

精 灰铸铁金相检验

灰铸铁中的石墨是以两种不同形式形成，一是由渗碳体的分解而形成， $\text{Fe}_3\text{C} \rightarrow 3\text{Fe}_2 + \text{C}$ 石墨。二是从液体或奥氏体中直接析出，当液体或奥氏体在比较接近于平衡的冷却条件下，则液体（或固溶体）就可比通常结晶温度（或相变点）略高的情况下（如在 $1130 \sim 1135^\circ\text{C}$ 和 $723 \sim 738^\circ\text{C}$ ）直接形成石墨。

一、金相试样的选取及制备

1. 试样的选取

一般是取自试块或挠曲棒上或取自铸件的本身或在铸件毛胚加工面上端 30mm 处切取或筒浇制活塞环可在每筒下端不大于铸件壁厚二倍的位置上切取。

2. 试样的制备

将试样观察面在细砂轮上磨平，然后分几道砂纸磨制至抛光，消除试样磨面的划痕。铸铁石墨不使其污染或拖曳。

3. 试样的抛光

选用短毛纤维柔软的平绒、呢或丝绸。抛光粉最好是具有细致尖利性。经过细化加工处理的氧化铝，或常用的氧化铬、氧化铁。在开始抛光时对抛光粉的浓度可以高些，这对防止石墨拖曳有好处。抛光时用力要适中均衡，随时转动变换试样方向，将至完成时把抛光粉减薄，并用力减轻。最后清水冲洗试样，再轻微抛光用干净丝绒擦干就可观察石墨，以观察试样无划痕，石墨呈灰暗为标准。每个试样一般抛光 5~6 分钟即可。

4. 试样的侵蚀

一般采用 2~5% 硝酸酒精溶液或 4% 苦味酸酒精溶液。

二、灰铸铁金相检验及评定方法

石墨的类型，石墨的长度和数量、共晶石墨的控制，基体组织中的珠光体的分散度，铁素体含量，磷共晶的类型及分布特征和面积大小程度，渗碳体数量等。

可按 GB/T 7216-1987，ASTM A247-06，ISO 945-75 等标准检验。

三、灰铸铁的组织 and 性能

1. 石墨的形态及识别

以两种不同形式形成：由渗碳体的分解而形成， $\text{Fe}_3\text{C} \rightarrow 3\text{Fe}_2 + \text{C}$ 石墨；由从液体或奥氏体中直接析出。

A 型片状石墨无方向性均匀散布；B 菊花状石墨中心以小片状与点状石墨向外伸展形呈菊花形分布；D 型石墨（共晶石墨）又称树枝状石墨或称过冷石墨以点状与小片状石墨呈方向性枝晶分布；E 型石墨以小片状石墨呈方向性枝晶分布；F 型石墨呈星射状。

2. 珠光体分散度的评定

珠光体分散度与奥氏体过冷度有关，过冷度越大珠光体愈为细密。基体珠光体的硬度大约为 HB180~265，在金相检验评定中主要观察珠光体分散度，即片间距离，分散度情况与硬度的关系大致如下：

索氏体型珠光体片间距在 $500\times$ 下难以区分，它的硬度在 HB245 左右。

细片状珠光体片间距在 $0.5\mu\sim 0.8\mu$ 时 HB215 左右。

中等片状珠光体片间距在 $1.2\mu\sim 1.5\mu$ 时 HB200 左右。

粗片状珠光体片间距在 2.0μ 以上时 $\text{HB}<180$ 。

3. 铸铁中的铁素体

由于铸铁中含有较多的碳、硅或其它促进石墨化的元素，促使了 Fe_3C 分解。过冷度大和缓慢冷却也可以导致铁素体的产生，它大多附着于石墨的周围或处于共晶型巢状石墨中间。

4. 磷共晶的形态分类及识别

形成过程二种：

1) 以 Fe- Fe_3C 平衡图为基础，由液体结晶的都是三元磷共晶，在冷却过程中的一定条件下三元磷共晶分解为二元磷共晶。

2) 以 Fe- Fe_3C - Fe_3P 平衡图为基础，二元和三元磷共晶都是由液体直接结晶的，不过其结晶的方式不相同。

金相检验对几种磷共晶形态的鉴别,也是很重要的。

二元磷共晶：向内凹陷弯曲，明亮的 Fe_3P 基体上均匀分布着暗色的 α 质点，共晶体明直线界限在 Fe_3C 上光亮无点粒物。边界内外较深截然分明。另一种二元磷共晶呈鱼骨状，它的外形象莱氏体组织，从显微观察其亮度要比莱氏体差，共晶体中有时为珠光体呈小团分布。

