

INNOVACIONES EN LA MOLIENDA CONTINUA DE PASTA CERÁMICA

Simone Casadio, Sacmi Imola.

Expuesto en las XIII Jornadas Internacionales sobre Innovación Tecnológica en revestimientos cerámicos.

Molinos discontinuos

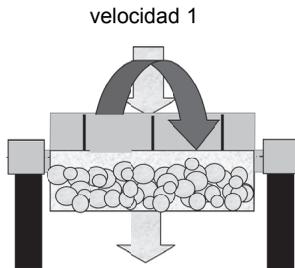


1° Molino Sacmi discontinuo '60
Sencillo, pero no es lo mejor

Hay una gran experiencia en máquinas de molienda discontinua para preparación de esmaltes y pasta cerámica. El primer molino fue instalado por Sacmi hace más de 40 años en Italia. Desde entonces se han provisto más de 4000 en todo el mundo.

Luego se usaron velocidades variables, para reducir los tiempos de molienda.

Gracias a este sistema, la producción de molinos discontinuos subió, quedando todavía muy lejos de la molienda continua.



- diferentes cuerpos moledores, todos mezclados
- un sólo tipo de revestimiento
- un nivel de barbotina
- tiempos muertos para carga y descarga

Molinos continuos MTC

Pasamos ahora de la máquina para molienda discontinua al mundo de la molienda continua.



Podemos observar en la fotografía el plano de una planta para molienda continua típica.

Es posible identificar la siguiente maquinaria:

- Silos para almacenamiento de materia prima
- Cinta adecuada para la extracción y dosificación continua de cada materia prima

Layout completo típico

- 1 silo para el almacenamiento de materia prima mixta.

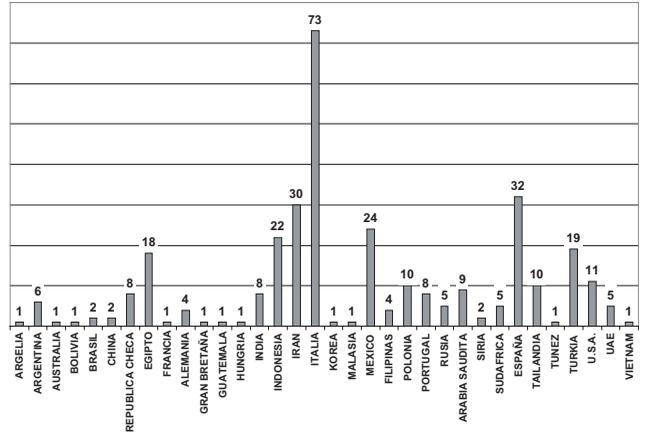
Desde estos silos una cinta transportadora extrae el producto que será mezclado con agua y desfloculantes antes de ir al molino para molienda continua.



1° Molino continuo
SACMI : 1984

El molino para molienda continua posee, en la zona de alimentación, dispositivos apropiados para la introducción de material y cuenta, en la zona de descarga, con el equipamiento adecuado para la extracción de la pasta ya refinada del molino.

Fuera del molino se encuentran dispositivos para la recolección,



Distribución geográfica de los 370 molinos para molienda continua instalados por SACMI en todo el mundo.

tamizado y almacenamiento de la pasta.

Esta es la solución normal. Si el contenido de humedad de la materia prima es superior al 14% es conveniente considerar la introducción de un dispositivo de disolución para evitar problemas en la alimentación del molino.

Serie SACMI MTC

Gama completa desde 35.000 hasta 160.000 lt

TYPE OF MILE	MTC 035	MTC 041	MTC 054	MTC 061	MTC 060	MTC 081	MTC 088	MTC 101	MTC 108	MTC 121	MTC 140	MTC 161
GRINDING MEDIAE	ALUMINA	SILEX SIL./AL.	ALUMINA	SILEX SIL./AL.	ALUMINA	SILEX SIL./AL.	ALUMINA	SILEX SIL./AL.	ALUMINA	SILEX SIL./AL.	ALUMINA	SILEX SIL./AL.
INSTALLED POWER	250 kW	250 kW	2 X 200 kW	2 X 200 kW	2 X 250 kW	2 X 250 kW	2 X 315 kW	2 X 315 kW	800 kW	800 kW	2 X 515 kW	2 X 515 kW
	9260 mm	10550 mm	10560 mm	12200 mm	10500 mm	11865 mm	12000 mm	13700 mm	12665 mm	14650 mm	14600 mm	16600 mm
	2200 mm	2200 mm	2240 mm	2240 mm	2920 mm	2920 mm	3050 mm	3050 mm	3030mm	3030mm	3500 mm	3500 mm
	35000 lt.	40000 lt.	5400 lt.	6300 lt.	7000 lt.	7000 lt.	8800 lt.	100000 lt.	108000 lt.	126000 lt.	140000 lt.	160000 lt.

En la actualidad el alcance de SACMI respecto de las máquinas para molienda continua es muy amplio, yendo de 35.000 a 160.000 l. de volumen interno.

