

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2013.06.005

离心机过流件常用材料的冲蚀磨损研究

丁泽良, 王文韬, 吴吉平

(湖南工业大学 机械工程学院, 湖南 株洲 412007)

摘要: 利用喷砂机对离心机过流件常用的 Q235A, Cr12Mov, ZG310-570 和 Q345A 进行冲蚀磨损试验, 探讨它们的冲蚀磨损特性。结果表明: 材料的硬度越高, 其质量损失率越低, 抗冲蚀磨损性能越强, 4 种材料的抗冲蚀磨损性能由高到低的顺序依次是 Q345A, ZG310-570, Cr12Mov, Q235A; 随着冲蚀角度的增大, 质量损失率呈现先增大后减小的变化趋势, 其中冲蚀角为 30° 时的质量损失率最大; 在小角度冲蚀下, 材料的磨损机理主要表现为微观切削, 而大角度冲蚀下的磨损机理则主要表现为反复塑性变形导致的疲劳断裂。

关键词: 离心机; 过流件; 冲蚀磨损; 选煤

中图分类号: TH117.1

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2013)06-0022-04

Study on Erosion Wear of Metal Materials Used for Centrifuge Transflux Parts

Ding Zeliang, Wang Wentao, Wu Jiping

(School of Mechanical Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: The erosive wear experiments on materials of Q235, Cr12Mov, ZG310-570 and Q345A commonly used for centrifuge transflux parts were conducted with sandblasting machine, and their erosive wear characteristics were studied. Results show that the erosive wear resistance increases with the hardness of the material while the mass loss rate decreases. On the same experiment condition, the erosive wear resistance of materials from high to low is as below: Q345A, ZG310-570, Cr12Mov and Q235A. The mass loss rate of the experimental materials firstly increases and then decreases with the increase of impact angle, and it is up to the maximum at the impact angle of 30° . The erosive wear mechanism of experiment materials mainly appears micro cutting under the condition of low angle impact, while exhibits repeated plastic deformation resulting in fatigue fracture under the condition of high angle impact.

Keywords: centrifuge; transflux parts; erosive wear; coal preparation

0 引言

离心脱水机广泛应用于煤炭、石油、生物、化工等行业, 立式刮刀卸料离心机因具有分离因素高、产品水分低、技术成熟、工作可靠、性能稳定等特点而被用于选煤行业的精煤脱水^[1-2]。离心机工作时, 钟型罩、转子体、分配盘、出口保护环、入料

口等零件(统称过流件)因受煤粒的高速冲击而发生冲蚀破坏, 其中钟型罩、转子体等高速旋转零件因磨损不均匀导致其不平衡量增加, 使离心机出现异常的振动和噪声, 影响离心机的正常工作^[3]。过流件的过快磨损不仅影响选煤企业的正常生产, 而且增加企业的运行成本。因此, 提高过流件的抗冲蚀磨损性能, 延长其使用寿命, 对于提高离心机的使

收稿日期: 2013-10-13

基金项目: 湖南省自然科学基金资助项目(14JJ5023)

作者简介: 丁泽良(1966-), 男, 湖南攸县人, 湖南工业大学教授, 博士, 主要从事冲蚀磨损与耐磨材料方面的研究,

E-mail: xmcdzl@163.com

用性能和选煤厂的经济效益,具有重要的理论意义和实用价值^[4]。

本文利用喷砂机对Q235A, Cr12Mov, ZG310-570和Q345A 4种金属材料进行冲蚀磨损试验,研究不同材料、不同冲蚀角度下的质量损失变化情况。对材料的磨损表面进行微观观察与分析,探讨其冲蚀磨损机理,为优化过流件的抗冲蚀磨损性能提供理论依据。

