

冷轧压下率对 CSP 流程 SPCC 钢板 退火组织和织构的影响

刘兴全 张永强

(技术研究院)

摘 要 采用某钢厂生产的低碳铝镇静钢进行了 CSP 流程 SPCC 钢板不同冷轧压下率的工业试验,研究了退火过程中冷轧压下率对冷轧钢板组织性能的影响规律。结果表明:对于碳含量为 0.043% 的低碳铝镇静钢,试验条件下冷轧压下率对其力学性能和 n 影响不明显,对 r 影响则非常显著;冷轧压下率为 75% 时,可获得最大 r_m , 综合力学性能也达到最佳; Δr 则随冷轧压下率的提高而单调减小;铁素体晶粒饼形度随冷轧压下率的提高而增加;冷轧压下率为 75% 时, {111} 织构的强度明显高于冷轧压下率为 60% 时的对应值。

关键词 CSP 流程 冷轧钢板 冷轧压下率 织构

The Influence of Cold Rolled Reduction Ratio on Annealing Texture and Microstructure of SPCC in CSP Process

LIU Xingquan ZHANG Yongqiang

(The Research Institute of Technology)

Abstract In use of the Al-killed steel produced by a specified steel plant, the industrial test of producing SPCC in CSP process with different cold rolled reduction ratio is implemented. The influence of cold rolled reduction ratio on microstructure and texture of steel strip in CSP process during annealing is studied. The results show that, for the Al-killed steel with 0.043 % carbon, the cold rolled reduction ratio does not have obvious influence on the mechanical properties and n -value, but great influence on r -value. The maximum r_m -value is achieved at the reduction ratio of 75%. And Δr -value is monotonously reduced as the increase of cold rolled reduction ratio. As the reduction ratio is at 75%, the strength of {111} texture is higher than that at 60% reduction ratio.

Key Words CSP process, cold rolled strip, cold rolled reduction ratio, texture

CSP (Compact Strip Production, 紧凑式板带生产) 流程与传统流程相比,因热历史、变形制度和冷却制度不同而表现出热轧钢板组织细小、强度偏高等特征^[1],这些特征会对 CSP 流程冷轧产品的组织和性能产生影响,在随后的退火过程中微观组织的变化和织构的演变规律等也与传统流程不同。传统流程的研究表明^[2]:采用罩式退火生产冷轧钢板,要获得高的平均塑性应变比 (r_m),在其他条件相同的情况下,存在着

冷轧压下率与碳含量的最优配合关系,一般低碳钢为 70%,微碳钢为 80%,超低碳钢约为 90%。为了研究 CSP 流程下冷轧压下率对罩式退火冷轧钢板组织和性能的影响规律,本文通过对 SPCC 冷轧钢板在生产现场分别采用 60%, 70%, 75% 和 80% 4 种压下率进行冷轧和退火工业试验,对冷轧退火成品钢板进行了力学性能检测、基本成形性能检测、金相组织观察和织构测试等分析和研究。

刘兴全:2008 年毕业于北京科技大学,硕士,现在技术研究院从事高性能汽车板生产工艺研究工作。收稿/2009-02-26

1 试验材料及方法

1.1 试验材料

试验材料为某钢厂 CSP 流程生产的低碳铝镇静钢热轧钢板, 其牌号为 SPHC, 试验用钢板的化学成分见表 1。

表 1 试验用钢板的化学成分 %

成分	C	Si	Mn	P	S	Al _t	Als
含量	0.043	0.021	0.15	0.012	0.004	0.026	0.022

1.2 试验方法

试验选取同一炉次的 4 块 SPCC 钢板进行 CSP 热轧, 热轧板卷经冷轧后送罩式炉退火, 冷轧压下率分别为 60%, 70%, 75%, 80%, 退火出炉后进行平整, 并分别进行力学性能检测、基本成形性能检测、金相组织观察及织构测试。其具体内容如下:

1) 力学性能和基本成形性能检测在材料试验机上进行, 分别执行 GB/T 228-2002《金属材料室温拉伸试验标准》、GB/T 5027-1999《金属薄板和薄带塑性应变比试验方法》和 GB/T 5028-1999《金属薄板和薄带拉伸应变硬化指数试验方法》标准。

