

HTPB 改性环氧树脂复合材料 在水轮机叶片上的应用

胡少坤, 邓春华, 于 晶

(中国石油兰州石化公司研究院, 甘肃 兰州 730060)

摘要:介绍端羟基聚丁二烯液体橡胶(HTPB)改性环氧树脂复合材料的制备及在水轮机叶片上的应用。水轮机叶片底涂层材料为 HTPB/环氧树脂(质量比 1:5)混合反应后加四乙烯五胺制成的 HTPB 改性环氧树脂复合材料;面涂层材料为 HTPB 改性环氧树脂复合材料加入陶瓷微珠制成。水轮机叶片 HTPB 改性环氧树脂复合材料涂层在使用中无脱层现象,延长了水轮机的使用寿命。

关键词:羟基聚丁二烯液体橡胶;环氧树脂;改性;复合材料;水轮机叶片;涂层

环氧树脂具有耐热性能和黏合性能好、强度高特点,是胶黏剂、密封胶和涂料等领域应用广泛的聚合物基复合材料。但其脆性较大,抗冲击、抗剥离和耐振动疲劳等性能差^[1]。将端羟基聚丁二烯液体橡胶(HTPB)以化学键合的形式接枝到环氧树脂上形成的 HTPB 改性环氧树脂复合材料在保留环氧树脂刚性的同时提高其韧性、黏合性能和耐磨性能,该复合材料可作保护水轮机叶片的涂层材料^[2-4]。本工作探讨 HTPB 改性环氧树脂复合材料的制备及其在水轮机叶片上的应用。

1 水轮机叶片常用保护方法

水轮机叶片受泥沙和复杂介质磨损以及气蚀的破坏,损耗相当严重。涂覆耐磨涂料是当今抗磨蚀的主要措施之一。国内曾采用“环氧树脂金刚砂”“不锈钢焊条堆焊”“搪瓷保护层”“金属修补剂”等材料或方法保护水轮机叶片,但这些材料或方法制得的涂(外)层因韧性不够、耐水性差等而无法适应水下环境要求。环氧树脂金刚砂直接涂覆在水轮机叶片表面。不锈钢焊条堆焊法所用设备简单,水电站检修车间均有该设备,技术成熟,

是目前应用普遍的抗磨损修复方法。但用堆焊法处理的水轮机叶片在堆焊点周围会快速发生空蚀破坏,直至堆焊层底部,因此堆焊法不能彻底解决水力机械过流部件被浆体冲蚀空蚀问题。金属修补剂法为喷焊法,喷焊法是在喷涂法和堆焊法基础上发展起来的一种表面防护技术。它利用氧气-乙炔火焰将具有特殊性能的自熔合金粉末喷焊到工件基体表面,该法施工工艺要求较高且材料昂贵,使用受到限制。在水轮机叶片上镶嵌搪瓷保护层对水轮机叶片有一定的破坏性,该保护层的使用效果不很理想^[5,6]。

2 HTPB 改性环氧树脂复合材料的制备方法

HTPB 不但具有优异的耐油、耐水解、耐老化、耐化学介质等性能,而且含有碳-碳不饱和双键的柔性链段和各种遥爪官能团,利用这些遥爪官能团与环氧树脂分子链结构中的羟基反应形成软-硬网络分子链段的聚合物,其固化物具有刚柔并济的优点,是很好的耐磨环氧树脂基复合材料^[7]。

底涂层复合材料的制备:HTPB 和环氧树脂按 1:5 配比(质量比)混合,反应制备改性环氧树

脂,然后用质量分数为改性环氧树脂20%~30%的四乙烯五胺进行固化,得到 HTPB 改性环氧树脂复合材料。

面涂层复合材料的制备:以 HTPB 改性环氧树脂复合材料为基料,在基料中加入 300%的陶瓷微珠(耐磨填料)制得面涂层复合材料。

3 HTPB 改性环氧树脂复合材料涂覆工艺

3.1 水轮机叶片表面处理

涂覆 HTPB 改性环氧树脂复合材料前,水轮机叶片的表面处理工艺为:

(1)先酸洗水轮机叶片表面;(2)对水轮机叶片表面进行喷砂处理,即将一定形状的高速运动的磨粒喷至叶片,磨粒不断冲击叶片,以清洗叶片表面^[8]。

3.2 复合材料涂覆工艺

(1)先将水轮机叶片加温至 30~40℃。

(2)将底涂层环氧树脂基复合材料基料搅匀,将基料与四乙烯五胺固化剂配合。

(3)用刷子或滚筒进行底涂层施工,避免某一区域多层滚涂,太厚的底涂层将导致涂层出现裂纹。

(4)涂底涂层 2~4 h 后涂黏合剂,以保证底涂层固化。

(5)面涂层施工时需用搅拌器搅拌均匀 HTPB 改性环氧树脂复合材料并加入陶瓷微珠耐磨填料,复合材料要在一定时间内用完。施工时,先用齿形铲将底涂层抹匀(避免涂层出现气泡),然后再用平滑铲抹光抹平。

(6)在涂层固化期间不能对其扰动和用水润滑,涂层应在干燥和常温条件下养护 72 h 以上。

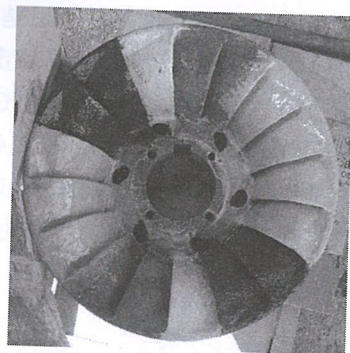
4 HTPB 改性环氧树脂复合材料的应用效果

HTPB 改性环氧树脂复合材料用于水轮机叶片时严格按制定的施工工艺及电力行业施工标准涂覆。涂覆 HTPB 改性环氧树脂复合材料的水轮机叶片经过一个检修周期(6个月)的运行未

