

铝土矿尾矿协同钒钛磁铁矿尾矿制备刚玉质复相陶瓷

陈靖龙¹, 郎增瑞², 杨帆¹, 陈新义¹, 闵鑫¹, 房明浩¹, 黄朝晖¹, 黄妃慧³

1. 中国地质大学(北京)材料科学与工程学院, 地质碳储与资源低碳利用教育部工程研究中心, 非金属矿物与固废资源材料化利用北京市重点实验室, 矿物材料国家专业实验室, 北京 100083;
2. 凌源钢铁股份有限公司, 辽宁 凌源 122504;
3. 山东奥福环保科技股份有限公司, 山东 德州 251599

中图分类号: TD926.4 文献标识码: A 文章编号: 1001-0076(2024)02-0099-07

DOI: 10.13779/j.cnki.issn1001-0076.2024.02.014

摘要 以铝土矿尾矿和钒钛磁铁矿尾矿为原料, 经混料、成型和高温烧成等工艺制备了刚玉质复相陶瓷, 研究了钒钛磁铁矿尾矿添加量、烧成温度等因素对制得复相陶瓷材料的物相、显微形貌及力学性能的影响规律。结果表明: 当铝土矿尾矿与钒钛磁铁矿尾矿质量比为 9:1 时, 在 1100 °C 下保温 3 h 制得刚玉质复相陶瓷材料的性能最优, 其体积密度为 2.71 g/cm³, 抗压强度为 276.9 MPa, 抗折强度为 67.3 MPa。

关键词 铝土矿尾矿; 钒钛磁铁矿尾矿; 烧成温度; 力学性能; 刚玉质复相陶瓷

1 引言

铝土矿尾矿是我国典型的大宗工业固体废弃物^[1], 其大量堆存占用土地, 且含少量重金属和残留选矿药剂等有害物质, 存在土壤和地下水污染等潜在风险^[2]。在现阶段, 我国优质的铝土矿资源相对紧缺, 因此针对低品质的铝土矿和铝土矿尾矿开展高值化利用, 是亟需解决的重点难题^[3]。

目前, 国内外学者针对铝土矿尾矿的资源化利用进行了广泛研究, 主要包括制备建筑材料^[4-6]、耐火材料^[7]、硅铝合金^[8]、吸附剂^[9-10]、絮凝剂^[11-13]、作为添加剂掺入混凝土^[14]、分子筛等方面^[15-16]。铝土矿尾矿的主要化学组分为 SiO₂、Al₂O₃ 等, 与铝硅酸盐陶瓷等无机非金属材料化学成分相似, 也可作为潜在的矿物原料实现在陶瓷材料领域的应用。邢益强等以铝矾土尾矿为主要原料, 以氟化钙污泥、花岗岩废料为添加剂, 制备了陶瓷透水砖, 其产品体积密度为 1.95 g/cm³、吸水率 14.30%、抗压强度 40.4 MPa^[3]。杨帆等人以铝土矿尾矿为主要原料外加 10% 锂辉石, 经 950 °C 高温烧成后, 制得了莫来石基复相陶瓷, 试样的抗压强度为 47.0 MPa、体积密度为 1.77 g/cm³^[17]。李悦等人以铝矾土尾矿和石英砂为主要原料、添加淀粉作造孔剂, 制

得多孔陶瓷的气孔率和抗折强度分别达到 30.27% 和 32.94 MPa^[18]。张翱等人以铝土矿尾矿为原料, 通过直接高温烧成工艺制备得到刚玉-莫来石基复相陶瓷材料, 进一步提高烧成温度可显著提升试样的体积密度和抗压强度^[19]。上述研究表明, 以铝土矿尾矿为主要原料制备陶瓷材料也是其资源化高值利用的重要方向之一^[20-23], 但现有产品仍存在着烧成温度可进一步降低和力学性能有待提高等需求。

钒钛磁铁矿尾矿是钒钛磁铁矿矿石经选矿后剩余的固体废弃物, 具有含高硅、高铁钙镁组分的特征^[24-26]。本研究提出以铝土矿尾矿为主要原料、钒钛磁铁矿尾矿为添加剂, 利用尾矿中 Ca、Mg、K、Na 等碱金属和碱土金属元素组分, 在降低其陶瓷化烧成温度的同时, 促进烧结致密化而进一步提升其力学性能, 通过两种固废协同利用实现有效节能降本。研究基于本课题组前期研究成果^[17,19,21], 以铝土矿尾矿、钒钛磁铁矿尾矿为原料, 在不添加其他助熔剂等外加剂的条件下, 经过混料、球磨、成型、烧结等工艺制备得到复相陶瓷材料, 研究获得了两种尾矿的相对含量、烧结温度对试样物相、显微形貌和力学性能的影响规律, 为铝土矿尾矿和钒钛磁铁矿尾矿的资源化高值利用提供一条绿色可行的新途径。

收稿日期: 2022-11-09

基金项目: 国家重点研发计划“固废资源化”专项项目课题(2018YFC1901501, 2021YFC1910605)

