

文章编号:1674-0262(2008)04-0016-07

# 冷镢钢非金属夹杂物行为

蒋毅<sup>1,2</sup>, 栾文林<sup>1</sup>, 王硕明<sup>1</sup>

(1. 河北理工大学 冶金与能源学院 河北 唐山 063009 ;2. 邢台钢铁公司, 河北 邢台 054000)

**关键词:**冷镢钢;非金属夹杂物;体积率

**摘要:**针对邢钢冶炼 ML08Al 冷镢钢的铁水预脱硫—顶底复吹转炉—LF 精炼—连铸现行工艺与条件,经过系统取样、综合分析对冷镢钢生产过程中非金属夹杂物类型、来源、数量及分布进行了系统研究。研究表明:铸坯中 T[O] 的平均值为  $57.6 \times 10^{-6}$ ;铸坯中显微夹杂物平均数量为  $41.4$  个/ $\text{mm}^2$ ,显微夹杂物体积率为  $0.0485\%$ ,显微夹杂物主要是复合硅酸盐夹杂和铝酸盐夹杂。铸坯中大型夹杂物的平均含量为  $30.7\text{mg}/10\text{Kg}$ ,大型夹杂物也主要是复合硅酸盐夹杂和铝酸盐夹杂。夹杂物主要来源于脱氧产物、保护渣和覆盖剂,还有少量来自钢包、中间包内衬、喷涂料、喷补料和钢包打结料。

**中图分类号:**TF 703.5<sup>4</sup> **文献标志码:**A

## 1 引言

冷镢钢盘条的钢种一般为低、中碳优质碳素结构钢和合金结构钢,其产品主要用于汽车、造船、设备制造、电子、家电、自行车、工具、轻钢结构、建筑等行业。<sup>[1]</sup>邢钢很早就开始了冷镢钢的试制工作,但在生产过程中遇到了种种问题。针对邢钢转炉炼钢厂冶炼 ML08Al 冷镢钢出现质量问题,系统研究邢钢 ML08Al 冷镢钢生产流程条件对冷镢钢开裂的影响,确定影响冷镢钢最主要的质量问题及其影响因素,确定冷镢钢中夹杂物的类型、数量、分布、特性、粒度、来源及工艺因素的影响规律,确定冷镢钢中夹杂物与冷镢钢开裂的对应规律,提出解决上述问题的可行的技术方案。

## 2 生产及实验条件

### 2.1 邢钢冷镢钢生产流程

铁水预脱硫—顶底复吹转炉—LF 精炼—连铸。

### 2.2 试样加工

将每个试样加工成两个  $\text{O}50 \times 100\text{mm}$  的圆柱和一个  $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 20\text{mm}$  薄片,其中圆柱轴线方向与方坯轴线平行,在方坯横截面的中心和边缘各取一个圆柱(如图 1A);薄片的厚度方向和方坯的轴线方向相同(如图 1B)。

