

INFLUENCIA DEL MATERIAL ARCILLOSO SOBRE EL COMPORTAMIENTO EN LA SINTERIZACIÓN DE CERÁMICAS QUE CONTIENEN LODOS DE PAPEL Y RESIDUOS DE VIDRIO

⁽¹⁾ G. Tonello, ⁽¹⁾ E. Furlani, ⁽¹⁾ E. Aneggi, ⁽¹⁾ D. Minichelli,
⁽²⁾ E. Lucchini, ⁽¹⁾ S. Bruckner, ⁽¹⁾ S. Maschio

⁽¹⁾Università di Udine, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Chimiche
Italia

⁽²⁾Università di Trieste, Dipartimento di Ingegneria dei Materiali e delle Risorse
Italia

RESUMEN

Se ha estudiado el comportamiento en la sinterización de varias composiciones cerámicas elaboradas utilizando una combinación previamente seleccionada de lodos de papel incinerado y de residuos de vidrio, la cual ha sido mezclada al 10, 20, 30 y 40% en peso con algunos materiales arcillosos naturales. Se utilizaron tres productos comerciales naturales: una arcilla roja, una arcilla amarilla y un caolín. Las combinaciones de polvos fueron mezcladas mediante molienda por vía húmeda, secadas, tamizadas, y conformadas por prensado en probetas y posteriormente cocidas durante 1 hora a temperaturas que desde los 1040 a 1140 °C. Los materiales resultantes fueron caracterizados según su grado de absorción de agua, contracción, dureza, resistencia a la ruptura en la flexión, composición cristalográfica y microestructura. Se observó que todos los materiales que contenían caolín alcanzaron buenas propiedades cuando se cocían a una temperatura superior a 1060 °C, y que la proporción de caolín tiene una escasa influencia sobre su comportamiento en la sinterización. En cambio, la temperatura óptima de sinterización, y en consecuencia el mejor comportamiento físico-mecánico de los materiales preparados utilizando la arcilla roja o amarilla se alcanzaba a niveles superiores a los 1080 °C y dependía de su composición específica, la que a su vez se veía influenciada por la proporción de arcilla añadida. Además, la mezcla que contenía un 40% en peso de arcilla amarilla podía cocerse a temperaturas bajas, generando probetas cerámicas compactas. Una contracción muy baja junto con una alta absorción de agua (> 20%) se observó únicamente para temperaturas inferiores a 900 °C. Este resultado inesperado se explica por la formación de un punto eutéctico bajo a una temperatura de 840 °C.

1. INTRODUCCIÓN

En un documento anterior [1] describimos la elaboración y caracterización de algunas cerámicas sinterizadas obtenidas mediante la utilización de mezclas de lodos de papel (PS) y residuos de vidrio (GC) de envases de cristal incoloros reciclados; demostramos que los materiales que contienen 60% de PS y 40% de GC (valores en % en peso) tienen buenas propiedades físico-mecánicas independientemente del tipo de PS utilizado. En cambio, su contracción supera los límites establecidos por las normas para la fabricación de baldosas. Durante dicha investigación, hemos presentado los resultados obtenidos con materiales preparados mediante una combinación de la mezcla anterior y cantidades crecientes de una arcilla roja natural. Se ha demostrado que la incorporación al 30% de peso de una arcilla roja natural permite la fabricación de baldosas no esmaltadas de cocción rápida. El presente documento analiza el proceso de producción y las características de las cerámicas cocidas que contienen la misma mezcla PS/GC=60/40 con la adición de un 10, 20, 30 y 40% (valores en % en peso) de tres materias primas naturales distintas, a saber: una arcilla roja cuarcítica (RC), una arcilla amarilla cuarcítica (YC) y un caolín de alta pureza (K) para evaluar la influencia de su composición química sobre las propiedades de los materiales cocidos resultantes, los cuales fueron posteriormente caracterizados en función de su contracción, absorción de agua y difracción de rayos X. El objetivo de este trabajo consiste en demostrar que la mezcla de 60% PS y 40% GC (valores en % en peso), posteriormente combinado con cantidades adecuadas de materias primas naturales, podrían utilizarse en la producción de baldosas. Este objetivo puede alcanzarse mediante la utilización de diferentes materiales, cuya cantidad específica depende de su composición química.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En primer lugar, el lodo de papel (PS) proveniente de papel reciclado fue secado en un horno a una temperatura de 150 °C durante 24 horas y posteriormente incinerado a una temperatura de 850 °C durante 2 horas; el material resultante, molturado hasta obtener un polvo grueso fue mezclado con residuos de vidrio (GC) proveniente de lámparas de neón agotadas, libres de Hg. Las arcillas naturales que se utilizaron para equilibrar las mezclas fueron: una arcilla roja cuarcítica (denominada RC), una arcilla amarilla cuarcítica (denominada YC) y un caolín de alta pureza (K). La composición de los materiales anteriores, obtenida mediante un espectrómetro de masas Spectro Mass 2000 Induced Coupled Plasma (ICP) se indica en la tabla 1.

