

Al₂O₃ 修饰液改性多孔陶瓷的制备及材料性能研究

狄娜¹, 刘波², 许圆圆³

(1. 长春科技学院, 吉林 长春 130000; 2. 电子科技大学成都学院, 四川 巴中 611731; 3. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 这是一篇陶瓷及复合材料领域的论文。为了提高粉煤灰基多孔陶瓷材料的性能, 利用 Al₂O₃ 修饰液对样品进行表面处理, 并对其开展物理、力学性能、吸附效果和微观实验。结果表明: 烧结温度越高, 多孔陶瓷的气孔率与吸水率越小, 强度和表观密度越大, 在 1100 °C 的温度条件下, 多孔结构烧结成型的效果较佳; 当修饰液的浓度从 0 增至 50 mol/L, 多孔陶瓷的饱和吸附率增加了 4.5 倍左右, 同时密实度和强度也显著提高; 氧化铝修饰液的表面改性效应对钙长石晶体的形成起到促进作用, 使得孔陶瓷的强度与吸附性能显著提升。

关键词: 陶瓷及复合材料; 多孔陶瓷; 粉煤灰; Al₂O₃ 修饰液; 吸附性能; 微观结构

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2024.02.003

中图分类号: TD989;TQ174.2 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2024) 02-0016-07

引用格式: 狄娜, 刘波, 许圆圆. Al₂O₃ 修饰液改性多孔陶瓷的制备及材料性能研究[J]. 矿产综合利用, 2024, 45(2): 16-22.

DI Na, LIU Bo, XU Yuanyuan. Preparation and properties of fly ash based porous ceramics modified by Al₂O₃[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2024, 45(2): 16-22.

在当前化工产业快速更新迭代的背景下, 多孔陶瓷正越来越多地在汽车尾气净化、废污水清洁、制药工业和食品过滤等产业中得到应用^[1]。多孔陶瓷作为化工产业的一种常用材料, 高气孔率和高吸附率是其重要的材料特性。通过烧结处理后, 多孔陶瓷制品的耐酸碱腐蚀性, 耐高温高压性, 结构稳定性与孔隙结构可控型等性能得到大幅度提升^[2]。但与其他陶瓷材料相比, 多孔陶瓷市场份额相对较小, 在新领域的开拓过程中遇到了一系列的挑战, 且存在诸多制约多孔陶瓷发展的瓶颈因素^[3]。当前的困难主要体现在以下几方面: 当前的多孔陶瓷制品内部孔结构相对单一, 孔隙的分离效率较低; 制造的工艺较为复杂, 成型周期较长; 应用场景较少, 功能局限; 传统材料稀缺, 造价高^[4]。纵观我国多孔陶瓷材料的发展现状, 近年来虽然有所突破, 然而距世界前沿技术

水平仍有较大差距。

近年来, 金属修饰液在多孔陶瓷材料改性中得到了广泛关注, 并取得了诸多研究成果。Al₂O₃ 修饰液是一种高效的表面改性剂, 对陶瓷的烧结效率、吸附性能、强度与多孔结构等起到显著的优化作用^[5]。粉煤灰可以作为多孔陶瓷的原材料, 其在自然条件下很难降解。目前, 粉煤灰的堆积与存放造成了土壤污染, 逐渐成为全球性的生态问题, 粉煤灰的处理对环境保护与资源节约起到重要作用^[6-7]。通过在粉煤灰中掺入造孔剂配制多孔陶瓷材料, 一方面可以为多孔陶瓷提供原材料, 另一方面有效地消纳了粉煤灰储量, 促进工业固体废料的绿色资源化利用^[8-11]。当前, 采用粉煤灰基多孔陶瓷材料在工业中已取得了诸多应用^[12-13], 但采用 Al₂O₃ 修饰液对这种新型材料开展表面改性的研究还比较罕见。

收稿日期: 2022-07-03

基金项目: 江苏省重点研发项目 (212400410184)

作者简介: 狄娜 (1990-), 女, 硕士, 研究方向为材料工程。

多孔陶瓷的宏观性能与微观结构在 Al₂O₃ 修饰液改性作用下会出现一定程度的提升,而具体的效果需要开展进一步测试。扫描电子显微镜 (SEM) 技术通过评估材料表面形态与孔隙分布以评价其微观结构特征^[14]。目前利用 SEM 技术开展多孔材料微观结构分析已取得很多成果^[15-18]。基于此,本文以粉煤灰为基料制备了多孔陶瓷样品,同时采用不同浓度 Al₂O₃ 修饰液进行样品的表面改性;开展扫描电镜实验观察多孔结构的微观形貌,并对样品的化学晶相组成和吸附 Cr(VI) 的效果进行分析。

