

Fluidez de polvos para prensado.

Polvos para prensado de baldosas cerámicas.

Los polvos para prensado son los materiales particulados con diferentes estados de agregación y/o aglomeración que alimentan las prensas y con los que se obtiene el soporte, y ocasionalmente algunas decoraciones de las baldosas cerámicas. En la actualidad, se emplean de forma absolutamente mayoritaria los polvos obtenidos por **molienda en vía húmeda** y posterior secado de la barbotina mediante **atomización**.

Los polvos atomizados (figura 1), están formados por gránulos mayoritariamente esféricos con tamaños comprendidos entre los 500 y 45 μm . Estos gránulos son esféricos y huecos, de baja homogeneidad, recubiertos por una corteza semipermeable formada por sales solubles cristalizadas, procedentes de las arcillas de la composición o desfloculantes, y por partículas coloidales arrastradas por el agua de secado.



Figura 1. Polvo atomizado de pasta roja para prensado de baldosas cerámicas.
Fotografía: Rafa Galindo.

Los gránulos de atomizado deben poseer una densidad, forma, distribución granulométrica y humedad que permitan la carga homogénea de los alvéolos del molde y la formación de una microestructura uniforme que confiera las baldosas un adecuado comportamiento durante el proceso de fabricación y las características técnicas y, en su caso, estéticas requeridas tras la cocción.

Los polvos para prensado se caracterizan, entre otros ensayos, mediante la medida de su [distribución granulométrica](#), densidad aparente por caída libre y su fluidez.

Importancia industrial de la fluidez (*).

El comportamiento reológico de los polvos para prensado de baldosas cerámicas influye marcadamente en el desarrollo de las distintas operaciones del proceso de fabricación, como son el transporte de los polvos; la carga y descarga de silos; la carga de los alvéolos de los moldes y las operaciones de decoración en los alvéolos o en las estaciones de decoración anteriores al prensado.

Una de las operaciones del proceso de fabricación donde la fluidez de los polvos juega un importante papel es, sin duda, el llenado de los alvéolos del molde durante el ciclo de prensado, en la que se requiere una elevada homogeneidad de carga, y el mantenimiento de ésta durante toda la producción. El mantenimiento de las características dimensionales de las baldosas, o de los productos obtenidos por prensado en semisecco, depende de la correcta carga de los alvéolos, y ésta, a su vez, depende de la tecnología empleada, de la regulación del ciclo de prensado y de la fluidez del polvo. El control de la carga de los alvéolos es, por tanto, necesario para mantener el producto dentro de los estándares de calidad fijados.

Para garantizar el correcto llenado de los alvéolos, se requiere que el polvo tenga una buena fluidez, para lo que es necesario que los gránulos sean de forma esférica y de superficie lisa, de tamaño medio grande, elevada densidad y fuerzas intergranulares no adherentes ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾. En la siguiente tabla se muestran las condiciones que según Reed, J.S. deben tener los gránulos ⁽⁴⁾.

Característica	Aspecto deseado
Forma del gránulo.	Esférica.
Densidad del gránulo.	Alta.
Tamaño medio del gránulo.	Grande.
Intervalo de tamaños del gránulo.	Eliminación de finos a $d < 74 \mu\text{m}$ controlado.
Distribución de tamaño de gránulo.	Tipo de empaquetamiento.
Superficie del gránulo.	Lisa.
Fuerzas intergranulares.	No adherentes.

A mediados de la década de los ochenta, investigadores de AICE-ITC publicaron unos trabajos ⁽²⁾⁽³⁾ en los que abordaban el estudio de los factores que influyen en la carga de los alvéolos del molde y su relación con la calidad del producto. Estos autores definían los parámetros para caracterizar la fluidez, proponían procedimientos para

