

新型超耐磨 HDPE/Si-TPE 复合管道的制备及应用

陆国强, 冯金茂, 张伟娇

(浙江伟星新型建材股份有限公司, 浙江 临海 317000)

摘要:以耐磨弹性体(Si-TPE)为内层, 高密度聚乙烯(HDPE)为外层, 采用共挤技术制备双层复合结构的新型超耐磨复合管道(HDPE/Si-TPE)。通过磨损试验对比了不同材料和不同管道的耐磨性能, 结果表明, 该新型超耐磨复合管道的耐磨性为超高分子量聚乙烯(UHMWPE)管道的2~3倍, 为钢管的5倍以上。通过磨损机理分析表明, 其超耐磨性能缘于内层弹性体材料能有效吸收输送介质的冲击能和阻止尖锐颗粒划伤后的裂纹延伸。并介绍该管材在多种工程中的应用实例。

关键词:复合管道; 超耐磨; 磨损试验; 耐磨弹性体; HDPE

中图分类号: TU532*61

文献标识码: A

文章编号: 1001-702X(2015)05-0025-04

Preparation and application of new ultra wear-resistant HDPE/Si-TPE composite pipeline

LU Guoqiang, FENG Jinmao, ZHANG Weijiao

(Zhejiang Weixing New Building Materials Co. Ltd., Linhai 317000, Zhejiang, China)

Abstract: Using wear-resistant elastomer(Si-TPE) as the inner layer, and high-density polyethylene(HDPE) as the outer layer, double-composite structure new ultra wear-resistant composite pipeline(HDPE/Si-TPE) was prepared with the co-extrusion technology. Wear-resistant performance of different materials and pipes were compared by abrasion test. The results showed that the wear resistance of the new ultra wear-resistant composite pipe is 2 to 3 times higher than the ultra-high molecular weight polyethylene(UHMWPE) pipe, and 5 times higher than the steel pipe. The wear mechanism analysis showed the main cause for ultra wear-resistant performance; its ultra inner elastomer material can effectively absorb impact energy of the transmitted medium, and prevent crack extension after being scratched by sharp particles. And this paper also describes the pipe applications in a variety of engineering examples.

Key words: composite pipe, ultra wear-resistant, abrasion test, wear-resistant elastomer, HDPE

0 前言

据统计, 我国每年耐磨领域所消耗的管道总量达到100亿元, 其市场容量巨大^[1]。耐磨管道的应用非常广泛, 主要应用领域包括: 矿山, 如矿浆选矿输送和尾矿的长距离管道输送; 航运, 如江河湖海的清淤疏浚、抽沙排沙; 冶金, 如精矿浆、冶金废渣、铅粒、铝粉等输送; 化工, 如煤粉、硅粉、盐浆、碱浆等固液混合物的输送; 电力, 如火电厂除灰、排渣、送粉、回粉、脱硫工艺管道等。

传统的耐磨管道主要以金属管道为主, 但金属管道的耐磨性能和耐腐蚀性能较差, 使用寿命很短, 一般3~5年即因腐蚀、磨损而更换, 市场迫切需要开发新型耐磨管道。最先采用的是钢管内衬耐磨橡胶技术^[2], 但胶层易与钢管脱层而造成

管道堵塞, 严重阻碍了衬胶钢管的发展。近年来发展较为迅速的是超高分子量聚乙烯(UHMWPE)管道^[3], 但UHMWPE管也暴露出加工难度大、耐压低等缺陷, 其耐磨性在恶劣工况下存在不足, 目前仅局限于一些中低压、中小口径管道领域应用。

本文介绍一种新型超耐磨(HDPE/Si-TPE)复合管道, 该管道既保持PE管道易加工的特点, 又具有优异的耐磨性能, 可为耐磨管道行业提供一种高性价比的产品方案。

1 超耐磨管道的制备

1.1 原材料

高密度聚乙烯(HDPE)管道专用料, JHMG100S, 吉林石化; 黑色母料(cabot, 2762)、硅烷接枝热塑性弹性体(Si-TPE)材料, 自制。

1.2 产品结构

伟星超耐磨复合管道是一种双层复合结构产品。内层材料为新型可挤出的耐磨弹性体材料(Si-TPE), 外层材料为高密度聚乙烯(HDPE)管道专用料, 其结构如图1所示。

