

Tesista: Sebastián Gass

Título al que aspira: Doctor en Ciencia de Materiales, UNMdP

Tema: “Efecto de las variables composicionales críticas en el comportamiento termomecánico de refractarios de MgO-C”

Directora: Dra. Analía G. Tomba Martínez

Co-director: Dr. Pablo Galliano

Lugar de Trabajo: Facultad de Ingeniería, UNMdP

Fecha de Defensa: 23 de agosto de 2019

Jurados:

Dr. Raúl Topolevsky (Instituto Tecnológico de Buenos Aires)

Dra. Elena Brandaleze (UTN- Facultad Regional San Nicolás)

Dr. Alberto Scian (CDS, CONICET – UNLP)

Resumen

Los ladrillos refractarios de MgO-C, desde su aparición en el mercado en los '80 hasta la actualidad, se han convertido en un insumo indispensable en los procesos de obtención del acero. Sus características, adaptadas a la química de los procesos siderúrgicos, y sus excelentes propiedades térmicas y mecánicas, hicieron de esta combinación óxido-carbono un producto de uso extendido como revestimiento refractario de distintos recipientes siderúrgicos. Aun cuando estos materiales han sido extensamente investigados, existen cuestiones que todavía son tema de discusión, y otras que han sido escasamente abordadas. De aquí que continúe el interés por la generación de conocimiento básico como guía para la búsqueda de soluciones y alternativas para mejorar su diseño y desempeño.

En este trabajo de tesis se desarrolla el estudio sistemático de los efectos de variables composicionales consideradas críticas (tipo de ligante orgánico, contenido de grafito y uso de aditivos antioxidantes), sobre el comportamiento mecánico de ladrillos refractarios de MgO-C, aplicando una práctica experimental sistemáticamente organizada y un análisis minucioso de la información relevada. Para ello fueron seleccionadas cinco composiciones de ladrillos refractarios de MgO-C, especialmente diseñados en planta bajo el procedimiento típico aplicado a los productos destinados a la comercialización, introduciendo la combinación de dos tipos de ligantes orgánicos (resina fenólica ‘resol’ y alquitrán químicamente modificado), contenidos de grafito con 8 ó 12 % m/m, y el uso de aditivo antioxidante (aluminio) sólo en algunos de los materiales.

La evaluación mecánica se llevó a cabo mediante ensayos de compresión uniaxial, obteniéndose curvas tensión-deformación que permiten evaluar el comportamiento del material (elástico, visco-plástico, etc.) y obtener parámetros mecánicos como la resistencia a

la fractura, la deformación a la fractura, el módulo de Young (secante) y la tensión a la cual el comportamiento se aparta de la linealidad. El comportamiento mecánico de los materiales fue abordado desde temperatura ambiente hasta 1400°C. Además de la evaluación estándar, se aplicaron tratamientos térmicos a 600 ó 1000°C previos al ensayo mecánico, en dos atmósferas no-oxidantes alternativas (lecho de grafito y flujo de gas argón). Estos tratamientos se llevaron a cabo con el objetivo de simular las etapas de precalentamiento de los recipientes en servicio con o sin enfriamiento, y establecer cómo impactan las diferencias composicionales antedichas en la respuesta mecánica de los ladrillos.

Para el análisis de los resultados de la evaluación mecánica, se aplicaron diversas técnicas de caracterización para determinar las características microestructurales y texturales de los materiales originales, y así establecer un marco de referencia dado que al recibir tratamiento térmico y/o someterse a ensayos mecánicos en caliente, dichas propiedades tienden a modificarse drásticamente. Las alteraciones producidas durante los tratamientos térmicos llevados a cabo en atmósferas no-oxidantes también fueron monitoreadas a partir de la selección de un conjunto de técnicas de caracterización.

En el desarrollo de esta tesis se establece claramente el efecto de cambios controlados en la composición de los ladrillos sobre el comportamiento mecánico hasta 1400°C, a partir de datos obtenidos en condiciones que aseguran su comparación. El hecho de disponer de materiales fabricados en las condiciones industriales y someterlos a condiciones de evaluación controladas que simulan las de servicio, marca una diferencia respecto a muchos estudios previos en donde las variables estudiadas son dispersas y por ende los resultados obtenidos bajo diferentes condiciones son poco comparables entre sí. De esta manera el trabajo busca facilitar la comprensión de las propiedades de los materiales y la extrapolación de los resultados obtenidos a escala laboratorio a la aplicación industrial.

Abstract

MgO-C refractory bricks have been widely used as lining in steelmaking vessels since '80s. Nowadays, the demand of these materials reaches about 26 % of the refractory world consumption, showing their relevance for the refractory and steel industries. This is mainly due to their composition adapted to the chemistry of steel processes and their excellent mechanical and thermal properties. However, the high temperatures together with aggressive mechanical and chemical conditions reduce the lifetime of these bricks, which increases production costs and the risk of accidents. For these reasons, the improvement of their design and performance is still a current task, for which the generation of basic knowledge is really necessary.

In this doctoral thesis, a systematic study of the effects of compositional variables (organic binder, graphite amount and use of antioxidant additives) on mechanical behavior of MgO-C refractories is developed; an organized procedure was applied to five different kinds of bricks.

The compositions of these bricks were especially designed and they were obtained applying the current industrial processing. Two kinds of organic binder (resole phenolic resin

and chemically modified pitch), graphite amounts of 8 and 12 wt.% and the use aluminum powder 2 wt.% were selected as critical variables of interest.

The mechanical behavior was evaluated by compression tests from which stress-strain curves were obtained. This kind of test provides information about behavior of material (elastic, visco-plastic, etc.), in addition to mechanical parameters such as compressive strength, deformation at maximum load, apparent Young's modulus and yield strength. As-received materials were testing from room temperature to 1400°C. On the other hand, the materials were thermally treated at 600 or 1000 °C before testing. These thermal treatments have been made in two alternative non-oxidant atmospheres: graphite bed and argon gas flow, in order to simulate the first heating stage and the successive pre-heating steps the refractory bricks undergo in service.

Several characterization techniques were applied for the analysis of effects microstructural and textural changes on the mechanical behavior of bricks under different thermal and atmospheric conditions. The progress of physicochemical transformations as consequence of thermal exposure (thermal treatment or high temperature tests) were also followed by a set of characterization techniques.

In the development of this thesis, the effects of controlled change in the bricks' composition on their mechanical behavior up to 1400°C were studied. Data were obtained in such experimental conditions which assure their comparison. The possibility to develop this study using bricks manufactured with the current industrial practice, and to evaluate them under controlled conditions which simulate the service ones, makes a difference between the present work and previous researches. In the latter, a high spread among studied compositional variables and experimental conditions prevails, and as a consequence, the results can be hardly comparable. In this way, this thesis is an attempt to facilitate the comprehension of materials properties and the extrapolation of laboratory results to the industrial practice.