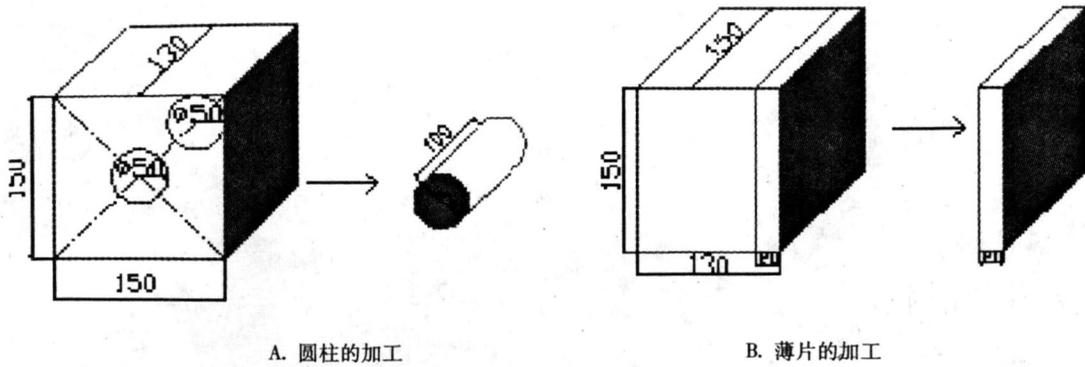


图1 试样加工图

### 3 试验结果分析

#### 3.1 各工序钢中氧、氮的变化

对进站样、软吹前样、软吹后样、钢包注点样、浇注中期样及中包水口样进行O、N,分析结果如图2所示。

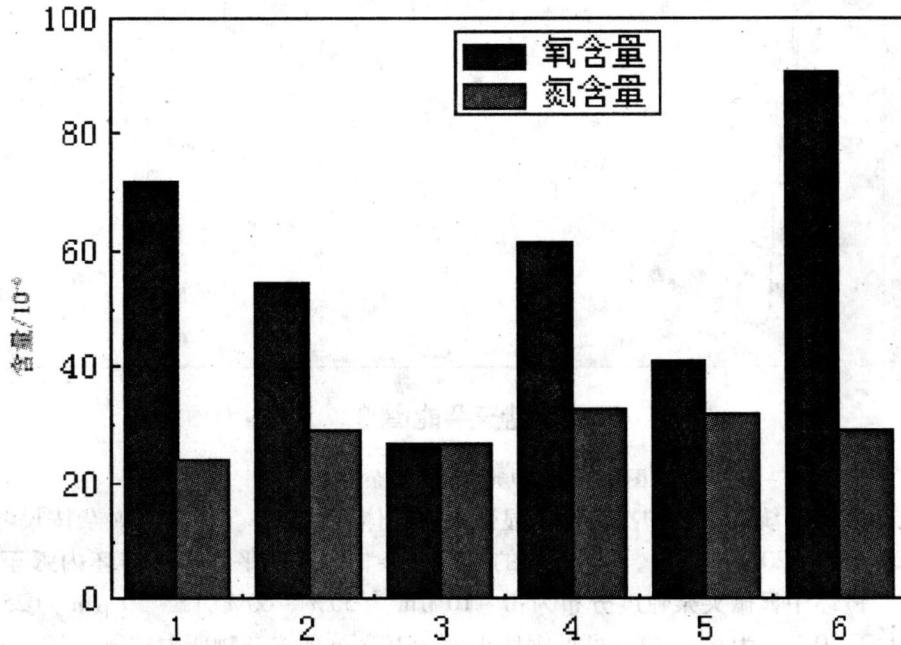


图2 各工艺中氧、氮的含量

#### 3.2 铸坯中显微夹杂的形貌与组成及粒径分布

通过金相显微镜、扫描电子显微镜分析,铸坯中检测出两类显微夹杂,大体分类为:硅酸盐夹杂物、铝酸盐夹杂物。其典型的夹杂物形貌及能谱分析结果如图3、图4所示。

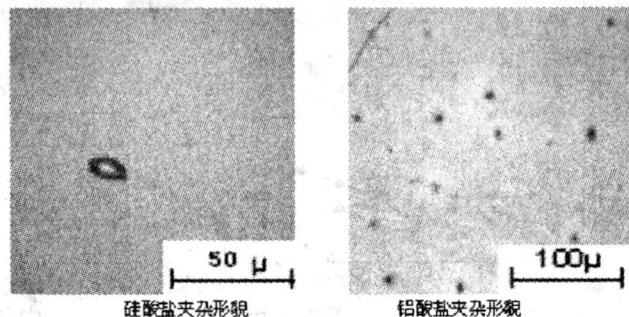
