

试验研究

# 锅炉旋风分离器中心筒失效分析

郭寿鹏<sup>1</sup>,高洪吉<sup>1</sup>,李晓桐<sup>1</sup>,郑德荣<sup>2</sup>

(1 山东省冶金科学研究所,山东 济南 250014;2 山东省劳动职业技术学院,山东 济南 250022)

**摘要:**锅炉旋风分离器中心筒上部吊挂腰筋和腰筋附近的筒体开裂,筒体上大面积出现蜂窝状剥落坑,筒体变径处出现大量贯穿性孔洞。采用化学成分分析、宏观和金相检验等方法对中心筒进行了分析。结果表明,中心筒焊补区存在未熔合缺陷,裂纹在未熔合缺陷处萌生和长大形成宏观裂纹,导致材料失效;中心筒存在许多铸造皮下气孔,此为形成剥落坑的主要原因;剥落坑附近析出许多块状和棒状碳化物,在晶界处有链状碳化物,这是产生宏观剥落坑的诱因。

**关键词:**锅炉旋风分离器;中心筒;裂纹;化学成分;失效分析

中图分类号: TG142.41

文献标识码: A

文章编号: 1004-4620(2010)01-0052-02

## 1 情况概述

某热电公司新购1台整体铸造旋风分离器中心筒,使用1个半月后出现质量问题,中心筒上部吊挂腰筋和腰筋附近的筒体开裂,筒体大面积出现蜂窝状剥落坑,筒体变径处出现大量贯穿性孔洞。供货单位维修人员对其进行了堆焊和焊补,继续运行使用1个月后,锅炉因故障停炉检修,发现中心筒上部焊补区再次开裂,筒体的部分焊补部位脱落。使用方组织检修人员自行检修,检修完毕后投入运行。3个月后停炉检修时发现中心筒再次出现质量问题,上部裂纹增多,前期出现的质量问题加剧,使用方经综合分析认为,此中心筒存在严重质量问题。针对以上情况,采用化学成分分析、宏观和金相检验等方法对中心筒进行了检验分析。

## 2 理化检验

### 2.1 宏观检验

中心筒的吊挂端、加强筋及筒体均有多处开裂和焊补过的痕迹。中心筒吊挂端有2块约300 mm × 200 mm和300 mm × 100 mm的焊补区,在筒外

侧焊缝处有明显的开裂,中心筒加强筋处有明显的裂纹,中心筒筒体有已焊补过的多处孔洞,据使用方介绍,部分孔洞焊补前已穿透,筒体上有明显的焊部过的剥落坑。

### 2.2 化学成分

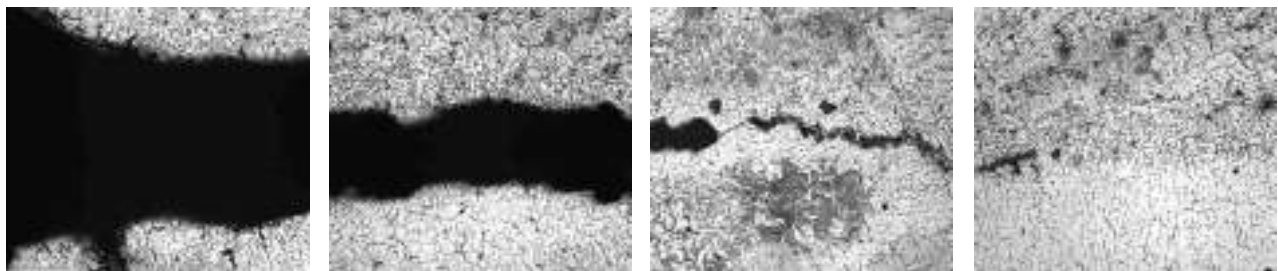
化学成分分析结果表明,2个试样中的Mn和1个试样中的S元素含量未达到技术协议要求,见表1。

表1 中心筒化学成分 %

检验元素	技术协议要求	无缺陷位置	缺陷位置
C	0.20 ~ 0.60	0.44	0.40
Si	0.50 ~ 1.20	0.91	0.92
Mn	2.00 ~ 3.50	1.45	1.59
P	≤0.06	0.043	0.040
S	≤0.03	0.036	0.029
Cr	24.00 ~ 28.00	25.38	25.33
Ni	3.50 ~ 6.50	4.98	4.96

