

高效、节能、环保型聚四氟乙烯加热器(反应釜内专用)

赵永镐 赵 炜 陈国龙

(温州赵氟隆有限公司, 浙江 温州 325016)

摘 要:多年来,国内外广大化工企业生产中使用的反应釜,都是用钢壳外壁上的夹套来加热釜内介质,由于其热传递过程长,热阻大,而导致介质加热速度慢,时间长,高温上不去,热效率又低等结果,从而抑制了工业生产的发展。作者针对上述问题,发明了一种高效、节能与环保型的聚四氟乙烯加热器,直接置于反应釜内加热介质,改变了原有的生产面貌,从而达到了显著的节能、减排与增产的效果。

关键词:反应釜;加热;高效;节能;减排

1 前言

在激烈的市场竞争中,化工企业需要转变观念,狠抓科技创新,对制约企业生产发展、产品升级的落后与陈旧的生产装备进行技术改造,实现节能、环保与增产的目标,使产品质量迅速提高,成本逐步降低,让企业在市场竞争中立于不败之地。

化工生产归根结蒂,就是将一种或多种原有物质加热到所需温度进行化学反应,以获得新的产物,大多数的化学反应都是在反应釜内进行^[1,2],诸如制药、农药、染化、有机合成、精细化工以及各种中间体的生产等。可见反应釜是化工企业中的重要生产装备。多年来,国内外所用的反应釜,其加热方法不外乎以下两种,一种是用钢壳外壁上的夹套来加热釜内的物料,另一种是用盘管(蛇管)放到釜内加热介质。盘管一般都用铜、钢或其他金属制作,并固定在反应釜封头上,悬挂在釜内介质中。夹套或盘管管子内的热载体(加热剂)一般都是用电热棒加热的高温导热油(或用高压蒸汽)。在反应釜内反应的介质,基本上都带有一定的腐蚀性,有的甚至相当厉害,于是,反应釜内壁与盘管外壁还需要用防腐材料衬里或包敷。如搪瓷、搪玻璃、塑料,涂料,甚至高级金属或合金,如钛、锆等材料,目前,性能最好的是用聚四氟乙烯(简称 PTFE 或 F4)衬里的反应釜。因而,现有的反应釜加热情况存在着以下诸多问题:

1)用夹套加热釜内介质,热传递的过程长,热阻大,效果差,釜内介质的升温速度慢,加热时间长,生产发展受到抑制;

2)热源(加热剂)与反应釜内介质的温差大,釜内介质高温上不去(很难达到 200℃ 以上),致使许多高温强腐蚀的生产无法进行;

3)对于在化工生产中用得最普遍的搪瓷(或搪玻璃)反应釜不能用于较高温度,冷热交替,或骤冷骤热条件尤甚,否则就会爆瓷;

4)热效率(热利用率)低,一般仅为 60% 左右,热损失大,因为它只有一面加热,另一面在散热;

5)就盘管而言,除上述缺陷外,且加热面积小,还存在体积大,重量重,安装又不甚方便等等。

6)用高温导热油作热载体,挥发出的油烟相当厉害,严重污染了环境,影响了员工的身体健康。

2 新产品特点

作者认为,要解决上述问题,最根本的是要将热传递的过程缩短,也就是说,要将电热元件与被加热的介质直接接触,要达到上述要求,必需研制出一种能放在反应釜内直接加热腐蚀性介质的加热器。电热元件(电热丝或扁带)为金属材料,不能直接放在介质中通电加热,需要有一种材料包敷绝缘它。这种材料除绝缘性能与介电性能好外,还需耐高温,抗腐蚀,且加工性能也要满足要求。作者对氟塑料性能及加工技术有充分的了解,发现在已知的所有材料中,只有聚四氟乙烯塑料能满足以上要求:1)它是当今世界最耐腐蚀的材料之一,2)可在 250~260℃ 高温长期稳定使用(F4 加工温度为 380℃),3)绝缘性能与介电性能又极佳(其表面电阻高达 1 012 Ω,介电常数为 2.1(频率 6 周/s 至 3 000 兆

周/s不会漏电)^[3,4],此外,它还不粘附其他任何物质,耐老化性能又很好,是独一无二的制造加热器的理想材料,作者将加热器的电热元件(电热丝或扁带),用特殊技术将其埋放到F4薄层(3~4 mm)内部^[5-10](绝对密封,不会氧化),制造出“圆筒薄壁整体型F4加热器”与“多层立体装配型F4加热器”两种新产品,可将它放到釜内腐蚀性介质中,直接加热介质。F4在此既作为电热元件的绝缘层,又作为热载体,将电热元件放出的热传递给周围的介质(这是热传递的最短途径)。

