

花岗岩石粉在陶瓷领域应用现状分析

朱家雨, 王 艳, 张馨雅, 沙金睿, 贾智涛, 罗 响

辽宁科技学院, 辽宁 本溪

收稿日期: 2021年10月11日; 录用日期: 2021年12月30日; 发布日期: 2022年1月6日

摘 要

花岗岩是地壳中常见的岩石, 用途广泛。石材加工产生的花岗岩石粉随意排放会对环境造成污染。利用花岗岩石粉生产陶瓷材料, 既可以回收利用资源, 又能减少环境污染。本文从成分和烧结机理两个方面对花岗岩石粉制备陶瓷的可行性进行了分析, 并总结了花岗岩石粉生产陶瓷材料的应用现状。

关键词

花岗岩石粉, 陶瓷材料, 应用现状, 可行性

Analysis of Application Status of Granite Powder in Ceramic Field

Jiayu Zhu, Yan Wang, Xinya Zhang, Jinrui Sha, Zhitao Jia, Xiang Luo

Liaoning Institute of Science and Technology, Benxi Liaoning

Received: Oct. 11th, 2021; accepted: Dec. 30th, 2021; published: Jan. 6th, 2022

Abstract

Granite is a common rock in the earth's crust and has many uses. The powder produced by granite processing is treated simply or not processed, resulting in the pollution of environment. The use of granite powder to produce ceramic materials can not only recycle resources, but also reduce environmental pollution. In this paper, the feasibility of preparing ceramics from granite powder was analyzed from two aspects of composition and sintering mechanism, and the application status of ceramic materials produced from granite powder was summarized.

Keywords

Granite Powder, Ceramic Material, Application Status, Feasibility



1. 引言

花岗岩作为大陆的标志性岩石，是构成大陆上部地壳的基础。花岗岩是一种由火山爆发的熔岩在受到相当的压力的熔融状态下隆起至地壳表层，岩浆不喷出地面，而在地底下慢慢冷却凝固后形成的构造岩，是一种深成酸性火成岩，属于岩浆岩。中国花岗岩矿产资源极为丰富，储量大，品种多。据调查资料统计，中国天然花岗岩的花色品种有 100 多种[1] [2] [3]。

花岗岩石粉是石材加工过程产生的废料，如果不进行有效处理，会飘散在大气中不易沉降，即便沉降后也会覆盖在植物，建筑表面，会随风漂浮于空气中，使 PM2.5 升高，对生态环境和人居健康造成有害影响。

为降低生产成本，部分石材加工企业会将石粉、碎石以及含有石粉的切、磨冷却液等未经沉淀等处理而直接排放，给石材企业周边的环境造成污染。乱倾倒的废弃石粉不仅吞噬了大量良田，加剧了水土流失，造成农产品减产减收，而且石粉最终流入河流，其中沉积下来的一部分会影响河道通畅，而在水中形成了胶体石粉颗粒的那部分则会污染水源，形成“牛奶河”景象，同时造成鱼虾水草等水生生物的减少，对生态环境造成了严重的破坏[4] [5] [6] [7]。

随着人们环保意识的提高，以及近年来优质石材原料的不断消耗，为了减少石粉的污染，提高花岗岩石粉的附加利用价值，人们重视起了花岗岩废料的再利用。国内外已有将废弃石粉用于取代粘土生产环保砖、做涂料的填料以及作为沥青混凝土的填料等方面的研究报道[8] [9] [10] [11]。花岗岩石粉作为陶瓷生产的原料是综合利用的途径之一。

2. 花岗岩的特点及种类

花岗岩的形成过程通常与大陆的构造作用、变质作用和成矿作用密切相关。花岗岩取材于地下优质的岩石层，经过亿万年自然时效，形态极为稳定，不用担心因常规的温差而发生变形。花岗岩具有优良的物理特性，岩质坚硬密实，其物理渗透性几乎可以忽略不计，在 0.2%~4% 之间；花岗岩具有高强度的耐热稳定性，它不会因为外界温度的改变而发生变化，花岗岩因其密度很高而不会因温度及空气成份的改变而发生变化；花岗岩具有很强的抗腐蚀性，因此很广泛的被运用在储备化学腐蚀品上[1]。