Componente	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	B ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	PbO	Sin det.	PPC
GC	63,40	6,42	3,66	1,03	11,36	5,44	1,65	0,81	1,10	2,01	0,71	1,98	0,28
PS	23,01	17,40	18,48	15,99	<0,01	2,95	1,83	6,70	2,45	4,91	1,05	0,99	2,01
RC	58,34	18,16	3,15	2,00	0,49	1,27	2,83	7,64	1,21	1,45	<0,01	1,54	9,89
YC	59,48	17,46	4,07	2,21	0,21	2,39	2,22	4,72	0,87	1,68	<0,01	1,55	11,2
K	49,8	39,1	0,59	0,49	<0,01	1,08	1,45	0,34	0,51	1,28	<0,01	2,29	12,3

Tabla 1. Composición (% en peso) y PPC (%) de residuos de vidrio (GC) libres de Hg, lodos de papel (PS) incinerado, arcilla roja (RC), arcilla amarilla (YC) y caolín (K) utilizados como materiales de partida.

La tabla 2 muestra la composición y los nombres de referencia de las muestras preparadas. Las mezclas (70 g de polvo) fueron homogeneizadas utilizando un molino de bolas durante 24 horas. Las suspensiones fueron posteriormente secadas en un horno durante 24 horas a una temperatura de 80 °C.

Material	RC1	RC2	RC3	RC4	YC1	YC2	YC3	YC4	K1	K2	K3	K4
Cantidad de arcilla [% en peso]	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40
PS Incinerado [% en peso]	54	48	42	36	54	48	42	36	54	48	42	36
GC libre [% en peso]	36	32	28	24	36	32	28	24	36	32	28	24

Tabla 2. Composición de las muestras preparadas.

Después del proceso de molienda, se evaluó la distribución del tamaño de las partículas de polvo utilizando un analizador láser de distribución de tamaño de partículas Horiba LA950. Las curvas de DTP se representan en el eje de las abscisas en escala logarítmica. Los polvos secos fueron tamizados mediante un tamiz de 200 µm y posteriormente prensados de forma unidireccional a 100 MPa, para conformar probetas paralelepípedas (5x5x50 mm³) para la realización de las mediciones de contracción y de absorción de agua. Los experimentos de sinterización se efectuaron en el aire, mediante una mufla eléctrica, a diferentes temperaturas dentro del rango 1040-1140 °C con intervalos de 20 °C utilizando velocidades de calentamiento y enfriamiento de 20 °C/min y un tiempo de permanencia de 1 hora. Se evaluó la contracción en cocido, mediante un pie de rey, para la dimensión más larga de las muestras (50 mm la de las probetas en crudo) utilizando la relación $(h_0-h_1)/h_0$ (los subíndices 0 y 1 se refieren a las dimensiones de la muestra antes y después de la sinterización).

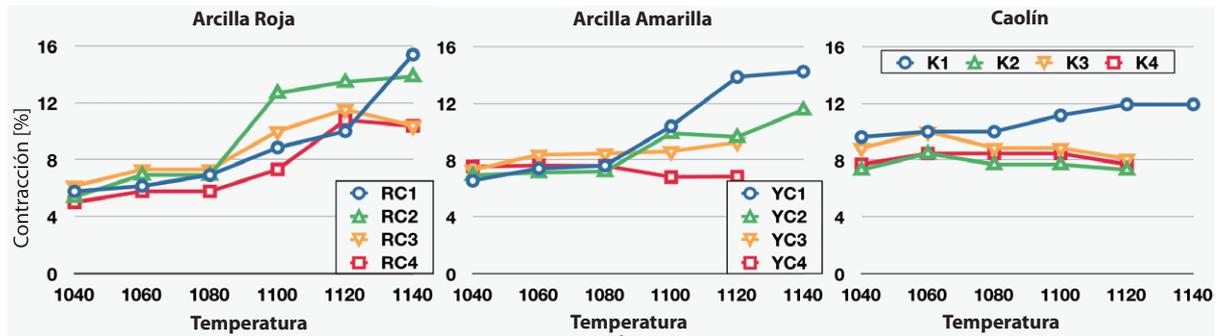


Figura 1. Contracción de las muestras preparadas.

La absorción de agua se determinó según la normativa EN99. De acuerdo con dichas indicaciones, las muestras sinterizadas se pesaron en primer lugar en aire (W_1). A continuación se colocaron en un vaso de precipitados tapado, con agua, y se sometieron a ebullición durante 2 horas. Después del proceso de hervido, las probetas fueron enfriadas en agua hasta alcanzar temperatura ambiente. Posteriormente fueron secadas con un paño y pesadas nuevamente (W_2). La absorción de agua se evaluó utilizando la siguiente fórmula: $W (\%) = [(W_2 - W_1) / W_1] 100$.