### 2.3 金相检验

分别在焊补区、剥落坑处及表面无明显缺陷处取金相试样进行检验分析。首先在焊补区取样做金相检验分析,试样表面有清晰可见的裂纹。在显微镜下观察发现,裂纹两侧组织有明显的差别,存在未熔合缺陷,裂纹沿熔合线扩展,如图1所示。



a 未熔合区附近的裂纹形貌      b 未熔合区的微观形貌      c 裂纹沿熔合线扩展的典型形态      d 裂纹尖端处熔合区的组织特征

图1 焊补区裂纹及其两侧组织形貌 100×

金相检验发现,剥落坑处有棒状和块状碳化

物,沿晶界有链状分布的碳化物,见图2。在剥落坑附近有清晰的沿晶裂纹,见图3。

在表面无明显缺陷的部位截取金相试样进行检验,可见多个宏观尺度的皮下气孔。显微镜下观

收稿日期:2009-07-29

作者简介:郭寿鹏,男,1971年生,2005年毕业于山东大学分析化学专业,硕士。现为山东省冶金科学研究所高级工程师,从事标准样品/标准物质研制与材料分析测试方法的研究与咨询工作。



图2 剥落坑处的链状及棒状碳化物 200×



图3 剥落坑附近的晶间裂纹 200×

察发现,气孔附近有许多沿晶裂纹,见图4。2个孔洞之间的裂纹相距很近,见图5。表面无明显缺陷部位的组织中较大的球形非金属夹杂物,见图6。依据GB/T 10561—2005中的5.2.1条和附录A中

的DS(单颗粒球状类)评级图<sup>[1]</sup>,该样品的非金属夹杂物可评定为3级。金相组织为奥氏体+铁素体+碳化物,碳化物呈球状、块状和链状沿晶分布,如图7所示。



图4 皮下气孔附近的沿晶裂纹 100×



图5 皮下气孔间的沿晶裂纹形态 100×



图6 球状非金属夹杂物形态 100×



图7 筒体材料的金相组织 100×

### 3 检验结果分析

由表1可知,化学成分中部分元素含量符合技术协议要求,但Mn、S含量未达到技术协议要求。

通过金相检验可知,该中心筒的裂纹主要在焊接区形成,焊接区存在未熔合缺陷,未熔合缺陷为裂纹源,裂纹在此形成并沿熔合线扩展。现场勘验发现,多数裂纹均发生在焊接部位,包括加强筋在内的焊接部位均有不同程度的开裂。这是因为焊接区是2种金属的过渡部分,为组织薄弱区。裂纹在这些组织薄弱区或未熔合缺陷处容易萌生和长大,最后形成宏观裂纹导致材料失效。

剥落坑的形成与铸造皮下气孔等缺陷有直接关系<sup>[2]</sup>。由金相检验分析可知,在气孔缺陷附近有许多沿晶微裂纹,这些微裂纹显著降低了中心筒的高温蠕变强度,高温下蠕变断裂是沿晶断裂,气孔缺陷附近的微裂纹是引发蠕变断裂的裂纹源,这些微裂纹的扩展使铸造气孔连接起来,形成大量的剥落坑(表面剥落或贯穿孔洞)。剥落坑的形成还与碳化物的数量和形态有关<sup>[3]</sup>。剥落坑附近的组织中存在许多块状和棒状碳化物,晶界处存在链状碳化物。材料在高温下长期使用时,数量较多的大尺寸碳化物会引起晶界脆化,这是因为晶界迁移时晶界上的第二相质点构成了晶界移动的障碍,晶界移动受阻将引发晶间裂纹<sup>[4]</sup>,这也是产生宏观剥落的诱因之一。

### 4 结论

4.1 化学分析表明,锰、硫含量没有达到技术协议要求。

4.2 中心筒焊补区存在未熔合缺陷,未熔合缺陷是裂纹源。裂纹在未熔合缺陷处萌生和长大形成宏观裂纹,导致材料失效。此为产生裂纹的主要原因。

4.3 中心筒存在许多铸造皮下气孔,皮下气孔附近存在大量微裂纹,在高温使用过程中裂纹不断扩展,一部分微裂纹贯穿表面,造成局部剥落;另一部分微裂纹与其他孔洞附近的微裂纹连接形成贯穿孔洞。此为形成剥落坑(表面剥落或贯穿孔洞)的主要原因。

4.4 剥落坑附近析出许多块状和棒状碳化物,在晶界处有链状碳化物。材料在高温下长期使用时,数量较多的大尺寸碳化物会引起晶界脆化,这也是产生宏观剥落坑的诱因之一。

#### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.GB/T 10561—2005 钢中非金属夹杂物含量的测定[S].北京:中国标准出版社,2005.
- [2] 陈德和.钢的缺陷[M].北京:机械工业出版社,1977.
- [3] 吴培远,扬武鸣,周振生,等.辅机零件失效及缺陷分析[M].北京:科学出版社,1988.
- [4] 机械工业理化检验人员培训和资格检验委员会.金相检验[M].上海:上海科学普及出版社,2003.

