

## 简化退火高强度冷镦钢 SCM435 盘条的研制

汪开忠 孙 维 于同仁

(马鞍山钢铁股份有限公司, 马鞍山 243000)

**摘 要** 马钢采用铁水预处理-50 t 顶底复吹转炉冶炼-65 t LF 精炼-6 流 140 mm × 140 mm 方坯连铸-SMS 控轧控冷高速线材轧机工艺流程, 生产 Φ5.0 ~ 22.0 mm 简化退火 0.35C 高强度冷镦钢 SCM435 盘条。通过 LF 精炼及连铸保护浇铸和电磁搅拌, 铸坯中氧含量达  $18 \times 10^{-6}$ 。经控轧控冷生产的线材抗拉强度平均为 746.5 MPa, 较常规工艺轧制的线材低 200 MPa。因此, 控轧盘条球化退火时间较常规轧制盘条减少 50%。

**关键词** 冷镦钢 SCM435 盘条 控轧控冷 简化退火

## Research and Production of High Strength Cold Heading Steel SCM435 Wire Coil with Short-Time Annealing

Wang Kaizhong, Sun Wei and Yu Tongren  
(Ma'anshan Iron and Steel Co Ltd, Ma'anshan 243000)

**Abstract** The Φ5.0 ~ 22.0 mm wire coils of 0.35C high strength cold heading steel SCM435 with short-time annealing were produced at Ma'anshan Iron and Steel by hot metal pretreating - 50 t top and bottom combined blown converter melting- 65 t LF refining - 6 strand 140 mm × 140 mm billet concasting - SMS high speed wire coil mill control rolling and cooling process. The oxygen content in cast billet was  $18 \times 10^{-6}$  by LF refining with Ar stirring, sealed and argon shielding casting and electromagnetic stirring. The average tensile strength of wire produced by control rolling and cooling process was 746.5 MPa which lower 200 MPa than that by normal rolling process, therefore the annealing time of wire coil produced by control rolling and cooling process decreased by 50% than that by normal rolling process.

**Material Index** Cold Heading Steel SCM435, Wire Coil, Control Rolling and Cooling, Shortened Annealing Time

### 1 生产工艺

马钢简化退火高强度冷镦钢盘条 SCM435 生产工艺流程为: 铁水预处理 → 50 t 复吹转炉冶炼 → 吹氩站精炼 → LF 精炼 → 6 机 6 流 140 mm × 140 mm 方坯连铸 → 高线热机轧制。

#### 1.1 合金加入方式及 LF 精炼

铝铁随废钢加入转炉内, 其余合金在转炉出钢时随钢流加入。在 LF(表 1) 化渣完毕后取样, 根据钢样分析结果进行合金微调, 微调目标为 (%): 0.35C, 0.15Si, 0.65 ~ 0.68Mn。

LF 终渣的平均化学成分见表 2。造渣料分 3 批加入, 并在精炼过程中辅以部分 Al 粒、电石和碳粉造白渣, 具体的造渣制度如下:

表 1 LF 主要技术参数  
Table 1 Main technical parameters of LF

项目	参数
额定处理量/t	65
钢包直径/mm	2 450
自由空间/mm	650
变压器容量/MVA	14
升温速度/( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ )	4

表 2 LF 终渣化学成分

Table 2 Ingredient of LF end refining slag

渣成分	MgO	MnO	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO
平均值/%	3.84	0.35	58.63	5.02	31.19	0.55

(1) 转炉出钢时, 在钢包底加入第 1 批渣料, 对转炉下渣进行初脱氧;

(2) 吹氩站加入第 2 批渣料, 初步形成钙铝系精炼渣, 为 LF 快速成渣作准备;

(3) 在 LF 精炼前期加入第 3 批渣料, 精炼过程用 Al 粒、电石和碳粉造白渣和保持还原性气氛。

#### 1.2 连铸工艺

连铸机主要技术参数见表 3。钢包到中间包之间采用保护套管 + 氩封、中间包钢水覆盖剂 + 吹氩保护和容量的中间包(工作容量 28 ~ 32 t)。中间包到结晶器采用浸入式水口保护浇铸, 结晶器电磁搅拌, 铸坯的总氧量平均为  $18 \times 10^{-6}$ 。

#### 1.3 轧制控轧控冷工艺

马钢引进的 SMS 轧机的最高轧制速度为 120 m/s, 产品规格: Φ5.0 ~ 22.0mm, 尺寸精度 ± 0.1

表 3 连铸机主要技术参数  
Table 3 Main technical parameters of concaster

项目	参数
中间包容量/t	28
铸坯断面/mm × mm	140 × 140
弧形半径/m	8
流数	6
流间距/mm	1 200
拉坯速度/(m · min <sup>-1</sup> )	2.5 ~ 3.5
铸坯定尺长度/m	14.5
冶金长度/m	27
矫直方式	连续矫直
二次冷却方式	水冷
电磁搅拌	有
铸流保护	有
连铸机平均作业率/%	71
连铸机连浇铸炉数	10
平均浇铸时间/min	33
生产能力/(万 t · a <sup>-1</sup> )	75

mm, 不圆度 ±0.14 mm。其主要技术特点为:

(1) 8 架超重载 V 型顶交 45° 精轧机组 + 4 架超重载 V 型顶交 45° 减定径机组, 超重负荷机架可承受轧制力为正常负荷机架的 184% ~ 190%, 因此其轧制力大, 使热机轧制成为现实(其精轧机、减定径机最低轧制温度可达 750 °C);

(2) 采用单线多通道柔性切换技术, 可以根据产品质量对轧制工艺的要求, 把轧件控制在 750 °C 及以上任意温度进行控制轧制;

(3) 轧后控制冷却线长 105 m, 18 台大风机, 40 个保温罩盖, 最新型风嘴设计, 可以按不同品种质量要求, 实现快冷或缓冷。

轧制冷镢钢盘条 SCM435 的主要工艺为:

(1) 粗轧开轧温度为 1 060 °C 左右, 轧件进精轧机温度为 800 °C, 进定径机组温度为 760 °C;

(2) 采用斯太尔摩控冷线进行控冷。定径机组轧出的高温线材先进入水冷段, 快速冷却到规定温度, 吐丝后在辊道运行中进行缓慢冷却。冷却时, 斯太尔摩冷却线风机全部关闭, 盖罩关闭, 冷却速度约为 0.1 °C/s, 保温时间 10 ~ 20 min。

## 2 产品质量和性能

### 2.1 熔炼成分

SCM435 熔炼化学成分内控范围及实际情况统计见表 4。从表 4 可见, 实际生产中, 为保证成品性能的均匀性, 成分范围控制较窄。同时, 硫、磷含量控制较低, 保证了钢的洁净度。

### 2.2 冶金质量

冷镢钢 SCM435 铸坯中心疏松和角部裂纹为

表 4 冷镢钢 SCM435 的化学成分/%

Table 4 Chemical compositions of cold heading steel SCM435 / %

项目	C	Si	Mn	S	P	Cr	Mo
内控范围	0.33 ~ 0.38	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.85	≤ 0.015	≤ 0.025	0.90 ~ 1.20	0.15 ~ 0.30
分析值	0.34 ~ 0.37	0.17 ~ 0.23	0.64 ~ 0.69	0.001 ~ 0.008	0.011 ~ 0.020	0.95 ~ 1.01	0.17 ~ 0.20

0 ~ 1.0 级, 中心偏析 0.5 ~ 1.0 级, 中间裂纹 0 ~ 0.5 级, 缩孔、边部裂纹、中心裂纹、皮下气泡均为 0 级。

盘条中 A 类夹杂 0 ~ 0.5 级, B 类 0 ~ 1.0 级, C 类 0 级, D 类 0 ~ 0.5 级。

### 2.3 成品力学性能

控制轧制冷镢钢 SCM435 盘条抗拉强度和断面收缩率, 接近国外 SCM435 热轧轧制线材的水平(表 5)。

表 5 不同轧制工艺生产的冷镢钢 SCM435 盘条的力学性能  
Table 5 Comparison of mechanical properties of cold heading steel SCM435 produced with different rolling technology

线材轧制工艺	R <sub>m</sub> /MPa	A/%	Z/%
控制轧制	746.5	30.0	60.5
常规轧制	944.5	28.0	55.0
国外控制轧制	738.5	31.5	61.5

经扫描电镜检查, 线材的组织为铁素体 + 珠光体, 线材的硬度显著降低, HV 值显微硬度为 172 ~ 208, HV 硬度值比常规轧制线材下降了 100。

### 2.4 简化退火试验

用控制轧制生产的 SCM435 盘条, 在标准件厂进行了简化球化退火试验, 退火 9 h 后(加热保温 4 h, 炉冷 5 h, 是传统热处理时间的 50%), 珠光体基本上被球化。随后进行了制作标准件的工业生产性试验, 直接经酸洗、定径拉拔后, 用 Z47-12 冷镢机全部顺利地打成内六角螺栓。

## 3 结语

采用控制轧制工艺, 可较大地软化 SCM435 线材, 抗拉强度降低了约 200 MPa, 断面收缩率提高, 可达到 60% 以上。控制轧制生产的 SCM435 线材热处理时间是传统热处理时间的 50%, 用其生产的内六角螺栓性能完全满足相关标准要求。

汪开忠(1971-), 男, 高级工程师, 硕士, 北京科技大学毕业, 炼钢、连铸技术研究。

收稿日期: 2006-05-22