

文章编号:1673-9981(2018)04-0292-05

相对冲磨角度对过流部件冲磨特性的影响

杨运宇,余瑾,张川,王健军

合肥工业大学材料科学与工程学院,安徽合肥 230009



摘要:为研究相对冲磨角度对过流部件冲磨特性的影响,利用自主研发的固液两相流体的磨粒磨损实验设备,研究了相对冲磨角度对 Q235、40Cr 和 ZL102 三种金属过流件试样的影响规律.结果表明,随相对冲磨角度的增大, Q235、40Cr 和 ZL102 三种材料的质量磨损强度和体积磨损强度增加到某一峰值后缓慢下降,其最大质量磨损强度和体积磨损强度分别出现在 30°,45°和 15°附近.在相对磨损角度 0°~90°范围,出现最大磨损量对应的冲磨角度随材料硬度(脆性)增大而增大.用 Q235 材料制备的过流部件应避免出现 20°~40°弯角,用 40Cr 材料制备的过流部件时需设计成低的冲磨角度, ZL102 材料应避免小角度冲磨切削.

关键词:磨粒磨损;相对冲磨角度;硬度

中图分类号: TH117.1

文献标识码: A

磨损作为材料失效的主要形式,大约有 50% 的设备损坏是由于磨粒磨损所致^[1].在矿山、港口、建筑工地等场所,机械设备的工作对象大多为含砂水流或含颗粒的流体.磨粒磨损的发生与设备材料的特性和设备的工况条件是紧密相连的.不同的工作环境下,对应的磨粒磨损机理,磨损特性也有所不同.由于水为介质,设备磨损的机理很复杂,这给研究带来了一定困难^[2].若以实际作业设备进行研究,成本高,也不具有普遍性^[3-5].水流冲磨属于固液两相流体的磨粒磨损,关于水流冲磨理论的研究成果较少,本试验利用自主研发的实验机,探索了相对磨损角度对过流部件磨损的影响规律.

1 试验部分

1.1 试验设备

图 1 为“闭式侧体旋转型”浆料磨粒磨损试验机的结构示意图.其主要结构由三大部分组成:(1)智能控制台——精准设置并控制运转速度、时间以及各项安全反馈机制操作,以确保试验机安全有效地

运行;(2)一体式电机减速机;(3)试验机主体系统.将过流部件试样加工出一定倾斜角度,装入容器侧壁,叶片旋转时使浆液旋流冲刷试样.试验时,试样位置如图 2 所示.分别对不同倾角的试样进行试验,以研究相对冲磨角度对过流部件磨损的影响规律^[3].

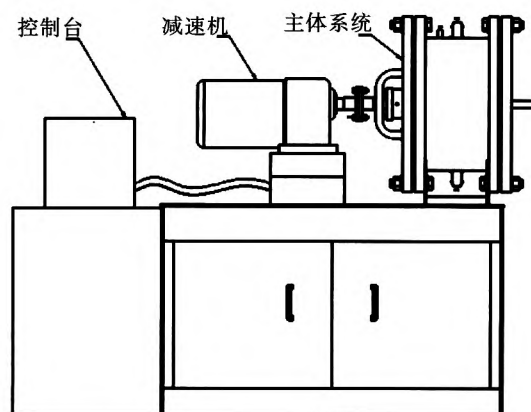


图 1 试验设备示意图

Fig. 1 Schematic experimental equipment diagram

收稿日期:2018-03-09

作者简介:杨运宇(1991-),男,安徽合肥人,硕士研究生,研究方向为固液两相流的磨粒磨损性能.