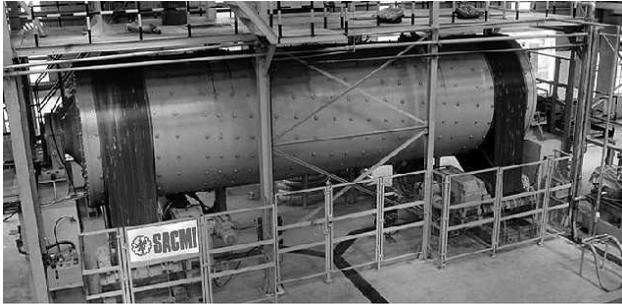
En el cuadro siguiente se pueden observar todos los modelos, con potencia relativa instalada, dimensión principal y elementos molientes adecuados.

Desde los 250 KW a 630 KW de potencia instalada el molino se encuentra equipado en forma estándar de la siguiente manera:

- Transmisión por correa
- Velocidad de rotación fija
- Embrague hidráulico para el inicio.

Desde los 800 KW a 1030 KW de potencia instalada, el molino se encuentra equipado de la siguiente manera:

- Transmisión por engranaje
- Velocidad regulable con *inverter*



Instalación típica de un molino continuo con transmisión por correa. SACMI instaló el primer MTC con transmisión por correa en 1994.

Tipo de regulaciones

	RESIDUO	CONSUMOS ENERGETICOS	CONSUMO CARGAS MOLEDORA	NIVEL DE BARBOTINA	TEMPERATURA BARBOTINA	VISCOSIDAD BARBOTINA
VELOCIDAD DE ROTACION	↓	↑	↑↑	↓	↑	↓
FLUJO MATERIA PRIMA	↑	—	↓	↑	↓	↑
NIVEL CARGA MOLEDORA	↓	↑	↑	—	↑	↓

Este tipo de máquina trabaja en forma continua por lo que necesita ser regulado en cada momento si algo no anda bien en la descarga de la pasta. La materia prima fluye dentro de los parámetros más fáciles para ser modificados. El cuadro da una idea de todos los parámetros de regulación:

- Velocidad de rotación
- Flujo de materia prima
- Nivel de elementos molientes

Y su relación con los siguientes parámetros de producción :

- Residuo final
- Consumo de energía y de elementos molientes
- Nivel y viscosidad del producto

Por ejemplo un aumento de la velocidad de rotación seguramente ocasiona:

- Una disminución del residuo, del nivel de producto y la viscosidad del mismo
- Un aumento de consumo de energía, temperatura de producto
- Un gran incremento en el consumo de elementos molientes

Luego de una rápida mirada a los molinos para mollienda discontinua y continua, es posible comprender mejor la diferencia que existe entre estas dos técnicas.

Ventajas de la mollienda continua

- Sistema de carga más económico
- Lay out simple
- Buen diluidor de arcillas

En primer lugar tomamos los molinos continuos e intentamos

destacar las ventajas de la mollienda discontinua para compararlos con los de mollienda continua.

Una planta con molinos continuos garantiza lo siguiente:

- Un sistema de dosificación de la materia prima más barato
- Planta de tecnología baja
- Buen diluyente de arcilla
- Reducción del volumen total del molino
- Menor espacio ocupado
- Formulación de pasta más exacta
- Controles de la barbotina continuos y precisos
- Las materias primas se quedan menor tiempo dentro del molino.
- Mejor control de calidad
- Sistema completamente automático
- Personal de trabajo reducido
- Menor cantidad de agua en la barbotina
- Barbotina caliente, mejora la fluidez
- Ahorro energético

Se observan las siguientes ventajas de la mollienda continua:

- Una reducción en el volumen del molino para mollienda.
- **Menor cantidad de molinos:** a igual productividad se necesitan instalar aproximadamente 4 molinos para mollienda discontinua por cada molino para mollienda continua.
- **Sistema de dosificación exacto de la materia prima:** esto implica una mejor calidad de estabilidad del producto.
- **Control frecuente y regular del producto:** no es necesario esperar horas ya que el control se puede realizar en cualquier momento.
- **La arcilla permanece menos tiempo dentro del molino:** el tiempo de permanencia en los molinos para mollienda continua es de aproximadamente 10 minutos menos que en los molinos para mollienda discontinua.
- **Mejor calidad de producto:** Debido al sistema de dosificación exacto y a los controles frecuentes del mismo.
- **Automatización total:** La planta está siempre bajo control.
- **Reducción de la mano de obra:** no se requiere personal para la alimentación ni para la descarga del producto.
- **Reducción del porcentaje de agua utilizada para el producto:** debido a una mayor eficiencia en la descarga aún con producto de alta viscosidad.
- **Producto de baja viscosidad más caliente:** debido a la descarga de temperaturas más altas hay una mayor eficiencia en el tamizado.

- Ahorro de Energía:

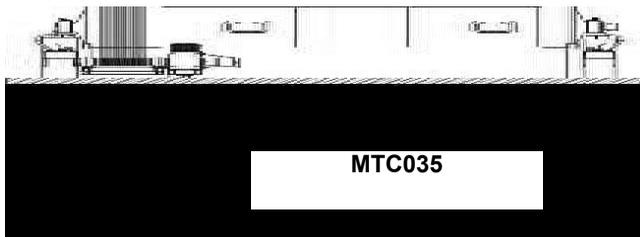
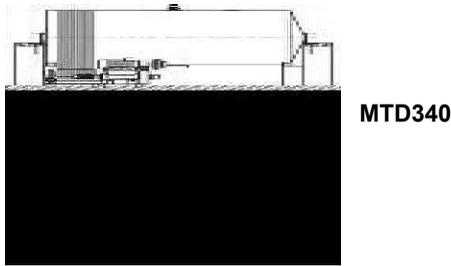
1. La energía de mollienda utilizada por unidad de peso es inferior en los molinos para mollienda continua.
2. Menor energía en el atomizador debido a una menor cantidad de agua
3. Menor energía en el atomizador debido a la temperatura más alta

Comparación molliendas MTD-MTC

Podemos observar 1 modelo de molino MTC035 para mollienda continua y 1 modelo de molino MTD340 para mollienda discontinua.

