

文章编号: 1007 - 1482(2005)04 - 0244 - 03

· 论著 ·

利用 EBSD 技术分析高锰钢两相组织的结构与取向

孟利¹, 杨平¹, 唐荻², 米振莉², 严玲², 郭锦²

(1. 北京科技大学材料学系, 北京 100083; 2 高效轧制国家工程研究中心, 北京 100083)

摘要: 利用 EBSD 取向成像技术初步分析了含锰 15% 的热锻态高锰钢和含锰 20% 的拉伸样品中的两相组织结构及取向特点。根据两相的取向及取向差分布分析了奥氏体与马氏体组织的织构特征; 确定了含锰 20% 的高锰钢中大量的孪晶关系和形变时诱导出的马氏体有明显的取向选择性。

关键词: 高锰钢; EBSD; 取向; 织构

中图分类号: TG115. 23; O722⁺7

文献标识码: A

Two phase structures and textures of high manganese steels analyzed by EBSD technique

MENG Li¹, YANG Ping¹, TANG Di², MI Zhenli², YAN Ling², GUO Jin²

(1. Department of Mater Science, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China;

2 National Engineering Research Center for Advanced Rolling Technology,

University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China)

Abstract: Two phase structures and textures of a 15%Mn steel in hot forging state and a tensile-deformed 20%Mn steel were analyzed by orientation mapping based on EBSD technique. Austenite and martensite are distinguished and textures in them are analyzed according to the orientation and misorientation distributions in the 15%Mn steel. Plenty of twin relationships are determined in the 20%Mn steel and there exists the dependence of the formation of martensite induced by deformation on grain orientations of austenite.

Key words: high manganese steel; EBSD; orientation; texture

高锰钢(锰的质量分数为 15% ~ 30%, 铝和硅的质量分数分别为 2% ~ 4%) 由于具有极好的综合力学性能(抗拉强度与延伸率乘积超过 50 000 MPa%), 近年来受到广泛关注^[1-3], 其最可能的应用是高保险系数的汽车冲压板。在不同成分范围内, 高锰钢形变时可产生孪生诱发塑性(Twinning Induced Plasticity, 称为 TW IP 钢) 或马氏体相变诱导塑性(Transformation Induced Plasticity, 称为 TR IP 钢)。TW IP 钢和 TR IP 钢都有高强度和高塑性, 含锰 15% ~ 20% 时常为双相组织, 两种效应都可存在且组织转变复杂。目前尚无含铝硅的高锰钢的相关相图, 对其相变以及两相内织构变化都不清楚, 因此

有必要对其开展研究。

1 实验材料及过程

实验材料为热锻的 Fe-15Mn-3Al-3Si-0.037C 钢和固溶处理并经单相拉伸的 Fe-20Mn-3Al-3Si-0.055C 钢。使用配备 EBSD 的扫描电镜进行组织观察及晶粒取向测定, 使用常规 X 射线衍射仪确定相结构。

2 结果及分析

图 1 为含锰 15% 的样品 X 射线衍射分析结果及相应组织照片。X 射线分析表明(图 1(a)), BCC

收稿日期: 2005 - 10 - 06

基金项目: 教育部博士点基金“汽车用高强度高塑性 TW IP 钢的开发研究”

作者简介: 孟利(1978 -), 男, 北京科技大学材料科学与工程学院, 博士研究生, 研究方向: 镁合金的形变再结晶行为及 EBSD 技术的应用

通讯作者: 杨平, yangp@mater.ustb.edu.cn

结构相为主要相,它可能是马氏体或铁素体;FCC是少数相,应是奥氏体。图1(b)表明,少数相为岛状分布,内有细条纹组织。周围基体连成一片。使用显微硬度仪及EBSD相鉴定技术可区分奥氏体相和FM相。基体硬度5点测定平均值为400.85,而岛状相为268.9,说明基体为马氏体而不是铁素体;岛状软相为奥氏体,内部细条纹是形变孪晶。EBSD单点测量120个岛状晶粒中,90个是FCC结构,30个是BCC结构,说明主体是奥氏体。

图2给出含锰15%样品中两相组织的取向成像。图2(a)为背散射电子像,组织有很好的取向衬度,但不如图1(b)的二次电子像容易区分两相组织。一些晶粒内有细条状形变孪晶,见图2(a)中箭头所示,对应的晶粒应是奥氏体。图2(b)为图2(a)中方框内区域的取向成像的相分布图。红色为BCC的马氏体相(但分辨不出马氏体条状组织),白色是FCC奥氏体相,奥氏体中的红线为孪晶界,从孪晶界的宽度看,应主要是退火孪晶(形变孪晶难于有效分