su medida e identificaban las variables que la afectaban. Desde entonces la carga de los alvéolos ha evolucionado y el sistema de carga de los alvéolos de las prensas mediante carro con parte ciega, entonces empleado, ha sido sustituido por el de rejillas flotantes. La parte ciega del carro ha sido eliminada, realizando su función una tolva de alimentación dotada de una compuerta de descarga regulable según la posición del carro. La carga del polvo, con el antiguo carro con parte ciega se realizaba en todo el alvéolo y por tanto la posición de las regletas jugaba un importante papel en su distribución. En la actualidad, es posible controlar la distribución de la carga mediante la posición de la parrilla, de la tolva en algunos tipos de prensas y la velocidad de los elementos móviles. Estas mejoras técnicas, junto con el control estricto de la fluidez, han permitido mejorar la homogeneidad de la carga de los alvéolos y han facilitado la fabricación de baldosas de grandes formatos, reduciendo los problemas de falta de estabilidad dimensional, entonces muy acuciantes. En la actualidad, el auge de la fabricación de grandes formatos de gres y de gres porcelánico, y el desarrollo de las tecnologías para la decoración de las baldosas en prensas, bien sea en el alvéolo (decoración en masa y doble prensado) o en estaciones de decoración con doble compactación, en las que se emplean pigmentos en forma de polvos secos, ha puesto de nuevo de manifiesto la necesidad del estricto control de la fluidez de los polvos empleados.

La fluidez de un polvo puede mejorarse mediante el uso de aditivos que inhiben la aglomeración. Estos aditivos pueden actuar según los siguientes mecanismos ⁽⁵⁾: creación de una barrera sólida entre las partículas de polvo, reduciendo sus fuerzas atractivas; lubricación de las superficies sólidas, reduciendo la fricción entre las partículas; o neutralización de las cargas electrostáticas.

(*) El texto de este apartado corresponde a un extracto del libro GALINDO, R. "Prensas, moldes y prensado en la fabricación de baldosas cerámicas". 2ª Edición. Pgs 63 y 64. Ed. Macer. Castellón, 2018.

Medida de la fluidez (*).

Los parámetros para la caracterización de la fluidez son el **índice de Hausner (IH)** y la **velocidad de flujo (v(φ))**.

El **índice de Hausner** se emplea habitualmente para la caracterización de la fluidez de todo tipo de polvos, granulados o no, y se define como la razón entre la densidad vibrada (ρ_v) de un polvo y su densidad aparente por caída libre (ρ_{cl}). Expresa, por tanto, el aumento de densidad que experimenta un lecho de polvo resultante del llenado de un recipiente, cuando éste se agita vigorosamente.

$$IH = \frac{\rho_v}{\rho_{cl}}$$

Cuanto mayor sea la fluidez del polvo, menor será la diferencia entre la posición inicial (llenado) y la final (vibrado) y por lo tanto menor será su índice de Hausner. Un elevado valor del IH representa, por tanto, una baja fluidez del polvo. El menor valor del IH posible (máxima fluidez) es por lo tanto $IH = 1$. En la siguiente tabla se dan unos valores de referencia ⁽⁶⁾ para interpretar los resultados de los ensayos de fluidez.

IH	Comportamiento del polvo.
> 1,40	Cohesivo.
1,40 a 1,25	Flujo fácil.
< 1,25	Flujo libre.

El valor del índice de Hausner de un polvo está influenciado por su humedad y por su distribución granulométrica ⁽²⁾⁽³⁾. El índice de Hausner aumenta al aumentar la humedad de un atomizado para prensado. Este efecto se hace más patente para humedades superiores al 6 %. Esto se debe a las débiles uniones entre aglomerados que se crean por fuerzas de capilaridad. Se ha observado también que la humedad ejerce un efecto mucho más acusado sobre la fluidez de un polvo para prensado preparado por vía seca tradicional, que sobre polvos atomizados.

El tamaño de los gránulos influye marcadamente en la fluidez de los polvos atomizados: para muchos atomizados, las fracciones comprendidas entre, aproximadamente, 300 y 60 μm presentan la mayor fluidez como consecuencia de su forma esférica y su superficie lisa. Las fracciones superiores provocan una disminución de fluidez, y por tanto un aumento del índice de Hausner, debido al apelmazamiento de gránulos. Sin embargo, son las fracciones finas, formadas principalmente por partículas y agregados de formas irregulares y con baja aglomeración, las que ejercen un efecto más negativo sobre la fluidez de un polvo, disminuyéndola drásticamente al aumentar los puntos de contacto por unidad de volumen, y por tanto la fricción entre los gránulos.

