

以膨润土为载体的碳酸盐吸收剂对二氧化碳的吸收^{*}

张羽 王英滨^{**}

(中国地质大学(北京)材料科学与工程学院, 北京, 100083)

摘要 采用膨润土为载体, KHCO_3 为前驱物通过喷雾-干燥法制成固体碳酸钾吸收剂, 制成的固体吸收剂粒径大小为 0.5—2.0 mm, 密度为 $1.73 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$. 通过 K_2CO_3 负载量、吸收温度、吸收时间、床层纵横比等因素考察固体吸收剂对 CO_2 气体的吸收效率及循环反应特性. 分析碳酸钾吸收剂对 CO_2 的吸收机理, 并与以碳酸氢钠为前驱物制备的吸收剂进行对比, 比较两种吸收剂对 CO_2 吸收效果的差异性. 通过 XRD 测试吸收剂吸收反应前后组成的变化, BET 多点法测试吸收剂比表面积, 扫描电镜观察吸收剂表面形态特征. 结果表明, 碳酸钾吸收剂和碳酸钠吸收剂对 CO_2 气体均具有较高的吸收量, 相比而言碳酸钾吸收剂的碳酸化反应速率较快, 而且经过多次循环反应后吸收效果未发生衰减, 在 $60\text{ }^\circ\text{C}$ — $80\text{ }^\circ\text{C}$ 范围内, 碳酸钾吸收剂对 CO_2 的吸收能力最佳.

关键词 吸收剂, 碳酸钾, 膨润土, CO_2 , 吸收量.

当前, 全球气候变暖已经成为各个国家普遍关注的问题, 控制以 CO_2 为主的温室气体的排放是减缓全球变暖速度的必然选择, 对以化石燃料为主要能源的发电厂排放烟气中的 CO_2 进行分离捕集是一种有效途径. CO_2 分离技术主要分为吸收分离法、吸附分离法、膜分离法、低温分离法和 O_2/CO_2 循环燃烧法^[1]. 固体吸收剂干法脱除 CO_2 技术是将碱金属的碳酸盐负载于多孔载体上制成固体吸收剂, 用于 CO_2 气体的吸收, 这种方法避免了吸收分离法溶液对设备的腐蚀, 具有低能耗, 无二次污染, 反应条件对温度要求低, 可循环利用率高等优点, 具有良好的发展前景.

Lee S C 等^[2]针对负载型钾基固体吸收剂脱碳技术进行了相关研究, 对钾基吸收剂的热力学分析证明了碱金属的碳酸盐适用于处理低于 $200\text{ }^\circ\text{C}$ 的废气, 对 CO_2 的有效吸收温度在 $50\text{ }^\circ\text{C}$ — $100\text{ }^\circ\text{C}$ 范围内, 再生反应温度范围在 $120\text{ }^\circ\text{C}$ — $200\text{ }^\circ\text{C}$. 赵传文等^[3]将 K_2CO_3 和 Na_2CO_3 负载于 TiO_2 、 Al_2O_3 、活性炭等载体上在低温下研究其对 CO_2 的吸收再生特性和耐磨性能. Liang Y 等^[4]采用热重分析法对钠基吸收剂在固定床反应器上的碳酸化反应性能进行了一些研究, 经过 5 次循环吸收反应, 钠基负载型吸收剂对 CO_2 的最大去除率达到 90% 以上. 目前普遍存在的问题是碱金属吸收剂的碳酸化反应速率较低, 负载型吸收剂的反应活性都随着循环次数的增加有不同程度的下降^[5]. 关于吸收剂载体, 采用 CaO 、 TiO_2 、 MgO 、 Al_2O_3 、 NaX 、 SiO_2 、AC(活性炭)和 CsNaX 等已有报道, 其中吸收效率高、循环效果好的有以 TiO_2 、 MgO 、 Al_2O_3 、AC 为载体的 K_2CO_3 吸收剂^[6], 但以膨润土为载体的碳酸盐吸收剂对 CO_2 的吸收研究未见报道.

