

INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZAS PESADAS DE CARBÓN MINERAL EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES CERÁMICOS

**^(1,2) C. T. Kniess, ⁽¹⁾ H. G. Riella, ⁽¹⁾ N. C. Kuhnén,
⁽³⁾ J.M. Muller Neto, ⁽⁴⁾ E.U. Carvalho**

⁽¹⁾ Departamento de Ingeniería Química e Ingeniería de los Alimentos
Universidad Federal de Santa Catarina – Santa Catarina - Brasil

⁽²⁾ Universidad Ibirapuera - São Paulo - Brasil

⁽³⁾ CIDASC

⁽⁴⁾ Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares/CNEN-SP
claudia.kniess@ibirapuera.br, riella@enq.ufsc.br

RESUMEN

Las cenizas pesadas de carbón mineral son productos derivados de la combustión de carbón mineral en plantas termoeléctricas. Las características físicas, químicas y mineralógicas de las cenizas pesadas son compatibles con varias materias primas usadas en las industrias de recubrimiento cerámico, lo que indica la posibilidad de una sustitución parcial, o integral, de estas materias primas por este producto derivado. En este contexto, este trabajo tiene como objetivo la evaluación del efecto de añadir ese producto derivado en la absorción física del agua, y en la resistencia mecánica a la flexión de la cerámica. Para la formulación de las masas cerámicas, se usó la planificación experimental $\{3,3\}$, dando origen a diez formulaciones de los tres componentes (dos tipos distintos de arcilla, y cenizas pesadas de carbón mineral). Los materiales cerámicos desarrollados mediante la adición de cenizas pesadas de carbón mineral presentaron valores más adecuados de absorción de agua y del módulo de resistencia a la flexión, en comparación con un modelo de material cerámico industrial desarrollado mediante el uso de materias primas convencionales.

1. MATERIALES y MÉTODO

Las cenizas de fondo de carbón usadas en las formulaciones de los materiales cerámicos son un producto derivado del carbón mineral con baja bituminización en la planta termoeléctrica de Jorge Lacerda, localizada en Capivari de Baixo, Estado de Santa Catarina/Brasil. Las materias primas de arcilla, denominadas arcilla 1 (ARG 1) y arcilla 2 (ARG 2), se secaron en un invernadero a 100°C ($\pm 10^\circ\text{C}$) hasta obtener masas constantes, y se desagregaron con ayuda de un mortero. La planificación industrial se llevó a cabo mediante el estudio de las formulaciones, a través de la delineación de muestras (planificación por el sistema Simplex).

Formulaciones	Materias Primas		
	ARG 1 (%)	ARG 2 (%)	CP (%)
M1	47,00	41,00	12,00
M2	23,00	41,00	36,00
M3	23,00	65,00	12,00
M4	39,00	49,00	12,00
M5	31,00	57,00	12,00
M6	23,00	57,00	20,00
M7	23,00	49,00	28,00
M8	31,00	41,00	28,00
M9	39,00	41,00	20,00
M10	31,00	49,00	20,00

Tabla 1. Formulación de las masas cerámicas obtenidas a través de la delineación L-simplex $\{3,3\}$.

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 2 presenta las diez mezclas cerámicas de componentes independientes obtenidas a través de la planificación experimental de delineación de mezclas. También muestra las propiedades físicas de los materiales cerámicos después de la sinterización: absorción de agua (ABSQ) y resistencia mecánica a la flexión (RMFQ).

Mezcla	Fracciones en peso			ABSQ (%)	RMFQ (MPa)
	ARG 1	ARG 2	CP		
M1	0,47	0,41	0,12	3,85±0,16	42,37±3,93
M2	0,23	0,41	0,36	3,96±0,22	43,53±5,4
M3	0,23	0,65	0,12	4,17±0,21	38,54±6,9
M4	0,39	0,49	0,12	5,07±0,08	34,50±4,48
M5	0,31	0,57	0,12	4,05±0,18	37,33±3,48
M6	0,23	0,57	0,20	4,45±0,30	38,98±5,47
M7	0,23	0,49	0,28	3,10±0,25	47,21±6,26
M8	0,31	0,41	0,28	7,05±0,10	29,30±4,50
M9	0,39	0,41	0,20	6,86±0,14	27,77±2,12
M10	0,31	0,49	0,20	3,20±0,40	44,09±4,47

Tabla 2. Composición de las mezclas cerámicas y mediciones correspondientes de ABSQ y RMFQ.

A través del análisis de coeficiente de la ecuación 1, es posible observar que las arcillas 1 y 2, y las fracciones de cenizas de fondo de carbón contribuyen de forma favorable al incremento de absorción de agua en los materiales cerámicos desarrollados. Las mezclas binarias, con la excepción de la mezcla de dos arcillas, también tiene un efecto sinérgico en el valor de ABSQ. La mezcla ternaria, entre todos los componentes, contribuye a la obtención de materiales cerámicos con absorción de agua más baja.

$$\text{ABSQ} = 3,99x_1 + 4,19x_2 + 3,80x_3 + 2,11x_1x_2 + 13,77x_1x_3 - 0,99x_2x_3 - 66,10x_1x_2x_3$$

Ecuación 1.

En relación al efecto de las materias primas en el sistema, la arcilla 1, la arcilla 2 y las fracciones de ceniza de fondo de carbón favorecen el incremento de la resistencia mecánica del material cerámico, (ecuación 2). Las mezclas binarias, excepto la mezcla de arcilla 1 y 2, favorecen la disminución de RMFQ. La mezcla ternaria, entre todos los componentes, contribuye a la obtención de materiales cerámicos con una mayor resistencia mecánica.

$$\text{RMFQ} = 41,62x_1 + 38,19x_2 + 44,63x_3 - 17,95x_1x_2 - 65,66x_1x_3 + 7,58x_2x_3 + 298,55x_1x_2x_3$$

Ecuación 2.

3. CONCLUSIÓN

El uso de la planificación experimental $\{3,3\}$, que originó 10 formulaciones de tres componentes (dos tipos distintos de Arcilla PF y cenizas de fondo de carbón mineral), se mostró adecuada. Se obtuvo un modelo de regresión con la composición, relacionado con la absorción de agua y el módulo de resistencia mecánica a la flexión del material cerámico sinterizado. El análisis estadístico mostró que los modelos son significativos, no presentan errores de ajuste y que los errores son aleatorios, con una media que tiende a cero, y una varianza casi constante. El producto derivado de las cenizas de fondo de carbón mineral mostró ser una fuente atractiva de materia prima de SiO_2 y Al_2O_3 para la obtención de materiales cerámicos. En este trabajo se ha confirmado que es posible incorporar un porcentaje mayor de CP en la formulación del material cerámico, en comparación con el porcentaje máximo recomendado por la bibliografía (30,0%), sin disminución de los valores de RMFQ.