2) 试验用冷轧钢板金相组织观察面为平行于轧向的侧面, 经预磨、抛光后用 4% 硝酸酒精溶液浸蚀。

3) 织构测试试样取自冷轧钢板, 用线切割方法进行加工, 尺寸为 24 mm × 14 mm, 长边平行于轧向。统一测试距表面 1/4 厚处的织构。在 SIMENS D5000 X 射线衍射仪上采用反射法测 {200}、{211} 和 {110} 不完整极图, 再由计算机采集的极图数据计算出 ODF (取向分布函数分析法) 值, 沿 $\phi 2$ (欧拉角的一个方向) 截取绘制 ODF 截面图, 并根据试验数据用 origin 软件绘制 α 和 γ 取向线。

2 试验结果与讨论

2.1 冷轧压下率对力学性能的影响

分别对不同冷轧压下率下的钢板进行力学性能检测, 结果如图 1 所示。

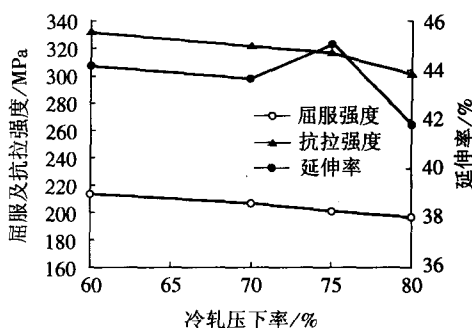
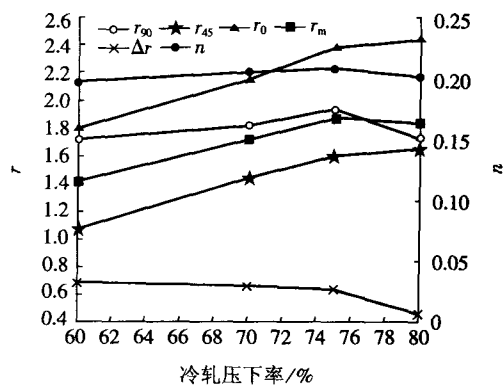


图 1 不同冷轧压下率下的钢板力学性能检测结果

由图 1 可见, 罩式退火条件下, 随着冷轧压下率的提高, 屈服强度和抗拉强度有降低的趋势, 但变化不大; 延伸率的变化不明显; 当冷轧压下率为 75% 时, 屈服强度和抗拉强度最低, 延伸率最高, 综合指标相对较好。

2.2 冷轧压下率对基本成形性能的影响

表征钢板基本成形性能的 2 个最重要参数分别是加工硬化指数 (n) 和塑性应变比 (r)。不同冷轧压下率下的钢板的 n 和 r 检测结果如图 2 所示。



注: r_{90} 为横向 r , r_{45} 为 45° 方向 r , r_0 为轧向 r ,
 $\Delta r = (r_0 - 2r_{45} + r_{90})/2$, $r_m = (r_0 + 2r_{45} + r_{90})/4$ 。

图 2 不同冷轧压下率下的钢板 n 和 r 检测结果

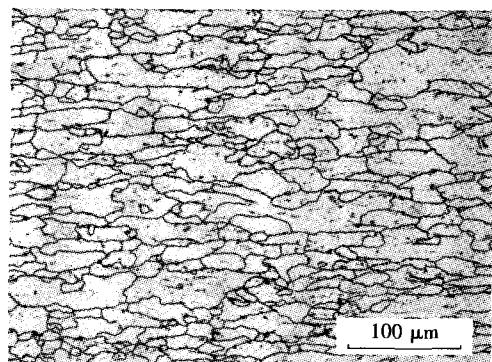
由图 2 可见, 随着冷轧压下率的变化, n 变化不大, 但 r 有明显变化, 且其 3 个方向的值表现出不同的变化规律: r_{90} 随冷轧压下率的提高先增大后减小, 在压下率为 75% 处出现峰值; r_0 和 r_{45} 均随冷轧压下率的提高而增大; r_m 在冷轧压下率为 75% 处出现峰值; Δr 则随冷轧压下率的提高而减小。

