

图 1 冷轧无取向硅钢板的退火组织:1# - 试样 1; 2# - 试样 2

Fig. 1 Annealing structure of non-orientation silicon steel: 1# - sample 1; 2# - sample 2

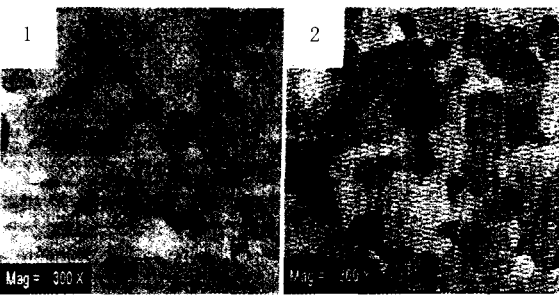


图 2 冷轧无取向硅钢板的背散射电子像:1# - 试样 1; 2# - 试样 2

Fig. 2 Back scattered electron pattern of non-orientation silicon steel: 1# - sample 1; 2# - sample 2

以看到:1# 试样(超标)、2# 试样(合格)退火组织的晶粒度等级基本相同,但晶粒的取向分布情况不一致。1# 试样取向集中程度明显高于 2# 试样。

### 1.3 织构测定

用线切割机把 1# 试样(超标)、2# 试样(合格)切成 34 mm 的圆形样品,然后在 D/MAXRA 型 X 射线衍射仪上进行织构测定。使用右测角仪安装好的“极图附件”,并按反射法进行。采用 Cu 辐射,管电压为 40 kV,管电流为 20 mA。发散狭缝 DS:1°加限高狭缝;防散射狭缝 SS:4 mm;接收狭缝 RS:5 mm。测量  $\{110\}$ 、 $\{200\}$ 、 $\{112\}$  三张不完整极图。扫描按同心圆步进方式进行, $\alpha$  是由  $20^\circ \sim 90^\circ$ , $\beta$  由  $0^\circ \sim 360^\circ$ ,测量步长为  $5^\circ$ ,数据的采集由计算机完成,采用 Bunge 法计算取向分布函数(ODF)。结果表明:

一方面,1# 和 2# 试样的主要退火织构组分存在差异。1# 试样(超标)属  $\beta$  型织构: $(\bar{1}12) < 351 >$ 、 $(\bar{1}\bar{1}2) < 241 >$ 、 $(334) < \bar{1}10 >$ 、 $(\bar{2}23) < \bar{2}52 >$ 。2# 试样(合格)除上述 4 种  $\beta$  型织构外,还有 10 种  $\beta$  型织构,特别值得注意的是,还有 4 种  $\alpha$  型织构。

另一方面,1# 和 2# 试样的晶粒取向聚散程度不同。1# 试样取向最集中时,X 射线衍射最大强度为 10 级,而 2# 试样为 8 级。1# 试样(超标)的织构度明显高于 2# 试样(合格)。1# 试样织构度较高,磁致伸缩较小,磁导率较高,纵向铁损较低,但横向铁损仍偏高,导致铁损各向异性偏大<sup>[2]</sup>。

## 2 工艺改进

有利织构的形成与各工序的工艺条件密不可分,即产品的织构与原始织构之间存在着继承关系<sup>[3]</sup>。对最终铁损各向异性起重要作用的基本组织参数是在轧件的热轧过程中形成的<sup>[3,4]</sup>。热轧工艺中的终轧温度越接近  $A_{r1}$ ,晶粒越大,且有利织构组分密度显著提高<sup>[4]</sup>。因此,终轧温度应进一步提高,尽可能接近  $A_{r1}$ 。这对磁性的改善是非常重要的。

在再结晶退火过程中,新晶粒和形变晶粒在某些方向上会发生再结晶和晶粒长大,择优方向和轧向的交角为  $15 \sim 25^\circ$ 。这是形变织构和退火织构的生成、联系和关系。延长连续退火时间,使有利位向的晶粒充分长大,从而形成稳定、完善的退火织构,来改善铁损各向异性。

## 3 结论

(1) 无取向硅钢 50W470 纵向、横向铁损各向异性超标的根源是织构。织构集中时,铁损各向异性差大,织构漫散时,铁损各向异性小。

(2) 合理地提高热轧的终轧温度,延长连续退火时间,有利于减小冷轧无取向硅钢 50W470 各向异性。

太原科技大学青年基金项目资助(200510)

### 参考文献

- 1 何忠治.电工钢.北京:冶金工业出版社,1996:86
- 2 钟文定.铁磁学.北京:科学出版社,1992:305
- 3 高振远,王道远,郭晓宏.冷轧电工钢织构演变与磁性能的关系.鞍钢技术,2003(2):14
- 4 金自力.轧制条件对冷轧无取向硅钢织构的影响.特殊钢,2005,26(2):25

孙述利(1975-),女,讲师,2003年太原科技大学硕士毕业,研究方向:软磁材料。

收稿日期:2006-03-06