1 试验

1.1 试验方法

冲蚀磨损试验在北京长空喷砂设备有限公司生产的DB-1型吸入式干喷砂机上进行,如图1所示。高压气体经输气软管进入喷枪,并在喷枪内部形成负压。磨料在负压作用下,经输砂软管进入喷枪,与高压气体在喷枪内充分混合后由喷嘴喷出,高速射向工件,从而对工件表面造成冲蚀磨损。喷枪喷出的磨料射流与工件之间的夹角 α 称为冲蚀角(或入射角),试验时 α 分别取 $5^\circ, 10^\circ, 25^\circ, 30^\circ, 50^\circ, 60^\circ, 70^\circ, 90^\circ$ 。气体压力设定为0.8 MPa,喷砂嘴直径为11 mm,喷射距离20 cm。

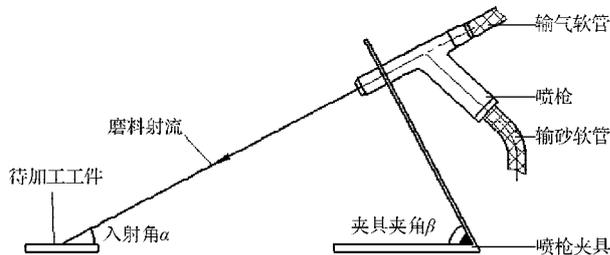


图1 冲蚀磨损试验示意图

Fig. 1 Schematic diagram of erosion experiment

采用日本岛津公司生产的AUY220型万分之一电子天平检测工件磨损前后的质量变化,以质量损失率 δ 作为材料冲蚀磨损性能的评价指标。

$$\delta = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\%, \quad (1)$$

式中 m_1, m_2 分别为工件冲蚀前后的质量, g。

采用日本HIROX公司生产的KH-7700型数字显微镜观察工件磨损后的表面形貌。

1.2 试验材料

工件选用普通碳素结构钢Q235A、铸钢ZG310-570、低合金高强度结构钢Q345A和合金工具钢Cr12Mov 4种金属材料,其性能参数如表1所示,尺寸规格为50 mm × 50 mm × 5 mm。磨料选用棕刚玉,粒度为42~48目,由上海珍庆磨料有限公司生产,主要化学成分: $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 为95%~97%, $w(\text{TiO}_2)$ 为0.5%,

以及少量 SiO_2 和 Fe_2O_3 。

表1 试件材料性能参数

Table 1 The property parameters of the specimen materials

| 材料牌号 | 密度 / ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$) | 硬度 / HB | 抗拉强度 / MPa | 屈服强度 / MPa |
|-----------|---|------------|---------------|---------------|
| ZG310-570 | 7.80 | 163 | 570 | 310 |
| Q235A | 7.85 | 124 | 460 | 235 |
| Cr12Mov | 7.85 | 147 | 600 | 355 |
| Q345A | 7.85 | 178 | 675 | 345 |

2 试验结果与讨论

2.1 不同材料的冲蚀磨损性能

图2为4种材料在冲蚀角为 25° 时的质量损失率与冲蚀时间之间的关系曲线。

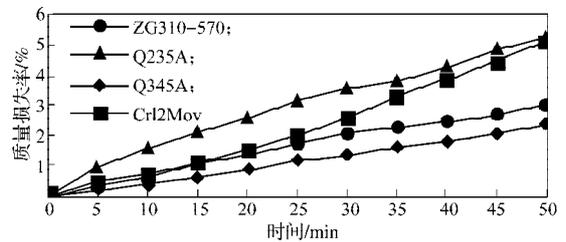


图2 质量损失率与时间的关系

Fig. 2 The relation between mass loss rate and time

由图可知,4种材料的质量损失率均随时间的增加而逐渐增大,其中硬度较高的Q345A的质量损失率最小,硬度最低的Q235A的质量损失率最大。冲蚀50 min时,Q235A的质量损失率为5.25%,是Q345A质量损失率(2.42%)的2.17倍。4种材料的质量损失率由大到小依次为Q235A, Cr12Mov, ZG310-570, Q345A。这主要是由于小角度冲蚀条件下,金属材料的硬度(见表1)越高,其抗冲蚀磨损性能越好,质量损失率越小^[5]。