收稿日期: 2014-11-26; 修订日期: 2015-01-20

作者简介: 陆国强, 男, 1985年生, 浙江平湖人, 工程师。地址: 浙江省临海市柏叶中路229号, E-mail: lgq198558@163.com。

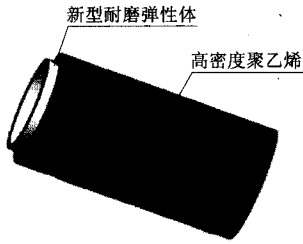


图1 新型超耐磨复合管道的结构示意图

1.3 生产工艺流程

伟星超耐磨复合管道采用共挤技术制备而成，其复合成型工艺简单：首先将所用原料在 60℃ 下干燥处理 2h，然后各自在挤出机中塑化挤出，再通过双层共挤模头复合成型，层与层之间经特殊处理后能较好地粘合成一体化结构，然后经冷却定型、牵引、切割后包装入库，其工艺流程见图 2。

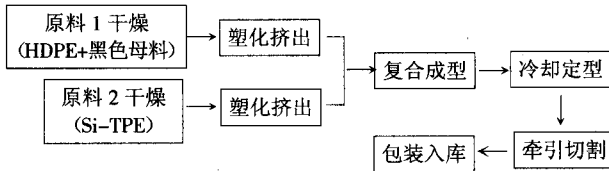


图2 超耐磨复合管道的生产工艺流程

2 磨损试验及磨损机理探讨

采用砂浆磨损试验和摇摆磨损试验分别对不同材料和不同管道的耐磨性进行对比试验。试验结果表明，该新型耐磨材料的耐磨性远高于传统的金属材料 and UHMWPE 材料。

2.1 管道材料磨损试验

砂浆磨损试验按照 QB/T 2668—2004《超高分子质量聚乙烯管材》附录 B“砂浆磨损率试验方法”进行。将不同的管道材料制成相同尺寸的样片，置于砂浆中高速旋转磨擦，历时数小时后取出，测试样片的失重比例，得出不同材料在砂浆中的磨损率。试验对比了超耐磨复合管材内壁的耐磨弹性体材料、UHMWPE、耐磨橡胶和 HDPE 等 4 种材料的磨损率。图 3 为砂浆磨损试验机示意。磨损试验结果见表 1。

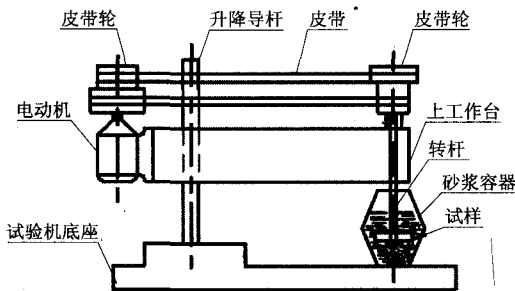


图3 砂浆磨损试验机示意

表1 不同管材试样的砂浆磨损试验结果

项目	磨损率/%			
	耐磨弹性体	耐磨橡胶	UHMWPE	HDPE
试验用砂				
细砂	0.09	0.28	0.42	0.88
粗砂	0.12	0.61	1.01	3.80

注：试验砂水比(体积比)为 3:2，转速 670 r/min，时间 4h；细砂为粒径 0.5 mm 的石英砂；粗砂为粒径 3~5 mm、棱角尖锐的石英砂。

2.2 管材磨损试验

采用摇摆磨损试验(Darmstadt Test)测试管材的磨损率。试样管材公称外径为 160 mm，试验方法如下：将不同粒径的砂石按一定比例混配，称量 3.5 kg 装入长度 1 m 的试验管段中，再加入 3.5 kg 水(砂石与水的质量比为 1:1)后将管端密封，夹持在摇摆机上往复摆动，使试验管段内的砂石来回磨损管壁。摇摆机摆动角度为 45°，摆动频率为 20 次/min，每经过 20 万次磨损更换 1 次砂石，计算管段的质量损失率即为管材的磨损率。试验用砂石的粒径及质量比见表 2，摇摆磨损试验方法见图 4，不同管材的磨损试验结果见图 5。