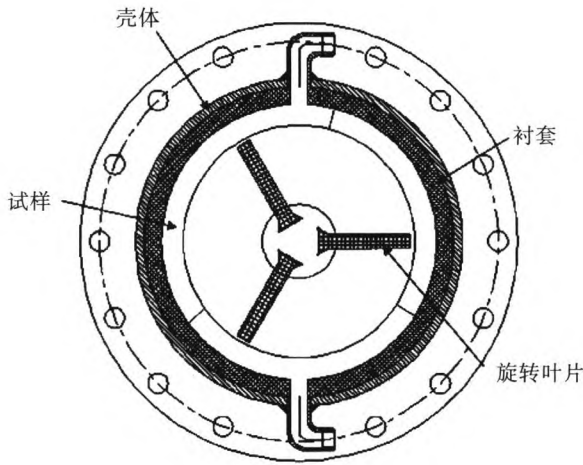


图 2 试验机主体系统
Fig. 2 Test subject system

1.2 试验方法

1.2.1 试料硬度及加工

试验前对低速环流砂粒设备中不同部位过流部件材料的表面硬度进行测试. 分别选取 C 钢 Q235、合金钢 40Cr、铝合金 ZL102 作为试验机管路、轴杆以及基座和外壳的材料^[6-8]. 对 3 种材料表面硬度的测试结果列于表 1.

表 1 材料的表面硬度值

Table 1 The surface hardness of the different materials

测量次数	C 钢 Q235	合金钢 40Cr	ZL102
	HV _{0.1}	HV _{0.1}	HV _{0.1}
1	112.5	245.6	80.3
2	111.3	257.5	75.6
3	112.1	243.1	85.1
均值	112.0	248.7	80.3

将以上 3 种材料分别按相对底面斜度为 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 90° 进行加工, 加工后对其表面进行清洗、烘干, 备用.

1.2.2 试验步骤

将清洗、烘干的试样进行编号、称重后, 装入试验机一端, 然后将一定粒径的含砂量 100 g/L 的浆料加入试验机内. 将变频器调至 50Hz (试验机内相对运行速度为 2.0 m/s), 设计每天工作 8 h, 每隔 6 天对过流部件试样进行称量, 并计算磨损量.

1.3 试验数据处理

为了判断含砂粒水流对过流部件的磨损程度和

不同材料的抗磨损性能, 在砂粒磨损试验中, 常采用“磨损强度”来表征砂粒磨损^[9-11]. 质量磨损强度 Q_m 定义为单位时间 48 h 内, 材料单位表面积被磨损的质量, 如式(1).

$$Q_m = \Delta m / S. \quad (1)$$

式(1)中 Δm ——试样质量损失; S ——试样过流表面积.

为了比较不同密度材料的磨损强度, 需同时比较单位面积材料被磨损的体积. 因为有些低密度材料的质量损失小而其体积磨损特别大, 体积损失大, 其磨损强度同样不好. 设备部件尺寸的变化对其工作性能的影响要比其质量变化大很多. 因此, 采用体积损失计算更合理. 但考虑实际情况中, 破坏痕迹是不均匀的, 体积磨损难于测量, 在质量磨损强度 Q_m 的基础上定义体积磨损强度 $Q_v = Q_m / \rho$, ρ 为试样密度, 单位 mm. 即由理论公式推算可知, 体积磨损强度 Q_v 的物理意义为单位面积内试样的平均磨损深度.

表 2 试样密度

Table 2 The samples density

试样材料	密度 $\rho / (\text{mg} \cdot \text{mm}^{-3})$
Q235	7.85
40Cr	7.85
ZL102	2.66

根据自定义的判断数据——质量与体积磨损强度, 主要对不同工况条件下过流部件材质的试验数据进行纵向对比研究^[12-14].

