The Effect of Addition of Manganese Oxide on the Sintering Behavior, Microstructure, Mechanical Properties, and Hydration Resistance of Doloma Refractories

Akbar Davoodi*

Department of Materials Science and Engineering, School of Engineering, Meybod University, Meybod, Iran
* Corresponding author, Email: davoodi@meybod.ac.ir

ABSTRACT

Introduction and Objectives: Despite their favorable compatibility with basic slags, doloma refractories face application limitations because of their susceptibility to hydration and vulnerability to thermal shock. This study aimed to investigate the effect of addition of manganese oxide (MnO_2) on the sintering, microstructural evolution, and functional properties of doloma refractories and to determine the optimum additive range.

Materials and Methods: Samples containing 0, 0.5, 1, 1.5, 2, and 2.5 wt. % MnO_2 were shaped under a pressure of 160 MPa and sintered at 1750 °C. Density, apparent porosity, cold compressive strength, thermal shock resistance, and hydration resistance were evaluated. Phase and microstructural changes were characterized using X-ray diffraction (XRD) and scanning electron microscopy (SEM), respectively.

Results: Bulk density increased from 3.11 to 3.21 g/cm³, while apparent porosity decreased from 7.1 % to 4.2 % with increasing MnO_2 content. Cold compressive strength increased from 47.3 to 58.8 MPa, reaching its maximum at 2 wt. % MnO_2. The residual flexural strength ratio after three thermal shock cycles increased to 47.59 % at 1.5 wt. % MnO_2. In addition, the mass gain after 10 days of hydration decreased from 3.37 % to 2.19 %. Microstructural observations revealed increased densification, reduced pore content, and enhanced development of sintering necks in the presence of MnO_2.

Conclusion: Controlled addition of MnO_2 improved the performance of doloma refractories through enhanced sintering and microstructural evolution. However, the optimum content of additive differed among the evaluated properties, indicating a balance between densification and thermal shock stability.

Keywords: Doloma refractory, Manganese oxide, Sintering, Microstructural evolution, Hydration resistance, Thermal shock resistance, Cold compressive strength.

نسخه پیش از انتشار

تأثیر افزودن اکسید منگنز بر تف‌جوشی، ریزساختار، خواص مکانیکی و مقاومت به هیدراته‌شدن دیرگداز دولومیتی

اکبر داودی جمالویی*

گروه مهندسی مواد، دانشکده مهندسی، دانشگاه میبد، میبد، ایران

***نویسنده مسئول، پست الکترونیکی: davoodi@meybod.ac.ir**

نسخه پیش از انتشار

چکیده

مقدمه و اهداف: دیرگدازهای دولومیتی به‌رغم سازگاری مطلوب با سرباره‌های قلیایی، به‌دلیل حساسیت به هیدراته‌شدن و آسیب‌پذیری در برابر شوک حرارتی، با محدودیت‌هایی در کاربرد مواجه‌اند. هدف این پژوهش، بررسی اثر افزودن اکسید منگنز (MnO_2) بر تف‌جوشی، تکامل ریزساختار، خواص عملکردی دیرگداز دولومیتی و تعیین محدوده بهینه افزودنی است.

مواد و روش‌ها: نمونه‌های حاوی ۰، ۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲ و ۲/۵ wt. % MnO_2 پس از شکل‌دهی تحت فشار ۱۶۰ MPa، در دمای ۱۷۵۰ °C تف‌جوشی شدند. چگالی، تخلخل ظاهری، استحکام فشاری سرد، مقاومت به شوک حرارتی و مقاومت به هیدراته‌شدن اندازه‌گیری شد. تغییرات فازی و ریزساختاری نیز به‌ترتیب با استفاده از پراش پرتو ایکس و میکروسکوپ الکترونی روبشی بررسی گردید.

یافته‌ها: با افزایش MnO_2، چگالی از ۳/۱۱ به ۳/۲۱ gr/cm^3 افزایش و تخلخل ظاهری از ۷/۱ به ۴/۲ درصد کاهش یافت. استحکام فشاری سرد از ۴۷/۳ به ۵۸/۸ MPa افزایش یافت و در ۲ wt. % به بیشینه رسید. نسبت مقاومت خمشی باقیمانده پس از سه چرخه شوک حرارتی در ۱/۵ به ۴۷/۵۹ wt. % درصد افزایش یافت. همچنین، افزایش جرم پس از ۱۰ روز هیدراته‌شدن از ۳/۳۷ به ۲/۱۹ درصد کاهش یافت. بررسی ریزساختاری، متراکم‌ترشدن ساختار، کاهش حفرات و توسعه گردنه‌های تف‌جوشی را در حضور MnO_2 نشان داد.

نتیجه‌گیری: افزودن کنترل‌شده MnO_2 با بهبود تف‌جوشی و تکامل ریزساختار، عملکرد دیرگداز دولومیتی را ارتقا داد؛ بااین‌حال، مقدار بهینه افزودنی برای خواص مختلف یکسان نبود. این یافته، وجود یک تعادل میان متراکم‌شدن و پایداری در برابر شوک حرارتی را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: دیرگداز دولومیتی، اکسید منگنز، تف‌جوشی، تکامل ریزساختار، مقاومت به هیدراته‌شدن، مقاومت به شوک حرارتی، استحکام فشاری سرد.