表2 磨损介质(砂石)的粒径及质量分数

砂石粒径/mm	<2	2~4	4~16	16~32
质量分数	25	20	30	25

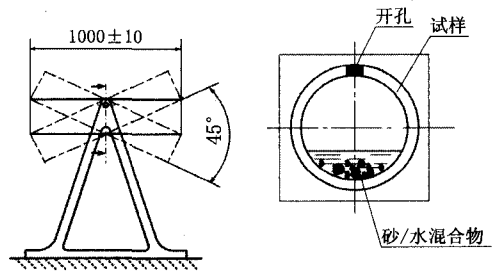


图4 摇摆磨损试验示意

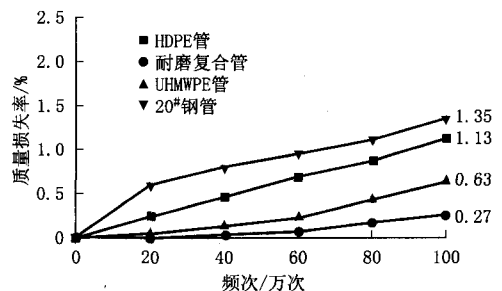


图5 不同管材的磨损试验结果

2.3 磨损机理探讨

从砂浆磨损和摇摆磨损试验结果可以发现，新型超耐磨复合管的磨损率仅为 UHMWPE 管的 1/2~1/3 左右，为钢管的

1/5。换言之,在相同工况条件下,该管道的使用寿命为 UHMWPE 管道的 2~3 倍,约为金属管道的 5 倍。因此,该管道的开发具有极高的经济效益和社会效益。

材料的磨损是一项非常复杂的运动。磨损的强弱不仅与管道中运动着的颗粒对管壁的动力作用有关,也与材料的自身性能相关。根据介质流动状态的不同,输浆管道中的磨损可分为变形磨损和切削磨损 2 种类型^[4-5]。变形磨损是固体颗粒法向冲击引起的,这些固体颗粒具有一定的动能,不停地撞击管壁,使管道内壁承受交变碰撞力,虽然交变碰撞力产生的应力低于材料的屈服应力。但在该应力的长期作用下也将导致管壁内表面因疲劳作用而变形、破坏。切削磨损是固体颗粒斜向冲击引起的,切削磨损有 2 种模式,如图 6 所示。当磨粒尖角与管壁小角度接触时,在接触点很小的面积上将产生很大的冲击压力。冲击压力一方面使磨粒压入表面,另一方面使磨粒向前推进,最终实现磨粒对管壁的切削,形成切屑。当磨粒非尖角面与管壁接触时,或磨粒和管壁接触面间夹角成水平时,管壁表面形成弹性形变,磨粒沿表面滑过后只犁出一条沟,把材料推向两边或前面,最终剥落形成磨屑。

由此可见,影响管壁磨损的主要因素有:(1)固体物料特征,如粒径和级组组成、颗粒形状、硬度、密度等;(2)介质的流动情况、流态、浓度、流速等;(3)管道材料类型。

当某种工况确定时,管材管壁的磨损快慢往往取决于管道材料本身耐磨性能的优劣。

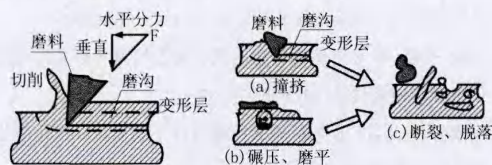


图 6 切削磨损的 2 种模式

从上述对比试验可见:

(1)与塑料相比,耐磨弹性体和耐磨橡胶的耐砂浆磨损的能力更强,试验的 4 种管材料中耐磨弹性体的耐磨性能最佳。

当砂浆中的固体颗粒越大、形状越尖锐,则对材料的磨损越大,此时耐磨弹性体的耐磨性能优势更为突出。

(2)UHMWPE 的耐磨性能优于 HDPE,但不及橡胶和耐磨弹性体。这是因为其抗冲击性能不及橡胶和耐磨弹性体,因此在摇摆磨损试验中以冲击磨损失重为主。HDPE 管表现出比钢管更好的耐磨性能,这是因为 HDPE 的抗腐蚀性能远优于钢材所致。

(3)耐磨复合管的耐磨性能是所有试验管材中最优的。究其耐磨机理,一方面通过弹性形变能有效吸收固体颗粒的冲击力,另一方面,当尖锐颗粒划伤材料表面后,弹性体能有效地阻止裂纹的延伸。

3 连接技术

新型超耐磨复合管材可采用电熔连接、热熔对接和法兰连接等多种方法进行连接,比 UHMWPE 管的连接更为方便。电熔连接如图 7 所示。电熔管件采用注塑成型,公称压力大于 1.6 MPa 时可采用加强型电熔管件。根据具体工况,管材还可采用热熔对接和法兰连接。热熔对接具有连接方便快捷,成本低等优点。法兰连接则是另一种普遍采用的管材连接方式,新型超耐磨复合管可采取多种类型的法兰连接(见图 8)。法兰连接的优势在于接头可拆装,从而实现对管材的反复使用,特别是在偏僻且缺少电力的工况下能够方便地施工安装。

