

耐冲蚀磨损的渣浆泵新材料探索

鲍崇高, 邢建东, 王恩泽, 高义民

(西安交通大学机械工程学院, 陕西 西安 710049)

摘要:针对矿山工况,制备了灰铸铁基和低铬合金白口铸铁基的 WC 颗粒/铁基复合材料,并以高铬铸铁为对比材料,对其冲刷腐蚀磨损特性进行了测试.结果表明:所得复合材料耐冲蚀性都比高铬铸铁好,高碳低铬白口铸铁基的复合材料耐冲蚀性最好.

关键词:渣浆泵;冲刷腐蚀;复合材料

中图分类号:TB133 文献标识码:A 文章编号:1009-606X(2001)02-0173-03

1 前言

工业渣浆泵广泛应用于水利、冶金、电力、煤炭、交通运输等部门.我国水力资源丰富,含沙河流多,这对运行于该种水流情况下的水利机械,特别是渣浆泵等容易造成极大的冲刷腐蚀、空蚀及磨损.煤炭、冶金部门主要采用水力输送矿浆(煤浆),浆体浓度较大,使用的泵腐蚀磨损严重,有些在矿山使用的渣浆泵因过流部件的穿洞、变形或其它形式的结构失效,一星期左右就报废,被称为“星期泵”.火力发电厂的煤浆输送和灰渣排放等都存在液-固两相流冲蚀磨损问题.冲刷腐蚀磨损包括浆料的冲刷作用、流体(介质)的腐蚀作用以及磨损与腐蚀的相互促进效应,是一个具有复杂多变性和环境依赖性的动态过程.影响冲蚀磨损特性的因素有材料本身的化学成份、组织结构、机械性能、过流部件的形状、尺寸、流体的流速、流态及介质的温度、pH值、固体颗粒粒度、硬度等^[1,2].近年来渣浆泵常用的材料有白口铁、不锈钢、有色合金等^[3,4],这些材料有的抗磨性好,但耐冲蚀性较差,有的耐冲蚀性好,但抗磨性较差,因此材料的使用寿命受到限制.

本文以云南锡业机械制造公司的矿浆浆料工况为具体背景,选择综合性能较好的 WC 陶瓷颗粒作为颗粒增强相,对用不同基体材料复合制备的 WC/铁基局部复合材料进行抗冲蚀性能研究,探讨材料失效机理,为选材提供指导.

2 材料选择

2.1 基体选择

基体材料是颗粒增强金属基复合材料(PRMMCs)的主要组成部分,起着固结增强颗粒、传递和承受各种载荷的作用.从使用性能来看,必须具有足够的硬度、强度,以抵抗磨粒的切削、冲刷作用,同时还应具有一定的塑韧性以承受磨粒的冲击;从复合材料的制备角度考虑,应具有较好的流动性以加强铸渗效果;从生产成本考虑,合金量应尽量减少等.

本文选择灰口铸铁和低铬合金白口铸铁作为基体材料,考虑到适当提高碳含量有助于增加基体材料的耐磨性,因此低铬合金白口铸铁中碳含量选定两种.基体材料的化学成份见表1.

2.2 增强颗粒的选择

增强颗粒的选择原则应包括:(1)硬度、刚度高;(2)与基体的润湿性好,这样有利于良好铸渗和牢固结合;(3)具有良好的化学稳定性.此外,颗粒粒度要适宜,粒度太大,容易出现脆性裂纹,粒度太小,颗粒比表面积大,溶解严重,导致颗粒体积分数减小,从而影响颗粒的增强效果.

研究表明^[5], WC 陶瓷颗粒与金属液间具有较好的力学相容性、良好的界面湿润性(与铁液的润湿角几乎为 0°); WC 颗粒硬度高(Hv 2800~3000), 因此具有较好的综合性能. 本文选择 WC 陶瓷颗粒作为复合材料增强相, 粒度选择 0.315~0.400 mm 和 0.200~0.315 mm 两种. WC 陶瓷颗粒物理、力学性能见文献[6].

复合材料的制备针对几种渣浆泵前后护板(梯形)零件(厚度 12~18 mm), 采用铸渗法进行复合制造, 即将 WC 颗粒预制块固定在铸型表面, 在不施加任何压力或负压的情况下, 将金属液注入型腔, 铁液渗透进入颗粒微孔之间, 颗粒在高温铁液熔合下发生一定程度的熔化、溶解并与铁液冶金结合形成复合材料, 铸渗深度达 4~6 mm.

