

钛酸钾晶须改性纤维编织制动带的摩擦磨损性能研究

袁玉敏^{1,2} 丁旭¹ 潘阳¹ 游明琳¹

(1. 贵州大学机械工程学院, 贵阳 550003; 2. 贵州工业职业技术学院, 贵阳 550003)

摘要 利用钛酸钾晶须浸涂于玻璃纤维复合编织制动带表面来改善制动带性能,采用定速式摩擦试验机对制动带摩擦磨损性能进行测试。结果表明,钛酸钾晶须使制动带的摩擦系数稳定性增加,抗热衰退性能提高,磨损率降低,并且明显地提高了制动带在高温下的抗变形及抗破损性能。

关键词 钛酸钾晶须 编织制动带 摩擦磨损性能

钛酸钾晶须是新一代高性能复合材料增强剂,具有高强度、高模量、耐磨耗、耐高温、隔热、高电气绝缘性及优异的红外线反射性能,而且硬度适中,尤其是钛酸钾晶须对树脂的显微填充和增强性特别好,与有机、无机类材料能够保持极好的相容性,可用于开发各种新型高性能的轻质、高比强、耐磨的增强树脂基复合材料^[1]。

玻璃纤维(GF)复合编织制动带是一种用于工程机械及其它特殊场合的制动材料,其一般由GF及少量其它纤维经三维编织后,再经浸渍液态粘接剂、烘烤固化等工序而制成。某企业在生产外商订做的7 mm厚非标准GF复合制动带时,其初期摩擦性能不理想,特别是磨损率偏大。若所用粘接剂浓度过高,过量树脂包裹纤维,树脂的减摩作用增加,而GF的增摩作用下降,则摩擦系数偏低,高温热衰退明显,热恢复性能也差;如所用粘接剂浓度偏低,则又使制动带的高温强度较低,易产生剪切变形及边缘破碎,并使制动带及对偶件的磨损率偏高,使摩擦性能不理想。

笔者采用钛酸钾晶须作为增强改性材料,填充于薄型纤维复合编织“白带”(即未浸渍粘接剂的纯编织带)表面而制成制动带,以期解决薄型编织制动带摩擦性能不足的问题,并简述其摩擦磨损机理。

1 实验部分

1.1 原材料

GF复合编织白带:厚度约7 mm,主要由GF、适量的芳纶纤维及直径为0.2 mm的黄铜丝编织而成,贵州天龙摩擦材料有限公司;

钛酸钾晶须:长径比约3~20,堆密度约0.4~0.5 g/cm³,莫氏硬度为4,平均直径约1.4 μm,宜昌晶须复合材料有限公司;

纳米坡缕石与桐油复合改性酚醛树脂:自制^[2]。

1.2 仪器、设备

定速摩擦磨损试验机:XD-MSM型,咸阳新益实验机厂;

扫描电子显微镜(SEM):JSM-6490LV型,日本电子株式会社。

1.3 试样制备

以自制的质量分数为45%的纳米坡缕石与桐油复合改性酚醛树脂(图1为该树脂的热失重曲线^[2])的酒精溶液作为粘接剂。

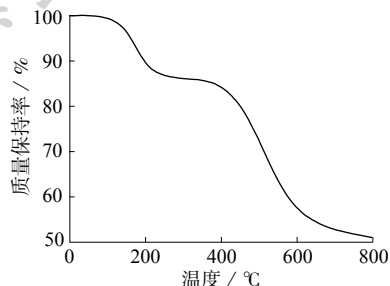


图1 纳米坡缕石与桐油复合改性酚醛树脂的热失重曲线

试样的制作工艺过程大致如下:

(1) 下料

切下3块相同尺寸的编织白带,尺寸比试验机要求的试样尺寸25 mm×25 mm稍大。

(2) 浸渍编织白带

将经100℃干燥后的编织白带浸渍粘接剂溶液约10 h,以使其浸透。

(3) 配制钛酸钾晶须混合液

钛酸钾晶须烘干后,加入粘接剂溶液中,配成钛酸钾晶须质量分数为25%的混合液。

(4) 编织带表面浸涂钛酸钾晶须

取出1片已浸渍的编织带,反复用钛酸钾晶须混合液淋涂并刮压于编织带的一面,以尽可能使表面充填饱满,再刮去浮在表面的多余晶须,记为

A 片; 同样地, 取出另一片已浸渍的编织带制成 B 片, 但其表面的钛酸钾晶须的充填量约为 A 片的 50%; 未浸涂钛酸钾晶须混合液的编织带则记为 C 片。

(5) 低温烘烤及压制

将 A、B、C 片置于 60℃ 烘箱中烘干, 当稍用力手压变形时即趁热进行压制, 压制厚度约为 6 mm。经约 10 h 缓慢分段升温至 160℃ 后, 断电自然冷却。最后经轻微打磨及边缘修整后制得试样 A、B、C。

1.4 性能测试

摩擦磨损性能按 GB 5763-1998 中的第 4 类别测试, 测试温度分别为 100、150、200、250、300、350℃。所用摩擦盘材质为 HT250 灰铸铁(金相组织为珠光体, 硬度为 180~220 HBS), 测试转速为 500 r/min。

2 结果与讨论

2.1 钛酸钾晶须对编织制动带摩擦系数的影响

图 2 示出试样 A、B、C 升温过程中在不同温度下的摩擦系数。由图 2 可见, 未浸涂钛酸钾晶须的试样 C 的摩擦系数在温度较低时比试样 A、B 的高, 在约 270℃ 时开始衰减, 在 300℃ 时已降到 0.3 以下。这是由于 GF 的硬度(莫氏硬度为 6)高于钛酸钾晶须的硬度(莫氏硬度为 4)^[3], 对摩擦对偶件的刻划作用明显, 使摩擦系数较高, 显然也使对偶件的磨损增大; 而在约 270℃ 以上高温时, GF 的强度、硬度开始下降^[4], 且易于剥离及拔出, 加上粘接剂的分解(实际摩擦接触面的温度比测试温度高)、流动界面膜及炭化层的形成导致摩擦系数下降^[5-6]。

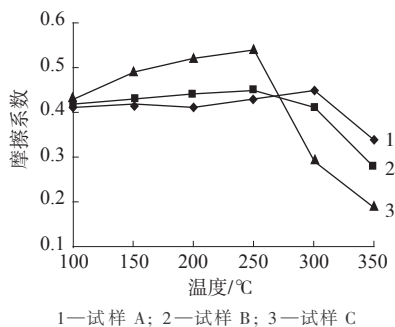


图 2 试样 A、B、C 升温过程中在不同温度下的摩擦系数

由图 2 还可见, 浸涂钛酸钾晶须的 A、B 试样摩擦系数较为稳定, 在约 300℃ 以上才有一定的衰减, 其中含钛酸钾晶须较多的试样 A 在 350℃ 时的摩擦系数仍约为 0.3。这是钛酸钾晶须的高温性能较为稳定及其对试样增强的结果, 同时钛酸钾晶须对红外线的反射能力强, 导热系数较低, 其对摩擦过程中

能量的反射和能量的缓慢传递, 致使制动片的温度升高速度较为缓慢, 从而保持了摩擦系数的稳定性, 也减小了磨损量^[4-5]; 在 300℃ 以上时, 除上述粘接剂分解及 GF 性能衰退因素外, 还有因表层钛酸钾晶须的不断磨损使其充填密度不断减少, 导致高温增强作用不断下降而使摩擦系数下降, 但二者的综合作用使试样 A、B 摩擦系数的下降较试样 C 平缓得多。

图 3 示出试样 A、B、C 降温过程中在不同温度下的摩擦系数。由图 3 可见, 试样 A、B 的摩擦系数恢复性能较好。其中在较低温度下的摩擦系数随温度的升高而缓慢升高可看作是摩擦接触面的粘接剂磨损及分解后而暴露出富纤维层的结果^[1]。

