

形变对无取向硅钢 50W470 组织和力学性能的影响

孙述利 郭东城 刘江 宋文军 杨宗翰 罗玉田
(太原科技大学材料学院, 太原 030024) (太原钢铁有限公司, 太原 030003)

摘要 2.0~2.8 mm 的 50W470 无取向硅钢 ($\%: \leq 0.005C, 1.45 \sim 1.65Si, 0.2 \sim 0.4Al$) 经 20 辊森吉米尔可逆式轧机 5 道次轧制成 0.5 mm 的轧卷, 各道次压下率 15%~35%, 总压下率为 75%~80%。试验结果表明, 经 5 道次轧制后钢中晶粒全部细纤维化, 抗拉强度由坯料的 480~560 MPa 增加至 885~905 MPa, 伸长率 δ_5 由 25%~28% 降至 0.7%~0.8%。经 X 射线衍射谱线型分析表明, 经 5 道次轧制后的无取向硅钢 50W470 中存在残余内应力(第 2 类内应力)是形成冲片椭圆度的重要原因。

关键词 无取向硅钢 50W470 形变 组织 力学性能

Effect of Deformation on Structure and Mechanical Properties of Non-Orientation Silicon Steel 50W470

Sun Shuli and Guo Dongcheng
(Taiyuan Science and Technology University, Taiyuan 030024)
Liu Jiang, Song Wenjun, Yang Zonghan and Luo Yutian
(Taiyuan Iron and Steel Co Ltd, Taiyuan 030003)

Abstract The 0.5 mm non-orientation silicon steel 50W470 ($\leq 0.005C, 1.45 \sim 1.65Si, 0.2 \sim 0.4Al$) coil was rolled by twenty-high Sendzimir mill from 2.0~2.8 mm plate with pass reduction 15%~35% and total reduction 75%~80%. The test results showed that with 5 pass rolling the grains in steel were all fibrillation, the tensile strength increased to 885~905 MPa from 480~560 MPa rolling billet, elongation δ_5 decreased to 0.7%~0.8% from 25%~28%. And the X-ray diffraction spectrum analysis showed that with 5 pass rolling the residual stress (secondary stress) existed in non-orientation silicon steel 50W470 which was main cause to form elliptical type stamping.

Material Index Non-Orientation Silicon Steel 50W470, Deformation, Structure, Mechanical Properties

影响冷轧无取向硅钢的质量因素很多, 其中冷轧和退火工艺的影响尤为重要^[1-4]。本文在研究一次冷轧各道次形变与其相应力学性能的变化规律基础上, 寻找成品冲片椭圆度的成因及其减小的途径。

50W470 硅钢冷轧厂生产工艺流程: 酸洗→冷轧→退火涂层。由 20 辊森吉米尔可逆式轧机成卷轧制。由 2.0~2.8 mm 厚, 经 5 道次轧到 0.5 mm, 总压下率 75%~80%, 各道次压下率 15%~35%。

1 形变对无取向硅钢金相组织的影响

50W470 硅钢的冷轧坯料是热连轧带卷, 化学成分 ($\%$): $\leq 0.007C, 1.45 \sim 1.65Si, 0.15 \sim 0.35Mn, 0.2 \sim 0.4Al, \leq 0.02P, \leq 0.005S$ 。从图 1 和表 1 可见, 随着在 20 辊轧机上轧制道次的增加, 钢带形变量增大, 不论是纵向还是横向, 纤维化的程度增加, 晶界变得模糊不清, 晶粒、亚晶粒

难以分辨(图 1)。钢带纵向拉长, 横向宽展。拉长、宽展方向就是金属流变方向, 也正是金相显微镜看到的纤维化方向。

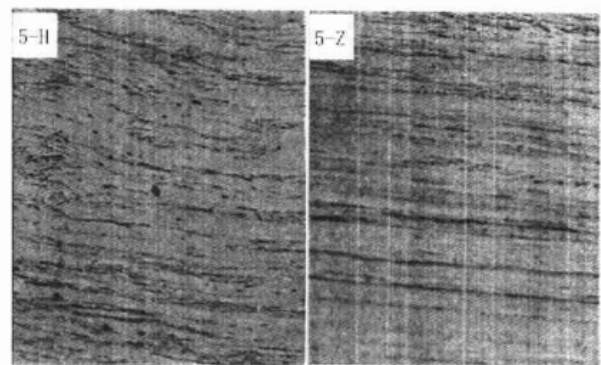


图 1 50W470 硅钢冷轧第 5 道次(5-H, 5-Z)的变形组织 $\times 500$

Fig. 1 Structure of 5 pass (5-H, 5-Z) deformed stock of silicon steel 50W470 $\times 500$

表1 50W470 硅钢坯料、冷轧各道次的组织演变
Table 1 Evolution of structure of silicon steel 50W470 billet and each pass stock