膨润土是一种以蒙脱石为主要成分的粘土矿^[7], 其具有高比表面积、高孔隙率、高吸水性等优良性能, 而且化学性质稳定、廉价易得, 所以采用膨润土作为吸收剂的载体材料. 其优良的吸水性能, 吸水后体积膨胀倍数高, 扩大吸收反应的气固接触面积, 有利于通过吸收反应脱除二氧化碳.

本文通过浸渍焙烧的方法将碱金属的碳酸盐负载在膨润土颗粒上制备出一种固体 CO_2 吸收剂, 并考察原料质量配比、吸收温度、吸收时间等因素对 CO_2 吸收量的影响, 为固体吸收剂干法脱碳技术的应用提供了一定数据, 也证明了采用膨润土作载体的碱金属吸收剂具有一定的应用价值.

1 实验部分

1.1 吸收材料的制备

原料的预处理: 将膨润土磨碎, 过 10 目标准筛(筛孔尺寸: 2.00 mm); 取 20 g KHCO_3 , 在 $50\text{ }^\circ\text{C}$ 配制

2011 年 4 月 11 日收稿.

^{*} “十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD10B04)资助.

^{**} 通讯联系人, Tel: 010-82320150; E-mail: ybwang@cugb.edu.cn

成 40 mL 水溶液,用喷雾器均匀喷洒在细颗粒膨润土上,用电动搅拌器在 $200\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 的转速下连续搅拌 10 h,50 ℃ 烘干,然后 300 ℃ 煅烧 5 h,制得的吸收剂呈现均匀的颗粒态^[8].

实验中的吸收反应在自制的固定床反应装置上进行,吸收反应之前用喷雾器向吸收剂表面喷略大于反应所需量的蒸馏水,进行增湿活化,再放入固定床装置内进行吸收反应.反应结束后,200 ℃ 干燥 5 h,吸收剂再生.通过质量流量计测定吸收的二氧化碳气体体积,进而得出吸收剂吸收二氧化碳气体的质量.

1.2 实验装置及吸收量测定方法

吸收装置如图 1 所示.吸收剂对 CO₂ 吸收量的测量是用玻璃转子流量计控制一定气流速度,并用质量流量计监测通过气体的总流量,计算得到吸收时间内吸收 CO₂ 的体积,通过换算得到吸收量.

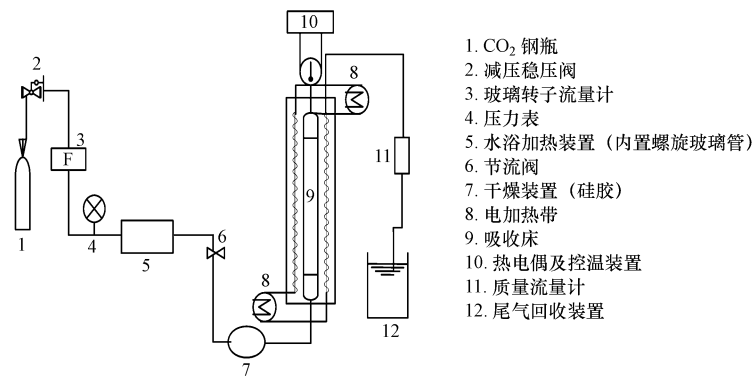


图 1 碳酸化反应装置示意图
Fig.1 Schematic diagram of experimental apparatus for carbonation

1.3 吸收反应机理

固体碳酸钾吸收剂对 CO₂ 的吸收-解吸过程是非催化气固反应,主要吸收机理是 K₂CO₃ 与 CO₂ 和水发生化学反应生成 KHCO₃,解吸过程是生成的 KHCO₃ 经过加热分解释放 CO₂,从而达到分离高纯度 CO₂ 的目的.由于膨润土属于多孔性无机材料,因此在反应过程中存在一定的物理吸附.

