

湿磨工况下冲击功对高锰钢腐蚀 磨损交互作用的影响

黎清宁^{1,2}, 蒋业华¹, 卢德宏¹, 周荣¹

(1. 昆明理工大学 机电工程学院, 云南 昆明 650093)

(2. 桂林电子科技大学 信息材料科学与工程系, 广西 桂林 541004)

摘要: 采用自制的冲击腐蚀磨损试验机模拟湿磨工况, 通过电化学等方法研究了冲击工况条件下高锰钢在锡矿浆料中的腐蚀磨损行为, 定量分析了腐蚀磨损中交互作用各个分量的相对比例. 结果表明, 虽然弱酸性的矿浆对高锰钢的腐蚀性较小, 但腐蚀增量是静态腐蚀率的 15.76~26.54 倍, 腐蚀磨损交互作用的比例为 12.08%~26.70%, 表明磨损与腐蚀有一定的协同促进作用. 在低冲击功 1 J 时, 交互作用是以磨损促进腐蚀为主; 在冲击功为 2.3~4 J 时, 交互作用是以腐蚀促进磨损为主. 最后探讨了冲击载荷下磨损与腐蚀的交互作用机理, 以及冲击功对交互作用机理的影响.

关键词: 高锰钢; 冲击; 腐蚀磨损; 交互作用; 电化学

中图分类号: TH117.3

文献标识码: A

文章编号: 1004-0595(2009)01-0075-06

我国金属矿山选矿厂大多采用湿式磨矿, 磨球与衬板材料损耗约占磨矿成本的一半以上^[1-2], 导致这一现象的主要原因是在湿式磨损条件下球磨机衬板材料使用工况恶劣, 球磨机衬板材料与有一定腐蚀能力的矿浆直接接触, 同时受到冲击、磨损和腐蚀的交互作用, 造成金属的损耗严重^[3-4]. 目前国内球磨机衬板材料多以高锰钢材质为主, 对高锰钢衬板材料的研究主要集中在合金化性能改良及加工硬化机理方面, 在研究其耐磨性时, 往往将其工况简化为干磨料磨损, 忽视了腐蚀的作用, 与实际工况相差甚远. 实际上, 湿磨工况应属于腐蚀磨损范畴. 近年来腐蚀磨损的研究得到了国内外的广泛关注^[5-10], 但湿磨工况属于高应力冲击载荷下的腐蚀磨损, 其行为及机理研究相对较少, 特别是定量研究磨损和腐蚀各自所占比例及其交互作用的更少.

本文作者通过自制的新型冲击腐蚀磨损试验机, 结合云锡公司实际工矿, 通过电化学方法定量研究了冲击条件下高锰钢腐蚀磨损的交互作用, 以探索腐蚀磨损机理, 为采取相应措施降低材料消耗提供科学依据, 也为冲击腐蚀磨损工况下衬板材质开

发及选材提供参考.

1 实验部分

1.1 试验设备

为模拟湿式球磨机中磨球与衬板在矿浆中发生冲击、磨料磨损及腐蚀的工况, 在 MID-10 型冲击磨料磨损试验机的基础上改制一台冲击腐蚀磨损试验机. 该试验机能够较好地模拟实际工况, 并可以实现对试样电化学参数的测控. 图 1 为试验机工作原理示意图, 其工作过程为: 圆环状下试样安装在主轴上随轴转动, 并始终浸泡于矿浆之中; 上试样安装在冲锤上往复运动冲击下试样, 矿石颗粒在叶片搅拌下不断进入上、下试样的接触表面间, 形成了在腐蚀介质中带有冲击载荷的三体磨粒磨损. 在冲击腐蚀磨损过程中, 下试样作为工作电极, 其腐蚀电化学信号通过主轴并经碳刷连接输出至带有微机测控的 DS-292 型电化学恒电位仪, 在试验槽内安装环形石墨辅助电极和鲁金毛细管, 鲁金毛细管通过盐桥连接至饱和甘汞参比电极 (SCE), 组成三电极系统, 从而可进行相应的电化学测控. 在试验中均以下

收稿日期: 2008-04-07 修回日期: 2008-10-28 联系人: 蒋业华, e-mail: jiangyehua@knust.edu.cn

基金项目: 云南省自然科学基金资助项目 (2005E0013Q).

