

CSP工艺0.04C钢热轧板冷轧-退火织构的演变

李慧琴¹ 王玉峰¹ 金自力¹ 麻永林¹ 任慧平¹ 张晓燕²

(1 内蒙古科技大学材料与冶金学院, 包头 014010; 2 包钢薄板厂, 包头 014010)

摘要 通过实验室4辊轧机和保护气氛管式退火炉,对0.04C钢CSP工艺生产的3mm热轧板进行冷轧(至0.8mm)和退火试验,并用蚀坑法对退火试样进行织构分析;同时对包钢薄板厂CSP 3mm热轧板冷轧的1.2mm板卷退火试样进行了X-射线检测。结果表明,1.2mm SPCC冷轧板退火织构表层有较弱的{111}织构组分,中心层没有发现有利于提高钢的深冲性能的{111}织构。1.2mm板卷退火试样{111}/{100}取向密度比为2.0~3.0,与实验室蚀坑法的试验结果一致。

关键词 CSP工艺 冷轧板 退火织构

Evolution of Cold Rolled - Annealing Texture of CSP Process 0.04C Steel Hot Rolled Strip

Li Huiqin¹, Wang Yufeng¹, Jin Zili¹, Ma Yonglin¹, Ren Huiping¹ and Zhang Xiaoyan²

(1 Material and Metallurgy School, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou 014010;

2 Sheet Plant, Baotou Iron and steel Co, Baotou 014010)

Abstract The annealing test of 0.8 mm sheet cold rolled from 0.04C steel 3 mm hot rolled strip produced by CSP process has been carried out by 4-high rolling mill and tube furnace with protective atmosphere in laboratory, and the texture of annealed samples was analyzed by using etching pit method, while the annealed samples of 1.2 mm strip cold rolled from 3 mm hot rolled strip produced by CSP process at sheet plant, Baotou Steel were examined by X-ray method. The results showed that there was weak {111} texture component in annealing texture of surface layer of 1.2 mm SPCC cold rolling sheet and {111} texture which is available to increase deep-drawing property of steel was not found at center layer. The {111}/ {100} orientation density ratio of 1.2 mm sheet annealed samples was 2.0 ~ 3.0 which was equal to that by etching pit method in laboratory.

Material Index CSP Process, Cold Rolled Sheet, Annealing Texture

高附加值冷轧钢板的开发与钢铁冶金质量的精确控制、材料的高纯净和高均匀性、冷轧板材组织及织构控制有关^[1-3]。实验采用包钢薄板坯连铸连轧生产线提供的热轧带卷,在实验室进行冷轧及退火试验,研究退火过程中织构的演变。

1 实验材料及方法

本试验所用的材料是包钢生产的CSP供冷轧用薄板卷,其CSP生产工艺为:连铸坯厚70mm,经六连轧后试件厚3mm;其工艺参数为:板坯出炉温度1100℃,终轧温度900℃,卷取温度550℃。

试件的断面尺寸为3.0mm×25mm,化学成分见表1。冷轧按表2确定的压下量用单向轧制方式,在实验室4辊轧机Φ70mm/100mm×245mm上进行。冷轧成品试样在SK-500mm×400mm保护气氛管式退火炉中模拟连续退火(见图1:保温时间x分别为30,90,150,210min;退火温度y分别为670,710,750,790℃)。

表1 试验钢的化学成分/%

Table 1 Chemical composition of test steel / %

C	Si	Mn	P	S	Al	Ca
0.04	0.01	0.20	0.015	0.008	0.026	0.0034

表2 3mm热轧板的冷轧参数

Table 2 Cold rolling parameters of 3 mm hot rolled strip

压下道次	压下率/ %	压下量 Δh/ mm	轧件厚度/ mm	总压下率/ %
0			3.05	73.8
1	18.7	0.57	2.48	
2	25.8	0.64	1.84	
3	25.0	0.46	1.38	
4	28.9	0.40	0.98	
5	18.3	0.18	0.80	