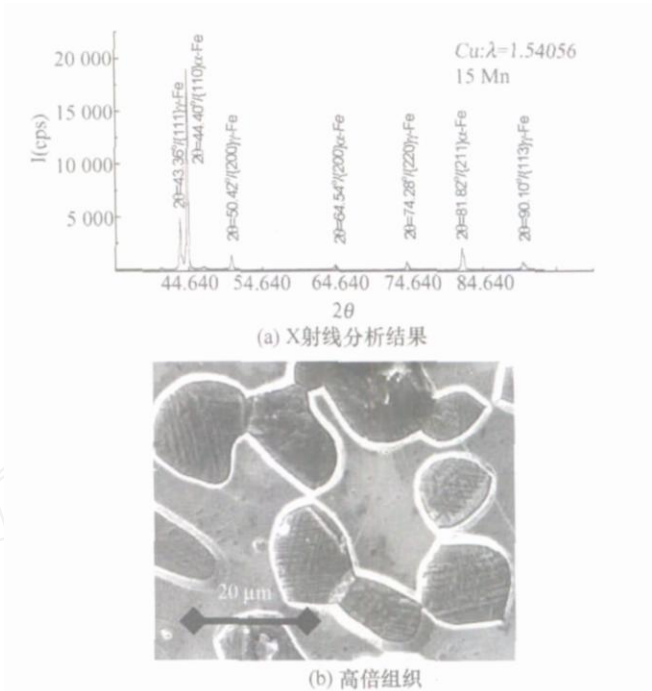


图1 Fe-15Mn样品的分析结果(马氏体基体 + 岛状奥氏体)和组织照片

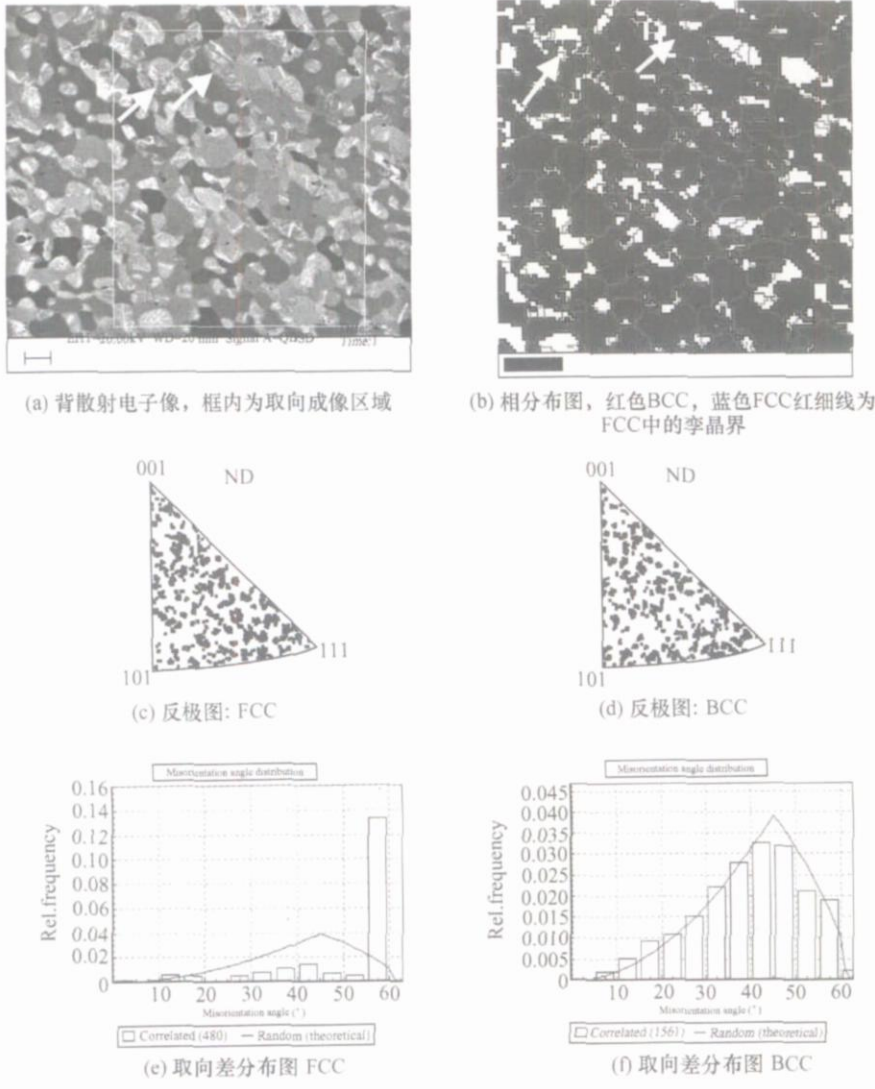


图2 15%Mn样品的取向成像

辨)。值得注意的是,奥氏体内也有少量 BCC 结构相,见图 2(b)箭头所指。图 2(c)和图 2(d)为两相晶粒的取向分布,表明两相中没有明显的织构。奥氏体内织构很弱,这与退火孪晶的存在有很大关系。马氏体是相变产物,因变体选择的多样性,也不易产生织构。图 2(e)和图 2(f)为两相的取向差分布图, FCC中有典型的孪晶关系,证实不可能有强织构。BCC中是典型的随机取向晶粒间的取向差分布。为增加统计性,对另一 $480 \times 480 \mu\text{m}^2$ 区域进行了取向成像,其取向数据见图 3。BCC 马氏体相中有弱的 110 锻造轴微织构。FCC 结构的奥氏体内织构仍很弱,说明其取向主要反映的是退火孪晶关系。

