

LA SOLUCIÓN DEFINITIVA PARA LA PREPARACIÓN EN SECO DE LA PASTA CERÁMICA

Lorenzo Battaglioli

**LB Officine Meccaniche S.p.A. - Via Pedemontana 166 - 41042 Fiorano Modenese -
ITALIA**

RESUMEN

La etapa más importante en la preparación de las pastas cerámicas para el prensado es la granulación. La granulación sirve para proporcionar fluidez al material molturado, facilitar su carga en el molde de la prensa y promover la desaireación durante el proceso de prensado.

El planteamiento estándar, aceptado a nivel mundial, es la granulación atomizada, y la mayoría de las industrias cerámicas del mundo disponen de plantas adecuadas para procesar este material.

La larga experiencia de LB OFFICINE MECCANICHE y su continua investigación en el campo de la preparación de pastas secas, aplicada a la industria cerámica, han llevado a la empresa a innovar el proceso de granulación para obtener un granulado con características reológicas comparables a las del polvo atomizado.

INTRODUCCIÓN

En los últimos dos años, la tecnología de preparación en seco de las pastas cerámicas ha dado un paso adelante con la presentación de un nuevo sistema patentado: este nuevo sistema permite producir todo tipo de baldosas, desde la pasta roja hasta la pasta blanca, desde la clase BIII a la clase BIIa, incluso hasta láminas de gres porcelánico esmaltado. Esta tecnología aporta una máxima flexibilidad a la planta para producir mezclas granuladas y garantiza la posibilidad de producir granulometrías adecuadas para todos los sistemas de carga de prensas.

La evolución de la tecnología de granulación atañe a la parte central del proceso, donde las principales máquinas siguen siendo el granulador y el secadero de lecho fluidizado. El selector colocado entre la granulación y el secado garantiza que sólo el producto semiacabado con la distribución granulométrica (DTP) correcta pueda enviarse al proceso de secado. Esto aporta una mayor eficiencia energética y un control absoluto de la distribución granulométrica del material granulado: es posible pasar de una granulometría relativamente fina, adecuada para sustituir el polvo molturado en seco y humectado clásico, a una distribución granulométrica sin fracción fina, indicada para reproducir la misma fluidez que el polvo atomizado, garantizando la trabajabilidad del granulado con parámetros estándar de prensado.

Éstos son los tipos de producto semiacabado enviados para su prensado y correspondiente producto acabado:

- Pasta molturada en seco y humectada (p.ej., baldosas sudamericanas de pasta roja por monococción): la evolución en la producción cerámica se dirige hacia productos con menor absorción de agua y un formato cada vez mayor. La nueva tecnología de preparación de pastas secas, comparada con el conocido producto molturado en seco y humectado, permite conseguir una mayor finura del polvo molturado para obtener una menor absorción de agua, una mayor resistencia mecánica y una mejor calidad superficial. Además, la granulación fina confiere una mayor fluidez al polvo para optimizar la carga del molde y el proceso de prensado (carga de la prensa más homogénea, tiempos de desaireación más cortos, mayor velocidad de prensado, posibilidad de aumentar el formato del producto acabado), manteniendo la misma superficie lisa tras el prensado.
- Pasta molturada por vía húmeda atomizada (monoporosa, monococción sinterizada, gres porcelánico): la nueva preparación de la pasta seca garantiza la misma finura de molienda de la mezcla de pasta, a fin de obtener la misma reactividad durante el proceso de cocción, y permite producir un polvo granulado con la misma fluidez que el polvo atomizado.

La diferencia principal entre los gránulos atomizados y los gránulos preparados en seco es que estos últimos se componen de gránulos "llenos", formados por crecimiento. En cambio, el granulado atomizado está compuesto por gránulos "huecos", formados por la evaporación del agua de las gotas de barbotina (*Figure 1*).