作者简介: 陈靖龙(2000—), 男, 辽宁省沈阳人, 硕士研究生在读, 主要研究方向为固废资源化利用, 15712328765@163.com。

通信作者: 闵鑫(1989—), 男, 博士, 四川南充人, 教授, 博士生导师, 主要从事固废高值材料化利用研究, minx@cugb.edu.cn。

2 实验

2.1 原料成分及物相分析

本实验研究以河南省焦作市中州铝业有限公司提供的铝土矿尾矿及河北省承德天宝集团滦平铁泰矿业有限公司提供的钒钛磁铁矿尾矿为原料。

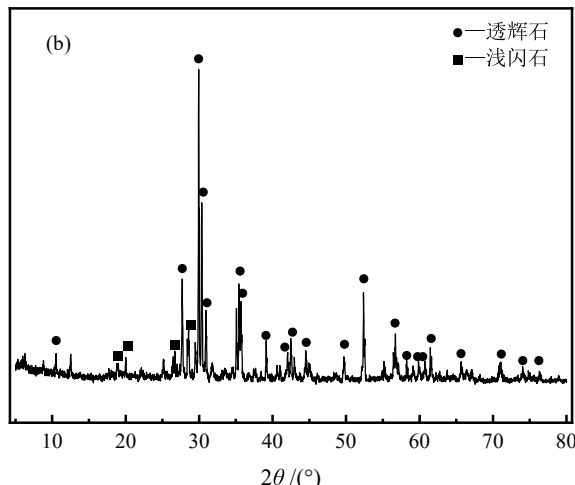
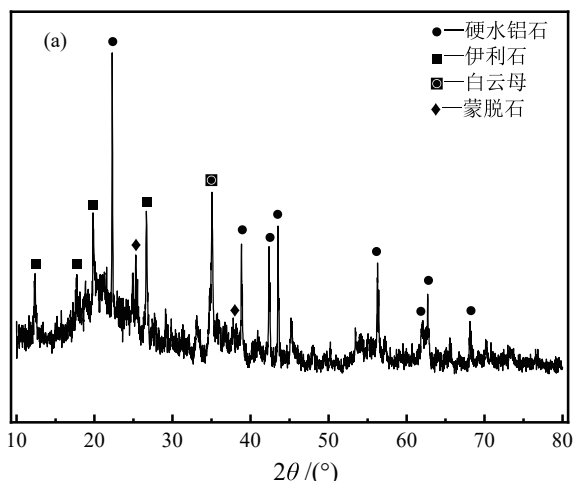


图 1 铝土矿尾矿(a)和钒钛磁铁矿尾矿(b)的 XRD 分析结果

Fig. 1 XRD patterns of the bauxite tailings (a) and vanadium-titanium magnetite tailings (b)

表 1 实验原料主要化学成分分析结果

/%

Table 1 Analysis results of the main chemical components of the raw materials

成分	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	TiO ₂	CaO	SO ₃	MgO	P ₂ O ₅	Na ₂ O	MnO
铝土矿尾矿	44.57	35.01	11.18	3.77	3.03	0.77	0.83	0.45	0.21	0.11	/
钒钛磁铁矿尾矿	9.22	38.65	12.29	0.76	1.96	25.08	/	10.34	0.67	0.51	0.22

2.2 制备工艺

以铝土矿尾矿和钒钛磁铁矿尾矿为原料,按两种原料不同质量比配料(如表 2 所示),按 $m(\text{原料}):m(\text{球磨球}):m(\text{水})=1:1.5:2$ 的比例称量后放入球磨罐中,球磨 3 h 后使原料充分混匀,放入烘箱中在 90 ℃ 烘干 24 h,取出后经干压成型工艺获得试样坯体,放入马弗炉中在 900~1 100 ℃ 下进行热处理,升温速率为 5 ℃/min,保温时间 3 h,随炉冷却后对制得样品进行相关测试和表征。

表 2 实验原料的质量配比

/%

Table 2 Ratio of raw materials

铝土矿尾矿	100	95	90	85	80	75	70
钒钛磁铁矿尾矿	0	5	10	15	20	25	30

2.3 表征方法

本实验采用 X 射线荧光光谱仪 (XRF, PANalytical

实验所用原料 XRD 分析结果如图 1 所示,铝土矿尾矿中的主要物相为硬水铝石($\alpha\text{-AlO}(\text{OH})$)、伊利石、白云母($\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$)、蒙脱石等,钒钛磁铁矿尾矿中的主要物相为透辉石($\text{CaO}\cdot\text{MgO}\cdot 2\text{SiO}_2$)、浅闪石($\text{NaCa}_2(\text{Mg,Fe})_5\text{Si}_7\text{AlO}_{22}(\text{OH})_2$)等。两种原料的化学组成如表 1 所示,其中铝土矿尾矿中 Al_2O_3 和 SiO_2 的含量较高,钒钛磁铁矿尾矿中 SiO_2 、 MgO 和 CaO 等组分含量偏高。