作者简介: 蒋业华 (1968-), 男, 教授, 博士生导师, 目前主要从事耐磨材料研究.

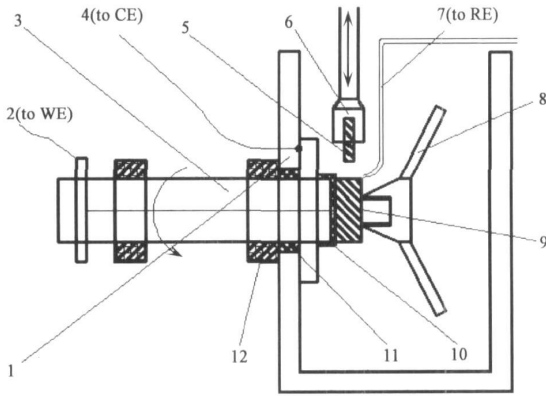


Fig 1 Schematic diagram of the experimental apparatus

1. Container 2 Electrical brush 3 Hollow shaft
- 4 Counter electrode 5 The upper sample 6 Clamp
- 7 Salt bridge 8 reference electrode 8 Stirring blades
- 9 Working electrode
- 10 Insulator gasket 11 Oil-seal 12 Bearing

图 1 试验机工作原理示意图

- 1 有机玻璃试验槽; 2 碳刷; 3 主轴; 4 石墨辅助电极;
- 5 上试样; 6 夹具; 7 盐桥; 8 搅拌叶片;
- 9 下试样 (工作电极); 10 绝缘耐磨涂层; 11 油封; 12 轴承

试样作为腐蚀磨损的研究对象, 测定其在不同试验条件下的材料流失行为。

1.2 定量试验方法

在腐蚀磨损过程中, 材料的总流失速率即腐蚀磨损速率 V_{total} 可视为磨损分量 V_{W} 和腐蚀分量 V_{C} 之和^[11]:

$$V_{\text{total}} = V_{\text{W}} + V_{\text{C}} \quad (1)$$

一般情况下, 材料的腐蚀磨损速率 V_{total} 大于纯磨损速率 V_{W} 与纯腐蚀速率 V_{C} 之和, 其增加量可称为腐蚀磨损交互作用速率 ΔV

$$V_{\text{total}} = V_{\text{W}} + V_{\text{C}} + \Delta V \quad (2)$$

而腐蚀磨损的交互作用速率 ΔV 又可以分为两部分: 腐蚀对磨损的促进量 ΔV_{W} (磨损增量), 以及磨损对腐蚀的促进量 ΔV_{C} (腐蚀增量), 即:

$$\Delta V = \Delta V_{\text{W}} + \Delta V_{\text{C}} = (V'_{\text{W}} - V_{\text{W}}) + (V'_{\text{C}} - V_{\text{C}}) \quad (3)$$

通过以上试验方法测定 V_{total} , V_{W} , V_{C} 四个量, 就可以根据上述公式得到:

$$V'_{\text{W}} = V_{\text{total}} - V'_{\text{C}} \quad \Delta V = V_{\text{total}} - V_{\text{W}} - V_{\text{C}}$$

$$\Delta V_{\text{C}} = V'_{\text{C}} - V_{\text{C}} \quad \Delta V_{\text{W}} = \Delta V - \Delta V_{\text{C}}$$

(1) V_{total} 的测定

采用精度为 0.1 mg 的 AR2140 型光电天平上, 准确称量在无阴极保护下的腐蚀磨损试验前后下试样的失重, 以单位磨损表面积在单位试验时间内的失重作为腐蚀磨损速率。

(2) V_{W} 的测定

采用阴极保护法测定纯磨损速率, 阴极保护电位为 $-1000 \text{ mV}(\text{SCE})$, 此时腐蚀被抑制, 材料流失可以看作单纯磨损失重, 将测定的下试样失重除以试样表面积和试验时间即为纯磨损速率。