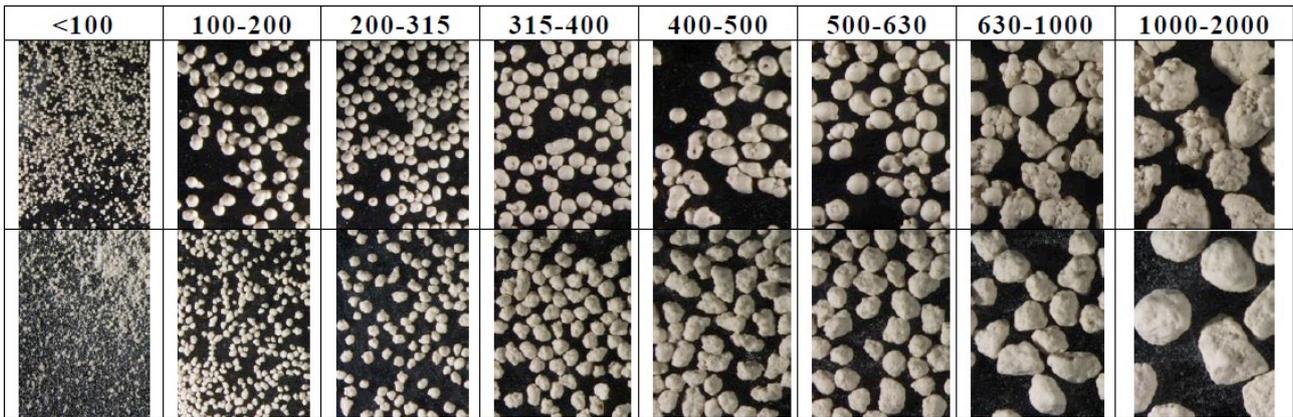


Figura 1 – Imágenes de gránulos atomizados (fila superior) y de gránulos secos (fila inferior)

La *Figura 2* presenta el diagrama de flujo del nuevo sistema de preparación en seco de la pasta.

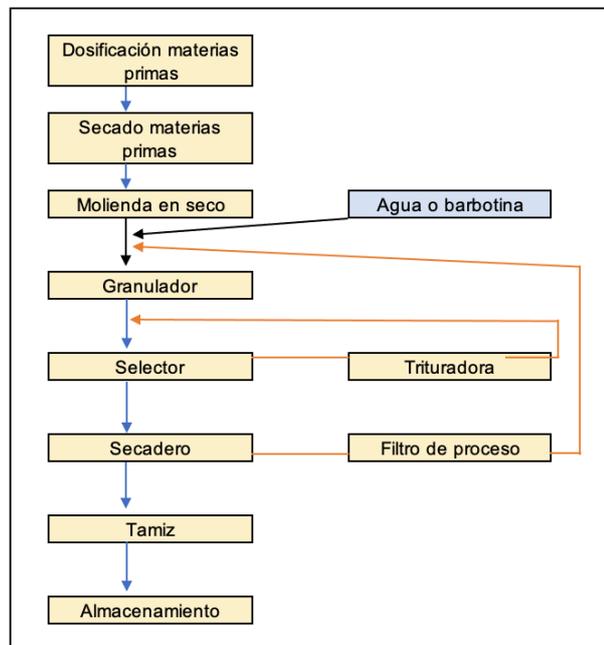


Figura 2 – Diagrama de flujo de la preparación de la pasta seca

Este artículo presenta dos estudios realizados por nuestro laboratorio, sobre dos tipos de productos diametralmente opuestos. De este trabajo, se desprende que el nuevo sistema puede aportar respuestas técnicas y tecnológicas para resolver problemas y/u optimizar la producción de distintos tipos de baldosas.

A continuación, se exponen dos experimentos recientes realizadas con pasta granulada: en el primero, para optimizar la producción de baldosas de pasta roja obtenidas por monococción, y en el segundo, para producir baldosas de gres porcelánico esmaltado con la tecnología en seco.

EXPERIMENTAL

Todos los procesos necesarios para producir las mezclas granuladas se llevaron a cabo en la planta piloto ubicada en el laboratorio, que consiste en un molino de bolas (Figura 3), un molino vertical de rodillos (Figura 4) y una planta de granulación (Figura 5), con los que es posible reproducir los productos semiacabados fabricados por una planta industrial.