Axios; RIGAKU ZSX Priums, JPN) 检测原料的化学组成,采用 X 射线衍射仪 (XRD, PANalytical X'Pert PRO, Holland) 检测原料及陶瓷样品的物相组成,采用微机控制电液伺服万能实验机 (WAW-2000F, 济南科汇实验设备有限公司) 对陶瓷样品的抗压强度进行测定(按标准 GB/T 4740—1999),采用微机控制电子万能实验机 (3005, 深圳市瑞格尔仪器公司) 对陶瓷样品的抗折强度 (GB/T 4741—1999) 进行测试,采用扫描电子显微镜 (SEM, SUPRA55, GER) 对原料和陶瓷样品的显微形貌进行表征,采用阿基米德排水法对制得陶瓷样品的体积密度和显气孔率 (QB/T 1642—2012)、吸水率 (GB/T 3299—2011) 及线收缩率进行测定。

3 结果与讨论

3.1 刚玉质复相陶瓷材料的物相分析

图 2 为不同钒钛磁铁矿尾矿含量的铝土矿尾矿在不同烧结温度下制得复相陶瓷材料的 XRD 图,其

主要物相有刚玉、赤铁矿、透辉石。在烧结温度为 900 °C 时,烧成产物中含有大量白云母,但随着钒钛磁铁矿尾矿的加入,开始出现透辉石的物相,且其衍射峰强度随着钒钛磁铁矿尾矿含量的增加而增强。当烧结温度为 1 000 °C 时,产物中白云母物相消失,同时有少量石英相生成,且刚玉相和赤铁矿相衍射峰随温度升高而增强。当烧结温度进一步提升至 1 100 °C 时,烧

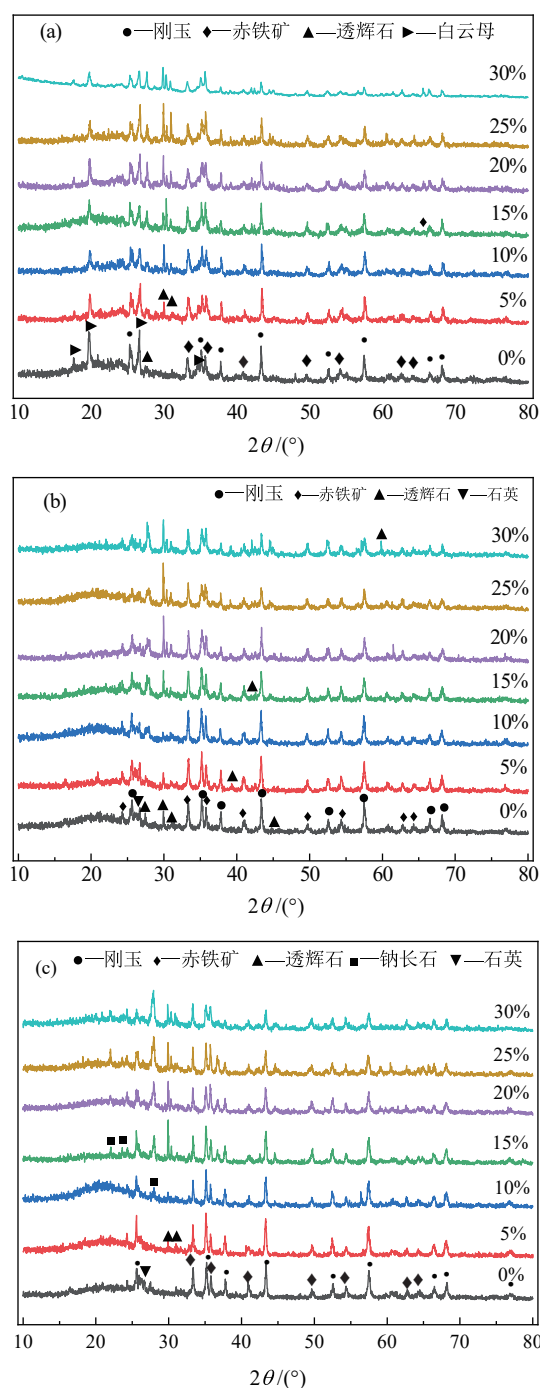


图2 不同钒钛磁铁矿尾矿含量的铝土矿尾矿在不同温度下烧结产物的XRD图

a—900 °C; b—1000 °C; c—1100 °C

Fig. 2 XRD patterns of bauxite tailings with different vanadium-titanium magnetite tailings contents after sintering at different temperatures

成试样的主要物相为刚玉、赤铁矿、钠长石、透辉石、石英,其中钠长石的衍射峰在钒钛磁铁矿尾矿含量 15% 时出现,透辉石的衍射峰在钒钛磁铁矿尾矿含量为 5% 时出现。结合图 2(a~c) 分析可以看出,刚玉相和赤铁矿相的衍射峰强度随钒钛磁铁矿尾矿含量增加而呈现出先增强后减弱的变化趋势,表明在同一温度下,各组分的反应程度随着钒钛磁铁矿尾矿含量增大而先增强后减弱,当钒钛磁铁矿尾矿含量为 0~10% 时, Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 等促进物相转变,但当钒钛磁铁矿尾矿含量过大时,原料中硬水铝石含量减少导致其 Al/Si 下降,如反应式(1)所示,即产物中刚玉物相的相对含量开始下降。