吸收过程:固体 K₂CO₃ 先水合后碳酸化,反应方程式如下:



解吸过程:K₂CO₃ 与 CO₂ 的反应是可逆的,改变反应温度可以实现 KHCO₃ 的分解,吸收剂再生,反应方程式如下:



2 结果与讨论

2.1 测试与表征

使用日本理学 D/max-rA 12 kW 转靶粉末 X 射线衍射仪进行物相分析.实验条件为:管电压 40 kV,管电流 100 mA,CuKα 射线,λ = 1.5406 Å,扫描角度是 3°—70°,扫描速度 4°·min⁻¹,发散狭缝 DS 是 1°,防散射狭缝 SS 是 1°,接受狭缝 RS 是 0.3 mm.

将 K₂CO₃ 负载在膨润土上制成固体碳酸钾吸收剂,从图 2 的 I 不仅可以观察到膨润土主要成分如 SiO₂、Al₂O₃ 等的衍射峰外,还出现了大量 K₂CO₃ 的衍射峰,从 II 部分观察到主要出现大量 KHCO₃ 衍射峰^[9].

用纯的 K₂CO₃ 与 CO₂ 和 H₂O 进行反应,在吸收剂表面会发生碳酸化反应形成 KHCO₃ 产物层,阻碍了内部吸收反应的进行.固体碳酸钾吸收剂内部的孔隙结构的初始特征也会影响到碳酸化反应的速率和对 CO₂ 的吸收效果.吸收剂对 CO₂ 捕获能力主要取决于支撑物基质的性质和孔道中活性成分的分布,因此需要加入一定材料的载体作为分散剂,将 K₂CO₃ 颗粒分散开来,形成一定的孔隙,有利于 CO₂ 扩散到吸收剂内部,与内部的 K₂CO₃ 进行反应,从而使其碳酸化反应更加完全彻底地进行.

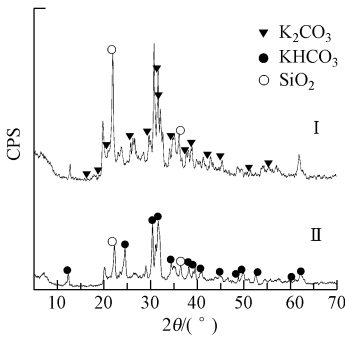


图 2 吸收反应前(I)后(II)K₂CO₃ 吸收剂粉晶 X 射线衍射图

Fig.2 XRD patterns of the potassium-based sorbents before and after absorption

吸收剂的比表面积和粒度由使用 3H-2000 BET-A 型全自动氮吸附比表面测试仪(贝士德仪器公司生产)分析吸收剂的比表面积和粒度. 碳酸钾吸收剂的比表面积为 3.09 m²·g⁻¹, 平均每种碳酸钾吸收剂含有 K₂CO₃ 质量分数为 40%—50%, 碳酸钠吸收剂含 Na₂CO₃ 质量分数为 45%—55%, 碳酸钾吸收剂的体积密度为 1.73 g·mL⁻¹, 粒径分布为 0.4—2.0 mm. 膨润土的化学分析结果见表 1.

表 1 膨润土样品化学分析结果(%)

Table 1 Chemical analysis of bentonites(%)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO	H ₂ O ⁻	烧失量
70.73	11.28	2.05	0.23	2.01	1.78	0.65	0.28	0.1	0.022	6.53	10.97

为考察碳酸钾吸收剂结构对吸收效果的影响, 采用 S-4800 冷场发射扫描电子显微镜(日本 HITACH 公司)观察碳酸钾负载型吸收剂表面形态, 图 3 为负载前后膨润土的扫描电镜照片, 未负载前的膨润土呈现松散的片层和海绵状集合体, 如图 3(a)(b)所示. 在负载 K₂CO₃之后, 吸收剂表面结合更加紧密, 图 3(c)(d)可以观察到, 负载 K₂CO₃的膨润土表面呈现规则的孔道结构, 并且可以看到 K₂CO₃颗粒已经结合于膨润土孔道内部.