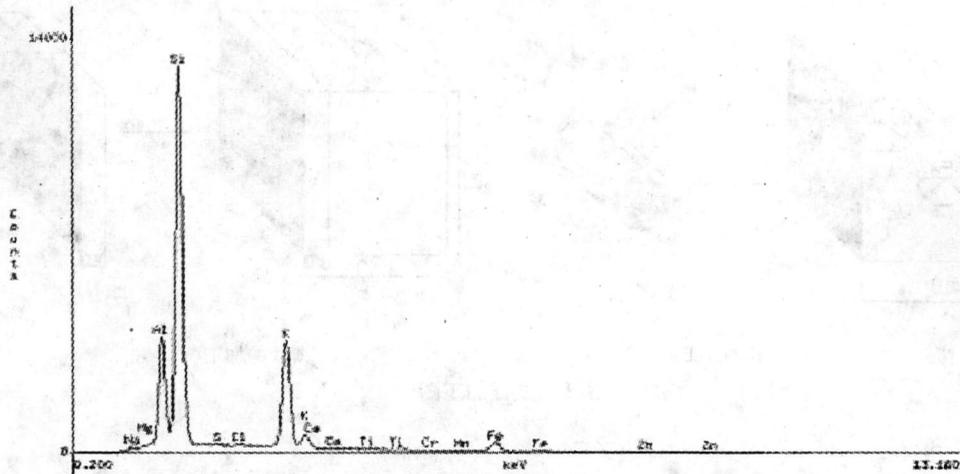
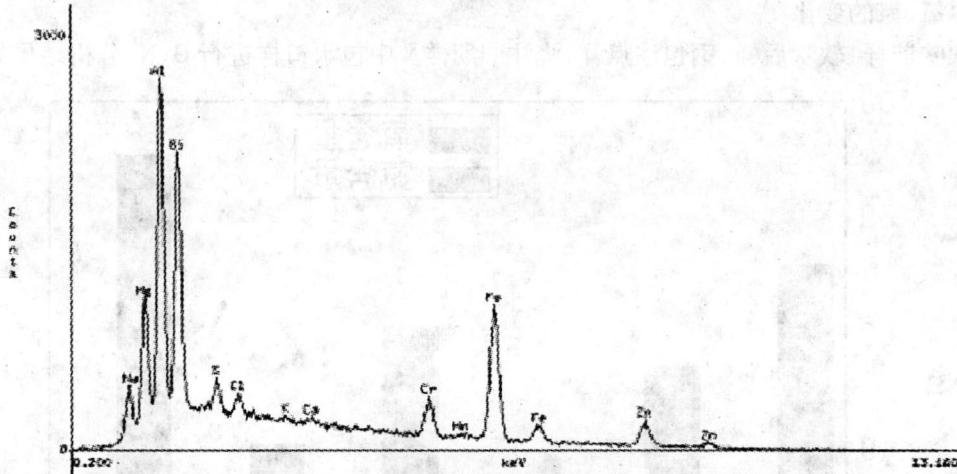


图3 铸坯中典型显微夹杂物的形貌



硅酸盐夹杂能谱图



铝酸盐夹杂能谱图

图4 铸坯中典型显微夹杂物的能谱图

用体积率统计方法<sup>[2]</sup>统计试验炉次铸坯上显微夹杂物体积百分率。将显微夹杂按尺寸分为:0~5 μm, 5~10 μm, 10~20 μm, >20 μm 四级,不同粒度的显微夹杂物总量的平均值沿铸坯内弧至外弧厚度方向的分布如图5所示。铸坯中显微夹杂物粒度分布为:0~10 μm 为50%~60%, 15~20 μm 为25%左右, 20~30 μm 为12%左右, 大于30 μm 为6%左右,可见钢坯中大于10 μm 的夹杂物所占比例比较大。