2.3 冷轧压下率对金相组织的影响

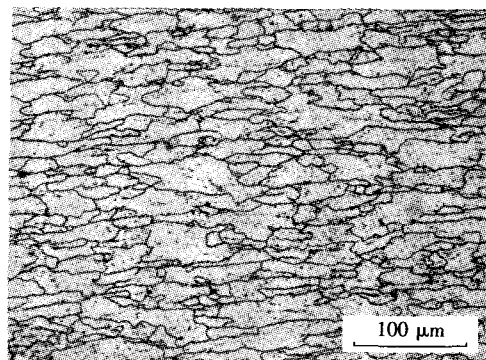
对不同冷轧压下率下的钢板进行金相组织观察,其照片见图3。

由图3可见,不同冷轧压下率下的钢板组

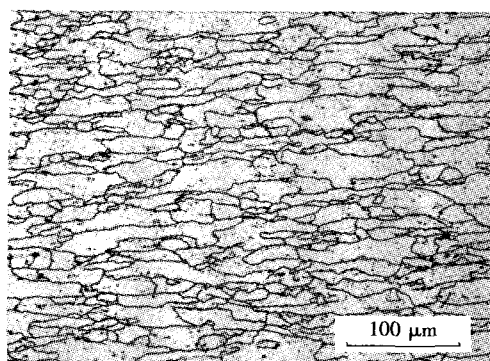
织均由铁素体、少量珠光体和弥散的碳化物组成,铁素体晶粒长轴与短轴方向长度比较大,晶粒呈饼形,饼形晶粒特征较明显,组织较粗大且均匀性较差。



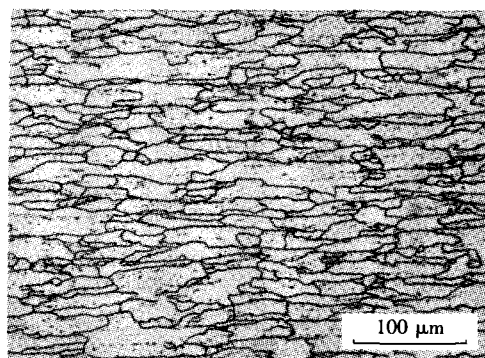
(a)



(b)



(c)



(d)

(a) 冷轧压下率为 60%; (b) 冷轧压下率为 70%;

(c) 冷轧压下率为 75%; (d) 冷轧压下率为 80%

图3 不同冷轧压下率下的钢板金相组织照片

分别按轧向、横向和厚度方向对不同冷轧压下率下的钢板的金相组织进行晶粒尺寸统计,结果如图4所示。

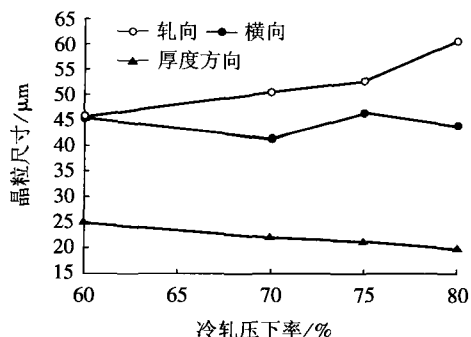
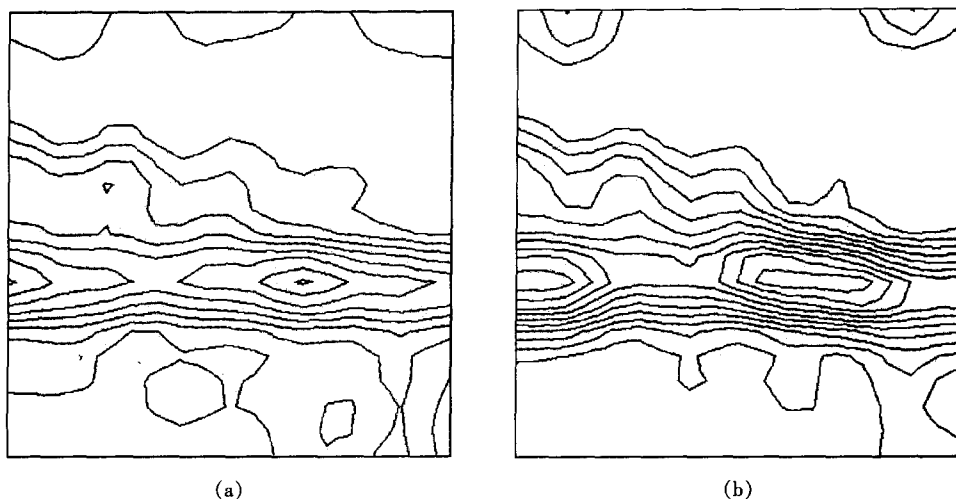