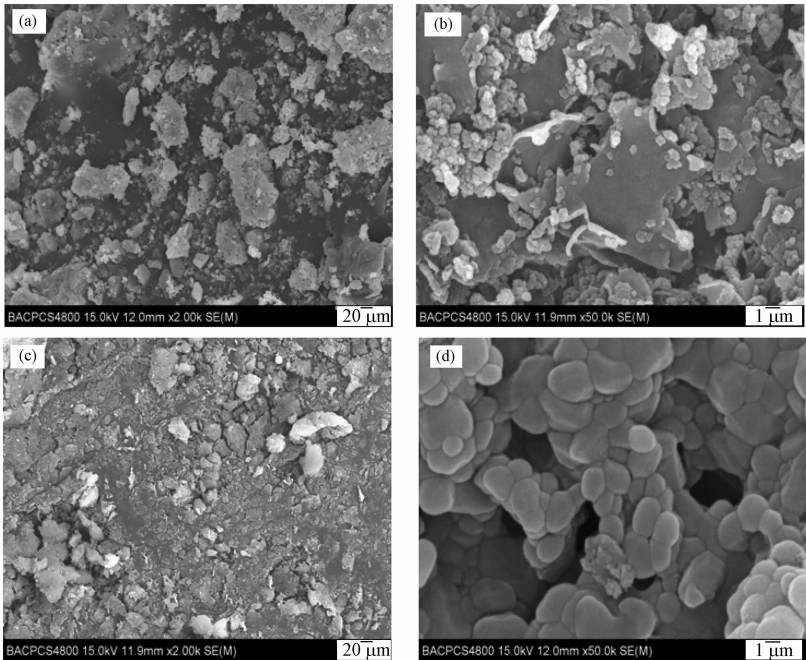


图 3 负载 K₂CO₃前后膨润土扫描电镜照片

(a) 未负载 K₂CO₃的膨润土(×20000); (b) 未负载 K₂CO₃的膨润土(×50000);
(c) 负载 K₂CO₃的吸收剂(×20000); (d) 负载 K₂CO₃的吸收剂(×50000)

Fig.3 SEM of bentonite before and after K₂CO₃ loading

2.2 K₂CO₃负载量对吸收效率的影响

称取 20 g KHCO₃, 与不同质量的膨润土制成 4 份碳酸钾吸收剂, 制得的吸收剂中 K₂CO₃ 负载量分别为 51.1%、43.8%、36.3%、38.8%, 考察不同 K₂CO₃ 负载量对吸收剂吸收效率的影响. 在 20 ℃, 标准大气压下, 控制 CO₂ 流速为 100 L·h⁻¹, 吸收时间为 20 min, 分别考察 4 种不同 K₂CO₃ 负载量吸收剂的吸收量、吸收量与吸收再生次数的关系, 结果分别如图 4 和图 5 所示.

