耐火砖材料的循环利用与资源化利用技术研究

于振江[1] 肖 涛[2]
1 营口市谦芮钢材制品有限公司，辽宁 营口 115100
2 辽宁中镁高温材料有限公司，辽宁 大石桥 115100

[摘要]随着工业化进程的不断推进和经济的快速发展，耐火材料作为重要的工业原材料，在各种高温工业领域中发挥着不可替代的作用。然而，随着耐火材料的广泛应用和大规模生产，废弃耐火材料的处理和资源化利用问题日益突显。特别是碱性镁质耐火砖作为一种常见的耐火材料，在使用过程中产生的大量废弃材料给环境带来了不小的压力。文章探讨碱性镁质耐火砖的资源化利用技术，包括废弃砖材料特性分析、回收加工方法、再生制备新材料以及工艺优化等方面，为推动碱性镁质耐火砖资源化利用技术的发展提供理论指导和技术支持。

[关键词]耐火砖；循环利用；技术
DOI：10.33142/ec.v7i4.11630 中图分类号：X75 文献标识码：A

Research on Recycling and Resource Utilization Technology of Refractory Bricks Materials

YU Zhenjiang[1], XIAO Tao[2]
1 Yingkou Qianrui Steel Products Co., Ltd., Yingkou, Liaoning, 115100, China
2 Liaoning Zhongmei High Temperature Materials Co., Ltd., Dashiqiao, Liaoning, 115100, China

Abstract: With the continuous advancement of industrialization and rapid economic development, refractory materials, as important industrial raw materials, play an irreplaceable role in various high-temperature industrial fields. However, with the widespread application and large-scale production of refractory materials, the problem of treatment and resource utilization of waste refractory materials is becoming increasingly prominent. Especially as a common refractory material, alkaline magnesia refractory bricks generate a large amount of waste materials during use, which brings considerable pressure to the environment. The article explores the resource utilization technology of alkaline magnesia refractory bricks, including the analysis of waste brick material characteristics, recycling processing methods, regeneration preparation of new materials, and process optimization, providing theoretical guidance and technical support for promoting the development of resource utilization technology of alkaline magnesia refractory bricks.

Keywords: refractory bricks; recycling; technology

引言

随着工业化进程的不断加速和经济的快速增长，耐火材料作为关键的工业原材料，在高温工业领域中扮演着至关重要的角色。而在耐火材料的广泛使用和大规模生产过程中，废弃耐火材料所带来的环境问题日益突显。尤其是碱性镁质耐火砖作为常见的耐火材料之一，在使用过程中会产生大量废弃材料，给环境带来不可忽视的压力。这些废弃碱性镁质耐火砖，如果没有有效处理和利用，往往会成为环境污染的源头，同时也意味着对原材料的浪费。因此，寻找可行的资源化利用技术，将废弃碱性镁质耐火砖转化为可再生资源，不仅能有效减少环境污染，还能为资源节约和可持续发展作出贡献。

1 碱性镁质耐火材料的特点与应用前景

碱性镁质耐火材料以其独特的特点在工业领域中发挥着重要作用。高温稳定性是其显著特点之一，能够在高温环境下保持结构稳定，不易受到热震和化学侵蚀的影响。其次，碱性镁质耐火材料具有优良的抗碱性能，这使得它们在碱性介质中具有良好的耐蚀性，可广泛应用于玻璃窑炉、水泥窑炉等工业设备中。此外，碱性镁质耐火材料还具有良好的热导率和导热性能，能够有效地传导和分散炉内的热量，提高设备的热效率和工作效率。随着工业技术的不断发展和对高温耐火材料性能要求的提高，碱性镁质耐火材料的应用前景将更加广阔。未来，随着对高温、高耐火材料需求的增加，碱性镁质耐火材料将在钢铁、有色金属、建材等行业中得到更广泛的应用，为工业生产提供更加可靠的保障。

2 碱性镁质耐火砖的制备工艺

2.1 镁质原料的选择与性质分析

在碱性镁质耐火砖的制备中，镁质原料的选择直接影响到最终产品的质量和性能。常见的镁质原料包括轻烧镁、碳酸镁和蛇纹石等。轻烧镁具有高纯度、颗粒结构均匀的特点，因此被广泛应用于耐火材料的制备。其优点在于在高温下仍能保持稳定的结构，抵抗热震和化学侵蚀，适用于高温工业环境。碳酸镁和蛇纹石等原料成本较低，但相对而言含杂质较多，因此需要经过精细加工和处理。在选择镁质原料时，需综合考虑其化学成分、晶体结构以及热