Tienen volúmenes internos similares y funcionan con los mismos elementos molientes, o sea alúmina.

Las proporciones geométricas de ambos molinos son completamente diferentes y pareciera que las dimensiones del MTC son mayores que las del MTD. Veremos en la próximo gráfico que la diferencia en la productividad del molino hace al MTC mejor también desde el punto de vista de la superficie cubierta total.



Producciones MTC – MTD

En este gráfico observamos una comparación de la producción entre el mismo molino MTD340 y el MTC035.

El mismo volumen, el mismo elemento moliente pero el método diferente utilizado para cargar el elemento moliente y la materia prima producen la gran diferencia en la potencia instalada y la producción diaria.

En especial el MTC035 cuenta con:

- Una potencia instalada que es 2,2 veces superior a la del MTD.
- Un peso de materia prima que es 3,4 veces inferior al del MTD.
- Una producción total que es 3,4 veces mayor a la del MTD

revestimiento interno		Goma	Goma
carga moledora		Alúmina	Alúmina
peso carga moledora	ton	22,000	30,200
peso materias primas	ton	24,800	6,800
relación carga/material	Kg / Kg	0,89	4,44
potencia instalada	KW	110	250
potencia consumida	KW	94	215
volumen útil	m ³	30,960	30,660
producción barbotina	ton / hr	1,550	5,200
consumo específico	KWh / ton	55	41
potencia específica	KW / m ³	3,55	8,15
tiempo molienda	hrs	14,50	1,31
eficiencia MTD / MTC		3,35	

Se requieren 4 molinos MTD340 para molienda discontinua para obtener la misma molienda que un molino MTC035 para molienda continua con el mismo volumen interno.

**Molienda optimizada
Revestimiento**

El revestimiento interior de un molino para molienda continua está siempre hecho con caucho.

La solución de ladrillos de alúmina, que es bastante común en los molinos discontinuos, resulta crítica para los molinos de molienda continua porque tomará un tiempo de parada de alrededor de 20 días lo que significa demasiado tiempo si tomamos en cuenta la producción mayor de esta máquina.

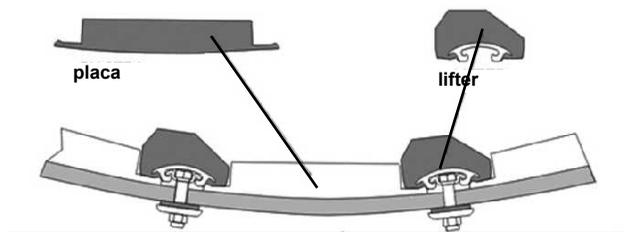
Con un revestimiento de caucho el trabajo de mantenimiento nor-



malmente no necesita más de 3 días ya que éste tomaría sólo una parte de la superficie interior total. Por ello también se encuentra disponible en el mercado el revestimiento interior de caucho con ensambladura en cola de milano.

Revestimiento de goma

El revestimiento tradicional está compuesto por dos partes principales. Una lámina y un Lifter o Barral que ayudan a que la materia prima y los elementos molientes se muevan para aumentar el efecto de trituración. El Lifter o Barral tradicional se encuentra en línea recta a lo largo del cilindro del molino.



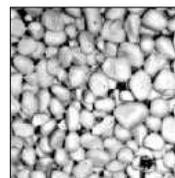
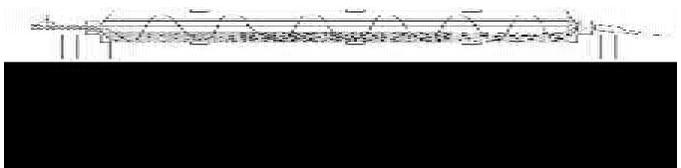
Revestimiento recto - monocámara

En el cilindro de una sola cámara con revestimiento recto los elementos molientes más grandes son empujados por el flujo de la materia prima y quedan en la zona de descarga mientras que los elementos molientes pequeños se asientan en la zona de alimentación.

Este es el peor estado de molienda ya que es necesario que las piedras más grandes se coloquen en la zona de alimentación donde la acción de trituración es más importante.

Por la misma razón es necesario que las piedras o esferas pequeñas se coloquen en la zona de descarga para poder refinar mejor el producto. La solución consistente en el cilindro de una cámara equipado con un revestimiento recto no puede funcionar correctamente.

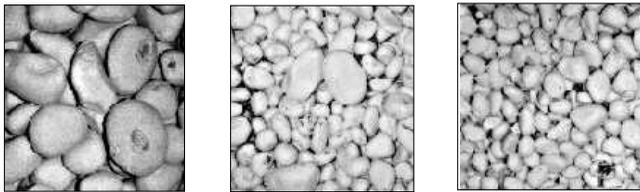
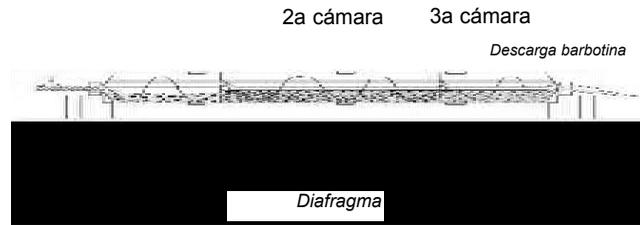
Alimentación materia prima y cargas moledoras Descarga barbotina



Revestimiento recto - 3 cámaras

La solución común para el revestimiento recto consiste en dividir el cilindro en 3 cámaras donde se pueda colocar el tamaño correcto de elementos molientes.

