

纳米抗菌不锈钢塑料复合管道泄漏原因分析

马小明 余娟

(华南理工大学工业装备与控制工程学院, 广州 510640)

摘要 针对不锈钢塑料复合管泄漏事故, 对该管材法兰连接处裂纹进行宏观形态分析, 用 ANSYS 软件分析管道的应力应变情况。分析表明, 该泄漏事故主要原因在于管材结构突变造成应力集中及管材本身的加工工艺过程存在不足。在此基础上提出了相应的改进措施。

关键词 复合管 泄漏 应力集中 措施

纳米抗菌不锈钢塑料复合管材是一种新型管材, 该管材在产品设计和纳米抗菌材料的技术应用和管道连接等方面都有所创新, 它由纳米抗菌剂和有关抗菌载体配制后与热塑性塑料混合制成抗菌母粒作为内层抗菌层, 热塑性塑料挤出成型为内层塑料管, 经涂覆热熔胶后, 再在外层用不锈钢包覆, 经焊接、打磨和抛光后制成, 常用于室内供水、供暖和供燃气。这种管材因外层用不锈钢包覆, 既不易生锈又耐腐蚀, 内层塑料管因与阳光和大气不直接接触而减缓了老化速度。

2005 年, 某住宅区 6 栋 32 层住宅楼的给水用纳米抗菌不锈钢塑料复合管道在试压期间发生大量泄漏, 并发展到在没有压力的情况下, 只要管道内有水就发生泄漏的严重事故。为查明该新型给水管道泄漏的原因, 笔者进行了一系列的检验, 以确定泄漏发生的原因。

1 管材概况

这批复合材料管道最外层为 0.8~1 mm 的不锈钢带; 第二层为非均匀分布的介于不锈钢带与第三层之间的热熔胶; 第三层为厚度范围在 5~10 mm 的热塑性高密度聚乙烯; 第四层为纳米抗菌层, 厚度在 0.5 mm 左右。管件为注塑件, 管件与直管段的连接采用内层塑料热熔法连接, 外层为不锈钢卡压连接。该管道为高层建筑给水管道, 管道的设计压力为 1.6 MPa, 水压试验压力为 2 MPa。

2 宏观形态分析

以随机方式抽样, 即按直径、连接方式分别取 DN160、DN90 管材、弯头、法兰连接附件的样品, DN110、DN75 管材的样品, 发现泄漏的主要部位在

法兰连接处。在所有样品截取前, 重点考察几何尺寸有无异常, 有无持久塑性变形的迹象, 通过测量, 没有发现明显的异常变形情况和塑性变形情况。

为查出泄漏的原因, 将法兰附近 150~200 mm 长的管连同法兰一同截下进行检验与分析。随机从 12 对带有法兰的 24 个短节中抽取 13 个带有法兰的管段, 其中 DN160 的选取 8 个, DN90 的选取 5 个, 用手锯缓慢从管段上切下, 沿管轴线方向将带有法兰的管段剖分 2~8 瓣; 小直径管最少为 2 瓣, 多则达 4 瓣, 大直径管最少为 4 瓣, 多则达 8 瓣, 以便进一步观察。

纵观所取样品中, 发现主要存在以下几方面的问题:

(1) 微裂纹与穿透性裂纹(见图 1a)。13 个管段样品中 10 个管段存在此现象, 大管径管更为严重, 8 个 DN160 管段剖分件均发现裂纹或贯穿性裂纹, 占剖分大管的 100%; 小管径管所占比例较小, 5 个样品中发现 2 个存在微裂纹, 占 40%。

(2) 注塑或热熔粘合缺陷(见图 1b)。主要发生在注塑法兰环或法兰插入管内段与管内表面粘层之间, 表现为环状孔洞或层间间隙。

(3) 不锈钢带与塑料管间粘合不良(见图 1c)。主要表现为热熔胶分布严重不均匀, 导致大面积缺胶, 不锈钢与塑料管外壁间存在较大间隙。

(4) 法兰与管热熔粘合后固化, 在法兰伸入管末端与管内壁形成的非光滑连接严重凸出(见图 1d), 造成几何形状的不连续, 既增加了管内流体阻力, 又造成管子壁厚突变, 是引起应力集中的重要因素之一, 也是所有观察裂纹的起源部位。