花岗岩以石英、长石和云母为主要成分，其颜色决定于所含成分的种类和数量。花岗岩属于酸性岩浆岩中的侵入岩，多为浅肉红色、浅灰色、灰白色等。中粗粒、细粒结构，块状构造。也有一些为斑杂构造、球状构造、似片麻状构造等。主要矿物为石英、钾长石和酸性斜长石，次要矿物则为黑云母、角闪石，有时还有少量辉石。副矿物种类很多，常见的有磁铁矿、榍石、锆石、磷灰石、电气石、萤石等[3]。根据花岗岩所含矿物种类，矿物结构及所含副矿物种类对花岗岩进行分类，如表 1 所示[12]。

3. 花岗岩石粉作为陶瓷原料的可行性分析

3.1. 从成分分析

传统陶瓷是利用粘土、石英、长石等矿物原料，经过破碎 - 配料 - 研磨 - 造粒 - 成型 - 干燥 - 烧结等工艺制备而成，成分上属于 $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-K}_2\text{O}$ (Na_2O)三元体系。其中粘土是主要的结合剂，可以把长石和石英等物料结合起来；石英具有高熔点，在烧结时起到骨架的作用，能减少因烧结产生的干燥和收缩，

增强坯体和釉的耐磨性、强度和化学稳定性；长石则有熔融特性，可使坯料便于烧结[13]。

Table 1. Classification of granites

表 1. 花岗岩的分类

分类方法	所含矿物种类	矿物结构	所含副矿物
花岗岩类型	黑云母花岗岩	细粒花岗岩	锡石花岗岩
	白云母花岗岩	中粒花岗岩	含铌铁矿花岗岩
	角闪花岗岩	粗粒花岗岩	含铍花岗岩
	二云母花岗岩	斑状花岗岩	锂云母花岗岩
		似斑状花岗岩	电气石花岗岩
		晶洞花岗岩	黑金沙花岗岩
		片麻状花岗岩	

花岗岩以石英、长石和云母为主要成分。根据查阅资料，世界各地 2485 份花岗岩中不同化学成分比例平均，依所占重量百分比由重到轻如表 2 所示，不同品种的矿物成份不尽相同[12]。

Table 2. Granite powder composition ratio

表 2. 花岗岩石粉成分比例

成分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	FeO	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO
含量(%)	72.04	14.42	4.12	3.69	1.82	1.68	1.22	0.71	0.30	0.12	0.05

由表 2 可见，花岗岩的主要成分为 SiO₂ 和 Al₂O₃，两者的含量占比达到了 86.46%，其余含量较多的成分是 K₂O、Na₂O，其他成分的含量都比较少。因此花岗岩石粉的主要成分也是 SiO₂ 和 Al₂O₃，制备陶瓷的主要原料的成分相同。从成分上看，花岗岩石粉可以作为陶瓷烧结原料。

3.2. 从烧结机理分析

陶瓷烧结过程如图 1 所示[14]，由于粉料粒度细，具有较高的表面能，随着温度的升高和时间的延长，在高温下，颗粒间的接触面积大，粉料颗粒向一起聚集；在表面能减少的推动力作用下，物质通过扩散使颗粒中心距逼近，颗粒间距减小，逐渐形成晶界；气孔的形状也发生了变化，并且体积缩小，从连贯的气孔变成各自孤立的气孔并逐渐缩小，最后从晶体中排出，使坯体的致密化程度提高[15]。烧结的动力就是粉粒的表面能。

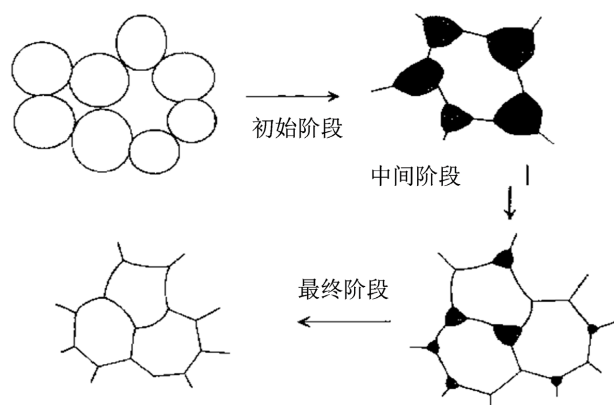


Figure 1. Solid phase sintering mechanism

图 1. 固相烧结机理

花岗岩石粉经过破碎、细磨、筛分后，粒度可以达到 200 目以下。石粉具有一定的亲水性，同时还具有一定的耐酸碱性。细磨使原料颗粒变细，比表面积增加，同时粉磨过程中，石粉原料内部发生一系列变化，如晶格中的应力增加、能量降低，各种缺陷增加等，活性增强，从而更好的参与反应[16]。