Alimentación materia prima y cargas molidoras



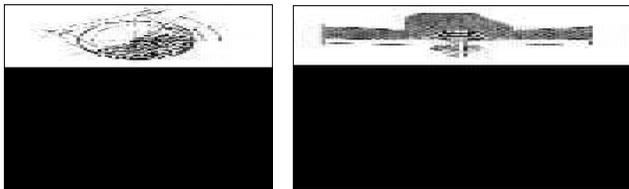
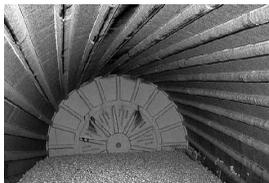
Esta cámara se obtiene al colocar dentro del cilindro diafragmas adecuados que eviten que las piedras se muevan cuando son empujadas por el movimiento del producto. En esta configuración los elementos molientes grandes se deben introducir en la primera cámara, los medianos en la cámara del medio y los pequeños en la tercera cámara.

Se puede alcanzar una performance de molienda buena pero al mismo tiempo con esta configuración se deberá detener el molino en forma periódica para poder introducir los elementos molientes correctos en la cámara del medio que no tiene la posibilidad de ser alimentada cuando el cilindro esta rotando.

Revestimiento helicoidal clasificante

Una mejora muy importante en la molienda continua es la utilización del revestimiento helicoidal de clasificación. Este revestimiento especial realiza una separación natural entre las piedras de diámetro grande y las de diámetro pequeño. En especial cuando el molino es de funcionamiento continuo las piedras más grandes se quedan en la primera parte del cilindro y las más pequeñas se colocan en la zona de descarga.

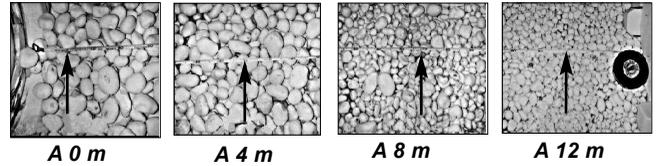
En 1996 SACMI fue el primero en instalar este revestimiento especial y



desde esa fecha hasta el presente existen más de 180 molinos funcionando con esta aplicación.

Separación carga de sílice

En estas fotografías se puede observar la distribución de los elemen-



tos molientes de silicio en toda la longitud de un MTC de 1 cámara como resultado de la utilización de un revestimiento de clasificación. En la sección de alimentación sólo se encuentran piedras grandes para poderlas triturar mejor mientras que en la de descarga encontramos sólo las más pequeñas para refinarlas mejor.

Principio de separación

La separación dentro del molino depende de P y de F FUERZA SOBRE UNA ESFERA INMERSA EN UN FLUJO LIQUIDO

$$F = C_w \cdot \rho_l \cdot v^2 \cdot A$$

C_w valor del flujo

ρ_l densidad del líquido

v velocidad del flujo

$$\text{Superficie de la esfera } A = (\pi \cdot d^2) / 4$$

Fuerza sobre una esfera en un flujo líquido:

$$P = (\rho_{\text{sph}} - \rho_l) \cdot g \cdot V$$

ρ_{sph} densidad del líquido

$$\text{Volumen de la esfera } V = (\pi \cdot d^3) / 6$$

La clasificación natural de los elementos molientes es el resultado de un equilibrio correcto entre la circulación del producto, la viscosidad del mismo, el peso de los elementos molientes y la inclinación del barril.



<65%

Velocidad del molino y separación de la carga moledora

75%

Velocidad molino Sacmi
V = 0,49-:-0,63 V_c
V = 2 m/s

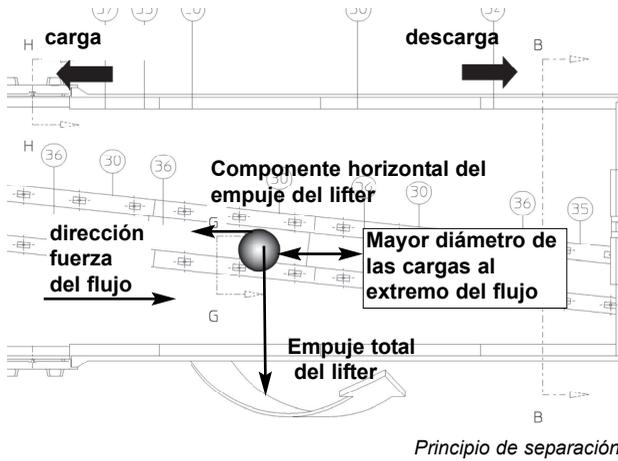
>85%

velocidad crítica
V_c = √(D·g/2)
[V_c] = m/s

La velocidad normal del molino es inferior al 65% de la velocidad crítica.

Como se puede observar en la ilustración, a esta velocidad los elementos molientes más grandes permanecen en la periferia del cilindro interior. Esto significa que los elementos molientes mas grandes están en contacto con el barril con más frecuencia.

