

煤矸石制备石微晶玻璃的研究

杜旭升 沈宝镜 韦菲飞 吴磊 张会娣

西安建筑科技大学设计研究总院有限公司 陕西 西安 710055

摘要: 本研究主要探讨了煤矸石制备微晶玻璃的相关内容。煤矸石作为一种煤炭开采产生的废弃物,其化学成分和矿物组成与微晶玻璃的生产原料相似。文中介绍了煤矸石与微晶玻璃的基础理论,包括煤矸石的化学成分、矿物组成以及微晶玻璃的基本特性与制备原理,详细阐述了微晶玻璃的种类与生产工艺,以及煤矸石的排放现状、环境影响和综合利用的挑战,重点讨论煤矸石制备微晶玻璃的研究进展、工业化验证、生产工艺优化和应用前景。提出政策支持、可持续发展策略、环境保护与社会责任等方面的建议,以期推动煤矸石制备微晶玻璃的产业化应用。

关键词: 煤矸制备石; 微晶玻璃; 生产工艺探索

1 煤矸石与微晶玻璃的基础理论

1.1 煤矸石的化学成分与矿物组成

煤矸石是煤炭采掘和洗选过程中产生的废渣,其排放量随煤炭的大规模开发使用而逐年递增。煤矸石的化学成分复杂,主要由硅酸盐、铝酸盐以及氧化物等组成。其中, SiO_2 (二氧化硅)和 Al_2O_3 (三氧化二铝)是煤矸石中最主要的化学成分, SiO_2 的含量通常在30%~60%之间,而 Al_2O_3 的含量则在20%~40%之间。另外,煤矸石中还含有一定量的 Fe_2O_3 (三氧化二铁)、 CaO (氧化钙)、 TiO_2 (二氧化钛)、 K_2O (氧化钾)等多种氧化物,这些成分共同构成了煤矸石的复杂化学组成。从矿物组成来看,煤矸石中包含了多种矿物种类。其中,铝土矿是煤矸石中 Al_2O_3 的主要来源,主要以一水铝石和三水铝石的形式存在。硅酸盐类矿物则以石英、正长石和普通辉石为主,石英在硅酸盐类矿物中含量最高。煤矸石中还含有黏土矿物,如蒙脱石、高岭石和水白云母等,这些黏土矿物富含 SiO_2 和 Al_2O_3 。另外,煤矸石中还含有少量的碳酸盐类矿物,如方解石、白云石与菱铁矿等。煤矸石中的这些化学成分和矿物组成,为其资源化利用提供了可能性。特别是 SiO_2 和 Al_2O_3 这两种主要化学成分,与微晶玻璃的生产原料具有很高的相似性,使得煤矸石成为制备微晶玻璃的重要原料之一^[1]。

1.2 微晶玻璃的基本特性与制备原理

微晶玻璃是一种由适当组成的玻璃颗粒经过烧结与晶化处理,制成的由结晶相和玻璃相组成的质地坚硬、密实均匀的复相材料。微晶玻璃的制备原理主要是通过控制玻璃体的热处理过程,使玻璃体内均匀地析出大量细小的晶体,从而形成微晶相和玻璃相均匀分布的复合材料。这些晶体通常尺寸小于0.1微米,且晶体含量可达50%~90% (体积)。这种结构使得微晶玻璃具有比陶瓷

更高的亮度和比玻璃更强的韧性,因此被广泛应用于建筑幕墙、室内高档装饰、机械结构材料、电子电工绝缘材料等多个领域。在制备微晶玻璃的过程中,原料的选择和热处理制度的制定是至关重要的。煤矸石作为一种富含 SiO_2 和 Al_2O_3 的原料,非常适合用于制备微晶玻璃。

