

## 防止 S31803 双相钢 5 mm 热连轧卷板边裂的工艺实践

李国平 张 威 李 俊 范新智  
(太原钢铁(集团)有限公司技术中心,太原 030003)

**摘 要** S31803 双相不锈钢(% :0.019C,22.50Cr,5.40Ni,3.15Mo,0.18N)200 mm 连铸坯热轧成 5 mm 卷板易产生边裂。通过控制钢中 S 含量 $\leq 0.005\%$ ,加 RE-Si-Fe 合金变质硫化物,将钢中氧含量由 $53 \times 10^{-6}$ 降至 $26 \times 10^{-6}$ ,提高铸坯等轴晶比例,控制铸坯加热温度 $1150 \sim 1250 \text{ }^\circ\text{C}$ ,有效地防止 5 mm 热连轧卷板边裂的产生。

**关键词** 双相不锈钢 热连轧卷板 边裂 工艺改进

## Process Practice to Prevent Edge Crack of 5 mm Hot Continuous-Rolled Strip Coil of S31803 Duplex Stainless Steel

Li Guoping, Zhang Wei, Li Jun and Fan Xinzhi  
(Technical Center, Taiyuan Iron and Steel (Group) Co Ltd, Taiyuan 030003)

**Abstract** Edge crack of 5 mm strip coil of S31803 duplex stainless steel (% :0.019C,22.50Cr,5.40Ni,3.15Mo,0.18N) rolled from 200 mm slab is often occurred. It is available to prevent the formation of edge crack of 5 mm hot continuous-rolled strip coil by controlling S content in steel  $\leq 0.005\%$  and adding RE-Si-Fe alloy to modify sulfide, decreasing oxygen content in steel from  $53 \times 10^{-6}$  to  $26 \times 10^{-6}$ , increasing equiaxed zone ratio in cast slab, and controlling slab heating temperature at  $1150 \sim 1250 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**Material Index** Duplex Stainless Steel, Hot Continuous-Rolled Strip Coil, Edge Crack, Process Improvement

S31803 双相不锈钢室温组织由于是铁素体( $\alpha$ )与奥氏体( $\gamma$ )接近1:1共存,因此与普通单相奥氏体不锈钢相比,具有高的强度、良好的耐应力腐蚀、耐点腐蚀以及焊接性能<sup>[1]</sup>。

S31803 双相不锈钢连铸坯轧成热轧卷板时易产生边裂,边裂组织形貌如图1(a)所示。由图1(b)可知,由裂边处的金相组织和断口分析,裂纹有沿晶和穿晶特征,未裂边区域的组织是正常的( $\alpha + \gamma$ ),裂边的形貌属典型的撕裂特征,这与坯料的原始状态、坯料的加热轧制工艺控制等因素有关。

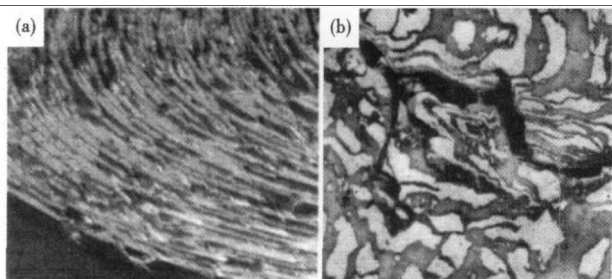


图 1 S31803 双相不锈钢 5 mm 带卷边裂形貌(a)和边裂处组织( $\times 500$ )形貌(b)

Fig. 1 Morphology of 5 mm strip coil edge crack (a) and morphology of structure ( $\times 500$ ) at edge crack zone (b), S31803 duplex stainless steel

### 1 S31803 钢的热塑性

采用断面厚度为 200 mm $\times$ 1 500 mm 的 S31803 连铸坯,热连轧轧制厚度为 5.0 mm 的不锈钢卷板, S31803 钢的成分见表 1,其制造工艺如下:AOD 冶炼 $\rightarrow$ 连铸 $\rightarrow$ 铸坯表面修磨 $\rightarrow$ 板坯加热 $\rightarrow$ 热连轧轧制 $\rightarrow$ 薄板卷曲。

表 1 S31803 双相不锈钢的化学成分/%

Table 1 Chemical composition of S31803 duplex stainless steel / %

项目	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	N
标准	$\leq 0.030$	$\leq 1.0$	$\leq 2.0$	$\leq 0.030$	$\leq 0.020$	21.0~23.0	4.5~6.5	2.5~3.5	0.08~0.20
试验	0.019	0.58	1.23	0.027	0.005	22.50	5.40	3.15	0.18

S31803 双相不锈钢的铸态显微组织中的铁素体含量为 52%,奥氏体呈粗大的魏氏组织。采用 Gleeble 3800 热模拟试验机对试样预先加热至 $1250 \text{ }^\circ\text{C}$ ,以 $10 \text{ }^\circ\text{C/s}$ 速率再降至各试验温度后进行拉伸试验,拉伸形变速率 $\dot{\epsilon} = 5 \text{ s}^{-1}$ 。

从图 2 可见,随加热温度升高,双相不锈钢的热塑性增加。钢的高温热塑性增加与钢 $\alpha$ 相数量增多, $\gamma$ 相数量减少和球化有关。表 2 为 $\alpha$ 相数量随温度变化情况。