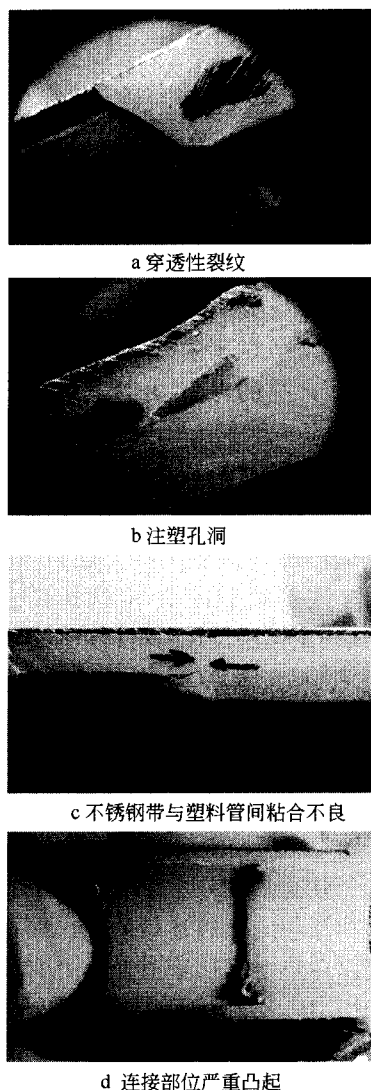


图1 宏观形态分析

3 复合塑料管有限元应力分析

复合塑料管的塑料层材料为 HDPE, 其弹性模量 E 为 413.7~1 034 MPa, 当 20 °C, $E \geq 800$ MPa。有限元分析时: E 为 800 MPa, 泊松比为 0.3。材料的抗拉强度范围 21.4~37.9 MPa。

用有限元分析软件 ANSYS 进行应力分析, 建立模型时忽略直管两端边缘效应的影响, 一般直管内衬的应力主要由两部分组成: 一为管件在操作内压下产生的应力; 二为内衬和钢管壁之间的粘结作用力, 但由于不锈钢与塑料层严重连接不良, 为更好模拟现实情况, 故只考虑管件受内压的作用。同时, 管材长度与管径相比, 可视管材为无限长, 不考虑不

锈钢和塑料层间的摩擦, 复合管质量不计, 选择 ANSYS 软件中 Solid 45 单元来模拟塑料的变形单元(见图 2)。

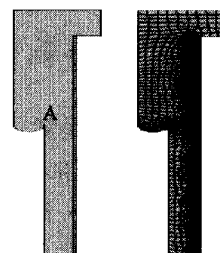


图2 结构示意图及网格划分

对模型进行手动划分网格, 进行加载和求解, 得到应力及位移结果为: 最大径向应力在塑料管壁厚不连续 A 处(见图 2), 其值为 11.623 MPa; 最大轴向应力在塑料管壁厚不连续 A 处, 其值为 7.247 MPa; 最大环向应力为 13.505 MPa, 发生在塑料管薄壁处, 在壁厚不连续处环向应力大于 10.898 MPa; 最大整体等效应力在塑料管薄壁处, 其值为 14.51 MPa, 在塑料管壁厚不连续处等效应力最大大于 10.767 MPa; 最大变形量在塑料管薄壁处, 其值为 1.565 mm, 最大径向变形量为 1.062 mm, 最大轴向变形量为 1.555 mm。

由以上分析结果可以看出: 若无不锈钢层的加强作用, 管道径向膨胀变形比较明显, 最大径向变形量可达 1.062 mm, 达塑料层总厚度的 20%; 同时塑料层壁厚不连续区应力集中非常突出, 其中最大径向应力达 11.623 MPa。

4 管道泄漏原因分析

通过对剖分样品的宏观分析和对管道的 ANSYS 分析, 笔者认为: 法兰插入管端部与管内壁粘合部位为整个法兰连接区域最薄弱的部位, 在水压试验压力下该处产生裂纹, 部分裂纹逐渐扩展穿透管壁。裂纹穿透管壁后, 由于外层不锈钢带与塑料管层严重脱节, 使得管道内的水透过塑料管后可以很容易地渗入外层不锈钢带的内壁, 再沿内壁渗入法兰环, 从压圈环隙漏出。上述形成的泄漏通道只要存在稍许压力, 即可造成泄漏, 这是一有水就泄漏的原因。

