

制盐蒸发器的设计选材

姬红理

中蓝连海设计研究院 上海 201204

【摘要】通过对制盐蒸发器在生产过程中腐蚀产生原因的分析,结合设计经验,从安全性、经济性、加工性能和使用效果上综合考虑,对制盐蒸发器各部分的材料,进行比较合理的选择。

【关键词】制盐蒸发器 腐蚀原因 选材

1 制盐蒸发器选材的重要性

我国50年代出现真空制盐,70年代由于燃料费用上涨,开始出现较多的真空制盐工厂。制盐蒸发器是真空制盐的关键设备,主要由蒸发室、加热室和循环管等组成(如图1所示)。

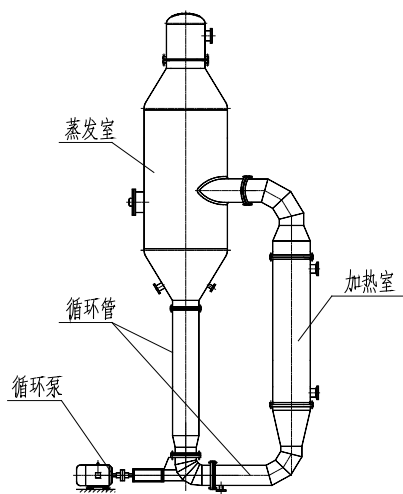


图1 制盐蒸发器结构图

物料在加热室加热;在蒸发室内蒸发,同时NaCl晶体析出;循环管通过泵维持物料持续运行。当时由于建厂投资少,制盐蒸发器选用材料价格低的碳钢材质。制盐蒸发器加热管选用20#锅炉钢,管板选用45#钢,蒸发室、加热室壳程、循环管选用Q235普通钢制作。制盐蒸发器的上述选材带来如下问题:

(1) 加热管在靠近下管板蒸汽和冷凝水交界面处,常出现严重的环形孔蚀。有一个工厂I效加热管仅用了9天就出现穿孔。一般情况I效加热管使用寿命12~18个月。

(2) 加热管的穿孔腐蚀,增加了设备的维修时间,减少了制盐装置的有效运行时间。

间。

(3) 蒸发室罐壁结盐,造成加热室加热管堵塞,制盐装置刷罐周期仅有3~5天,同样减少了设备有效运行时间。

高温浓盐卤水对真空制盐重腐蚀直接影响了设备能力的发挥及安全生产和正常运行。腐蚀造成设备频繁维修,大量的跑冒滴漏,成了一个急待解决的生产关键和技术课题。因此正确选用适合的耐蚀材料对制盐生产显得尤为重要。

2 制盐蒸发器腐蚀产生的原因

盐卤是一种腐蚀性相当大的介质。在盐卤中除K、Na、Ca、Mg碱金属外,还含有大量的F、Cl、Br、I等卤族元素。这些卤族元素在溶液中的活性阴离子(如氯离子)首先被吸附在金属表面某些点上,从而使金属表面钝化膜发生破坏。一旦这层钝化膜被破坏又缺乏自钝化能力时,金属表面就发生腐蚀。这是因为在金属表面缺陷处易漏出机体金属,使其呈活化状态,而钝化膜处仍为钝态,这样就形成了活性-钝性腐蚀电池,由于阳极面积比阴极面积小得多,阳极电流密度很大,所以腐蚀往深处发展,金属表面很快就被腐蚀成小孔,这种点蚀会使晶间腐蚀、应力腐蚀和腐蚀疲劳等加剧,在很多情况下点蚀是这些类型腐蚀的起源。

PH值降低、温度升高都会增加这些腐蚀的倾向。

蒸发器内的卤水温度高达130~140℃,含O₂、CO₂、H₂S等腐蚀气体,材料在这种腐蚀介质中加上静拉伸应力(包括外加载荷、热应力、冷加工、热加工、焊接等所引起的残余应力,以及裂缝锈蚀产物的楔入应力等)的作用,会出现的低于强度极限的脆性开裂现象,即应力腐蚀开裂,应力腐蚀开裂是先在金属的腐蚀敏感部位形成微小凹坑,产生细长的裂缝,且裂缝扩

展很快,在发生应力腐蚀破裂时,并不发生明显的均匀腐蚀,甚至腐蚀产物极少,有时肉眼也难以发现,能在短时间内发生严重的破坏。而介质中氯化物浓度的增加,会缩短应力腐蚀开裂所需的时间。

因此,这种应力腐蚀是一种非常危险的破坏。

另处,蒸发器的卤水中还含有10~20%的盐粒和石膏等悬浮物,对设备表面起着磨损腐蚀的作用,流速增大,会加剧设备的磨损,卤水的流速从零增加到3~5m/s,腐蚀速度增加三倍。