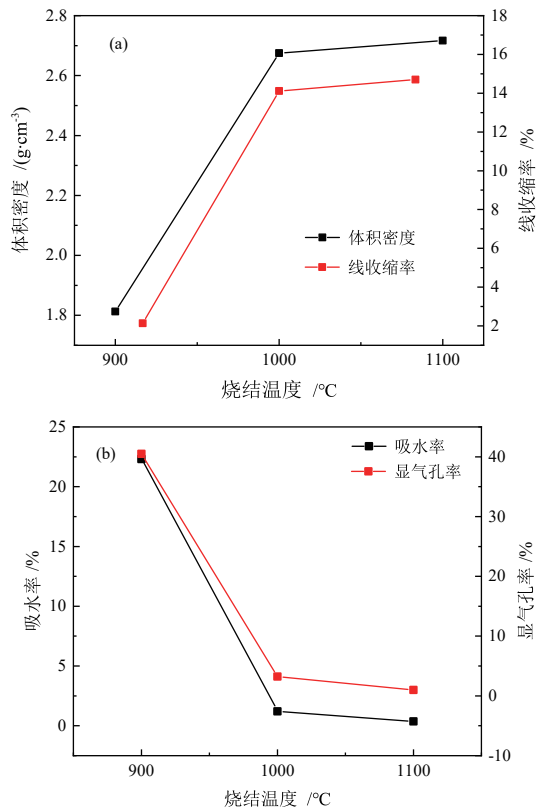
3.2 刚玉质复相陶瓷材料的物理性能分析

3.2.1 烧结温度对刚玉质复相陶瓷材料物理性能的影响

图 3 为钒钛磁铁矿尾矿含量 10% 的铝土矿尾矿在不同温度下烧结后制得复相陶瓷材料的体积密度与线收缩率、吸水率与显气孔率的变化规律。由图可知,随着烧结温度升高,刚玉质复相陶瓷产物的体积密度和线收缩率增大,其吸水率和显气孔率随温度升高而不断降低。当烧结温度从 900 °C 增高至 1 000 °C 时,刚玉质复相陶瓷材料的体积密度和显气孔率变化最为明显,分析原因可能为白云母、透辉石、浅闪石等矿相中的低熔点组分随着烧结温度升高而逐渐产生液相,并填充在陶瓷内部孔隙中,促进了试样结构的快速致密化;烧结温度继续提升后,试样中产生液相的量逐渐减缓,致密化增加程度减慢,因此陶瓷试样的体积密度和收缩率略有提高。在烧结温度为 1 100 °C 时,制得陶瓷试样的物理性能最优,体积密度为 2.71 g/cm³,线收缩率为 14.69%,吸水率为 0.36%,显气孔率为 0.99%。

图 4 为钒钛磁铁矿尾矿含量 10% 的铝土矿尾矿在不同烧结温度下制得复相陶瓷试样的抗压强度和抗折强度变化情况。由图可知,在热处理温度为 1 000 °C 时制得产物的抗压强度和抗折强度均远高于在 900 °C 时制得的样品,但当热处理温度继续升高至 1 100 °C 时,产物的力学性能变化不大,其抗压强度和抗折强度分别为 276.9 MPa 和 67.3 MPa。分析认为,随着烧成温度升高至 1 000 °C,样品中的低熔点组分降低了液相开始出现的最低温度,从热力学和动力学角度促进了物相转变和烧结过程,使制得试样的力学性能显著增加;但随着烧成温度继续增加,样品体积密度和致密度变化不大,因此其力学性能也保持相对稳定。

综上所述,实验制得的刚玉质复相陶瓷材料的力



a—体积密度和线收缩率; b—吸水率和显气孔率

图3 钒钛磁铁矿尾矿含量为10%的铝土矿尾矿在不同温度下制得产物的体积密度与线收缩率、吸水率与显气孔率
Fig. 3 (a) Volume density and linear shrinkage, (b) water absorption and apparent porosity of the samples prepared from bauxite tailings with 10% vanadium-titanium magnetite after sintering at different temperatures