(3) V_{C} 与 V'_{C} 的测定

采用电化学方法测试静态腐蚀速率 V_{C} 和动态腐蚀速率 V'_{C} , 其中 V_{C} 的测试条件为无搅拌状态, V'_{C} 的测试条件为搅拌 + 冲击磨损状态。按照美国材料与试验协会制定的研究腐蚀和磨损交互作用的标准 ASIM G19-04 根据实测塔菲尔极化曲线求得极化电阻 R_p 以及极化率 b_a 和 b_c 通过式 (4) 计算腐蚀电流密度^[11]:

$$i_{\text{corr}} = \frac{b_a b_c}{2.303(b_a + b_c) R_p} \quad (4)$$

然后通过法拉第定律将腐蚀电流密度转化为腐蚀率, 见式 (5)。

$$V_{\text{corr}} = \frac{M}{nF} i_{\text{corr}} \quad (5)$$

1.3 试验条件及参数

由于陶瓷材料脆性较大, 不宜作为冲击试验条件下的配副材料, 同时为避免在试验过程中异种金属接触时产生电位干扰及电偶腐蚀, 因此上下试样均采用高锰钢, 其化学成分 (wt%) 分别为: C 1.3, Si 0.69, Mn 12.7, S 小于 0.06, P 小于 0.1; 热处理规范为: 加热至 $1050 \text{ }^\circ\text{C}$ 进行水韧处理, 组织为奥氏体, 硬度为 HRC 22.5, 冲击韧性 α_k (J/cm^2) 大于 140。下试样加工成 $\phi 50 \text{ mm} \times 30 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$ 圆环试样, 上试样加工成 $30 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ 长方体; 将上下试样暴露的工作面逐级研磨至 600 湿砂纸, 将非工作面用热溶胶进行涂封, 上试样暴露的表面积为 $1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm} = 1 \text{ cm}^2$, 下试样暴露的圆环外表面积为 $\pi \times D \times h = 31.4 \text{ cm}^2$, 其中 D 为圆环直径, h 为圆环厚度。

每次试验前后将下试样清洗干净, 烘干并称重, 取 3 次试验失重数据的平均值, 并将失重换算为速率, 单位为 $\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{h})$, 试验后用 XI30 ESEM 型扫描电镜观察腐蚀磨损形貌。

为了更好地模拟实际工况, 磨料采用 40~70 目云锡公司的锡铜共生矿, 矿石普氏硬度为 8 左右; 矿浆浓度为 60 wt%, 用锡矿砂和自来水配制, 通过稀硫酸调节矿浆 pH 值约为 5, 采用 KL-009 型数字酸度计测定。试验时间为 60 min, 下试样的转速为 200 r/min, 上试样的冲击频率为 60 times/min, 动态

极化曲线测试的采样频率为 60 times/min 与冲击频率保持一致. 试验中保持矿浆性质不变, 调节冲锤与试样的距离使冲击功分别为 1、2、3 和 4 J

2 结果与分析

通过上述相应试验方法得到 V_{total} 、 V_w 、 V_c 和 V'_c 试验结果, 然后根据定量研究公式, 即可计算出腐蚀磨损过程中的各个组成分量, 进而得出不同冲击功下腐蚀磨损各个组成分量所占比例, 数据分析结果见表 1.

从表 1 可知, 在本试验条件下, 磨损的作用明显大于腐蚀作用. 磨损分量占总腐蚀磨损的比例 V_w/V_{total} 为 91.76% ~ 92.52% (见表 1) 而腐蚀分量占总腐蚀磨损的比例 V_c/V_{total} 相对较小, 表明力学因素造成的磨损是高锰钢失重的主要原因. 磨损增量与纯磨损率的比例 $\Delta V_w/V_w$ 为 5.77% ~ 25.70%, 增幅不大.