因此,影响制盐蒸发器的腐蚀的因素是多方面的。

3 制盐蒸发器的选材

3.1 加热室的选材

加热室的换热管和换热管与管板的连接处通常是腐蚀最严重的地方,由于换热管内卤水温度高达130~140℃,且含有盐粒和石膏等悬浮物,并含有O₂、CO₂、H₂S腐蚀性气体,这是影响加热管腐蚀的因素之一,卤水的PH值和温度影响着腐蚀速度,卤水加热蒸汽的温度升高,腐蚀速度加快。卤水中的氯离子破坏金属氯化膜,加速电化学腐蚀,盐粒和石膏对加热管表面起着磨损腐蚀作用,使加热管腐蚀速度加快,流速增大,又会加剧盐粒的磨损。

随着真空制盐工业的发展,经济实力的提高以及我国材料工业的发展,蒸发器的选材也一直在不断探索改进中,换热管的材料从最早的20碳钢管,到后来采用E2钢管、铜管、B30管、0Cr18Ni9Ti管等,但只是适当延长了加热管的使用寿命,并没有根本解决加热管腐蚀问题。直到八十年代后使用钛管作为换热管才取得了很好的效果。

据有关资料介绍,在沸腾饱和氯化钠溶液中,钛的腐蚀速度只有0.0066mm/a,且具有优异的抗海水及耐氯化物溶液腐蚀及流体

表1 无缝换热管用钛管(GB/T3625)的许用应力

牌号	状态	厚度mm	σ_b MPa	σ_s MPa	下列温度（℃）下的许用应力 MPa									
			≥	≥	-169~20	40	75	100	125	150	175	200	250	300
TA0	退火	0.5~4.5	280	170	93	93	81	75	69	62	55	48	38	31
TA1	退火		370	250	123	123	113	105	97	89	83	77	62	51
TA2	退火		440	320	147	147	132	121	111	100	92	83	69	60
TA9	退火		370	250	123	123	113	105	97	89	83	77	62	51
TA10	退火		440	320	147	147	138	130	122	114	106	98	90	82

冲刷的性能。

因此现在通常换热管采用钛管(符合GB/T3625),管板采用钛-钢复合板(符合GB/T8547),从表1无缝换热管用钛管(GB/T3625)的许用应力表中可以看出,换热管的设计温度小于120℃时可采用TA2,大于120℃是应采用TA10,相应的管板的复层材料与换热管一致。通常I效蒸发器的物料温度较高,换热管采用TA10,管板为TA10与碳钢复合板,II、III、IV蒸发器的设计温度低于120℃,因而换热管采用TA2,管板为TA2与碳钢复合板。

3.2 蒸发室、循环管的选材

对蒸发室和循环管的选材,从耐腐蚀性来说,最好是钛材,即钛板或钛-钢复合板,但在实际应用过程中存在造价过高和制造难度大的问题。钛是耐蚀性能优异的金属,但也是一种娇气的金属。据有关资料介绍,钛面的清洁程度甚至手印也能影响焊接质量。铁污染,不当的焊接工艺及焊接规范,无高纯度氮气的可靠保护等都能使钛的耐蚀性能大大降低。

从最早采用碳钢蒸发器的使用情况来看,蒸发室和循环管的腐蚀没有加热室严重,但蒸发室的液面波动部位的罐壁易结盐垢,造成加热室加热管堵塞,制盐装置刷罐周期仅有3~5天,后采用316L+碳钢复合钢板后,较好的解决了罐壁结盐的问题,蒸发罐刷罐周期可以延长到1个月,最长可以3个月刷一次罐。但奥氏体不锈钢在氯化物溶液中,容易发生应力腐蚀断裂。这是由于溶液中的氯离子使不锈钢表面的钝化膜受到破坏,在拉伸应力的作用下,钝化膜被破坏的区域就会产生裂纹,成为腐蚀电池的阳极区,连续不断的电化学腐蚀最终可能导致金属的断裂。某盐矿使用的设备,选用奥氏体不锈钢316L的复合板,在使用过程中复层发生了断裂,从断口分析是由于应力腐蚀导致的穿晶断裂。

近年来,随着双相不锈钢材料在国内的推广和普及,其优良的耐蚀性能和加工性能为制盐行业接受。双相不锈钢兼有铁素体不锈钢和奥氏体不锈钢的优点,它将奥氏体不锈钢所具有的优良韧性和焊接性与铁素体不锈钢所具有的较高强度和耐氯化物应力腐蚀性能结合在一起。双相不锈钢还具有良好的耐腐蚀疲劳和磨损腐蚀性能,在中性氯化物溶液中有较好的耐孔蚀和缝隙腐蚀的能力,含钼双相不锈钢(如022Cr23Ni5Mo3N即2205)在低应力下有良好的耐氯化物应力腐蚀性能。与奥氏体不锈钢相比,双相不锈钢的导热系数大,线膨胀系数小,更适合用作设备的衬里和生产复合板。