1 实验材料和方法

1.1 材料

制备多孔陶瓷样品的主要基料是燃煤电厂生产的二级粉煤灰。粉煤灰是炭灰经过解体、烧结、熔化和冷却等过程形成的固态颗粒,粉煤灰化学组成成分见表1。粉煤灰的颗粒组成中玻璃相含量较高,同时具有低干密度、大比表面积和高化学胶凝活性等特点。

表1 粉煤灰化学组分 / %
Table 1 Chemical components of fly ash

SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	其他
56.4	8.5	21.7	3.2	3.9	6.3

多孔陶瓷材料制备的添加剂包括造孔剂 (过 120 μm 筛的碳粉颗粒),黏结剂 (过 74 μm 的蒙脱石晶体),助溶剂为纯氧化铝溶剂,具体配合比例见表2。

表2 多孔陶瓷的配比
Table 2 Proportion of porous ceramics

名称	粉煤灰	造孔剂	黏结剂	助溶剂
质量占比 / %	55	25	8	12

1.2 多孔陶瓷制备与表面改性

1.2.1 多孔陶瓷的制备

制备多孔陶瓷样品之前,首先采用无水乙醇对粉煤灰粉末进行时长为 24 h 的浸泡,从而除去粉煤灰颗粒表面的有机质,然后用蒸馏水洗净粉煤灰粉末并烘干;将干燥粉煤灰粉末浸入浓硝酸中进一步侵蚀提纯;最后用去离子水循环冲洗粉煤灰,直至浸泡的水 pH 值为中性再烘干备用。按照表2的配比准备制备多孔陶瓷的原材料。首先

将粉煤灰进行称量、搅拌、加水混合等操作,然后在药丸造粒机中制成颗粒;最后在电阻燃烧炉中煅烧 60 min。

1.2.2 多孔陶瓷的表面改性

为了改善多孔陶瓷的材料性能,本研究采用 Al₂O₃ 修饰液对多孔陶瓷进行改性。笔者在室温条件下的实验室内采用超声波水浴法和机械震荡使得溶液均匀分散。先将称量后的 Al₂O₃ 黑色粉末倒入水溶液中,并对溶液进行时长为 10 min 的快速搅拌,搅拌速率为 1000 r/s;然后用超声波振动筛振荡 10 min,最终得到离子分布均匀的 Al₂O₃ 分散液。对多孔陶瓷进行表面修饰改性时,先将 100 g 多孔陶瓷放入 250 mL 的 Al₂O₃ 修饰液中,同时用振动台振荡 12 h;再将样品放置到烘箱中,将温度调至 300 °C 进行 2 h 的高温烧结,最后取出样品风干 12 h 后进行后续的实验。

1.3 实验方法

1.3.1 材料基本性能测试

本研究对多孔陶瓷样品吸水率、气孔率、密度等指标进行了细致的测试。利用液压式万能压缩仪碎裂应力的测试强度,加压过程中的位移速率设置为恒定值 (0.002 mm/s);最后,在 X 射线衍射仪中测定样品的矿物晶相组成,设置 X 射线扫描速率为 2 °/min;通过场发射电镜测试获取了样品断口的形貌用以观察多孔陶瓷微观结构特征。

1.3.2 吸附实验

称取质量为 5.0 的陶瓷立方体样品浸入浓度为 Cr (IV) 浓度为 100 mg/L 的吸附液中,静态吸附实验全过程在室温条件下进行操作,Cr 的单位吸附量 u_t (单位: mg/g) 计算公式为:

$$u_t = \frac{(a_0 - a_t)V}{m} \quad (1)$$

式中, a_0 表示初始时刻的 Cr 质量浓度, a_t 表示时刻 t 状态下的 Cr 质量浓度,单位: mg/L; V 是吸附液的总体积,单位: L; m 为样品的质量,单位: g。

1.3.3 微观结构观测

为了研究 Al₂O₃ 修饰液对多孔陶瓷微观结构特点的影响,采用 COXEM 电镜扫描仪开展微观测试观察了不同条件下的陶瓷微观形态。实验前用激光切割仪获得 10 mm 厚度的陶瓷薄片样品,然后将该薄片样品用液氮进行冻干处理,最后用扫描电镜得到断口的 SEM 图像。