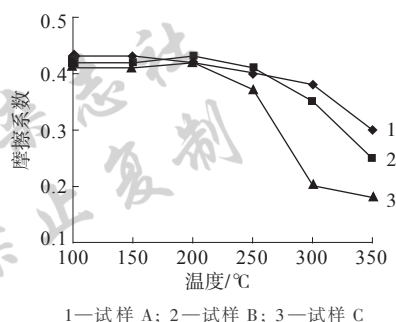


图 3 试样 A、B、C 降温过程中在不同温度下的摩擦系数

图 4 为试样 A 在摩擦测试前的局部 SEM 照片。由图 4 可以看出, 钛酸钾晶须在纤维表面有较好的显微填充性。图 5 为试样 A 经 300℃ 摩擦测试后的局部 SEM 照片。由图 5 可以看出, 试样表面存在热疲劳磨损和热氧化磨损而形成的炭化层、流变层, 并存在 GF 的脱落和条状晶须的附着形貌。

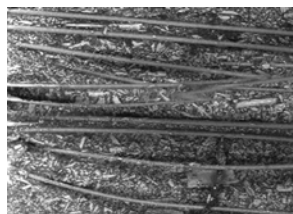


图 4 试样 A 在摩擦测试前的局部 SEM 照片 (×200)

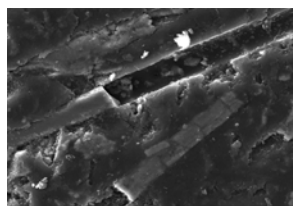


图 5 试样 A 经 300℃ 摩擦测试后的局部 SEM 照片 (×1 000)

2.2 钛酸钾晶须对编织制动带高温强度的影响

GF 编织制动带一般在约 250℃ 以上进行摩擦

试验时,由于粘接剂的分解炭化、GF强度的下降,会使试样产生剪切变形及边缘破碎(在摩擦接触面最明显),磨损率明显增高。温度越高则变形及破碎越明显,磨损率越大。

试验发现,未浸涂钛酸钾晶须的制动带试样C在250℃时就有少量剪切变形,在300℃时有明显的剪切变形及边缘破碎(见图6),磨损率明显增高;而在300℃以上时,试样须修磨后才能放入试验机中,试验的准确性已降低。而浸涂了钛酸钾晶须的试样A、B在300℃时未有明显剪切变形及边缘破碎现象,经350℃摩擦试验后,才有少量变形及破碎(其中浸涂较少钛酸钾晶须的试样B的变形及破碎稍明显些)。这是由于钛酸钾晶须的高温性能较GF更加稳定,强度及耐磨性远高于GF。同时因钛酸钾晶须对红外线的反射能力强,导热系数较低,致使制动片的温度升高缓慢,加上晶须的填充使编织带的致密度及强度提高,从而减小了试样的变形量及磨损率。条状钛酸钾晶须与炭化基体的附着性好于GF,这也是其使磨损率减少的原因之一。

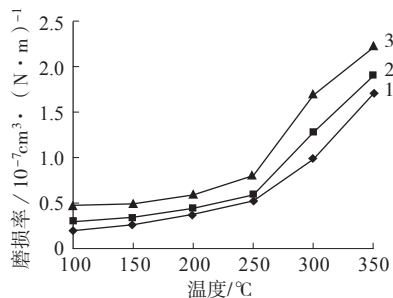


(a) (b) (c)
a—试样 A; b—试样 B; c—试样 C

图6 试样A、B、C经300℃摩擦试验后的照片

图7示出试样A、B、C在不同温度下的磨损率变化情况。由图7可见,三者在300℃以上时的磨损率均急剧升高。对浸涂钛酸钾晶须的GF编织制动带的试样A、B而言,主要是因GF高温强度的下降、粘接剂的高温分解及磨损到此层时钛酸钾晶须的含量减少所致。而对试样C而言,则还包含有试样因强度降低而导致的剪切变形,所以表现为磨损率明显偏大。

虽然钛酸钾晶须的高温强度大于GF,但其莫氏硬度为4,小于GF的6.5,涂有钛酸钾晶须的试样A、B使对偶件的磨损率降低^[1,3,7]。



1—试样 A; 2—试样 B; 3—试样 C

图7 试样A、B、C在不同温度下的磨损率变化情况

3 结论

(1) GF复合编织制动带经表面浸涂钛酸钾晶须后,有助于提高编织带的高、低温摩擦系数稳定性及抗热衰退性,使磨损率降低,并明显提高编织带在高温下的抗变形及边缘抗破损性能,能适应更恶劣工况的要求。