作者查阅了大量国内外有关的专利及技术资料,均未发现有与本专利产品相似的产品结构及其加工技术^[11-18]。现将新产品的优异性能归纳于下:

1)热传递的过程最短,而且是多面加热,热损失最小,热效率(利用率)很高,达90%以上;

2)介质升温高,电热元件最高设计温度为250℃,而介质可加热到245℃,两者相差仅5℃左右(而夹套或盘管加热至少在40~50℃以上,相差甚远),使许多高温(245℃以下)强腐蚀的生产得以顺利进行;

3)介质升温快,加热时间短,使企业大幅增产超值;

4)不产生任何腐蚀产物,不粘附其他任何物质,也不会污染釜内介质,长期运转,也不增加热阻,永保良好的加热效果。

5)电热元件产生的热,直接传递给周围介质,不需要高温导热油作热载体,这就消除了高温油挥发造成的环境污染。

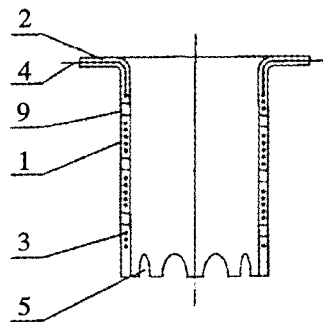
6)安装使用方便,不易损坏,使用寿命长,能达到显著的节能、环保与增产效果。

特别要提到的是,搪瓷反应釜在化工生产中使用十分普遍,因为它能耐一般介质的腐蚀,且价格又较低廉,但它的缺点是使用温度不高,否则会爆瓷。因为现有的夹套反应釜,热是由外向内传(用红外线加热的反应釜也如此),搪瓷受到的温度要比釜内介质温度高得多。本加热器是放在釜内介质中加热,热是由内向外传,釜壁上搪瓷的温度要比反应釜内介质的温度要低好几度,因而,搪瓷釜就可在高温(200℃左右)反应条件下安全操作而不会爆瓷。

3 结构型式

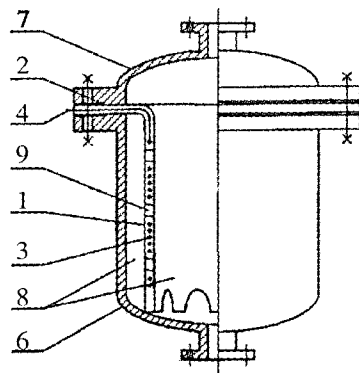
3.1 圆筒薄壁整体型F4加热器

它是将电热元件埋在整个筒体的F4薄壁内,如图1所示,筒体上端F4翻边,悬挂在反应釜筒体法兰上,如图2所示,F4翻边中的电热元件4由此引出与电源连接。筒壁上开有通透槽(或圆孔)9,便于介质流通,此结构因面积所限,F4层中不能放太多的电热元件,因而功率较小,其优点是结构简单,安装较方便。



1. F4加热器基体
2. F4加热翻边
3. 电热元件
4. 电热元件电源接头
5. 加热器底部缺口(介质流通)

图1 圆筒薄壁整体型
F4加热器示意图



1. F4加热器基体
2. F4加热翻边
3. 电热元件
4. 电热元件电源接头
6. 钢外壳
7. 反应釜上封头
8. 待加热介质
9. 通透槽(介质流通)

图2 圆筒薄壁整体型
F4加热器在反应釜中的示意图

3.2 多层立体装配型F4加热器

此结构如图3所示,它是先将电热元件(电热丝或扁带)埋放在F4层中,加工成厚约3 mm,宽约30 mm的F4电热带,然后将此带盘插在由F4各部件装配而成的框架内的每层F4连接链5上,成为“多层立体装配型F4加热器”。每层为一个电热单元,层数越多,功率越大。其功率可大到200 kW以