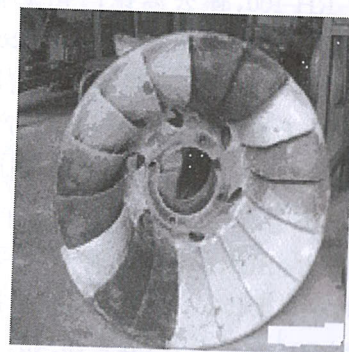
出现分层脱落现象,且表面基本无磨痕,应用效果较好,如图 1 所示。可以看出,HTPB 改性环氧树脂复合材料可以较好保护水轮机叶片,从而延长水轮机使用寿命,为水电站节约大量的维修费用^[9]。



(a) 复合材料涂覆前



(b) 复合材料涂覆后



(c) 涂覆复合材料后运行 6 个月

图 1 HTPB 改性环氧树脂复合材料在水轮机上应用效果

(下转第 30 页)

表3 大配合试验结果

项 目	生产配方		试验配方	
门尼焦烧时间(127 ℃)/min	35.00		30.40	
门尼黏度[ML(1+4)100 ℃]	61		60	
硫化仪数据(160 ℃)				
M _L /(N·m)	1.85		1.52	
M _H /(N·m)	6.75		6.08	
t ₁₀ /min	3.42		2.53	
t ₃₀ /min	7.18		5.80	
t ₆₀ /min	12.52		10.42	
t ₉₀ /min	23.23		22.03	
硫化时间(160 ℃)/min	20	30	20	30
邵尔 A 型硬度/度	55	56	54	54
100%定伸应力/MPa	1.1	1.2	1.1	1.1
300%定伸应力/MPa	3.2	3.5	3.1	3.3
拉伸强度/MPa	7.9	8.1	8.2	7.5
拉断伸长率/%	755	746	796	707
拉断永久变形/%	28		30	
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	37	37	37	37
回弹值/%	8.0		8.0	
屈挠龟裂试验(30 万次)	无裂口		无裂口	
100 ℃×48 h 热空气老化后				
邵尔 A 型硬度/度	56		54	
100%定伸应力/MPa	1.3		1.3	
300%定伸应力/MPa	3.8		3.8	
拉伸强度/MPa	8.4		8.1	
拉断伸长率/%	734		738	
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	37		37	
屈挠龟裂试验(30 万次)	无裂口		无裂口	

(上接第27页)

5 结语

水轮机叶片底涂层材料为 HTPB/环氧树脂(质量比1:5)混合反应后加四乙烯五胺制成的 HTPB 改性环氧树脂复合材料;面涂层复合材料为 HTPB 改性环氧树脂复合材料加入陶瓷微珠耐磨填料制成。实际使用证明,水轮机叶片 HTPB 改性环氧树脂复合材料涂层无脱层现象,有效延长了水轮机使用寿命。

参考文献:

- [1] 白云起,薛丽梅,刘云夫. 环氧树脂的改性研究进展[J]. 化学与粘合, 2007, 29(4):289-292.
- [2] 胡少坤,于 晶. 液体橡胶/环氧树脂复合材料的冲蚀磨损性

从表3可以看出,大配合试验结果与小配合试验结果基本一致,试验配方胶料与生产配方胶料性能接近。

2.5 工艺性能

混炼工艺性能:试验配方胶料的混炼工艺与生产配方胶料相同,胶片表面光滑,从胶片断面观察没有未分散的粉料。

挤出工艺性能:试验配方胶料的挤出工艺与生产配方胶料一致,挤出的气密层表面光滑,与过渡层复合正常,无气泡产生。

试验配方胶料的成型工艺、硫化工艺与生产配方胶料相同。

2.6 成品轮胎试验

用试验配方胶料生产千里马牌 12R22.5 XR266 和 315/80R22.5 XR268 轮胎并进行实际道路试验。试验轮胎的使用条件与正常生产轮胎相同,试验轮胎尚无任何问题反馈。

3 结论

(1)国产均匀剂 RH-100 应用于全钢载重汽车子午线轮胎气密层胶中,胶料的性能与生产配方胶料无太大差别,均匀剂 RH-100 可以等量替代均匀剂 UB4000。

(2)采用国产均匀剂 RH-100 代替进口均匀剂 UB4000,不仅打破了国外对该类产品的垄断,而且也降低了生产成本,能给企业带来较好的经济效益。

能[J]. 特种橡胶制品, 2007, (5):37-40.

- [3] 张 阔,周香林,张济山,等. 水轮机过流部件用高耐磨耐蚀涂层制备技术[J]. 表面技术, 2004, 33(1):4-7.
- [4] 宋东阳. 软涂层在水轮发电机组的应用[J]. 水利电力机械, 2005, 27(06): 34-35.
- [5] 王志高,张可立,张剑新. 非金属抗磨蚀保护层磨蚀规律、应用和效益[A]. 顾四行,杨天生. 水机磨蚀研究与实践 50 年[C]. 北京:中国水利水电出版社,2005.
- [6] 王志高. 水机磨蚀涂层的结构性进展[J]. 水利水电工程设计, 2008, 27(2):1-3.
- [7] 王志高. 我国水机磨蚀的现状和防护措施的进展[J]. 水机磨蚀, 2002, 16(4):13-18.
- [8] 陈武成,李 洁. 耐磨耐酸碱环氧树脂地坪施工工艺[J]. 广东建材, 2005, 57(8):74-75.
- [9] 胡少坤,于 晶. 液体橡胶改性环氧树脂砂浆在紫荆关水电站的应用[J]. 水科学与工程, 2008, 143(02):68-69.