

## 高碳钢 150 mm × 150 mm 连铸坯堆垛缓冷对碳偏析的影响

邢梅峦<sup>1,2</sup> 包燕平<sup>1</sup>

(1 北京科技大学冶金与生态工程学院,北京 100083;2 辛集市澳森钢铁有限公司,辛集 052360)

**摘要** 高碳钢 SWRH82B(0.81% C)盘条用于生产预应力钢丝钢绞线,其中网状碳化物是造成冷拔断裂的重要原因。试验了该钢 150 mm × 150 mm 铸坯堆垛缓冷时间(0~48 h)对铸坯碳偏析和 Φ12.5 mm 盘条碳化物的影响。结果表明,直接空冷时的铸坯中碳含量的差值为 0.116%,堆垛缓冷 12,24,36,48 h 后碳含量差值分别降至 0.088%,0.080%,0.075% 和 0.076%,盘条中网状碳化物也相应降低;SWRH82B 钢 150 mm × 150 mm 连铸坯堆垛缓冷 24 h,可以满足盘条冷拉工艺要求。

**关键词** 高碳钢 SWRH82B 150 mm × 150 mm 连铸坯 堆垛缓冷 碳偏析

## Effect of 150 mm × 150 mm Casting Billet Stacking Slow Cooling Process on Carbon Segregation of High Carbon Steel

Xing Meiluan<sup>1,2</sup> and Bao Yanping<sup>1</sup>

(School of Metallurgical and Ecological Engineering, university of Science and Technology, Beijing 100083;  
2 Xinji Aosen Iron and Steel Co Ltd, Xinji 052360)

**Abstract** The coil of high carbon steel SWRH82B (0.81% C) is used for pre-stressed wire strands, and the serious net carbides in steel is important factor of wire fracture during cold drawing process. The effect of 150 mm × 150 mm casting billet stacking slow cooling time (0~48 h) of steel on carbon segregation in billet and carbide segregation in Φ12.5 mm coil is tested. Results show that the deviation of carbon content in billet with direct air cooling is 0.116%, after stacking slow cooling of billet for 12, 24, 36 and 48 h, the deviation carbon content in billet respectively decreases to 0.088%, 0.080%, 0.075% and 0.076%, and the rating of net carbide in coil is also corresponding decreased; it is available to meet the requirement for cold drawing process by stacking slow cooling for 24 h of steel SWRH82B 150 mm × 150 mm casting billet.

**Material Index** High Carbon Steel SWRH82B, 150 mm × 150 mm Casting Billet, Stacking Slow Cooling, Carbon Segregation

SWRH82B 是生产预应力钢丝钢绞线用钢。连铸坯中心成分偏析是导致 SWRH82B 线材中心产生马氏体、网状碳化物、拉拔过程产生锥状断口的主要原因<sup>[1]</sup>。碳偏析造成钢丝拉拔或捻股时断丝<sup>[2]</sup>,还可降低成品材的力学性能<sup>[3]</sup>。中心偏析是连铸小方坯代表性的缺陷,解决的办法是增大连铸坯尺寸,大于 180 mm × 180 mm 为宜,以提高轧制比<sup>[4]</sup>。沈世雕<sup>[5]</sup>等对 Q345 钢种中厚板进行堆垛缓冷试验,认为长时间堆垛缓冷处理对铸坯中心偏析级别有降低作用。

辛集市澳森钢铁有限公司采用 150 mm × 150 mm 断面铸坯轧制 SWRH82B 盘条,在现有装备条件下,为进一步降低小方坯的偏析,提高高碳钢线材的质量,进行了连铸坯堆垛缓冷的实验。