上,加热快,升温高,此加热器在釜内的固定方法是摆放在反应釜下底上的支撑架9上。

每层的电热带由上顶板6与釜壁之间的间隙穿出,直至反应釜筒体上法兰面引出与电源连接。

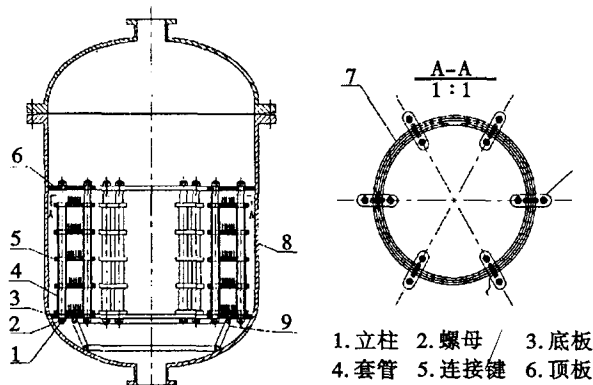


图3 多层立体装配型 F4 加热器在反应釜中的示意图

1.立柱 2.螺母 / 3.底板
4.套管 5.连接键 6.顶板
7.F4电热带 8.钢外壳
9.支撑架

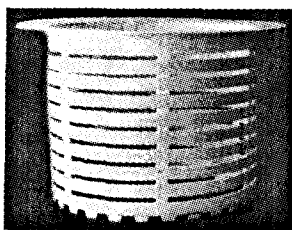
每台加热器都带有一台电控装置(配电柜)自动控制电热带的温度与釜内介质的温度,并能随时观察到釜内介质的升、降温情况,以及安全使用控制系统,使用起来十分方便,且安全可靠。

一台加热器使用多年后,如发现某条 F4 电热带内的电热元件断了,可换上一条新的,操作很方便,这样整台的加热器使用寿命会大大延长。

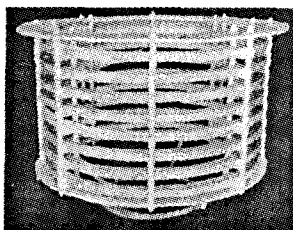
如釜内介质加热反应后,需要冷却,可在钢壳外做上夹套,冷却时,可通冷却水。

本加热器已获中国专利(专利号:ZL2007 20114988. x),并已申请美国专利(申请号:UP 12 042 331)与欧洲专利(申请号:EP 08 164 659. 8)。

3.3 产品实物照片



圆筒薄壁整体型F4加热器



多层立体装配型F4加热器

4 性能测试

4.1 釜内介质最高加热温度测试

1) 试验条件

(1) 试验装置: $\phi 300$ (mm) F4 衬里反应釜,釜内介质为高温导热油,内挂 $\phi 250$ (mm) $\times 300$ 的圆筒

薄壁整体型 F4 加热器(如图2所示),电功率为 4 kW (电流 18 A,电压 220 V);

(2) 试验目的:观察 F4 层中电热元件与釜内被加热的介质升温情况及最小温差;

(3) 釜内介质:20 L 320 $^{\circ}\text{C}$ 高温导热油(内有搅拌)。

2) 试验纪录

表 1

加热时间 /min	电热元件最高设计温度/ $^{\circ}\text{C}$	电热元件实测温度/ $^{\circ}\text{C}$	介质(油)升温/ $^{\circ}\text{C}$	两者温差/ $^{\circ}\text{C}$
0	250	11	10	1
10	250	168	60	108
20	250	203	114	89
30	250	241	161	80
40	250	250 \pm 2	195	55
50	250	250 \pm 2	214	36
60	250	250 \pm 2	226	24
70	250	250 \pm 2	233	17
80	250	250 \pm 2	237	13
90	250	250 \pm 2	240	10
100	250	250 \pm 2	443	7
110	250	250 \pm 2	245	5
120	250	250 \pm 2	245	5

3) 结果讨论

从上表看出,电热元件最高设计温度为 250 $^{\circ}\text{C}$,通电 40 min 后,电热元件实测从 11 $^{\circ}\text{C}$ 迅速上升到 250 $^{\circ}\text{C}$,以后在 250 \pm 2 $^{\circ}\text{C}$ 自动调节,釜内介质从 10 $^{\circ}\text{C}$ 迅速上升至 195 $^{\circ}\text{C}$,然后缓慢上升,两者温差越来越小,到 110 min 时,升至 245 $^{\circ}\text{C}$,不再上升,两者相差仅 5 $^{\circ}\text{C}$,由此可见,用此加热器放在介质中直接加热介质,可将介质加热到 245 $^{\circ}\text{C}$,与电热元件 250 $^{\circ}\text{C}$ 相比,仅差 5 $^{\circ}\text{C}$,如此高效,无其他任何加热方法可比。能很好地解决了原有夹套反应釜升温不高的难题,使多年来一直无法解决的高温、强腐蚀的高效新工艺项目因此而顺利上马。