采用金相蚀坑法测量退火试件厚度方向1/2和1/4厚度织构。用金相显微镜观测和分析这些蚀坑。并与典型的蚀坑图对照分析,直观的判定晶粒的面取向和计算取向度。

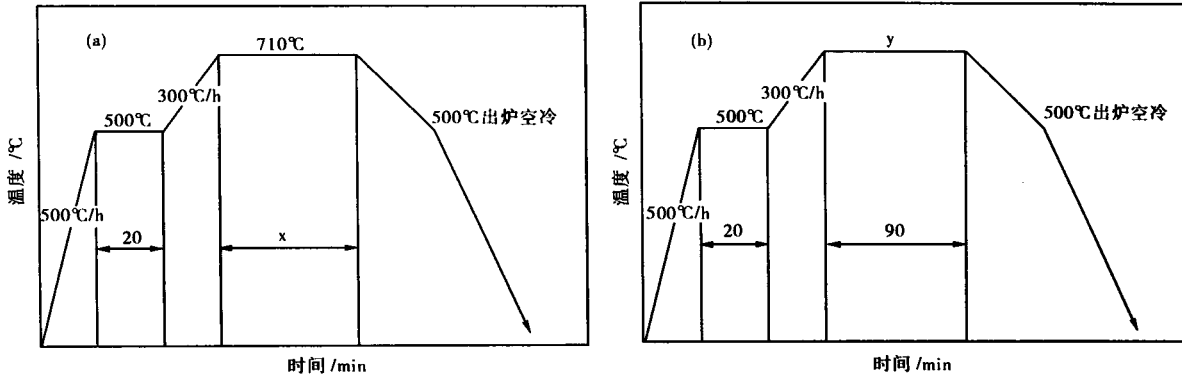


图 1 冷轧板的退火工艺: (a) $x = 30, 90, 150, 210$ min; (b) $y = 670, 710, 750, 790$ °C

Fig. 1 Annealing process of cold rolled sheet: (a) $x = 30, 90, 150, 210$ min; (b) $y = 670, 710, 750, 790$ °C

2 现场 SPCC 1.2 mm 冷轧板及实验冷轧板退火组织分析

2.1 现场 SPCC 1.2 mm 冷轧板退火组织分析

在包钢薄板厂取 CSP 1.2 mm SPCC 冷轧板卷的退火试样,用 X 射线衍射仪测试样表面、中心的 $\{111\}$ 、 $\{011\}$ 、 $\{100\}$ 不完整极图,并计算取向分布函数 ODF,得出的退火试件的织构分布(图 2)表明,以 CSP 热轧薄板为冷轧板原料,轧制深冲冷轧板,经过退火后的表层有较弱的 $\{111\}$ 织构组分,中心层没有发现有利于提高深冲性能的 $\{111\}$ 织构。在试样表层有部分偏离理想位置的 $\{100\} \langle 011 \rangle$ 织构, $\{111\} / \{100\}$ 取向密度之比约 2.0 ~ 3.0,对薄板深冲性能有重要影响的平行于轧面的 $\{111\}$ 晶面与 $\{100\}$ 晶面取向密度之比是较小的^[4]。

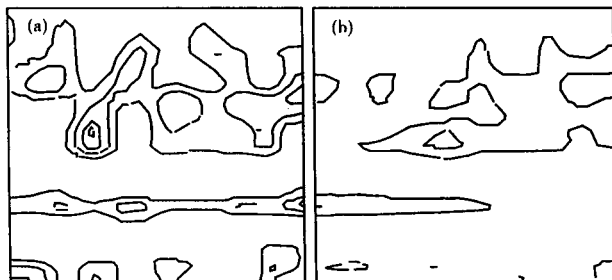


图 2 SPCC 1.2 mm 冷轧退火板不同的厚度位置 $\Psi_2 = 45^\circ$ 截面 ODF(密度水平:1,3,5,7,9): (a) 表面层织构; (b) 中心层织构

Fig. 2 Different thickness position $\Psi_2 = 45^\circ$ section ODF of SPCC 1.2 mm cold rolled annealing sheet (intensity level: 1, 3, 5, 7, 9): (a) surface texture; (b) central texture