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

学性质等因素，以确保最终产品具有稳定的性能和优异的耐火性能。

2.2 碱性镁质耐火砖的制备方法

浸渍法将镁质原料浸泡于含有特定添加剂的溶液中，通过吸附和渗透作用使得添加剂均匀分布在原料颗粒表面，具有致密的结构和良好的性能表现。制备过程简单，易于控制，且能够在砖体表面形成均匀的添加剂涂层，提高了耐火砖的抗渣、抗碱等性能。此外，浸渍法还可以实现对砖体微观结构和晶体组织的精细调控，进一步提升了碱性镁质耐火砖的整体性能。压制成型与烧结工艺是制备碱性镁质耐火砖的重要方法之一。在原料配制阶段，需要选择合适的镁质原料，并根据需要添加适量的结合剂和其他辅助材料。在成型过程中，通过模具对混合料进行压制，使其形成所需尺寸和形状的砖坯。压制成型的关键在于控制压力和成型速度，以确保砖坯的密实度和均匀性，从而保证最终产品的质量。成型完成后，砖坯需要进行干燥处理。干燥的目的是去除砖坯中的水分，防止在烧结过程中出现裂纹和变形。将干燥后的砖坯放入烧窑进行高温烧结。烧结过程是整个制备工艺中最关键的环节之一，其目的是使砖坯中的各种成分在高温下发生化学反应，形成稳定的晶体结构，从而赋予耐火砖优异的耐火性能。

2.3 耐火砖结构与性能调控策略

2.3.1 添加剂调控结构

在碱性镁质耐火砖的制备过程中，添加剂的选择和控制对砖体的结构和性能具有至关重要的作用。添加剂是通过改变原料的化学成分和晶体结构，调控砖体的微观组织和孔隙结构，从而影响其耐火性能和耐用性。通过添加适量的稳定剂和结晶控制剂，可以有效地防止晶粒的长大和析晶，提高砖体的热稳定性和抗热震性能。通过添加适量的填充剂和膨胀剂，可以有效地填充和密实砖体的孔隙，降低砖体的气孔率，提高其导热性能和耐火性能。通过添加适量的抗腐蚀剂和抗碱剂，可以有效地防止砖体受到高温气氛和化学介质的侵蚀，提高其耐腐蚀性能和化学稳定性。

2.3.2 工艺参数对性能的影响

在碱性镁质耐火砖制备的过程中，工艺参数的选择和控制对最终产品的性能具有重要影响。适当的烧结温度能够促进原料颗粒之间的结合，提高砖体的致密度和机械强度。然而，过高的烧结温度可能导致晶粒长大过快，从而降低砖体的抗热震性能。因此，在制备过程中需要根据具体材料的特性和要求，精确控制烧结温度，以获得最佳的砖体性能。适当延长的烧结时间有助于保证砖体内部结构的均匀性和稳定性，提高其耐火度和耐碱性能。然而，过长的烧结时间可能会导致能耗增加、生产效率降低，因此需要在保证产品质量的前提下，合理控制烧结时间，实现经济高效的生产。适当的压制压力可以促进原料颗粒之间的紧密结合，提高砖体的密度和机械强度，从而提高其耐火度和抗渣性能。

3 耐火砖材料的循环利用与资源化利用技术研究

3.1 循环利用技术概述

3.1.1 废弃耐火砖的回收与处理方法

在废弃耐火砖的回收过程中，常用的方法包括破碎、粉碎、分选等。通过机械设备对废弃耐火砖进行破碎或粉碎，将其分解成较小的颗粒或粉末，利用筛选、气流分离等方法对颗粒进行分选，分离出不同粒度的材料，对于含有有害物质的废弃耐火砖，还需要进行特殊处理，如化学清洗、热处理等，以确保处理后的材料达到安全环保的要求。在废弃耐火砖的处理过程中，将处理后的废弃耐火砖作为原料用于新材料的生产。通过添加合适的助剂和控制工艺参数，可以将废弃耐火砖与其他原料混合，制备成新型耐火材料或建筑材料，如再生耐火砖、再生混凝土等，用于建筑、冶金等领域。另一种方法是将废弃耐火砖进行热处理，提取其中的有价值物质，如铁、铝等金属，或者将其转化为粉煤灰、矿渣等替代原料，用于水泥生产或土壤改良等用途。除了以上方法外，还可以考虑将废弃耐火砖作为填料用于路基建设、填埋场覆盖等，实现简单有效的处理和利用。