2 试验结果与讨论

2.1 相对冲磨角度对磨损强度的影响

在浆料含砂量 100 g/L、相对运行速度 2.0 m/s、砂粒粒径 0.5 mm 的试验条件下, 相对冲磨角度对 Q235, 40Cr, ZL102 三种材料的质量磨损强度 Q_m 与体积磨损强度 Q_v 的影响如图 3 和图 4 所示. 由图 3 可知, 相对冲磨角度对三种材料质量磨损强度的影响规律基本相同. 随相对冲磨角度的增大, 质量磨损强度增加到某一峰值后缓慢下降. 材料 Q235 的最大质量磨损强度出现在 30° 附近, 40Cr 的最大质量磨损强度出现在 45° 附近, ZL102 的最大质量磨损

强度出现在 15°附近. 3 种材料磨损后, Q235 质量损失高于其他两者. 由图 4 可知, 随相对冲磨角度的增大, 体积磨损强度增加到某一峰值后缓慢下降. 材料 Q235 的最大体积磨损强度出现在 30°附近, 40Cr 的最大体积磨损强度出现在 45°附近, ZL102 的最大磨损强度出现在 15°附近. 3 种材料磨损后, ZL102 的体积损失最为严重.

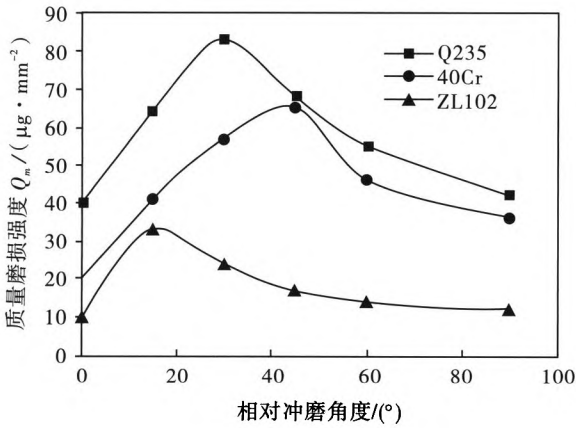


图 3 相对冲磨角度对质量磨损强度的影响

Fig. 3 Relationship between the relative impact angle and the mass wear strength

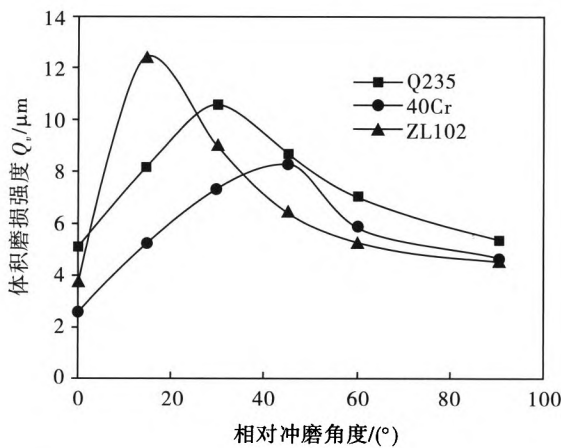


图 4 相对冲磨角度对体积磨损强度的影响

Fig. 4 Relationship between the relative impact angle and the volume wear strength

2.2 相对冲磨角度对磨损形式的影响

砂粒冲磨材料表面时, 砂粒的速度方向与材料表面之间的夹角为相对磨损角度 α . 图 5 为砂粒冲磨试样表面的示意图(忽略砂粒可能因自转带来的影响).

