



Influencia de la adición de aditivo en el proceso de cocción sobre piezas cerámicas de gran formato. Influence of waste addition on large geometry clay bricks during firing process.

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historial del
artículo:

Recibido
11-04-2016
Aceptado
21-06-2016
Publicado
20-11-2016

Palabras Clave:
Arcilla aligerada
Horno de Cocción
Gradientes
térmicos
Fisuras
Aditivo

Article history:

Received
11-04-2016
Accepted
21-06-2016
Available
20-11-2016

Keywords:
Lightweight
Tunnel kiln
Thermal behavior
Cracks
Wastes addition

M.P. Morales^{1,2}, P. Muñoz¹, M.A. Mendivil³, M.C. Juárez³, L. Bibire⁴

¹Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Chile. Talca, Maule, Chile

²Research Group MOMAIN, Universidad Internacional de La Rioja, Logroño, La Rioja, España

³Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial, Universidad de La Rioja, Logroño, La Rioja, España

⁴University of Bacau, Str. Principala, Bacău, Romany
pmunozv@uautonoma.cl, teléfono: +56 9 56935953

Resumen

El presente artículo muestra la influencia de la adición de aditivo en el proceso de cocción de piezas cerámicas de gran formato utilizados como tabiques interiores.

La adición de aditivo ha demostrado ser un método viable para la disminución de la conductividad térmica en bloques cerámicos, aumentando la porosidad en el seno de la arcilla cocida, por la auto-combustión del aditivo en el proceso de cocción. Sin embargo, esta combustión origina importantes incrementos de temperatura locales que conducen a diferencias de temperatura de más de 150 °C dentro de la misma pieza y que son capaces de producir fisuras importantes en la misma.

El documento estudia el proceso de cocción, en las masas arcillosas fabricadas con aditivo en ladrillos de gran formato proponiendo soluciones tecnológicas para minimizar los defectos de fabricación.

Abstract

This paper shows the influence on adding a type of additive in the firing process of large geometry clay bricks used as interior walls.

Although the additive addition decreases the thermal conductivity in clay bricks as porosity increases by the self-combustion of the additive in the firing process, it has been observed that this combustion causes local temperature increases over 150°C within the brick, which produces cracks and failures. This paper studies the firing process in clay masses made with additives in large geometry bricks and proposes technological solutions to minimize manufacturing defects produced by the temperature rise.

1. Introducción.

En los últimos tiempos, los fabricantes de ladrillos han venido añadiendo a la masa arcillosa en bruto, diferentes aditivos orgánicos [1-4]. Estos aditivos auto-combustionan en el proceso de cocción debido a las temperaturas a las que se someten los bloques cerámicos secos. La combustión espontánea de estos aditivos en el seno de la masa cerámica, crean poros de gas que disminuyen la conductividad térmica de la arcilla, su densidad y su resistencia mecánica, entre otros parámetros [5,6].

Como efecto transversal, del uso de estos aditivos, cabe mencionar también el impacto en términos de ahorro energético que supone su utilización. Esto, dado que la energía disipada se incorpora al balance energético en el interior del sistema de cocción, dando lugar a una disminución de la energía demandada por el horno para el mantenimiento de la temperatura. Atendiendo al tipo de aditivo empleado, se puede suponer un ahorro aproximado de combustible de hasta el 26 % [7].

Sin embargo, como resultado de la combustión de estos aditivos, el bloque cerámico experimenta incrementos locales de temperatura que provocan diferencias de temperatura importantes dentro de la misma pieza. Estas diferencias de temperatura, que dependen de la geometría del bloque, el sistema de túnel de cocción o de la cantidad de aditivo, pueden provocar la fisura o la deformación incontrolada del ladrillo.