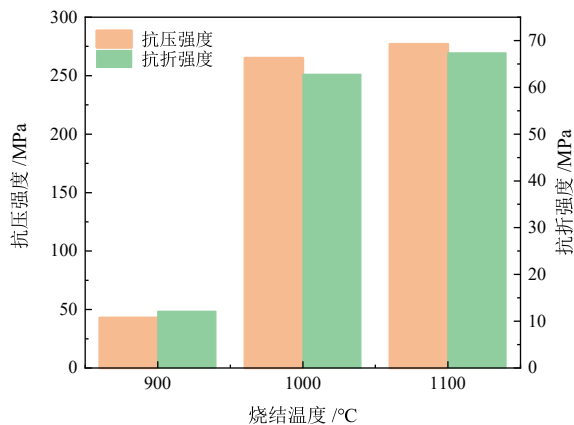


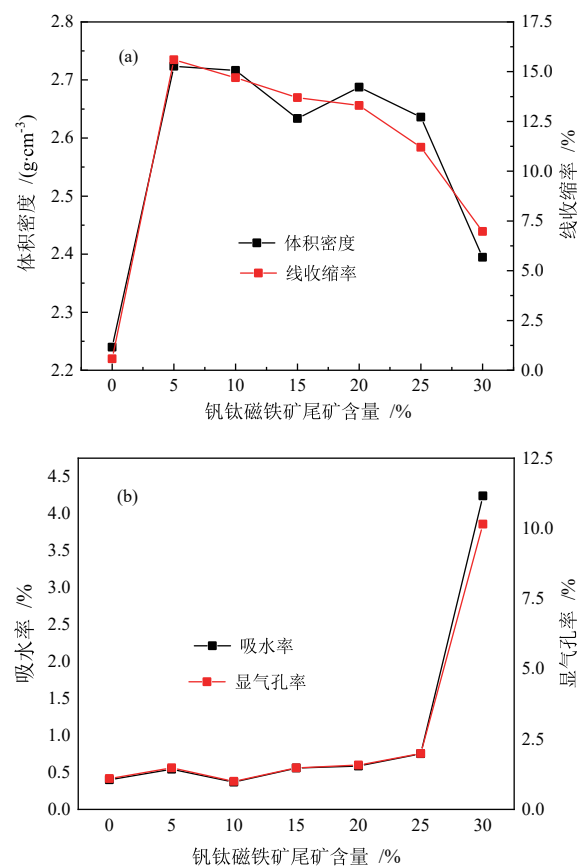
图4 钒钛磁铁矿尾矿含量为10%的铝土矿尾矿在不同温度下烧结后的抗压强度和抗折强度
Fig. 4 Compressive strength and flexural strength of the bauxite tailings with 10% vanadium-titanium magnetite content after sintering at different temperatures

学性能总体上随着热处理温度的升高而显著提升,其中试样体积密度和线收缩率随烧结温度升高而增大,显气孔率和吸水率随烧结温度升高而减小,抗压强度及抗折强度随烧结温度升高而增强。当烧结温度从900 °C 增大到1000 °C 时,陶瓷力学性能提升幅度显著,但继续升高至1100 °C 时,力学性能基本保持稳定。

结合实际生产中能耗与成本的要求,其工业生产的建议热处理温度可为1000 °C。

3.2.2 钒钛磁铁矿尾矿含量对刚玉质复相陶瓷材料力学性能的影响

图5 为不同钒钛磁铁矿尾矿添加量对铝土矿尾矿在1100 °C 热处理后制得陶瓷试样体积密度和显气孔率等的影响规律。如图所示,随着钒钛磁铁矿尾矿含量的增加,试样的体积密度和线收缩率呈先增大再减小的趋势,但均大于未添加钒钛磁铁矿尾矿的烧成产物;制得陶瓷试样的吸水率与显气孔率随钒钛磁铁矿尾矿含量的增多基本保持稳定,但当钒钛磁铁矿尾矿添加量为30%时,显气孔率和吸水率急剧增加。分析认为,钒钛磁铁矿尾矿中Fe和Ti等重质组分提升了复相陶瓷产物的体积密度,Ca和Mg等碱土金属组分降低烧成温度从而加快了致密化程度和物相转变速率;但随着钒钛磁铁矿尾矿含量增加,试样中的铝硅比明显降低,导致产物中液相及非晶相含量增多,而液相中闭气孔排出难度增加,从而产物中气孔率增



a—体积密度和线收缩率; b—吸水率和显气孔率

图5 不同钒钛磁铁矿尾矿含量的铝土矿尾矿在1100 °C 烧结后陶瓷试样的体积密度与线收缩率、吸水率与显气孔率

Fig. 5 (a) Volume density and linear shrinkage, (b) water absorption and apparent porosity of the samples prepared from bauxite tailings with different vanadium-titanium magnetite contents after sintering at 1100 °C

大,最终表现出上述体积密度和气孔率等的变化规律。

图6为不同钒钛磁铁矿尾矿含量的铝土矿尾矿在1100℃下烧结后试样的抗压强度和抗折强度。由图可知,制得的刚玉质复相陶瓷试样的抗压强度和抗折强度随着钒钛磁铁矿尾矿含量的增加整体呈现出先增强后减弱的趋势,结合前文分析认为其原因主要与试样的体积密度和致密度、刚玉和赤铁矿等相对含量的变化有关。在钒钛磁铁矿尾矿含量为10%时,经1100℃烧成3h制得陶瓷试样的抗压强度最大为276.9 MPa,抗折强度最大为67.3 MPa。

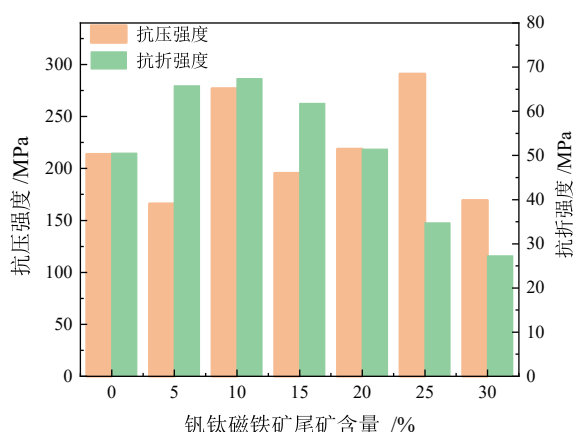


图6 不同钒钛磁铁矿尾矿含量的铝土矿尾矿在1100℃烧结后试样的抗压强度和抗折强度

Fig. 6 Compressive strength and flexural strength of the bauxite tailings with different vanadium-titanium magnetite tailings contents after sintering at 1100 °C