### 1 生产工艺和试验方法

#### 1.1 生产工艺

澳森钢铁有限公司生产的 SWRH82B 高碳钢采

用的生产工艺为:130 t 转炉-LF 精炼-小方坯连铸机-高速轧机生产高碳钢。为进一步降低小方坯的偏析,进行了连铸坯在轧制前堆垛缓冷试验。

#### 1.2 取样方法和分析方法

在生产 SWRH82B 钢时选择其中一炉进行跟踪。选择连铸机的某一个流进行取样。在线取一块连铸坯低倍样,直接进行空冷。在跟踪的连铸坯缓冷不同时间后进行轧制前再各取一块铸坯钻样测定碳硫偏析。连铸坯堆垛缓冷不同时间再送轧钢轧制成 Φ12.5 mm 的盘条,然后检测轧制后盘条的高倍碳化物及低倍偏析情况。盘条高倍样和低倍样各取对应连铸坯的 5 个试样。

本试验共进行了 150 mm × 150 mm 连铸坯堆垛缓冷 12,24,36,48 h 后再进行轧制的试验。在跟踪缓冷堆垛的铸坯底层和上层分别放有热铸坯。

在线取一块连铸坯进行空冷,该铸坯编号 No1,连铸坯堆垛 12 h、堆冷 24 h、堆冷 36 h 和堆冷 48 h 后送轧钢轧制前所取连铸坯块编号分别为 No5,4,

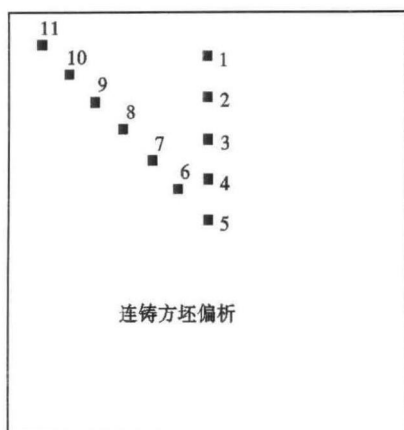


图 1 150 mm × 150 mm 连铸坯横断面碳偏析分析钻样示意图

Fig. 1 Schematic of drill-sampling for analysis of carbon segregation of 150 mm × 150 mm casting billet

表 1 中间包高碳钢 SWRH82B 的化学成分/%

Table 1 Analysis of high carbon steel SWRH82B liquid in tundish / %

C	Si	Mn	P	S
0.81	0.23	0.74	0.015	0.004

3,2。所取连铸坯横断面用于用碳硫分析仪测定碳偏析。其钻样方式如图 1。

所跟踪连铸坯轧制后取盘条样进行低倍偏析检测评级,并采用 Axio Vert. A1 德国蔡司显微镜进行高倍分析,判定其碳化物等级。

## 2 试验结果与讨论

### 2.1 冷却工艺对连铸坯碳偏析的影响

试验炉次的中间包钢水的化学成分见表 1。

将所取连铸坯块按图 1 方式钻样测定碳硫分析,各点的碳含量见表 2。连铸坯横截面钻样测定碳偏析分析,其结果如图 2。

从连铸坯横截面钻样做碳含量的情况可以看出,连铸机在线取的 No1 低倍块,取样后放在连铸机旁空冷,其冷却速度最快,其偏析程度最大。钻样碳的最大值和最小值的差为 0.116%。试样 No5,4,3,2 是经过连铸坯堆垛缓冷不同时间后所取试样,取试样的连铸坯堆垛时表面温度为 634 °C,缓冷时间分别为 12,24,36,48 h,每一种缓冷时间段跟踪连铸坯是 5 支,其上下层均有热连铸坯,且坯垛周围有围挡。试样 No5 是在垛位上堆垛缓冷 12 h 所取铸坯块,其钻样碳的最大值与最小值差为 0.088%,试样 No4 是在垛位上堆垛缓冷 24 h 所取铸坯块,其钻样碳的最大值与最小值差为 0.080%,试样 No3 是在垛位上堆垛缓冷 36 h 取铸坯块,其钻样碳的最大

表 2 堆垛慢冷时间对连铸坯横截面碳含量偏析的影响/%  
Table 2 Effect of stacking slow cooling time on carbon content segregation at cross section of casting billet / %