2.2 保温时间对实验冷轧板退火组织演变的影响

从表 3 可以看出,试样 1/2、1/4 厚度处 $\{111\} / \{100\}$ 比值均随保温时间增加而增加,且 1/4 厚位置

表 3 冷轧板 710 °C 退火不同保温时间 $\{111\} \langle uvw \rangle$ 与 $\{100\} \langle uvw \rangle$ 织构线密度比

Table 3 Texture linear density ratio of $\{111\} \langle uvw \rangle$ to $\{100\} \langle uvw \rangle$ of cold rolled sheet annealed at 710 °C for different holding time

保温时间/ min	不同位置处织构	
	厚度 1/4 处 $\{111\} / \{100\}$	厚度 1/2 处 $\{111\} / \{100\}$
30	0.50	0.72
90	0.70	0.69
150	0.71	0.80
210	1.20	0.83

在保温时间 150 min 以后增加速度较快。但是, $\{111\} / \{100\}$ 比值总体上随保温时间增加变化不大, $\{111\} / \{100\}$ 比值在 1.2 以下。在轧件厚度方向上,随保温时间增加,1/2 与 1/4 厚度处的 $\{111\} / \{100\}$ 比值有差别,表明高向织构不均,且在保温时间达到约 150 min 后,随保温时间增加试样 1/2 和 1/4 厚度处织构线密度 $\{111\} / \{100\}$ 比值差别急剧增大,高向织构不均增大。

图 3 中三角形为退火组织具有 $\{111\}$ 平行于轧面的织构组分,如 $\{111\} \langle 112 \rangle$ 和 $\{111\} \langle 110 \rangle$ 织构形成的蚀坑。正方形为 $\{100\}$ 平行于轧面的织构组分,如 $\{001\} \langle 110 \rangle$ 织构形成的蚀坑。该照片也基本反映出 710 °C 退火,随保温时间增加, $\{100\}$ 、 $\{111\}$ 织构强度发生变化, $\{111\} / \{100\}$ 线密度比值是增加的。

2.3 退火温度对实验冷轧板退火组织演变的影响

从表 4 中可以看出,当保温时间一定,随退火温度增加,靠近轧件表面 1/4 厚位置, $\{111\} / \{100\}$ 织构线密度比值增加缓慢,而轧件表面 1/2 厚位置的 $\{111\} / \{100\}$ 织构线密度比值在退火温度为 750 °C 和 790 °C 时增加较大,其线密度比值 > 1 ,并且在退火温度为 750 °C 时,取得最大值,其线密度比值最大

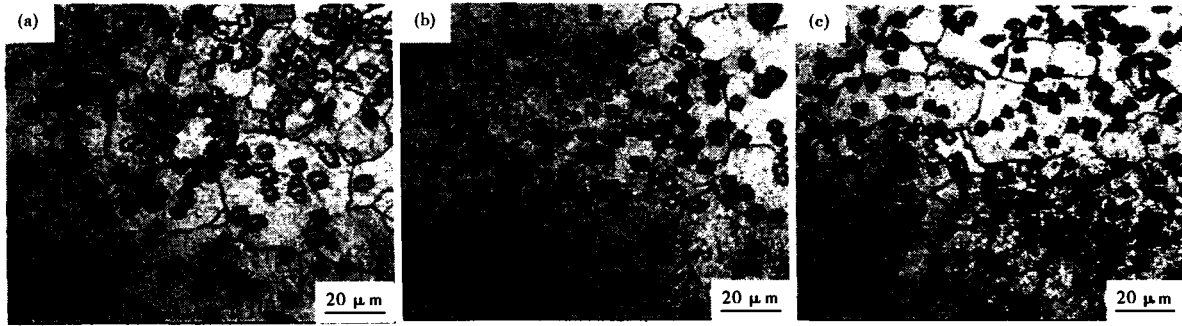


图 3 710 °C 退火薄板试样 1/4 厚度处蚀坑形貌:保温(a) 30 min; (b) 90 min; (c) 210 min

Fig. 3 Morphology of etching pit at 1/4 thickness of sheet sample annealed at 710 °C for (a) 30 min; (b) 90 min; (c) 210 min

