



换热器管板应力开裂问题分析

郭莉

(济钢集团国际工程技术有限公司, 山东 济南 250101)

摘要:某钢厂固定管板式换热器换热管与箱体管板焊缝多次出现开裂泄漏,复合管板存在分层现象,分析表明,因为换热管与箱体壁板之间在开停车时的温差应力过大引起,热应力引起裂纹。从工艺操作上尽量减小开停车时换热器冷热介质的温差,采用换热器管板下浮动技术,通过加设膨胀节,避免了应力开裂。

关键词:换热器管板;温差应力;腐蚀开裂

中图分类号:TK172

文献标识码:B

文章编号:1004-4620(2011)04-0080-01

某钢厂大型固定管板式换热器投运1 a后,换热器管板角焊缝多次出现泄漏情况,管板的复合层和基层有局部脱离的情况。换热器管板两端漏点较多,管板复合层和基层分离的部位在中间。通过查看现场,发现漏点是在换热管与管板连接的焊缝处。换热器泄漏造成了脱硫项目的非正常停车,给生产和环保带来极大的压力。分析换热器管板角焊缝泄漏的原因,通过加设膨胀节,合理调整开停车制度,成功避免了应力开裂的出现。

1 开裂原因分析

可能造成换热器管板角焊缝产生泄漏问题的原因有:1)热应力引起的裂纹;2)下管板胀接管段出现腐蚀性漏点;3)翅片管在焊制过程中产生的对管壁的熔透性缺陷;4)换热管自身或成型过程形成的缺陷;5)应力腐蚀引起的焊缝开裂。由于该换热器在项目投运后,短期内出现过管板角焊缝泄漏的情况,对该区泄漏的换热管角焊缝实施了补焊。此次出现泄漏,对照以上可能出现泄漏问题的原因,排除其他原因的可能性,认为热应力引起裂纹的可能性最大。

热应力导致换热管角焊缝开裂的原因:1)制造过程中焊条选用不合适;2)该换热管角焊缝焊角高度不够;3)温差应力大于焊缝许用应力。该设备作为项目重要工艺设备,在制造过程中实施了全过程监制,故前2个原因造成焊缝开裂的可能性极小。通过查阅管板换热器的运行记录,发现换热器的烟气侧存在长时间超温运行情况。结合现场情况,发现靠壁侧换热管变形严重,确认超温引起的换热管温差应力过大是主要原因。换热器管板两端漏点较多,管板复合层和基层分离的情况出现在中间,进一步证明了换热器换热管与箱体壁板之间的温差应力存在过大的可能。

换热器壁板的加强筋尺寸为110 mm×55 mm×10 mm,贯通上下管板,外至保温层。分析认为,该加强筋严重限制了箱体壁板与换热管之间的同步膨胀,造成了局部管板与换热管的强力拉脱现象,形成泄漏。按照GB 151-1999(钢制管壳式换热器)关于对复合管板的规定,换热管与管板之间的连接结构应该采用复合层和基层都开槽的形式,然后采用强度胀加强度焊连接的方式。此换热器复合管板的基层和复合层上没有开槽,也没有采用强度胀,而是采用贴胀加强度焊的连接方式,不符合标准规定要求。

为进一步确定温差应力对管板角焊缝的应力影响程

收稿日期:2011-05-23

作者简介:郭莉,女,1970年生,1992年毕业于山东建筑大学建筑环境与设备工程专业。现为济钢集团国际工程技术有限公司工程师,从事暖通设计工作。

度,对上述结构的模型进行了运行状态下不同温差的膨胀量计算。通过模拟正常开车、常温运行和突然停车时的参数,计算出换热管和无加强筋壁板的膨胀量之差。从计算数据看,使换热管和壁板产生最大膨胀应力的情况,正是在突然开车和停车的情况下产生的。而换热器正常运行时,换热管与壁板的膨胀差近乎可以忽略。产生该现象的原因是,100℃时不锈钢的线膨胀系数为 $16.84 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$,而碳钢的线膨胀系数为 $10.76 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 。对自然膨胀量的计算结果同时表明,不锈钢换热管在管壁最高温度为120℃时,其自然膨胀量达到8 mm,若碳钢壁板在加强筋的作用下不能同步膨胀,则两者的膨胀差远超过计算的最大结果。该计算结果表明,开、停车时的升温、降温速率会直接影响温差应力的大小。

2 解决方案

首先,从工艺操作上尽量减小开停车时换热器冷热侧介质的温差。根据温差应力的计算结果,在开车升温时,换热管内冷侧液体和烟侧的温差不要超过20℃;停车降温时,烟道烟气和换热管内胺液之间的温差不超过10℃。由于冷侧液体和热侧烟气温度都有仪表数字显示,所以从实际操作方面,实现温差控制是可行的。

其次,从根本上解决温差应力问题的存在,即大型设备的热补偿与稳定技术的平衡问题。在经过反复核算后,采用了在大型设备上很少采用的浮动膨胀加框架稳定结构技术。计算浮动端设备重量载荷、持液量引起的下浮动端载荷,均布到换热管之后,对单根换热管产生的应力非常小,可以忽略不计。决定采用换热器管板的下浮动技术,即将下端管板附近箱体断开,加设膨胀节。受拉载荷为下部管板、封头、配管及持液静载荷。该载荷分布到所有换热管上的均布载荷较小,使上、下管板的角焊缝均承受轻微的拉应力,该方案有效保护了复合管板的复合层与基层不分离。加设膨胀节后,浮动端箱体承受介质横向冲击载荷的能力降低,可能会加剧管束振动。为此,从换热器的耳座向上,用型钢延伸形成自由立柱,与箱体内2层内部分支撑板连接,使箱体形成一个稳定的框架结构,消除了箱体的振动。

3 改进效果

本次改造从结构上彻底消除了换热器壳体和换热管内的温差应力,同时从操作上减小了开停车过程中冷热侧流体的温差,规避大温差形成的操作条件,设备运行的可靠性得到提高。该固定管板换热器经过以上改造后,于2009年8月运行投产,2 a来没再出现过换热管角焊缝泄漏的情况。