钻样点	空冷	堆冷/h			
	(No1)	12(No5)	24(No4)	36(No3)	48(No2)
1	0.771 1	0.777 1	0.765 6	0.764 9	0.769 2
2	0.839 5	0.834 9	0.830 6	0.837 3	0.839 8
3	0.848 1	0.810 0	0.845 2	0.824 6	0.814 3
4	0.783 4	0.801 7	0.809 2	0.803 2	0.801 0
5	0.886 8	0.865 4	0.843 5	0.818 3	0.786 4
6	0.807 5	0.804 2	0.791 4	0.789 3	0.816 3
7	0.855 2	0.827 1	0.820 9	0.817 2	0.822 5
8	0.856 3	0.834 5	0.825 4	0.826 7	0.845 1
9	0.830 2	0.832 1	0.846 0	0.839 7	0.830 3
10	0.808 3	0.800 0	0.834 7	0.829 3	0.790 7
11	0.800 9	0.778 1	0.802 5	0.799 8	0.809 2
最大值	0.887	0.865	0.846	0.840	0.845
最小值	0.771	0.777	0.766	0.765	0.769
差值	0.116	0.088	0.080	0.075	0.076

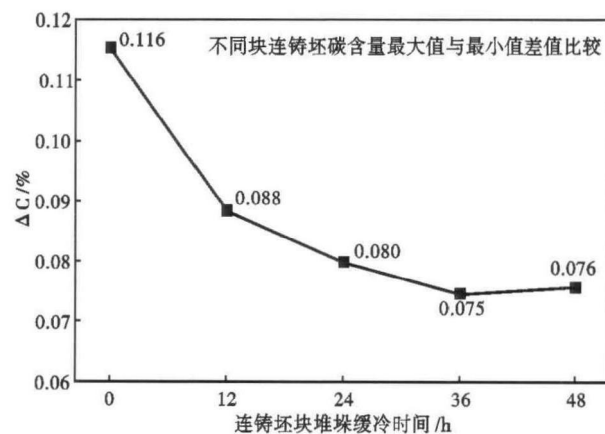


图 2 连铸坯堆垛缓冷时间对碳偏析的影响

Fig. 2 Effect of stacking slow cooling time on carbon segregation of billet

值与最小值差为 0.075%,试样 No2 是在垛位上堆垛缓冷 48 h 取铸坯块,其钻样碳的最大值与最小值差为 0.076%。由此可以看出,堆垛缓冷后连铸坯碳偏析有所减轻。

### 2.2 盘条低倍检测

连铸坯缓冷不同时间后送轧钢车间轧制,连铸坯轧制后各取一圈盘条,在规格为 Φ12.5 mm 的每圈盘条上取固定位置的 4 个试样,盘条试样编号为“连铸坯编号-盘条样编号”,分别做低倍偏析类别及偏析级别评定,并根据贝卡尔特标准进行评分。评定结果如表 3。

对应跟踪铸坯的试样 No2 因受生产限制,轧制成了其它规格,故未进行对照。由 Φ12.5 mm 盘条低倍检测结果看出,连铸坯堆垛缓冷 12 h 后再进行轧制时盘条偏析明显。

### 2.3 盘条高倍检测

表3 SWRH82B 钢连铸坯堆垛缓冷时间对 Φ12.5 mm 盘条低倍级别的影响

Table 3 Effect of stacking slow cooling time of steel SWRH82B casting billet on rating of Φ12.5 mm coil macro-structure

堆垛缓冷时间/h	编号 No	偏析类别	偏析级别	扣分
12	5-1	C	4	3
	5-2	D	5	3
	5-3	D	5	3
	5-4	C	4	3
	No5 累计		18	12
	No5 平均		4.5	3
24	4-1	B	2	0.5
	4-2	A	2	0.2
	4-3	B	2	0.5
	4-4	D	2	0.2
	No4 累计		8	1.4
	No4 平均		2	0.35
36	3-1	D	3	0.5
	3-2	C	3	1.5
	3-3	C	3	1.5
	3-4	C	2	0.75
	No3 累计		11	4.25
	No3 平均		2.75	1.062 5
48	2-1	D	2	0.2
	2-2	D	3	0.5
	2-3	D	4	1.5
	2-4	D	3	0.5
	No2 累计		12	2.7
	No2 平均		3	0.675

