

提高环氧复合胶粘层抗浆体冲蚀磨损性能的改性研究

耿刚强, 王阳军, 官磊, 崔静娜

(长安大学工程机械学院材料系, 陕西 西安 710064)

[摘要] 为了了解填料改性环氧胶粘层在长时间浆体冲蚀磨损下的性能特点。以纯环氧胶粘层为标准试样, 对比了纳米铁粉、超细球状石墨等填料改性的环氧复合胶粘层的 200h 浆体冲蚀磨损性能, 并结合磨损表面的形貌特征对其磨损机理进行了初步的探讨。试验结果表明: 在各种填料改性的环氧胶粘复合胶粘层中, 1% 球状石墨改性胶粘层的抗浆体冲蚀磨损性能最好。在长时间浆体冲蚀过程中, 环氧复合胶粘层的浆体冲蚀磨损曲线呈现增重-失重周期性起伏变化, 根据磨损表面的形貌分析, 证明是随时间推移, 冲蚀粒子在复合胶粘层表面不断嵌入和破碎并脱落的过程所致。

[关键词] 环氧复合胶粘层; 填料; 改性; 浆体冲蚀磨损

[中图分类号] TQ630.4; TQ637

[文献标识码] A

[文章编号] 1001-3660(2007)01-0014-02

Study on Slurry Erosion Wear Properties of Modified Epoxy-based Composites

GENG Gang-qiang, WANG Yang-jun, GUAN Lei, CUI Jing-na

(Material Department of Engineering and Machinery College, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

[Abstract] 200 hours comparative testing of the erosion wear performances of three wear resisting materials, i. e. the pure epoxy resin coatings, the epoxy resin coatings with nano-iron power as filler and graphite power as filler was described and their wear mechanism was discussed. The test results show that the effect of graphite power filler with 1% content on the wear resistance is optimal.

[Key words] Epoxy resin composite coating; Filler; Modification; Slurry erosion wear

0 引言

在砂浆冲蚀磨损中, 材料表面不仅承受运流体中砂粒冲击磨损, 而且还要受到水溶液的气蚀和电化学腐蚀, 所以往往磨损腐蚀严重^[1-2]。环氧树脂(EP)具有内聚强度高, 机械强度高、收缩率低、抗蠕变、耐腐蚀等优异综合性能。因此, 广泛应用于胶粘剂、塑料以及复合材料等方面^[2]。近 20 年来, 国内外一些研究者试验研究和应用环氧耐磨胶粘层在冲蚀磨损耐磨件上, 如水轮机、泥泵、过流泵、输煤管道、粉选机衬板等^[3]。但是环氧树脂存在韧性差、抗冲击强度低、撕扯强度低等缺点, 这是影响环氧耐磨涂层高耐磨性的主要问题, 并且高分子材料的老化性以及性能的不稳定性, 很大程度上限制了其应用范围。要大幅度提高环氧耐磨涂层的抗冲蚀磨损性能, 就要在改性增强环氧树脂同时实现对材料的增韧补强。

笔者已经做过的相关研究中显示^[4], 填充自制纳米铁粉和超细球状石墨来改性环氧复合胶粘层大大提高了它的抗浆体冲蚀磨损性能。本文研究了: 当改性环氧复合胶粘涂层在长期连续的浆体冲蚀磨损条件下, 其抗磨损性能的可靠性及磨损过程的变化规律。

1 试验

1.1 试验方法

砂浆是石英砂与水以 4:1 (质量比) 配制而成。冲蚀试样基材为尺寸 40mm × 80mm × 3mm 的 Q235 钢板。将其表面进行除锈和粗化处理后, 用 KQ-250 型超声波清洗器丙酮清洗, 再实施耐磨涂层胶粘工艺。环氧树脂与固化剂加填料利用 JJ-1 精密增力搅拌机由低速至高速充分搅拌形成复合涂料。各种涂料均是常温固化 48h 以上, 制成试样。

耐磨涂层以环氧树脂为基体, 分别填充自制纳米铁粉和超细球状石墨粉。冲蚀磨损试验条件是: 冲蚀角 $\alpha = 10^\circ$, 转速为 $\omega = 283\text{r/min}$ 。试样质量磨损量采用称量法, 用 satorace400s 电子天平称重, 其精度为 0.001g。每试验完一组, 试样更换砂浆。