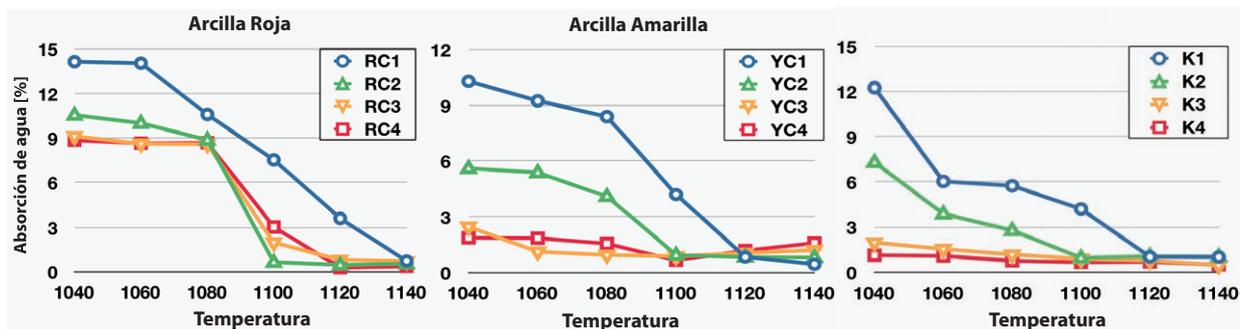


Figura 2. Absorción de agua de las muestras preparadas.

Las fases cristalinas de los componentes de partida y de los materiales cocidos fueron identificadas mediante un análisis por difracción de rayos X (XRD), el cual se efectuó utilizando un Panalytical X'pert Pro Detector X'celerator; radiación $CuK\alpha_1$ monocroma (40 kV, 40 mA). En la arcilla roja se identificó la presencia de cuarzo, nontronita, halloysita y caolinita, mientras que en la amarilla únicamente se detectó la presencia de sílice y caolinita. El caolín contiene principalmente caolinita junto con pequeñas cantidades de cuarzo. El PS incinerado contiene una gran cantidad de carbonato de calcio y pequeñas cantidades de illita-montmorillonite y coesita.

En las muestras preparadas utilizando la arcilla roja y cocidas a una temperatura de 1100 °C se observó la presencia de akermanita-gehlenita, wollastonita y augita. Las mismas fases se identificaron también en muestras que contienen arcilla amarilla. Por otra parte, en las probetas con caolín se observó la presencia de wollastonita, dióxido y akermanita.

Las fases anteriores se presentaron independientemente de la composición de los materiales. La presencia del 10 o 40% en peso de arcilla o caolín únicamente modifica la fracción relativa de una fase única.

3. CONCLUSIONES

La absorción de agua, directamente relacionada con la porosidad abierta, y con la contracción lineal son los parámetros físicos utilizados para trazar las curvas de sinterización que permiten la optimización de los ciclos de cocción destinados a obtener materiales con buenas propiedades mecánicas. Esto significa que pequeñas diferencias en la temperatura de sinterización, lo cual es siempre posible utilizando ciclos industriales de cocción rápido o de composición química de los materiales residuales utilizados, no deben llevar a la obtención de productos cocidos con propiedades variables. Por tanto, es necesario elaborar materiales que presenten pequeñas oscilaciones de contracción y de absorción de agua modificando la temperatura máxima de sinterización. Puede observarse que los materiales que contienen un 30 o 40% en peso de YC, RC o caolín cumplen la indicación anterior. Sin embargo, también los otros compuestos (a saber, 10 y 20% en peso) podrían permitir la obtención de mezclas de polvos apropiados para la fabricación industrial de baldosas, si bien las propiedades del producto resultante podrían experimentar una variabilidad en cuanto a su rendimiento. La utilización de materias primas caras de alta pureza (concretamente el caolín), a pesar de ser una arcilla rica en hierro (Fe) no proporciona ventajas importantes en términos de absorción de agua o de contracción.

Continuando con el análisis anterior, puede concluirse que la incorporación de un 30% en peso de RC, YC y K a la mezcla PS/GC (60/40) original, conduce a compuestos de polvo que podrían ser adecuados para la producción industrial de baldosas. Con dichas formulaciones, los productos finales deberían tolerar la variabilidad inevitable de los residuos que se refleja en una temperatura de sinterización mayor o menor para los materiales. Por otra parte, si se añaden cantidades inferiores de materiales arcillosos naturales, las propiedades de los materiales correspondientes se verán profundamente afectados por pequeñas variaciones en los compuestos químicos o en la temperatura de sinterización, en cuyo caso la producción industrial de baldosas podría verse comprometida.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la región italiana de Friuli Venecia por el apoyo financiero proporcionado.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Asquini, L., Furlani, E., Bruckner, S., Maschio, S., 2008. Production and characterization of sintered ceramics from paper mill sludge and glass cullet. *Chemosphere*, 71, 83-89.