图4 不同冷轧压下率下的钢板的金相组织各方向晶粒尺寸统计结果

由图4可见,随着冷轧压下率的提高,晶粒轧向尺寸增大明显、横向尺寸变化不大、厚度方向尺寸变小。铁素体晶粒饼形度(长度方向晶粒尺寸与宽度方向晶粒尺寸之比)增大,晶粒略微变大,组织趋于均匀。

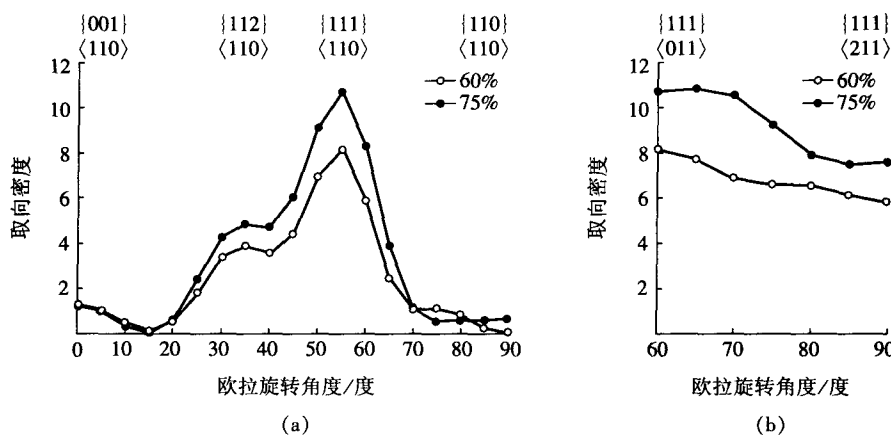
2.4 冷轧压下率对组织的影响

在化学成分和热轧工艺相同的条件下,冷轧压下率的大小对后续退火过程钢板再结晶组织的形成具有很大影响,从而对最终产品的基本成形性能产生影响。结合力学性能及基本成形性能,本试验选取冷轧压下率分别为 60% 和 75% 下的钢板,测试其 1/4 厚处的组织。不同冷轧压下率下钢板组织的 $\phi 2$ 为 45° 的 ODF 截面图如图 5 所示, α 和 γ 取向线如图 6 所示。



(a) 冷轧压下率为 60%；(b) 冷轧压下率为 75%

图 5 不同冷轧压下率下钢板组织的 $\phi 2$ 为 45° 的 ODF 截面图



(a) α 取向线；(b) γ 取向线

图 6 不同冷轧压下率下钢板组织的 α 和 γ 取向线

由图 6a 可见，2 种冷轧压下率下钢板组织在 α 取向线上较为明显，在 $\{111\} \langle 110 \rangle$ 处组织分布强度最大， $\{112\} \langle 110 \rangle$ 处次之，而在 $\{001\} \langle 110 \rangle$ 处则较小。冷轧压下率为 75% 时， α 取向线上组织比冷轧压下率为 60% 时更强，其 $\{111\} \langle 110 \rangle$ 处组织分布强度达到 10.7；而冷轧压下率为 60% 时， $\{111\} \langle 110 \rangle$ 处组织分布强度为 8.2，可见冷轧压下率为 75% 的 $\{111\} \langle 110 \rangle$ 组织明显强于冷轧压下率为 60% 时的对应值。

由图 6b 可见，2 种冷轧压下率下钢板组织在 γ 取向线上都较为明显，特别是在 $\{111\} \langle 011 \rangle$ 处附近的组织强度较大，冷轧压下率为 75% 时的 $\{111\} \langle 011 \rangle$ 处组织强度明显大于