1.2 耐磨胶粘涂层耐磨性能的评定方法^[1]

用相对耐磨性 ε 作为衡量胶粘层耐磨性的指标, 因为耐磨胶粘层试样和无填料的环氧树脂试样的试验条件相同, 因此, 无填料的环氧树脂试样可以作为标准参考试样, 则耐磨胶粘涂层相对耐磨性 ε 的计算公式如下:

$$\varepsilon = W_A / W_B$$

式中, W_A 为无填料的环氧树脂试样的质量磨损量; W_B 为耐磨胶粘涂层试样的质量磨损量。

1.3 试验设备

复合胶粘层的冲蚀磨损试验在自行设计改装的冲蚀磨损试验机上进行^[4]。

[收稿日期] 2006-10-12

[作者简介] 耿刚强 (1954-), 男, 河北景县人, 副教授, 博士, 主要从事耐磨材料及防腐蚀方面的研究。

2 结果与讨论

2.1 不同填料对环氧复合胶粘层冲蚀性能影响

图1是4种改性胶粘试样与纯环氧胶粘层的相对磨损性。由图可见,在200h浆体冲蚀过程中,加入1% C改性的胶粘层的相对耐磨性最高,抗砂浆冲蚀磨损性能最好。而加入5%的纳米铁粉和球状石墨改性的胶粘涂层耐磨性较纯环氧胶粘涂层的有较明显下降,加入1%纳米铁粉改性的胶粘涂层的耐磨性较纯环氧胶粘涂层的略有下降。但参考文献[4]所研究的短时间(8h)浆体冲蚀试验中,试验结果与本试验长时间(200h)浆体冲蚀试验有明显不同。在短时间的浆体冲蚀试验中,经填料改性的胶粘层的耐磨性都比纯环氧胶粘涂层要高,随着加入量的增加,复合胶粘层的抗浆体冲蚀磨损性能更好。当纳米铁粉加入量为30%时,复合胶粘层的耐磨性最好。在长时间的浆体冲蚀磨损试验中,纳米铁粉改性的胶粘层的抗浆体冲蚀磨损性能都比纯环氧胶粘层低。当填料为超细石墨时,随着加入量的增加,复合胶粘层的抗浆体冲蚀磨损性能降低,当超细球状石墨加入量为1%时,复合胶粘层的耐磨性最好。

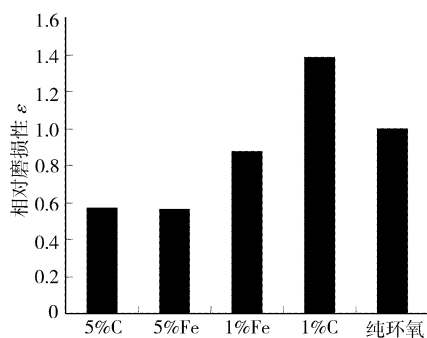


图1 不同填料改性的环氧胶粘层相对耐磨性能

Figure 1 Comparative wear capability of epoxy resin composite coating with different fillers

2.2 改性环氧复合胶粘层长时间冲蚀磨损失重规律

如图2和图3所示,各个试样的质量磨损量随时间的变化出现周期性的起伏现象,每条曲线上都出现了若干个极大值以及极小值,尤其在图中出现了负增加的极小值。

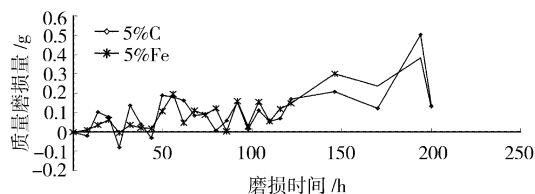


图2 添加5%纳米铁粉和5%超细石墨的胶粘层磨损失重曲线

Figure 2 The weight lose curve of epoxy resin composite coating with 5% nano-iron powder and 5% graphite powder by wear

长时间浆体冲蚀磨损的特有机制,导致试样的质量磨损量变化出现周期性的起伏现象。在冲蚀磨损的初期,由于冲蚀粒子嵌入到胶粘涂层中,其增加量大于胶粘层被磨损失去的质量,所以造成了质量磨损量的负增加;随着冲蚀磨损时间的延长,嵌入的磨损粒子受到其它磨损粒子冲击,发生破碎,使得嵌入的粒