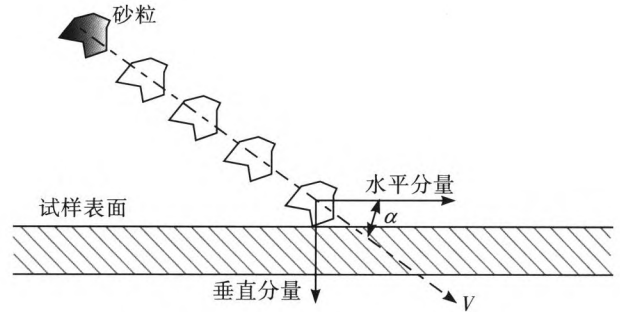


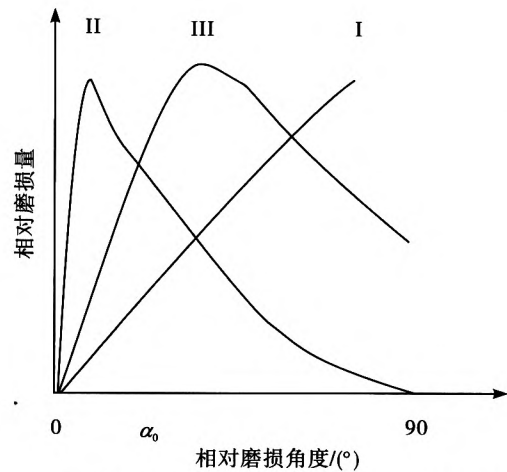
图 5 砂粒冲磨试样表面的示意图

Fig. 5 The schematic diagram of sand abrasion the surface of the sample

对于表面被具有一定速度 v (冲磨动能)的砂粒所造成的磨损, 可以分为下列两种情况进行讨论, 详见图 6.

(1) 磨损为纯变形磨损(图 6 曲线 I): 砂粒冲磨动能的垂直分量决定材料的磨损量. 在小角度范围内($\alpha=0^\circ\sim\alpha_0^\circ$)砂粒垂直分量不足以使材料产生变形磨损. 随 α 增大, 其垂直动能分量增加, 磨损强度增加. 在 $\alpha=90^\circ$ 时产生的磨损量最大.

(2) 磨损为纯切削磨损(图 6 曲线 II): 砂粒冲磨动能的垂直分量确定其压入试样表面的深度, 其水平分量完成切削运动, 最终造成体积微损失. 在 $\alpha=0^\circ$ 或 $\alpha=90^\circ$ 时(不计砂粒自转)材料无切削磨损. $\alpha=0^\circ$ 时砂粒不能压入材料表面, $\alpha=90^\circ$ 时砂粒不能水平切削运动. 在 $0^\circ\sim90^\circ$ 之间的某一角度 α_{max} 有最大磨损量.



I-纯变形磨损; II-纯切削磨损; III-复合磨损

图 6 相对冲磨角度-磨损特性曲线

Fig. 6 Relative grinding angle and wear characteristic curve

典型脆性材料不接受塑性变形,无切削磨损,其磨损量是由材料反复变形和碎裂构成的,对应图6特性曲线I.典型弹性材料未能达到使其破裂的临界值时,无变形磨损,对应图6特性曲线II.

一般金属材料的特性介于脆性材料与弹性材料之间,均属于韧性材料.故实际试样在磨损过程中,均包含切削与变形磨损两个部分,其相对冲磨角度—磨损特性如图6中曲线III所示.ZL102硬度低而软,因此其相对冲磨角度—磨损特性曲线更接近典型的柔性材料,大约在 α_{\max} 为 15° 左右有最大磨损量.随相对冲磨角度增大,磨损量减轻.在三种材料中40Cr试样的表面硬度最大, α_{\max} 为 45° 左右,脆性倾向最明显.而普通碳钢Q235介于两者之间,其特性曲线的峰值约在 $20^\circ\sim 40^\circ$ 之间.对三种试样材料在相对冲磨角度 $0^\circ\sim 90^\circ$ 范围,出现最大磨损量所对应的角度随材料硬度(脆性)增大而增大.

3 结 论

(1)随相对冲磨角度的增大,Q235、40Cr和ZL102三种材料的质量磨损强度和体积磨损强度增加到某一峰值后缓慢下降,其最大质量磨损强度和体积磨损强度分别出现在 30° 、 45° 和 15° 附近.

(2)金属材料的特性介于脆性材料与弹性材料之间,在磨损过程中均包含切削与变形磨损两个部分.在相对冲磨角度 $0^\circ\sim 90^\circ$ 范围,出现最大磨损量对应的角度随材料硬度(脆性)增大而增大.