其它三通、弯头类等专用、特殊管件可采用超耐磨复合管段焊制成型,耐高压管道可采用钢衬塑耐磨管件。

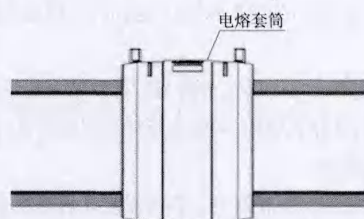


图 7 电熔连接示意

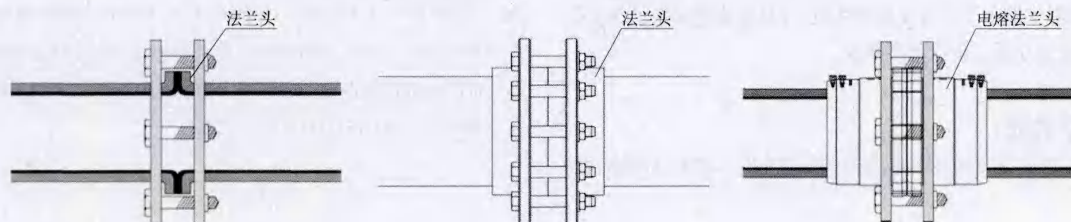
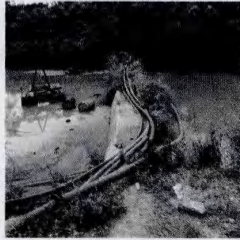


图 8 法兰连接示意

4 工程应用

新型超耐磨复合管道不仅耐磨性能优于现有的钢管、UHMWPE 管和 HDPE 管,而且具有耐压性能不受磨损的影响等优势,特别是其多种连接方式可适应多种工况要求,安装方便快捷,施工、维护及运行成本低,已在众多工程中应用。图 9 为部分应用示例。



(a) 广西某硫铁矿尾矿工程



(b) 浙江某疏浚工程



(c) 陕西某硫铁矿改造工程

图 9 新型超耐磨复合管道应用示例

参考文献:

- [1] 杨俭安,王政雄.耐磨耐蚀耐结垢节能型管道[J].上海应用技术学院学报:自然科学版,2005(2):125-128.
- [2] 张乐元,孙西欢,李永业,等.浆体管道输送浅谈[J].山西水利,2009(6):43-44.
- [3] 周鲁生.一种新型耐磨材料——超高分子量聚乙烯管材[J].金属矿山,2002(5):63-64.
- [4] 张继军,桂晓莉.浆体管道磨损机理研究[J].甘肃科技,2011,27(1):60-62.
- [5] 梁羽飞.疏浚工程输泥管道磨损问题成因分析[J].治淮,2007(3):27-28.



(上接第 17 页)

的抗氯离子渗透性,当 MF 掺量为 12%时,其综合改善效果最好。

(2)在混凝土中内掺 12%的 MF,可以显著减少混凝土中大孔的数量、优化孔结构,同时也能促进水泥水化,减少混凝土中的微观缺陷。

(3)MF 中的乳胶粉组分,在水泥水化后期逐步成膜,并附着在孔洞的四周,能起到阻挡水分迁移渗透的作用。

因此,在混凝土中掺加 MF,可显著提升混凝土抗侵蚀性能,适用于地下工程等复杂的环境中,目前研究成果已逐步在地下轨道交通工程中推广应用。

参考文献:

- [1] 汪廷秀,高建明,丁平华,等.干湿交替作用下混凝土抗硫酸盐侵

蚀性能研究[J].混凝土与水泥制品,2011(2):136-139.

- [2] 冷政,李曦,李党义.偏高岭土对聚合物改性修补砂浆性能的优化[J].新型建筑材料,2013(4):79-82.
- [3] 段瑜芳,王培铭,杨克锐.碱激发偏高岭土胶凝材料水化硬化机理的研究[J].新型建筑材料,2006(1):22-25.
- [4] 王伟.偏高岭土改善混凝土体积稳定性的研究[D].武汉:武汉理工大学,2010.
- [5] 史林.通用型可再分散乳胶粉对砂浆性能的影响[J].混凝土与水泥制品,2011(2):58-60.
- [6] Afridi M U K, Ohama Y, Demura K, et al. Development of polymer films by the coalescence of polymer particles in powdered and aqueous polymer modified mortars [J]. Cement and Concrete Research, 2003, 33(11): 1715-1721.