表4 SWRH82B 钢连铸坯堆垛缓冷时间对 Φ12.5 mm 盘条高倍组织级别的影响

Table 4 Effect of stacking slow cooling time of steel SWRH82B casting billet on rating of Φ12.5 mm coil micro-structure

堆垛缓冷时间/h	编号 No	中心碳化物	闭合尺寸	评级 (贝卡尔特)	评分
12	5-1	80	0	B	0.5
	5-2	120(闭合 10), 50	10	C	2.1
	5-3	140(10)	10	C	2.1
	5-4	无	0	A	0
	5-5	60, 70	0	B	0.5
	No5 总扣分				5.2
24	4-1	无	0	A	0
	4-2	70	0	B	0.5
	4-3	40, 50	0	B	0.5
	4-4	100	0	B	0.5
	4-5	120	0	B	0.5
	No4 总扣分				2.0
36	3-1	80	0	B	0.5
	3-2	80	0	B	0.5
	3-3	90, 120	0	B	0.5
	3-4	无	0	A	0
	3-5	80	0	B	0.5
	No3 总扣分				2.0

取对应连铸坯轧制成的盘条各一圈,并从每圈上再各取 4 段进行高倍观察。将所取盘条试样在切割机上缓慢切割。切取后的试样按照 GB/T13299-1991 金属显微组织检验方法中的要求进行加工,然后在显微镜下进行偏析级别评定。

将与盘条低倍样对应做了高倍分析。放大倍数是 500 倍。在显微镜下观察碳化物尺寸及闭合情况,并进行评价。然后对照贝卡尔特评分标准进行评分。其结果如表 4。

连铸坯堆垛缓冷 12 h 再进行轧制的试样 No5 按贝卡尔特评分标准进行评定扣分最多,为 5.2 分,连铸坯堆垛缓冷 24 h 和 36 h 再进行轧制的试样 No4 和试样 No3 扣分均为 2 分,铸坯缓冷 24 h 轧制时盘条碳化物减轻。

### 3 结论

(1) 150 mm × 150 mm 连铸坯直接空冷的碳偏析程度最严重,为 0.116%。

(2) 连铸坯堆垛缓冷 36 h 后再进行轧制偏析程度可减轻至 0.075%。

(3) 高碳钢连铸坯堆垛缓冷可以对连铸坯的偏析有一定的降低。可以降低盘条的网状碳化物。进而提高盘条的拉拔性能。在现有条件下,连铸坯堆垛缓冷 24 h 的碳偏析为 0.080%,可满足要求。

### 参考文献

[1] 桂美文,覃之光. 82B 高碳钢连铸坯中心偏析及线材质量的改善[J]. 炼钢, 2005, 21(3): 1-4.  
 [2] 王贵容,薛正良. 湘钢预应力钢丝用钢 SWRH82B 盘条的质量控制[J]. 特殊钢, 2005, 26(5): 44-47.  
 [3] 赵莉萍,麻永林,王玉峰,等. 铸坯缺陷对 SWRH82B 钢盘条冷拔质量的影响[J]. 特殊钢, 2007, 28(4): 48-49.  
 [4] 李桂英,姜世全. 82B 盘条质量研究[J]. 金属制品, 2005, 31(3): 42-44.  
 [5] 沈世雕,黄福祥,陈书浩,等. 堆垛缓冷对连铸坯中心偏析的影响[J]. 钢铁, 2010, 45(10): 47-51.

邢梅峦(1971-),女,博士生(北京科技大学),高级工程师,1993 年河北理工大学(本科)毕业,品种钢工艺技术研究。

收稿日期:2013-12-27

欢迎全国各冶金机械及相关行业  
 在《特殊钢》杂志上刊登宣传广告