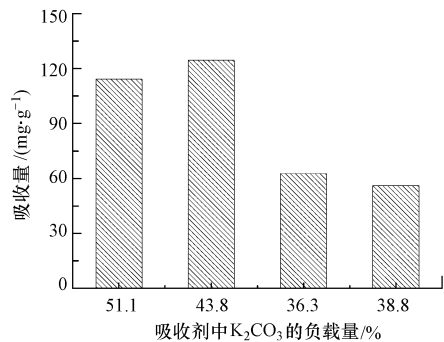


图 4 K₂CO₃ 负载量对吸收量的影响

Fig. 4 Effect of K₂CO₃ loading on absorbent capacity

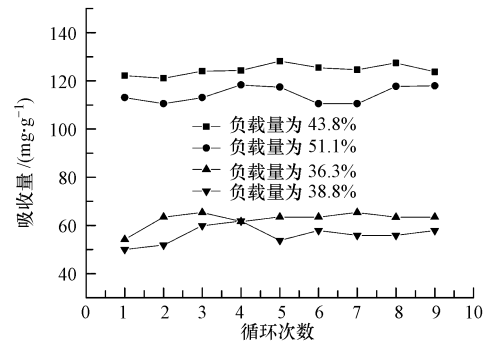


图 5 循环次数对吸收量的影响

Fig. 5 Effect of cycle numbers on absorbent capacity

由图 4 和图 5 可以看出, K₂CO₃ 负载量为 43.8% 和 51.1% 时吸收剂对 CO₂ 的吸收效果明显优于其它两种情况. 在这种负载量下, 碳酸钾与膨润土结合比较紧密, 有利于吸收反应进行. 图 5 中曲线呈现出了不规则的波动, 经过第三到第四次吸收再生后吸收量较首次吸收有所提高, 这一现象应与吸收剂表面结构有关, 经过几次反复煅烧后, 吸收剂表面的孔结构和孔容发生了一定程度的改变, 膨润土的孔道结构更加疏松, 导致碳酸盐与膨润土之间结合更加紧密, 更有利于碳酸化反应的进行. 气固反应速度与两相接触面大小有关, 所以固相比表面积增大, 有利于 CO₂ 气体与碳酸钾的充分接触, 碳酸化反应速率增大, 从而提高了吸收效率.

作为载体的膨润土含量较少时, 制成的碳酸钾吸收剂中 K₂CO₃ 不能很好地负载在载体上, 容易脱失, 不利于吸收反应进行, 当膨润土含量较高时, 作为主要吸收成分的碳酸钾被过量的膨润土包被, 以至于不能与 CO₂ 气体充分接触, 致使吸收效果明显差于膨润土较少的配比. 这几种配比的吸收剂进行吸收反应并再生的时候, 并未发现有明显的碳酸钾从膨润土表面脱失的现象, 可见此方法的循环反应效果较好.

2.3 床层高度与截面半径比值对吸收效率的影响

在 20 ℃, 标准大气压下, 碳酸钾吸收剂中 KHCO₃ 与膨润土质量配比为 43.8%, 气流速度为 100 L·h⁻¹, 装填吸收剂的疏松程度相同的情况下, 选取不同的床层高度与床层截面半径比值, 分别为 1.8、2.0、2.2、2.4、2.6、2.8、3.0、3.2 时进行平行吸收实验, 考察其吸收效率的差异性. 结果如图 6 所示. 由图 6 可知, 随着吸收剂床层高度的增加, 碳酸钾吸收剂对 CO₂ 的吸收效率明显上升, 由于碳酸钾吸收剂吸收 CO₂ 的机理主要是化学吸收的方法, 吸收剂的床层高度的增加在一定程度上扩大了气固接触面积, 对吸收反应更加有利, 延长了 CO₂ 气体在吸收剂内部的停留时间, 使化学反应更充分地进行, 因此在其它条件相同的状况下改变装填的床层高度与截面半径比值, 该比值越高吸收效果越好, 比值在 1.8—2.4 范围内时, 曲线呈一定斜率上升, 当比值达到 2.6 左右时, 吸收量仍然有提高, 但是趋势已没有开始时明显, 在 3.0—3.2 之间时吸收量已经无较明显变化, 床层高度对吸收效率的影响已明显减弱, 因此, 此种状态下碳酸钾吸收剂最佳吸收量在床层高度与横截面比值为 3.0 时吸收效果最好.

2.4 吸收时间对吸收效率的影响

为了考察吸收时间对吸收效率的影响, 在 20 ℃, 标准大气压下, 碳酸钾吸收剂中 K₂CO₃ 负载量为 43.8%, 气流速度为 100 L·h⁻¹, 装填吸收剂的疏松程度相同的情况下, 考察不同吸收时间分别为 3、6、9、12、15、18 min 时吸收效率的变化情况. 由图 7 可知, 随着吸收时间的增加吸收剂对 CO₂ 气体的吸收量呈现上升趋势, 到 12 min 左右, 吸收量不再增加, 证明吸收剂达到饱和. 碳酸化反应速率最高的阶段是

反应开始 3—6 min 时,其次为反应开始 6—9 min,并随着吸收反应的进行吸收速率明显下降直到吸收剂达到饱和.

