CSP 无取向电工钢 50W600 组织及织构演变研究*

张文博[1], 乔继强[1], 樊立峰[2]

(1. 内蒙古包钢钢联股份有限公司薄板坯连铸连轧厂, 内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古工业大学材料科学与工程学院, 内蒙古 呼和浩特 010051)

摘 要: 文章研究了 CSP 无取向电工钢 50W600 在热轧、冷轧、退火过程组织、织构演变情况, 研究结果表明: 铸坯为柱状晶组织; 热轧板沿厚度方织构是不均匀的, 表层主要织构为黄铜织构; 脱碳退火板为再结晶组织, 平均晶粒尺寸 50 μm, 主要为 γ 纤维织构。

关键词: CSP; 50W600; 织构
中图分类号: TG115 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009 - 5438(2017) 05 - 0066 - 03
DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2017.05.019

Study on Microstructure and Texture Evolution of CSP Non - oriented Electrical Steel 50W600

ZHANG Wen - bo[1], *QIAO Ji - qiang*[1], *FAN Li - feng*[2]

(1. *CSP Plant of Steel Union Co. Ltd. of Baotou Steel (Group) Corp.*, *Baotou* 014010, *Nei Monggol*, *China*;
2. *School of Materials Science and Engineering*, *Inner Mongolia University of Technology*, *Hohhot* 010051, *Nei Monggol*, *China*)

Abstract: In the paper, it is studied the microstructure and texture evolution of CSP non - oriented electrical steel 50W600 in hot rolling, cold rolling and annealing process. The results show that: The casting blank is columnar grain structure; the texture of hot rolled plate along the thickness is uneven, and the main texture of surface is brass texture; the decarburizing plate is recrystallization texture and the average grain size is 50 μm, which mainly is γ fiber texture.

Key words: CSP; 50W600; texture

电工钢已有近百年发展历史, 主要用于制造各种电机、变压器、镇流器铁芯以及其它电器元件, 是电力、电子和军工行业不可缺少的重要软磁合金。电工钢板在磁性材料中的产量和用量很大, 是节能的重要金属功能材料之一[1-3]。包钢薄板厂 CSP 生产线其连铸机、轧机组、卷取机于 2001 年 8 月投产运行。2014 年 8 月, 硅钢连退线建成, 同年年底, 包钢无取向电工钢低牌号产品投放市场, 2015 年 50W1300 - 50W600 产品均开发成功, 2016 年初开始进行包钢特色硅钢产品研究, 开发了高效电工钢系列、稀土硅钢产品。采用 CSP 流程生产无取向电工钢, 因铸坯较薄, 并且直接热送进入加热炉均热, 纵横向温度均匀, 成品钢卷纵横向磁性也更均匀。

* 收稿日期: 2017 - 06 - 30
作者简介: 张文博(1981 -), 女, 内蒙古通辽市人, 工程师, 现从事镀锌及冷轧无取向电工钢产品开发和质量管理工作。

1　实验材料与方法

CSP 无取向电工钢工艺路线为: 铁水脱硫→顶底复吹转炉炼钢→真空精炼→连铸连轧→酸洗→冷轧→连退，成品 50W600 铁损 4.0 W/kg，磁感 1.74 T。分别对铸坯、热轧板、冷轧板、成品板取样，分析其组织及织构。

对铸坯试样采用冷蚀剂进行酸洗，观察其低倍组织。

将热轧、冷轧、退火样品经线切割制备成尺寸为 10 mm × 15 mm(TD × RD) 的试样，依次冷镶并经 150#、320#、600#、1 000# 的砂纸顺序水磨，抛光至光滑无瑕的镜面为止。再用 10% 的硝酸酒精腐蚀 10 s，用水冲洗并吹干，采用金相显微镜对成品组织进行观察分析并采集金相照片。同时试样采用 XRD 进行织构观察。

2　实验结果与分析

2.1　组织演变研究

(1) 铸坯组织。如图 1 所示，可以看出铸坯柱状晶粗大，出现穿晶现象。由于 CSP 连铸段无法进行电磁搅拌，再加上 CSP 本身冷速大、拉速快，造成了柱状晶过于发达而等轴晶弱化，铸坯压缩比小，对柱状晶的破坏作用远远低于传统流程，这也是 CSP 流程生产电工钢瓦楞缺陷过早产生的原因[4-6]。

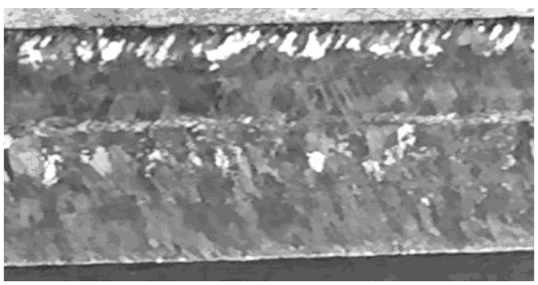


图 1　铸坯低倍组织

(2) 热轧板组织。图 2 为 50W600 热轧板显微组织，热轧板组织大部分为铁素体，晶粒尺寸和分布状态从边部至中心有一定差异。边部晶粒主要为铁素体等轴晶，形状呈不规则的多边形。中心处为再结晶与形变的纤维状组织的混合组织。如图 2 所示，可以看出热轧板心部纤维组织程度不一样，这也说明在热轧工艺控制稳定性方面有待提高。