(2) 因钛酸钾晶须的硬度比GF的硬度小,耐磨性更好,因而GF复合编织制动带经表面浸涂钛酸钾晶须后,有助于降低对偶件的磨损率。

(3) 钛酸钾晶须对GF复合编织制动带纤维束间有较好的显微填充性,而GF复合编织制动带单面浸涂适量的钛酸钾晶须使成本增加也不多,但能较明显地提高制动带的使用寿命及摩擦性能稳定性(特别是初始摩擦性能稳定性),特别适用于改善薄而编织较疏松的GF编织制动带的摩擦磨损性能,有一定的实际应用价值。

参考文献

- [1] 李导民. 钛酸钾晶须的应用及开发[J]. 广东化工, 1993, 29(2): 24-27.
- [2] 王佳佳. 纳米坡缕石改性酚醛树脂基体的制备及摩擦性能的研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2009.
- [3] 吴训锬. 晶须状填料对酚醛树脂摩擦材料性能的影响[J]. 润滑与密封, 2007, 32(11): 123-124.
- [4] 高惠民. 矿物复合摩擦材料[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- [5] 郭新涛. 复合材料摩擦片热衰退机理初步研究[J]. 玻璃钢/复合材料, 2002(6): 15-16.
- [6] 车剑飞, 宋晔, 陆怡平, 等. 无石棉摩擦材料磨损性能的研究[J]. 非金属矿, 1999, 22(5): 40-42.
- [7] 王红侠. 混杂纤维增强汽车制动器摩擦材料的研究[J]. 非金属矿, 2009, 32(3): 73-75.

STUDY ON FRICTION AND WEAR BEHAVIOR OF POTASSIUM TITANATE WHISKER IMPROVED WOVEN BRAKE BAND

Yuan Yumin^{1,2}, Ding Xu¹, Pan Yang¹, You Minglin¹

(1. School of Mechanical Engineering, Guizhou University, Guiyang 550003, China;

2. Guizhou Industry Polytechnic College, Guiyang 550003, China)

ABSTRACT The woven brake band was modified by filling with potassium titanate whiskers, and the friction and wear behavior was tested by constant speed friction tester. The results showed that the woven brake band filled with potassium titanate whiskers had more stable coefficient of friction, higher heat fading resistance and lower wear rate, and its capabilities of deformation proofing and breaking proofing at high temperature were significantly increased.

KEYWORDS potassium titanate whiskers, woven brake band, friction and wear behavior

我国塑料机械行业与国际水平尚存六大差距

中国塑料机械工业协会秘书长栗东平日前在接受记者采访时表示,我国塑机行业的发展虽然已能够满足国内市场的需求,但与工业发达国家和地区相比,还存在六方面的差距:①发展理念及模式上存在差距。按照国际流行的模式,先进的塑料机械制造厂商的触角,早已深入到了直接消费市场。他们不断研究、寻找和发现消费市场的需求,自行开发新型的塑料制品,然后为此而设计机器、安排工艺配方,直至为设备的使用者提供一套包括加工装备在内、能成功地制成一种新型产品的交钥匙工程。这种方式已完全不同于传统的“用户需要什么,就生产什么”的消极模式,而是一种主动引导市场消费的积极模式。要达到这一步需要大量具有创新精神的高素质管理人才;需要大量跨学科、跨行业的高素质科技人才;需要有效的、广泛的、跨行业的社会信息流通体系。②设计理念上存在差距。目前,国外塑料机械流行的设计是以所要加工制品的需求为原则,让用户在市场中取胜为理念,为设备的使用者设计制造专用设备。由此而涌现出大量新技术,如三维回路技术、双泡管膜法、金属塑料加工技术、混炼与注射结合技术、同向双螺杆直接挤出技术、熔体泵及热流道技术等,并因而引出了所谓“模块化”的设计方法。当前我国塑料机械的大部分企业,还在沿用传统的标准机型加改进的套路,试图来适应千变万化的市场需求,缺少灵活应变的市场竞争能力。③效益、节能方面存在差距。高速、高效、节能一直是近年来国际塑料机械发展的主旋律。而在这方面,我国大多数塑料机械存在能耗大,多为国外同类型机的 2 倍,速度一般为国外设备的一半;产品开发周期约为国外的 3 倍,产品寿命却比国外低一半。高生产效率挤出技术、高速高效的塑化系统研制以及节能、高效、响应速度快的双轴伺服控制系统等,都有待于进一步提高。④控制水平存在差距。在国际上,为使设备更加高速、高效,相继采用了高级的电脑控制系统。例如,汽车工业中曾使用的 CANbus 总线布置、先进的数字图线控制、车间多台设备的网络化控制及通过互联网建立远程服务体系等。国内的测量和控制技术则要落后国外 10~15 年,控制精度、制品重复精度等,与国外先进水平存在较大的差距。⑤竞争力存在差距。目前我国塑机产品年产量约占世界总产量的 25%,但是产值却只占 9% 左右。按照国际上公认的对企业竞争力评价方法,从销售额、投资回报率、研究开发投入及生产规模和能力四个表现企业竞争力的参数来看,我国企业的整体水平明显低于国际同行。在设备产品方面,与工业发达国家如德国、日本、意大利相比,我国塑料机械产品的差距主要表现在附加