表 4 不同退火温度冷轧板 {111} <uvw> 与 {100} <uvw> 织构线密度比

Table 4 Texture linear density ratio of {111} <uvw> to {100} <uvw> of cold rolled sheet annealed at different temperature

退火温度/ °C	不同位置处织构	
	厚度 1/4 处 {111}/ {100}	厚度 1/2 处 {111}/ {100}
670	0.50	0.59
710	0.69	0.69
750	0.74	2.10
790	0.75	1.10

为 2.1。

图 4 反映出退火温度在 710 ~ 790 °C 之间变化时,退火温度为 750 °C (b) 中三角形蚀坑已占腐蚀出蚀坑的相对量比退火温度为 710 °C (a)、790 °C (c) 中三角形蚀坑的相对量高。说明了实验钢在冷轧压下率约 73% 的条件下,保温时间为 90 min,退火温度为 750 °C,试样 1/2 厚度 {111} 织构强度较高。

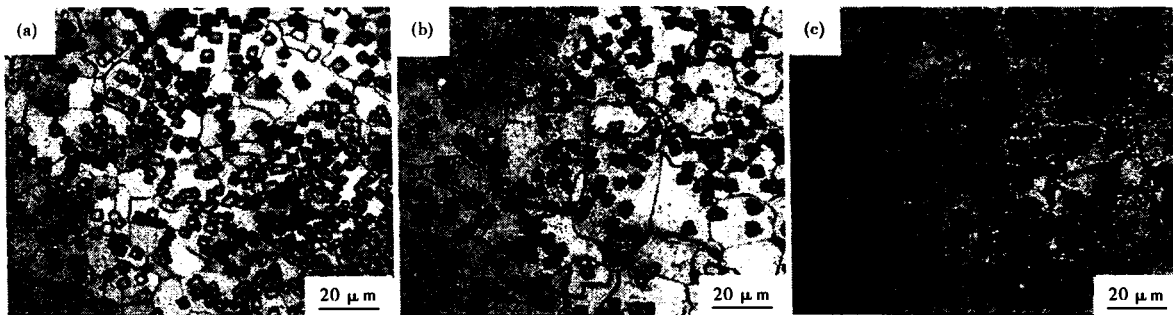


图 4 (a) 710 °C; (b) 750 °C; (c) 790 °C 90 min 退火时薄板试样 1/2 厚度处蚀坑形貌

Fig. 4 Morphology of etching pit at 1/2 thickness of sheet sample annealed at 710 °C (a); 750 °C (b) and 790 °C (c) for 90 min

3 结论

(1) 710 °C 退火, {111} / {100} 织构线密度比值随保温时间增加而增加,但其线密度比值较小,最高仅为 1.2。

(2) 冷轧总压下率约 73.8% 的条件下,保温时间为 90 min,退火温度为 750 °C,试样 1/2 厚度 {111} 织构强度最高为 2.1。

(3) 现场 SPCC 1.2 mm 冷轧板退火织构表层有较弱的 {111} 织构组分,中心层没有发现有利于提高深冲性能的 {111} 织构。在试样表层有部分偏离理想位置的 {100} <011> 织构。现场退火试样 {111} / {100} 取向密度之比与实验室蚀坑法研究的 {111} / {100} 取向密度之比基本一致。

内蒙古自治区攻关计划项目

参考文献

- 1 毛卫民. 金属材料的晶体学结构与各向异性. 北京: 科学出版社, 2002: 8
- 2 Dawson P R, Mac Ewen S R, Wu P D. Advances in Sheet Metal Forming Analyses: Dealing With Mechanical Anisotropy From Crystallographic Texture. International Materials Reviews, 2003, 48(2): 86
- 3 Martinez V J, Verdeja J I, Pero-Sanz J A. Cold-Rolling Reduction to Obtain Extra-deep Drawing Quality. Materials Characterization, 2001, 46: 45
- 4 Andreas Tomitz, Radko Kaspar. Deep-drawable Thin-gauge Hot Strip of Steel as a Substitution for Cold Strip. ISIJ International, 2000, 40 (9): 927

李慧琴(1963-),女,副教授,1985 年内蒙古工业大学毕业,从事材料加工及组织性能研究。

收稿日期: 2006-07-01