

马氏体与贝氏体的鉴别

王元瑞 （上海材料研究所检测中心，200437）

1 马氏体组织形态

是一种非扩散型相变，是提高钢的硬度、强度的主要途径。

1.1 板条状马氏体（低碳马氏体）：

是低、中碳钢，马氏体时效钢，不锈钢等铁系合金中形成的一种典型组织。

亚结构是位错（又称位错马氏体），其形态特征见表 1。

1.2 片状马氏体（针状马氏体或高碳马氏体）：

常见淬火高、中碳钢，高镍的 Fe-Ni 合金中。

亚结构是孪晶，其形态特征见表 1。

表 1 铁碳合金马氏体类型及其特征

特征	板条状马氏体	片状马氏体	
形成温度	$M_s > 350^{\circ}\text{C}$	$M_s \approx 200 \sim 100^{\circ}\text{C}$	$M_s < 100^{\circ}\text{C}$
合金成分 (C%)	< 0.3	1~1.4	1.4~2
	0.3~1 时为混合型		
组织形态	板条自奥氏体晶界向晶内平行成群，板条宽度 $0.1 \sim 0.2\mu$ ，长度 $< 10\mu$ ，一个奥氏体晶粒内包含几个（3~5）板条群，板条体之间为小角晶界，板条群之间为大角晶界	凸透镜片状（或针状），中间稍厚，初生者较厚较长，横贯整个奥氏体晶粒，次生者尺寸较小，片与片之间互成角度排列。在初生片与奥氏体晶界之间，片间交角较大，互相撞击，形成显微裂纹	同左，片的中央有中脊。在两个出生片 之间常见到“Z”字形分布的细薄片

1.3 其它马氏体形态：

1.3.1 蝶状马氏体：在 Fe-Ni 合金中当马氏体在某一温度范围内形成时会出现，形状为细长杆状，断面呈蝴蝶形，亚结构为高密度位错，看不到孪晶。

1.3.2 薄片状马氏体：是在 M_s 点极低的 Fe-Ni-C 合金中发现的。呈非常细的带状，带互相交叉、呈现曲折、分叉等特异形态，由孪晶组成的孪晶型马氏体。

1.3.3 ϵ 马氏体：在 Fe-Mn 合金中，当 Mn 超过 15%时，淬火后形成 ϵ 马氏体，它是密排六方结构。金相形态呈极薄的片状。

2 贝氏体组织形态

贝氏体是过饱和铁素体和渗碳体组成的两相混合物。

2.1 上贝氏体（ B_U ）：是成束的大致平行的条状铁素体和夹杂有相平行的渗碳体所组成的非层状组织。亚结构是位错。形成温度在贝氏体转变区的上部。

中、高碳钢 $350 \sim 550^{\circ}\text{C}$ ，低碳钢温度要高些。

光学显微镜下：看到成束的自晶界向晶内生长的铁素体条，整体看呈羽毛状，分辨不清条间

的渗碳体粒子。

低碳钢 (0.1%C): 铁素体条略宽, 渗碳体呈细条状。

中、高碳钢: 形态由粒状、链珠状而出现长杆状。

高碳钢 (1.0%C 以上): 组织似雪花状, 基体上由短条铁素体和短杆渗碳体所组成。

随含碳量增加, 渗碳体可分布于铁素体之间, 也可分布于各个铁素体板条内部。

电镜下观察: 看到铁素体和渗碳体两个相。铁素体之间成小角度晶界 ($6^{\circ}\sim 18^{\circ}$), 渗碳体沿条的长轴方向排列成行。大片铁素体板条群之间成大角度晶界。

2.2 下贝氏体 (B_F): 是片状铁素体与内部沉淀的碳化物的两相组织。亚结构为位错。

中、高碳钢形成温度与约 $350^{\circ}\text{C}\sim M_s$ 点之间。

光学显微镜下: 铁素体相呈针状或片状, 针与针之间相交一定角度, 分辨不清碳化物。

电镜下观察: 看出碳化物呈粒状或细片状分布于 α 相之内, 沿着与片的长轴相夹 $55^{\circ}\sim 65^{\circ}$ 的方位排列。

B_F 与高碳 $M_{回}$ 非常相似, 都呈暗黑色针状, 各个针状物之间都有一定的交角。

光镜下: 难区别。

电镜下: B_F 的碳化物只分布在 $[121]_{\alpha}$ 一个方向上, $M_{回}$ 碳化物分布在两个方向上。 B_F 比 $M_{回}$ 更易受浸蚀变黑。

2.3 粒状贝氏体: 是由块状 (等轴状) 的铁素体和富碳奥氏体区所组成。富碳奥氏体区一般呈颗粒状, 也可能呈小岛状、小河状等。

从显微组织的形态和分布看下贝氏体与高碳钢的回火马氏体非常相似, 都呈暗黑色针状, 各个针状物之间都有一定的交角。

从形态上区分: 马氏体针叶较宽且大, 两片针叶相交呈 60° 角, 而下贝氏体针细且短, 针的分布较任意, 且两叶相交多为 55° 。

从受侵蚀程度区分: 马氏体较下贝氏体难于侵蚀, 常用浅 (轻) 浸蚀法区分, 浸蚀后出现的黑色短细针即为下贝氏体。

淬火状态下马氏体呈浅色背景, 上面分布着深色的板条。背景变深, 但赶不上先形成的板条, 则回火马氏体。正常浸蚀下: 回火马氏体棕黄色。

高碳马氏体的惯析面为 $(225)_{\gamma}$ 和 $(259)_{\gamma}$, 下贝氏体的惯析面为 $(112)_{\gamma}$ 。

上贝氏体与低碳马氏体共存时:

上贝氏体常分布于原奥氏体晶界, 通常上贝氏体的衬度明显深于马氏体, 上贝氏体受蚀较均匀, 低碳马氏体各板条束间呈现衬度差。

下贝氏体与回火马氏体共存时:

高倍下观察下贝氏体的针片呈不均匀黑色, 似依稀可见的两相组织, 高碳马氏体则呈均匀灰黑色。