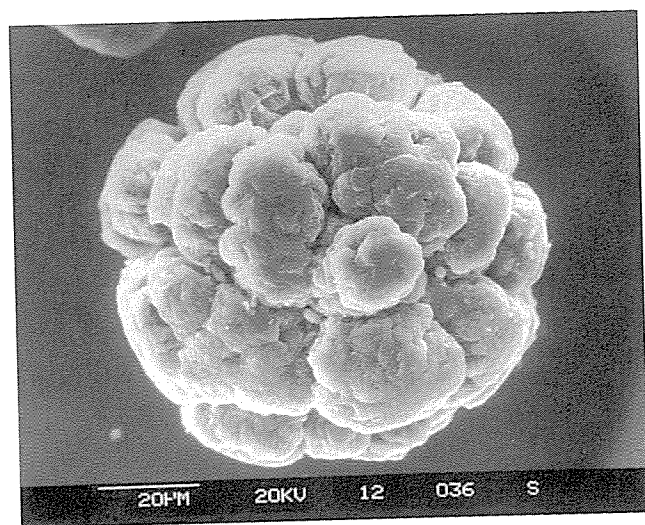


a)



b)



c)

图 3-66 开花石墨的生长机制

a) 生长模型^[112] b) 外表面 (SEM) 照片^[11]
c) 内部结构 (TEM) 照片^[11]

控制碳硅与残余稀土 RE 的含量以及提高冷却速度可减少漂浮石墨形成。使用冷铁加速冷却, 利于球状石墨外围奥氏体晕圈提早形成, 增大石墨球比重, 减小上浮趋势。另外, 发现奥氏体枝晶有阻碍石墨上浮的作用。

4. 碎块状 (Chunky) 石墨 碎块状石墨生成于厚壁球墨铸铁的热集中区, 宏观上表现为“灰斑”断口, 见图 3-67 所示。灰斑区的凝固组织由初生石墨球 + 奥氏体枝晶 + 碎块状石墨共晶团组成, 见图 3-63d 及图 3-68。共晶团的结构如图 3-69 所示, 每个共晶团都存在与石墨球相同的核心, 由晶核出发向外辐射按螺旋位错方式沿 $[0001]$ 生长, 组成共晶团的石墨分枝。石墨分枝由一些石墨扇形块组成, 外部与内部结构见图 3-70 所示。与球状石墨中的小角分枝不同, 它呈大角度分枝, 分枝间充填着奥氏体。每个石墨分枝主要的生长方向是 $[0001]$, 但在 $[10\bar{1}0]$ 也有少量生长, 所以在频繁分叉下长成角锥体, 生长模型见图 3-71 所示^[113]。这种石墨的二维切面显示出孤立的碎块, 见图 3-72, 故称碎块状石墨。一个个碎块在空间上相互连接成石墨枝条, 如图 3-73 所示。

灰斑区各凝固组织的形成用图 3-74 进行描述^[114], 对应的显微照片见图 3-75。

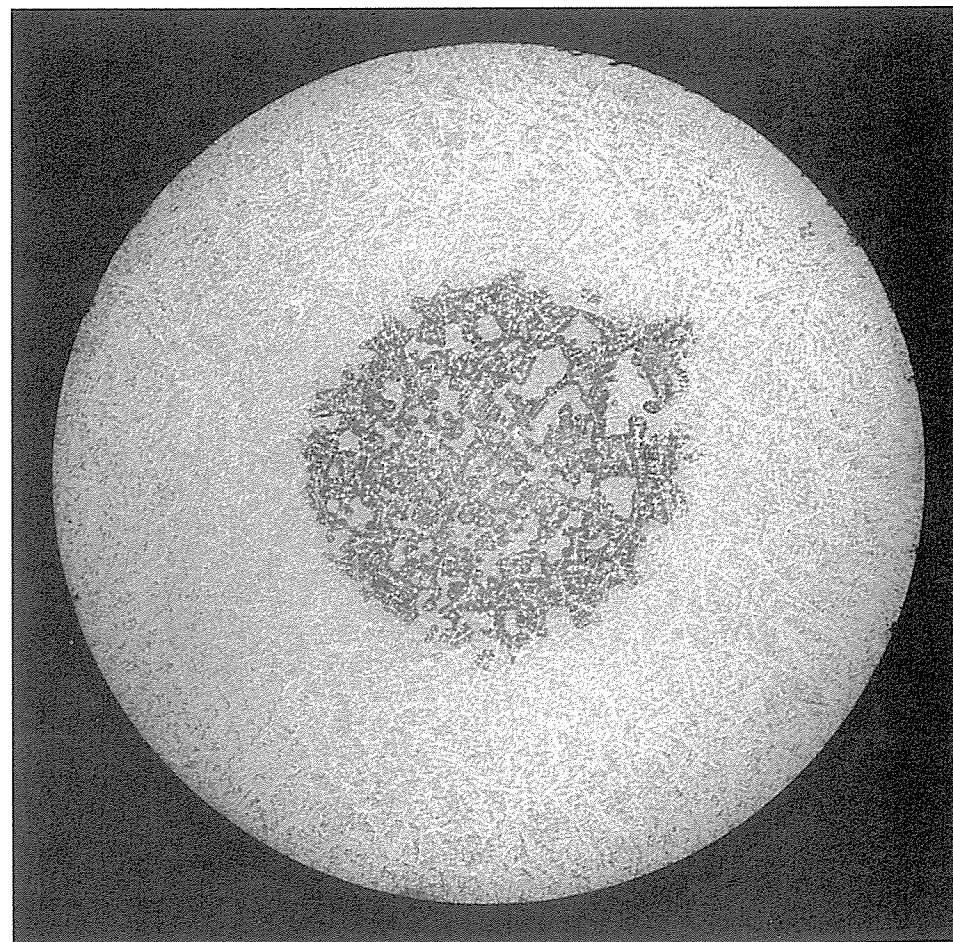


图 3-67 厚壁球墨铸铁的灰斑断口

(过共晶成分、砂型铸造、 $\phi 230\text{mm}$ 圆棒, 图中白色线纹为奥氏体枝晶)