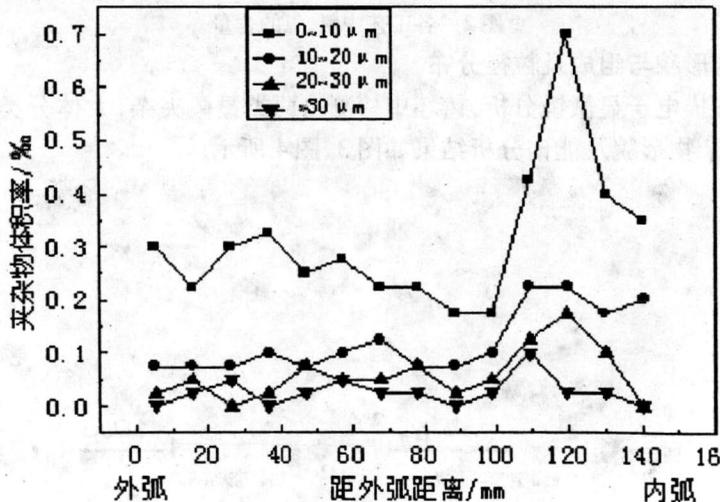


图5 不同直径夹杂物总量平均值统计

在稳态、非稳态条件下的铸坯上夹杂物的总量平均值统计如图6所示。由图6可知,无论是稳态条件下的浇铸的铸坯还是非稳态条件下浇铸的铸坯,在距内弧的1/5~3/5处夹杂物聚积,出现峰值。

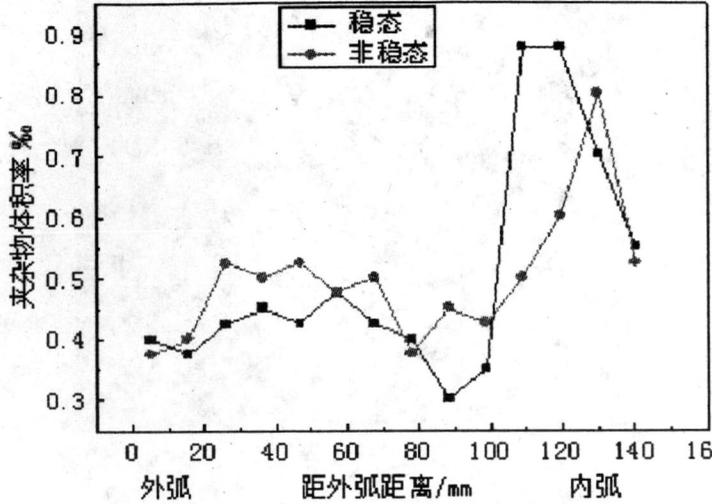


图6 稳态、非稳态夹杂物总量平均值统计

显微夹杂从类型上主要有两类,由图7可以看出两类夹杂物占夹杂物总量的比例为:硅酸盐夹杂物占68.44%,铝酸盐夹杂物占31.56%,主要来自脱氧产物。

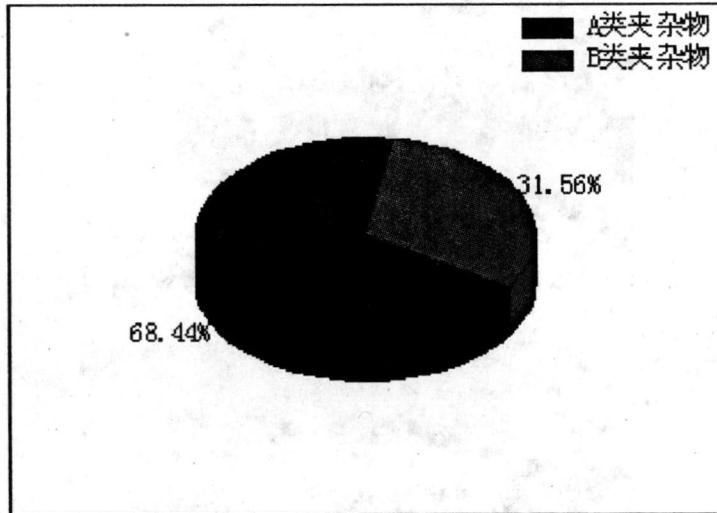
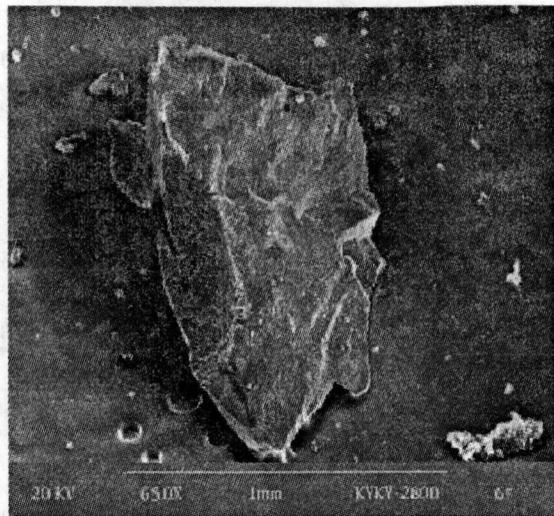