其中造成裂纹的主要原因在于:

(1) 几何尺寸突变,使得水压试验和工作压力下应力集中现象突出。管壁尺寸在该部位差一倍以上,几何形状严重不连续,从 ANSYS 分析也可以知道应力在该处特别大,达到了许用应力。

(2) 材料内部存在注塑孔洞等缺陷,造成薄弱环节。

(3) 材料加热与冷却历程复杂,残余应力水平高,裂纹优先在法兰插入管端部与管内壁粘合部位产生和扩展。在法兰管节插入管内壁时,由于加热作用,导致管内壁的熔体在表面张力的作用下,向法兰短管顶端部位迁移,削弱了该部位主管的壁厚,管材在该过渡部位壁厚最小。在冷却阶段,由于法兰短管部位冷却缓慢,管远离法兰短管部位冷却速度快,表面收缩严重,导致在该区域管内表面产生较高水平的残余应力,残余应力沿管轴向为拉应力状态,与工作应力或水压试验应力迭加,导致管在应力集中部位达到最大应力。

裂纹优先起源于该粘合部分的主要原因是管材在该过渡部位壁厚最小,工作应力与残余应力迭加后总体应力水平超过材料的屈服极限,无论有限元计算,还是对剖分管勘察,发现所有发生裂纹的管裂纹均起源于该部位。

5 改进建议

针对上述管道泄漏的原因,笔者建议采取以下改进措施:

5.1 改进法兰连接结构的设计,避免壁厚突变结构

虽然使用热熔的法兰连接的方法简单方便,并且由于管材、管件均为同种均质材料,连接质量更为可靠,但是根据上面的分析可知,这种连接方式如果处理不好将引起结构突变,并且由于需要对材料进行了多次的热熔,故在法兰连接处造成薄弱环节。因此建议改进这种法兰连接的方法,可按以下两种方法改进:

(1) 将热熔的法兰连接方法改为《建筑给水超薄壁不锈钢塑料复合管管道工程技术规程》(CECS 135:2002)中提供的不锈钢套法兰连接方式(如图 3 所示),以避免壁厚突变的结构。

(2) 对于小管径的管件($DN \leq 32$),将法兰连接改为卡套式连接方式,这种连接方式管路严密性好,安装容易,拆装方便,卡环相当于管路上加了一个活

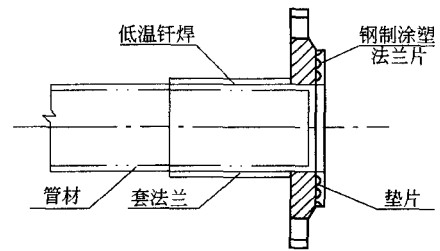


图 3 不锈钢套法兰连接

接头,它不同于法兰靠压紧密封,而是靠自身反压密封,这样延长了产品的寿命,并且其质量比法兰连接质量可减轻 40%~50%。

5.2 合理选择管的材料和焊接时熔接参数

合理选择管的材料和焊接时熔接参数,提高材料抵抗反复加热历程性能影响的能力,特别是法兰连接处需要多次热熔和冷切,应选择高密度聚乙烯 (HPDE) 中热稳定性比较好的材料。而这些主要是看玻璃化温度 T_g 、粘流温度 T_f 、晶体熔融温度 T_m 和热分解温度 T_d 。结晶性塑料在晶体熔融温度 T_m 以上或非结晶性塑料在粘流温度 T_f 以上的温度条件下,固体材料熔融为粘稠的流体,因此 T_m 或 T_f 与 T_d 之间的温度区域为热塑性塑料加工的温度窗口,塑料的焊接应在这个温度窗口内进行,温度的高低及窗口的宽窄直接影响塑料的热熔连接质量。而材料的热稳定性好坏可以在热熔后从管道连接处有无物料堆积和堆积是否均匀以及是否形成均匀的凸缘来判断,如果不均匀,甚至一边有空隙,就表示熔接不理想,难以保证其接头不漏水,此时应及时重新连接。