虽然矿浆的腐蚀性较弱, 但在腐蚀磨损过程中, 由于磨损对腐蚀的促进作用, 使腐蚀分量占整个腐蚀磨损量 (V'_c/V_{total}) 的比例达 7.48% ~ 8.24%, 腐蚀增量是静态纯腐蚀率 ($\Delta V_c/V_c$) 的 15.76 ~ 26.54 倍, 比磨损增量的增幅 ($\Delta V_w/V_w$) 5.77% ~ 25.70%

大得多. 交互作用随着冲击功的增大而增大, 交互作用占总腐蚀磨损的比例 ($\Delta V/V_{\text{total}}$) 为 12.08% ~ 26.70%, 这一结果意味着在本试验工况条件下 12.08% ~ 26.70% 的材料损耗是由于弱腐蚀性矿浆造成的, 从而表明在弱腐蚀强冲击环境下腐蚀与磨损的交互作用不可忽视.

图 2 显示了冲击功对材料腐蚀磨损各组成部分的影响, 由图可知, 总腐蚀磨损 ($V_{\text{total}} = V_w + V_c = V_w + V_c + \Delta V$) 随着冲击功的增加而增大, 在冲击功 3 J 后变化趋于平缓, 但纯磨损 V_w 先增加后降低, 当冲击功为 3 J 时达到最大值. 其中高锰钢试样的纯腐蚀率 V_c 较小, 与纯磨损 V_w 相比相差 2 ~ 3 个数量级, 所占比例几乎无法在图中表示 (图 2).

图 3 为冲击功对材料腐蚀磨损交互作用增量的影响, 由图 3 可知, 磨损增量 ΔV_w 及腐蚀增量 ΔV_c 均随着冲击功的增大而增大, 但腐蚀增量 ΔV_c 增长较为缓慢, 磨损增量 ΔV_w 的增幅大于腐蚀增量 ΔV_c . 腐蚀增量在交互作用中的比例 ($\Delta V_c/\Delta V$) 为 58.22% ~ 29.73%, 随着冲击功的增大而减小, 在冲击功为 1 J 时, $\Delta V_c/\Delta V$ 为 58.22%, 表明此时磨损对腐蚀的促进较大. 磨损增量占交互作用的比例随着冲击功的增大而增大, 磨损增量占交互作用的比

表 1 高锰钢在不同冲击功下的腐蚀磨损数据分析结果

Table 1 Corrosive wear analytic data of high manganese steel under different impact energy %

Impact energy/J	V_w/V_{total}	V_c/V_{total}	$\Delta V/V_{\text{total}}$	$\Delta V_w/\Delta V$	$\Delta V_c/\Delta V$	$\Delta V_w/V_w$	$\Delta V_c/V_c$
1	92.52	7.48	12.08	41.78	58.22	5.77	1576.00
2	91.97	8.03	19.50	60.60	39.40	14.74	2200.80
3	92.47	7.53	23.11	68.77	31.23	20.76	2339.20
4	91.76	8.24	26.70	70.27	29.73	25.70	2654.40