图7 稳态试样不同类型夹杂物平均值百分率统计图

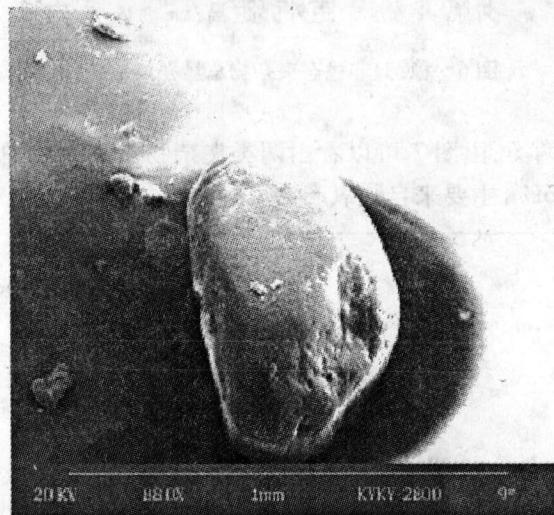
铸坯夹杂总体积率为0.0485%。铸坯中主要的显微夹杂是复杂的硅酸盐和铝酸盐;主要来自脱氧产物。无论是正常浇注的稳态还是混交的非稳态铸坯,在距内弧的1/5~3/5处夹杂物聚积,出现峰值。稳态显微夹杂的数量*I*的平均值为40.11个/mm<sup>2</sup>,而非稳态*I*的平均值为42.69%,非稳态夹杂物数量为稳态的1.07倍。铸坯中显微夹杂粒度分布为:0~10 μm为50%~0%,15~20 μm为25%左右,20~30 μm为12%左右,大于30 μm为6%左右,可见钢坯中大于10 μm的夹杂物所占比例比较大。无论稳态还是非稳态夹杂物在铸坯内弧到外弧分布的趋势时一致的,铸坯内弧夹杂物含量较高,且在距内弧1/5~3/5处出现夹杂物聚积区,形成这样的趋势主要是0~10 μm夹杂物分布所致,说明大于10 μm夹杂物能够很好地上浮,而小颗粒夹杂物上浮不充分。

### 3.3 铸坯中大型夹杂的形貌与组成及粒径分布

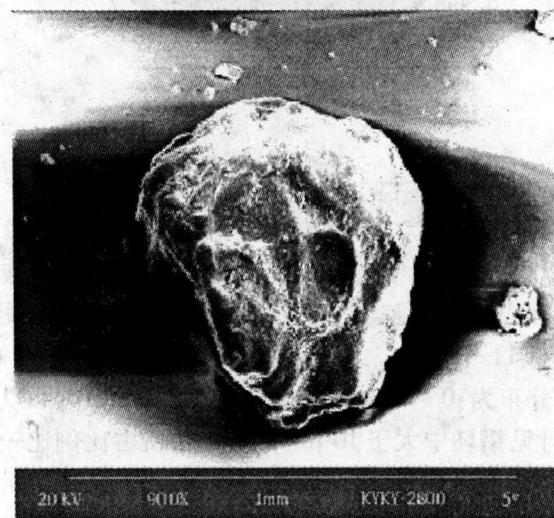
利用大样电解法分析铸坯中>50 μm的大型夹杂物,检测到以下几类大型夹杂物,分别为:铝酸盐夹杂物、复杂硅酸盐夹杂物和硫化物夹杂,其典型形貌图和能谱分析结果如图8和图9所示。



