体区，其随后的转变可以有三种情况：(a)分解为铁素体和碳化物，在电镜下可见到比较密集的多向分布的粒状、杆状或小块状碳化物；(b)发生马氏体转变；(c)仍然保持为富碳的奥氏体。

3、钢的淬火回火组织

回火马氏体 淬火钢在 $150\sim 250^{\circ}\text{C}$ 之间进行低温回火时，马氏体内的过饱和碳原子脱溶，沉淀析出与母相保持共格关系的特殊碳化物，这种组织称为回火马氏体。与此同时，残余奥氏体也开始转变为回火马氏体。在显微镜下回火马氏体仍保持针状形态。因极细小的碳化物的析出，使回火马氏体易受浸蚀，颜色比淬火马氏体深，呈黑色针状组织。回火马氏体具有高的强度和硬度，而韧性和塑性较淬火马氏体有明显改善。

回火托氏体 淬火钢在 $350\sim 500^{\circ}\text{C}$ 间进行中温回火，所得组织是铁素体与粒状渗碳体组成的极细密的混合物，称为回火托氏体。组织特征是，铁素体基本保持原来针状马氏体的形态，而在基体上分布着极细颗粒的渗碳体，在光学显微镜下分辨不清的黑色点状物，但在电子显微镜下可观察到渗碳体颗粒及原针状马氏体的位向。回火托氏体具有较高的强度、最佳的弹性和较好的韧性。

回火索氏体 淬火钢在 $500\sim 650^{\circ}\text{C}$ 高温回火时所得的组织为回火索氏体。它是由等轴晶铁素体和粒状渗碳体组成的混合物。在光学显微镜下可观察到渗碳体小颗粒，均匀分布在铁素体中。在电子显微镜下观察回火索氏体中的铁素体，经再结晶针状特征已消失而呈等轴细晶，渗碳体颗粒已经发生聚集长大。

三、实验内容

- 1、观察所列试样的非平衡显微组织；
- 2、判别各种非平衡组织组成并画出示意图。

四、实验报告要求

- 1、叙述实验目的；
- 2、画出各种典型非平衡组织示意图，用箭头标明各组成相的名称，注明试样成分、放大倍数和浸蚀剂；
- 3、说明各种典型非平衡组织的分布特点，分析各种非平衡组织的性能特点。

(执笔人：丁 毅)