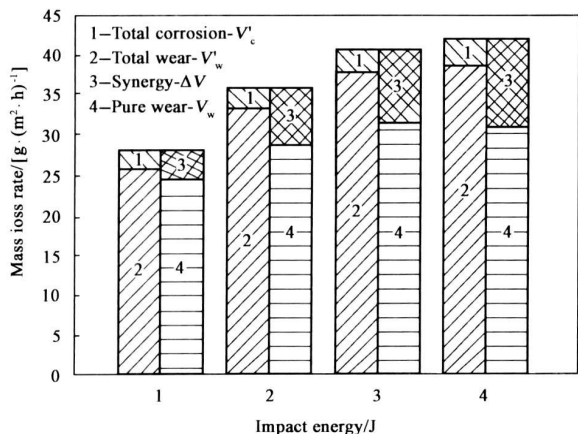


Figure 2 Effect of impact energy on the components of corrosive wear

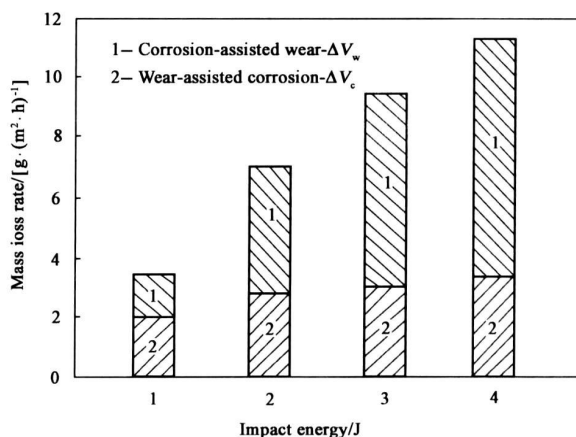


Figure 3 Effect of impact energy on the components of synergy

图 2 冲击功对腐蚀磨损各组成部分的影响

图 3 冲击功对磨损腐蚀交互作用增量的影响

例随着冲击功的增大而增大,在冲击功为 2 3 4 J 时, $\Delta V_w / \Delta V$ 分别为 60.60%, 68.77%, 70.27%, 均大于 50%, 此时腐蚀对磨损的促进在交互作用中起主导作用。

图 4 为冲击功对腐蚀磨损各分量增长率的影响, 其中增长率的定义为:

$$\text{增长率} = \frac{V_i - V_1}{V_1} \times 100\% \quad (6)$$

式中: V_i 冲击功为 i (1, 2, 3, 4) 时的失重率。

由图 4 可知增长速率最快的是交互作用 ΔV 而纯磨损的增长率在冲击功 3 J 后呈下降趋势。在冲

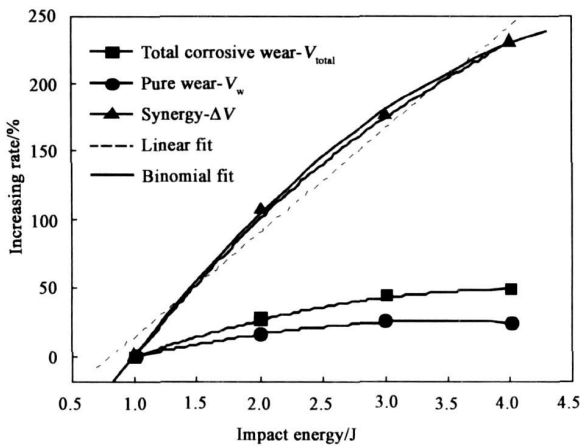


Fig 4 Effect of impact energy on the increasing rate

图 4 冲击功对腐蚀磨损分量增长率的影响

击功 4 J 时交互作用纯磨损 V_w 增加了 24.55%, 总腐蚀磨损 V_{total} 增加了 49.24%, 而交互作用 ΔV 增加了 229.85%。冲击功变化导致的交互作用增长率比纯磨损的增长率大得多, 表明矿浆的腐蚀电化学因素对磨损产生了较大的促进作用。

对交互作用增长率与冲击功的关系进行二项式回归分析, 得到二项式回归方程 $Y = -128.1875 + 142.4225X - 13.2875X^2$, 相关系数 R 为 0.99939。由图 4 可知二项式回归方程的相关度和拟合程度比线性回归方程高, 也表明在高冲击功下交互作用的增长率趋缓。

3 讨论

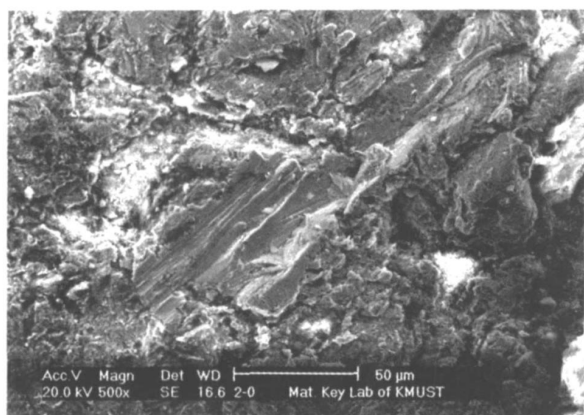
以上试验结果表明, 交互作用与总腐蚀磨损的比例 $\Delta V / V_{total}$ 为 12.08% ~ 26.70%, 交互作用随冲击功的增加呈二项式关系, 表明腐蚀与磨损有较大的相互促进作用。本文根据试验结果, 结合腐蚀磨损

