20MnSi连铸方坯中夹杂物的研究

曹 伟,王 雨

(重庆大学材料科学与工程学院,重庆 400044)

摘 要:采用大样电解、金相观测、扫描电镜、电子探针等手段,对20MnSi连铸方坯中夹杂物的数量、粒径、分布、组成和来源进行了研究。结果表明:不合理的中间包结构以及浇铸的不稳定是造成方坯洁净度低的主要原因。研究结果为优化生产工艺,提高连铸方坯质量提供了依据。

关键词:20MnSi;连铸方坯;夹杂物

中图分类号:TF777.3 **文献标识码**:A **文章编号**:1004-7638(2007)03-0011-03

Research on Inclusion in 20MnSi Continuously Cast Billet

Cao Wei, WangYu

(School of Materials Science and Engineering of Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: The behavior of the inclusion in 20MnSi continuously cast billet is studied by large sample electrolysis, metallographical observation, SEM and EDS etc. The amount, size, distribution, composition and source of the inclusion are investigated. The results show that the unreasonable tundish structure and the unstable casting operation are the mainly causes for the low cleanliness of the billet. This result could be useful to optimize the production technology and improve the quality of 20MnSi continuously cast billet.

Key words: 20MnSi; continuously cast billet; inclusion

0 引言

20MnSi螺纹钢是国内建筑用量最大的低合金钢,多采用转炉→二次精炼→小方坯连铸→轧制工艺来生产。现代结构趋向大跨重载,加上混凝土强度普遍提高,要求螺纹钢具有更高的力学性能,而钢中的夹杂物破坏了基体的连续性,降低了钢的力学性能[1]。因此降低钢中的夹杂物,提高铸坯质量,进而提高企业竞争力就成了众多企业不断追求的目标。

本试验针对某厂生产20MnSi连铸方坯的现行工艺,研究了铸坯中夹杂物数量、粒径、分布、类型和来源,为优化生产工艺,进一步提高铸坯质量奠定了基础。

1 试验研究方法

1.1 生产工艺

试验对象的生产工艺为:高炉铁水→25 t顶吹转炉→吹氩搅拌→150 mm×150 mm小方坯连铸。转炉采用单渣、增碳法冶炼,终点温度控制在1 645~1 670 ℃;吹氩时间为5 min左右;连铸采用3流12 t的T型中间包,中包工作液面高度600~700 mm,采用浸入式水口+保护渣浇铸工艺。

1.2 研究方法

针对该厂20MnSi的典型工艺,连续跟踪3炉,在每炉的边缘流及中间流上取铸坯样。通过电解分离夹杂物来研究大型夹杂物总量及粒径,采用电子探针分析夹杂萃取物的组成,并根据夹杂物所含的特征元

收稿日期:2007-03-09

作者简介:曹 伟(1982—),男,山西省灵石县人,硕士,主要从事连铸技术研究。

素判断其来源，通过金相观测研究夹杂物的分布。

通过对各炉次的头、中、尾铸坯中夹杂物检测分析，考察生产和操作的稳定性，为优化生产工艺提供依据。

2 试验结果与分析

2.1 铸坯中大型夹杂总量

对铸坯试样的电解夹杂结果示于图 1 和图 2，检测表明：试验炉次铸坯的大型夹杂总量处于每公斤钢17.62 ~ 31.59 mg 之间，并呈现如下规律。

(1)处于中包使用周期的第二炉，边缘流和中心流铸坯大型夹杂总量低于开浇初期和末期的第一炉和第三炉对应流的铸坯大型夹杂总量。

(2)不同炉次中间流铸坯夹杂总量总是高于位于边缘流的铸坯夹杂总量，平均约高出 7.5 mg/kg。

(3)同一炉次中间坯夹杂总量总低于头坯和尾坯，平均低约 8.2 mg/kg。

比较以上试验结果，可知该厂生产的铸坯夹杂量较高，提高质量还有较大的工艺改进空间。

2.2 铸坯大型夹杂粒径和组成

对于电解萃取夹杂进行筛分分析，结果如表 1 所示，可见铸坯中大于 50 μm 的大型夹杂物占 65% 以上，尤以 50 ~ 100 μm 的夹杂物居多，占 30% 以上。