花岗岩石粉不论从成分、结构及粒度要求上都满足陶瓷生产的要求。

4. 应用举例

4.1. 制备建筑陶瓷

李求忠等人[17]以福建闽东的花岗岩石粉为原料制备建筑瓷砖进行了研究。对石材加工厂的石泥进行脱水后得到花岗岩石粉，采用 XRD、XRF 对样品的成分、结构进行表征，以石粉作为添加原料进行研制建筑瓷砖的初步探讨。结果表明，将石粉按一定配比量与生产原料混合后，烧制得到的瓷砖能满足指标要求，与传统工艺生产的瓷砖相比具有更好的物理性能，这一成果可望为石粉在建筑瓷砖方面的应用提供理论依据。

Romualdo R. Menezes 等将花岗岩废料作为一种有效资源，部分替代陶瓷原料。采用的方法是选用粒径为 14~100 目的花岗岩废料与黏土按适当比例配料、制坯，直接烧制仿花岗岩陶瓷产品，或素烧后，施釉再烧制釉面陶瓷产品[18] [19]。

景德镇陶瓷学院的吴剑锋等人[20]以花岗岩为主要研究对象，利用卡拉胶凝胶大分子在水溶液中加热溶解、冷却凝固这一特性，实现陶瓷的原位凝固成型。以花岗岩废料为主要原料，铝矾土为辅助原料，卡拉胶和田菁胶为结合剂，低分子聚丙烯酸钠为分散剂，研究了全瘠性料湿法浇注成型工艺制备瓷质建筑陶瓷，通过对原料配方、胶体种类、添加量以及制备工艺的优化实现了：生坯强度最高为 1.5 MPa、干燥收缩 5%~9%、抗折强度 44~60 MPa、烧成范围 1140℃~1180℃、吸水率小于 0.5%。

4.2. 制备莫来石陶瓷

莫来石陶瓷是铝硅酸盐矿物，具有耐火度高、抗热震性好、抗化学侵蚀、抗蠕变、荷重软化温度高、体积稳定性好、电绝缘性强等性质，是理想的高级耐火材料。

昆明理工大学的王修昌等人[15]对四川攀枝花地区的花岗岩石粉制备莫来石陶瓷材料进行了研究。实验以花岗岩石粉、粉煤灰、煤矸石和工业三氧化二铝为原料，通过混合研磨、压制成型、烧结等工艺流程，制备了莫来石陶瓷材料。花岗岩石粉占粉体总量为 30%，粉煤灰占 20%，煤矸石 20%，三氧化二铝占 30%时，成型压力为 15 KN、烧结温度为 1650℃，保温时间为 3 小时，得到较为理想的莫来石陶瓷材料，显气孔率为 9.47%，体积密度为 2.76 g/cm³，抗压强度为 27.81 MPa，线收缩率和体积收缩率分别为 -0.34%和-0.72%，耐酸性分别为 98.28%、94.16%。实现了以花岗岩石粉废料制备莫来石陶瓷。

4.3. 制备闭孔泡沫陶瓷

基于固废的高温发泡陶瓷隔墙板是一种新型墙体材料，在装配式建筑领域应用前景广阔。郑州大学的詹学武等人[21]以花岗岩废料为主要原料，SiC 为高温发泡剂，采用高温发泡的原理制备出了闭口气孔率达到 75%以上的发泡陶瓷。通过正交试验的方法优化了实验方案，在此基础上就工艺因素(制备工艺和热处理过程)和坯体组成(SiC 粒径和用量，花岗岩废料用量)对发泡陶瓷的组成，结构和性能的影响做了进一步的研究。其优化实验方案为：烧成温度为 1200℃，保温时间为 30 min，SiC 用量为 0.8 wt%和花岗岩废料量为 90 wt%。按照优化方案所得到的发泡陶瓷表观密度为 0.48 g/cm³，吸水率为 1.74%，抗压强度为 7.2 MPa，导热系数为 0.12 W/(m·K)。

5. 存在的问题

采用花岗岩石粉作为陶瓷生产的原料也存在一些问题,如不同采石场或不同石材加工厂采集的石粉往往是混合物,而且不同石材厂加工的石材类型可能不同,即使是同一个厂使用的石材类型也可能不断的变化,所以采集的石粉化学成分波动大,这将直接影响到产品烧结温度和产品颜色并造成产品质量不稳定,这是导致花岗岩石粉没有大量投入应用作为陶瓷生产的原料的主要原因。因此,使用石粉时要特别注意,要通过适当方法解决原料成分稳定性的问题[17]。

