



铸坯夹杂物的定量评价方法

裴海祥, 王 烽, 袁 刚

(太钢技术中心, 太原 030003)

摘要: 目前评估铸坯夹杂物水平的主要依据是夹杂物的面积(体积)分数。借鉴现有的国内外标准, 制定了两个评价铸坯夹杂物的指标: 纯净度指数和级别数。应用结果表明: 这两种指标很好地反映了铸坯夹杂物的含量及其对产品质量的影响程度, 如 304 不锈钢磨砂板的合格率。

关键词: 铸坯夹杂物; 纯净度指数; 级别数

中图分类号: TG115.21

文献标志码: A

文章编号: 1001-4012(2012)11-0730-02

Quantitative Evaluation Methods of Casting Slab Inclusion

PEI Hai-xiang, WANG Feng, YUAN Gang

(Technology Center of Taiyuan Iron and Steel Company, Taiyuan 030003, China)

Abstract: Evaluating the content of casting slab inclusion mainly depends on the area (volume) percent of inclusion at present. According to the standards in the world, two indices for evaluating casting slab inclusion were established, i. e. index of purity and rating number. The application showed that the two indices reflect the content of casting slab inclusion and the inclusion influence on the quality of steel, such as the percent of pass of 304 stainless steel grinding plate.

Keywords: casting slab inclusion; index of purity; rating number

目前, 国内外用于铸坯夹杂物显微检测的方法主要有光学显微镜法; 电解钢样+化学分析+显微技术确定夹杂物成分、尺寸和形貌; 酸溶钢样+化学分析+显微技术确定夹杂物成分、尺寸和形貌; 扫描电子显微镜与 X 射线能谱法等^[1-6]。这些方法检测得到夹杂物的面积(体积)分数、氧元素或硫元素的质量分数等, 用这两种指标来反映铸坯夹杂物的水平。其中用光学显微镜的方法应用最广, 其他方法更偏重于研究或少量检测时使用。

光学显微镜法主要依据金相标准中规定的指标对夹杂物进行评价。在金相标准制定方面, 美国材料试验学会(ASTM)制定了一系列完善的标准, 包括 ASTM E45—2005^[7], ASTM E1245—2003^[8], ASTM E1122—1996^[9], ASTM E768—2005 等; 我国于 2002 年修改采用 ASTM E1245—2000 形成了 GB/T 18876.1—2002^[10]。这些标准都是针对所有夹杂物的, 没有针对铸坯夹杂物的专用标准。对铸

坯夹杂物评价仍采用面积(体积)分数的方式, 这种方法既不直观, 又不能反映不同直径的铸坯夹杂物对钢材质量的影响程度。笔者制定了两个评价铸坯夹杂物的指数, 并进行了实际应用以检验其评价效果。

1 夹杂物纯净度指数

在德国标准 DIN 50602—1985^[11] 中有钢的纯净度指标, 这个纯净度指标是通过不同级别的夹杂物视场数乘以对应的权重因子得到:

$$K = \sum_{i=1} [F_n \times N_n] \frac{1000}{S} \quad (1)$$

式中 K —— 纯净度指数;

F_n —— 权重因子;

N_n —— 该权重的视场数;

S —— 该试样的检测面积, mm^2 。

权重因子 F_n 与级别 n 之间的关系式为:

$$F_n = 2^{n-4} \quad (2)$$

而不同视场夹杂物级别数 n 与夹杂物的面积 A 之间的关系式为:

收稿日期: 2012-03-02

作者简介: 裴海祥(1972—), 男, 高级工程师, 硕士。

$$A=2^n \quad (3)$$

A 的单位为 mm^2 , 放大 100 倍。从式(1)~(3) 可以看到, 纯净度指数实际上反映的是夹杂物的面积分数。国内外其他夹杂物标准则未见纯净度指标的提法。