3.1.2 资源化利用技术综述

在资源化利用技术中，常见的方法包括热处理、化学处理、物理处理等。热处理通过高温处理废弃耐火砖，可以将其转化为粉煤灰、矿渣等替代原料。化学处理通过化学方法可以提取废弃耐火砖中的有价值金属或化合物，如铁、铝等，进而实现资源的回收利用。例如，采用浸出法、萃取法等将废弃耐火砖中的金属成分提取出来，再进行精炼和加工，可以得到高纯度的金属产品，实现了废弃耐火砖中有价值物质的再利用。物理处理通过物理方法对废弃耐火砖进行处理，可以实现其再生利用。例如，利用振动筛、磁选机等设备对废弃耐火砖进行筛分、磁选等，可以得到不同颗粒大小和成分的材料，从而用于不同领域的利用。

3.2 关键技术研究与工艺优化

3.2.1 废弃耐火砖材料处理工艺优化

废弃耐火砖材料处理工艺的优化是实现循环利用与资源化利用的关键环节。首先，针对废弃耐火砖的特性和处理需求，需要设计合适的处理工艺流程，包括破碎、粉碎、筛分、磁选等环节，每一步都需要精确控制，确保处理过程高效、环保。其次，需要选择合适的处理设备和工艺参数。例如，在破碎和粉碎环节，应选择适合废弃耐火砖特性的破碎机、粉碎机，并控制合适的转速、压力等参数，以保证颗粒粒度的均匀性和稳定性。同时，对于含有有害物质的废弃耐火砖，还需要采取特殊的化学处理方法，如酸碱浸出、焙烧等，将有害物质转化或分解为无害物质，确保处理后的材料达到环保标准。另外，废弃耐火砖材料处理工艺的优化还包括工艺流程的简化和能耗的降低。通

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

过优化工艺流程，减少处理步骤和能耗，可以提高处理效率，降低生产成本。

3.2.2 循环利用工艺中的关键技术探讨

在循环利用工艺中，关键技术包括以下几个方面：①废弃耐火砖材料的高效回收和分离技术。有效的回收和分离技术可以提高原材料的回收率，降低资源浪费。例如，采用振动筛、气流分选等技术，可以实现对废弃耐火砖的颗粒分选，分离出不同粒度和成分的材料，为后续利用提供多样化的原料选择。②废弃耐火砖材料的再生利用技术。再生利用技术是将废弃耐火砖转化为新型材料或产品的关键。例如，通过合理的配方设计和工艺控制，可以将废弃耐火砖与其他原料混合，制备成新型耐火材料或建筑材料，如再生耐火砖、再生混凝土等，用于建筑、冶金等领域。另外，还可以利用热处理技术将废弃耐火砖转化为粉煤灰、矿渣等替代原料，用于水泥生产或土壤改良等领域。③废弃耐火砖材料的环保处理技术。在循环利用过程中，需要充分考虑环境保护的要求，采取有效的措施减少对环境的影响。例如，可以采用高效的废气处理设备、废水处理技术等，将废弃耐火砖处理过程中产生的废气、废水等污染物进行有效处理，确保处理过程符合环保标准。

4 碱性镁质耐火砖的资源化利用技术研究

4.1 废弃碱性镁质耐火砖的特性分析

废弃碱性镁质耐火砖是在高温和恶劣环境下使用后被淘汰或损坏的耐火材料。废弃碱性镁质耐火砖具有优异的耐火性能，其主要成分为氧化镁和碱性氧化物，使其在高温下仍能保持稳定的结构和性能。废弃碱性镁质耐火砖的化学成分相对复杂，可能含有氧化镁、氧化钙、氧化铁等多种元素，这些成分的含量和比例对其性能产生影响。废弃碱性镁质耐火砖可能受到使用环境和工艺条件的影响而发生烧损、热震裂纹等情况，导致其性能下降。因此，通过对废弃碱性镁质耐火砖的特性进行详细分析，可以为后续的资源化利用提供重要参考。深入了解其化学成分、晶体结构和微观结构等方面的特性，有助于选择合适的处理方法和利用途径，最大限度地实现资源的再利用和环境的保护。