表面形貌和电化学测试探讨腐蚀与磨损的交互作用机理。

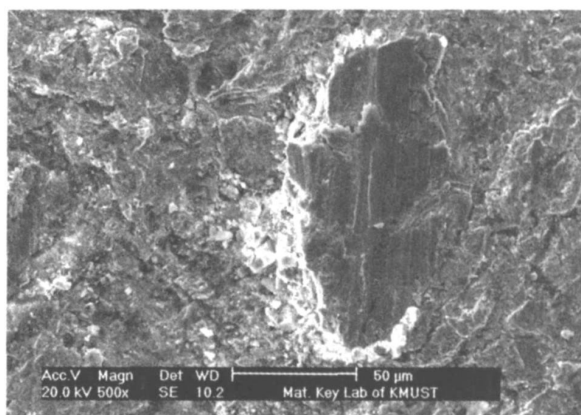
在冲击腐蚀磨损过程中, 高锰钢由于硬度低韧性高, 在冲击力作用下磨料被压入金属表面, 形成凿削坑, 坑内金属发生塑性变形并被挤出, 形成一些凸起的棱, 另外碳化物也会沿滑移带在晶界析出^[3], 这些成分与组织的不均匀性因素使微观原电池易于形成, 基体成为阳极相而被优先腐蚀, 因而磨损会促进腐蚀。另外磨损使磨面粗糙度增加, 受到腐蚀的面积增大, 而且位错密度和晶面缺陷也随磨损增加, 使磨损面处于高度无序状态, 表面的电子活性增大, 在更低的能量状态下就能够脱离表面^[4], 物理化学活性增大后使腐蚀电化学反应更容易进行, 改变表面反应的动力学过程, 促进腐蚀的进行。同时腐蚀破坏晶界及降低其结合强度, 弱化高锰钢的力学性能, 在磨料的继续作用下材料很容易被去除而形成二次磨损, 因而腐蚀也会促进磨损的进行。

在低冲击功 (1 J) 条件下 [图 5(a)], 磨面具有滚碾挤压塑性变形的特征, 并可观察到犁沟的形貌。磨损面上出现了大量的塑性变形和一些凸起的棱, 主要是由于磨料粒子在冲击作用下对其产生挤压变形的结果, 在较平整的区域可以看到犁沟, 在犁沟坑的周围产生不均匀塑性变形层。图中白色区域的腐蚀较为严重, 主要是因为塑性变形使磨损表面处于高能区, 表面活性增强, 在矿浆腐蚀原电池中作为阳极区, 形成“应变差异电池”, 它可使腐蚀原电池的作用速度提高两个数量级左右^[4], 从而加速材料的腐蚀。在冲击功较低时, 材料的加工硬化程度有限, 无法提高其耐磨料磨损性能, 反而会恶化高锰钢的耐蚀性, 使腐蚀率增加了 15.76 倍, 腐蚀增量与交互作用中的比例 $\Delta V_c / \Delta V$ 为 58.22%, 表明此时交互作用是以磨损促进腐蚀为主。

随着冲击功的增大, 高锰钢的塑性变形及位错密度增大, 加工硬化程度得以提高。在高冲击功 (4 J) 条件下, 高锰钢的得到充分加工硬化, 提高了其磨料磨损性能, 使纯磨损 V_w 得以减小; 但高冲击功下高锰钢发生强烈形变硬化但韧塑性下降, 在冲击载荷及磨粒的反复作用下, 塑性变形能力耗尽, 材料更易达到疲劳极限而形成裂纹, 从而形成块状疲劳脱落的形貌 [图 5(b)], 造成团块状剥落。由于磨损表面塑性变形及位错密度急剧增大, 强烈的塑性变形使局部残留内应力聚集, 在局部应力与腐蚀剂共同作用下, 耐蚀性变差, 导致腐蚀率增加了 26.54 倍。图 5(b) 中白色区域的断裂面在一定程度上是应



(a) 1 J



(b) 4 J

Fig 5 SEM micrographs of worn surface of high manganese steel under different impact energy

图 5 不同冲击功下高锰钢腐蚀磨损表面形貌

力腐蚀疲劳所导致, 加速材料的疲劳脆性剥落; 而且随着脆性增大, 在材料亚表面易产生微裂纹, 腐蚀介质进入裂纹最终导致在金属棱出现局部浅层剥落, 从而使材料腐蚀磨损失重率 V_{tot} 增大. 冲击功 4 J 时磨损增量与交互作用中的比例 $\Delta V_w / \Delta V$ 为 70.27%, 以腐蚀促进磨损为主. 显然, 加工硬化的提高并没有降低高锰钢的腐蚀磨损速率, 但在一定程度上减缓了腐蚀磨损速率的增长.

