

文章编号 :1002 - 6886(2005)05 - 0074 - 03

连铸坯中夹杂物综合测定与分析

王金凤¹ ,方万里² ,伍玉娇²

(1. 湖北汽车工业学院 材料系 ,湖北 十堰 442002 2. 贵州大学 材料科学与冶金学院 ,贵州 贵阳 550003)

摘要 :利用金相显微镜和扫描电镜及图像分析仪对首钢连铸坯中的夹杂物进行了测定及分析 ,得出了夹杂物的形态、分布及来源。

关键词 :连铸坯 夹杂物 分析

Determination and Analysis of Inclusion in Continuous Casting Slab

WANG Jin-feng ,FAN Wan-li ,WU Yu-jiao

Abstract : This paper focused on the determination and analysis of inclusion in continuous casting slab by macrostructure ,SEM&EDS and image analyzer ,and found out the configuration ,distribution and origin of inclusion.

Key words : continuous casting slab ;inclusion analysis

目前 ,随着市场的激烈竞争 ,对钢材的质量要求越来越严格 ,相应地要求控制连铸坯夹杂物的技术水平不断提高 ,以满足对产品质量水平的要求。夹杂物是影响连铸坯质量的主要因素 ,它的存在破坏了钢的连续性 ,对钢材的性能产生不利影响 ,对产品质量带来极大的危害。由于连铸坯中的夹杂物缺陷对钢的性能有很大的影响 ,净化钢液 ,改进钢中夹杂物的形态、尺寸和分布是改善产品质量的重要措施之一^[1]。夹杂物的来源和表现是一个十分复杂的问题 ,在实际检验和分析过程中 ,如何充分发挥各种检验手段的作用 ,确定钢中夹杂物的来源和表现行为 ,一直是广大冶金工作者研究的课题。为了对钢中夹杂物的来源、含量和尺寸有一个深入广泛的认识 ,我们以首钢钢铁集团总公司生产和科研实际情况开展了钢中夹杂物的检测及分析研究。

1 实验方法

生产高碳钢采用的工艺流程为 :转炉 - 吹氩 - 连铸 - 高速线材工艺。脱氧合金化采用硅铁 + 锰铁^[2]。连铸钢包 - 中间包采用敞开浇注。(130 × 130 mm²)方坯经高速线材轧机轧制成各种线材供用户使用。

试验用连铸坯为首钢取回的高碳连铸小方坯(130 × 130 mm²) ,钢号分别为 82B、77B - G、82B - 1、77B - 0 和 72A 五块。

1.1 金相和图像分析仪分析

利用金相显微镜(OLYMPUS - MG3)和图像分析仪对钢中的夹杂物进行金相分析和级别评定。连铸坯不同部位金相取样位置如图 1 所示 ,金相试样编号分别为 1 号至 45 号。

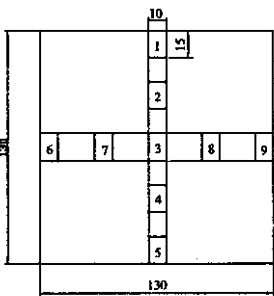


图1 连铸坯截面上取金相试样位置示意图

1.2 扫描电镜和能谱分析

扫描电镜是用来观察物体(材料试样或零件)表面和断口微区形貌的电子光学仪器 ,它将经聚焦而得到的很细的电子束投射到物体上 ,由物体表层激发出的二次电子等信息被收集、处理和显示 ,从而得到被电子束扫描照射区域的形貌信息。将扫描电镜与 X 射线能谱仪联机使用 ,可以得到被电子束扫描区域的形貌和化学元素分布的信息。实验用扫描电镜为 KYKY - 2800 型 ,自带能谱仪。

2 结果与讨论

2.1 金相分析结果

在连铸坯上按图 1 方式共制取了 45 块金相样 ,按国标 GB10561 - 1989《钢中非金属夹杂物评定方法》中采用了 ASTM 标准评级图对它们中的夹杂物进行了金相评级^[3]。评级结果见表 1、表 2、表 3、表 4 和表 5。

表 1 82B (F7775 炉号)连铸坯中夹杂物金相评级

编 号	夹杂物评级			
1	A _{1.0}	B _{1.0}	C _{1.5}	D _{1.0}
2	A _{1.0}	B _{1.0}	C _{1.5}	D _{1.0}
3	A _{2.0}	B _{1.5}	C _{2.5}	D _{1.5}
4	A _{1.0}	B _{1.0}	C _{1.5}	D _{1.0}
5	A _{1.0}	B _{1.0}	C _{1.5}	D _{1.0}
6	A _{1.0}	B _{1.0}	C _{1.0}	D _{1.0}
7	A _{1.5}	B _{1.0}	C _{1.5}	D _{1.0}
8	A _{1.5}	B _{1.0}	C _{1.5}	D _{1.0}
9	A _{1.0}	B _{1.0}	C _{1.0}	D _{1.0}