Figura 3 – Molino de bolas

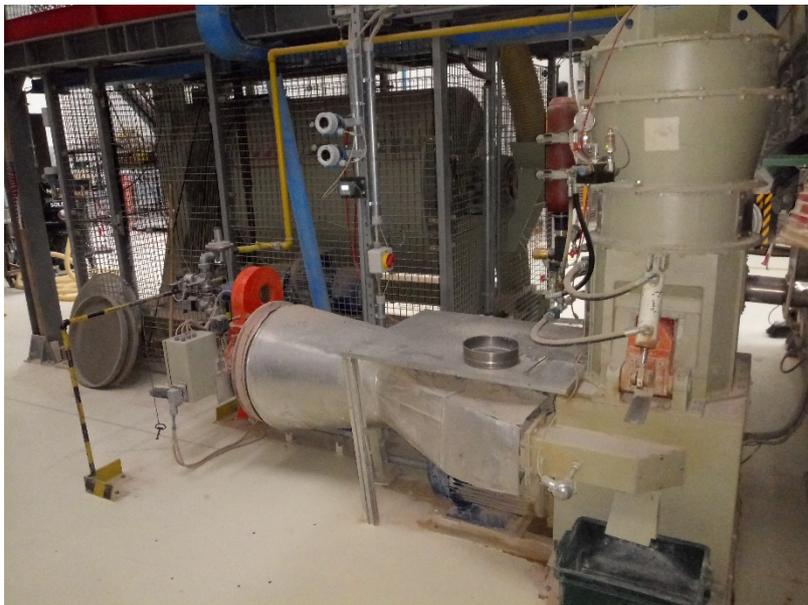


Figura 4 – Molino vertical de rodillos

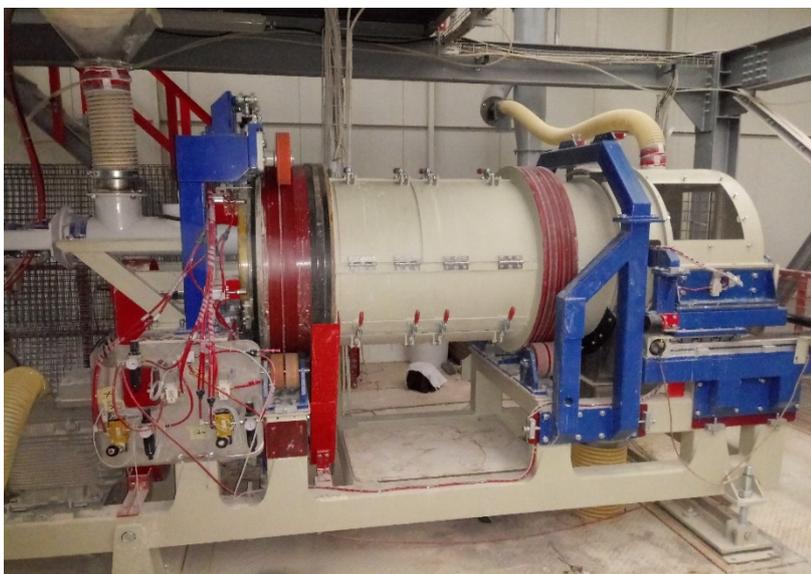


Figura 5 – Granuladora HGT



Figura 6 – Embudo de fluidez

La fluidez se determina midiendo el tiempo de vaciado del granulado de un embudo de acero inoxidable con una capacidad de 2361,5 cm³ (Figura 6).

Baldosas de pasta roja obtenidas por monococción - BIIb

Se realizó un ensayo de preparación de pastas para un cliente sudamericano utilizando el nuevo sistema (molienda en seco y granulación), generando dos distribuciones granulométricas diferentes: una gruesa para realizar pruebas de formatos grandes, y otra más fina con la que sustituir el polvo seco humectado de su producción actual.

La mezcla de materias primas fue molturada en un molino vertical de rodillos a escala de laboratorio, obteniendo la misma granulometría que la resultante de la molienda industrial en seco y en húmedo del cliente (*Figure 7*).