Debido al impacto, en términos de resistencia mecánica [8,9], muchos ladrillos fabricados con aligerantes limitan su uso a la ejecución de tabiques interiores divisorios, sin función estructural, pero con mejores propiedades térmicas y aislantes [10-12]. Estas piezas se caracterizan por su forma de laja con dimensiones de 700 x 720 mm y con espesores de 50 mm hasta 70 mm (Ver figura 1). Sin embargo, debido a esta geometría empresas del sector cerámico se han encontrado con dificultades en la puesta en marcha del proceso productivo por la aparición de fisuras y deformaciones de gran parte de los lotes.

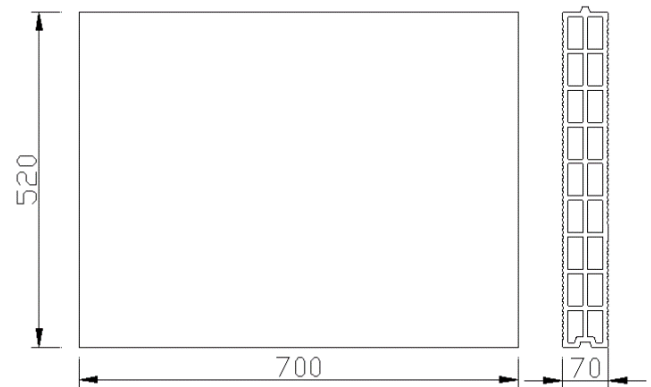


Figura 1.- Geometría del ladrillo de gran formato objeto del estudio.

A pesar de que algunos investigadores [13,14] han estudiado los efectos tecnológicos de la fabricación de este tipo de ladrillos aditivados, hasta nuestro conocimiento, no existen experiencias relacionadas con el proceso de cocción. Esta investigación, por tanto, se centra en el análisis del proceso de cocción, atendiendo a la distribución de temperaturas en el interior del túnel de cocción con el fin de limitar las diferencias de temperatura dentro de la misma pieza y por tanto disminuir la cantidad de defectos en estos lotes.

2. Materiales y métodos

El estudio se ha llevado a cabo, mediante la utilización de un conjunto de sondas térmicas de tipo K 1.5 mm y el equipo de adquisición de datos Tpaq21 [5]. Se distribuyeron un total de seis sondas de medición repartidas en tres conjuntos de bloques. Cada bloque cuenta con una sonda en la cara de avance de la vagoneta y otra en la cara posterior del mismo con objeto de medir las diferencias de temperatura provocadas entre ambas caras.

Se seleccionaron tres posiciones de la vagoneta, distribuidas de la siguiente manera: una sonda en el apilamiento más exterior de la vagoneta (posición C) y otra en la pila contigua (posición B), ya que estas zonas tienen, por las características del túnel, un intercambio por convección mayor que en el centro debido a la disposición de los soplantes que generan una mayor turbulencia en estas zonas, y la última sonda se sitúa precisamente en el punto central de la sección transversal del carro (posición A). La disposición de las sondas, es la que muestra la figura 2.

POSICIÓN A POSICIÓN B POSICIÓN C
SONDA 1-2 SONDA 3-4 SONDA 5-6

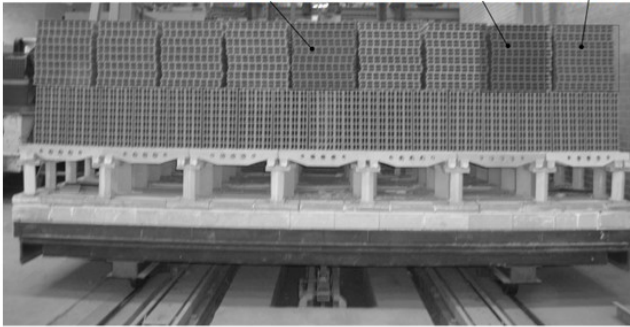


Figura 2.- Localización de las sondas. Los números impares significan que se encuentran en la parte posterior del ladrillo. Los números pares identifican las sondas que se sitúan en la cara del ladrillo de avance hacia el túnel.