作者简介 :王金凤(1978—) ,女 ,湖北汽车工业学院材料系讲师。

收稿日期 2005 - 6 - 6
万方数据

表 2 77B - G (F7794 炉号) 连铸坯中夹杂物金相评级

编 号		夹杂物评级			
10	A _{1.0}	B _{1.0}	C _{1.5}	D _{1.0}	
11	A _{1.0}	B _{1.0}	C _{1.5}	D _{1.0}	
12	A _{2.0}	B _{1.5}	C _{2.5}	D _{1.5}	
13	A _{1.0}	B _{1.0}	C _{2.5}	D _{1.0}	
14	A _{1.0}	B _{1.0}	C _{1.5}	D _{1.0}	
15	A _{1.0}	B _{1.0}	C _{1.0}	D _{1.0}	
16	A _{1.5}	B _{1.0}	C _{2.5}	D _{1.0}	
17	A _{1.5}	B _{1.0}	C _{2.0}	D _{1.0}	
18	A _{1.0}	B _{1.0}	C _{1.0}	D _{1.0}	

表 3 82B - 1 (F7791 炉号) 连铸坯中夹杂物金相评级

编 号		夹杂物评级			
19	A _{1.0}	B _{1.0}	C _{1.5}	D _{1.0}	
20	A _{1.0}	B _{1.0}	C _{1.5}	D _{1.0}	
21	A _{2.0}	B _{1.5}	C _{2.5}	D _{1.5}	
22	A _{1.0}	B _{1.0}	C _{1.5}	D _{1.0}	
23	A _{1.0}	B _{1.0}	C _{1.5}	D _{1.0}	
24	A _{1.0}	B _{1.0}	C _{1.0}	D _{1.0}	
25	A _{1.5}	B _{1.0}	C _{1.5}	D _{1.0}	
26	A _{1.0}	B _{1.0}	C _{1.5}	D _{1.0}	
27	A _{1.0}	B _{1.0}	C _{1.0}	D _{1.0}	

表 4 77B - 0 (D7510 炉号) 连铸坯中夹杂物金相评级

编 号		夹杂物评级			
28	A _{1.0}	B _{1.0}	C _{1.5}	D _{1.0}	
29	A _{1.0}	B _{1.0}	C _{1.5}	D _{1.0}	
30	A _{2.0}	B _{1.5}	C _{2.5}	D _{1.5}	
31	A _{1.0}	B _{1.0}	C _{1.5}	D _{1.0}	
32	A _{1.0}	B _{1.0}	C _{1.5}	D _{1.0}	
33	A _{1.0}	B _{1.0}	C _{1.0}	D _{1.0}	
34	A _{1.0}	B _{1.0}	C _{1.5}	D _{1.0}	
35	A _{1.5}	B _{1.0}	C _{1.5}	D _{1.0}	
36	A _{1.0}	B _{1.0}	C _{1.0}	D _{1.0}	

表 5 72A 连铸坯中夹杂物金相评级

编 号		夹杂物评级			
37	A _{1.0}	B _{0.5}	C _{1.0}	D _{1.0}	
38	A _{1.0}	B _{0.5}	C _{1.0}	D _{1.0}	
39	A _{1.5}	B _{1.0}	C _{2.5}	D _{1.5}	
40	A _{1.0}	B _{0.5}	C _{1.0}	D _{1.0}	
41	A _{1.0}	B _{0.5}	C _{1.0}	D _{1.0}	
42	A _{1.0}	B _{0.5}	C _{1.5}	D _{1.0}	
43	A _{1.5}	B _{0.5}	C _{1.5}	D _{1.0}	
44	A _{1.0}	B _{0.5}	C _{1.0}	D _{1.0}	
45	A _{1.0}	B _{0.5}	C _{1.0}	D _{1.0}	

1)A 类夹杂物(硫化物)

绝大部分夹杂等级为 A_{1.0} 或小于 A_{1.5}。编号为 7、8、16、17、25、35、39、43 为 A_{1.5} , 且均为细系 , 占总分析样的 17.78% , 说明硫化物夹杂较细小。夹杂等级为 A_{2.0} 有 4 个 , 编号为 3、12、21、30 , 占总分析样的 8.89%。在连铸坯的上下、左右方向表面的夹杂较少 , 在连铸坯中心处的夹杂较多。而 3、12、21、30 连铸坯中的夹杂多集中在中心。

2)B 类夹杂物(氧化铝类夹杂)

金相中夹杂评级最大为 B_{1.5} , 且 B_{1.5} 的样只有 4 个 占总分析样的 8.89% , 说明铸坯中 B 类夹杂物并不严重。这 4 个样的编号为 3、12、21、30。