MOLIENDA EN HÚMEDO INDUSTRIAL	MOLIENDA EN HÚMEDO INDUSTRIAL	MOLIENDA EN HÚMEDO INDUSTRIAL
D [3;2] 6,60 µm	D [3;2] 7,54 µm	D [3;2] 7,04 µm
D [4;3] 20,0 µm	D [4;3] 25,2 µm	D [4;3] 19,5 µm
Dv (10) 2,58 µm	Dv (10) 2,88 µm	Dv (10) 2,85 µm
Dv (50) 12,6 µm	Dv (50) 14,2 µm	Dv (50) 11,5 µm
Dv (80) 35,6 µm	Dv (80) 43,2 µm	Dv (80) 34,7 µm
Dv (90) 49,3 µm	Dv (90) 65,6 µm	Dv (90) 48,9 µm
Dv (97) 67,0 µm	Dv (97) 97,3 µm	Dv (97) 66,6 µm

Figura 7 – Distribución granulométrica (DTP) de la pasta roja después de la molienda, planta industrial vs planta piloto

Con el material molturado vía seco en la planta piloto, se obtuvieron granulados con dos distribuciones granulométricas diferentes, una gruesa para reproducir la fluidez del material atomizado, y otra con una granulometría más fina para sustituir el polvo humectado.

En ambos casos, el granulado obtenido se prensó en paralelo con las mezclas industriales en una prensa industrial con un molde de 640x640 mm. El resultado fue una mejora de las características tecnológicas, tanto antes como después de la cocción.

La *Figura 8* muestra las distribuciones granulométricas de los granulados y los resultados de las caracterizaciones tecnológicas de las baldosas de pasta roja.

	Polvo atomizado	Granulado grueso			Polvo humectado	Granulado fino	
Humedad	6.8	7.60	%	Humedad	7.5	8.1	%
Fluidez	6.1	5.70	s	Fluidez	X	21.5	s
DTP				DTP			
1000 um	0.4	0.0	%	1000 um	2.50	0.1	%
710 um	0.1	0.9	%	710 um	3.20	0.3	%
500 um	24.7	38.9	%	500 um	7.00	3.7	%
250 um	50.9	41.1	%	250 um	10.30	15.9	%
125 um	18.9	16.8	%	125 um	9.90	20.5	%
63 um	4.2	2.0	%	63 um	17.60	33.6	%
< 63 um	0.8	0.3	%	< 63 um	49.50	25.9	%
Expansión	0.50	0.12	%	Expansión	0.50	0.12	%
Índice de comp.	2.0	2.0		Índice de comp.	2.8	2.0	
Formato de baldosa	60x60		cm	Formato de baldosa	60x60		cm
Presión de conformación	305	305	kg/cm ²	Presión de conformación	305	305	kg/cm ²
MOR en verde	0.95	1.31	N/mm ²	MOR en verde	1.01	1.32	N/mm ²
MOR en seco	2.77	3.29	N/mm ²	MOR en seco	2.98	3.49	N/mm ²
Temp. de cocción	1110/1120		°C	Temp. de cocción	1110/1130		°C
Ciclo de cocción	41		min	Ciclo de cocción	28		min
Abs. de agua	9.8	8.6	%	Abs. de agua	9.3	8.4	%
Contracción	2.8	2.5	%	Contracción	2.3	2.0	%
MOR	35.5	36.7	N/mm ²	MOR	31.2	32.8	N/mm ²

* Nota: MOR (Modulus of Rupture) = resistencia a la flexión

Figura 8 – DTP del granulado y resultados de su caracterización tecnológica

Se realizó una prueba de prensado con el granulado grueso para la producción de láminas de gran formato. El granulado se cargó correctamente en la cinta de alimentación y la conformación se realizó sin problemas. Asimismo, las fases de corte, secado y cocción se desarrollaron también sin incidencias (Figuras 9 a 13).