为了更好的反映夹杂物整体对铸坯及钢材的影响程度, 并快速比较不同试样的夹杂物纯净度, 参照 DIN 50602—1985 中对球状氧化物设定的权重因子, 制定了铸坯夹杂物不同直径的严重度系数(表 1), 而后得到铸坯的纯净度指数。由于不同尺寸的夹杂物对钢材性能的影响程度不同, 大夹杂比相同面积的多个小夹杂对钢材的破坏性更大, 因此在严重度系数上对大夹杂给了比 DIN 50602—1985 更高的系数, 以突出其影响程度。夹杂物的面积 A 与夹杂物级别数 i 之间的关系式为:

$$A=2^{i-2} \quad (4)$$

A 的单位为 mm^2 , 放大 100 倍; 严重度系数 f_i 与级别数 i 之间的关系式为:

$$f_i = 3^{i-3} \quad (5)$$

纯净度指数由下式得到:

$$C = \left[\sum_{i=1}^5 f_i \times n_i \right] \frac{1000}{S} \quad (6)$$

式中 C——纯净度指数, mm^{-2} ;

f_i —— i 级别夹杂的严重度系数;

n_i —— i 级别夹杂的数量;

S——试样的总检验面积, mm^2 。

纯净度指数评定取样数量为 6 个, 取样部位在每个钢坯厚度的 1/4 处和中间处各取 3 个试样。

表 1 不同直径夹杂物的严重度系数

Tab. 1 Severity coefficient according to the diameter of inclusion

i	夹杂直径/ μm	严重度系数	i	夹杂直径/ μm	严重度系数
0	5~7	0.03	4	19~27	3
1	7~9	0.1	5	27~38	9
2	9~13	0.3	6	38 以上	27
3	13~19	1			

2 铸坯夹杂物的级别数

在钢材中, 即使夹杂总量相同, 某个区域大量聚集的夹杂会对钢材质量造成很大影响。铸坯中夹杂的集中分布会导致钢材中夹杂物的集中分布, 因此, 有必要对铸坯中夹杂物的最严重视场进行检测。

在变形夹杂物的标准中, 最严重视场法是很普遍的评级方法, 这是指对任一类型夹杂, 将标准的评级框($0.71 \text{ mm} \times 0.71 \text{ mm}$, 面积为 0.50 mm^2)置于检测面积中任一位置进行评级, 记录其中最严重的级别作为评级结果。

借鉴变形夹杂物最严重视场的评定方法, 需要在所有检测面积中, 找到一个最严重的视场, 这并不是在检测过的所有视场中挑选一个最严重的视场, 而是需要用一个边长为 0.71 mm 的框, 放在所有面积的任一位置上, 以确定框内夹杂物最多的一个视场。夹杂物最多采用当量直径总量的方法, 即将一个视场内所有同类型的夹杂物直径相加, 参照表 1 或式(4)来确定铸坯夹杂物的级别。评定级别试样的取样部位位于铸坯厚度的中部, 取 3 个试样。

这种方法相当于变形夹杂物评级时的 A 法, 对于人工检测非常方便。在钢厂运行一年多来, 高效率、低成本的检测了铸坯的非金属夹杂物含量。

3 纯净度指数与磨砂板合格率之间的关系

为了验证铸坯纯净度指数与钢材质量之间的关系, 选择了 5 炉 304 不锈钢作纯净度指数、 $5 \mu\text{m}$ 以上夹杂物数量、面积分数与磨砂板合格率的对比。每炉钢取 6 个试样。每个试样测试总面积为 150 mm^2 , 测试视场数为 300 个。结果见表 2, 表明与面积分数、夹杂物总的数量相比, 纯净度指数与磨砂板合格率的关系更为密切。而 DIN 50602—1985 中的纯净度指数实际反映的是面积分数, 所以说笔者所制定的纯净度指数更好地反映了夹杂物对钢材性能的影响程度。

表 2 纯净度指数与磨砂板合格率的对比

Tab. 2 Compare between the index of purity and the percent of pass of grinding plate

炉号	纯净度指数	5 μm 以上夹杂物数量	面积分数/%	磨砂板合格率/%
Y500261	566	573	0.035 4	19
Y502960	364	750	0.011 2	41
4502762	359	1 864	0.011 6	63
4502755	292	2 024	0.027 3	68
4502527	654	2 327	0.089 2	11

4 结论

纯净度指数与磨砂板合格率有密切的对应关系,

(下转第 752 页)