3)C 类夹杂物(硅酸盐夹杂)

从金相评级看 , C_{1.5} 的样有 23 个 , 占总分析样的 51.56%。夹杂等级为 C_{2.5} 有 7 个 , 占总分析样的 15.56%。这说明相对其它类型夹杂物而言 , 连铸坯中硅酸盐夹杂比较严重。

4)D 类夹杂物(球类或点状氧化物)

绝大部分夹杂等级为 D_{1.0} 有 40 个 , 占总分析样的 88.89%。夹杂等级为 D_{1.5} 有 5 个 , 占总分析样的 11.11%。

从上面的金相结果可以看出 , 连铸坯中的夹杂物缺陷并不严重 , 无论哪类夹杂物 , 大颗粒的夹杂物所占比例均较小 , 且多分布在连铸坯中心区域。

对金相显微镜和图像分析仪定量测出的结果进行汇总 , 然后我们以 72A 为例分别计算出连铸坯中不同位置的夹杂物面积百分数的平均值(见表 6) 并且绘制出分布图(图 2)。可以看出 , 夹杂物总量最大值出现在位置 39 处 , 其次是位置 40 和位置 43 , 最小值出现在位置 45 处。夹杂物尺寸以 0 ~ 10 μm 为主。

表 6 72A 连铸坯中不同位置的夹杂物面积百分数的平均值

位置系号	夹杂物尺寸/μm						合计
	0 ~ 10	11 ~ 19	20 ~ 29	30 ~ 39	40 ~ 49	≥50	
37	0.015 4	0.004 5	0.003 0	0.001 6	0.003 2	0.000 0	0.027 7
38	0.017 5	0.007 4	0.003 1	0.003 8	0.006 5	0.001 2	0.039 5
39	0.025 0	0.012 2	0.004 6	0.004 8	0.009 7	0.001 4	0.057 7
40	0.032 8	0.011 2	0.005 1	0.003 7	0.003 2	0.000 0	0.056
41	0.021 4	0.006 8	0.001 8	0.000 5	0.002 0	0.000 0	0.032 5
42	0.032 5	0.003 3	0.002 0	0.001 6	0.001 4	0.000 0	0.040 8
43	0.033 5	0.004 0	0.001 8	0.001 4	0.002 6	0.000 0	0.043 3
44	0.022 4	0.003 0	0.001 6	0.000 4	0.000 2	0.000 0	0.027 6
45	0.017 2	0.003 9	0.001 8	0.000 2	0.001 3	0.000 0	0.024 4

图 2 72A 连铸坯中不同位置的夹杂物面积百分数

2.2 连铸坯中夹杂物类型

连铸坯中常见的夹杂物是氧化物、硫化物、硅酸盐。氧在钢中以固态夹杂物形态存在 , 是钢中进行脱氧和合金化时一些元素简单或复合的氧化物和损坏的耐火材料与溶解在钢中元素的氧化物结合的产物 , 硅酸盐是最复杂和最常见的一类夹杂物 , 硫化物是原材料带入的杂质与钢中[Fe]及其它元素反应而成。

从连铸坯夹杂物来源及其特点分类 , 又分为内生夹杂物和外来夹杂物^[4]。内生夹杂物主要是精炼到连铸过程中的脱

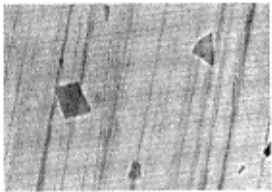


图3 MnS、FeS塑性夹杂物

- 3) 滤芯有足够的强度,不因液压的作用而破坏;
- 4) 滤芯抗腐蚀性能好,能在规定的温度下持久地工作;
- 5) 滤芯清洗或更换简单;

4 液压系统的清洗

清洗是减少液压系统故障的重要措施,颗粒状杂质进入系统以后会引起液压元件磨损、动作不灵敏或卡死现象,严重时造成事故。因此,液压系统不仅要在安装前进行清洗,当系统出现严重污染,系统工作不稳定时同样要进行清洗。否则,残留在元件内部的污染物会再次污染新油,换油也就失去了意义。

清洗液压系统首先要对油箱进行清洗。清洗油箱时需要用绸布或乙烯树脂海绵,不能用棉布或棉纱来擦洗油箱。对于牢固地粘在油箱和管道内壁的氧化物,则需要通过酸洗才能彻底清除。油箱清洗以后把溢流阀进油管断开,液压缸进出口隔开,在主油路上连接成临时回路如图 1 所示。