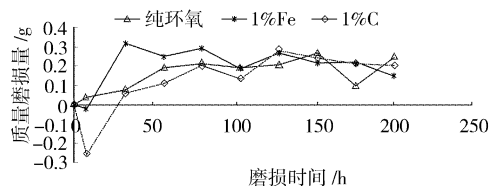


图3 添加1%纳米铁粉和1%超细石墨的胶粘层磨损失重曲线

Figure 3 The weight lose curve of epoxy resin composite coating with 1% nano-iron powder and 1% graphite powder by wear

子质量减少而小于胶粘层的磨损量,于是造成了曲线的上升;当磨损粒子完全脱落时,胶粘层的质量磨损量会发生突增,这就是正极大值出现的原因。随着冲蚀时间的不断增加,试样的质量磨损量的起伏也增大。在长时间的浆体冲蚀磨损过程中,冲蚀粒子与试样表面发生以下周期作用:冲蚀粒子的嵌入→破碎→脱落→再嵌入,在磨损曲线上体现为极值的出现。磨损粒子对试样表面不断地冲刷和冲击,随着磨损时间的加长,胶粘层破坏越严重,使得胶粘层的耐磨性急剧下降,也就出现了曲线所示的大的起伏现象。虽然复合胶粘层的质量磨损量有负增加现象,可是,总趋势仍然是材料在不断地被磨损。

2.3 磨损形貌分析

从图4~图6可清楚看到大量的冲蚀粒子嵌入了复合胶粘层中,在试样表面出现大量的冲击坑。材料的强韧程度不同使得冲击坑深浅程度也有差异。图4中,试样表面坑很浅,说明其强韧性很好;图6中,试样表面坑深,并且还有空洞,说明其强韧性差,证明了环氧类材料脆性较大。在各图中还能清楚地看到嵌入到胶粘层中的冲蚀粒子已破碎成小块。在长时间的浆体冲蚀磨损过程中,冲蚀粒子对胶粘层反复冲击和切削,不断地嵌入、破碎、脱落、再嵌入,持续周期发生,使得胶粘层被破坏磨损。也正是这种周期作用,使得在长时间浆体冲蚀磨损中出现了胶粘层质量磨损量的增重-失重周期性起伏变化。

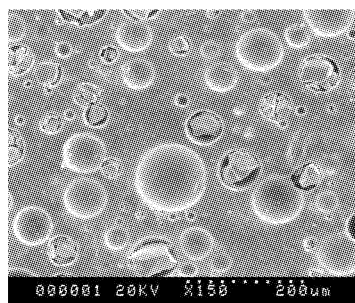


图4 填料为1%纳米铁粉复合胶粘层的磨损形貌 150×

Figure 4 The wear Figure of epoxy resin composite coating with 1% nano-iron powder

3 结论

1) 200h浆体冲蚀磨损过程中,填料为1%超细石墨改性的环氧胶粘层的强韧性较好,其抗浆体冲蚀性能最好。

2) 长时间的浆体冲蚀磨损情况下,冲蚀粒子对胶粘层表

(下转第21页)

2.3 蚀刻温度对硅片表面形貌的影响

图5为28% KOH水溶液在不同温度下,反应10min后硅的表面形貌。可以看出,温度为20℃时,表面有少量分布不均的颗粒。随蚀刻温度升高,腐蚀颗粒更加细小,稍有增多,表面出现少量腐蚀浅坑,如图5b所示。当蚀刻温度增加至80℃,表面几乎未出现细小颗粒,腐蚀浅坑增多加深。可见,在28%的KOH、50℃条件下反应10min获得的绒面较明显。

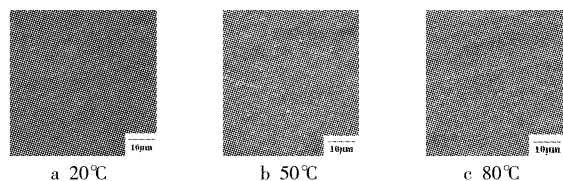


图5 KOH水溶液中蚀刻温度对硅片表面形貌的影响
Figure 5 Surface morphology of silicon etched with 28% KOH for 10 minutes

我们还用2.67mol/L HF + 17.85mol/L HNO₃混合液考察温度对硅片蚀刻的表面形貌影响。当温度升高至30℃,反应十分剧烈,硅片完全溶解,表明温度对HF + HNO₃蚀刻硅的影响较大。