值低、品种少、能耗高、控制水平低、性能不稳定等方面。由于国产设备在经济效益和竞争力等方面的差距,因而我国对国外先进水平的高端塑机设备具有较高的依存度。例如,大型乙烯工程中的塑料造粒机组、电子和通信工程中所需的生产其载体光盘的精密注塑机、汽车工业领域所需的大型注塑机、大型多层中空成型机、包装行业中多层中空成型机、医疗卫生领域所需的精密挤出机等长期依靠进口,这与我国是塑料机械生产大国的地位形成强烈的反差。⑥设备更新观念存在差距。与我国企业动辄花费数十万、上百万外汇购进国外先进设备相比,国外企业的自身装备更新并非总是花钱买新装备,而是在条件许可时不断地对老旧设备进行改造,其改造内容主要是控制系统。他们将老旧设备的控制系统和关键部件不断更新。这样,不仅提高了企业现有设备的加工精度和水平,而且花费的成本较低。(中聚)

玻纤行业去库存化进度

2008 年全国玻纤产量约 211 万 t,同比增长 31.9%,其中 60% 出口,40% 内销,进口约 20 万 t,表观消费量约 105 万 t,同比增长 39.8%。预计 2009 年全年产量约 210 万 t,与 2008 年基本持平,其中 50% 出口,50% 内销,进口 20 万 t,表观消费量约 125 万 t,同比增长 19.0%。2009 年玻纤需求主要来自国内,包括基建、汽车、风机的拉动等,国外需求未见明显起色。玻纤价格 2009 年下半年开始起色,库存依然较多。目前无碱粗纱含税价约 6000~7000 元/t,中碱粗纱约 3000~4000 元/t,细纱约 9500 元/t。目前全行业库存约 30 万 t,相当于 2 个月的产量。开工率方面,玻纤行业从 2008 年年中开始大幅减产,目前行业开工率约 80%,预计 2009 年全年池窑平均开工率约 75%。产能方面,预计到 2010 年末,全国已建成池窑产能达到 280 万 t。根据玻纤协会“十二五”规划的指导意见,原则上不再新上池窑产能,这 280 万 t 产能已可保证未来几年的需求。(工程塑料网)

美国开始淘汰十溴联苯醚

经过与美国环保局的几轮沟通后,雅保、科聚亚及以色列死海溴集团同意 3 年内在多数应用领域逐步淘汰含溴阻燃剂十溴联苯醚,不再生产和销售该产品。雅保公司和科聚亚公司在美国生产十溴联苯醚,以色列死海溴集团公司则是该产品的美国最大进口公司。3 家公司表示到 2013 年底,完全停止销售该产品。按照 3 家公司与美国环保局的协议,十溴联苯醚的淘汰将先从消费领域开始,随后是运输和工业用途。某些特定运输和军事用途由于需要更多的时间才能找到合格的替代品,因此其淘汰时间可延长 1 年。

(工程塑料网)