铝酸盐夹杂物

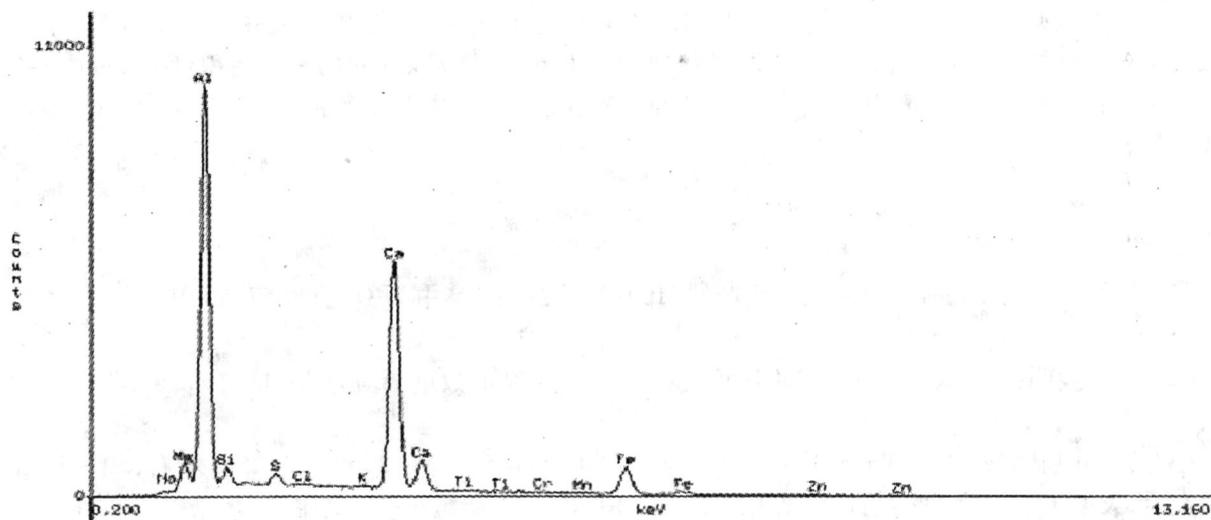


复杂硅酸盐夹杂物+

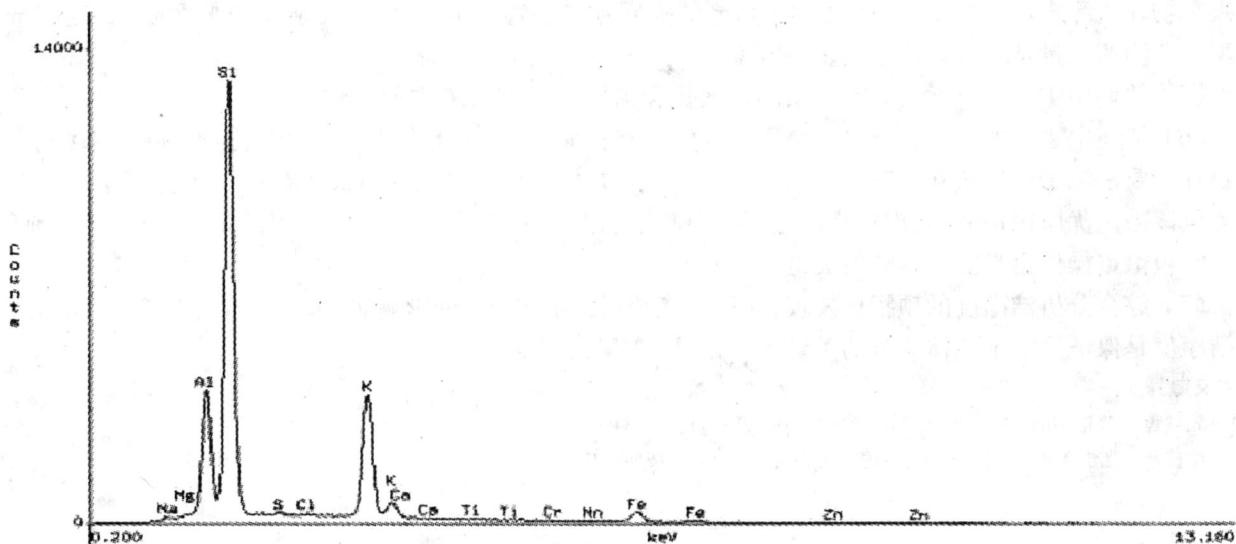


硫化物夹杂

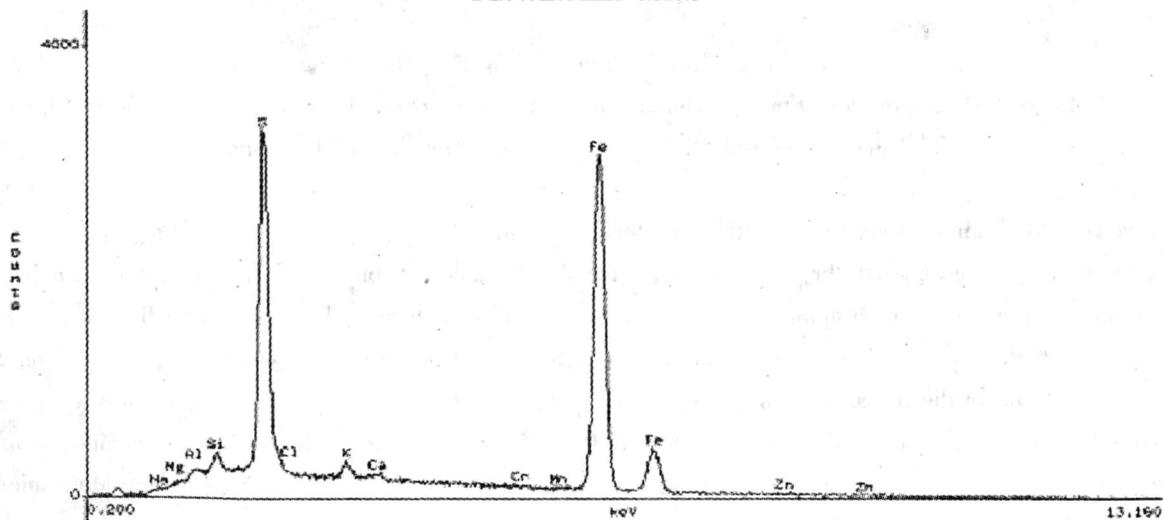
图8 大型夹杂物形貌图



铝酸盐夹杂物能谱图



复杂硅酸盐夹杂物



硫化物夹杂

图9 铸坯中大型夹杂物能谱图(f类)

铸坯中大型夹杂物的平均值为  $30.7\text{mg}/10\text{Kg}$ ;非稳态铸坯中大型夹杂物为稳态的 1.2 倍;铸坯中心夹杂物较边缘多。就粒度分布而言,  $\geq 80\text{m}$  的大颗粒夹杂物比重大,最大夹杂物的平面面积可达  $2\text{mm}^2$ 。铸坯中主要的夹杂物是硅酸盐和铝酸盐,其次还包括少量的硫化物。铸坯中夹杂物主要来源于脱氧产物、保护渣和覆盖剂的卷入。

