

# 喷射式浆体冲蚀磨损试验机的研制及其性能考核

黎清宁<sup>1</sup>, 卢德宏<sup>2</sup>, 蒋业华<sup>2</sup>, 周荣锋<sup>2</sup>, 周荣<sup>2</sup>

(1. 昆明理工大学 国土资源工程学院, 云南 昆明 650093;

2 昆明理工大学 机电工程学院, 云南 昆明 650093)

**摘要:** 冲刷腐蚀磨损广泛存在于现代工业生产中, 造成了大量的材料消耗. 目前对浆体冲蚀磨损规律的认知还存在较大的局限性, 要对浆体冲蚀磨损进行深入的研究, 必须研制能较好模拟实际工况条件的试验装置, 在比较现有冲蚀磨损试验机优缺点以及考虑制造成本的基础上, 设计并制造了一台喷射式浆体冲蚀磨损试验装置. 该试验机经过性能考核, 证明其性能可靠, 参数易于调节, 可用于材料耐磨性能对比及浆体冲蚀磨损机理研究.

**关键词:** 冲蚀磨损; 试验机; 数据重现性

中图分类号: TB24

文献标识码: A

文章编号: 1007-855X(2006)02-0044-04

## Development and Performance Examination of Jet Test Machine on Slurry Erosion

LI Qing-ning<sup>1</sup>, LU De-hong<sup>2</sup>, JIANG Ye-hua<sup>2</sup>, ZHOU Rong-feng<sup>2</sup>, ZHOU Rong<sup>2</sup>

(1 Faculty of Land Resource Engineering Kunming University of Science and Technology Kunming 650093 China

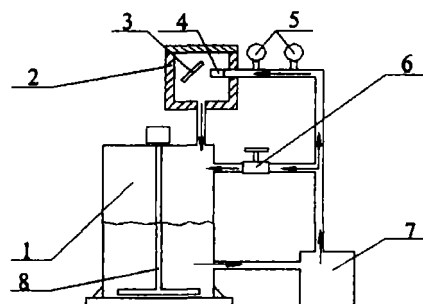
2 Faculty of Mechanical and Electrical Engineering Kunming University of Science and Technology Kunming 650093 China)

**Abstract** The slurry erosion is widely found in modern industry and plenty of materials are wasted because of this. Test apparatus with excellent simulation property should be developed to have a further study on slurry erosion. After comparing the advantages and disadvantages of the present test machines on slurry erosion test, a jet test apparatus is manufactured. The test machine is proved to be stable and the test parameters are easy to adjust. It can be used to test the antierosion property of the materials and study the slurry erosion mechanism.

**Key words** erosion wear; test machine; data reappearance

### 0 引言

冲刷腐蚀磨损是金属表面与腐蚀流体间由于相对运动而引起的金属材料去除现象, 材料受到冲刷腐蚀和磨损的交互作用. 浆体冲蚀磨损现象普遍存在于矿山、冶金、水利等行业中<sup>[1,2]</sup>. 目前人们对浆体冲蚀磨损规律的认识不够透彻, 要对浆体冲蚀磨损进行深入的研究, 必须研制能较好模拟实际工况条件的试验装置, 而目前国内外尚没有一种十分理想的浆体冲蚀磨损试验装置. 在比较现有冲蚀磨损试验机优缺点以及考虑制造成本的基础上, 设计并制造了一台可实现冲蚀磨损条件的浆体冲蚀磨损试验装置.



1 浆料桶; 2 试样室; 3 试样; 4 喷嘴;  
5 水压表; 6 调节水阀; 7 渣浆泵; 8 抄写拌器

图1 喷射式冲蚀磨损试验机结构原理示意图

Fig.1 Schematic drawing of the slurry erosion test apparatus

收稿日期: 2005-04-20 基金项目: 云南省自然科学基金资助项目 (项目编号: 20010008Q).