Una vez localizadas las zonas de ubicación de las sondas, se procede a consignar un gradiente de temperaturas en el túnel del horno (figura 3) y después de cada cocción se identifican las piezas, determinando cuáles presentan defectos y asociando éstos con los gradientes térmicos reales medidos.

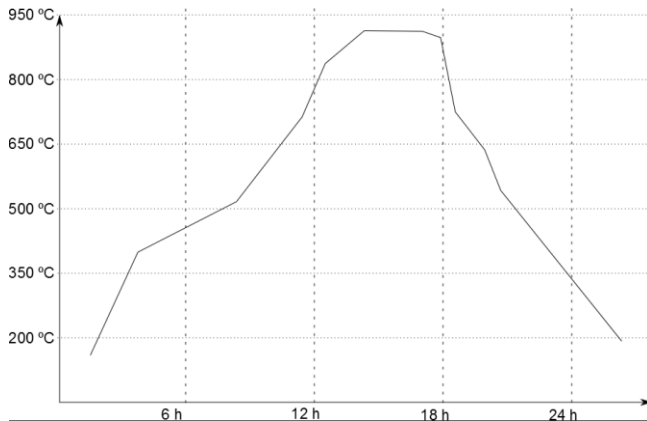


Figura 3.- Curva de cocción empleada en el ensayo.

3. Resultados de la investigación

Como se ha comentado, el resultado inmediato, surge del análisis visual de los ladrillos cocidos. Así, se observa que las piezas se han fisurado en mitad del ancho a lo largo de la pieza hasta $\frac{3}{4}$ partes de su longitud total y en particular en la cara de avance en el horno (figura 4).

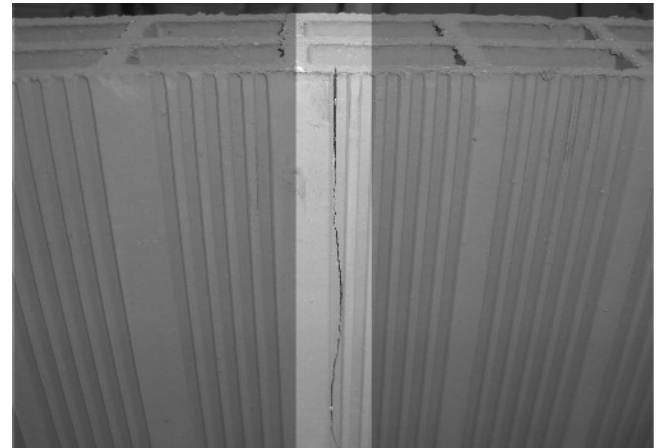


Figura 4.- Detalle de fisuras presentes en las posiciones A y B.

Si nos fijamos en la distribución de temperaturas a lo largo del túnel de cocción encontramos que la zona que presenta más dispersión en las temperaturas es la zona de precalentamiento, (figura 5), que se producen en las vagonetas en el túnel de cocción durante aproximadamente las tres primeras horas de cocción. Podemos observar dos zonas, claramente diferenciadas. En la zona de precalentamiento a unos 40 minutos de avance en la zona central A de la vagoneta se produce un gradiente térmico de unos 150 °C siendo el mayor durante toda la cocción en todas las zonas. A los 120 minutos se produce el mayor gradiente térmico en la zona B con un salto de 140 °C. Curiosamente en la zona C, la más exterior en la vagoneta, el gradiente térmico no supera en ningún caso los 120 °C, ocurriendo este a los 120 minutos. Si ahora observamos la tabla 1 se muestran los porcentajes de piezas defectuosas, con fisuras encontradas en cada zona estudiada.

