

## SWRH72A连铸坯中心碳、硫偏析试验研究

王庆贤, 亓奉友, 王同勋

(青岛钢铁(控股)集团有限责任公司, 山东 青岛 266043)

**摘要:** 为了解决150mm×150mm规格的SWRH72A连铸坯内部严重的碳、硫偏析问题, 试验采用了结晶器电磁搅拌(M-EMS)技术。对比发现, 采用M-EMS技术后, 能有效减轻连铸坯内部严重的碳、硫偏析, 中心碳偏析系数由1.234降为1.101, 中心硫偏析系数由1.555降为1.335, 提高了连铸坯内部质量。

**关键词:** 高碳钢; 连铸坯; 偏析; 结晶器; 电磁搅拌

中图分类号: TF771.2 文献标识码: B

### Research on the Segregation Test of Central Carbon and Sulphur of SWRH72A Continuous Casting Billet

WANG Qing-xian, QI Feng-you, WANG Tong-xun

(Qingdao Iron and Steel (Stock Control Group)Co. Ltd., Qingdao 266043, China)

**Abstract:** In order to resolve the serious carbon and sulphur segregation inside the SWRH72A continuous casting billet (150mm×150mm), the in mould electromagnetic stirring technique (M-EMS) is used. By using the M-EMS, the serious carbon and sulphur segregation inside the continuous casting billet is reduced effectively and the quality of casting billet is improved.

**Keywords:** high carbon steel; continuous casting billet; segregation; mould; electromagnetic stirring

## 1 前言

SWRH72A为日本牌号的高碳钢, 碳含量较高, 主要用于制作各种不同用途的钢丝绳、胎圈钢丝、镀锌钢丝等。该钢种为青岛钢铁(控股)集团有限责任公司(简称青钢)近年来开始生产的高效品种钢, 在R5m小方坯连铸机(无电磁搅拌技术)上生产, 受连铸机工装条件的限制, 连铸坯内部质量波动较大。

2003年3月以来, SWRH72A质量异议内容主要为脆断。经检验, 断口处中心碳偏析级别为4级(见图1, 标准中最高级别为5级)。分析认为是由于150mm×150mm规格的连铸坯内部中心碳偏析所致。为解决此问题, 拟定采用结晶器电磁搅拌(M-EMS)技术。2003年4月在青钢第一炼钢厂3<sup>#</sup>连铸机(R5m)上组织生产了一批150mm×150mm规格的SWRH72A连铸坯, 部分铸坯试验采用了M-EMS技术, 并与未用M-EMS技术的铸坯作对比。

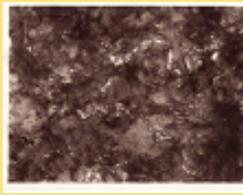


图1 SWRH72A断口处金相组织 500× (横向)

## 2 试验方法

从浇次第2炉开始，在1、2流上用结晶器电磁搅拌（参数为：320A、5Hz），3、4流未用。在本炉钢水浇至1/2时，从2流和3流上各取1块低倍样。编号分别为57692-2(用电磁搅拌)和57692-3。间隔几炉后又取了2块低倍样，编号为57823-1(用电磁搅拌)和57823-3。2炉钢的工艺参数见表1，熔炼成分见表2。

表1 连铸工艺参数

编号	平台温度/°C	中间罐钢液温度/°C					拉速/m. min <sup>-1</sup>
		T <sub>平均</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	
57692-2	1561	1484	1484	1490	1496	1489	1.43
57692-3							1.42
57823-1		1493	1499	1495	1496	1496	1.48
57823-3							1.48

注：T<sub>1</sub>~T<sub>4</sub>为 每间隔一段时间所测的中间罐钢液温度。

表2 化学成分（熔炼分析） %

批号	C	Si	Mn	P	S
57692	0.72	0.26	0.57	0.029	0.016
57823	0.72	0.25	0.56	0.027	0.022

把每块试样（未经酸洗的一面）分成A、B、C、D四个区域（见图2），其中A区为铸坯边缘地带，B区为中间地带，C区为靠近中心地带，D为中心。从A、B、C、D区中各点用5.5mm的钻头分别钻取8、8、4、1个试样，用红外碳硫仪进行[C]、[S]分析。

