XI Congreso y Exposición Internacional
de la Industria Cerámica, del Vidrio,
Refractarios y Suministros
16-19, octubre, 2013
Olavarría, Argentina

LA MOLIENDA EN SECO UN PROCESO AMBIENTALMENTE SUSTENTABLE PARA LA PRODUCCIÓN DE BALDOSAS CERÁMICAS

M. Dondi[1], E. Domínguez[2], R. Etcheverry[3], C. Iglesias[4], C. Zanelli[1], R. de Barrio[3]

1- CNR-ISTEC (Italia), michele.dondi@istec.cnr.it, chiara.zanelli@istec.cnr.it
2- CONICET – UNSur, Departamento Geología, edomin@criba.edu.ar
3- UNLP - CICBA, INREMI: retche@inremi.unlp.edu.ar, debarrio@inremi.unlp.edu.ar
4- Piedra Grande SAMICAyF, ciglesias@piedra-grande.com

RESUMEN

La incorporación de la molienda a seco en los procesos cerámicos ha promovido cambios en la formulación de las pastas. Aunque esta innovación es atractiva tiene limitaciones aún no completamente entendidas. Este trabajo describe diferencias en el comportamiento de una arcilla plástica roja, atribuída a cambios sutiles en la mineralogía y la granulometría que afectarían la aglomeración y compactación de los polvos producidos por distintos tipos de molienda. Se determina que es fundamental para el desarrollo de esta tecnología generar una caracterización de los agregados, relacionando su comportamiento con la mineralogía y la granulometría de la materia prima.

Palabras Clave: arcillas, molienda en seco, morfología, mineralogía, granulometría.

1. INTRODUCCIÓN

La incorporación de la molienda en seco en los procesos cerámicos, tendiente a la sustitución de la tradicional en húmedo, ha promovido cambios en la formulación de las pastas. La molienda en seco, además de no requerir de agua, emplea menor energía, alrededor del 20% de la utilizada tradicionalmente [1]. Este tipo de molienda, elimina el secado de la pasta en atomizadores, lo cual aporta las ventajas adicionales de evitar su posible contaminación y reduce el trabajo y el tiempo necesario para llegar al producto final [2].

Aunque la innovación es atractiva tiene limitaciones aún no completamente entendidas ya que se trabaja con una granulometría más gruesa, lo que implica valores menores de plasticidades, resistencias en verde y reactividades durante la cocción. Varias plantas del país han incorporado moliendas en seco que trabajan con pastas rojas aunque la tendencia en los próximos años es llegar a producir pastas blancas de tipo porcellanato [3].

Este trabajo describe los resultados iniciales en el estudio del comportamiento de una arcilla roja esmectítica que experimenta cambios en su flujo (reología), sin modificaciones aparentes en la materia prima ni en el proceso de producción. En una contribución preliminar [4] se estableció que caolines sin variaciones de sus propiedades intrínsecas, presentan comportamientos reológicos notablemente diferentes debido a variaciones en el tiempo de residencia durante la molienda.

Por otra parte, es de importancia conocer si el proceso en seco requiere de dos moliendas, una primaria y otra secundaria, antes de llegar a la granulación (humidificación) previa al conformado de las piezas. Los procesos de molienda y humidificación pueden producir cambios reológicos de importancia en una molienda en seco [5].
El objetivo del trabajo es estimar la importancia de la mineralogía y la granulometría de la pasta en el proceso de una molienda en seco. Una de las limitaciones del estudio es que para partículas menores a tamiz # 140 (105mm) se deben desarrollar métodos para determinar la forma y distribución del tamaño de partículas que no impliquen su dispersión en o la presencia de agua.

2. MÉTODO DE ESTUDIO

Se estudiaron tres muestras, representativas de los distintos silos, denominadas M.S 1, 6 y 11, que presentan diferencias en el flujo y en la resistencia en seco de las piezas durante la producción industrial de baldosas cerámicas con un ciclo en seco. Las muestras estudiadas corresponden a pastas molidas en un molino a martillos y luego en uno pendular con una temperatura del quemador de 85°C.
La composición mineralógica fue establecida por el método de rayos X de polvo, utilizándose un equipo de difracción de rayos X marca Rigaku-Denki, anticátodo de Cu, monocromador de grafito y velocidad de barrido de 4° 2θ por minuto. El pH fue determinado sobre la muestra natural (30 g en 200 ml de agua destilada) dispersada con espátula y en un equipo HannaChequer R1 028595.
La distribución granulométrica fue establecida sobre la muestra natural con un equipo Sedigraph (14 g en 186 ml de agua destilada y con agitación). Forma y tamaño de la partículas fueron observadas con microscopio petrográfico. El índice de hinchamiento fue analizado a través de la medición del volumen (en ml), alcanzado por 2 g de muestra vertidos en una probeta de 100 ml durante 24 horas. Las temperaturas de secado fueron controladas en estufas de laboratorio.

3. RESULTADOS

Para asegurar la homogeneidad de las muestras, previo al estudio granulométrico, se estableció la composición mineralógica y el pH natural.

Mineralogía

La Tabla 1 resume los valores de la composición mineralógica y su pH (Tabla 1).

Tabla 1: composición mineralógica y pH.

% peso	Esmectita	Illita	Clorita	Cuarzo	Felds K	Plag.	Calcita	Hematita	pH
M.S 1	19	38	3	20	2	3	6	10	8,8
M.S 6	19	35	2	19	2	3	6	13	8,8
M.S 11	18	32	3	20	3	4	7	13	8,7

La proporción de esmectitas en las muestras es mayor que la apropiada para arcillas utilizadas por vía seca, típicamente debajo del 10-12% [2, 6].