2 实验结果与分析

2.1 多孔陶瓷性能的烧结温度效应

多孔陶瓷材料的吸水率、气孔率在不同烧结温度下的变化特征见图 1a。陶瓷的吸水率和气孔率结果随烧结温度升高呈现显著的下降。由于多孔陶瓷裂隙贯穿和连接，加速了水分吸收。随着温度从 800 °C 增加至 1200 °C 时，气孔率和吸水率的下降幅度分别为 15.75% 和 18.56%。当温度高于 1200 °C 时，多孔陶瓷材料发生过烧的特殊现象，固体出现熔融而互相粘黏，气孔被大量封堵，使得气孔率急剧下降，进而同步影响吸水性能。为保证材料质量，烧结温度不宜超过 1200 °C。见图 1b，多孔陶瓷样品在温度提升过程中出现密度和断裂应力增大的现象，应力随温度上升的速率呈先快后慢的线性变化趋势，而密度的变化趋势为先慢后快的特征。在 1000 °C 的烧结温度作用下，陶瓷的体积密度为 1.66 g/cm³，碎裂应力值为

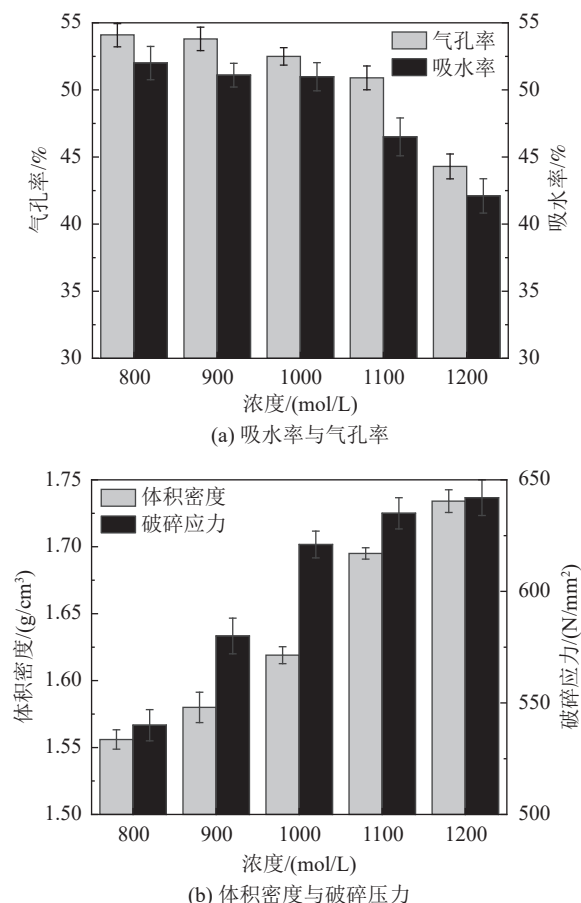


图 1 不同温度下的材料物理力学测试结果
Fig.1 Physical and mechanical test results of materials at different sintering temperatures

634.05 N/mm²；在烧结温度为 1200 °C 条件下，多孔陶瓷样品的破碎应力增长速率减缓，密度却快速提高。综合物理力学测试的结果，笔者认为制备粉煤灰基多孔陶瓷制品较佳的烧结温度为 1100 °C。

多孔陶瓷材料的断口微观形貌的变化特征见图 2。在陶瓷烧结温度 1000 °C 和 1100 °C 的条件下，被测陶瓷内部的颗粒结构比较完整，气孔体积高，颗粒间存在较多孔洞，且颗粒表面的形态极不平整；多孔陶瓷的烧结现象在 1200 °C 温度作用下愈加明显，小尺寸的颗粒发生熔融后紧密黏结在一起，孔洞网络在三维空间中呈现出交错连通的特征，陶瓷的孔隙度仍较高。当烧结温度为 1250 °C 时，陶瓷材料内部结构存在过烧效应，大、小固体颗粒在高温环境中互相融合，形成封堵孔隙的液相物质，导致陶瓷颗粒的密度与粘结性提高。基于烧结作用的视角，在一定范围内通过提高烧结温度能够增强多孔陶瓷致密程度和强度。然而，过度提高烧结的温度，材料的三维形状和孔洞尺寸会出现大幅变异，导致内部结构形态难以标准化控制，达不到陶瓷制品的质量要求。因此，在多孔陶瓷的制备过程中，需要合理地选择煅烧温度，本研究发现当温度设置为 1000 °C 至 1100 °C 范围内时，能够得到较为致密平整的样品，此时的陶瓷成型效果较佳。