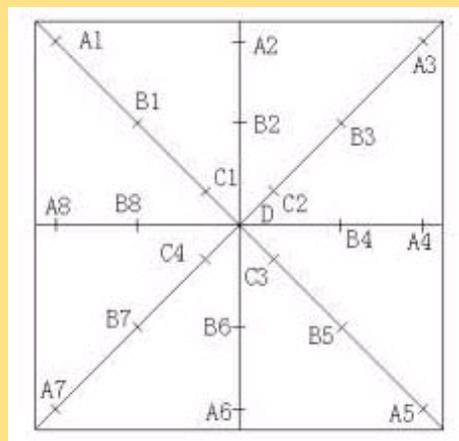


图2 各取样点分布图

### 3 试验结果及分析

#### 3.1 各区碳、硫分布情况

各区[C]、[S]分析结果见表3~6。

熔炼成分中[C]为0.72%、[S]为0.016%。由[CM(22)]表3可以看出，A区、C区[C]平均值比熔炼成分低，B区、D区[C]平均值比熔炼成分高，而各区中[S]平均值均比熔炼成分高。由表4可知，A区、C区[C]平均值比熔炼成分低，B区[C]平均值与熔炼成分相等，D区[C]平均值明显比熔炼成分高，而各区中[S]平均值均比熔炼成分高。由表5可知，A区[C]平均值比熔炼成分低，其它各区[C]平均值均比熔炼成分高，其中D点最高。各区中[S]平均值均比熔炼成分高。由表6可知，A区[C]平均值比熔炼成分中低，其它各区[C]平均值均比熔炼成分高，其中D点最高。各区中[S]平均值均比熔炼成分高。

表3 57692-2试样各点成分（电磁搅拌） %

编号	C	S	C	S	C	S	C	S	
A1	0.695	0.0171	B1	0.755	0.0186	C1	0.710	0.0167	
A2	0.663	0.0163	B2	0.746	0.0193	C2	0.722	0.0181	
A3	0.685	0.0171	B3	0.728	0.0173	C3	0.718	0.0174	
A4	0.659	0.0164	B4	0.728	0.0179	C4	0.717	0.0184	
A5	0.682	0.0166	B5	0.725	0.0185				
A6	0.638	0.0152	B6	0.720	0.0179				
A7	0.676	0.0160	B7	0.734	0.0182				
A8	0.644	0.0150	B8	0.745	0.0188				
平均值	0.668	0.0162		0.735	0.0183		0.717	0.0177	
								0.777	0.0227

表4 57692-3试样各点成分（无电磁搅拌） %

编号	C	S	C	S	C	S	C	S	
A1	0.708	0.0170	B1	0.715	0.0179	C1	0.713	0.0177	
A2	0.691	0.0172	B2	0.728	0.0182	C2	0.712	0.0175	
A3	0.707	0.0172	B3	0.708	0.0171	C3	0.715	0.0174	
A4	0.697	0.0174	B4	0.725	0.0176	C4	0.710	0.0177	
A5	0.704	0.0175	B5	0.724	0.0168				
A6	0.705	0.0180	B6	0.717	0.0184				
A7	0.707	0.0180	B7	0.722	0.0183				
A8	0.707	0.0176	B8	0.719	0.0171				
平均值	0.703	0.0175		0.720	0.0177		0.713	0.0176	
								0.946	0.0320

表5 57823-1试样各点成分（电磁搅拌） %

编号	C	S	C	S	C	S	C	S	
A1	0.718	0.0241	B1	0.756	0.0237	C1	0.727	0.0224	
A2	0.667	0.0218	B2	0.765	0.0248	C2	0.731	0.0232	
A3	0.698	0.0224	B3	0.742	0.0236	C3	0.726	0.0230	
A4	0.673	0.0225	B4	0.764	0.0239	C4	0.729	0.0230	
A5	0.684	0.0215	B5	0.739	0.0234				
A6	0.666	0.0214	B6	0.752	0.0238				
A7	0.691	0.0224	B7	0.737	0.0242				
A8	0.675	0.0217	B8	0.737	0.0237				
平均值	0.684	0.0222		0.749	0.0239		0.728	0.0229	
								0.808	0.0275