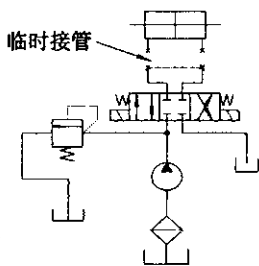


图 1

清洗时,一边使泵运转,一边将油加热,使油液在清洗回路中自行循环清洗。为提高清洗效果,应使换向阀换向,并用木棍或橡皮锤轻轻敲打管道和元件,敲击时间约为清洗时间的 10% ~ 15%。清洗结束后液压泵应在油温降低后停止运转,以免外界湿气引起锈蚀。清洗时尽量选用液压油或试车油作为清洗油,不要用煤油、汽油或酒精。清洗时间可根据系统的复杂程度、污染程度、元件精度和过滤要求来确定。

5 结束语

加强对液压油的污染控制对提高液压系统的可靠性极其重要,只要在液压系统的设计、制造、安装、使用、维护等过程中采取积极有效措施并及时应用一些先进的污染控制技术就可以保证液压油的清洁度,从而使液压系统安全可靠的运行。

参考文献

- 1 江琳. 液压系统油液污染控制. 机电设备, 2002, 6
- 2 魁金文等. 液压传动. 东北大学出版社, 2001
- 3 刘永健等. 液压故障诊断分析. 人民交通出版社, 1998
- 4 韦敏芳, 刘宇. 液压污染控制技术. 煤矿机械, 2002, 10

(上接第 75 页)

氧产物及浇注过程中钢水和空气二次氧化的产物。其特点是 [O] 溶越高, 脱氧产物增加, 夹杂物尺寸细小, 钢包精炼后, 大部分上浮, 一般来说对产品质量不构成大的危害。外来夹杂物主要是冶金和浇注过程中带入的夹杂物, 加钢包、中间包耐火材料的侵蚀物, 卷入的包渣和保护渣等。其特点是夹杂物粒径大, 组成复杂, 来源广泛偶然性分布, 对产品危害性能最大。

通过金相显微镜和扫描电镜分析, 发现如下夹杂:

1) 块状和三角形的夹杂, 如图 3 所示, 金相定性为是 MnS、FeS 塑性夹杂物, 能谱分析如图 4 所示。

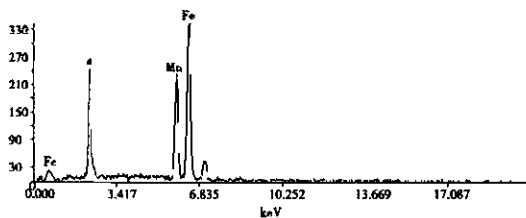


图 4 能谱定量分析结果

2) 黑色圆球形夹杂, 如图 5 所示, 金相定性为铝酸钙夹杂物夹杂, 能谱分析如图 6 所示, 且夹杂物中含有少量的 Mg、Si。



图 5 铝酸钙夹杂物夹杂

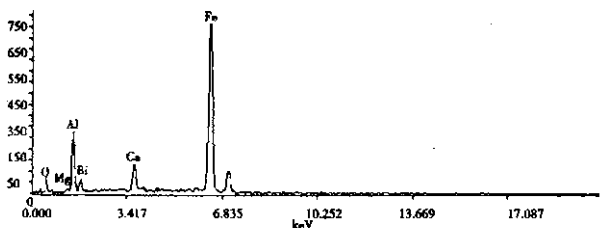


图 6 能谱定量分析结果

3) 球形复合夹杂如图 7 所示, 尺寸较大, 但数量很少, 出现个别铸坯试样中。该类夹杂大致为铝硅酸盐夹杂复合相的复合夹杂。能谱分析如图 8 所示。

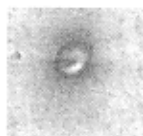


图 7 铝酸钙夹杂物夹杂

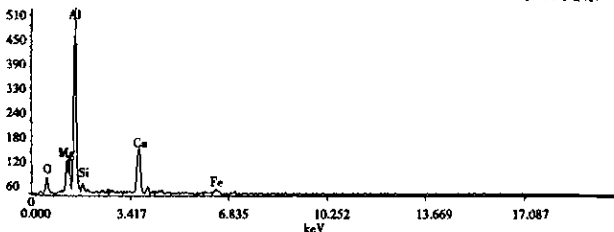


图 8 能谱定量分析结果

3 结论

连铸坯中的夹杂物缺陷并不严重, 无论哪类夹杂物, 大颗粒的夹杂物所占比例均较小, 且多分布在连铸坯中心区域。夹杂物的成份主要以硫化物、铝酸盐及铝硅酸盐为主。

参考文献

- 1 龚宁峰, 王印培. 非金属夹杂物分形特征研究. 机械工程材料, 2003, 27(4): 24 ~ 26
- 2 蔡开科, 程士富主编. 连铸铸钢原理与工艺. 冶金工业出版社, 1994
- 3 GB10561 - 89. 非金属夹杂物显微评定方法
- 4 顾克井, 魏军, 蔡开科等. 72A 钢非金属夹杂物行为. 2003, 25(1): 25 ~ 29