3.3 刚玉质复相陶瓷材料的微观形貌分析

3.3.1 烧结温度对刚玉质复相陶瓷材料微观形貌的影响

图7所示为钒钛磁铁矿尾矿含量10%的铝土矿尾矿在不同温度下烧结后制得复相陶瓷材料的断面形貌。由图可以看出,随着烧结温度升高,试样断面形貌的致密化过程明显。在烧结温度为900℃时,陶瓷试样断面为片状与不规则颗粒的不致密堆积态,气孔数量较多;随烧结温度的提升,试样表面形貌逐渐转变为不均匀颗粒的紧密堆积,同时烧结致密化程度显著提升,表明低温液相促进了试样烧结致密化,与前述力学性能等的变化规律一致。

3.3.2 钒钛磁铁矿尾矿含量对刚玉质复相陶瓷材料微观形貌的影响

图8为不同钒钛磁铁矿尾矿含量的铝土矿尾矿在1100℃烧结后制得复相陶瓷的断面形貌。由图可知,在该温度下制得不同钒钛磁铁矿尾矿添加量的试样均较为致密,断面气孔含量较低。在钒钛磁铁矿尾矿的含量为5%、10%时,陶瓷试样断面形貌最致密,

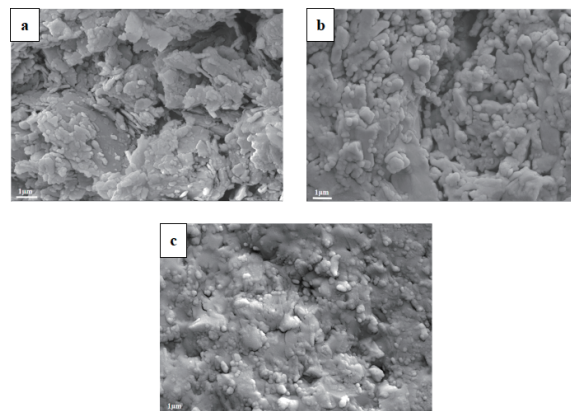


图7 钒钛磁铁矿尾矿含量为10%的铝土矿尾矿在不同温度下烧结后的微观形貌

a—900℃; b—1000℃; c—1100℃

Fig. 7 Morphology of samples prepared from the bauxite tailings with 10% vanadium-titanium magnetite tailings sintered at different temperatures

气孔含量极少;在钒钛磁铁矿尾矿的含量继续增加后,试样断面的部分微观区域开始出现片层状、颗粒等形态,有分布不均的气孔,可能与钒钛磁铁矿添加量增大导致试样中液相出现温度降低、含量增加、内部气孔难以排出等原因有关,这也与前述的力学性能等研究结果相一致。

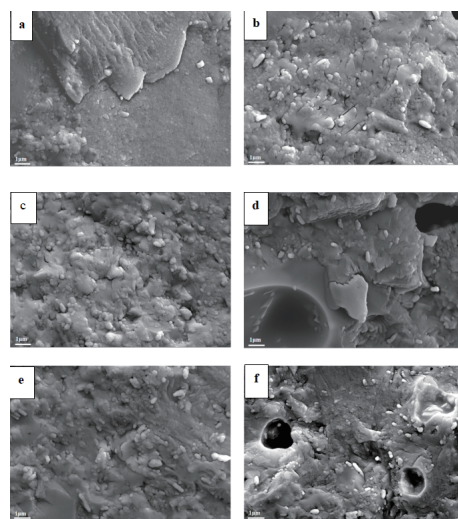


图8 不同钒钛磁铁矿尾矿含量的铝土矿尾矿在1100℃下烧结后产物的微观形貌

a—0%; b—5%; c—10%; d—15%; e—20%; f—25%; g—30%

Fig. 8 Morphology of samples prepared from the bauxite tailings with different vanadium-titanium magnetite tailings contents after sintering at 1100 °C

4 结论

本研究以铝土矿尾矿、钒钛磁铁矿尾矿为原料,经全尾矿协同利用成功制得了刚玉质复相陶瓷并获得了其优化制备工艺。当铝土矿尾矿与钒钛磁铁矿尾矿含量比为9:1、烧结温度为1100℃时,制得刚玉质复相陶瓷试样的力学性能最优,其体积密度为

2.71 g/cm³、吸水率为 0.36%、抗压强度为 276.9 MPa、抗折强度为 67.3 MPa。研究表明,在铝土矿尾矿中添加钕铁磁铁矿尾矿可用于直接制备刚玉质复相陶瓷材料,相关技术中全尾矿利用可降低原料成本,低温烧成可有效降低烧结温度,同时力学性能也获得显著提升,在陶瓷和耐高温材料等领域具有广泛的应用前景。本研究可望为实现铝土矿尾矿等典型大宗铝硅质固废的资源化高值利用提供理论支撑。