三元磷共晶：特征是在 Fe_3P 基底上散布着大小和不匀称的 α 颗粒，有的串连成条分布，在高倍观察下整个共晶体中隐约可见的微微凸起亮白色杆状或粒状碳化物，这种三元磷共晶不仔细观察，有时会与二元磷共晶混淆。

复合物磷共晶：白亮的 Fe_3C 条带贯穿或附着二元磷共晶体上，形成鲜碳化物为基磷共晶：**特征是共晶体外形各异而不规则，其边缘常布有一些须状碳化物，整个共晶体的碳化物为主导地位， Fe_3P 和 α 质点很少在。**

侵蚀剂

1) 硝酸 20~25ml，乙醇 75~80ml。

能显示磷共晶的分布，时间 1~3 分钟，直到基体组织呈深暗色为止。

2) 氢氧化钠 25g，苦味酸 2g，水 75ml

i) 溶液煮沸，放入试样时间约 2~10s，渗碳体呈棕色，磷化铁呈黑色，铁素体不变色。

ii) 65~75℃，侵蚀 2s，渗碳体呈棕黑色或铜红色，磷化铁轻微染色。

3) 氢氧化钠 10g，赤血盐 4g，水 100ml

50~60℃侵蚀，侵蚀 1~3s，渗碳体不染色或轻微染色，磷化铁呈浅黄色或黄褐色

4) 高锰酸钾 5g，氢氧化钠 5g，水 100ml

试样置于溶液中加热至 40℃，侵蚀 2s，渗碳体不变化，磷化物呈棕色。

5. 渗碳体（或碳化物）

一种非常硬而脆的相，主要由于冷却速度大和合金含有较多的形成碳化物元素阻碍了石墨化所致。

四、灰铸铁热处理概况

1. 退火处理消除应力，温度在 500~600℃之间，温度过高和保温时间过长会引起共析渗碳体的石墨化，使强度降低。

2. 淬火与正火淬火处理目的是提高硬度和耐磨性，温度一般不超过 900℃，组织由原来的珠光体和铁素体转变为马氏体。正火后残余应力较小，避免铁素体的存在，促使珠光体量增加，提高硬度和强度。

■ 共晶团的大小与铸铁的力学性能密切相关。在常规检验中已此作为评定铸铁性能、检验铸铁的孕育效果，以及通过它来对工艺条件进行调整。共晶团的晶界上存在着碳化物和夹杂物偏析，通过侵蚀剂显示共晶团的晶界

■ 侵蚀剂

① 氯化铜 3g、三氯化铁 1.5g、盐酸 2ml、碳酸 2ml、乙醇 100ml② 氯化铜 1g、氯化镁 4g、盐酸 4ml、乙醇 250ml、水 15~20ml③ 氯化铜 1g、氯化镁 4g、盐酸 2ml、乙醇 100ml④ 硫酸铜 4g、盐酸 20ml、水 20ml⑤ 氯化铜 10g、盐酸 100ml、水 50ml⑥ 苦味酸 5g、乙醇 1

球墨铸铁：

1) ①试剂侵蚀,④试剂冲洗,共晶团晶界的清晰显现。

2) ③试剂侵蚀，待表层铜沉淀后，④试剂冲洗，轻抛，再用①侵蚀的铜沉淀，轻抛，低倍观察。

灰铸铁：

1) ③试剂侵蚀石墨形状以枝晶、菊花状为主的试样，共晶团晶界呈白色细而清晰

2) ④试剂适用片状石墨。试样先用③试剂侵蚀，后再用⑥试剂侵蚀，共晶团晶界呈黑色。试样先用③试剂侵蚀，后用④试剂洗掉表层的铜沉淀，共晶团晶界一般较宽。

3) ⑥试剂适用石墨形状呈片状，枝晶状，以铁素体为基的试样，共晶团晶界呈黑色。

蠕虫状石墨铸铁：②试剂。

以 F-P 混合基体：先用②试剂侵蚀 1 小时，洗掉铜层，轻抛后，再放入④试剂中侵蚀，再轻抛，反复几次，直到共晶团清晰显现为止。以 P 为基体：先在③试剂中侵蚀，待表层铜沉淀后用④试剂洗掉，再轻抛，如共晶团晶界不明显，再在②试剂中侵蚀至清晰显示。