Distribución Granulométrica e Hinchamiento

En la Tabla 2 se presentan los resultados de la distribución de tamaños de las diferentes muestras.

Tabla 2: distribución granulométrica.

Muestra	>20 µm	20-2 µm	<2 µm	Moda 1µm	Moda 2µm	Moda 3 µm
M.S 1	17	67	15	29	15	4
M.S 6	17	71	12	13	6	2
M.S 11	10	77	13	10	-	1

Las muestras observan una granulometría relativamente gruesa, ya que la fracción <2 µm tiene un valor máximo de 15 %. El mejor comportamiento de flujo se presenta en la muestra con la menor proporción de arcilla.
La forma de la curva de frecuencia masa/diámetro para la muestra M.S 1 es muy aguda en la primera moda y para el resto es pequeña (menos de la mitad). Para la M.S 6 se reconoce una moda principal redondeada, con una segunda de aspecto similar y algo más baja y la tercera en la mitad de la altura. Por su parte la M.S 11 presenta una moda de forma principal pronunciada y una secundaria con valores en la mitad de la primera. Empíricamente se ha demostrado que la densidad aparente aumenta con el tenor de humedad de las muestras. El análisis microscópico no reveló diferencias en la forma de los agregados.
El índice de hinchamiento es diferente, si las muestras se ensayan a temperatura ambiente (26 ml), o secadas a 60°C (24 ml) o a 140°C (22 ml). Esto indica que la relación de la arcilla con el agua es sensible a la temperatura. Una bentonita sódica llega a hinchamientos mínimos de 30 ml [7].

4. DISCUSIÓN

En planta se estima que, empleándose molinos a martillo, y en la granulometría malla # 140, se generan agregados trapezoidales debido a los impactos contra la carcaza o las otras partículas y que, por el contrario, en los molinos pendulares se generarían agregados laminares debido a la presión que producen los péndulos contra la pista. Estas diferencias morfológicas tienen una influencia importante durante la granulación y el posterior llenado de los moldes y el prensado. Las partículas trapezoidales son más grandes, rolan más fácilmente y facilitan el llenado de los moldes mientras que las partículas planas son más difíciles de desplazar y dificultan su llenado. Durante el prensado de las partículas trapeziodales se generan piezas de baja resistencia en crudo, en tanto que las partículas planas producen un entramado que aumenta la resistencia en crudo pero que dificulta la salida de aire produciendo solapados. Por todo ello, una apropiada relación entre ambos tipos de partículas facilitará la alimentación del material en los moldes y producirá piezas sin problemas de solapado y con una resistencia mecánica adecuada.
Si bien no existen diferencias significativas en los parámetros estudiados que permitan explicar la diferencia en la calidad de las pastas ensayadas, aparentemente las muestras que contienen una mayor proporción de arcillas y esmectita serían las de menor calidad. Este aumento produce, a su vez, una mayor sensibilidad a la humectación y la temperatura. La excesiva humectación hace que la pasta pierda capacidad de flujo. Los datos de planta indican que la capacidad de aglomeración y compactación de los polvos es afectada por la composición mineralógica y la distribución granulométrica.

5. CONCLUSIONES

Este estudio preliminar indica que los procesos de molienda y humidificación podrían producir cambios reológicos en una molienda en seco en pastas formuladas con arcillas sensibles a la humedad. Durante la granulación, la humectación y temperatura deben ser controladas. Un aumento de la temperatura de trabajo ayudaría a la fluidificación de los

polvos. Se busca la manera de estudiar la morfología de los agregados, porque aún para la observación en SEM la muestra debe estar seca.
Aún resta mucho trabajo para entender, en detalle, como las propiedades intrínsecas de las materias primas afectan la morfología, la granulación, la fluidez y la compactación de los agregados, así como para definir las composiciones más adecuadas para el proceso en seco.
Se deben estudiar con atención los procesos de la molienda en seco para obtener productos cerámicos de mayor calidad y valor agregado, reduciendo los gastos energéticos.

6. REFERENCIAS

1. Nassetti G., Resca R., Bruno Marino L.F., Comparison of energy consumption and performance of different systems for the preparation of raw materials in the ceramic floor and wall tile industry. Ceramica Acta, 11 (5-6), 1999, 13-19.
2. Motta J.F.M., Christofoletti S.R., Garceza L.L., de Souza Florêncio R.V., Boschi A.O., Torres Moreno M.M., Cuchierato G., Zanardo A., Características do Pólo de Revestimentos Cerâmicos de Santa Gertrudes - SP, com Ênfase na Produção de Argilas. Cerâmica Industrial, 9 (1), 2004, 1-6.
3. Melchiades F.G., Daros M.T., Boschi A.O., Porcelain tiles by the dry route. Bol. Soc. Esp. Ceram., 49 (4), 2010, 221-226.
4. Domínguez E., Iglesias C., Factorovich J.C., La variación en la viscosidad de un caolín para esmalte: cambio en las propiedades intrínsecas o en el proceso industrial?. XI Jornadas Argentinas de Tratamiento de Minerales, Neuquén, Argentina (2012).
5. Melchiades F.G., dos Santos L.R., Nastri S., Boschi A.O., Comparison between spray-dried and dry granulated powders in the fabrication of porcelain tiles. Interceram, 5, 2012, 254-257.
6. Dondi M., Clay materials for ceramic tiles from the Sassuolo District (northern Apennines, Italy). Geology, composition and technological properties. Applied Clay Science, 15, 1999, 337-366.
7. Hevia R., Bentonitas. Propiedades y usos industriales. SEGEMAR – INTI, Cuadernos Tecnológicos 3 (2007).