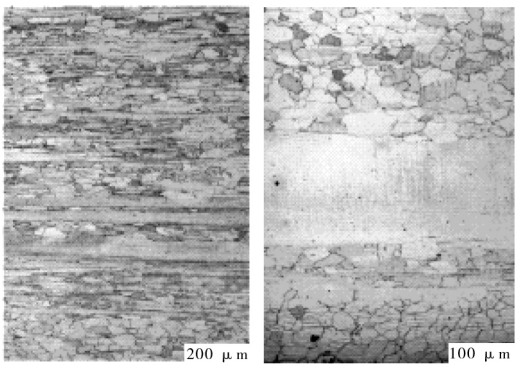


图 2　热轧板组织

在轧制过程中，热轧板表层与轧辊摩擦产生大量的形变热，导致热轧板表层发生完全再结晶，而由于硅钢导热系数低，心部温度低，导致再结晶不完全，出现如图 2 所示的再结晶与形变组织的混合组织。

(3) 冷轧板组织。如图 3 所示，热轧板经冷轧后由原来的再结晶与形变组织转变为完全没有再结晶的沿轧向伸长的纤维状组织。

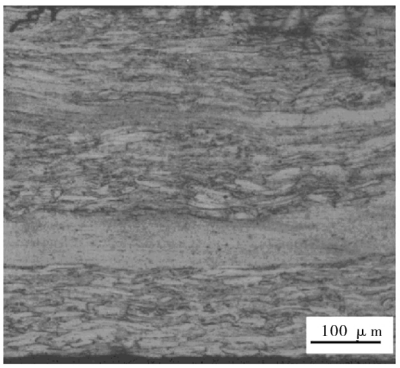


图 3　冷轧板组织

(4) 成品板组织。如图 4 所示，经退火后，冷轧纤维组织转变为再结晶组织，平均晶粒尺寸为50 μm。

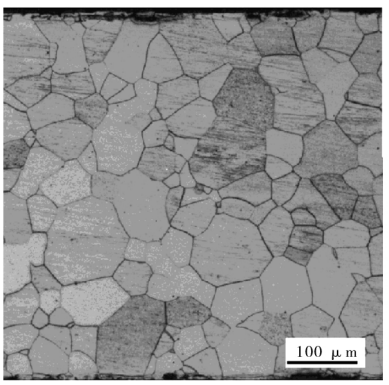


图 4　成品板组织

2.2 织构演变研究

图5为热轧板织构。热轧板表层织构中主要存在黄铜织构，取向密度为3.5左右，另外还存在γ纤维织构与α纤维织构，但是织构强度较低，仅为1.0左右。

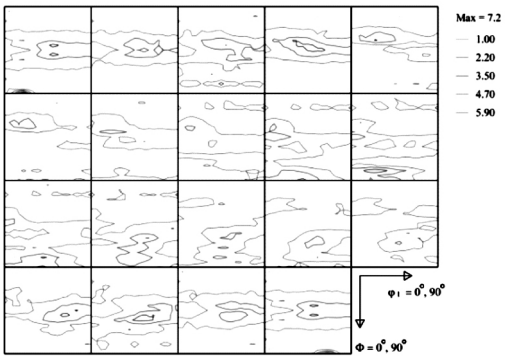


图5 热轧板织构

图6为成品板织构。成品板以γ纤维织构为主，织构强度在5.8左右；还有少量的立方织构，但织构强度较低，在1.0左右。退火后组织发生了完全再结晶，不同取向的晶粒储能是不同的，因此晶粒的长大顺序不同。由于{100}<110>晶粒最易滑移、位错密度最低、储能低、最难发生再结晶，而且{111}晶粒比{100}晶粒的储能高，所以{111}晶粒优先生核和长大，退火板织构中{111}γ纤维织构最强。

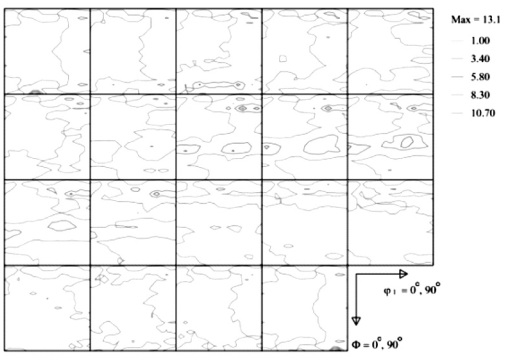


图6 成品板织构

3 结论

(1) CSP铸坯低倍组织为典型的柱状晶组织。

(2) 热轧板表层为再结晶组织，中心层组织出现再结晶与形变组织的混合组织；冷轧板为未再结晶的纤维组织；成品板为再结晶组织，平均晶粒尺寸为50 μm。

(3) 热轧板主要为黄铜织构，γ纤维织构与α纤维织构为次要织构；成品板主要为γ纤维织构及较弱的立方织构。

参 考 文 献

[1] 何忠治. 电工钢的现状与展望[J]. 中国冶金，2001，(4)：14－16.

[2] Ros－Yaìez T，Houbaert Y，Fischer O，et al. Production of High Silicon Steel for Electrical Applications by Thermome－chanical Processing[J]. Journal of Materials Processing Technology，2003，141(1)：132－137.

[3] Minoru Takashima，Michiro Komatsubara，Nobuyuki Morito. {001}<210> Texture Development by Two－Stage Method in Non－Oriented Electrical Steel Cold Rolling [J]. Transcations of the Iron &Steel Institute of Japan，1997，37(12)：1263－1268.

[4] 何忠治，赵宇，罗海文. 电工钢[M]. 北京：冶金工业出版社，2012.

[5] 荣哲，马良，项利，等. CSP流程试制高牌号无取向硅钢瓦楞缺陷的织构分析[J]. 热加工工艺，2015，(23)：1－5.

[6] 高振宇，张智义，李亚东，等. 无取向硅钢中高牌号产品瓦楞缺陷的控制技术[J]. 鞍钢技术，2010，(3)：40－44.