

超重力技术在合成氨脱碳吸收剂再生工艺中的应用研究

曾群英, 赵光辉, 白玉洁, 杜海, 杨春基, 关伟宏

(中国石油石油化工研究院大庆化工研究中心, 黑龙江 大庆 163714)

摘要: 在超重力反应器内进行了脱碳吸收剂再生实验, 吸收剂富液中的 KHCO_3 在蒸汽作用下, 分解生成 K_2CO_3 并释放出 CO_2 。实验考察了再生温度、转子转速、吸收剂富液流量、蒸汽流量对再生效果的影响。实验结果表明: 随着温度的升高、转子转速以及蒸汽流量增强, 溶液中 KHCO_3 含量先降低后变得平缓; 随着吸收剂富液流量的增加, 溶液中 KHCO_3 含量随之升高。

关键词: 超重力反应器; 脱碳; 吸收剂; 再生

中图分类号: TQ113.2

文献标识码: A

文章编号: 0253-4320(2009)10-0070-03

Application research on regeneration process of decarbonization absorbefacient with high gravity technology

ZENG Qun-ying, ZHAO Guang-hui, BAI Yu-jie, DU Hai, YANG Chun-ji, GUAN Wei-hong

(Daqing Chemical research Center, CNPC, Daqing 163714, China)

Abstract: The regeneration experiment of decarbonization absorbefacient is conducted in high gravity reactor, KHCO_3 in the absorbefacient rich solution decomposes to K_2CO_3 and releases CO_2 under the action of steam. The influence of regeneration temperature, rotor speed, liquid flux of absorbefacient rich solution and steam flux on the effect of regeneration performance is investigated. The results show that the content of KHCO_3 in the solution reduces first and then turns flattened gently with the increasing of reaction temperature, rotor speed and steam flux, and it increases with the increasing of liquid flux of absorbefacient rich solution.

Key words: high gravity reactor; decarbonization; absorbefacient; regeneration

超重力技术是一种突破性的过程强化新技术, 目前已在化工、环保、超细粉体制备以及气液固三相分离等工业过程中应用^[1]。它的主要特点在于气液两相在反应器内逆向接触, 并在强大的离心力作用下, 相间与相内强烈混合与分散, 过程得到极大强化, 因而在工业上有着广阔的发展前景^[2]。

合成氨脱碳^[3]反应中的吸收剂苯菲尔溶液在吸收反应发生一段时间之后, 苯菲尔富液中 KHCO_3 质量分数高达 24.5%。本文中以脱碳反应中吸收剂苯菲尔富液为原料, 以工业蒸汽为热源, 采用超重力反应器进行脱碳吸收剂的再生实验研究, 分别考察了再生温度、吸收剂流量、蒸汽流量、转子转速对再生效果的影响。

1 再生过程基本原理

KHCO_3 再生反应过程总的反应式见式(1)。



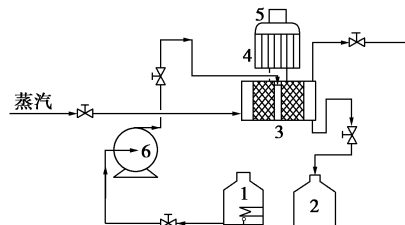
吸收剂富液中的 KHCO_3 在蒸汽作用下, 分解生成 K_2CO_3 并释放出 CO_2 , 其实质反应历程为: 第 1 步

KHCO_3 分解反应; 第 2 步是溶液中的 CO_2 扩散到溶液表面; 第 3 步 CO_2 脱离液体, 主要取决于 CO_2 在两相中的浓度; 第 4 步通入蒸汽降低 CO_2 在气相中的浓度, 有利于 CO_2 脱离液体, 液体表面的分散也有利于 CO_2 脱离液体扩散到气体中。

2 实验部分

2.1 实验装置

再生实验装置主要由蒸汽供热系统、温控系统和反应系统组成, 流程示意图如图 1 所示。



1—原料液罐; 2—废液罐; 3—超重力反应器; 4—电机; 5—变频调速器; 6—计量泵

图 1 脱碳吸收剂再生实验装置示意图

将吸收剂富液送入原料液罐,打开蒸汽阀门,调整蒸汽量分别将原料液和反应系统加热至相应的温度,通过变频调速器调整超重力反应器的转数,启动超重力反应器,待超重力反应器稳定后,打开反应器液体入口阀门,通过液体流量计向反应器送入液体,反应一段时间后采样分析。

2.2 实验方法

将吸收剂富液通过泵送入原料液罐;打开蒸汽阀门,调整蒸汽量给原料液和反应系统加热至相应的温度;打开循环冷却水,通过变频调速器调整超重力反应器的转数,启动超重力反应器;待超重力反应器稳定后,通过液体流量计向反应器送入液体。