参考文献:

- [1] 李玲,杨超.利用尾矿作为建材原料的研究进展[J].建材发展导向,2014,12(16):63-67.
LI L, YANG C. Research progress on using tailings as building materials[J]. Development Guide to Building Materials, 2014, 12(16): 63-67
- [2] 邢益强,吴晓鹏,潘孟博,等.铝矾土尾矿基陶瓷透水砖的制备及其性能研究[J].中国陶瓷,2021,57(2):46-54.
XING Y Q, WU X P, PAN M B, et al. Research on preparation and performance of bauxite tailings-based ceramic permeable brick[J]. China Ceramics, 2021, 57(2): 46-54.
- [3] 韩跃新,柳晓,何发钰,等.我国铝土矿资源及其选矿技术进展[J].矿产保护与利用,2019,39(4):151-158.
HAN Y X, LIU X, HE F Y, et al. Current situation of bauxite resource and its beneficiation technology in China[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2019, 39(4): 151-158.
- [4] 谢武明,楼匡宇,张文治,等.铝土矿选尾矿制备烧结砖的试验研究[J].新型建筑材料,2013,40(7):43-45.
XIE W M, LOU K Y, ZHANG W Z, et al. Utilization of bauxite tailings in manufacture of fired bricks[J]. New Building Materials, 2013, 40(7): 43-45.
- [5] YALLEY PETER PAA-KOFI, ASIEDU EMMANUEL, MPAE ISAAC. Effects of bauxite tailings as partial replacement for sand in sandcrete bricks production[J]. Civil & Environmental Research, 2014, 6(11): 23-30.
- [6] 勾密峰,黄飞,王思军,等.煅烧铝土矿尾矿对水泥凝结时间的影响[J].材料导报,2015(18):100-102,112.
GOU M F, HUANG F, WANG S J, et al. Effect of calcined bauxite tailings on the setting time of cement[J]. Materials Review, 2015(18): 100-102,112.
- [7] 申献江,马冬阳,张梅,等.铝土矿尾矿除杂及合成刚玉-莫来石研究[J].耐火材料,2017,51(4):256-259.
SHEN X J, MA D Y, ZHANG M, et al. Synthesis of corundum-mullite composites from impurity-removed bauxite tailings[J]. Refractories, 2017, 51(4): 256-259.
- [8] YANG D, FENG N X, WANG Y N, et al. Preparation of primary Al-Si alloy from bauxite tailings by carbothermal reduction process[J]. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 2010, 20(1): 147-152.
- [9] SHEN X J, QIU G B, YUE C S, et al. Multiple copper adsorption and regeneration by zeolite 4A synthesized from bauxite tailings[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2017, 24(27): 21829-21835.
- [10] LU Q H, HU Y H. Synthesis of aluminum tripolyphosphate anticorrosive pigment from bauxite tailings[J]. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 2012, 22(2): 483-488.
- [11] 童秋桃.利用铝土矿浮选尾矿制备氧化铝和絮凝剂的研究[D].长沙:中南大学,2013
TONG Q T. Research on preparation of aluminum oxide and flocculant from bauxite tailing[D]. Changsha: Central South University, 2013.
- [12] 刘三军,刘永,李向阳,等.用铝土矿选尾矿制备聚合氯化铝及污水处理试验研究[J].湿法冶金,2020,39(6):539-542.
LIU S J, LIU Y, LI X Y, et al. Preparation of polyaluminum chloride using bauxite tailings and its application in wastewater treatment[J]. Hydrometallurgy of China, 2020, 39(6): 539-542.
- [13] 刘三军,刘永,李向阳,等.铝土矿尾矿制备聚合氯化铝的浸出试验研究[J].衡阳:南华大学学报(自然科学版),2020,34(4):54-57+65.
LIU S J, LIU Y, LI X Y, et al. Experimental study on leaching of poly aluminium chloride (PAC) from bauxite tailings[J]. Hengyang: Journal of Nanhua University(Science & Technology), 2020, 34(4): 54-57+65.
- [14] RUAN W Q, GOU M F, LIAO J G. Effect of NaOH solution on performance of aerated concrete containing bauxite tailings[J]. Non-metallic Mines, 2021, 44(6): 38-41.
- [15] MA D Y, WANG Z D, GUO M, et al. Feasible conversion of solid waste bauxite tailings into highly crystalline 4A zeolite with valuable application[J]. Waste Management, 2014, 34(11): 2365-2372.
- [16] ZHANG M, GUO M, WANG Z D, et al. Method for preparing 4A molecular sieve from bauxite tailings: CN102976353A[P]. 2013-03-20.
- [17] 杨帆,王淇,闵鑫,等.低品位锂辉石对铝矾土尾矿制备莫来石基复相陶瓷的影响[J].金属矿山,2022(9):244-250.
YANG F, WANG Q, MIN X, et al. Influence of low grade spodumene on preparation of mullite-based compound ceramics with bauxite tailings[J]. Metal Mine, 2022(9): 244-250.
- [18] 李悦.利用铝矾土尾矿制备过滤多孔陶瓷[J].轻金属,2016(3):9-12.
LI Y. Production of porous ceramic for filtration by using bauxite tailings[J]. Light Metals, 2016(3): 9-12.
- [19] 张翱,闵鑫,王淇,等.铝土矿尾矿直接烧成制备陶瓷材料及其力学性能研究[J].矿产保护与利用,2022,42(4):121-127.
ZHANG A, MIN X, WANG Q, et al. Study on the direct firing of bauxite tailings to prepare ceramic materials and their mechanical properties[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2022, 42(4): 121-127.
- [20] REN Y P. Reaction mechanism of porous ceramics prepared from steel slag and bauxite tailings[J]. Metallurgical Engineering, 2018, 5(4): 137-144.
- [21] 陈新义,房明浩,王淇,等.赤泥低温烧结制备长石-刚玉质复相陶瓷[J].矿产保护与利用,2021,41(6):103-111.
CHEN X Y, FANG M H, WANG Q, et al. Low-temperature preparation of feldspar-corundum composite ceramics from red mud[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2021, 41(6): 103-111.
- [22] 李林,姜涛,陈超,等.攀西钒钛磁铁矿尾矿制备储水泡沫陶瓷的研究[J].矿产综合利用,2020(6):7-13+6.
LI L, JIANG T, CHEN C, et al. Study on preparation of water-retaining foam ceramics from vanadium titanium magnetite tailings[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2020(6): 7-13+6.
- [23] 王维清,张杰,朱欣宇,等.全尾矿基轻质发泡陶瓷的制备及正交试验研究[J].非金属矿,2022,45(1):90-93+97.
WANG W Q, ZHANG J, ZHU X Y, et al. Orthogonal experimental study on the preparation of lightweight foamed ceramics by tailings[J]. Non-metallic Mines, 2022, 45(1): 90-93+97.
- [24] 陈桃,简胜,谢贤,等.钒钛磁铁矿尾矿综合利用研究进展[J].矿