6. 结论

花岗岩作为地壳中常见的岩石,用途广泛,但石材的加工过程会产生大量的石粉等废弃物。由大量的文献资料可知,花岗岩石粉可以作为陶瓷生产的原料。通过采用不同的原料配比,控制不同的烧结条件可以生产出满足质量要求的不同种类的陶瓷材料。因此,花岗岩石粉替代部分的陶瓷生产原料如瓷石和黏土等,对解决陶瓷生产原料逐年减少的问题以及花岗岩废料的综合利用问题提供了一条有效的解决途径。

基金项目

本文获得以下项目支持:2020年度辽宁省教育厅科研项目“辽南地区废弃花岗岩石粉制备建筑用陶瓷的研究”(No. L2020lkyjc-04);营口市博士企业双创计划项目“营口地区废弃花岗岩石粉制备陶瓷材料的应用研究”;辽宁科技学院大学生创新创业项目“以花岗岩石粉为陶瓷原料的烧结机理研究”(No. 202111430079)。

参考文献

- [1] 乐昌硕. 岩石学[M]. 北京:地质出版社,1983:47-56.
- [2] 陈国能. 花岗岩成因:原地熔融与地壳演化[M]. 武汉:中国地质大学出版社,2009:1-20.
- [3] 百度百科. 花岗岩[EB/OL].
<https://baike.baidu.com/item/%E8%8A%B1%E5%B2%97%E7%9F%B3/99998?fr=aladdin>
- [4] 沈丽欢,钱琨,陈凯,等. 石粉废弃物综合利用技术研究现状[J]. 石材,2011(6):28-30.
- [5] 南宣. 南安石材废弃物治理取得实效[J]. 石材,2010(2):42-46.
- [6] 黄虎文,黄天助. 南安:全力治理“白色污染”[J]. 人民政坛,2006(10):24.
- [7] 余瑞清. 科学发展观的生动实践——福建南安循环经济成效显著[J]. 福建质量管理,2009(12):15-17.
- [8] 陈伟. 建筑涂料真石漆的研制进展[J]. 上海涂料,2002,40(3):21-22.
- [9] 毛宇晖,曾辉,邓锋. 利用花岗岩废料制作新型墙体材料[J]. 新型建筑材料,2008,35(9):32-34.
- [10] 蒋述兴,李龙,吴海林,等. 利用钾长花岗岩石材废料制备陶瓷釉料[J]. 桂林工学院学报,2009,29(4):517-520.
- [11] 刘家弟,高天广. 花岗石材粉末废料生产建筑砌墙砖的研究[J]. 矿产保护与利用,1999(6):50-52.
- [12] 中国石材物联网. 花岗石的多种分类及其结构特点[EB/OL].
<https://wenku.baidu.com/view/602f2b3c3968011ca3009128.html>,2013-05-18.
- [13] 裴德健,苍大强. 利用冶金渣制备硅钙基多元体系陶瓷的机理及应用研究[D]:[博士学位论文]. 北京:北京科技大学,2019.
- [14] 第五部分陶瓷材料的烧结[EB/OL].
<https://wenku.baidu.com/view/7efca4c58beb172ded630b1c59eef8c75fbf9588.html>,2020-12-30.
- [15] 王修昌. 利用花岗岩石粉等工业废弃物制备莫来石陶瓷材料的研究[D]:[硕士学位论文]. 昆明:昆明理工大学,2019:29.
- [16] 赵慧. 利用花岗岩石粉等工业废弃物制备地聚合物材料的研究[D]:[硕士学位论文]. 昆明:昆明理工大学,2008:14.

- [17] 李求忠, 颜桂炆. 花岗岩石粉用于研制建筑瓷砖的研究[J]. 宁德师范学院学报(自然科学版), 2014, 26(4): 399-401.
- [18] 吴海林, 蒋述兴. 花岗岩废料综合利用的现状[J]. 石材, 2007(7): 37-39.
- [19] Acchar, W., Vieira, F.A. and Hotza, D. (2006) Effect of Marble and Granite Sludge in Clay Materials. *Materials Science and Engineering A*, **419**, 306-309. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2006.01.021>
- [20] 吴剑锋. 花岗岩废料湿法浇注成型制备瓷质建筑陶瓷的研究[D]: [硕士学位论文]. 景德镇: 景德镇陶瓷学院, 2014: 3.
- [21] 詹学武. 基于花岗岩废料的闭孔发泡陶瓷制备与性能研究[D]: [硕士学位论文]. 郑州: 郑州大学, 2020: 5.