4.2 热效率试验

1) 试验条件

(1) 试验装置

1 000 L 钢衬 F4 反应釜,内用外包 F4 的搅拌桨搅拌。釜内介质为自来水,用“多层立体装配型 F4 电加热器”加热升温,加热器在釜内放置如图 3 所示,电功率为 53 kW,用电度表计算用电量;

(2) 试验目的:观察该结构 F4 加热器的热效率;

(3)釜内介质:1177.5 L的自来水。

2) 试验纪录

表2

通电升温 时间/min	电能输入 量(电表 数字)/kWh	F4 加热器 (电热带)温度		水温 /℃	不同温 度热效 率/℃
		最高设计 /℃	实测 /℃		
0	815.0	250	17	11	-
10	823.3	250	63	17	99.0
20	831.5	250	69	23	99.8
30	839.7	250	74	29	99.8
40	846.6	250	81	34	99.7
50	854.8	250	85	40	99.8
60	862.5	250	91	45	98.0
70	870.7	250	96	51	98.3
80	878.5	250	102	56	97.0
90	886.8	250	107	62	97.0
100	895.1	250	114	67	95.7
110	902.6	250	117	72	95.3
120	910.6	250	122	78	96.0
130	918.3	250	127	83	95.4
140	926.6	250	132	88	94.5
150	934.3	250	137	93	94.1
160	941.1	250	141	97	93.4
163	943.4	250	143	99	93.8

3) 结果讨论

本试验总共通电加热 163 min(2.72 h),电能输入 943.4 - 815.0 = 128.4 kWh(度)。F4 加热器(电热带)最高设计温度为 250 ℃,实测温度从 17 ℃升到 143 ℃(不再上升),水温从 11 ℃升到 99 ℃不再上升,共升温 99 - 11 = 88 ℃,现将水温升到 99 ℃时,热效率计算如下:

(1) 水升温吸热为 $88 \times 1177.5 (L) = 103620$ (kCal)

(2) 电能输入量为 $943.4 (度) - 815.0 (度) = 128.4$ kWh(度),根据焦尔楞次定律($Q = 0.24I^2RT$ (卡)),每度电(1kWh)可产生 860 kCal 热量, $128.4 \times 860 = 110424$ kCal,热效率 = $103620 \div 110424 = 93.8\%$,由上述公式同样计算出各不同温度段的热效率(从 11 ℃开始至其他各温度如 40 ℃为 99.8%,67 ℃为 95.3%等),计算结果列于表 2,从上表中数据看到,随着水温上升,水的蒸发及反应釜釜体的吸热、散热越来越大,到 99 ℃时,还有 93.8%。从 11 ℃到 99 ℃平均热效率为 96.9%,这与夹套加热相比,

热效率提高了 30% 以上,具有明显的节能效果。

5 结束语

1) 高效、节能、环保型聚四氟乙烯加热器的研发与制造成功,填补了国际空白,是反应釜加热方式的一大创新,它将改变原有反应釜加热速度慢,高温上不去,热效率低等缺陷。

2) 新产品是由全 F4 材料制作,是放在釜内直接加热任何强腐蚀性化学介质,不粘附其他任何物质,也不会污染釜内反应物,且永保其加热效果。

3) 本加热器最高设计温度为 250 ℃,而可将釜内介质加热到 245 ℃高温,两者相差仅 5 ℃,如此高效,无其他任何加热方法可比,能满足化工生产中的各种高温反应。

4) 热效率可达到 90% 以上,与夹套加热相比,其热效率提高了 30% 以上,节能效果显著。

5) 本产品不需高温导热油作热载体,无高温油烟挥发排放,符合环保要求。

参考文献

- 1 国家医药管理局上海医药设计院编. 化工工艺设计手册. 化学工业出版社,1986,10:265 ~ 267.
- 2 时钧等主编. 化学工程手册第二版下卷. 化学工业出版社,1996:25 - 117 - 119.
- 3 上海塑料研究所. 氟塑料加工,1987,10:20 ~ 21.
- 4 钱知勉. 塑料性能应用手册. 上海科学技术文献出版社,1982,7:270 ~ 271.
- 5 赵永镐. 金属网聚四氟乙烯衬里防腐装备制造工艺及应用性能[J]. 沈阳化工,1989,1:23 ~ 27.
- 6 Zhao Yonggao. Anticorrosive product lined with polytetrafluoroethylene method for making the same, US 4 974 303, 1990 - 12 - 04.
- 7 赵永镐. 一种聚四氟乙烯防腐制品及制造方法. 中国发明专利,专利号 88103518.1,1991.8.28.
- 8 赵永镐. 一种耐负压防腐容器. 中国发明专利,专利号 ZL 90109804.3,1998.4.2.
- 9 赵永镐. 耐高负压、高温聚四氟乙烯防腐制品及制法. 中国发明专利,专利号 ZL 92101053.2,1997.7.4.
- 10 赵永镐. 一种氟塑料制品的制作方法. 中国发明专利,专利号 ZL 200610023720.5,2008.11.26.
- 11 兵器工业部第二〇七研究所. 金属聚四氟乙烯管状加热装置及其制造方法. 中国实用新型专利,CN 85 103 426, 1985 - 10 - 10.