2.3 分析方法

吸收液中 HCO_3^- 含量的测定采用 Q/SY DH0126.02—2001,解吸气中 CO_2 体积分数采用气相色谱 HP6890 按面积归一法分析。

3 实验结果与讨论

3.1 再生温度对再生效果的影响

实验温度范围为 $100 \sim 135^\circ\text{C}$, 转子转速 $1\ 100\ \text{r/min}$, 蒸汽压力 $0.3 \sim 0.5\ \text{MPa}$, 蒸汽消耗量 $2\ \text{kg/h}$, 吸收剂富液量 $100\ \text{kg/h}$, 压力 $0.3\ \text{MPa}$ 的条件下, 考察了温度对再生效果的影响, 结果如图 2 所示。

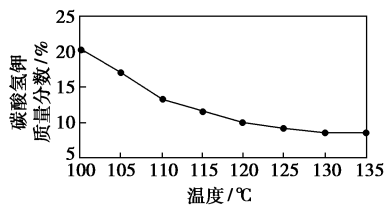


图 2 温度对再生效果的影响

从图 2 中可以看出,随着温度的升高,溶液中 KHCO_3 浓度逐渐下降,也就是说 KHCO_3 的分解率提高;当反应温度达到 120°C 之后,曲线趋于平稳,吸收剂 KHCO_3 质量分数降低到 10% 以下,已低于工厂塔式再生贫液 KHCO_3 含量(工厂塔式再生贫液 KHCO_3 质量分数 $11\% \sim 12\%$),从节能降耗角度考

(上接第 69 页)

单位能耗,在低温精馏中使用规整填料技术需要更细致的设计,空分装置的大型化需要更高效的填料和配套的塔内件。

参考文献

[1] 冷兵.我国空分设备产业发展形势研究[J].商场现代化,2009

虑,适宜的反应温度为 120°C 。

3.2 转子转速对再生效果的影响

在温度 120°C , 蒸汽压力 $0.3 \sim 0.5\ \text{MPa}$, 蒸汽消耗量 $2\ \text{kg/h}$, 吸收剂富液量 $100\ \text{kg/h}$, 压力 $0.3\ \text{MPa}$ 的条件下, 考察了转子转速对再生效果的影响, 结果如图 3 所示。

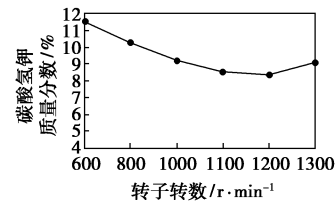


图 3 转子转速对再生效果的影响

从图 3 中可以看出,在较低转速时,吸收剂中 KHCO_3 的浓度,随转速的增加逐渐降低,但当转子转速高于 $1\ 200\ \text{r/min}$ 时,溶液中 KHCO_3 浓度开始增加。分析其原因,转子的转数越高,可以把液体切割成的液膜、液丝和液滴的尺寸变得更小,热量吸收效果会更好一些,利于分解反应的进行;但由于转速的高低会影响物料在反应器内的停留时间,当转速超过 $1\ 200\ \text{r/min}$ 时,会造成部分 KHCO_3 没有来得及分解就被转子甩出填料层,致使 KHCO_3 分解效率降低。比较适宜的转子转速为 $1\ 200\ \text{r/min}$ 。

3.3 吸收剂富液流量对再生效果的影响

在实验温度 120°C , 转子转速 $1\ 100\ \text{r/min}$, 蒸汽消耗 $2\ \text{kg/h}$, 蒸汽压力 $0.3 \sim 0.5\ \text{MPa}$, 压力 $0.3\ \text{MPa}$ 的条件下, 考察了吸收剂富液流量对再生效果的影响, 结果如图 4 所示。

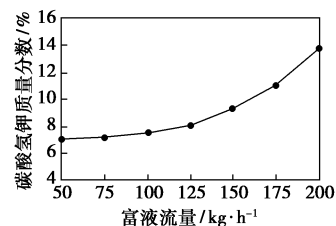


图 4 吸收剂富液流量对再生效果的影响

(1):250-251.

[2] 俞旭峰.空气分离过程的模拟及优化[D].天津:天津大学,1996.

[3] 范美强.铝水反应制氢技术[J].电源技术,2007,131(7):356-359.

[4] Fractionation Research Inc. Tray Design Handbook[M].北京:中国石化出版社,2005.