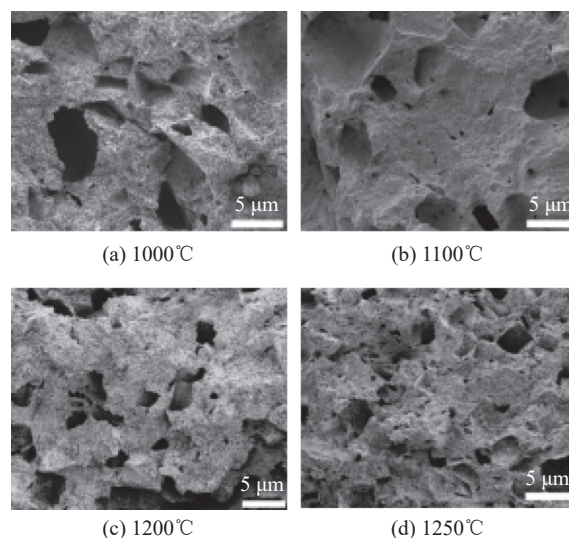


图 2 不同烧结温度下的断口微观形貌
Fig.2 Micromorphology of fracture at different temperatures

2.2 Al₂O₃ 修饰液对陶瓷性能的影响规律分析

本研究采用体积含量计算溶液浓度，得到 Al₂O₃ 修饰液浓度对多孔陶瓷材料物理力学性能的影响，

结果见图3。由于高温烧结的熔融作用,在多孔陶瓷内部出现了特殊的膜结构,对多孔结构的通道形成了封堵效应,气孔的数量和体积随之减小。气孔间的膜结构覆盖面积随浓度提高而逐渐增加,连通的孔道数量减少,结构紧密程度提高。然而,多孔陶瓷材料的碎裂应力和体积密度随着修饰液浓度的增加而提高。这主要是由于 Al_2O_3 修饰液浓度增加使得连通气孔的体积出现一定程度的收缩,气孔的通道宽度与开放程度下降,材料密实度小幅增加。样品发生断裂破坏的主要原因是陶瓷微观结构特征的变化,气孔在烧结过程中的收缩作用使得陶瓷的碎裂应力增大。当浓度超过 30 mol/L, Al_2O_3 修饰液改性多孔陶瓷的碎裂应力大幅增加,吸水率和气孔率的降幅相对平缓。

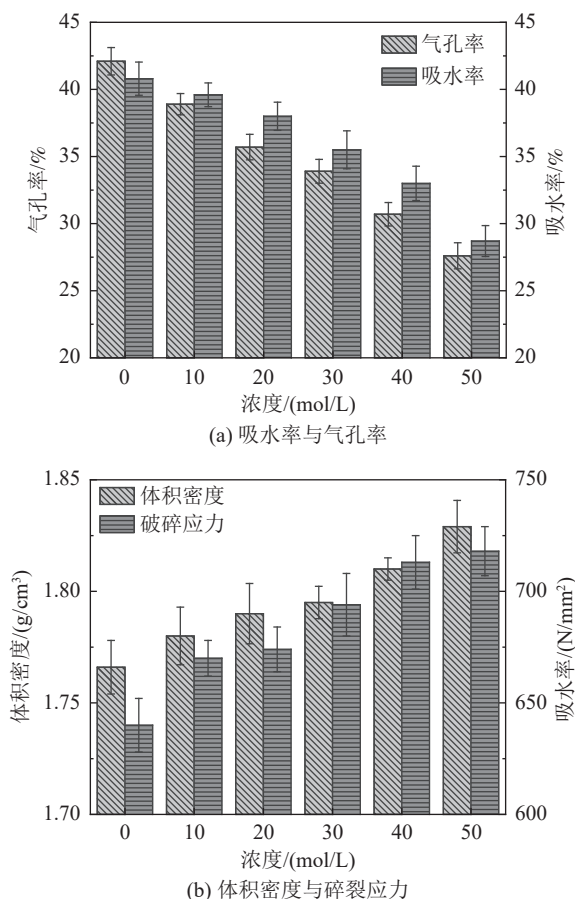


图3 不同修饰液浓度下的物理力学测试结果
Fig.3 Physical and mechanical experimental indexes at different modification fluid concentrations