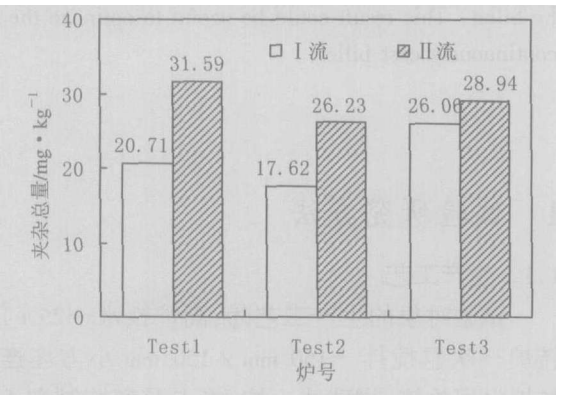

图 1 各炉次不同流的铸坯夹杂量

Fig.1 Contents of inclusion in billet of different strand for different heat

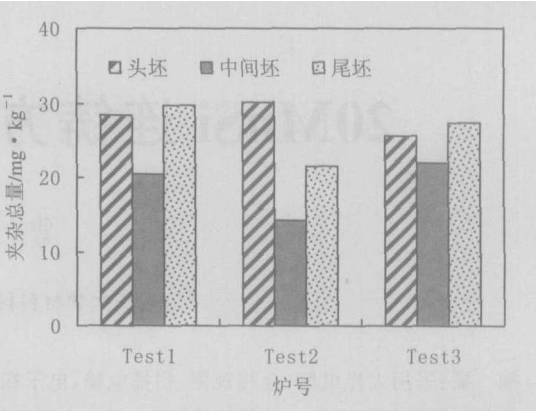

图 2 各炉次不同时期的夹杂量

Fig.2 Contents of inclusion in billet in different period for different heat

表 1 方坯中夹杂物粒径分布

Table 1 Size distribution of large inclusions in billet

炉号	夹杂物所占重量百分数/%				
	< 50 μm	50 ~ 100 μm	100 ~ 180 μm	180 ~ 280 μm	> 280 μm
Test1	27.14	37.31	16.16	12.55	6.84
Test2	24.6	32.44	19.44	16.85	6.67
Test3	35.19	30.71	16.96	10.08	7.06

采用扫描电镜及电子探针对电解夹杂萃取物进行组成分析，见表 2 和图 3。

由上述分析可知：试验炉次的铸坯夹杂物粒径较大且分布范围较宽；夹杂物主要成分为硅和锰，约占夹杂总重量的 35% ~ 60%；另外部分夹杂物含有较高的 Ca、Al，此外还检测到作为冶金辅料的特征组分元素 Na 和 Ti，示踪剂实验证明[2]，它们分别来自结晶器保护渣和大包引流砂。由此可见：夹杂物的主要组成有 MnO、SiO_2、CaO、Al_2O_3、Na_2O、TiO_2 等及其相关复合夹杂物，与脱氧、卷渣、原料带入等因素相关。

2.3 铸坯中夹杂物分布

对截取的铸坯断面的夹杂物分布进行统计分析，沿铸坯断面对角线方向不同位置的夹杂物指数

表 2 夹杂物电子探针分析结果

Table 2 EMPA results of inclusion %

探测点	O	Na	Mg	Al	Si	Ca	Ti	Mn	Total
1	60.23				39.77				100.00
2	50.17			3.31	22.84	11.46		12.22	100.00
3	24.40	2.47	2.04	1.68	22.93	7.78	2.28	36.42	100.00
4	40.35		1.20	1.73	25.18	6.47	2.39	22.68	100.00
5	48.55				51.45				100.00
6	46.12			10.79	18.44	5.02		19.64	100.00

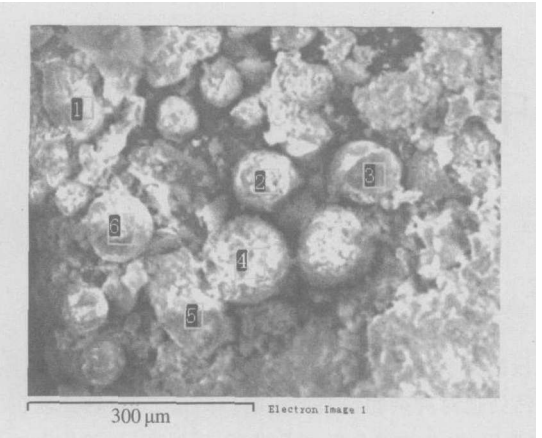

图 3　夹杂电镜照片与能谱测点

Fig.3　Stereoscan photograph of the clusions and energy spectrometric testing points