因此,采用2205+碳钢复合钢板作蒸发室和循环管,不仅解决了罐壁结盐的问题,还具有较好的耐应力腐蚀和磨蚀的能力,在生产中也已取得了良好的使用效果。

4 结论

从分析和使用效果来看,制盐蒸发器换热管采用钛管,管板采用钛-钢复合板,蒸发

室和循环管采用钛-钢复合板可以从根本上解决制盐蒸发器的腐蚀问题,但造价太高,且加工制造难度大;而换热管采用钛管,管板采用钛-钢复合板,蒸发室和循环管采用2205-钢复合板,虽然蒸发室和循环管有一定的腐蚀,但腐蚀较轻微,不会影响生产,这两种材质的选择均可解决蒸发室罐壁结盐问题。因此综合经济性、加工性能和使用效果,后者的材料选择更为合理。

参考资料

- [1] 左景伊.《腐蚀数据手册》北京 化学工业出版社,1991
- [2] 杨启明.《工业设备腐蚀与防护》北京 石油工业出版社,2001
- [3] JB/T4745-2002《钛制焊接容器》

(上接第18页)

长输管道内进行管道检测时,检测的速度、方向、角度、提离、环境磁场强度以及管道检测机器人本体结构对检测结果都会产生影响,如何最大程度地排除干扰因素,设计更为稳定有效的检测单元需要更进一步的研究。

4.5 在役海底管道金属磁记忆检测的系统通信控制

海底管道通常线路长、海底环境恶劣,又因为铁磁性管道结构的封闭性和材料的屏蔽性,对海底管道检测时,管道检测机器人与外界的联系手段受到严重制约,传统的通信方式无法实施,而检测过程中所获得的大量信号数据需要处理和储存,因此需要对检测单元和信号处理单元进行设计以满足管内检测和外检测的要求。

5 达到的预期效果

- (1) 非接触测量,探头与被测表面距离>10—20mm,探测缺陷深度>20mm;
- (2) 敏感元件响应频率:0—1MHz,满足快速检测需要;
- (3) 对典型损伤缺陷的检出率>95%;
- (4) 工作激励方式:管道自身剩磁场;
- (5) 结构简单、紧凑,方便在管道检测装置中封装。
- (6) 多通道检测,满足主干线管道内壁缺陷分辨的需要;
- (7) 对典型损伤缺陷的检出率>95%;
- (8) 检测结果自动存储;
- (9) 结构简单、紧凑,方便回收;
- (10) 对缺陷位置的定位精度:0.5%—1.0%(百公里定位区域500—1000m)

6 结论

金属磁记忆检测经历了20多年的快速发

展,在高压管道、高压容器、钢结构、受力焊接件等工程构件的检测检验评价上已取得较大成果,技术也相当成熟,该检验技术的优点明显:可检测宏观缺陷和微观缺陷,并能进行未来危险的预报;无需专门的磁化装置,即可对铁磁性构件进行可靠检测;无需对被检测工件表面进行清理、打磨或其它预处理;设备轻便、操作简单、灵敏度高、重复性与可靠性好。将其应用在海底管道检验评价中的前景将不可估量。

(上接第46页)

满足要求。

1.4 样品测量

试样准备:含有FAME的中间馏分油试样经环己烷适当稀释后再分析。如试样溶液的吸光度没有落在校准曲线范围内,重新对试样进行更合适的稀释。

由于样品池的清洗非常重要,建议在每个试样之间测定环己烷,通过环己烷的IR谱图检验样品池是否清洗干净。

由于国家标准规定柴油中FAME不能超过0.5%(v/v),因此,为检验分析方法及仪器综合性能,我们采取国标柴油添加FAME的做法来测定。

调取已编辑好的分析方法,对样品进行测定,具体数据见表5。从表5可以看出,数据重复性完全符合要求。

柴油机燃料中FAME的典型红外光谱图见图4。

2 结果与讨论

标准中规定了该测试的精密度的:由同一操作者、采用同一仪器、对同一试样进行重复测定所得到的两个试验结果之差的绝对值不超过0.013%。

按此规定判断试验结果(参见表4、表5)的可靠性(95%置信水平)完全符合标准精密度的要求。

3 结论

采用红外光谱法测定柴油机燃料中脂肪酸甲酯(FAME)体积分数,根据所使用红外光谱仪的特点,通过实验确定了使用安捷伦A2傅立叶变换红外光谱仪测定柴油中脂肪酸甲酯(FAME)含量的最佳实验条件,达到先准确定性再精确定量的效果,较好地用于柴油中脂肪酸甲酯体积分数的分析,解决了一般实验室分析精度不高的问题,在实际应用上达到迅速而准确地进行定量分析的效果。

参考文献

- [1] GB/T 23801-2009《中间馏分油中脂肪酸甲酯含量的测定》。