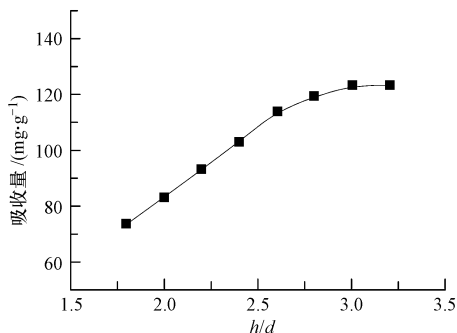


图 6 床层高度与截面半径比值对吸收量的影响

Fig. 6 Effect of the aspect ratio of the bed on absorptive capacity

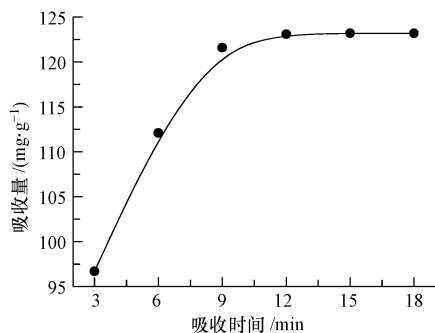


图 7 吸收反应时间与吸收量的关系

Fig. 7 Relationship between absorptive amount and the time of absorption reaction

2.5 吸收温度对吸收速率的影响

碳酸钾吸收剂对 CO₂ 的吸收主要是 K₂CO₃ 进行碳酸化反应吸收 CO₂,温度对碳酸化反应影响较大,所以在其它条件相同的情况下,考察温度对碳酸钾吸收剂吸收反应的影响是必要的. 标准大气压下,碳酸钾吸收剂中 K₂CO₃ 负载量为 43.8%,气流速度为 100 L·h⁻¹,取 10 份新制得的碳酸钾吸收剂,分别于 20、30、40、50、55、60、70、80、85、90 ℃ 条件下进行 CO₂ 吸收反应,结果如图 8 所示.

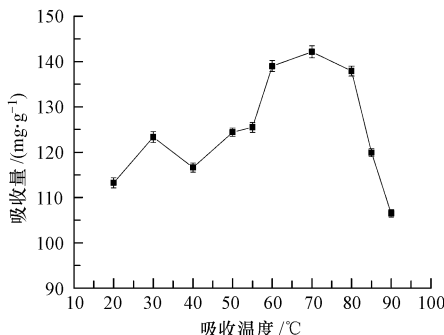


图 8 吸收反应温度对吸收量的影响

Fig. 8 Effect of temperature on absorptive amount

图 8 可见,在 20 ℃ 到 90 ℃ 范围内,碳酸钾吸收剂对 CO₂ 的吸收能力呈现先上升后下降的趋势,并且在 60 ℃—80 ℃ 范围内吸收量有明显的增大,原因是 60 ℃—80 ℃ 为 K₂CO₃ 的碳酸化反应温度,在温度超过 80 ℃ 情况下,K₂CO₃ 吸收量下降^[10]. 在 70 ℃,K₂CO₃ 负载量为 43.8% 时,吸收剂的吸收量最大,可以达到 142.3 mg·g⁻¹,达到了理论吸收值的 96.8%.

固体吸收剂吸收 CO₂ 本质是 CO₂ 气体与固体碳酸钾的异相化学反应,气固化学反应的主要影响因素通常有:气体分子向固体表面的扩散,气体分子在固体内部的吸附,气体与固体物质本身发生的化学反应. 异相反应速度与浓度有关,还与发生化学反应温度有关,实验证实了升高温度有利于碳酸化反应的进行,而且在适当的温度范围内,碳酸化反应速率可以达到最大值,这个温度范围是 60 ℃—80 ℃.

2.6 碳酸钾吸收剂与碳酸钠吸收剂对 CO₂ 吸收能力的比较

用同样方法将 Na₂CO₃ 负载于膨润土上制成碳酸钠吸收剂,通过对比实验考察其与碳酸钾吸收剂对 CO₂ 吸收能力的差异,分别制取相同反应物质的量的碳酸钠吸收剂进行 CO₂ 吸收反应,反应条件相同的状况下,对 CO₂ 的吸收量如图 9 所示.