第一作者简介: 黎清宁 (1978~), 男, 在读博士研究生. 主要研究方向: 矿业耐磨材料. E-mail: liqkn@sina.com

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

## 1 结构原理

本冲蚀磨损机主要由供浆部分、试样冲蚀部分组成, 结构原理示意图如图 1 所示, 其工作原理为: 渣浆泵将搅拌均匀的浆料从浆料桶中抽出, 通过管道输送至喷嘴处, 浆料从喷嘴喷射至试样表面上, 从而对试样造成冲蚀磨损, 浆料由管道回流至浆料桶循环使用。

### 1.1 冲蚀速度的调节及测定:

通过调节水阀以及改变喷嘴大小来调节控制浆料的冲蚀速度; 冲蚀速度是通过测定单位时间内通过管道的浆料流量, 并除以喷嘴的横截面积计算而得到的。本论文的冲蚀磨损试验采用直径 6 mm 的喷嘴, 喷嘴离转动轴轴线的距离为 60 mm, 其冲蚀速度在 0~24.8 m/s 之间连续可调。

### 1.2 冲蚀角度的调节及测定:

试样通过夹具装夹在固定板上, 调节转动轴, 以使试样能以一定角度与浆料束进行冲蚀, 并通过测角仪读出角度, 本冲蚀磨损机的冲蚀角约在 10~90°之间连续可调。试样室的示意图如图 2 所示。

## 2 性能考核

性能考核主要是针对该冲蚀磨损试验机的供浆流量和供浆浓度的稳定性, 以及冲蚀磨损数据的重现性进行考核。

### 2.1 供浆流量和供浆浓度的稳定性

配制石英砂质量分数为 10% 的浆料, 开动搅拌电机及渣浆泵电机, 从试样室下面的管道通过管道用容器接收流出浆料, 每次接收时间为 5 s, 然后测量浆料量以及其中的含砂量, 每隔 2 min 测量一次。结果如图 3 可见浆料的流量及浓度随时间基本呈水平线变化, 因此供浆稳定性较好, 而且从管道接收的浆料浓度重量分数接近 10%, 说明搅拌叶片对浆料搅拌得较为均匀。两个水压表可以间接反映实验过程中渣浆泵供浆的稳定性。

### 2.2 冲蚀磨损试验数据的重现性

重现性试验是在相同的试验条件下对同种试样重复进行多次磨损试验, 考察试验机试验结果的重现性, 并取同种试样的全部试验结果的平均值作为标准结果, 与各组数据相比较, 取其最大误差值作为该试验机的试验精度。

冲蚀磨损试验采用目前广泛应用于过流部件的  $C_{15}M_{03}$  高铬铸铁, 试样切割成尺寸为 60 mm × 30 mm × 5 mm 的形状。在试验前高铬铸铁冲蚀磨损面需经砂轮打磨平整, 试验前后都需要用丙酮将试样清洗干净并烘干。用六个试样分别进行冲蚀角度为 45°、冲蚀速度为 24.8 m/s、冲蚀时间为 1 h 的冲蚀磨损。试验介质选用液固两相混合浆料, 配制质量分数为 10% 的浆料, 其中石英砂的粒度为 40~70 (目), 硬度为 HV 1100。每冲蚀完一个试样重新配制更换浆料, 保证试样在相同的试验条件下进行实验。试验前后用感量为 1/10 000 克的分析天平对试样称重, 得出磨损失重。进行三次重复试验, 取三次试验平均值作为最后数据。冲蚀磨损试验结果以试样质量磨损率来表示, 试验结果如表 1 所示:

从表 1 可以看出试验最大误差小于 4%, 表明本冲蚀磨损试验机有较好的数据

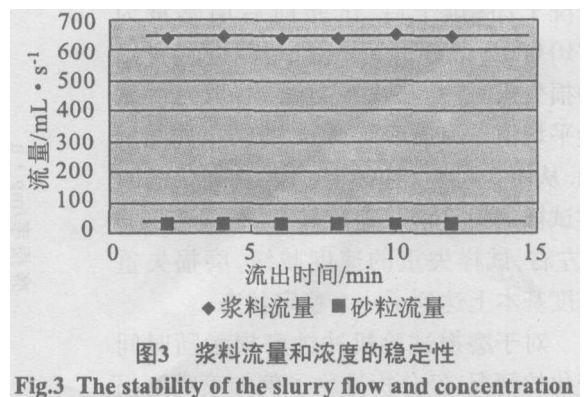


表 1 冲蚀磨损试验机数据重现性测试结果  
Tab 1 The results of the data reappearance tests

| 试样号      | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 平均值    |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 磨损失重 /mg | 360.56 | 352.23 | 371.73 | 348.36 | 358.20 | 367.50 | 359.76 |
| 误差 /%    | 0.43   | 1.89   | 3.55   | 2.96   | 0.22   | 2.37   | 1.81   |

重现性.

