

三元复合管道的制备工艺

杨振国, 胡 柏, 陈丽娜, 金忠翎
(复旦大学材料系, 上海 200433)

[摘要] 为解决现有复合管道在腐蚀与磨损共存工况下使用的寿命短问题, 研制了耐磨耐蚀型三元复合管道。该新型复合管道是由金属、陶瓷、聚合物三层材料组成, 通过反应加工工艺和反应浸渍工艺复合而成。对新制品在不同腐蚀介质和温度下的耐蚀性能进行了表征分析和评价, 应用实例证明, 三元复合管道具有优异的耐磨耐蚀性能和防磨阻垢功能, 尤其在复合腐蚀、冲蚀磨损、高温运行和负压工况等复杂条件下具有使用寿命长和性格比高等优点。

[关键词] 三元复合管道; 制备; 腐蚀; 磨损

[中图分类号] TG174.2

[文献标识码] B

[文章编号] 1001-1560(2004)02-0042-02

0 前言

在电力、石化、冶金、矿山、核电等行业, 腐蚀与磨损共存工况较为常见, 如烟气脱硫、煤炭变油、灰渣输送、尾矿遴选、废料排放以及化学反应装置等。当今可供选用的管材主要有: 金属材料类(不锈钢管、钛合金管、镍铬镀锌层管、黄铜管、高铬铸钢管、高铬铸铁管、10CrMoAl 管及碳钢管等); 聚合物材料类(树脂喷塑钢管、塑料衬里钢管、橡胶衬里钢管、玻璃钢管、塑料管、塑料衬钢复合管等)和无机材料类(铸石钢管、陶瓷复合钢管、搪玻璃钢管、水泥浇铸钢管等)^[1]。然而, 这些管道由于性能单一, 有的仅耐磨或耐蚀, 而且管配件不配套, 在腐蚀与磨损共存工况下使用寿命均较短, 泄漏失效频繁, 更换维修量大^[2]。因此, 开发新一代耐磨耐蚀复合管道显得十分必要。

本文介绍的三元复合管道是一种完全新型的高耐磨耐蚀复合管道, 它是通过三元材料的反应加工复合而成, 不仅耐磨耐蚀, 而且防磨阻垢, 即使在较高运行温度和负压条件下仍具有优异的耐磨耐蚀性能。

1 制备方法

三元复合管道的基本结构见图 1。其中外层钢管作为承载连接件; 中间层微纳米材料改性陶瓷材料作抗磨耐蚀件; 内壁有机/无机拼混树脂主要起防腐蚀功能, 同时具有一定的耐磨性^[3]。

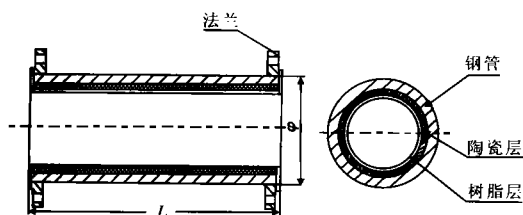


图 1 三元复合管道的基本结构

[收稿日期] 2003-08-26

[基金项目] 2003 年上海市“火炬计划”资助项目(03HJC1080)

三元复合管道的制备工艺为: 对微纳米无机粉末料进行均匀配混, 再把混合料通过表面加工反应烧结在预处理过的钢管内表面上, 冷却后得到二元复合材料制品。接着, 把有机/无机拼混树脂反应浸渍于二元复合材料半成品表面, 经一定时间的高温固化成型, 获得三元复合管道成品。

在制备二元复合材料制品时, 主要运用微纳米材料表面改性技术和粉料配混的合金化技术, 着重解决陶瓷的开裂、脱壳、不耐冲击等脆性问题, 并使材料的韧性与硬度相匹配, 增强与金属界面的结合力, 从而将陶瓷高硬、耐磨、耐蚀的优点与金属高强、易加工和可焊性好的特点融合为一体, 赋予二元复合材料制品优异的耐磨耐蚀性能, 为三元复合材料提供预成形制品。在三元复合材料管道制备时, 主要通过拼混树脂的共混改性和反应浸渍工艺的应用, 实现聚合物与陶瓷之间的化学键合, 并使聚合物表面结构尺寸稳定, 与陶瓷结合的界面物理性能相容, 得到的表层材料不仅粘着力强, 而且耐磨耐蚀性能也较佳。