2.2 不同冲蚀角度下的冲蚀磨损性能

图3是冲蚀时间为30 min时,冲蚀角度对Q235A和Q345A 2种材料质量损失率的影响曲线。

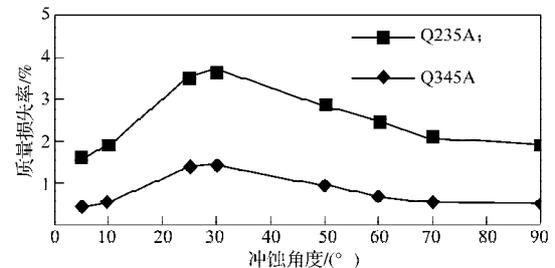


图3 不同冲蚀角下的质量损失率

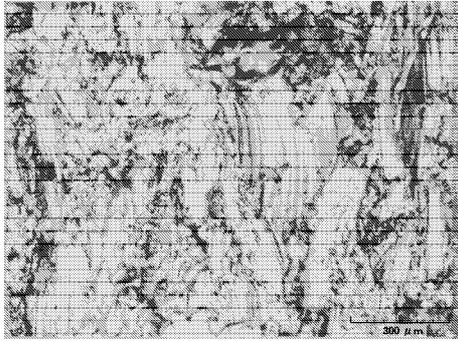
Fig. 3 The mass loss rate at different impact angle

由图可知,2种材料的质量损失率变化规律基本一致,即随着冲蚀角度的增大,质量损失率呈先增

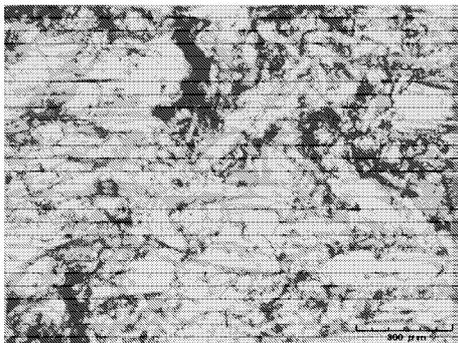
大后减小的变化趋势，其中冲蚀角度为 30° 时的质量损失率最大，5° 时质量损失率最小。