También puede estimarse la fluidez de un atomizado midiendo la velocidad a la que fluye el polvo a través del orificio de diámetro conocido de un embudo. Puede expresarse como "**velocidad másica de flujo**", en g/s o bien como "**velocidad volumétrica de flujo**" y sus unidades serán entonces cc/s. Para determinarla se mide el tiempo que invierte una cantidad conocida de polvo (en masa o en volumen) para pasar a través del orificio de salida, de diámetro conocido, de un recipiente cónico (figura 1). Las dimensiones del recipiente empleado se indican en la tabla.

Diámetro.	ϕ_1	30 cm	
Altura.	h	14,5 cm	
Ángulo de descarga.	α	60°	
Diámetro de orificio.	ϕ_2	1,1 cm	



Fotografía: Rafa Galindo.

Al igual que ocurre con el índice de Hausner, la velocidad de flujo viene afectada de la misma manera por la humedad de la pasta y por la distribución granulométrica. La correspondencia entre los resultados de la medida de la fluidez obtenidos por ambos procedimientos (índice de Hausner y velocidad de flujo) es aceptable.

Para polvos atomizados, la sensibilidad de la medida de la velocidad de flujo es mucho mayor que la del índice de Hausner, por lo que se prefiere la primera para la medida de la fluidez. Sin embargo, para polvos que no fluyen libremente, como las pastas para prensado obtenidas mediante molienda por vía seca seguida de humectación, debe emplearse la medida del índice de Hausner.

En la siguiente tabla se muestran valores del índice de Hausner, velocidad de flujo y densidad aparente por caída libre de algunos polvos atomizados empleados en el sector de fabricación de baldosas cerámicas.

Polvo atomizado	Índice de Hausner.	Velocidad másica de flujo (g/s).	Densidad aparente por caída libre (g/cc).	Densidad aparente vibrada (g/cc).
Gres porcelánico – 1.	1,174	16,6	1,015	1,192
Gres porcelánico – 2 (superblanco).	1,156	17,3	1,010	1,167
Monoporosa pasta blanca.	1,118	17,1	1,018	1,138

(*) El texto de este apartado corresponde a un extracto del libro GALINDO, R. "Prensas, moldes y prensado en la fabricación de baldosas cerámicas". 2ª Edición. Pgs 64 y 65. Ed. Macer. Castellón, 2018.

Bibliografía

- (1) AMORÓS, J.L. "A operação de prensagem: considerações técnicas e sua aplicação industrial. Parte I: Preenchimento das cavidades do molde" *Cerâmica Industrial*, 5 (5). 23-28. (2000) DINGER, D.R. "Characterization techniques for ceramists". Ed. Morris Publishing. (2005). Disponible en https://moodle.ifsc.edu.br/pluginfile.php/588876/mod_resource/content/1/Prensa%2001.pdf [Consulta 4/04/2022].

- (2) AMORÓS J.L. et al. "*Métodos de determinación de las características tecnológicas de aglomerados. I. Métodos de determinación de la fluidez y de la densidad aparente*". Técnica Cerámica, 146. 380 – 386. (1986).
- (3) AMORÓS, J.L. et al. "*Características de polvos cerámicos para prensado*" Bol. Soc. Esp. Cer. Vidr. 26. 1. 31-37. (1987). Disponible en <http://boletines.secv.es/upload/198726031.pdf#:~:text=Caracter%C3%ADsticas%20de%20polveros%20cer%C3%A1micos%20para%20prensado%20La%20densidad%20del,se%20deno%C2%AD%20mina%20com%C3%BAmente%20densidad%20aparente%20del%20polvo.?msclkid=9b6b1693b43811ec896ce42e677b04f5> [Consulta 4/04/2022].
- (4) REED, J.S. "*Desde la carga a la baldosa prensada: mecánica y cambios microestructurales del sistema*". En Qualicer 2000. VI Congreso Mundial de la Calidad del Azulejo y del Pavimento Cerámico. Castellón: Cámara de Comercio, Industria y Navegación. Con 23-41 (2000)
- (5) ROMAGNOLLI, M.: BIGNAMI, F. "*Estudio del efecto de los aditivos en la fluidez de los polvos cerámicos*". En Qualicer 2006. IX Congreso Mundial de la Calidad del Azulejo y del Pavimento Cerámico. Castellón: Cámara de Comercio, Industria y Navegación. Pos 253 -260. (2006).
- (6) ITC. "*Tecnología del prensado industrial de baldosas cerámicas*". Curso de Prensado. Asociación de Técnicos Cerámicos, Castellón. (2017).