### 2.3 蚀磨损率随冲蚀角的变化

改变冲蚀角对高铬铸铁试样进行冲蚀磨损试验, 冲蚀速度为  $24.8 \text{ m/s}$ , 浆料的质量分数为  $10\%$ , 冲蚀时间为  $1.5 \text{ h}$ . 试验结果如图 4 所示, 试验结果表明高铬铸铁的磨损率随冲蚀角的增大有升高的趋势, 与有关文献<sup>[3]</sup>中有关高铬铸铁随冲蚀角的变化规律类似, 虽然高铬铸铁是良好的耐磨材料, 但共晶碳化物在受到与其硬度接近的石英砂冲击时, 脆性的碳化物容易发生碎裂; 而且随着冲蚀角的增大, 所受到的冲击能越大, 因而造成冲蚀率升高. 另一方面说明冲蚀磨损试验机能够较好的反映试验参数的变化.

### 2.4 冲蚀磨损率随浆料浓度的变化

改变浆料浓度对高铬铸铁试样进行冲蚀磨损试验, 冲蚀角度为  $45^\circ$ , 冲蚀速度为  $24.8 \text{ m/s}$ , 冲蚀时间为  $1.5 \text{ h}$ . 试验结果如图 5 所示, 试验结果表明高铬铸铁的磨损率随浆料浓度的增大有升高的趋势, 因为随着浆料浓度的增大, 试样受到石英砂颗粒的冲击频率越高, 造成试样表面材料流失加剧, 说明冲蚀磨损试验机能够较好的反映试验参数变化.

### 2.5 冲蚀磨损率随冲蚀时间的变化

在跟 2.2 相同的实验条件下, 用高铬铸铁试样进行试验机磨损率随时间变化规律的试验. 每冲蚀一个小时停机取下试样, 不更换浆料, 然后更换另外一块高铬铸铁试样继续进行冲蚀磨损试验, 这样可以尽可能的消除材料本身的磨损特性对试验结果的影响. 将取下的试样用丙酮将清洗干净, 烘干后, 试验前后用感量为  $1/10\,000 \text{ g}$  的分析天平对试样称重, 得出磨损失重. 进行三次重复试验, 取三次试验平均值作为最后数据, 试验结果如图 6 所示. 从图 6 可见, 冲蚀磨损试验开始的时候试样的失重增长速度较快, 但是经过  $3 \text{ h}$  左右, 试样失重的速度减缓, 磨损失重速度基本上达到了一个稳定状态.

对于磨损试验机冲蚀磨损量随时间变化的情况, 经分析排除了例如喷嘴磨损等因素的影响. 试验前的石英砂粒度为  $40 \sim 70$  (目), 主要集中在  $200 \sim 420 \mu\text{m}$  之间, 图 7(a) 为试验前石英砂放大 100 倍

的表面形貌; 图 7(b) 为试验  $3 \text{ h}$  后石英砂在相同倍数下的表面形貌, 从图中可以看出冲蚀  $3 \text{ h}$  后的石英砂粒度有很大程度的减小. 出现这种情况的主要原因是石英砂磨料在叶片搅拌、管道循环以及冲击试样的过程中, 自身也受到撞击而破碎, 造成粒度的减小, 同时石英砂磨料尖角钝化, 使得石英砂的形状变圆整, 对试样的切削及犁沟作用变弱, 因而冲蚀磨损率随冲蚀时间的延长而下降.

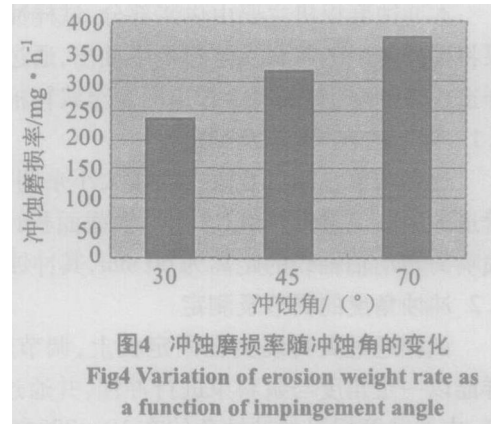


图4 冲蚀磨损率随冲蚀角的变化  
Fig.4 Variation of erosion weight rate as a function of impingement angle