如图 4 所示。由图 4 可见:中心流铸坯夹杂物指数高于边缘流同一位置的铸坯夹杂物指数;沿对角线方向距铸坯中心 40 ~ 60 mm 的位置夹杂物指数较高,而且发现铸坯中的微观夹杂物主要为硫化锰、硅酸盐和三氧化二铝。

3　铸坯夹杂物影响因素

3.1　中间包结构的影响

由图 1 和表 2 可知:该厂各铸流铸坯夹杂量差异很大,且铸坯中含有引流砂成分中的 TiO_2。作为钢水净化和精炼的反应器,该厂中间包未能发挥其应有的冶金作用,主要有以下原因:

(1)中间包钢水缺乏良好的流动状态,钢液在中间包内的停留时间相对较短,不利于夹杂物上浮排出。另外包内无堰、坝、挡墙等控流装置,导致中心铸流铸坯的夹杂总量比边缘铸流铸坯夹杂总量高出 10% ~ 35%,说明在无控流装置条件下,钢液对中心流的冲击超过边缘流,造成中心流夹杂物难以去除。

(2)中间包内大包注流落点处(后包)的容积小,

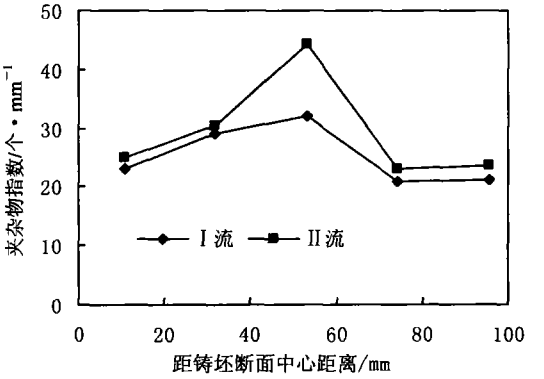

图 4　不同位置的夹杂物指数

Fig.4　Inclusion index at different locality

而深度又浅,这样一来,整个浇铸过程中该处钢渣混搅严重,不仅使得钢液夹杂物难以上浮,还容易卷渣,再加上中间包无挡渣墙,钢液缺乏流动,必然会有大量中包渣卷入钢液。

3.2　工艺稳定性的影响

从图 1 和图 2 可知:一个中包使用周期内,前、中、后 3 炉次铸坯夹杂总量波动较大;一个浇铸炉次内,头、中间、尾坯夹杂总量波动较大。这主要是由于各炉次之间以及每个炉次浇铸过程中中间包液位的不稳定性造成的,因此保持连铸过程的稳定性对于减少铸坯夹杂物,进而提高铸坯质量有重要意义。

4　结论

(1)在该厂现有装备和工艺条件下,20MnSi 铸坯中夹杂物总量高,粒径较大且分布范围较宽,中心铸流铸坯的夹杂物指数高于边缘流铸坯的夹杂物指数,总体上铸坯洁净度比较低。

(2)铸坯中夹杂物的主要成分为 Mn 和 Si,夹杂物主要来自脱氧产物、钢包下渣以及结晶器保护渣。

(3)改进脱氧工艺,优化中间包结构,加强浇铸的稳定性是提高铸坯洁净度的有效途径。

参考文献:

[1]　Li Weimiu. Non - metallic Inclusion in Steel[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 1988. 24 - 27.
(李为缪. 钢中非金属夹杂物[M]. 北京:冶金工业出版社, 1988. 24 - 27.)

[2]　English T H. Use of Rare Earth Oxide Traces in Determination of Inclusion Sources and Origins at British Steel[J]. Ironmaking and Steelmaking, 1993, 20(2): 97.

[3]　Cai Kaike. Cast and Solidification[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 1992. 14.
(蔡开科. 浇注与凝固. 北京:冶金工业出版社, 1992. 14.)

编辑　余文华