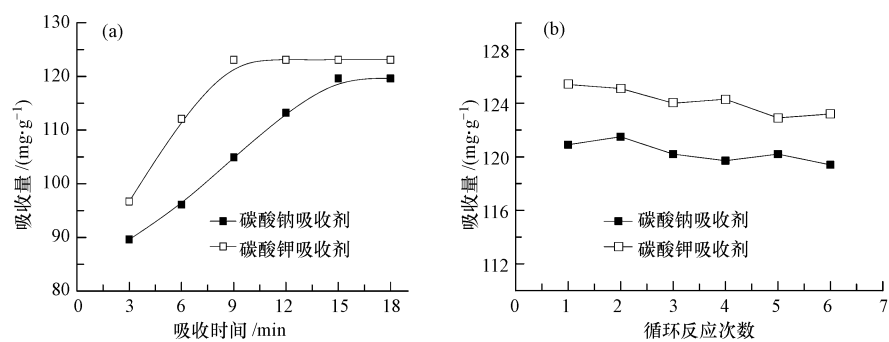


图9 钾基和钠基吸收剂吸收量随时间(a)和循环次数(b)的变化

Fig.9 Absorptive amounts of potassium-based and sodium-based sorbents during absorptive time (a) and multiple cycles (b)

如图9所示,碳酸钾与碳酸钠吸收剂对CO₂的吸收量相差较小,吸收能力没有太大差异,碱金属的碳酸盐与CO₂反应机理类似,但是Na₂CO₃的碳酸化反应速率较低,吸收达到饱和时间较长,而且碳酸钠吸收剂低温下容易脱吸,循环利用次数低,超过6次循环反应后,Na₂CO₃已经从载体上脱离。

3 结论

以膨润土负载的碳酸钾吸收剂对CO₂气体具有优良的吸收效果,在标准大气压下,60℃—80℃范围内,碳酸钾吸收剂中碳酸钾负载量为43.8%时,碳酸钾吸收剂对CO₂吸收量最大,可以达到142.3 mg·g⁻¹,达到了理论吸收值的96.8%,并且可多次循环使用,吸收性能不发生明显衰减。选取膨润土作为吸收剂载体制备出固体碳酸盐吸收剂,为固体碳酸盐吸收剂干法脱除CO₂技术提供了一种新途径。

参 考 文 献

[1] 李培源,苏炜,霍丽妮. CO₂分离捕集技术研究进展[J]. 功能材料,2009: 913-915

[2] Lee S C,Chae H J, Lee S J. Novel regenerable potassium-based dry sorbents for CO₂ capture at low temperatures[J]. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic,2009,56:179-184

[3] Zhao C W,Chen X P,Zhao C S. CO₂ absorption using dry potassium-based sorbents with different supports[J]. Energy & Fuels,2009,23: 4683-4687

[4] Liang Y,Harrison D P. Carbon dioxide capture from flue gas using regenerable sodium-based sorbents[J]. Energy & Fuels,2004,18(2): 569-575

[5] Hayashi H,Taniuchi J,Nobuyoshi et al. Efficient recovery of carbon dioxide from flue gases of coal-fired power plants by cyclic fixed-bed operations over K₂CO₃-on-carbon[J]. Ind Eng Chem Res, 1998,37:185-191

[6] Lee S C,Kim J C. Dry potassium-based sorbents for CO₂ capture[J]. Catalysis Surveys from Asia,2007,(11):171-185

[7] 任彩霞,李建法,吴丽琴,等. 有机膨润土载体对乙草胺在土壤中迁移的影响[J]. 环境化学,2010,25(9):860-862

[8] Park Y C, Joa S H, Ryu C K. Long-term operation of carbon dioxide capture system from a real coal-fired flue gas using dry regenerable potassium-based sorbents[J]. Energy Procedia, 2009,1:1235-1239

[9] Lee S C, Kwon Y M, Park Y H. Structure effects of potassium-based TiO₂ sorbents on the CO₂ capture capacity[J]. Top Catal,2010,53: 641-647