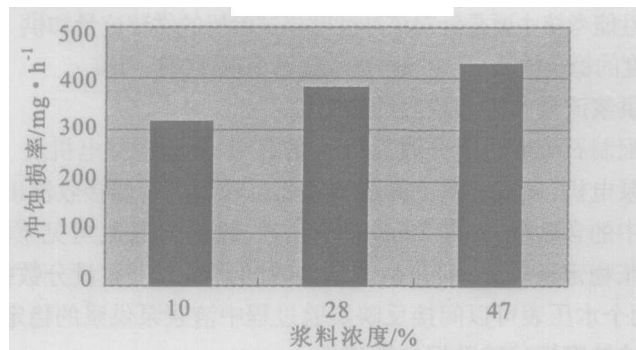


图5 冲蚀磨损率随浆料浓度的变化  
Fig.5 Variation of erosion weight rate as a function of slurry concentration

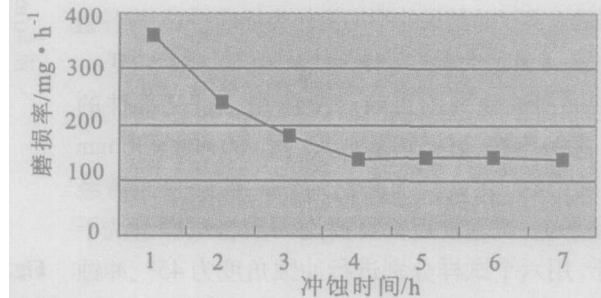


图6 磨损率随冲蚀时间的变化  
Fig.6 Variation of wear rate as a function of test duration

### 3 结 论

1) 该冲蚀磨损试验机经过性能考核证明其供浆稳定, 数据重现性较好, 试验最大误差小于 4%, 能够较好的反映试验参数的变化, 并与相关文献有类似的变化规律, 可用于冲蚀磨损机理的研究。

2) 经过对磨损试验机冲蚀磨损率随时间变化规律的研究, 表明每次进行冲蚀磨损试验前须重新更换浆料, 以保证试验在相同的试验条件下进行。

#### 参考文献:

- [1] 刘家俊. 材料磨损原理及耐磨性 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1990 1- 5.
- [2] 李诗卓, 董祥林. 材料的冲蚀磨损与微动磨损 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1987: 2- 5
- [3] 陈冠国, 褚秀萍. 关于冲蚀磨损问题 [J]. 河北理工学院学报, 1997, 19(4): 27- 32

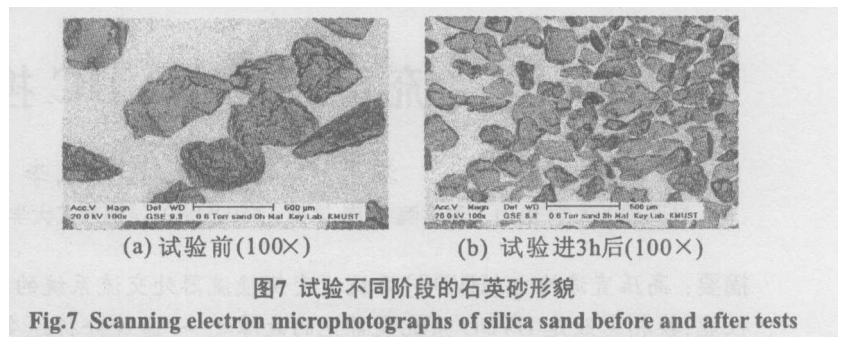


图7 试验不同阶段的石英砂形貌  
Fig.7 Scanning electron microphotographs of silica sand before and after tests

(上接第 43 页)

#### 参考文献:

- [1] LIU Jian-xiong, LIAO Pi-bo, XIAO Zheng-ming. Core Deformation Analysis and Defect Prediction in Injection Molding Process [A]. Proceedings of 2005 2nd international Conference on Die & Mould Technology [C] // China Machine Press 319- 325.
- [2] 陈志新, 刘建雄. 注塑模设计的 CAE [J]. 昆明理工大学学报: 理工版, 2003 28(增刊): 162- 166
- [3] 黄雁, 彭华态. 塑料模具制造技术 [M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2003: 67- 71.
- [4] 李海梅. 注射模成型缺陷探讨 [J]. 模具工业, 1997, 192(2): 42- 45.
- [5] 陈静波, 申长雨. 注塑模冷却分析系统的研究与开发 [J]. 中国塑料, 1999, 13(4): 93- 99.