2 微晶玻璃的种类与生产工艺探索

2.1 微晶玻璃简介

微晶玻璃,又称玻璃陶瓷,是一种独特的新型材料,通过将特定组成的基础玻璃在加热过程中控制晶化制得。在建筑装饰领域,微晶玻璃以其新兴绿色装饰材料的身份,广泛应用于室内外装饰和艺术景观的装饰装修。在工业领域,它作为新型无机非金属材料,用于防腐、耐磨领域,成为金属材料的理想替代品。在生物医学、航空航天、电子及光学等领域,微晶玻璃也发挥着不可替代的作用。与陶瓷和玻璃相比,微晶玻璃的结构和性能具有独特性。其晶相是通过玻璃微晶化过程中的成核和晶体生长产生的致密材料,而陶瓷材料中的晶相则大多是通过固相反应或组分直接引入的。同时,微晶玻璃由微晶体 (尺寸为0.1~0.5 μm) 和残余玻璃组成的复相材料,与玻璃的非晶态结构截然不同。这种独特的结构赋予了微晶玻璃许多优异的性能,如高软化温度、热稳定性、化学稳定性、机械强度和硬度等,甚至具有一些特殊性能。

2.2 微晶玻璃种类

2.2.1 压延法 (熔融法) 微晶玻璃

压延法 (熔融法) 微晶玻璃利用尾矿、矿渣等固体废弃物作为核心原料,借由压延工艺成型为平板微晶玻璃。此类产品主要应用于建筑装饰领域,同时也在化工行业中展现出耐磨、耐腐蚀的优越性能。压延法的特点在于其连续挤压成型能力,确保了高效率的生产,但

所生产的制品在表面花纹上相对单一,且对晶化处理设备有着较高的要求。尽管如此,该生产流程及所产产品的性能却完全符合现代绿色生态建材的市场需求。在生产环节中,除了石英砂、石灰石、长石等传统矿物原料外,还融入了粉煤灰、钢渣、高岭土尾矿等工业废料。整个过程无有害气体排放,边角余料可回收再利用,水资源亦实现循环使用,实现了固废、废水零排放。产品本身具备无放射性、抗污不吸菌等特性,为环境保护、节能减排及美化居住环境做出了积极贡献。

2.2.2 烧结法微晶玻璃

烧结法微晶玻璃装饰板具有自然光泽和清晰纹理,质地均匀细腻,色调纯正,颜色多样,可任意组合配色。这种微晶玻璃无色差、无放射性污染,耐风化、耐磨、抗压等理化性能指标均优于天然花岗岩,远高于天然大理石。因此,它可用作建筑物的内、外墙及地面、楼梯的饰面材料。经过不断研究和探索,烧结法微晶玻璃的工艺技术已经成熟,配套装备日益完善,生产过程容易控制,产品质量稳定。

2.2.3 浮法微晶玻璃

浮法玻璃生产技术的发明为平板玻璃的大规模、标准化生产奠定了基础。浮法生产具有高效、优质、规模灵活、质量均质等优点。对于微晶玻璃生产来说,浮法生产便于在线晶化,能够实现连续化生产,提高工作效率。微晶玻璃的特殊组成给浮法生产工艺带来了挑战。由于微晶玻璃容易析晶,如果温度控制不当,晶体可能在进入锡槽前的某个部位析出,影响生产的连续性。同时,微晶玻璃料性较短,成型温度较高,对锡槽及耐火材料提出更高要求。高温环境下,锡液的氧化、挥发加剧,甚至可能与玻璃板材发生反应,导致生产过程中的不稳定性和产品质量的下降^[2]。

随着技术的不断进步,浮法微晶玻璃的生产工艺和设备也在不断升级和完善。例如,通过引入先进的自动化控制系统和智能化检测技术,实现了对生产过程的精确控制和实时监测,进一步提高了生产效率和产品质量。同时,新型耐火材料和环保技术的应用也降低了生产过程中的能耗和排放,符合了当今社会对绿色生产和可持续发展的要求。