Figura 9 - Gránulos cargados en la cinta de alimentación



Figura 10 – Lámina compactada saliendo de la máquina



Figura 11 – Lámina en la cinta de corte



Figura 12 – Lámina a la entrada al secadero



Figura 13 – Lámina cocida

Baldosas de gres porcelánico esmaltado - B1a

En cuanto al ensayo de las baldosas de pasta roja, también en este caso el cliente envió la mezcla de materia prima. La mezcla para el soporte se molturó en seco en un molino de bolas. La distribución granulométrica obtenida de la molienda en seco se mantuvo ligeramente más fina que la obtenida de la molienda en húmedo (*Figura 14*).

MOLIENDA EN HÚMEDO INDUSTRIAL	MOLIENDA EN SECO PLANTA PILOTO
D [3;2] 7,02 μm	D [3;2] 6,01 μm
D [4;3] 18,9 μm	D [4;3] 12,8 μm
Dv (10) 2,88 μm	Dv (10) 2,80 μm
Dv (50) 11,5 μm	Dv (50) 7,87 μm
Dv (80) 30,3 μm	Dv (80) 16,5 μm
Dv (90) 45,6 μm	Dv (90) 26,2 μm
Dv (97) 71,7 μm	Dv (97) 58,7 μm

Figura 14 – DTP de la pasta porcelánica después de la molienda, planta industrial vs planta piloto

La mezcla molturada se granuló, para obtener un granulado de alta fluidez.

El granulado obtenido se prensó en paralelo con los gránulos atomizados industriales en una prensa industrial con un molde de 640x640 mm. Los resultados de la caracterización demuestran que, con la preparación en seco, es posible producir baldosas con las mismas características que las baldosas de gres porcelánico producidas con la preparación de la pasta vía húmeda.

La *Figura 15* muestra las distribuciones granulométricas de los granulados y los resultados de las caracterizaciones tecnológicas de las baldosas de pasta roja

	Polvo atomizado	Granulado grueso	
Humedad	6.15	6.60	%
Fluidez	6.3	5.90	s
DTP			
1000 um	0.3	0.0	%
710 um	1.3	0.6	%
500 um	17.4	34.7	%
250 um	62.2	44.7	%
125 um	14.8	16.0	%
63 um	3.9	3.5	%
< 63 um	0.1	0.5	%
Formato de baldosa	60x60		cm
Presión de conformación	432	432	kg/cm ²
MOR en verde	1.10	0.90	N/mm ²
MOR en seco	2.50	2.40	N/mm ²
Temp. de cocción	1215/1225		°C
Ciclo de cocción	48		min
Abs. de agua	0.07	0.06	%
Contracción	6.8	6.9	%
MOR	44.8	45.1	N/mm ²

Nota: MOR (Modulus of Rupture) = resistencia a la flexión

Figura 15 – DTP del granulado y resultados de su caracterización tecnológica

A partir del granulado obtenido, se prensaron también baldosas de 600x1200 mm (*Figuras 16-17*), baldosas de 150x900 mm (*Figuras 18-19*) y láminas de 1200x2400 mm, de las que se obtuvieron baldosas de 1200x1200 mm (*Figura 20*).



Figura 16 – Baldosa prensada de 600x1200 mm



Figura 17 – Baldosa cocida de 600x1200 mm



Figura 18 – Baldosas prensadas de 150x900 mm



Figura 19 – Baldosas cocidas de 150x900 mm



Figura 20 – Baldosa prensada esmaltada de 1200x1200 mm obtenida mediante corte de una lámina de 1200x3600 mm

CONCLUSIONES

Este nuevo proceso de granulación – un desarrollo de Migratech - permite obtener granulados que optimizan la producción tradicional con la molienda en seco (ej. baldosas de pasta roja), hasta sustituir el material atomizado en la producción de gres porcelánico esmaltado. Se ha conseguido el objetivo de mejorar las características tecnológicas de los polvos, acercándose a las propiedades reológicas y de compactación de los polvos atomizados. Este resultado representa, sin duda, un paso adelante en cuanto a las características del polvo.

Esta nueva tecnología resulta versátil, pudiendo producir granulados con diferentes distribuciones granulométricas para adaptarse a diferentes escenarios productivos.