3 结论

采用酸、碱两种不同的化学蚀刻液考察了蚀刻液浓度、蚀刻时间及温度对硅片表面形貌的影响。在HNO₃ + HF溶液中,20℃时在2.81mol/L HF + 18.81mol/L HNO₃蚀刻液中反应5min、2.67mol/L HF + 17.85mol/L HNO₃反应15min制得的硅

片腐蚀坑大小适中、分布均匀、表面形貌较好。50℃时,在33% KOH水溶液中反应10min,制得的硅片的腐蚀颗粒分布均匀,绒面明显,表面平整。有希望用于太阳能电池硅片表面织构化或作为生物芯片的载体。

[参考文献]

- [1] Iraj A, Razi F, Rahimi F. Characterization of porous poly-silicon impregnated with Pd as a hydrogen sensor [J]. Journal of Applied Physics, 2005, 38(1): 36-40
- [2] Buchy, Frank. Silicon sensors lead pressure transmitter technology [J]. Instrument and Control Systems, 2002, 60(2): 37-39
- [3] Frank T, Angloher G, Cozzini C, et al. Textured silicon calorimetric light detector [J]. Journal of Applied Physics, 2003, 94(10): 6887-6891
- [4] 余志文, 于军, 徐静平, 等. 基因芯片中的微电子刻蚀技术 [J]. 微电子学, 2000, 28(6): 37-40
- [5] 谢书银. 硅片化学腐蚀及其在电力半导体器件中的应用 [J]. 电力电子技术, 1999, (3): 48-50
- [6] 孙晓峰, 王海燕, 卢景霄, 等. 大面积多晶硅绒面的制备 [J]. 半导体光电, 2004, 25(3): 197-201
- [7] 胡明, 田斌, 王兴, 等. 化学刻蚀法制备多孔硅的表面形貌研究 [J]. 功能材料, 2004, 35(2): 223-224
- [8] 姜岩峰, 黄庆安, 吴文刚, 等. 硅在KOH中各向异性腐蚀的物理模型 [J]. 半导体学报, 2002, 23(4): 434-439
- [9] Parkhutik V. Porous silicon-mechanisms of growth and applications [J]. Solid-State Electronics, 1999, 43(6): 1121-1141

(上接第15页)

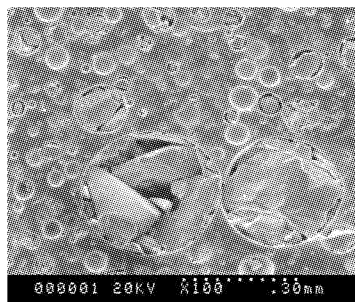


图5 填料为1%超细石墨复合胶粘层的磨损形貌 100×
Figure 5 The wear Figure of epoxy resin composite coating with 1% graphite powder

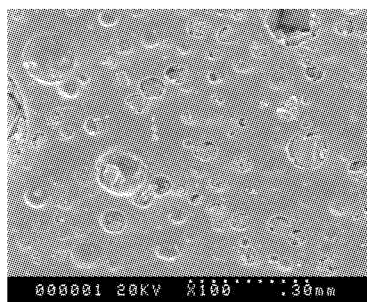


图6 纯环氧胶粘层的磨损形貌 100×
Figure 6 The wear Figure of pure epoxy resin coating

面的作用是一个周期作用的过程: 冲蚀粒子嵌入胶粘层, 又由于其他磨损粒子的冲击破碎, 从胶粘层表面脱落, 随后又有新的冲蚀粒子嵌入。该过程周期性重复, 也就使得胶粘层不断地被破坏, 耐磨性下降, 最后失效。

[参考文献]

- [1] 耿刚强. 非金属材料 [M]. 西安: 西安地图出版社, 2003. 25
- [2] Luo Suzhen. Effect of curing and fillers on slurry erosion behavior of fusion-bonded epoxy powder coating [J]. Wear, 1968, 13(5): 363-374
- [3] 郭艳宏. 环氧树脂高性能化 [J]. 化学工程师, 2003, 5(4): 59-60
- [4] 耿刚强, 官磊. 环氧复合胶粘层的浆体冲蚀磨损性能 [J]. 长安大学学报(自然科学版), 2005, 25(1): 93-96

《表面技术》

欢迎赐稿

E-mail: wjqkbm@vip.163.com

电话: 023-68793154 68792193

地址: 重庆市渝州路33号(400039)