值接近,支吊架状态正常。

表 6 处理后管道上各位移指示器的测量数值

Tab. 6 Displacement indicator measuring data of pipeline after the treatment mm

指示器 编号	实测热位移值			理论热位移值			低温再热器入口 集箱 Z 向膨胀量
	ΔX	ΔY	ΔZ	ΔX	ΔY	ΔZ	
1	-75	80	-86	-89	84	-90	
2	-93	70	-69	-119	83	-87	-90
3	-90	25	-39	-110	32	-42	
4	73	78	-80	89	84	-97	
5	100	75	-73	119	87	-94	-97
6	158	32	-31	148	38	-47	

表 7 处理后部分恒力吊架垂直热位移(冷态到热态)

Tab. 7 Vertical thermal displacement of constant hangers after the treatment (cold to hot) mm

支吊架 编号	实际 指示的 刻度 百分数		支吊架 编号	实际 指示的 刻度 百分数	
	设计的 刻度 百分数	设计的 刻度 百分数		设计的 刻度 百分数	设计的 刻度 百分数
G2	80	90	G6	77	90
G3	78	90	G7	75	90
G4	81	90	G8	80	90

(上接第 731 页)

比国内外通常采用的夹杂物面积(体积)分数更能反映铸坯夹杂物质量水平。

铸坯夹杂物的级别适于方便快速地对铸坯夹杂物进行检测,在铸坯夹杂物质量监督方面起到了很大的作用。

参考文献:

[1] 刘国权,刘胜新.金相学和材料显微组织定量分析技术[J].中国体视学与图像分析,2002,7(4):248-251.
 [2] 王洪利,邸光明.连铸坯非金属显微夹杂物体积率分析[J].稀有金属,2007,31(1):47-52.
 [3] 尹安远,吴素君.钢中非金属夹杂物的鉴定[J].理化检验-物理分册,2007,43(8):395-398.
 [4] 马学刚,张爱民.Q235 连铸坯中夹杂物的综合测定及分析[J].物理测试,2004(1):39-41.
 [5] 曾伟,王雨.20MnSi 连铸方坯中夹杂物的研究[J].钢

4 结论

(1) 管道的倾斜变形主要是因为再热器入口集箱前冷段管道向下的热位移受阻造成的,而支吊架设计不合理、载荷偏大是管道向下的热位移受阻的主要原因。

(2) 支吊架载荷偏大有两方面原因,一是制造质量不佳,出厂标定载荷大于设计载荷;二是支吊架设计时,为了满足管道系统对设备端点推力和力矩的要求,人为地加大了支吊架的载荷。

(3) 通过支吊架的优化设计,改变部分支吊架的类型,可以有效地减小管道系统对再热器入口集箱端点的力矩,而不必人为地增大支吊架的载荷致使支吊架的载荷与管道的质量不匹配,导致管道向下膨胀时的阻力增大。

(4) 处理后,再热蒸汽冷段管道向下的热位移与锅炉集箱向下的热膨胀协调一致,支吊架受力合理,效果显著。

参考文献:

[1] DL/T 5054—1996 火力发电厂汽水管道设计技术规范[S].
 [2] DL/T 616—2006 火力发电厂汽水管道与支吊架维修调整导则[S].
 [3] 安付立,王军民,秦光伟,等.四川泸州川南发电有限责任公司 1,2 号机组再热蒸汽冷段管道热膨胀异常原因分析与处理[R].西安:西安热工研究院有限公司,2008.
 [4] 铁钒钛,2007,28(3):11-13.
 [5] 吕佐明,孙建平.徕卡非金属夹杂物自动分析软件在生产中的应用[J].理化检验-物理分册,2007,43(8):395-398.
 [6] ASTM E45—2005 Standard Test Methods for Determining the Inclusion Content of Steel[S].
 [7] ASTM E1245—2003 Practice for Determining Inclusion or Second-phase Constituent Content of Metals by Automatic Image Analysis[S].
 [8] ASTM E1122—1996 Standard Practice for Obtaining JK Ratings Using Automatic Image Analysis[S].
 [9] GB/T 18876.1—2002 应用自动图像分析测定钢和其他金属中金相组织、夹杂物含量和级别的标准试验方法 第 1 部分:钢和其他金属中夹杂物或第二相组织含量的图像分析与体视学测定[S].
 [10] DIN 50602—1985 Microscopic Examination of Special Steels Using Standard Diagrams to Assess the Content of Non-metallic Inclusions[S].