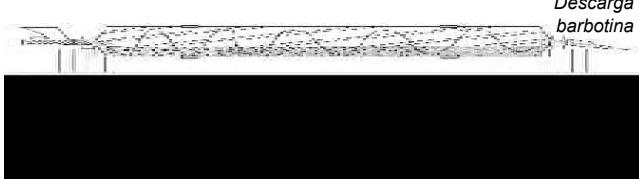
Los revestimientos de clasificación golpean preferentemente las piedras grandes que son empujadas hacia la parte interna del cilindro. Las piedras pequeñas reaccionan moviéndose hacia la parte externa del cilindro.



Clasificante – 1 cámara

El resultado de esta solución consiste en que el cilindro de 1 cámara equipada con un revestimiento de clasificación puede funcionar correctamente debido a que se optimiza la distribución de las piedras o esferas: las pequeñas en la boca de salida y las grandes en la boca de entrada.

Alimentación materia prima y cargas molidoras



Debemos destacar que en este caso el nivel de la materia prima y de los elementos molientes es igual en todo el cilindro. El nivel no puede superar la altura de la boca de alimentación.

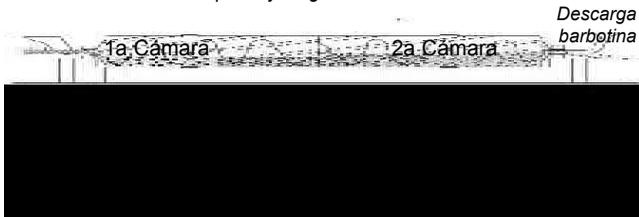
Clasificante – 2 cámaras

La mejor utilización del revestimiento de clasificación es para el molino de 2 cámaras porque con un diafragma intermedio el nivel de materia prima y de elementos molientes puede incrementarse en la última cámara. Con una mayor cantidad de elementos molientes el número total de golpes entre las piedras y el producto aumenta y al final la eficiencia de la molienda crece.

Con esta configuración el producto está mejor refinado y la producción del molino aumenta.

La experiencia de SACMI en gran cantidad de instalaciones puede confirmar la ventaja competitiva en términos de productividad de molinos continuos con 2 cámaras y equipados con revestimientos de clasificación.

Alimentación materia prima y cargas molidoras



F.C.BOND Teoría de la molienda

Presión de contacto

$P = \rho * g * H$ [Pa]

- ρ : densidad [kg/m³]
- $g = 9,81$ aceleración de gravedad [m/s²]
- $H =$ altura [m] (cambia según el diámetro del molino)
- densidad de la sílice = 2650 [kg/m³]
- densidad de la alúmina = 3570 [kg/m³]
- densidad de la barbotina = 1700 [kg/m³]
- densidad en inmersión en la barbotina:
- Sílice 950 kg/m³
- Alúmina 1870 kg/m³

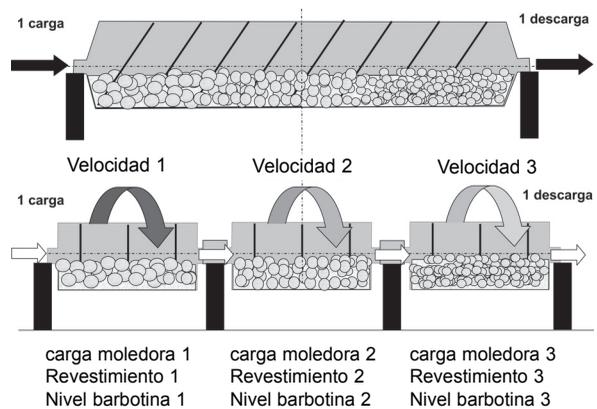
Puntos de contacto m³

- Correlación entre: diámetro, N° de puntos de contacto por m³ de volumen aparente y superficie de bolas (m² por m³ de volumen aparente)
- (4) Calculado para un volumen actual de bolas = 60% de volumen aparente
- (5) Calculado para un envasado tetraédrico
- (6) Puntos de contacto por bola

Diámetro de las bolas (mm)	20	30	40	50	60
Superficie de la bola (cm ²)	12.56	28.27	50.26	78.54	113.10
Volumen de la bola (cm ³)	4.190	14.100	33.500	65.250	113.000
N° de bolas por m ³ volumen (4)	143.000	42.570	17.910	9.193	5.310
N° puntos de contacto por m ³ (5) vol.	858.700	255.420	107.460	55.158	31.3858
Superficie específica m ² por m ³ vol.	179.73	120.34	90.01	72.20	60.05

Molinos modulares MMC

La última mejora en molienda continua es tener la misma producción sustituyendo un molino grande por módulos de molinos pequeños. La idea básica consiste en dividir la cámara de un molino continuo tradicional grande en molinos separados.



La planta alimentadora es absolutamente igual a la utilizada para los molinos MTC normales.

La alimentación de la materia prima y de los elementos molientes se produce en el primer molino y el producto de la molienda sale de cada módulo de la misma forma que en un MTC que circula de un módulo a otro.

El producto puede fluir de un módulo a otro pero los molinos son mecánicamente independientes uno del otro, de tal forma que cada molino puede rotar a una velocidad diferente.



En esta fotografía se observa una instalación típica de 3 molinos modulares. El nombre comercial de estos molinos es MMC que significa Molinos Continuos Modulares.