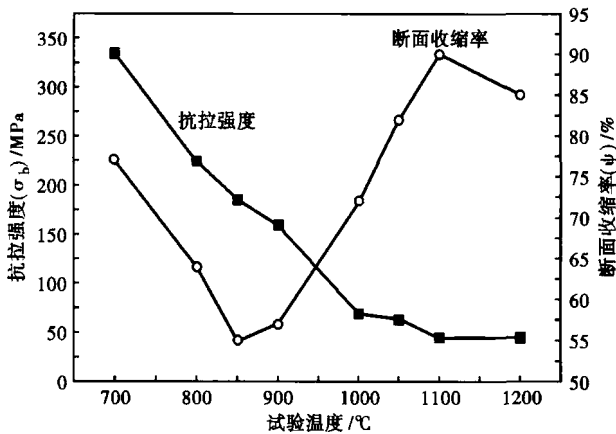


图 2 温度对 S31803 双相不锈钢抗拉强度和断面收缩率的影响

Fig. 2 Effect of temperature on tensile strength and reduction of area of S31803 duplex stainless steel

表 2 温度对 S31803 双相不锈钢 α-相的影响关系

Table 2 Effect of temperature on α-phase in S31803 duplex stainless steel

试验温度/°C	1 250 °C 冷却至试验温度的 α 相/%
950	48
1 000	58
1 050	55
1 100	60
1 150	63
1 200	62
1 250	65

## 2 双相不锈钢冶炼连铸工艺控制实践

### 2.1 降低钢中有害元素 S 对热塑性不良影响

通过定量添加 RE-Si-Fe 合金 (0.7 ~ 1.0 kg/t), 强化脱硫, 控制钢中 S ≤ 0.005%, 改变钢中硫化物夹杂成分和非金属夹杂物的形态, 以达到脱 S 和固定 S 的目的, 从而有效改变钢的热塑性。

### 2.2 降低钢中氧和夹杂物含量

在工艺允许的条件下, 通过采取钢包喂铝线, 尽可能降低钢中的氧含量。改进前后的平均氧含量分别为  $53 \times 10^{-6}$  和  $26 \times 10^{-6}$ 。

通过降低钢中氧含量, 钢中夹杂物也得到有效控制。在金相显微镜和扫描电镜对铸坯夹杂物进行观察, 可以看出改进工艺后钢质纯净度高, 总的夹杂物数量较少。随机选择统计 100 个视场进行观察, 结果见表 3。

### 2.3 铸坯低倍组织的控制

表 3 工艺改进前后 S31803 双相不锈钢铸坯夹杂物数量, 100 个视场

Table 3 Inclusion counting in 100 fields in slab of S31803 duplex stainless steel before and after process improvement

工艺	试样部位	夹杂物分布/个				合计	最大夹杂/μm
		5 ~ 10 μm	10 ~ 20 μm	20 ~ 30 μm	≥ 30 μm		
改进前	边部	108	12	0	0	120	19
	中部	124	5	0	0	129	17
改进后	边部	15	0	0	0	15	10
	中部	15	1	0	0	16	20

S31803 双相不锈钢由于钢水从液态向固态转变过程中, 部分铁素体发生包晶反应形成奥氏体 ( $\delta + L \rightarrow \gamma$ ), 其余形成低温的 α 铁素体, 因此与单相奥氏体、单相铁素体不锈钢相比, 柱状晶的晶粒较细。通过对连铸过程采取措施, 取得了非常理想的效果, 铸坯等轴晶比例达到 100%, 为后步的热轧奠定了良好的基础。改进前后铸坯低倍组织对比见图 3。

## 3 结论

(1) S31803 钢由于高温两相共存, 在热连轧时容易产生边裂, 这与坯料的原始状态、坯料的加热轧制工艺控制等因素有关。

(2) 通过降低钢中 S、O 以及夹杂物含量和级别, 提高等轴晶比例, 可以改善卷板边部质量。

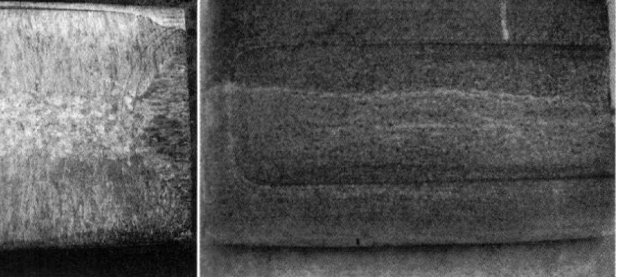


图 3 S31803 双相不锈钢铸坯的低倍组织: (a) 改进前, 柱状晶 + 等轴晶; (b) 改进后, 等轴晶

Fig. 3 Macro structure of cast slab of S31803 duplex stainless steel: (a) before process improvement, columnar crystal + equiaxed crystal; (b) after process improvement, equiaxed crystal

(3) 选择在 1 150 ~ 1 250 °C 加热, 对改善卷板边裂有重要作用。

## 参考文献

1 吴 玖. 双相不锈钢. 北京: 冶金工业出版社, 1999

李国平 (1975-), 男, 高级工程师, 1995 年内蒙古科技大学毕业, 不锈钢新产品、新工艺研究。

收稿日期: 2009-07-01