2 表征分析与性能指标

三元复合管道制备的技术核心是异种材料的反应复合技术、有机/无机拼混树脂的反应浸渍技术、微纳米材料的配混改性技术以及陶瓷互穿网络显微结构的制备技术。通过这些技术的复合和异种材料的性能设计, 三元复合管道制品不仅具有优越的耐磨耐蚀性能, 而且有效地解决三层材料之间热膨胀系数的匹配性, 即使在较高运行温度下仍能保持优异的物理机械性能。

三元复合管道内衬 X 型拼混树脂在不同介质浓度中的浸泡试验结果见图 2。常温下在不同浓度的盐酸、硫酸介质中浸泡后失重量与浸泡时间的关系, 见图 3。在较高温度下, 制品在典型化学腐蚀介质作用下的试验结果见表。

从图 2、图 3 可以看出, 无论是低浓度酸还是高浓度酸, 制品在腐蚀液中的质量变化相当微小。尽管浸泡初期出现在含量质量分数 0.4%~0.6% 的范围内变化, 但二个月后制品的质量保持恒定, 并且所有浸泡样品的表观颜色也未观察到有明显的变化, 表明三元复合管道制品的耐

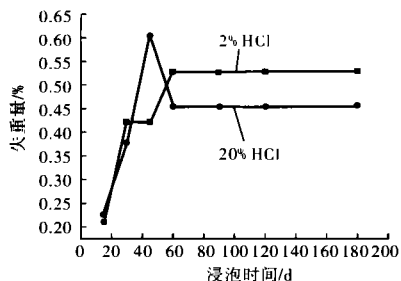


图2 质量损失率与 HCl 介质中浸泡时间的关系

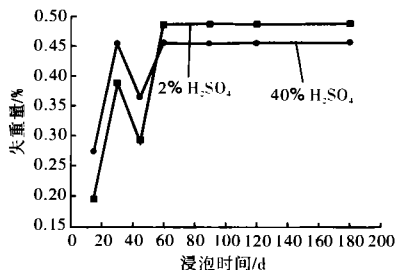


图3 质量损失率与 H₂SO₄ 中浸泡时间的关系

表 三元复合管道在较高温下浸泡的试验结果(80℃)

试验项目	试验方法	指标等级	试验标准
耐热氢氧化钠溶液的腐蚀	20%浓度氢氧化钠溶液 80℃下浸泡 48 h, 无任何开裂现象	AA	GB 11547-89
耐热盐酸溶液的腐蚀	20%浓度盐酸溶液 80℃下浸泡 48 h, 无任何开裂现象	AA	GB 11547-89
耐热硫酸溶液的腐蚀	20%浓度硫酸溶液 80℃下浸泡 48 h, 无任何开裂现象	AA	GB 11547-89
耐热醋酸溶液的腐蚀	20%浓度醋酸溶液 80℃下浸泡 48 h, 无任何开裂现象	AA	GB 11547-89

注: AA—重量几乎没有变化, 腐蚀量 < 0.05 mm/a; GB11547-89“塑料耐液体化学药品(包括水)性能的测定”。

蚀性能相当优越。表中进一步表明, 三元复合管道制品在较高温下, 质量仍保持恒定, 三层材料之间无任何界面开裂现象, 不同材料之间热膨胀系数相匹配, 显示出三元复合管道在复杂工况下抗腐蚀的优异性。

根据其他一系列的实物台架试验及表征分析, 研制的三元复合管道制品具有如下技术性能:

- (1) 可输送含灰渣颗粒腐蚀性液体及废液颗粒混合物流体;
- (2) 在重防腐领域可耐有机和无机酸、碱、盐类复合腐蚀介质;
- (3) 使用温度 -40 ~ 190℃、压力 -0.1 ~ 10.0 MPa;
- (4) 管道外径及其法兰连接件接口标准化: $\phi 48 \sim 930$ mm;
- (5) 现场可采用焊接、法兰、管接头等方式进行连接;
- (6) 在腐蚀与磨损工况下, 其寿命比常规复合钢管至少高 3 倍以上;
- (7) 在上述温度范围内, 三元复合管道完全可以替代各种金属管道、聚合物管道、陶瓷管道以及上述二种材料组成的复合管道。

3 工程应用举例

江南某电厂为使灰水排放达到环保要求, 采用自行开发、国内独创的专用处理装置, 利用除尘器出口的酸性烟气与呈碱性的灰水中和, 达到降低灰水的 pH 值目的, 工艺流程装置见图 4^[3]。

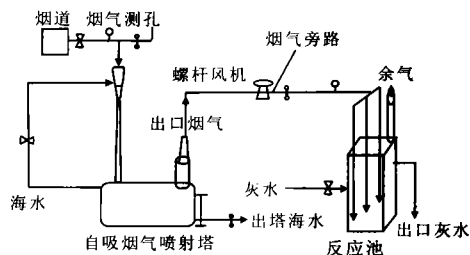


图4 炉烟处理灰水 pH 值装置示意图

该装置采用燃灰湿排, 处理灰水量 1 300 t/h, 烟气量 7 500 m³/h, 气水比 4:1, 烟气管、喷射管、布气管及输送管的管材原分别使用不锈钢管、橡胶衬里管及碳钢管等, 使用温度小于 70℃, 使用压力 0.2 MPa。由于烟气中含有大量的酸性气 SO₂ 和 CO₂ 以及灰水处理时含有灰颗粒、海水和蒸汽等混合气介质, 运行工况较为恶劣, 混合气介质对管道内壁产生了严重的腐蚀和冲刷磨损的交互作用, 故整套处理装置运行后不久, 无论是不锈钢管、橡胶衬里管, 还是碳钢管, 均出现了严重的腐蚀磨蚀泄漏失效, 维修量大, 严重影响了整套装置的正常运行和安全管理。

对上述装置涉及的所有规格的管道如直管、弯管、多通管及大小头变径管等, 全部采用三元复合管道系列产品进行了替换。整套装置更换服役至今已安全运行近二年, 未出现任何腐蚀磨蚀泄漏现象, 使用寿命已比所有原管材高出好几倍。在对管件进行实物开罐检验后发现, 所有管道内壁完好, 表面层无任何脱落现象。此外, 三元复合管道表面平滑, 基本不结垢, 阻力系数小, 整个装置运行时的电流值从原来的 180 A 下降到现在的 140 A, 电耗也大为降低。实例表明, 三元复合管道具有优越的耐磨耐蚀性能和防磨阻垢功能, 提高了设备运行的安全可靠, 并消除运行过程中发生的二次维修费用。

4 结论

- (1) 三元复合管道表面层不脱落, 且阻结垢, 异种材料之间的界面粘合力强, 组成的界面是化学键合, 热膨胀系数相匹配, 即使在高温下仍具有优异的重防腐功能和抗冲刷磨损性能。
- (2) 在复合腐蚀、冲刷磨损、高温运行和负压工况等复杂条件下, 三元复合管道具有优异的耐磨耐蚀性能, 使用寿命长, 性价比高, 完全可以替代已有的各种复合管道。

【参考文献】

[1] 杨振国, 吴连生, 金忠翎, 等. 高耐磨金属陶瓷复合钢管在煤粉管和灰渣管中应用[J]. 华东电力, 2002, 30(2): 9.
 [2] 沃丁柱. 复合材料大全[M]. 北京: 化学工业出版社, 2000.
 [3] 杨振国, 吴连生, 金忠翎, 等. 炉烟处理灰水装置管道的失效分析[J]. 华东电力, 2003, 31(10): 27.

【编辑: 唐小玲】