Instalación MMC

Cada molino es absolutamente igual al otro desde el punto de vista mecánico y eléctrico.

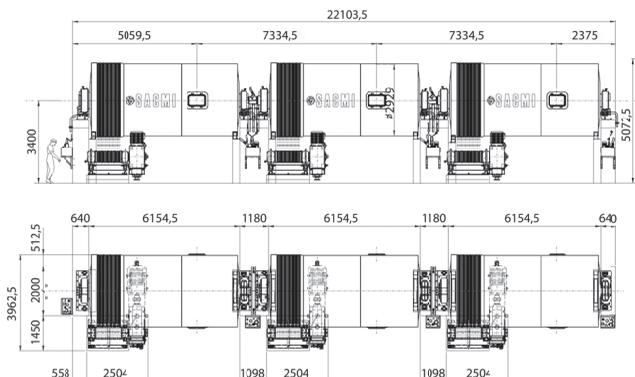
Cada molino está diseñado con un cilindro de armazón soldado.

Cada molino tiene transmisión por correa con un *inverter* para que se pueda optimizar la velocidad durante la marcha.

Asimismo el revestimiento y los elementos molientes son fabricados en forma diferente para cada módulo para optimizar el consumo.

En especial en el primer módulo:

- Se instalan revestimientos reforzados para compensar el mayor uso.
- Se introducen las piedras o esferas más grandes para aumentar los efectos de trituración.



Resulta fácil entender que con esta tecnología se puede separar cada proceso de molienda:

- Triturado en el primer molino
- Molienda en el molino intermedio
- Refinado en el último molino

Por supuesto no se necesita ningún revestimiento de clasificación porque el sistema está pensado desde el principio para colocar las piedras o esferas de diferentes tamaños en la zona adecuada.

Regulación MMC

2 POSIBLES CONDICIONES POR CADA MÓDULO

- Velocidad constante.
- Energía constante.

Velocidad optimizada según:

- Tipo de carga moledora.
- Tipo de barbotina, nivel barbotina.
- Tipo y nivel de carga moledora.

Gracias a esta configuración es posible controlar el régimen de marcha de cada módulo de dos modos diferentes:

- Velocidad constante.
- Potencia constante.

En especial el *inverter* puede mantener constante la potencia del módulo por medio de la modificación de la velocidad de rotación en relación con el tipo de revestimiento, los elementos molientes, y el tipo y nivel del producto.

Ventajas del MMC

MENOR CONSUMO

Revestimiento y cargas optimizadas por cada módulo. La viscosidad no influye en la separación.

MEJOR UTILIZACIÓN DE LA POTENCIA

Cada módulo puede trabajar a potencia constante.

MAYOR PRODUCCIÓN

La producción del MMC supera en un 15% a la del MTC a igualdad de volumen.

Con estas condiciones es posible optimizar la producción y el consumo del proceso de molienda:

El *inverter* del motor ajusta en forma automática la velocidad de rotación del cilindro para mantener estable la potencia óptima que el operador hubiera fijado. Cada molino funciona con una potencia constante para alcanzar los mejores resultados tecnológicos. El resultado final supone que la instalación de un MMC estándar

- Sin ningún problema tecnológico con respecto a la materia prima o en la grilla de descarga
- Una regulación de la potencia de aproximadamente el 85% de la instalación del MMC máxima
- Piedras o esferas de alúmina como elemento moliente

tiene una producción de 10% a 15% mayor si la comparamos con un molino MTC continuo estándar con el mismo volumen interno. Esto significa que la ya gran producción de un MTC es incrementada aún más con la utilización de una solución MMC y la brecha entre la producción de un molino continuo y la de un discontinuo se agranda una vez más.

Gama de MMC

MMC037

Característica de cada módulo	
Volumen	36.8 m ³
Potencia instalada	250 Kw.
Cámara	2920 x 5500 mm

2 módulos > MMC074 > 500kW

3 módulos > MMC111 > 750kW

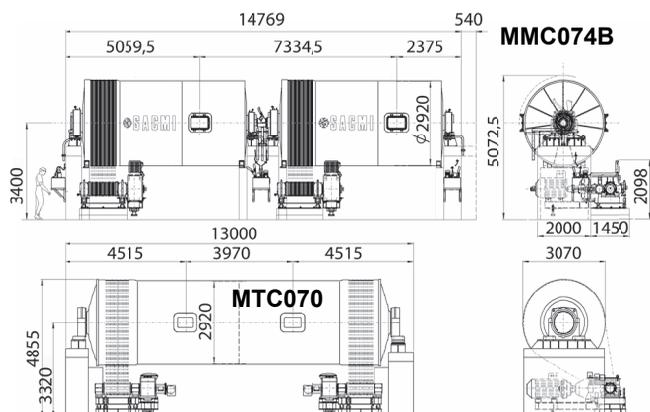
En este esquema se muestran las características del módulo autónomo MMC037 cuya particularidad es el volumen interno de 37 m³.

La potencia instalada es de alcance medio para que los motores y los *inverter* sean productos estándar. Por medio de la combinación

de estos 3 módulos juntos es posible alcanzar una capacidad de más de 110,000 litros.