2.3 多孔陶瓷的吸附效果及微观结构

不同实验材料的吸附量随吸附时间增加的变化曲线见图4,本实验设置的吸附时间为0~6000 min,修饰液浓度为0~50 mol/L,浓度梯度

为10 mol/L。6组多孔陶瓷的Cr元素吸附曲线均在吸附时间达到20 h后保持稳定,即材料达到了饱和吸附量。根据饱和吸附量可评价陶瓷样品对Cr元素的吸附效果。图4结果表明,未经 Al_2O_3 修饰液作用的样品对Cr元素的吸附量仅为0.2 mg/g,该现象表示 Al_2O_3 修饰液改性前的样品具有较差的Cr元素吸附性能。在修饰液改性作用下,多孔陶瓷样品饱和吸附效果有所增强。经过30 mol/L的修饰液改性后,多孔陶瓷材料的饱和吸附量接近达到0.6 mg/g,超过了前人采用其他修饰材料改性的多孔陶瓷吸附效果(0.55 mg/g左右)^[16]。继续提高浓度至50 mol/L后,饱和吸附量最终增加了4.5倍左右,但变化速率在30~50 mol/L之间减缓。多孔陶瓷具有吸附性的原因主要是材料内部的羟基化表面与吸附溶液中Cr(VI)基团发生络合,形成络合产物。随着 Al_2O_3 修饰液浓度的提高,微观结构中的表面活性氧化基团数目和活性明显增加,从而使得多孔陶瓷材料对Cr(VI)的饱和吸附量明显提高。

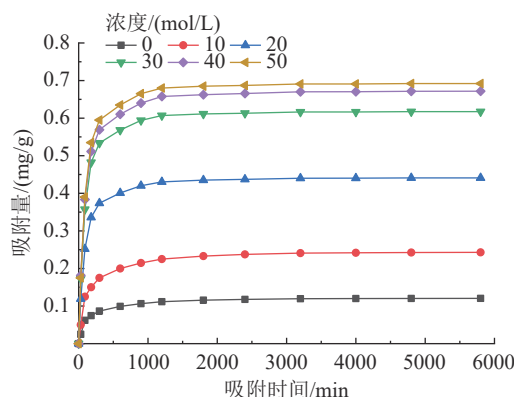


图4 不同浓度下的陶瓷吸附实验结果
Fig.4 Adsorption results of modified materials with different concentrations

不同 Al_2O_3 修饰液浓度改性条件下的多孔陶瓷断口的微观形貌图见图5。通过图5a可看出,修饰液浓度为0 mol/L的改性陶瓷样品内部形成了特殊的多孔结构,陶瓷颗粒排列比较稀松,断口表面存在较多相互连通的孔洞。图5b表明将浓度提高至10 mol/L对陶瓷内部结构影响相对有限,孔洞数量在一定程度上小幅下降,气孔的连通程度出现下降。图5c表明当 Al_2O_3 修饰液的浓度上升至30 mol/L时,陶瓷固体颗粒表面光滑平整度明显增加,孔洞的尺寸细小,该现象是因为粉煤灰中含有少量碳粒的燃烧与晶层水的蒸发效应所导

致^[17]。图 5d 表明, 当修饰液为 50 mol/L 时, 多孔陶瓷材料的颗粒间孔隙进一步减少, 结构封闭性明显增加。因此, 综合考虑多孔陶瓷的物理力学性能和吸附性等指标, 在实际应用中建议 Al_2O_3 修饰液浓度取 30 mol/L。

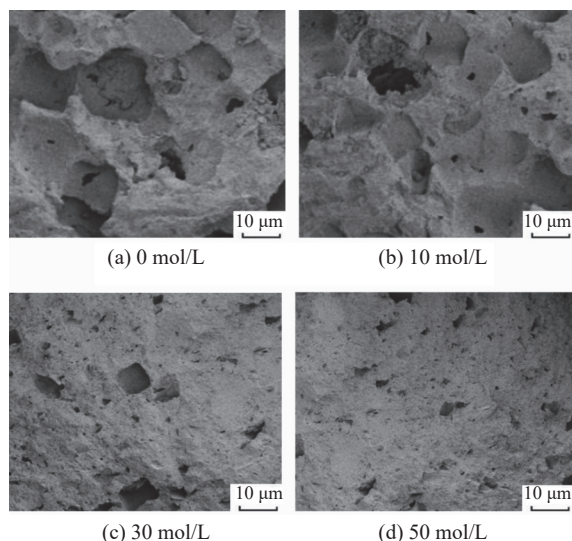


图 5 不同浓度条件下的多孔陶瓷微观形貌

Fig.5 Microscopic morphology of porous ceramics at different concentration conditions