表6 57823-3试样各点成分（无电磁搅拌） %

编号	C	S	C	S	C	S	C	S			
A1	0.724	0.0227	B1	0.738	0.0232	C1	0.729	0.0236	D	0.831	0.0244
A2	0.720	0.0231	B2	0.744	0.0236	C2	0.733	0.0239			
A3	0.718	0.0226	B3	0.729	0.0236	C3	0.732	0.0239			
A4	0.715	0.0229	B4	0.735	0.0239	C4	0.729	0.0229			
A5	0.706	0.0222	B5	0.727	0.0235						
A6	0.717	0.0238	B6	0.759	0.0240						
A7	0.722	0.0225	B7	0.731	0.0234						
A8	0.723	0.0222	B8	0.732	0.0240						
平均值	0.718	0.0228		0.737	0.0237		0.731	0.0236		0.831	0.0244

未经过电磁搅拌的与经过电磁搅拌的相比，A区[C]、[S]值偏高，B区[C]、[S]值偏低，C区[C]、[S]值相近。D区[C]、[S]值差距最明显。这说明电磁搅拌能明显减轻铸坯中心碳、硫等元素的富集现象。主要是由于结晶器内的钢水在电磁力的作用下产生旋转，旋转的钢水对新注入结晶器的高温钢水垂直向下的运动起了阻断作用，从而提高了热区位置，客观上起到了降低过热度的作用；另一方面，使钢水温度均匀化，铸坯中心到边缘的温度梯度减小。前者使缩孔级别降低，后者使心部钢水凝固时形成分散的缩孔（疏松）。而没有结晶器电磁搅拌的钢水凝固时形成集中缩孔，尤其在小方坯连铸机上浇注高过热度钢水时更为明显。正是这些缩孔的存在为铸坯内部严重的碳、硫偏析提供了条件。

### 3.2 中心碳偏析系数

中心碳偏析系数（Co/C）见表7。

表7 中心碳偏析系数（Co/C）

编号	电磁搅拌	Co/%	C/%	Co/C
57692-2	有	0.777	0.720	1.079
57823-1		0.808	0.720	1.122
57692-3	无	0.946	0.720	1.314
57823-3		0.831	0.720	1.154

注：Co—铸坯中心碳含量（D点碳含量）；C—熔炼成分中碳含量。

由表7可知，经过电磁搅拌的试样Co/C平均值为1.101；而没经过电磁搅拌的Co/C平均值为1.234。

### 3.3 中心硫偏析系数

中心硫偏析系数（So/S）见表8。

表8 中心硫偏析系数（So/S）

编号	电磁搅拌	So/%	S/%	So/S
57692-2	有	0.0227	0.0160	1.419
57823-1		0.0275	0.0220	1.250
57692-3	无	0.0320	0.0160	2.000
57823-3		0.0244	0.0220	1.109

注：So为铸坯中心硫含量（D点硫含量）；S为熔炼成分中硫含量。

由表8可以看出，经过电磁搅拌的试样So/S平均值为1.335；没经过电磁搅拌的试样So/S平均值为1.555。正是这种严重的偏析，恶化了盘条的最终性能。57823-3试样出现了偏析系数为1.109（低于有电磁搅拌时的系数）的情况，与连铸坯所特有的“小钢锭”结构特点及取样位置有关。

### 3.4 数据分析

采用电磁搅拌后，中心碳偏析及硫偏析情况均有减轻，说明电磁搅拌能够减轻连铸坯内部偏析的程度，使铸坯内部质量趋于稳定。经过电磁搅拌的试样与没经过电磁搅拌的试样相比，中心碳偏析系数平均相差0.133，中心碳含量差距为0.096%；中心硫偏析系数平均相差0.220，中心硫含量差距为0.0044%。

## 4 结论

4.1 所取的4个试样中，Co/C与So/S的最大值均出现在未用M-EMS技术的试样中，而且在同一试样中，说明铸坯内部发生严重的中心碳偏析，并伴随着严重的中心硫偏析。

4.2 连铸坯内部局部严重的中心偏析导致盘条内部中心偏析，影响产品的最终性能，在拉拔过程中容易脆断。

4.3 用M-EMS技术可有效减轻连铸坯内部严重的碳、硫中心偏析，从而减轻盘条内部的中心偏析，改善盘条的拉拔性能。

---

[返回上页](#)