- 12 李根实. 螺旋管型聚四氟乙烯加热器. 中国实用新型专利 CN 2 236 104, 1996-09-25.
- 13 张朝辉. 聚四氟乙烯电加热管. 中国实用新型专利, CN 2 309 602, 1999-01-03.
- 14 候毅. 聚四氟乙烯电热材料的制备方法[P]. CN 1515620, 2004-07-28.
- 15 候毅. 耐折损聚四氟乙烯电热膜及其制备方法[P]. CN 1 606 384, 2005-04-13.
- 16 Charhes henry butz. Laminated Htating Unit[P]. US 3 277 419, 1996-10-04.
- 17 Manov, Viadimir, Adar, Ellezer. Amorphous metallic alloy electrical heater system[P]. EP 0 808 078A, 1997-11-19.
- 18 Beauferey, Elément chauffant souple et son procédé de fabrication Office europcen des brevets. EP 0 295 351A1, 1988-12-21.

PTFE Heater With High Efficiency、Energy Conservation and Environmental Protcteton(Exclusive use for reaction still)

Zhao Yonggao, Zhao Wei, Chen Guolong
(Wen Zhou Zhaoflon Co., Ltd, Wenzhou 325016)

Abstract: The reaction stills used in chemical industry, both for vast domestic and overseas companies, all made use of jacket over the steel shell to heat the medium in the heater still over the years. Because of the long process of the temperature conduct and big thermal resistance, the speed of the heating process of the medium is quite slow and the time is very long. High temperature can hardly be reached, and the thermal efficiency is rather low. It became the shackle to the rapid progress of production. In order to solve these problems, the author invented a kind of PTFE heater with high efficiency and energy conservation which can be put into the heating medium in the still. The problems are solved quite well, achieving the effect of energy conservation, environmental protection and production increase.

Keywords: reaction stills; heating; high efficiency; energy conservation; environmental protection

(上接第7页)

2.4 应用

根据总离子流图定性出的原料和产品的保留时间。样品的典型色谱图见图2所示。

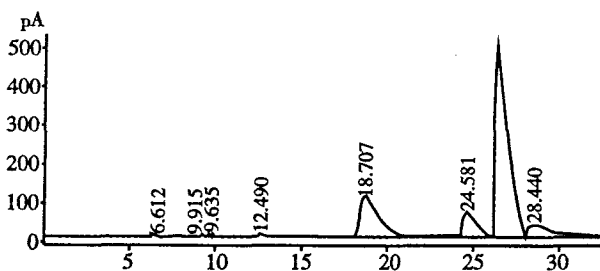


图2 样品的典型色谱图

3 结论

利用 GC-MS 对样品中的一些组分定性, 采用 CP-PoraPLOT Q 毛细管柱建立了六氟环氧丙烷和

六氟丙酮过程的气相色谱分析法。该方法数据稳定性和重现性较好。方法操作简便、准确可靠, 能满足一般工业分析的要求, 也可以作为 HFPO 和 HFA 产品纯度的测试方法。

参考文献

- 1 王汉利. 六氟环氧丙烷的制备与应用[J]. 有机氟工业, 2006.
- 2 杜肖宾. 减除剂在六氟环氧丙烷分析中的应用[J]. 浙江化工, 2002.
- 3 夏莲妹. 六氟丙烯和六氟环氧丙烷混合气体的气相色谱分析[J]. 含氟材料, 1989.
- 4 胡金宝. 含氧氟碳化合物的色谱分析[J]. 有机氟工业, 1991.
- 5 朱明华. 仪器分析[M]. 北京: 高等教育出版社, 1998.
- 6 汪正范. 色谱定性定量[M]. 北京: 化学工业出版社, 2000.