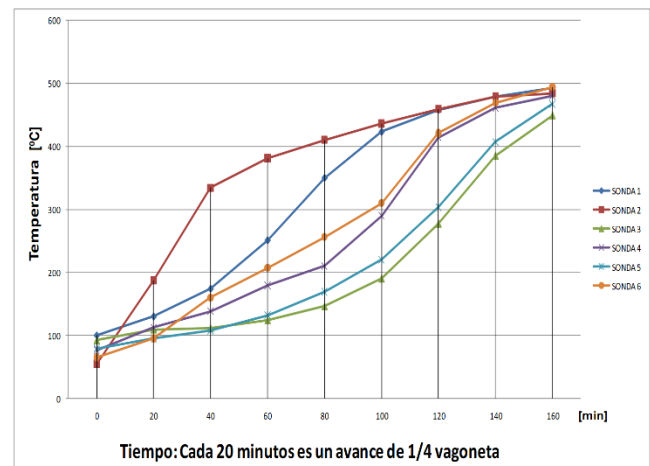


Figura 5.- Distribución de temperaturas de las sondas a lo largo del túnel de cocción.

Tabla 1.- Análisis estadístico de piezas defectuosas por fisuración.

POSICIÓN	Porcentaje promedio de piezas fisuradas (desviación estándar)
A	98 % (5.5 %)
B	78 % (3.5 %)
C	5 % (8.5 %)

Con los resultados observados en la figura 5, parece claro que la zona A es la más afectada por el gradiente de temperaturas, con un porcentaje de fisuras muy elevado. Esto nos lleva a escoger esta zona para enfocar las propuestas de soluciones, ya que coincide con el rango de temperaturas en las que se produce la auto-ignición del aditivo. Si analizamos esta zona en detalle, nos encontramos con la distribución que se muestra en la figura 3 a los 40 minutos de entrada en el túnel que al pasar por esta zona la temperatura en el horno es de 200 °C y las piezas de la zona A alcanzan una temperatura de unos 340 °C, causado por esa auto-ignición del aditivo, lo que origina un 43 % de incremento en la temperatura. Un gran inconveniente que se detecta es que ese aumento de temperatura se mantiene alrededor de unos 40 minutos en el túnel y dada la dificultad que le supone a dicho apilamiento liberar dicho calor, produce ese resultado tan catastrófico en dichas piezas, con roturas de casi el 100 % de las piezas en esta zona.

Parece claro que con gradientes menores a 120 °C, la arcilla libera correctamente el calor generado por la auto-ignición del aditivo. Pero con gradientes por encima de este valor, y dada la dificultad de evacuación del calor, genera en los apilamientos interiores fisuras en las piezas, siendo estas no menores de un 75 %

4. Conclusiones y posibles medidas correctoras

El empleo de aditivos aligerantes en la fabricación de ladrillos, genera en el proceso de cocción poros de gases, provenientes de su auto-combustión. Estos aditivos crean, así, barreras de transmisión de calor por el incremento de las fases convectivas.

Dado los buenos resultados térmicos obtenidos en el sector cerámico con la adición de aditivo en la masa arcillosa, donde se ha llegado a alcanzar disminuciones de un 14 % en su densidad aparente y una disminución de conductividad de la arcilla de hasta un 40 %, según [1], los fabricantes han iniciado la puesta en marcha de la utilización de estas arcillas en bloques cerámicos cuyo uso no es exclusivo para cerramientos de fachada. Esto, ha originado dificultades tecnológicas en la

cocción de estos nuevos bloques, produciéndose porcentajes de defectos, en lotes, de hasta el 60 %.

Tras evaluar los gradientes térmicos en el túnel de cocción se ha observado la dificultad de liberación del calor en las zonas centrales de las vagonetas, produciéndose, entre las zonas delantera y trasera de las piezas de una vagoneta, diferencias de temperaturas de más de 150 °C. Esto, en la zona de precalentamiento del horno a la temperatura de unos 200 °C, donde en las zonas de dificultad de liberación del calor se llega a alcanzar una temperatura de 350 °C debido a la auto-ignición de la aditivo, siendo este incremento de un 43 %.