3 煤矸石排放现状及其环境影响

3.1 煤矸石排放现状

煤矸石作为煤炭开采和洗选过程中产生的固体废弃物,其排放量和堆存量在我国均居工业固体废物之首。随着国家对绿色发展、生态优先理念的深入贯彻,煤矸石的综合利用问题再次成为社会关注的焦点。据统计,

我国煤炭生产每年产生煤矸石固体废弃物,其占比介于煤炭生产量的10%至25%之间,年排放量惊人,超过8亿吨。同时,长期积累下的煤矸石堆存量已攀升至50至60亿吨,遍布全国的煤矸石山数量多达1900余座。这些堆积如山的煤矸石不仅侵占了大量宝贵的土地资源,更严重地,它们对周围的环境构成了不可忽视的污染威胁。

3.2 煤矸石的环境影响

煤矸石的环境影响主要表现在对地下水、空气和土壤的污染上。由于煤矸石中含有残煤、碳质泥岩等可燃物质,长期露天堆积后易发生自燃,排放出大量有害气体,如二氧化硫、氮氧化物等,严重污染空气。另外,煤矸石中的有害物质还可能通过雨水淋溶作用渗入地下水系统,对地下水水质造成污染^[3]。煤矸石堆场还可能成为酸雨形成的源头,进一步加剧环境污染。在土壤方面,煤矸石的风化、淋溶和渗滤作用会导致土壤酸化、盐渍化和重金属污染,对土壤生态系统和农作物生长构成威胁。

3.3 煤矸石综合利用的现状与挑战

尽管煤矸石是一种潜在的资源,但由于其综合利用难度较大,我国煤矸石的综合利用率仍不足其排放量的15%。煤矸石的综合利用面临诸多挑战,如缺乏高效的处理技术和设备、市场需求有限、资金和政策支持不足等。随着国家对资源循环利用和环境保护的重视程度的提高,以及煤矸石综合利用技术的不断进步,煤矸石的综合利用前景日益广阔。将煤矸石用于制备微晶玻璃等新型材料,不仅有助于解决煤矸石的环境污染问题,还能实现资源的有效利用和经济的可持续发展。

4 煤矸石制备微晶玻璃的研究进展与工业化验证

4.1 微晶玻璃简介与种类

微晶玻璃(glass-ceramic),又称玻璃陶瓷,是一种将特定组成的基础玻璃在加热过程中通过控制晶化而制得的多晶固体材料。微晶玻璃具有优异的物理、化学性能和独特的微观结构,被广泛应用于建筑装饰、工业防腐、生物医学、航空航天、电子和光学等领域。根据制备方法和原料的不同,微晶玻璃可分为压延法(熔融法)微晶玻璃、烧结法微晶玻璃和浮法微晶玻璃等多种类型。

4.2 煤矸石制备微晶玻璃的研究进展

近年来,随着煤矸石综合利用技术的不断进步,利用煤矸石制备微晶玻璃的研究取得了显著进展。研究人员通过对煤矸石的化学成分、矿物组成和微观结构进行深入分析,设计了以煤矸石为主要原料的微晶玻璃配方。通过调整煤矸石的用量和添加适量的辅助原料,结

合特定的熔制、成型和热处理工艺，成功制备出性能优异的煤矸石基微晶玻璃。这些微晶玻璃不仅具有高强度、高硬度、高热稳定性和化学稳定性等优良性能，还具有良好的环保性能和可加工性，为煤矸石的高值化利用提供了新的途径。