(下转第56页)

表3 粗颗粒晶体的附聚和添加剂的影响

项目	附聚时间/h	氢氧化铝粒度个数/%						比表面积/ (m <sup>2</sup> ·g <sup>-1</sup> )	+45 μm 质 量分数/%
		-5 μm	-15 μm	-30 μm	-45 μm	-70 μm	d50 μm		
晶种		0	0	0	3.56	44.73	72.620		
添加剂 A3	4	0	0	0	14.15	67.75	60.571	0.031	1
	7	0	0	0	14.31	68.23	60.372	0.031	4
	10	0	0	0	7.40	56.54	66.386	0.027	4 96.6
空白	4	0	0	2.5	37.64	83.42	49.823	0.036	0
	7	0	0	13.4	56.15	89.87	42.520	0.039	4
	10	0	0	6.6	47.81	86.57	45.874	0.036	9 82.7

## 4 结 论

4.1 随附聚温度的提高,附聚效率提高;温度 75 ~ 80 °C,晶种固含为 100 g/L 时的附聚效果最好。

4.2 晶种粒度较细时,在较佳的附聚条件下,添加结晶助剂对晶体附聚的效果影响不明显。

4.3 晶体粒度较粗时的附聚不会产生大量的细颗粒,加入适量的添加剂有利于晶体的附聚。

## 参考文献:

- [1] 陈国辉,陈启元,尹周澜,等.铝酸钠溶液种分成核和附聚研究进展[J].中国湿法冶金,2003,22(3):14-18.
- [2] 张樵青.对拜耳法高浓度铝酸钠溶液两段分解细晶种附聚的研究[J].轻金属,1994(4):5-9,16.
- [3] 张江峰,李旺兴,尹周澜,等.铝酸钠溶液晶种分解附聚过程主要影响因素研究[J].轻金属,2004(9):17-19,26.
- [4] 谢雁丽,毕诗文,任文材.添加剂在拜耳法铝酸钠溶液分解中的应用[J].轻金属,2000(1):25-26,49.

## Influence of Agglomerative Condition on Seed Crystal Decomposition Agglomerative Effect

GAO Yi

(2nd Alumina Plant, Aluminum Corporation of China Limited Shandong Branch, Zibo 255052, China)

**Abstract:** In order to study the best seed crystal decomposition agglomerative condition, this article aimed to research the influence on the seed decomposition agglomerative effect by the conditions of solid content, temperature, time, additives and seed crystal etc. The results indicated that the seed crystal agglomerative effect was good and adding additives under appropriate decomposition condition was effective at the temperature of 75 ~ 80 °C and the seed crystal solid content of 100 g/L.

**Key words:** precipitation of crystal seed; agglomeration; additives; size

(上接第 51 页)

## Research on Fuzzy Evaluation Method of Metallurgical Construction Project Quality

NIU Yong-hong<sup>1,2</sup>

(1 Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200030, China;

2 MCC Baosteel Technology Service Co., Ltd., Shanghai 200941, China)

**Abstract:** In order to improve and enhance the quality evaluation of metallurgy construction project more scientific and more useful, this article built the judgment model by fuzzy comprehensive evaluation theory, adopted expert scoring method to differentiate the pivotal and secondary judgment weights and made inspection for the evaluation model combining actual project case. The results showed that the evaluation model had feasibility, maneuverability and extendibility in project fields.

**Key words:** metallurgical construction project; quality judgment; fuzzy evaluation method

(上接第 53 页)

## Failure Analysis of the Central Canister of Boiler Vortex Segregator

GUO Shou-peng<sup>1</sup>, GAO Hong-ji<sup>1</sup>, LI Xiao-tong<sup>1</sup>, ZHENG De-rong<sup>2</sup>

(1 Shandong Metallurgical Research Institute, Jinan 250014, China;

2 Shandong Labour Vocational and Technology College, Jinan 250022, China)

**Abstract:** The cracks appear around the reinforce-tendon and hanging-end, where are at the upside of the central canister of boiler vortex segregator. There are lots of honeycomb desquamative holes in the canister body and impenetrated holes at the diameter change points. The chemical composition analysis, macro-examination and metallographic examination are used to analyze the central canister. The results show that there are unmelted disfigurements in the jointing areas of the central canister. The cracks germinate and grow up to macrocracks in the disfigurements points, and lead to the invalidation of the canister finally. The primary reason of the desquamative holes appearance is that there are many subcutaneous pores. The inducement is that there are many nubby and clubbed types of carbide separated out near the desquamative holes and catenarian carbides exist in the crystal boundary.

**Key words:** boiler vortex segregator; central canister; crack; chemical composition; failure analysis