采用 X 射线衍射图谱对多孔陶瓷在 Al_2O_3 改性前后的物相组成进行了评价, 结果见图 6。 Al_2O_3 修饰液改性前后的多孔陶瓷晶相组成大体一致, 其中化学式分别为 $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、 Al_2O_3 、 SiO_2 的钙长石、氧化铝、二氧化硅为多孔陶瓷的主要晶相组成。钙长石晶体在多孔陶瓷中的形成原因是助熔剂的作用。由于在粉煤灰基料中加入了一定质量的助熔剂, 提高了 CaO 含量, 使得高温环境中硅酸盐类物质发生化学反应。另外, 在多孔陶瓷三相体系中, 钙长石晶体的含量在 Al_2O_3 改性后有所提高。究其原因, 多孔陶瓷在经过表面修饰后, 内部吸附的活性氧化基团明显增加, 对硅酸盐类物质和 CaO 之间的化学反应起到催化作用^[18]。由于钙长石晶体的物化性质中具有低热膨胀性与高熔点等特征, 使得以钙长石晶体为主要组成物相的多孔陶瓷材料具有吸附性和吸热性优势。因此, 结合本研究和前人的成果^[19], 笔者认为粉煤灰基多孔陶瓷材料在经过 Al_2O_3 修饰液改性后, 在污水处理、有毒物质吸附、降解气体粉尘与污水分离处理等过程中国的应用方面发挥着广泛作用。

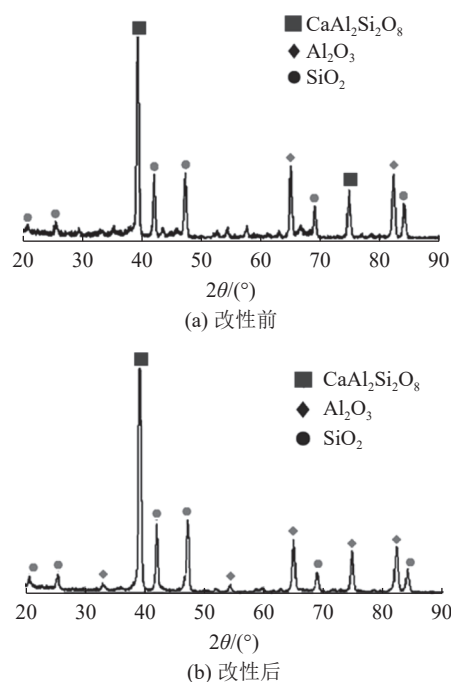


图 6 Al_2O_3 修饰前后的多孔陶瓷的 XRD
Fig.6 XRD pattern of porous ceramics

3 结 论

(1) 通过对多孔陶瓷烧结温度进行系统评价, 实验发现在 1100 °C 条件下制得的多孔陶瓷材料气孔率和吸水率分别是 45.3% 和 40.92%, 体积密度是 1.66 g/cm³, 碎裂应力达到 635 N/mm², 说明样品内部孔洞结构分布状态和物理力学良好。

(2) Al_2O_3 修饰液改性作用对陶瓷的孔隙结构和吸附能力有利, Cr(VI) 的饱和吸附量在浓度为 30 mol/L 时接近达到 0.6 mg/g, 表现出多孔陶瓷具有较好的吸附性能。

(3) Al_2O_3 修饰液在提高粉煤灰基多孔陶瓷材料吸附效果的同时, 也增强了材料密实度和强度性能。基于实验所测得的物理力学性能和吸附性等重要指标, 在实际应用中的建议修饰液浓度取为 30 mol/L。

(4) Al_2O_3 修饰液改性前后的多孔陶瓷晶相组成大体一致, 钙长石晶体含量在改性后有所提升, 从而起到改善孔洞结构和增强多孔陶瓷材料吸附性能的作用。

参考文献:

[1] 孙进兴, 陈 斌, 刘培生. 轻质多孔陶瓷的制备及吸声性能研究[J]. 无机材料学报, 2016, 31(8):860-864.