图 4为含锰 20%的拉伸样品取向成像结果。图 4(a)为两相分布图,黄色为 FCC 奥氏体,红色为 BCC 马氏体。红色细线为奥氏体内的退火孪晶界。图 4(b)为以欧拉角表示的奥氏体取向分布图,黑色线为晶界(相界未标出)。因原始组织为固溶处理的单相奥氏体,对比两图可见,红色 BCC 相主要出现在一个大的奥氏体晶粒 A 当中,孪晶取向的奥氏体晶粒内的 BCC 相很少。这说明奥氏体内马氏体的析出与原始取向有明显关系,退火孪晶因取向不利而不易析出马氏体,其本质应是内部缺陷少而不利于促进马氏体的非均匀形核。文献 [3] 用配备场发射枪的高分辨 EBSD 系统测出,在同样成分(但不含碳)的钢中,10%的形变量就足以诱发出马氏体,且存在两类马氏体:BCC 结构的 马氏体是在类似

于形变孪晶形态的六方结构 马氏体中形成的。从形态分布上看,图 4(a)中的 马氏体与文献 [3] 相同。这方面还需深入的工作。图 4(c)中以极图表示了晶粒间的孪晶关系。可见,D, E, F 三个晶粒是沿 A 晶粒的三个不同的 111 轴转动形成的孪晶。C 和 G 两个晶粒是 B 晶粒的两个不同的 111 轴转动形成的孪晶。A 与 B 晶粒有 $\sim 40^\circ$ 111 的 7 取向关系,但不是孪晶关系。因此,利用 EBSD 技术可很方便地研究孪晶关系。

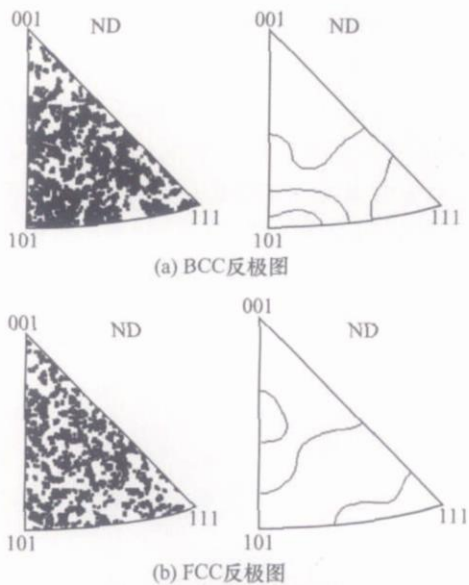


图 3 15% 锰钢的另一区域的取向成像

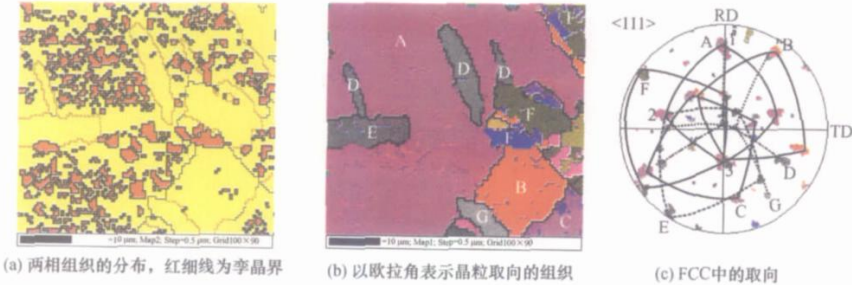


图 4 20% 锰钢的拉伸样品取向成像

3 结论

在 X 射线相鉴定的基础上,利用 EBSD 取向成像技术可定量确定 15% 锰钢中两相组织的相对量、尺度分布及取向/取向差分布规律以及 20% 锰钢中形变诱导马氏体与奥氏体取向的关系和各晶粒间的大量孪晶关系。进一步的工作是系统定量分析不同应变量下两相的取向关系。

参考文献:

[1] Graessel O, Krueger L, Frommeyer G, et al High strength Fe ±Mn ±(Al, Si) TRIP/TWIP steels development-properties-application [J]. International Journal of Plasticity, 2000, 16: 1391 - 1409.

[2] 米振莉,唐荻,严玲,等. 高强度高塑性 TWIP 钢的开发研究 [J]. 钢铁, 2005, 40(1): 58 - 60.

[3] Petein A, Ryelandt L, Godet S, et al Microscale characterization of deformed microstructures of Trip-assisted and multiphase steels [J]. Mater Sci Forum, 2005, 495 - 497: 459 - 464.