4.3 工业化验证与生产工艺优化

为了验证煤矸石制备微晶玻璃的工业化可行性，研究人员进行了小样生产、中试生产和大线生产三个阶段的验证。在小样生产阶段，通过不断调整和优化配方及工艺参数，获得了性能稳定的煤矸石基微晶玻璃样品。在中试生产阶段，进一步验证了生产工艺的可行性和稳定性，并对生产设备进行了必要的改进和优化。在大线生产阶段，成功实现了煤矸石基微晶玻璃的连续化、规模化生产，并形成了完整的生产工艺流程和质量控制体系；在工业化验证过程中，特别关注了煤矸石的用量对微晶玻璃性能的影响。通过对比不同煤矸石用量下制备的微晶玻璃的性能指标，发现煤矸石的用量在一定范围内对微晶玻璃的性能具有显著影响。在保证微晶玻璃性能的前提下，通过优化配方和工艺参数，实现了煤矸石用量的最大化，从而提高了煤矸石的综合利用率和经济效益。另外，在工业化验证过程中还关注了原料的处理和加工对微晶玻璃性能的影响。通过对煤矸石进行预处理和加工，如破碎、筛分、磁选等，提高了原料的纯净度和均匀性，有利于制备出性能更好的微晶玻璃。对熔制、成型和热处理等关键工艺环节进行了深入研究和优化，确保了微晶玻璃的质量和性能的稳定性和可靠性^[4]。

4.4 煤矸石制备微晶玻璃的应用前景

煤矸石制备微晶玻璃作为一种新型的环保材料，具有广阔的应用前景。在建筑装饰领域，煤矸石基微晶玻璃可以作为高档装饰材料使用，满足人们对美观、环保和耐用的需求。在工业领域，煤矸石基微晶玻璃可以作为防腐、耐磨材料使用，替代传统的金属材料，降低生产成本和环境污染；在生物医学、航空航天等领域也具有潜在的应用价值。

4.5 政策支持与可持续发展策略

为了促进煤矸石制备微晶玻璃的产业化应用，政策

的支持和引导至关重要。政府应出台相关政策，鼓励和支持煤矸石等固体废弃物的综合利用，特别是将其转化为高附加值的新型材料。这包括提供税收优惠、资金补贴、技术支持和市场推广等方面的政策扶持。为了实现煤矸石制备微晶玻璃的可持续发展，需要采取一系列策略。首先，应加强煤矸石资源的调查和评价，了解其分布、储量和利用潜力，为合理开发和利用提供科学依据。其次，应建立完善的煤矸石收集、运输、储存和预处理体系，确保原料的质量和稳定性。另外，还需要加强技术创新和研发，不断提高煤矸石制备微晶玻璃的技术水平和生产效率，降低成本，提高市场竞争力。在市场推广方面，应积极开展宣传和教育活动，提高公众对煤矸石基微晶玻璃的认知度和接受度。通过展示其优异的性能和环保优势，引导消费者和企业选择这种新型材料。

结束语

综上所述，煤矸石制备微晶玻璃具有显著的环境效益和经济效益，是解决煤矸石环境污染问题、实现资源有效利用的重要途径。通过不断优化生产工艺和技术参数，提高煤矸石的综合利用率和微晶玻璃的性能，可以进一步拓展其应用领域和市场空间。未来，随着政策的支持和技术的不断创新，煤矸石制备微晶玻璃的产业化应用前景将更加广阔，为实现绿色发展和可持续发展目标作出更大贡献。

参考文献

- [1] 杨小晗, 孙文岳, 曾义, 等. 氧化铜添加对氧化铝微晶陶瓷结构与性能的影响[J]. 建材世界, 2024, 45(02): 1-6.
- [2] 罗冰, 张淑君, 石丽, 等. 煤矸石直接烧结法制备微晶玻璃[J]. 矿产保护与利用, 2022, 42(4). DOI: 10.13779/j.cnki.issn1001-0076.2022.04.013.
- [3] 张伟龙, 刘刚. 煤矸石资源化利用技术研究新进展[J]. 陕西煤炭, 2022, 41(5). DOI: 10.3969/j.issn.1671-749X.2022.05.032.
- [4] 管艳梅, 陈伟, 孙道胜. 利用磷渣和煤矸石制备建筑微晶玻璃的研究[J]. 陶瓷学报, 2020, 41(1): 88-92. DOI: 10.13957/j.cnki.txcb.2020.01.014.