不同颗粒体积分数也是影响复合材料综合性能的重要因素之一, 本实验选择体积分数为 44.2% 的复合材料, 其抗冲蚀磨损性能最好. 对比材料为工业上常用的高铬白口铸铁(15-2-1), 其化学成份见表 1.

表 1 不同基体材料和高铬白口铸铁的化学成份

| No. | Material | C | Si | Mn | Cr | Mo | Cu | P | S |
|-----|-----------------------------------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|
| 1 | Grey iron | 3.80 | 2.60 | 0.50 | - | - | - | <0.06 | <0.06 |
| 2 | Low Cr white cast iron (low C) | 2.00 | 0.60 | 0.40 | 4.00 | - | - | <0.06 | <0.06 |
| 3 | Low Cr white cast iron (high C) | 2.50 | 0.80 | 0.30 | 4.00 | - | - | <0.06 | <0.06 |
| 4 | High Cr white cast iron | 2.62 | 0.86 | 0.78 | 15.26 | 1.96 | 0.91 | <0.06 | <0.06 |

3 冲蚀磨损实验

3.1 实验方法

用材料的体积损耗 V 来反映其抗冲刷腐蚀的优劣. 实验设备为 MMC-200 高温氧化-腐蚀磨损试验机^[7]. 为模拟云南锡业公司渣浆泵过流部件的工作环境, 经探索性实验确定的实验条件为: 转盘线速度 20 m/s, 冲蚀角 70° , 时间 20 h, 浆料 pH 值 8~9, 浆料配比: 纯净水 3.00 L, 石英砂 (0.2~0.315 μm) 1.4 kg, 亚硫酸钠 0.63 g, 硫酸铜 0.28 g, 石灰 2.8 g, 黄药 0.17 g. 每次实验夹装 6 个试样, 3 个复合材料与高铬铸铁试样间隔安装, 取 3 次实验平均值作为最后数据.

3.2 结果与分析

不同基体颗粒增强金属基复合材料(PRMMCs)及高铬铸铁经冲刷腐蚀实验后其体积损耗量及相对耐冲蚀性()如表 2 所示. 从表可以看出, 3 种基体的复合材料耐冲蚀性都比高铬铸铁好, 其中高碳低铬白口铸铁基材料耐冲蚀性最好, 是高铬铸铁材料的 3.44 倍.

表 2 不同基体的 PRMMCs 与高铬白口铸铁冲蚀磨损实验结果

| No. | Material | V [$\text{mm}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$] | |
|-----|--|---|------|
| 1 | High Cr white cast iron | 54.62 | 1.00 |
| 2 | WC/grey iron matrix composite | 31.97 | 1.71 |
| 3 | WC/low Cr white iron matrix composite (low C) | 20.03 | 2.73 |
| 4 | WC/low Cr white iron matrix composite (high C) | 15.89 | 3.44 |

图 1 是实验材料经冲刷腐蚀实验后的 SEM 形貌. WC 颗粒增强铁基复合材料之所以具有良好的抗冲蚀磨损性能, 主要原因是: (1)作为增强相, WC 颗粒的硬度和刚度比石英砂高得多, 有较好的抵抗磨粒的冲击和切削作用; (2)由图可看出, 在冲蚀磨损过程中, 复合材料基体受到磨粒尖角的切削和犁沟作用, 发生塑性变形, 逐渐疲劳剥裂、下凹, WC 颗粒突起承受磨粒的主要冲击和

切削,以一定角度冲蚀磨损面,产生所谓“阴影效应”,处在 WC 颗粒阴影中的基体材料遭受冲击和切削几率小、程度轻,因而基体材料得到良好保护并充分发挥其“支撑作用”,在“阴影效应”和“支撑效应”互相作用下,复合材料的体积损耗大大减小,整体抗冲蚀性得到提高.研究表明^[5],铸渗过程中,WC 颗粒部分固溶于基体合金中,并且有再结晶 WC 微粒弥散分布其中,这种固溶强化和再结晶弥散强化可以在一定程度上改善基体的性能.低铬白口铁基复合材料因基体硬度较灰铁高,因此耐冲蚀性比灰铁基复合材料好,且基体含碳量越高,耐冲蚀性越好.高铬铸铁在冲蚀磨损时[图 1(c)],受切削和冲击作用,基体犁沟深长,硬质相碳化物 $[(Cr, Fe)_7C_3]$,Hv 1200~1500]发生脆断、碎裂,材料失去严重,耐冲蚀性能较低.

