

## 再结晶等温退火对 DDQ 级冷轧深冲薄板的组织和硬度的影响

杨奕<sup>1</sup> 徐光<sup>1</sup> 郁盛富<sup>1</sup> 万伦<sup>1</sup> 刘莉<sup>1</sup> 伍康勉<sup>2</sup>

(1 武汉科技大学钢铁冶金资源利用省部共建教育部重点实验室,武汉 430081; 2 涟源钢铁公司技术中心,娄底 417009)

**摘要** 试验研究了 TSCR (Thin Slab Casting and Rolling) 薄板坯连铸连轧工艺生产的 (%) 0.003C-0.05Al-0.06Cu 钢 DDQ (Deep Drawable Quality) 级深冲薄板的再结晶退火后的组织和 HB 硬度。结果表明,该钢 DDQ 级冷轧深冲薄板的再结晶温度为 ~550 °C,合适的等温退火温度为 650 °C。

**关键词** TSCR 工艺 DDQ 深冲薄板 再结晶温度 等温退火

## Effect of Recrystallizing Isothermal-Annealing on Structure and Hardness of DDQ Cold-Rolled Deep Drawing Sheet

Yang Yi<sup>1</sup>, Xu Guang<sup>1</sup>, Yu Shengfu<sup>1</sup>, Wan Lun<sup>1</sup>, Liu Li<sup>1</sup> and Wu Kangmian<sup>2</sup>

(1 Key Laboratory for Ferrous Metallurgy and Resources Utilization of Ministry of Education, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430081; 2 Technology Center, Lianyuan Iron and Steel Co., Loudi 417009)

**Abstract** The recrystallized annealed structure and HB hardness of DDQ (Deep Drawable Quality) cold-rolled deep drawing sheet of 0.003C-0.05Al-0.06Cu steel produced by TSCR (Thin Slab Casting and Rolling) process have been tested and researched. Results showed that the recrystallization temperature of the DDQ cold-rolled deep drawing sheet was ~550 °C, and the available isothermal-annealing temperature was 650 °C.

**Material Index** TSCR Process, DDQ Deep Drawing Sheet, Recrystallization Temperature, Isothermal Annealing

薄板坯连铸连轧工艺 (Thin Slab Casting and Rolling, TSCR) 具有流程紧凑、节约能源、降低生产成本等一系列优点,在各国得到了越来越多的应用<sup>[1]</sup>。生产实践表明,采用相同的冷轧和退火工艺,由于热轧工艺不同<sup>[2]</sup>,用 TSCR 热轧基板生产的冷轧深冲薄板 (简称冷轧薄板) 与用传统流程热轧基板生产的冲压板具有不同的组织和性能<sup>[3]</sup>。

### 1 实验方案

试样取自涟钢冷轧厂冷轧后的 DC04 (A710748800) 冷硬板,将试样切成 30 mm × 20 mm 的退火试样,试样的化学成分见表 1。采用盐浴等温退火处理工艺,等温退火处理后,水淬。

表 1 DDQ 级冷轧薄板的化学成分 / %

Table 1 Chemical composition of DDQ cold-rolled sheet / %

试样编号	C	Si	Mn	Al	P	S	Ni	Cr	Cu
A710748800	0.003	0.01	0.25	0.05	0.018	0.006	0.01	0.04	0.06

### 2 实验结果与分析

实验在武汉科技大学材料与冶金学院实验室设备上,退火实验设备为 SG-7.5-10 盐浴炉、HBS-62.5 布氏硬度计等。由图 1 可见:

(1) 在 350 ~ 400 °C 之间,经 0.5 h 退火后试样

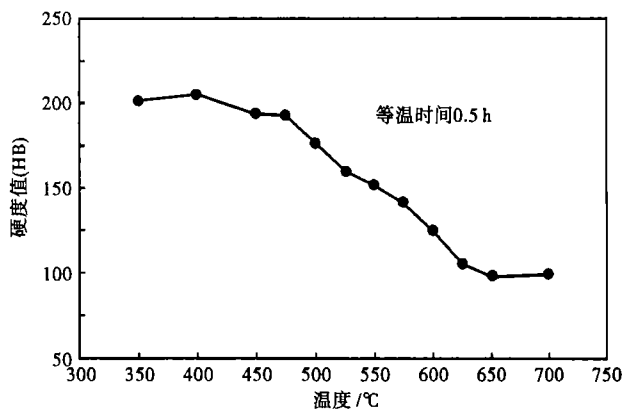


图 1 等温退火温度对 DDQ 冷轧薄板 HB 硬度值的影响  
Fig. 1 Effect of isothermal-annealing temperature on HB hardness value of DDQ cold-rolled sheet

的硬度值基本不变,说明试样还没有开始再结晶;

(2) 从 400 °C 开始,随着温度的升高,试样硬度值开始急剧下降,到 650 °C 时,硬度值达到最低值,在 650 °C 以后硬度值变化不大,说明再结晶已经完全结束。因此,推测再结晶开始温度大约为 400 °C,再结晶结束温度大约为 650 °C。根据 50% 的平台差确定涟钢 DDQ 级冷轧薄板的再结晶温度 ~550 °C。

由表 2 可以看出:

(1) 随 400 °C 等温时间增加,试样 HB 值只略有下降,说明该温度下试样还没有开始再结晶;

表 2 等温退火温度和时间对 DDQ 冷轧薄板 HB 平均硬度值的影响

Table 2 Effect of temperature and time of isothermal annealing on HB average hardness value of DDQ cold-rolled sheet

等温温度/ ℃	等温时间/h					
	0	0.5	1.0	1.5	2.5	4.0
400	211.7	204.5	205.4	205.8	201.5	200.8
500	211.7	176.2	157.6	155.7	154.8	155.2
550	211.7	151.4	153.0	148.7	146.3	143.1
600	211.7	124.1	117.4	118.1	111.0	115.3
650	211.7	99.3	97.6	97.7	99.7	98.2
700	211.7	98.7	93.1	90.9	91.4	90.5