2.3 冲蚀磨损机理分析

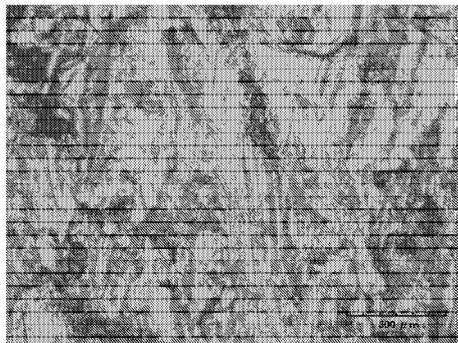
图 4 为 4 种试验材料在 25° 冲蚀角度下的磨损表面形貌照片。



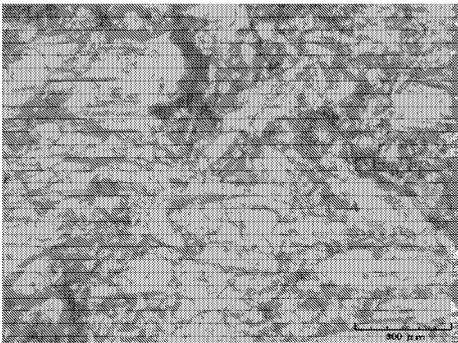
a) Q235A



b) Cr12Mov



c) ZG310-570



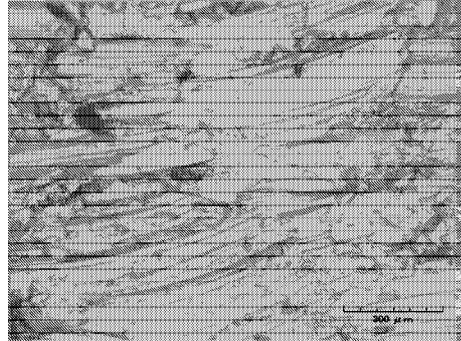
d) Q345A

图4 不同材料的磨损表面形貌

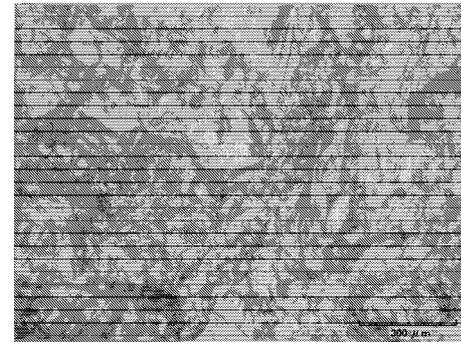
Fig. 4 Wear surface micrograph of different materials

由图可知，在相同的试验条件下，4 种金属材料的磨损表面特征相似，即磨损表面呈现许多划痕和犁沟，而且划痕沟槽较深，方向性明显。

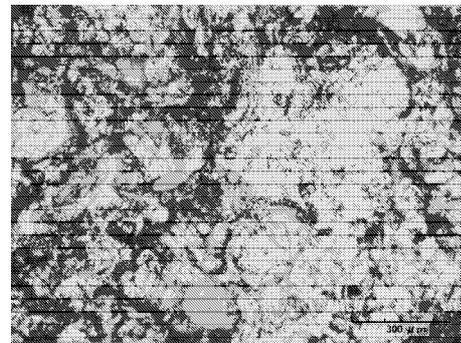
图 5 为 Q345A 材料在不同冲蚀角度下的磨损表面形貌照片。



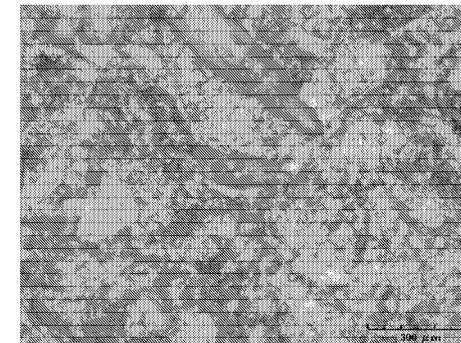
a) 10°



b) 50°



c) 70°



d) 90°

图5 不同冲蚀角下的Q345A磨损表面形貌

Fig. 5 Wear surface micrograph of Q345A at different impact angle

由图4d和图5可知,冲蚀角度由 10° 增大到 90° , Q345A 磨损后的表面特征逐渐发生变化,由以划痕和犁沟为主演变为以变形唇和凹坑为主。

在冲蚀过程中,硬质粒子对材料表面的冲击力可分解为平行于表面的切向力和垂直于表面的法向力。由于金属材料的硬度较低,抵抗小角度冲蚀的能力较弱,坚硬的粒子小角度冲击材料表面时,好像尖锐的刀子从表面划过,容易形成一道道沟槽,其磨损机理主要表现为微观切削;而粒子大角度冲蚀金属材料表面时,法向力大于切向力,材料表面易发生塑性变形,形成冲击凹坑,而凹坑的边缘有因挤压而形成的唇边或堆积物,唇边被反复挤压变形而发生疲劳断裂。另外,粒子冲击时的切向分力也会对表面产生微观的切削作用。因此,大角度冲蚀下材料的磨损机理主要表现为多次冲击导致材料反复塑性变形而发生疲劳断裂^[6-8]。

