

利用 EBSD 技术研究应变诱导相变过程

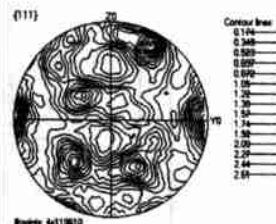
杨平 付云义 崔凤娥 孙祖庆

(北京科技大学材料科学与工程学院, 北京 100083)

目前, 日本、韩国和中国都在开展超级钢研究。主要目标之一是实现铁素体的超细化, 进而使钢的强度和使用寿命提高一倍。一个行之有效的途径是通过应变诱导铁素体相变, 即使奥氏体过冷到尽可能低的温度, 在稍高于 A_{r3} 对奥氏体进行高速大应变。超细化的主要原因被认为是奥氏体在大应变下自由能大幅度提高, 从而使铁素体获得大的相变驱动力, 特别是形核率。近期对应变诱导相变过程的组织变化观察表明, 转变过程中不仅发生了相变, 还会出现铁素体的动态再结晶。此外, 在一定条件下还在转变后期出现渗碳体, 即珠光体转变; 对纯净的碳素钢, 当形变温度在 A_3 附近时, 应变还会导致奥氏体的动态再结晶。这样, 在 $A_3 \sim A_{r3}$ 之间的变形可能是两种相变(奥氏体/铁素体, 奥氏体/珠光体)和两种动态再结晶(奥氏体, 铁素体)的复合过程, 而不是简单的应变诱导相变过程。在此情况下, 可将整个过程称之为动态复合转变(dynamic combined transformation)。搞清应变作用下(能量输入过程)不同转变机制的交互作用是了解动态复合转变的关键; 而使用有效的测试方法又是认识转变机制的重要保证。本文应用扫描电镜上的背散射电子衍射(EBSD)取向分析系统初步探索了应变诱导相变过程的组织变化和取向特征。

图 1a 给出通过取向成像得到的应变诱导相变组织图。说明绝大多数晶粒间是大角晶界。按取向确定的组织比直接得到的形貌像能提供更多的组织细节与取向信息。图 1b 表明形成的组织中有弱的 111 压缩轴(Y0 方向)线织构。图 1c 为由菊池带衬度定出的组织图, 它与二次电子像相似。奥氏体晶界或形变带上形成的铁素体取向见图 1d。为 111 取向。说明有可能产生相变织构; 而另一部分铁素体或马氏体(淬火得到)则形成近似互补的取向。

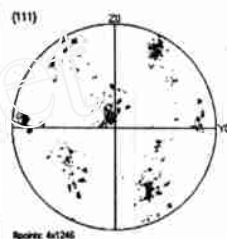
图 2a 为一转变完毕区域的取向成像(按取向差表示)。图 2b 为 1839 个晶粒按取向差($> 15^\circ$)定出的铁素体尺寸分布; 看出, 在 $1\mu\text{m}$ 附近有一小峰, 而不是一般的正态分布或“ λ ”分布。这可能是较小的动态再结晶晶粒引起, 其平均直径 $2.39\mu\text{m}$ 也比按形貌确定的铁素体尺寸略小($3.85\mu\text{m}$)。进一步的工作是把这些苗头统计量化, 从而搞清各类转变的规律及相互间的交互作用。

(a) 取向扫描图, 120000 个取向, 扫描步长 $0.5\mu\text{m}$ 。

(b) 整个区域的取向分布

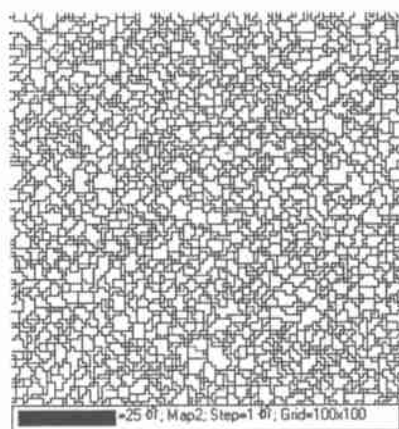


(c) 由菊池带衬度定出的组织图

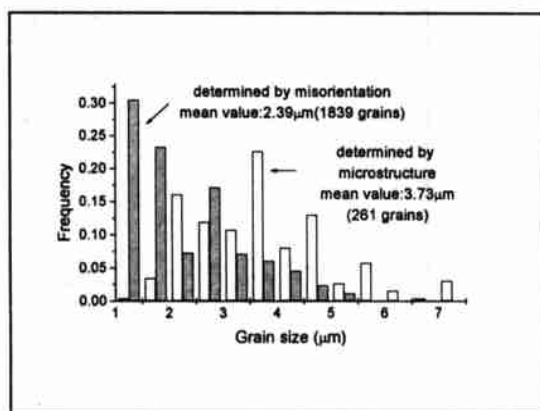


(d) 奥氏体形变带形成的铁素体的取向

图 1 应变强化相变过程中的取向分析



(a) 晶粒取向差绘制的组织



(b) 按晶粒取向差确定晶粒大小分布

图 2 按晶粒取向差确定晶粒大小(1839 个晶粒)