- 产保护与利用, 2021, 41(2): 174–178.
- CHEN T, JIAN S, XIE X, et al. Research progress on comprehensive utilization of vanadium–titanium magnetite tailings[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2021, 41(2): 174–178.
- [25] 刘长森, 吴东印, 吕子虎, 等. 某钒钛磁铁矿尾矿中钛铁矿的选矿研究[J]. 中国矿业, 2015, 24(5): 115–117+128.
- LIU C M, WU D Y, LV Z H, et al. Study on recovering ilmenite from V–Ti magnetite tailings[J]. China Mining Magazine, 2015, 24(5): 115–117+128.
- [26] 宋晓敏, 王永刚. 承德双塔山某尾矿综合回收钛、铁试验[J]. 现代矿业, 2015, 31(1): 86–87+121.
- SONG X M, WANG Y G. Comprehensive recovery of titanium and iron from a tailings in Shuangtashan, Chengde[J]. Modern Mining, 2015, 31(1): 86–87+121.

Preparation of Corundum Based Composite Ceramics Using Bauxite Tailings and Vanadium–titanium Magnetite Tailings as Raw Materials

CHEN Jinglong¹, LANG Zengrui², YANG Fan¹, CHEN Xinyi¹, MIN Xin¹, FANG Minghao¹, HUANG Zhaohui¹, HUANG Feihui³

1. School of Materials Science and Technology, Engineering Research Center of Ministry of Education for Geological Carbon Storage and Low Carbon Utilization of Resources, Beijing Key Laboratory of Materials Utilization of Nonmetallic Minerals and Solid Wastes, National Laboratory of Mineral Materials, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China;

2. Lingyuan Iron and Steel Co., LTD., Lingyuan 122504, Liaoning, China;

3. Shandong Aofu Environmental Technology Co., Ltd., Dezhou 251599, Shandong, China

Abstract: The corundum based composite ceramics were prepared via a high temperature sintering process, using the bauxite tailings and vanadium–titanium magnetite tailings as raw materials. The effects of vanadium–titanium magnetite tailings addition and sintering temperature on the phase composition, morphology, and mechanical properties of the as-prepared composite ceramics were investigated in detail. The results indicated that the best performances were observed with the content ratio of 9 : 1 between bauxite tailings and vanadium–titanium magnetite, after sintering at 1 100 °C for 3 h. The optimized volume density, compressive strength, and flexural strength were 2.71 g/cm³, 276.9 MPa, and 67.3 MPa, respectively.

Keywords: bauxite tailings; vanadium–titanium magnetite tailings; sintering temperature; mechanical property; corundum based composite ceramics

引用格式: 陈靖龙, 郎增瑞, 杨帆, 陈新义, 闵鑫, 房明浩, 黄朝晖, 黄妃慧. 铝土矿尾矿协同钒钛磁铁矿尾矿制备刚玉质复相陶瓷[J]. 矿产保护与利用, 2024, 44(2): 99–105.

CHEN Jinglong, LANG Zengrui, YANG Fan, CHEN Xinyi, MIN Xin, FANG Minghao, HUANG Zhaohui, HUANG Feihui. Preparation of corundum based composite ceramics using bauxite tailings and vanadium–titanium magnetite tailings as raw materials[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2024, 44(2): 99–105.