2.4 过流件结构与材料优化的建议

目前,实际应用中的过流件既有采用铸造结构的,如钟型罩、转子体、分配盘、出口保护环、入料口等,也有采用组焊结构的,如筛篮、出口溜槽、壳体等。根据过流件的结构特征,并结合前面的分析,为延长其使用寿命,对于结构不复杂的钟型罩、转子体和出口保护环等零件,可将其铸造结构改为组焊结构,并根据各部位受冲蚀程度的不同而采用不同的材料制作,如转子体的叶片采用 Q345A 材料,其他部位采用 Q235A 材料。另外,也可在过流件被冲蚀的部位粘贴陶瓷材料,以进一步延长其使用寿命。

3 结论

1) 金属材料的硬度越高,其质量损失率越低,抗冲蚀磨损性能越强。4 种试验材料的抗冲蚀磨损性能由高到低的顺序依次是 Q345A, ZG310-570, Cr12Mov, Q235A。

2) 随着冲蚀角度的增大,质量损失率呈现先增大后减小的变化趋势,其中冲蚀角为 30° 时的质量损失率最大。

3) 在小角度冲蚀下,金属材料的磨损机理主要表现为微观切削,而大角度冲蚀下的磨损机理则主要表现为反复塑性变形导致的疲劳断裂。

参考文献:

- [1] 张双江, 阚晓平, 刘泓, 等. 典型煤用离心脱水设备对比分析及展望[J]. 煤矿机械, 2013, 34(3): 167-169. Zhang Shuangjiang, Kan Xiaoping, Liu Hong, et al. Contrast Analysis and Prospect of Typical Centrifugal Dewatering Equipment for Coal[J]. Coal Mine Machinery, 2013, 34(3): 167-169.
- [2] 周应怀. TLL1000A 型立式刮刀卸料离心机及其应用[J]. 选煤技术, 2001(4): 36-37. Zhou Yinghuai. TLL1000A Vertical Scraper Discharge Centrifuge and Its Application[J]. Coal Preparation Technology, 2001(4): 36-37.
- [3] 温艳辉, 阚晓平, 石永超. 立式刮刀卸料离心脱水机的改进及常见故障诊断[J]. 煤矿机械, 2008, 29(8): 123-125. Wen Yanhui, Kan Xiaoping, Shi Yongchao. Amelirate and Commonly-Seen Trouble Diagnosis of Vertical Scraper Discharge Centrifuge[J]. Coal Mine Machinery, 2008, 29(8): 123-125.
- [4] 周少雷, 刘峰, 刘炯天, 等. 大型选煤技术装备政策研究[C]//中国煤炭经济研究(2005—2008): 下册. 北京: 煤炭工业出版社, 2009: 982-1085. Zhou Shaolei, Liu Feng, Liu Jiongtian, et al. The Policy Research of Large Coal Preparation Technology and Equipment[C]//China Coal Economic Research (2005—2008): II. Beijing: China Coal Industry Publishing House, 2009: 982-1085.
- [5] 郝负洪, 李永. 风沙环境下钢结构涂层低角度冲蚀特性研究[J]. 摩擦学学报, 2013, 33(4): 343-348. Hao Yunhong, Li Yong. Erosion-Behaviors of the Coating on Steel Structure Eroded at Low Erosion-Angle in Sandstorm [J]. Tribology, 2013, 33(4): 343-348.
- [6] Ding Zeliang, Deng Jianxin, Li Jianfeng. Wear Surface Studies on Coal Water Slurry Nozzles in Industry Boilers [J]. Materials and Design, 2007, 28(5): 1531-1538.
- [7] Stack M M, Corlett N, Zhou S. Impact Angle Effects on the Transition Boundaries of the Aqueous Erosion Corrosion Map[J]. Wear, 1999, 225/226/227/228/229: 190-198.
- [8] 吴小梅, 商晓宇. 三种不锈钢材料抗固体颗粒冲蚀性能研究[J]. 航空材料学报, 2012, 32(3): 68-72. Wu Xiaomei, Shang Xiaoyu. Study on Erosion Resistance of Three Stainless Steels Using Solid Particles[J]. Journal of Aeronautical Materials, 2012, 32(3): 68-72.

(责任编辑: 邓光辉)