冷轧压下率为 60% 时的 $\{111\} \langle 011 \rangle$ 处组织强度。

3 结 论

1) 对于碳含量为 0.043% 的低碳铝镇静钢，冷轧压下率对其力学性能和 n 影响不明显，对 r 影响则非常显著，冷轧压下率为 75% 时可获得最大 r_m ，此时综合力学性能也可达到最佳， Δr 则随冷轧压下率的提高而减小。

2) 随着冷轧压下率的提高，退火后钢板金相组织轧向晶粒尺寸明显增大，横向尺寸变化不大，厚向尺寸变小，铁素体晶粒饼形度增大，组

(下转第 35 页)

钩, ϕ 角就越大, 因此应使钢丝绳尽量靠近布料溜槽的支撑钩处, 但需留出支承轴安装的位置。

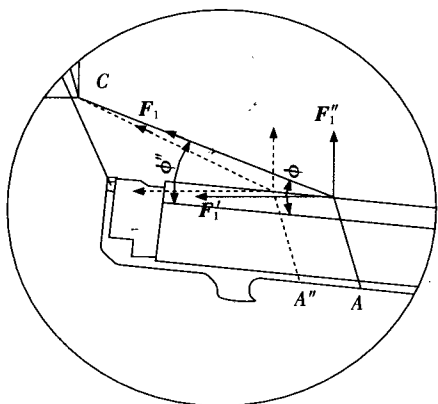


图 7 布料溜槽头部受力图

3 更换过程中特殊情况的处理

若卷扬机的钢丝绳拴挂位置不合适, 则布料溜槽头部就不能抬起足够的高度, 此时可通过中心喉管在布料溜槽头部的辅助吊装孔处挂 1 个 2 t 的手拉葫芦, 与卷扬机共同完成布料溜槽头部抬起的工作 (见图 5)。这种方法是在布料溜槽未完全定位的情况下, 检修人员沿布料溜槽进

入炉内, 将手拉葫芦吊挂在布料溜槽辅助吊装孔上。该方法存在较大的人身安全隐患, 仅是一种补救措施, 不特别推荐使用。

4 更换过程中的注意事项

在更换炉顶布料溜槽的过程中, 检修人员除需牢记并严格执行安全工作标准外, 钢丝绳的选用也应特别注意。目前, 普遍使用普通麻芯钢丝绳, 更换布料溜槽必须在炉顶温度降至 80 ℃ 以下时才可进行。若更换布料溜槽时炉顶温度高于 80 ℃ (即钢丝绳表面温度较高), 则钢丝绳在使用过程中会不断地被挤压而使油脂渗出, 导致钢丝之间的摩擦力增大, 从而使钢丝绳的挠性和弹性降低, 最终导致钢丝绳崩断, 对人员及设备造成损害。

5 结 语

利用炉顶天车和卷扬机协调作业来快速更换布料溜槽的方法, 可使高炉检修时间缩短 3 ~ 5 h, 显著提高劳动生产率, 减少高炉停风时间, 提高高炉产量。

编辑/高东梅

(上接第 18 页)

织趋于均匀。

3) 试验用冷轧钢板退火后织构主要表现为 $\{111\} \langle 110 \rangle$ 织构, 但还存在 $\{112\} \langle 110 \rangle$ 变形织构, 随着冷轧压下率的提高, α 和 γ 取向线的取向密度不断增大, 其中各晶粒取向在 $\{111\} \langle 110 \rangle$ 的聚集较为突出, γ 织构即 $\{111\}$ 有利织构增加。冷轧压下率为 75% 时, $\{111\}$ 织构的强度明显高于冷轧压下率为 60%

时的对应值。

参 考 文 献

- 1 康永林, 傅杰, 柳得棣等. 薄板坯连铸连轧钢的组织性能控制. 北京: 冶金工业出版社, 2006
- 2 Fukuda M. The Effect of Carbon Content Against r-Value Cold Reductions Relations in Steel Sheets. J. Iron Steel Inst. Jpn, 1967 (4): 559-561

编辑/谢晨磊