4.2 资源化利用途径探索

4.2.1 废弃碱性镁质耐火砖材料的回收与加工

废弃碱性镁质耐火砖的回收与加工是实现资源化利用的关键步骤。收集后的废弃砖材需要经过初步的清理和筛选，去除杂质和异物，为后续加工提供干净的原料。接下来是加工阶段，废弃碱性镁质耐火砖通常采用破碎、粉碎等物理加工方法，将大块的废砖材料破碎成颗粒或粉末状，以便后续处理和利用。在破碎或粉碎过程中，需要控制破碎机或粉碎机的参数，如转速、压力等，以保证加工效率和产品质量。另外，还可以采用筛分、气流分选等技术，将加工后的废砖材料进行分级和筛选，分离出不同粒度和成分的材料，为后续利用提供多样化的原料选择。

4.2.2 利用废弃耐火砖材料再生制备新材料

利用废弃耐火砖材料再生制备新材料通过合理的工艺和配方设计，将废弃耐火砖与其他适宜的原料混合，经过成型、烧结等工艺步骤，制备成具有一定性能和用途的新型材料。在再生制备新材料的过程中，需要考虑废弃耐火砖的特性和性能，以及目标产品的要求。根据废弃耐火砖的化学成分、晶体结构、孔隙结构等特性，选择合适的原料配比和工艺参数，以确保最终产品具有良好的性能和稳定的质量。通过混合、搅拌等工艺步骤，将废弃耐火砖与其他原料充分混合均匀，形成均一的料浆或混合料。在混合过程中，可以适当添加助剂或改性剂，调节原料配比，以改善混合性能和产品性能。将混合料进行成型，常用的成型方法包括挤压成型、压制成型、注塑成型等。通过成型工艺，将混合料成型成符合要求的形状和尺寸，为后续烧结工艺做好准备。将成型后的产品进行烧结。烧结工艺是整个制备过程中的关键步骤，通过高温烧结可以使原料中的颗粒结合成整体，形成坚固的新材料。在烧结过程中，需要控制好烧结温度、保持合适的保温时间，确保产品的结构和性能得到良好的保证。

4.3 工艺优化与性能改进

4.3.1 工艺参数优化与控制策略

在资源化利用废弃碱性镁质耐火砖制备新材料的过程中，工艺参数的优化与控制策略至关重要。针对原材料的性质和要求，合理选择和控制工艺参数。例如，成型工艺中的压力、温度、速度等参数，以及烧结工艺中的烧结温度、保温时间等参数都需要经过系统的优化和调整。对工艺参数的优化，可以实现产品的高效生产和良好的性能表现。例如，在成型工艺中，通过调整压力和温度等参数，可以控制产品的密实度和成型精度；在烧结工艺中，控制烧结温度和保温时间，可以调节产品的结晶度和机械强度等性能指标。采用自动化控制系统和在线监测设备，可以实时监测和调整工艺参数，保证产品质量的稳定性和一致性。

4.3.2 材料性能改善与工艺优化

在废弃碱性镁质耐火砖材料的再生利用过程中，材料性能改善与工艺优化是至关重要的。合理的配方设计和工艺优化，可以有效改善材料的性能。例如，可以添加适量的助剂或改性剂，调节材料的成分比例和结构，以提高材料的强度、耐磨性、耐腐蚀性等性能指标。同时，通过优化工艺流程和控制参数，提高生产过程中的稳定性和一致

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

性，确保产品质量的稳定性和可靠性。在配方设计和工艺优化过程中，应尽量选择环保、可再生的原料和添加剂，减少对环境的影响。同时，通过提高生产效率和降低能源消耗，实现资源的有效利用，降低生产成本，提高经济效益。引进先进的生产设备和技术，加强工艺流程的自动化和智能化，提高生产过程的精度和稳定性，实现对材料性能和生产质量的有效控制和提升。

5 结语

在资源化利用碱性镁质耐火砖的研究中，通过对废弃耐火砖材料的充分利用，不仅可以有效降低资源浪费，减少环境污染，还能推动循环经济的发展，实现资源的可持续利用和循环利用。未来，深化对碱性镁质耐火砖资源化利用技术的研究，不断提升技术水平和创新能力，为推动工业生产的绿色可持续发展做出更大的贡献。同时，加强产学研合作，促进科技成果的转化和应用，将科研成果转化为实际生产力，推动我国耐火材料产业的高质量发展。

[参考文献]

[1]秦杰.耐火砖自动液压机关键技术分析[J].机电工程技术,2020,49(12):199-202.
[2]佚名.预计 2031 年耐火砖市场将达到 36 亿美元[J].江西建材,2021(12):215.
[3]李恒.裂解炉衬里耐火砖开裂原因分析及对策[J].乙烯工业,2022,34(2):12-14.

作者简介：于振江（1989.6—），学历：本科，专业：无机非金属材料工程。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.