磨损对腐蚀的促进作用在极化曲线上也得以证实, 图 6 表明动态磨损对电化学腐蚀的阴极和阳

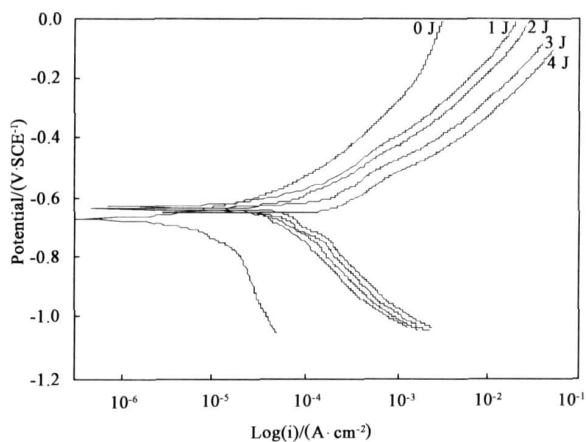


Fig 6 Effect of impact energy on the polarization curves of high manganese steel

图 6 冲击功对高锰钢极化曲线的影响

极过程有较大的影响. 在静态和磨损状态下高锰钢一直处于活化状态, 没有观察到钝化现象, 表明高锰钢在该环境下钝化能力极差, 无法产生钝化膜, 磨损一直在新鲜的金属表面进行. 阳极和阴极过程随冲

击功的增大均有所加强, 磨损状态阴极过程与静态相比变化较为显著, 但不同冲击功之间的差异相对较小. 在静态腐蚀条件下, 腐蚀主要是依靠离子的缓慢扩散进行, 其离子迁移速度远远小于在动态流体中物质的迁移速度, 因而静态阴极过程有氧极限扩散控制的特征, 此时腐蚀失重率较小. 在动态磨损下材料在矿浆中存在对流和搅拌作用, 使溶解氧含量增大, 并加速氧在介质中的扩散, 使高锰钢腐蚀电位均比静态稍微正移. 同时磨损也加速了表面腐蚀产物的去除, 动态下磨损与搅拌同时影响了阳极过程和阴极过程, 使腐蚀增量与静态腐蚀率的比例 $\Delta V_c / V_c$ 达 15.76 ~ 26.54.

综上所述, 高锰钢的冲击腐蚀磨损交互作用机理可归结为: 冲击磨损使材料表层产生严重塑性变形, 导致位错密度和晶面缺陷增加, 形成高活性区及微观“应变差异电池”; 此外磨损面积和组织不均匀性增加, 磨损和搅拌的动态作用影响阳极过程和阴极过程, 这些因素都促进了电化学腐蚀的进行. 上述被磨损增强的腐蚀作用改变了材料表层的成分、组织和结构, 恶化材料的力学性能, 进一步降低其耐磨损性能. 磨损与腐蚀两者相互促进, 形成恶性循环, 交互作用随着冲击功的增加而加剧, 冲击功不仅影响高锰钢磨损机理, 更影响其腐蚀磨损交互作用机理.

4 结论

① 尽管弱酸性的矿浆对高锰钢的腐蚀性较小, 但冲击磨损条件下其腐蚀增量却是静态腐蚀率的 15.76 ~ 26.54 倍; 腐蚀磨损的交互作用随着冲击功的增大而增加, 所占比例 $\Delta V / V_{\text{tot}}$ 为 12.08% ~ 26.70%.

b 在低冲击功 1 J 时, $\Delta V_c / \Delta V$ 为 58.22%, 交互作用是以磨损促进腐蚀为主; 在冲击功为 2.3 和 4 J 时, $\Delta V_w / \Delta V$ 均大于 50%, 交互作用以腐蚀促进磨损为主。

c 冲击磨损使高锰钢磨损面产生剧烈塑性变形及高密度位错, 形成微观“应变差异电池”, 增加组织的不均匀性, 同时搅拌增强了阴极过程, 促进腐蚀的进行。腐蚀作用破坏材料结合强度及恶化材料性能, 促进磨损的进行。