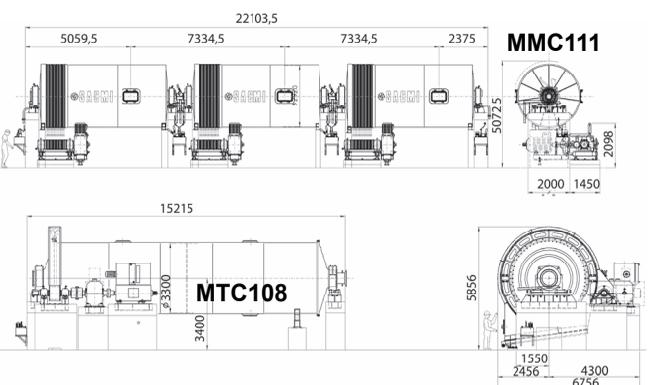
Configuración 2MMC

Se ve en la figura la instalación de un molino estándar continuo de 70,000 litros de capacidad y una instalación equivalente en términos de volumen total con la solución MMC. En este caso cada solución cuenta con dos motores y transmisión por correa.



Configuración 3 módulos

Se observa en el gráfico la instalación de un molino estándar continuo de 108,000 litros de capacidad y una instalación equivalente en términos de volumen total con la solución MMC. En este caso la solución MTC tiene corona y un sólo motor grande mientras que la solución MMC cuenta con 3 motores medianos y desde ya transmisión por correa. El gráfico también evidencia cómo las dimensiones de cada módulo MMC037 son reducidas si las comparamos con las mismas de un MTC del mismo volumen total. Esta característica es muy importante ya que un molino pequeño puede ser fácilmente transportado e instalado.



Gama de MMC

MMC046

Característica de cada módulo

Volumen	45,6 m ³
Potencia instalada	315 Kw.
Cámara	2920 x 5500mm

2 módulos > MMC092 > 630 Kw.

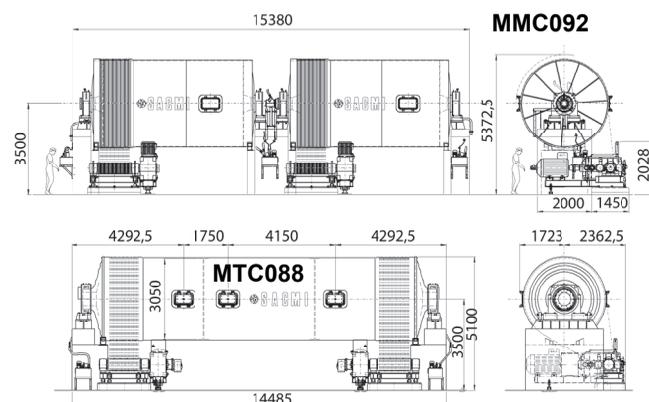
3 módulos > MMC138 > 945 Kw.

Para aumentar la capacidad de la solución MMC, SACMI desarrolló otro módulo denominado MMC046 cuya característica es un volumen interno de 46 m³. La potencia instalada ya está incluida: los motores y los *inverter* ya se encuentran dentro del alcance de los productos estándar.

Por medio de la combinación de 3 de estos módulos es posible alcanzar una capacidad de 140,000 litros.

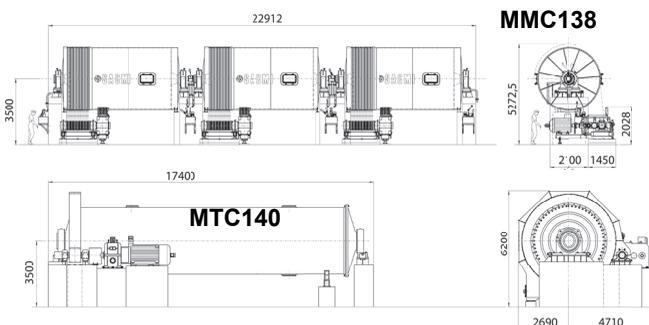
Configuración 2 módulos

La próxima ilustración muestra una instalación de un molino estándar continuo de 88,000 litros de capacidad y una instalación equivalente en términos de volumen total con la solución MMC046.



Configuración 3 módulos

Este gráfico muestra la instalación de un molino estándar continuo de 140,000 litros de capacidad y una instalación equivalente en términos de volumen total con la solución MMC046. En este caso la solución MTC tiene corona y un sólo motor grande mientras que la solución MMC cuenta con 3 motores pequeños y desde ya transmisión por correa. También en este caso las ventajas en términos de transporte e instalación resultan evidentes.



Gama completa MMC

El cuadro de la siguiente página muestra la serie completa del Molino Modular que se puede obtener por medio de la combinación del módulo estándar MMC037 y del MMC046.

Uso del MMC

EL MMC puede ser utilizado para:

- Incrementar la producción de un MTC existente

APLICACIÓN DEL MOLINO MAXXMILL PARA MICRONIZADO DE MASAS PARA BALDOSAS DE PORCELANATO ASPECTOS DE LA TECNOLOGÍA Y ENERGÍA

G. Nassetti, Centro Ceramico, Bologna (Italia); G. Hessling, Eirich, Hardheim (Alemania)

Resumen

El estudio enfoca los aspectos tecnológicos al aplicar el molino MaxxMill (como molino secundario) en la molienda final de barbotina para baldosas de porcelanato, previamente molida en molinos de tambor de régimen continuo, o discontinuo. Los ensayos realizados en una industria italiana de baldosas cerámicas iban dirigidos a los efectos económicos de las mejoras alcanzables con el uso del MaxxMill en cuanto a finura y eficiencia de molienda. Se realizó una evaluación cuantitativa de los ahorros en gastos de energía y se discutieron las ventajas adicionales.