- SUN J X, CHEN B, LIU P S. Preparation and sound absorption properties of lightweight porous ceramics[J]. *Journal of Inorganic Materials*, 2016, 31(8):860-864.
- [2] 王闯, 张快, 严红燕, 等. 锌窑渣再利用以烧制铁基金属陶瓷及其展望[J]. *矿产综合利用*, 2020(4):8-12.
- WANG C, ZHANG K, YAN H Y, et al. Reuse of zinc kiln slag for firing iron-based cermet and its prospect[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2020(4):8-12.
- [3] 井强山, 唐旖天, 田永尚, 等. 烧结助剂对多孔吸音陶瓷结构和性能的影响[J]. *非金属矿*, 2018, 41(5):50-53.
- JING Q S, TANG Y T, TIAN Y S, et al. Effects of sintering aids on the structure and properties of porous sound-absorbing ceramics[J]. *Non-metallic Minerals*, 2018, 41(5):50-53.
- [4] 卢志华, 李呈顺, 马育栋. 多孔氧化铝陶瓷制备技术研究进展[J]. *中国陶瓷*, 2018, 54(2):1-7.
- LU Z H, LI C S, MA Y D. Research progress on preparation technology of porous alumina ceramics[J]. *China Ceramics*, 2018, 54(2):1-7.
- [5] Ukwatta A, Mohajerani A. Characterisation of fired-clay bricks incorporating biosolids and the effect of heating rate on properties of bricks[J]. *Construction and Building Materials*, 2017, 142:11-22.
- [6] GOLLAKOTA A R K, VOLLI V, SHU C. Progressive utilisation prospects of coal fly ash: a review[J]. *Science of The Total Environment*, 2019, 672:951-989.
- [7] FU M, LIU J, DONG X F, et al. Waste recycling of coal fly ash for design of highly porous whisker-structured mullite ceramic membranes[J]. *Journal of the European Ceramic Society*, 2019, 39(16):5320-5331.
- [8] 于成龙, 熊楠, 宋杰, 等. 近20年来中国利用粉煤灰合成分子筛研究进展[J]. *矿产综合利用*, 2020(4):26-35.
- YU C L, XIONG N, SONG J, et al. Research progress on the synthesis of molecular sieves from fly ash in China in the past 20 years[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2020(4):26-35.
- [9] HUO W L, ZHANG X Y, CHEN Y G, et al. Mechanical strength of highly porous ceramic foams with thin and lamellate cell wall from particle stabilized foams[J]. *Ceramics International*, 2018, 44(5):5780-5784.
- [10] 谷玲钰, 刘振英, 刘银. 利用煤矸石制备多孔陶瓷的及力学性能研究[J]. *矿产综合利用*, 2018(5):135-137.
- GU L Y, LIU Z Y, LIU Y. Preparation and mechanical properties of porous ceramics from coal gangue[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2018(5):135-137.
- [11] LIU R P, XU T T, WANG C A. A review of fabrication strategies and applications of porous ceramics prepared by freeze-casting method[J]. *Ceramics International*, 2016, 42(2):2907-2925.
- [12] 王杰, 邓伟超, 麻永林, 等. La 负载赤泥-粉煤灰基多孔陶瓷制备研究[J]. *矿冶工程*, 2019, 39(5):123-128.
- WANG J, DENG W C, MA Y L, et al. Preparation of La-loaded red mud-fly ash-based porous ceramics[J]. *Mining and Metallurgical Engineering*, 2019, 39(5):123-128.
- [13] 冉岚, 刘少友, 兰琳琳. 工业废渣制备多孔陶瓷及性能研究[J]. *非金属矿*, 2020, 43(2):92-94.
- RAN L, LIU S Y, LAN L L. Preparation of porous ceramics from industrial waste residues and their properties[J]. *Nonmetallic Minerals*, 2020, 43(2):92-94.
- [14] ZHANG R B, YE C S, ZHANG Y Y. Strengthening of porous TiB_2 -SiC ceramics by pre-oxidation and crack-healing[J]. *Applied Surface Science*, 2016, 360:1036-1040.
- [15] 施云芬, 魏冬雪. 改性粉煤灰陶粒的制备及其吸附 SO_2 性能研究[J]. *硅酸盐通报*, 2012, 31(3):567-570.
- SHI Y F, WEI D X. Preparation of modified fly ash ceramsite and its adsorption performance of SO_2 [J]. *Bulletin of Silicate*, 2012, 31(3):567-570.
- [16] 梁昌金, 林少敏, 刘桂文. 基于陶瓷废料的改性泡沫陶瓷对 Cd^{2+} 的吸附研究[J]. *中国陶瓷*, 2021, 57(9):52-57.
- LIANG C J, LIN S M, LIU G W. Study on Cd^{2+} adsorption of modified foam ceramics based on ceramic waste[J]. *China Ceramics*, 2021, 57(9):52-57.
- [17] 张宏泉, 文进, 沈海燕. 添加剂对轻质多孔陶瓷材料制备与性能的影响[J]. *武汉理工大学学报*, 2021, 43(10):1-5.
- ZHANG H Q, WEN J, SHEN H Y. Effects of additives on the preparation and properties of lightweight porous ceramic materials[J]. *Journal of Wuhan University of Technology*, 2021, 43(10):1-5.
- [18] 范益群, 漆虹, 徐南平. 多孔陶瓷膜制备技术研究进展[J]. *化工学报*, 2013, 64(1):107-115.
- FAN Y Q, QI H, XU N P. Research progress on the preparation technology of porous ceramic membranes[J]. *Acta Chemical Industry*, 2013, 64(1):107-115.
- [19] 肖汉宁, 熊敏, 郭文明, 等. 多孔陶瓷膜及其在液固和气固分离中的应用[J]. *陶瓷学报*, 2017, 38(6):791-798.
- XIAO H N, XIONG M, GUO W M, et al. Porous ceramic membrane and its application in liquid-solid and gas-solid separation[J]. *Chinese Journal of Ceramics*, 2017, 38(6):791-798.