Además, comparado con la preparación por vía húmeda, permite un importante ahorro de energía y recursos. Las ventajas de esta tecnología son:

- la posibilidad de obtener un ahorro sustancial de energía térmica; la cantidad de agua que se evapora es inferior a la evaporada en el proceso de atomización (65÷70% de ahorro de energía térmica);
- la posibilidad de obtener un ahorro significativo de recursos hídricos (hasta 75%);
- la posibilidad de obtener ahorros significativos en aditivos de molienda (desde 70% hasta 100%);
- la posibilidad de reproducir la fluidez de los polvos atomizados, garantizando la trabajabilidad del granulado con los parámetros de prensado estándar;
- la posibilidad de utilizar el calor recuperado de otros procesos térmicos o de las plantas de cogeneración.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] F.G. Melchiades, A.O. Boschi. "Study of the feasibility of producing porcelain tiles by the dry route." CFI-Ceramic Forum International 87 (2010) 43-49.
- [2] G. Nasseti, G. Timellini. "Granulation of powders for whitebody ceramic tiles." Ceram. Eng. Sci. Proc. 12 (1991) 328-342.
- [3] G. Nasseti, C. Palmonari. "Dry fine grinding and granulation vs wet grinding and spray drying in the preparation of a redware mix for fast-single-fired vitrified tile." Ceram. Eng. Sci. Proc. 14 (1993) 15-24.
- [4] R. Soldati, C. Zanelli, G. Guarini, S. Fazio, M.C. Bignozzi, M. Dondi. "Characteristics and rheological behaviour of spray-dried powders for porcelain stoneware slabs." J. Eur. Ceram. Soc. 38 (2018) 4118-4126.
- [5] R. Soldati, C. Zanelli, G. Guarini, A. Piancastelli, C. Melandri, S. Fazio, M.C. Bignozzi, M. Dondi. "Pore evolution and compaction behaviour of spray-dried bodies for porcelain stoneware slabs." J. Eur. Ceram. Soc. 38 (2018) 4127-4136.
- [6] R. Soldati, C. Zanelli, G. Guarini, G. Cavani, L. Battaglioli, M. Dondi. "Novel micro-granulates for porcelain stoneware tiles: preliminary data on powder rheology and compaction." Qualicer, Castellón, España (2020).
- [7] G. Cavani, L. Battaglioli. "Migratech 4.0 microgranulation technology for the production of large-size slabs." Ceramic World Review 129 (2018) 132-135.
- [8] Z. Shu, J. Zhou, Y.X. Wang. "A novel approach of preparing press-powders for cleaner production of ceramic tiles." Journal of Cleaner Production 18 (2010) 1045-1051.
- [9] Z. Shu, J. Garcia-Ten, E. Monfort, J.L. Amoros, J. Zhou, Y.X. Wang. "Cleaner production of porcelain tile powders. Granule and green compact characterization." Ceramics International 38 (2012) 517-526.
- [10] F.G. Melchiades, L.R. dos Santos, S. Nastri, A.P. Leite, A.O. Boschi. "Reducing the yield stress of granules prepared by the dry route for the fabrication of porcelain tiles." Qualicer, Castellón, España (2012).
- [11] F.G. Melchiades, L.R. dos Santos, S. Nastri, A.O. Boschi. "Influence of the nature of the granules on porcelain tile manufacture." Qualicer, Castellón, España (2012).
- [12] C. Gil, D. Silvestre, J. Piquer, J. García-Ten, F. Quereda, M.J. Vicente. "Preparation of porcelain tile granulates by more environmentally sustainable processes." Bol. Soc. Esp. Cerám. V. 51 (2012) 67-74.
- [13] F.G. Melchiades, L.R. dos Santos, S. Nastri, E. Cabral, A.O. Boschi. "Viabilidade da Fabricação de Porcelanatos por Via Seca a Partir de Massas de Cor de Queima Clara. Parte II: Condições de Granulação da Massa." Cerâmica Industrial 17 (2012) 5-6.
- [14] F.G. Melchiades, L.R. dos Santos, S. Nastri, A.O. Boschi. "Comparison between spray-dried and dry granulated powders in the fabrication of porcelain tiles." Interceram 61 (2012) 254-258.