(3)用Q235材料制备的过流部件应避免出现 $20^\circ\sim 40^\circ$ 弯角,并应根据使用年限相应加厚管路壁厚;用40Cr材料制备的过流部件可在设备中做关键零部件,如精度要求高的轴件等,需设计成与浆液低角度冲磨,以降低磨损量;ZL102材料的密度小、质

量轻可作为设备外壳,轻巧耐用,其表面易自然产生一层致密牢固的氧化膜,能很好地保护设备不受腐蚀,并应避免小角度冲磨切削.

参考文献:

- [1] 黄智文. 谈谈磨粒磨损[J]. 表面技术, 2000, 29(4): 34-36.
- [2] 王毅. 磨粒在线监测方法研究及实验装置的设计[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2001.
- [3] 浦维达. 喷射型磨料磨损实验装置的研制及应用[J]. 理化检验—物理分册, 1993, 29(5): 51-63.
- [4] 王绍周, 王维春. 粒状物料的浆体管道输送[M]. 北京: 海淀出版社, 1998.
- [5] 邓军, 杨永全, 沈焕荣, 等. 水流含砂量对磨蚀的影响[J]. 泥砂研究, 2000, 8(4): 65-68.
- [6] 段昌国. 水轮机砂粒磨损[M]. 北京: 清华大学出版社, 1981: 98-99.
- [7] 王中营, 武文斌, 曹宪周, 等. 粮食颗粒对输送管道的磨损机理分析及解决措施[J]. 粮食与饲料工业, 2013, 10: 12-15.
- [8] 江海燕, 吕振林, 黄汝清, 等. 渣浆泵过流部件的磨损及材质选择[J]. 水力电力机械, 2002, 24(3): 10-14.
- [9] 庞佑霞, 刘才厚. 基于流体机械工况的冲蚀磨损特性研究[J]. 机械工程材料, 2004, 28(12): 36-38.
- [10] 赵会友, 陈华辉, 邵荷生. 几种钢的腐蚀冲蚀磨损行为与机理研究[J]. 摩擦学学报, 1996, 16(2): 112-11.
- [11] 何希杰, 段志荣. 渣浆泵用材料失重量的预测模型[J]. 水力采煤与管道运输, 2001(1): 10-12.
- [12] 孔贺, 张新国, 王昌祥, 等. 矸石充填开采管道磨损影响因素分析[J]. 煤矿安全, 2016, 47(3): 215-217.
- [13] 曹银萍, 王小增, 马文海, 等. 硬度对套管耐磨性能影响的实验研究[J]. 润滑与密封, 2014(8): 48-52.
- [14] 沈叶辉. 高铬白口铸铁耐磨耐冲蚀性能的实验研究[D]. 上海: 华东理工大学, 2014: 3.

Influence of relative angle of grinding on the wear characteristics of overcurrent components

YANG Yunyu, YU Jin, ZHANG Chuan, WANG Jianjun

School of Materials Science and Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China

Abstract: Water jet mill belongs to solid-liquid dual phase flow of abrasive wear. The occurrence of abrasive wear and abrasive particles and the characteristics of the equipment working conditions are closely correlated. Different working environment, the corresponding abrasive wear mechanism, wear characteristics will be different. In this paper, based on the transmission equipment of low-speed

circulation, the abrasive wear experimental equipment of solid-liquid dual phase flow is designed. The influence law of relative grinding angle on the specimens of three typical metal flow parts is explored, and made the following conclusions. The characteristics of general metallic materials are between brittle materials and elastic materials, all of which are ductile materials. Therefore, the actual sample contains both cutting and deformation wear during the wear process. In the relative wear angle of $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$, the angle of wear corresponding to the maximum wear amount increases as the hardness (brittleness) of the material increases. Over-flow parts prepared with Q235 material should avoid $20^{\circ} \sim 40^{\circ}$ corners. When using over-flow parts made of 40Cr material, it should be designed to have a low angle of grinding. ZL102 material should avoid small angle grinding.

Key words: abrasive wear; angle; hardness