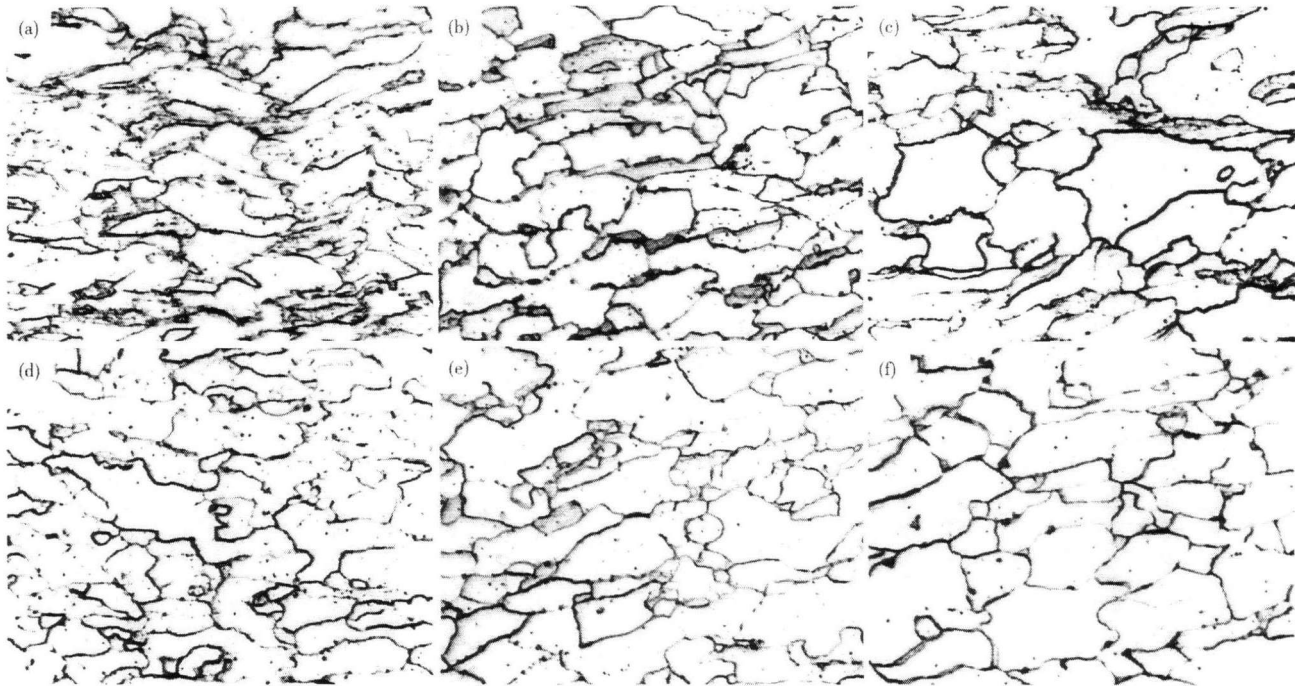


图 2 等温退火温度和时间对 DDQ 冷轧薄板组织形貌的影响,  $\times 500$ : (a) 500 °C, 0.5 h; (b) 550 °C, 0.5 h; (c) 600 °C, 0.5 h; (d) 650 °C, 0.5 h; (e) 650 °C, 1.5 h; (f) 650 °C, 2.5 h

Fig. 2 Effect of temperature and time of isothermal annealing on structure morphology of DDQ cold-rolled sheet,  $\times 500$ : (a) 500 °C, 0.5 h; (b) 550 °C, 0.5 h; (c) 600 °C, 0.5 h; (d) 650 °C, 0.5 h; (e) 650 °C, 1.5 h; (f) 650 °C, 2.5 h

由图 2 所示的等温退火后 DDQ 冷轧薄板的组织可见,金相组织与硬度检验结果是对应的:

(1) 冷轧薄板的组织呈扁平状,并沿轧制方向延伸;在 500 °C 时,部分晶粒开始长大,大部分晶粒还是与基板的组织一致;在 550 °C 时,晶粒已经再结晶长大,但晶粒大小差异较大;600 °C 时,部分晶粒较为粗大;在 650 °C 时,与 600 °C 相比,晶粒较均匀,但晶粒大小变化不大。

(2) 在 650 °C 等温 0.5 h 时,小晶粒较多;随等温时间延长,钢的晶粒大小差别不大。

### 3 结论

涟钢 DDQ 级冷轧薄板的再结晶温度为  $\sim 550$  °C。在实际工业生产时,为保证生产效率和产量,退

(2) 从 500 °C 时起,试样硬度值下降较为明显,并随保温时间延长,试样硬度值呈逐渐下降态势,说明从该温度开始,试样已开始部分再结晶;550 ~ 700 °C 退火时,试样硬度值下降趋势基本一样,保温 0.5 h 后,延长保温时间硬度值变化不大;

(3) 当退火温度为 650 °C 和 700 °C 时,保温 0.5 h 内,硬度值下降是一样的;保温 0.5 h 以后,延长保温时间,650 °C 下硬度值基本不变,700 °C 下硬度值略有下降,说明 DDQ 级产品在 650 °C 时已经能够发生完全再结晶。

火温度应在 680 °C 以上,在一定的退火温度下,延长退火时间对再结晶过程影响不大。

湖北省自然科学基金项目(2007ABA244), 武汉科技大学博士研究基金项目(010195)

### 参考文献

- 1 康永林,傅杰,柳得楷,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 康永林,温德智,吴光亮,等. 薄板坯连铸连轧生产冷轧基板的工艺与组织性能分析. 山东冶金,2006,28(2):6
- 3 何长树,刘沿东,蒋奇武,等. 再结晶退火 IF 深冲钢板微观组织特征. 中国体视学与图象分析,2003,8(3):158

杨奕(1979-),男,在读硕士研究生,2001 年武汉科技大学毕业,从事薄板坯连铸连轧热轧基板生产冷轧深冲板的研究。

收稿日期:2008-03-23