[5] 菲利克斯·摩舍,奥尔文·凯斯勒,孙德盛.改进规整填料几何形状提高分馏塔负荷容量[J].深冷技术,2000(2):11-12. ■

从图 4 可以看出,随着吸收剂富液流量的增加,溶液中 KHCO_3 的浓度逐渐增大,这主要是因为富液流量增加加大了反应器的再生负荷,提供给分解反应的热量减少,致使 KHCO_3 分解效率降低。对于解吸后的吸收剂贫液,根据使用情况不同,往往对其有不同的要求。例如在工厂吸收塔顶部,要求 CO_2 体积分数低于 0.1%,这时控制步骤要求在平衡方面有足够的推动力,因此需要用转化率较低的贫液来吸收。一般要求 KHCO_3 质量分数在 12% 以下。在吸收塔下半部, CO_2 含量较高,采用再生不怎么彻底的半贫液就可以保证足够的推动力,这时吸收 CO_2 数量很大,控制步骤在反应速度。一般要求半贫液中 KHCO_3 质量分数在 17% ~ 18%。因此液体的具体流量与蒸汽流量及再生贫液要求有关。

3.4 蒸汽流量对再生效果的影响

在温度 120℃,转子转速 1 100 r/min,富液流量 100 kg/h,压力 0.3 MPa,蒸汽压力 0.3 ~ 0.5 MPa 的条件下,考察了蒸汽流量对再生效果的影响,结果如图 5 所示。

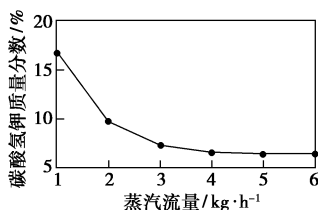


图 5 蒸汽流量对再生实验效果的影响

从图 5 可以看出,随着蒸汽流量的增加,溶液中 KHCO_3 的浓度逐渐减小,因为是蒸汽用量的增加,提供给分解反应的热量加大,致使 KHCO_3 分解效率提高。蒸汽流量与吸收剂富液流量及再生贫液要求有关。

3.5 不同气液比的考察

采用上述优化的再生工艺条件,在再生温度 120℃,转子转速 1 200 r/min 的条件下,考察了不同

气液比,对再生效果的影响,结果见表 1。

表 1 不同气液比再生实验结果

富液中 KHCO_3 质量分数 / %	蒸汽流量 / $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$	富液流量 / $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$	蒸汽/富液 质量比	贫液中 KHCO_3 质量分数 / %
24.5	2	50	1:25	7.25
24.5	2	100	1:50	9.68
24.5	2	150	1:75	11.82
24.5	2	200	1:100	12.87
24.5	2	300	1:150	17.85

从表 1 可以看出,随着气液质量比的逐渐减小,再生贫液中 KHCO_3 浓度逐渐升高,也就是说,吸收剂富液再生越来越不彻底。

4 结论

(1) 在反应过程中,随着温度的升高,溶液中 KHCO_3 浓度逐渐下降,也就是说 KHCO_3 的分解率提高;当反应温度达到 120℃ 之后,曲线趋于平稳。

(2) 在较低转速时,吸收剂中 KHCO_3 的浓度,随转速的增加逐渐降低,但当转子转速高于 1 200 r/min 时,溶液中 KHCO_3 浓度开始增加。因此比较适宜的转子转速为 1 200 r/min。

(3) 在温度 120℃,压力 0.3 MPa,转子转速 1 200 r/min,气液质量比 1:75 的条件下,吸收剂中 KHCO_3 质量分数可由 24.5% 降至 12% 以下,符合贫液要求,吸收剂再生效果与塔吸收贫液水平相当。

参考文献

- [1] 宋云华,陈建铭,付纪文,等. 旋转填充床除尘技术的研究[J]. 化工进展, 2003, 22(5): 499 - 502.
- [2] 许明,张健文,沈志刚,等. 超重力旋转床中气液两相流动与传热过程的数值模拟[J]. 北京化工大学学报, 2004, 31(5): 30 - 31.
- [3] 姜圣阶. 合成氨原料气的净化[M]. 北京: 石油化学工业出版社, 1976: 210 - 316. ■

《现代化工》“海外纵横”栏目征稿启事

《现代化工》“海外纵横”主要介绍国外某一国家或地区热点科研领域的开发应用状况、开发方向,或某一行业的发展现状、发展方向和问题探讨,以及有突出表现的国外公司的科研动态和研发经验等。

有意投稿的作者,请与“海外纵横”栏目编辑童志勇联系,以确定合适的主题和格式。联系电话: 010 - 64444105 - 839, e-mail: tongzy@cheminfo.gov.cn。(本刊编辑部)