#### 4 结论

(1) 转炉炼钢厂 LD—LF—CC 工艺生产的 ML08Al 冷镦钢铸坯中  $T[O]$  值为  $57.6 \times 10^{-6}$ ,  $[N]$  的平均值为  $28.9 \times 10^{-6}$ 。

(2) 研究表明:铸坯总体积率为 0.0485%。稳态显微夹杂的数量平均为 40.11 个/ $\text{mm}^2$ ,非稳态夹杂物数量为稳态的 1.07 倍。

(3) 铸坯中显微夹杂粒度分布为:0 ~ 10  $\mu\text{m}$  为 50% ~ 60%, 15 ~ 20  $\mu\text{m}$  为 25% 左右, 20 ~ 30  $\mu\text{m}$  为 12% 左右, 大于 30  $\mu\text{m}$  为 6% 左右,可见钢坯中大于 10  $\mu\text{m}$  的夹杂物所占比例比较大。

(4) 钢坯中大型夹杂物的平均值为  $30.7\text{mg}/(10\text{kg})$ ,非稳态铸坯中大型夹杂物为稳态的 1.2 倍,铸坯中心夹杂物较边缘多。就粒度分布而言,  $\geq 80\text{m}$  的大颗粒夹杂物比重大,最大夹杂物的平面面积可达  $2\text{mm}^2$ 。大型夹杂物的含量是影响钢质量的重要因素。

(5) 铸坯中主要的显微夹杂是复杂的硅酸盐和铝酸盐;主要来自脱氧产物。

(6) 铸坯中主要的大型夹杂物也是复杂硅酸盐和铝酸盐,其次还包括少量的硫化物。除了来源于脱氧产物外主要来源于保护渣和覆盖剂,还有少量来自钢包、中间包内衬、喷涂料、喷补料和钢包打结料。因此,首先应该采用优质保护渣,其次在浇铸过程中控制结晶器液面波动在允许的范围( $\pm 3\text{mm}$ )及换包前后采用中间包恒重操作也是防止卷渣的关键。

(7) 综合分析洁净度的项指标发现,非稳态浇铸对钢水洁净度的影响非常显著,改善非稳态浇铸时钢水的洁净度是保证冷镦钢整体质量的关键。

#### 参考文献:

- [1] 先越蓉. 冷镦钢的生产和发展[J]. 特殊钢, 2005, 26(3): 31 ~ 34  
 [2] 沈桂琴. 光学金相技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 1983: 161 ~ 172

### Study on Behavior on Non - metallic Inclusion of Cold Heading Steel

JANG Yi<sup>1, 2</sup>, LUAN Wen-lin<sup>1</sup>, WANG Shuo-ming<sup>1</sup>

- (1. College of Metallurgy and Energy, Hebei Polytechnic University, Tangshan Hebei 063009 China;  
 2. Xingtai Iron and Steel Co. Ltd, Xingtai Hebei 054000, China)

**Key words:** cold heading steel; non - metallic inclusion; volume ratio

**Abstract:** The paper researched the type, source, magnitude and distribution of Non - metallic Inclusions in ML08Al cold heading steel via systemic sampling and synthetically analyzing. The production flow of cold heading steel is 50t convertor blowing from bottom and upward, 50t fining furnace and casting of  $150 \times 150\text{mm}^2$  small square billet. Result of the research shows: average of  $T[O]$  is  $57.6 \times 10^{-6}$ , average of amount of micro - inclusion is 41.4/ $\text{mm}^2$ , volume ratio of micro inclusions is 0.0485%, main micro - inclusions are compound metasilicate inclusion and aluminate inclusion. Content of macro - inclusion in the slab is  $30.7\text{mg}/10\text{kg}$ . Main micro - inclusions are also compound metasilicate inclusion and aluminate inclusion. Inclusions mainly come from deoxidized outgrowth, protective slag and tundish coerture. Secondly it comes from liner of ladle and tundish, spray painting stuff, gunning refractory and stamp mass stuff.