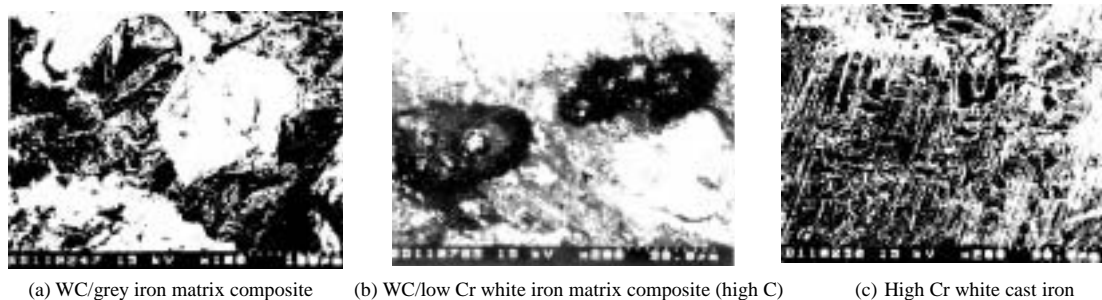


图 1 不同基体的 WC 颗粒/铁基复合材料和高铬白口铸铁冲蚀磨损 SEM 形貌
Fig.1 The SEM of erosive wear of WC particle/iron matrix composite with different metal matrices and high Cr white cast iron

3 结论

(1) 高铬白口铸铁在冲蚀磨损时,受切削和冲击作用,基体犁沟深长,硬质相碳化物发生脆断、碎裂,因而材料失去严重,耐冲蚀性能较低;WC 颗粒/铁基复合材料因 WC 颗粒综合性能好,与金属液界面结合好,因而耐冲刷腐蚀性都优越于高铬白口铸铁.

(2) 不同基体的 WC 颗粒/铁基复合材料因基体硬度不同,其耐冲蚀性能也有差异,高碳低合金白口铸铁基的复合材料基体硬度最高,因而耐冲蚀性能最好,在复杂零件的生产复合工艺问题解决后,可望成为渣浆泵过流部件的新材料.

参考文献:

- [1] 中国腐蚀与防护学会. 金属腐蚀手册[M]. 上海:上海科技出版社,1987. 1-7.
- [2] 郑玉贵,姚治铭,柯伟. 冲刷腐蚀的研究近况[J]. 材料科学与工程,1995,10(3): 21-26.
- [3] 郭清胜,黄永昌. 高铬钼不锈钢在湿法磷酸中磨损腐蚀行为[J]. 腐蚀科学与防护技术,1994,6(4): 364-367.
- [4] 秦紫瑞,孙连春,李隆盛. 新型耐磨蚀铸造高铬钢的研制[J]. 化工机械,1995,22(2): 20-24.
- [5] 王华明. 铸件表面复合合金层组织与性能的研究[D]. 西安:西安交通大学,1986. 25-30.
- [6] 顾立德. 特种耐火材料[M]. 北京:冶金工业出版社,1982. 81-100.
- [7] 唐武. 陶瓷颗粒增强耐热不锈钢基表面复合材料腐蚀磨损特性的研究[D]. 西安:西安交通大学,2000. 23-26.

Search for New Materials for Slurry Pumps with Erosion-wear Resistance

BAO Chong-gao, XING Jian-dong, WANG En-ze, GAO Yi-min

(Xi'an Jiaotong University, Xi'an, Shanxi 710049, China)

Abstract: Aimed at directly mine operation conditions, WC particle/grey iron and low-chromium alloy white iron matrix composites were manufactured, and their anti-erosive wear properties were investigated against high-chromium cast iron. Results showed that the erosive wear resistance of composites with different metal matrix materials was better than that of high-Cr cast iron, and that of high-carbon and low-Cr white iron matrix was the best.

Key words: slurry pumps; composites; erosion-corrosion