Preparation and Properties of Fly Ash Based Porous Ceramics Modified by Al_2O_3

DI Na¹, LIU Bo², XU Yuanyuan³

(1.Changchun Institute of Science and Technology, Changchun 130000, Jilin, China; 2.Chengdu College, University of Electronic Science and Technology of China, Bazhong 611731, Sichuan, China; 3.Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: This is an article in the field of ceramics and composites. In order to improve the performance of fly ash-based porous ceramic materials, the samples were surface-treated using Al_2O_3 modifying liquid, and physical and mechanical properties, adsorption effects and microscopic experiments were carried out on them. The results showed that the higher the sintering temperature, the smaller the porosity and water absorption of the porous ceramics, and the greater the strength and apparent density. Optimal sintering and molding of porous structures at a temperature of 1100 °C. When the concentration of Al_2O_3 modifying liquid was increased from 0 to 50 mol/L, the saturated adsorption rate of the porous ceramics increased about 6 times, and at the same time, the densities and strengths were also significantly increased. The surface modification effect of the Al_2O_3 modifying liquid promotes the formation of the caliche feldspar crystals, which results in a significant increase in the strength and adsorption properties of the porous ceramics. strength and adsorption performance were significantly improved.

Keywords: Ceramics and composites; Porous ceramics; Fly ash; Al_2O_3 modification; Adsorption performance; Microstructure

////////////////////////////////////
(上接第 15 页)

Preparation Process of Attapulgite/Nano Iron Composite and its Removal Application to Methylene Blue

HE Guangxi¹, ZHU Xiaping¹, WANG Hong¹, ZHAO Ping², REN Wei²

(1.College of Materials and Chemistry and Chemical Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 2.105 Geological Brigade, Guizhou Bureau of Geology & Mineral Exploration & Development, Guiyang 550018, Guizhou, China)

Abstract: This is an article in the field of ceramics and composites. Methylene blue is a typical pollutant industrial wastewater.It will bring great harm to the water body if it is discharged arbitrarily without treatment. We prepared a kind of attapulgite/nano iron composite (DDBAC/ATP/nZVI), that the attapulgite was roasted, organic modified and then loaded with nano iron (nZVI) by liquid-phase reduction. The optimum preparation process is obtained: attapulgite raw soil is calcined at 300 °C for 1.5 h, 20 mmol/100 g benzalkonium chloride(DDBAC)is added, then ultrasonic is used for 20 min, and then nano iron is loaded by liquid-phase reduction method. The ratio of iron to soil is 1:3, KBH_4 concentration is 0.25 mol/L and reaction time is 3 h. The XRD, FTIR, SEM, XPS, BET confirm that DDBAC and nano iron are successfully loaded on the surface of attapulgite. The maximum removal of methylene blue by DDBAC/ATP/nZVI is 114.94 mg/g, and the application performance of the DDBAC/ATP/nZVI remains stable within 60 days.

Keywords: Ceramics and composites; Attapulgite; Nano iron; Benzalkoniumchloride; Methylene blue