[10] 赵传文,陈晓平,赵长遂. 碱金属基吸收剂干法脱除CO₂技术的研究进展[J]. 动力工程,2008,28(6):828-830

CO₂ absorption of carbonate sorbent using bentonite as the supporter

ZHANG Yu WANG Yingbin

(School of Materials Science and Technology, China University of Geosciences, Beijing, 100083, China)

ABSTRACT

Using bentonite as the supporter and KHCO₃ as precursor, potassium-based solid sorbent was prepared by the spray-drying method. The sorbent had a size distribution of 0.5—2.0 mm, and a bulk density of 1.73 g·mL⁻¹. During several continuous operations, parameters such as loading amount, carbonation temperature, sorption reaction time and aspect ratio of the bed were used to evaluate CO₂ absorption efficiencies of potassium-based solid sorbent. The mechanism of carbon dioxide absorption by potassium-based solid sorbent was analyzed. In addition, NaHCO₃ was employed as precursor to manufacture sodium-based sorbent, and its carbonation characteristics were compared with potassium-based sorbent. The structure and carbonation characteristics of the solid potassium-based sorbent for CO₂ capture were investigated with X-ray diffraction, gas adsorption method BET and scanning electron microscopy. The experimental results show that both potassium-based and sodium-based sorbent has a high CO₂ absorption efficiency, and potassium-based sorbent has a higher rate of carbonation reaction. The CO₂ absorption efficiency of potassium-based sorbent did not diminish during multiple continuous operations, and it has an excellent CO₂ absorption efficiency in the temperature range of 60 °C—80 °C.

Keywords: sorbent, potassium carbonate, bentonite, carbon dioxide, absorptive amount.

中国化学会第十一届全国分析化学年会(第一轮通知)

中国化学会决定于2012年10月26日—29日在美丽的海滨城市——青岛召开“第十一届全国分析化学年会”,并委托青岛科技大学负责筹办。会议将就我国自上届学术会议以来分析化学学科的新成就、新进展及我国分析化学学科的发展进行学术交流和研讨,会议将组织分析化学前沿的专题报告、分组报告和讨论,并邀请部分国外学者和海外华裔学者与会。热忱欢迎大家踊跃投稿和参加会议。现将有关事项通知如下:

一、征文内容

(1)原子光谱分析法;(2)分子光谱分析法;(3)色谱法与分离科学;(4)电分析化学法;(5)波谱法(包括顺磁、核磁共振);(6)质谱分析;(7)过程分析;(8)联用方法与自动化分析;(9)痕量分析;(10)形态、表面及结构分析;(11)生物分析化学;(12)临床与药物分析;(13)环境分析化学;(14)食品分析;(15)芯片分析;(16)纳米分析化学;(17)分析仪器及装置;(18)质量控制;(19)化学与生物信息学;(20)有关分析化学的其他研究。凡已在刊物上发表或在全国会议上报告过的论文不在应征之列。

二、征文要求

应征论文须用 Word 软件编辑,包括题目、作者、单位、必要的图表、结果和讨论、主要参考文献(2—5篇),用 A4 纸,版心尺寸为 15 cm×24 cm,标题用小三号黑体,正文用小四号宋体,全文(包括图表)一般为 1 页,请勿超过 2 页。文末须附英文题目、作者姓名和单位。截稿日期:2012 年 7 月 30 日。

三、收稿地址

请登录会议网站投稿:fexi_qingdao@126.com,并在邮件中注明“会议征文”和论文第一作者及通讯联系人的详细地址、邮编、联系电话及 E-mail。同时,为便于分类,请在邮件中注明稿件类别(A 原子光谱分析;B 分子光谱和波谱分析;C 纳米分析;D 色谱分析;E 电化学;F 生物分析)。有关稿件的处理意见、会议具体日期、地点及注册费用等项事宜请见第二轮通知。

会议筹备组联系人:张书圣:0532-84022750,丁彩凤:0532-84022946,传真:0532-84022750。

会议网站:<http://ac.qust.edu.cn/>

本会欢迎国内外分析仪器公司、厂商到会介绍和展出产品,有关具体事宜请与筹备组联系。