参考文献:

[1] Iwasaki J. Corrosive and abrasive wear in ore grinding [J]. Wear 1985 108: 509—518

[2] 丁厚福, 崔方明, 杜晓东. 成分和组织对衬板钢在腐蚀料浆环境下的冲击磨损性能与机理的影响 [J]. 摩擦学学报, 2005 25(3): 221—224
Ding H F, Cui F M, Du X D. Effect of composition and microstructure on impact wear behavior and mechanism of liner steels in corrosive slurry [J]. Tribology 2005 25(3): 221—224

[3] 谢敬佩, 李卫, 宋延沛. 耐磨铸钢及冶炼 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.

[4] 姜晓露, 李诗卓, 李曙. 金属的腐蚀磨损 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.

[5] Wang X Y, Li D Y. Application of an electrochemical scratch technique to evaluate contributions of mechanical and

electrochemical attacks to corrosive wear of materials [J]. Wear 2005 259: 1490—1496

[6] 张安峰, 邢建东, 鲍崇高. 动态与静态纯腐蚀对定量研究材料冲刷腐蚀交互作用的影响 [J]. 金属学报, 2002 38(5): 521—524
Zhang A F, Xing J D, Bao C G. The effect of dynamic and static pure corrosion on quantitative study of the interaction between erosion and corrosion of materials [J]. Acta Metallurgica Sinica 2002 38(5): 521—524

[7] 翁永基, 李相怡. 碳钢在含沙油田水中腐蚀—磨损交互作用研究 [J]. 中国腐蚀与防护学报 2000 20(5): 281.
Weng Y J, Li X Y. A study on synergism between erosion and corrosion of carbon steel in sandy oilfield brines [J]. Journal of Chinese Society for Corrosion and Protection 2000 20(5): 281

[8] Stott F H, Breake J E, Newman R C. The corrosive wear of cast iron under potentiostatically controlled conditions in sulphuric acid solution [J]. Corrosion Science 1990 30(809): 813—830

[9] Madsen B W. Measurement of erosion corrosion synergy with a slurry wear test apparatus [J]. Wear 1988 123(2): 127—142

[10] 杨院生, 曲敬信, 邵荷生. 两种金属材料腐蚀磨损的交互作用 [J]. 摩擦学学报, 1996 16(1): 47—52
Yang Y S, Qu J X, Shao H S. The interaction of corrosive wear of two metallic materials [J]. Tribology 1996 16(1): 47—52

[11] 刘永辉. 电化学测试技术 [M]. 北京: 北京航空学院出版社, 1984

Effect of Impact Energy on the Corrosion Wear of High Manganese Steel

LI Qing-ni^{1,2}, JIANG Ye-hua¹, LIU De-hong¹, ZHOU Rong²

(1. School of Mechanical Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China;

2. Department of Information Material Science and Engineering

Guilin University of Electronic and Technology, Guangxi Guilin 541004, China)

Abstract: Effect of different impact energy on the corrosion—wear of high manganese steel under corrosive impact abrasion conditions was studied. The contributions of individual factors to the total material loss were evaluated by combining electrochemical method and wear tests with the newly—built impact wear tester. The results shows that wear—accelerated corrosion was 15.76 ~ 26.54 times higher than that of static corrosion and the synergy accounted for 12.08% ~ 26.70% despite the low corrosiveness of the ore slurry which indicating certain synergistic effect between corrosion and wear. Wear—accelerated corrosion was the dominating mechanism of the synergy under low impact energy 1 J and corrosion—accelerated wear was the dominating mechanism under high impact energy 2 J, 3 J, 4 J. The influence of impact energy on the synergy and the mutual effect mechanism between corrosion and wear were discussed.

Key words: high manganese steel, impact corrosive wear, synergy, electrochemical

Author: JIANG Ye—hua male born in 1968, Professor, e—mail: jiangyehua@kmust.edu.cn