形变道次	形貌
坯料横向	晶粒尺寸较小,有相当多晶粒沿横向延展,晶粒不均匀性很大。
坯料纵向	晶粒较长,Fe ₃ C弥散分布。
第1道次横向	多数晶粒被拉长成纤维状,仍能看到少量晶粒,碳化物呈条带状。
第1道次纵向	晶粒沿纵向分布呈纤维状,碳化物不明显,纵向纤维化更明显。
第2道次横向	碳化物弥散分布,晶粒极不均匀,延展晶粒比较多。
第2道次纵向	晶粒被拉长成纤维状,偶可见晶粒,晶粒不均匀,碳化物弥散分布。
第3道次横向 第3道次纵向	偶可见晶粒,基本成纤维状。
第4道次横向 第4道次纵向	偶可见晶粒,基本成纤维状。 全部纤维化,碳化物点状,弥散分布。
第5道次横向	隐约可见晶粒,多数晶粒成纤维状,且弯曲成波浪状,是由于钢板有相对运动,导致轧制点改变所致。
第5道次纵向	晶粒排列得比以前各道次更紧密,即晶粒全部细小纤维化。

注:组织为 F + Fe₃C

2 形变对无取向硅钢力学性能的影响

力学性能试样按国家标准 GB228-76 制取的,取自钢带的横向,根据上述的分析,随着轧制道次的增加,加工硬化程度提高,强度增加,延伸率减小(图2)。在20辊轧机工作辊的正压力和左右卷取机的水平张力作用下,随道次的增加,晶粒碎化程度加大,在高倍金相显微镜下可以观察(图1),纤维化程度加大,位错增殖;同时晶粒碎化也产生大量位错。显然,轧制道次增加,位错塞积程度增加,抗变形阻力增加。

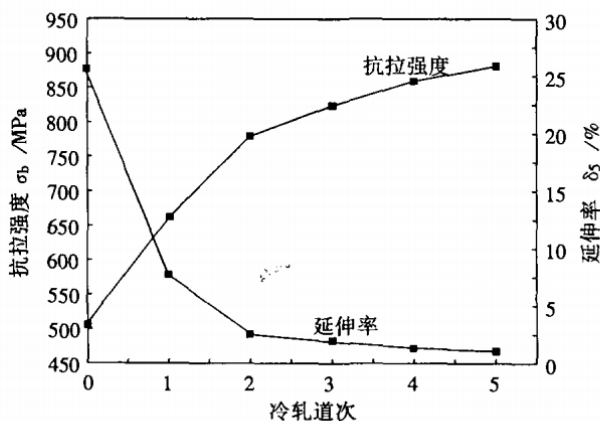


图2 50W470 硅钢各道次轧件的抗拉强度和延伸率
Fig.2 Tensile strength and elongation of billet and each pass billet of silicon steel 50W470

3 对 50W470 硅钢 X 射线衍射谱线型分析

取第5道次冷轧后试样,置于布鲁克 D8 ADVANCE X 射线衍射仪的高温衍射附件中,在室温中进行阶梯扫描。

根据当时实验室的条件,用 1.5406 \AA 波长的铜靶,闪烁计数器,步长 0.01° ,每步时间 0.2 s 。冷轧无取向硅钢 50W470,点群为 $4/m \bar{3} 2/m$ 。(110)的 $2\theta = 44.772^\circ$, $d_{110} = 2.02259 \text{ \AA}$; (200)及 (020)的 $2\theta = 64.96^\circ$, $d_{200} = d_{020} = 1.43442 \text{ \AA}$, $a = b = c \approx 2.86 \text{ \AA}$ 。

根据这组实验数据,从无取向硅钢 50W470 面族的 2θ 角,看不出面族的 2θ 有明显移动,故没有第1类内应力。又无取向硅钢 50W470 面族的衍射峰比退火后的衍射峰高,且无点阵常数变化,因此没有第3类内应力。考虑到实验时采用的扫描速度比较快,扣除背底的衍射峰比退火后的有明显展宽,所以存在第2类内应力。

4 结论

(1) 无取向硅钢 50W470,随道次增加,晶粒纤维化程度加强, σ_b 提高, δ_5 降低。各道次 σ_b 数据可作为确定张力时参考使用。

(2) 无取向硅钢 50W470,织构和残余内应力(第2类内应力)的存在是形成冲片椭圆度的根本原因。

太原科技大学青年基金项目资助

参考文献

- 金自力. 冷轧无取向硅钢的组织性能分析. 特殊钢, 2004, 25(1): 32
- Cunha M A, Paolinelli S C. Non-oriented Silicon Steel Recrystallization Texture Study. 13th International Conference on Textures of Materials (ICOTOM 13), Part 1, 2002, 780
- Ros-Yanez T, Houbaere Y, De Wulf M. Evolution of Magnetic Properties and Microstructure of High-Silicon Steel during Hot Dipping and Diffusion Annealing, Magnetics Conference, 2002. INTERMAG Europe 2002. Digest of Technical Papers. 2002 IEEE International, 203
- 金自力. 冷轧无取向硅钢的实验研究. 包头钢铁学院学报, 2003, 22(9): 23

孙述利(1975-),女,讲师,2000年太原重型机械学院毕业。从事软磁材料研究。

收稿日期:2005-03-07