5. Líneas futuras de investigación

Resulta interesante estudiar cómo afecta la cocción de estas piezas fabricadas con residuos orgánicos mediante el rediseño de las simulaciones de los procesos de cocción en este tipo de hornos. Estudiar la mejor recirculación de aire en la zona del horno donde se alcanzan los 200 °C, aproximadamente a los 40 minutos de la entrada de la vagoneta, hasta la temperatura de unos 250 °C en el horno, aproximadamente a los 120 minutos de entrada, con el fin de producir un movimiento de aire y que por convección no permita a los bloques alcanzar gradientes térmicos por encima de 120 °C.

6. Referencias

- [1] Velasco, P.M., Ortíz MP.M., Giró, MA. M., Velasco, L.M. (2014) Fired clay bricks manufactured by adding wastes as sustainable construction material – A review. *Construction and Building Materials* 63 pp. 97–107.
- [2] Raut, S.P., Ralegaonkar, R.V., Mandavgane, S.A. (2011) Development of sustainable construction material using industrial and agricultural solid waste: A review of waste-create bricks. *Construction and Building Materials* 25 pp. 4037–4042.
- [3] Bories, C., Borredon, ME., Vedrenne, E., Vilarem, G. (2014) Development of eco-friendly porous fired clay bricks using pore-forming agents: A review. *Journal of Environmental Management* 143 pp. 186-196.
- [4] Zhang, L. (2013) Production of bricks from waste materials – A review. *Construction and Building Materials* 47 pp. 643–655
- [5] Sutcu, M., Akkurt, S. (2009) The use of recycled paper processing residues in making porous brick with reduced thermal conductivity. *Ceramics International*, 35 pp. 2625-2631
- [6] Sutcu, M., Akkurt, S. (2010) Utilization of recycled paper process and clay of different sources for the production of porous anorthite ceramics using residue. *Journal of European Ceramic Society*, 30 pp. 1785-1793.



- [7] Muñoz, P., Juárez, M.C., Morales, M.P., Mendivil, M.A. (2013) Improving the thermal transmittance of single-brick walls built of clay bricks lightened with paper pulp. *Energy and Buildings*, 59 pp. 171-180.
- [8] Demir, I., Serhat Baspinar, M., Orhan, M. (2005) Utilization of kraft pulp production residues in clay brick production. *Building and environment*, 40 pp. 1533-1537.
- [9] Mohajerani, A.A.U., Eshtiaghi, S.S.N. (2015) Possible use of biosolids in fired clay bricks. *Construction and Building Materials*, 91 pp. 86-93.
- [10] Sarani, N.A., Kadir, A.A. (2014) Experimental and theoretical analysis on thermal conductivity of fired clay bricks incorporated with cigarette butts. *Applied Mechanics and Materials*, 465-466 pp. 872-876.
- [11] Aouba, L., Countand, M., Perrin, B., Lemerrier, H. (2015) Predicting thermal performance of fired clay bricks lightened

- by adding organic matter: Improvement of brick geometry. *Building Physics*, 38(6) pp. 531-547.
- [12] Velasco, P.M., Ortíz, M.P.M., Giró, M.A.M., Melia, M.D., Rehdein, J.H. (2015) Development of sustainable fired clay bricks by adding kindling from vine shoot: Study of thermal and mechanical properties. *Applied Clay Science*, 107 pp. 156-164.
- [13] Demir, I. (2008) Effect of organic residues addition on the technological properties of clay bricks. *Waste Management*, 28 pp. 622-627.
- [14] Mihoubi, D., Zagrouba, F., Ben Amor, M., Bellagi, A. (200) Drying of clay. I Material characteristics. *Drying technology: An international Journal*, 20(2) pp. 465-487.
- [15] Web del fabricante del equipo de adquisición de datos de temperatura. (Enero 2013) <http://www.datapaq.com>