5.3 优化法兰加热冷却工艺

优化法兰加热冷却工艺,降低残余应力水平,控制加热温度和稳定产品质量,并且可以通过模具设计及加工工艺调整进行弥补。

6 结语

纳米不锈钢塑料复合管综合了不锈钢和 HPDE 两种材料在给水管方面的优点,得到了各个行业越来越多的青睐。若能更好地发挥该复合管的优势,改善其原材料选择、生产过程质量控制、结构设计和施工工艺,这种新型的管材将得到更好的应用。

参考文献

- 1 吴国贞. 塑料管材. 北京: 中国轻工业出版社, 1996

浅谈高速鼓风机操作和运行中须注意的事项

高明泉

(联合环境水处理(辽阳)有限公司,辽阳 111000)

摘要 为曝气池提供气源的高速鼓风机是目前污水处理中技术要求最为苛刻的通用机械,若操作或使用不当,极易造成故障、事故或严重损坏。在说明其结构和性能的基础上,结合实例介绍了高速鼓风机操作和运行中须注意的事项。

关键词 高速鼓风机 操作 安全运行 注意事项

在好氧活性污泥法处理污水工艺中,为曝气提供气源的大都是高速、高效和风量可调整的节能型单级离心式鼓风机。据了解有个别投运不久的污水处理厂的管理和操作人员尚不能完全正确地掌握其操作及运行中须注意的事项,仍存在误操作,甚至是严重误操作的现象。本文从该类设备的构造、性能分析入手,介绍其运行操作的一些注意事项。

1 性能与先进性特征

高速鼓风机的广泛应用,源自其性能优越:①转速高(14 317 r/min)。此高转速是由 355 kW 的 2 极高压(10 000 V)电机(转速为 2 987 r/min)驱动单级柱形斜齿轮的增速器来实现的。转速高的优点是流量大、体积小。②叶轮按三元流理论设计,将一个整体锻铸件由数控机床铣削而成。其特点是:体型小、转速高、效率高、流量大、能耗低和噪声小。③风量可调节。风量调节是由线性驱动器调整风机入口可调导叶(俗称“风门”)和出口可调导叶的自动配合调节来实现的。供风风压在 68 kPa 左右(表压)。风量可在最大风量的 45%~100%(7 344~16 320 Nm³/h)范围内进行调节。④可全自动控制。在机旁控制柜上,可进行单台机组的运行控制,也可在中

控室进行远距离控制。标准配置的主控制器(MCP)可实现多台机组的自动优化运行。⑤自控保护项目全面,安全可靠。当自控仪表保护系统监测到非正常运行状态时,可自动报警并切断电源,停止风机运行。

2 由设备构造决定的苛刻运行条件

该机由电机、连轴节、机壳、转子组件、增速齿轮、径向可倾式多块瓦滑动轴承和轴向止推滑动轴承组件、密封组件、机座、线性驱动器、入口过滤和消音器、润滑油系统、就地控制柜和自控仪表等构成。

风机转子是由高速齿轮两端的可倾式多块瓦——活支多瓦(一般为 5 块)的径向滑动轴承和一组止推滑动轴承支撑和稳定的。叶轮成悬臂形式安装在轴头。

可倾式多块瓦运行的技术要求极为苛刻,主要表现在:①间隙小。轴颈与瓦之间只有几根头发丝直径相加的间隙,此间隙要求非常苛刻。高速旋转的转子轴在轴颈与可倾式多块瓦之间被挤压成的润滑油楔上运转,其相互运动表面是不接触的,润滑油的温度、压力和质量必须在规定的适宜范围内,才能形成最佳的多油楔,确保其安全运行;②转子的动平衡必

2 林秀锋. 钢丝缠绕增强塑料复合管强度分析与优化设计:[学位论文]. 杭州:浙江大学,2006

3 秦婵,丁峰. 工程力学. 广州:华南理工大学出版社,1998

4 卢玉斌. 塑料基金属复合管研究进展. 化工机械,2005,(2):125~128

5 CECS 135:2002 建筑给水超薄壁不锈钢塑料复合管管道工程技术规程

6 张贺. 超薄壁不锈钢复合管卡套式连接施工技术. 建材,2006,(8):54~55

7 孙逊. 聚烯烃管道. 北京:化学工业出版社,2002

QE-mail: yujuan-84@163.com

收稿日期:2007-05-23

修回日期:2007-07-13