

V-4Cr-4Ti 合金的显微结构在范性变形、热处理与高能离子辐照下的演化

杨善武¹, 万发荣², 詹倩², 朱博玲², 丁健文¹¹ 北京科技大学钢铁共性技术协同创新中心, 北京 100083² 北京科技大学材料科学与工程学院, 北京 100083Email: yangsw@mater.ustb.edu.cn

摘要: 作为聚变堆候选结构材料之一, 钒合金优良的高温力学性能和抗辐照性能很大程度上来自于其显微结构。本工作追踪研究了 V-4Cr-4Ti 合金的显微结构在范性变形、热处理和高能粒子辐照过程中的演化, 特别是析出相与位错结构的形成与演化, 希望对优化钒合金的生产加工工艺, 预测其服役性能提供一些理论基础。

实验中发现, V-4Cr-4Ti 合金中的位错不易扩展, 具有极强的可动性。在范性变形过程中, 位错在晶界附近形成高密度堆积, 造成显著的局部硬化效应。在变形后的退火过程中, 回复与再结晶相竞争, 可以造成高达 40% 以上的软化效应。无论是静态再结晶还是动态再结晶, 其形核都优先发生于变形晶粒的晶界。这一效应不利于再结晶晶粒的均匀细化, 可以通过单次大变形或预时效处理促进晶内形核予以克服。该合金的时效诱导析出主要为 Ti(C, N), 呈片状, 与基体

呈现确定的位向关系, 通过切变方式形成。时效诱导的析出相因其特殊的晶形, 与位错之间形成强烈相互作用, 起到稳定位错结构的作用。高能离子辐照会逐渐消除合金内原有的位错结构, 促进时效诱导析出相溶解, 同时诱导空位、空洞、位错圈和颗粒状析出相的形成。本工作中发现, 辐照会导致孪晶的产生, 而 Kirkendal 效应是辐照诱导析出的主要机制。本工作还提出了一个预测辐照诱导空洞形核长大行为的理论模型。

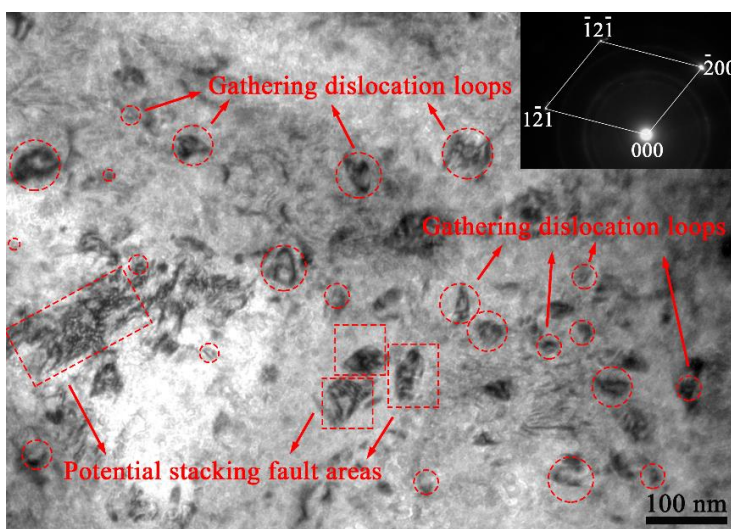


图 1 退火态样品中辐照诱导的位错圈与层错

关键词: V-4Cr-4Ti 合金; 显微结构; 辐照; 结构演化

参考文献

- [1] J. Ding, S. Yang, B. Zhu, Q. Li, Y. Long, F. Wan, Influence of high-temperature ion irradiation on microstructures of the deformed and heat-treated V-4Cr-4Ti alloy, *Fusion Engineering and Design*, 2017, 125, 407-414.

基金项目: 国家磁约束核聚变能发展研究专项 (NO.2014GB120000)