1. Estado actual de la técnica

Para la molienda de masas para baldosas de porcelanato, que requieren de una finura de molienda mucho más alta que las masas para baldosas de monococción, fue necesario mejorar continuamente los molinos de tambor.

Hasta ahora se siguieron tres caminos para aumentar su eficiencia:

- Utilización de elementos de molienda de alta densidad, por lo general con alto grado de óxido de aluminio, en vez de los convencionales elementos de molienda de cuarzo.
- Utilización de materias primas (feldespato) previamente molidos en seco en el compuesto de mezcla.
- Utilización de expedientes tecnológicos o configuraciones de molino que intensifiquen el efecto de molienda, sobre todo en la micronización de los componentes, como p.ej. a) la aplicación de dispositivos para variar el número de revoluciones y con ello la velocidad angular de molinos discontinuos, b) la aplicación de molinos de tambor cónicos continuos y c) la aplicación de revestimientos con función clasificadora para molinos de tambor continuos.

Con el uso de elementos molturadores de óxido de aluminio de alta densidad y mayor peso - una vez y media lo que pesan elementos molturadores de cuarzo - la introducción dinámica de energía asciende a dos veces y media el valor obtenido al usar elementos molturadores de cuarzo, es decir la eficiencia de molienda es considerablemente más alta debido al impacto. El peso mayor de los elementos molturadores permite usar bolas más pequeñas, lo que resulta en otra ventaja porque se produce más contacto entre las bolas y con ello las superficies de molienda. La eficiencia de molienda consecuentemente aumenta por la abrasión.

Pero una evaluación de las ventajas del uso de elementos molturadores de alta densidad tiene que tener en cuenta también los gastos. Bolas de óxido de aluminio cuestan de hecho diez veces más que bolas de cuarzo. Los gastos para elementos molturadores de óxido de aluminio, cuya vida útil es tres veces más larga que la de elementos molturadores de cuarzo con el mismo grado de desgaste, son entonces tres veces más altos. Para reducir los gastos de molienda es posible utilizar en los molinos discontinuos una mezcla entre elementos molturadores de óxido de aluminio y de cuarzo. Con molinos continuos provistos de varias cámaras de molienda de diferente tamaño, existe por otra parte la posibilidad de usar elementos molturadores de óxido de aluminio en la última cámara, o una mezcla entre elementos molturadores de óxido de aluminio y de cuarzo en las dos últimas cámaras. Hace poco que - en vista de las

ventajas de elementos molturadores de óxido de aluminio en cuanto a más productividad - los fabricantes de molinos continuos ofrecen modelos más pequeños, pero que funcionan con elementos molturadores de óxido de aluminio en todas las cámaras, para limitar así los gastos de inversión aprovechando la mayor productividad de los molinos.

Si los materiales duros son previamente molidos en seco para luego reducir su tamaño granular por aeroclasificadores a menos de 125 µm antes de entrar a la instalación de molienda en húmedo, disminuye con ello la relación entre tamaños antes y después de la micronización, lo que se manifiesta en un aumento de productividad del molino ocupándose la misma cantidad de energía. Fuera de esta ventaja se precisa tener en cuenta, sin embargo, que los gastos para feldespato clasificado son en un 50 % más altos que para feldespato grueso (tamaño grano de arroz: 1 a 5 mm). Por este motivo los explotadores deciden frecuentemente utilizar el feldespato clasificado no al 100 %, sino en un porcentaje del 30 al 50 %.

En cuanto a adoptar técnicas para mejorar la eficiencia de molienda, el uso de un variador de frecuencia en el motor de un molino de tambor discontinuo permite adaptar la velocidad del molino de modo que se obtenga el óptimo efecto de molienda al micronizar las materias primas. Con molinos de tambor cónicos o cilíndricos de régimen continuo es posible usar revestimientos que produzcan movimientos ascensionales y helicoidales. Los elementos molturadores en el molino se separan según el tamaño granular más adecuado para la molienda y el rendimiento del molino crece. Claro está que estos sistemas de molienda más eficientes significan gastos de inversión más altos comparados con las instalaciones de molienda tradicionales.

Los efectos positivos de las mejoras alcanzadas en el proceso de molienda repercuten en el consumo de energía. Ciertamente es que el consumo de energía específica disminuye al incrementar la eficiencia de molienda. Es decir, con el mismo consumo de energía durante el proceso de molienda aumenta la productividad de la instalación.

Un estudio reciente sobre el consumo de energía en relación a la molienda de masas para baldosas de porcelanato demuestra que el consumo específico de masas para baldosas de porcelanato técnicas (generalmente trituradas a residuos de molienda con menos del 1,5 % más grande que 63 µm) asciende a aprox. 50 a 60 kWh por tonelada de masa seca (referido a un contenido de humedad = 0%). Si se utilizan molinos discontinuos, cargados de elementos molturadores de óxido de aluminio y provistos de un variador de frecuencia para adaptar las velocidades, el consumo baja de 33 a 42 kWh/por tonelada de masa seca.

Molinos continuos con elementos molturadores de cuarzo manifiestan valores de consumo energético similares a los de molinos discontinuos con elementos molturadores de óxido de aluminio, ya que el grado de eficiencia más alto de la instalación continua se compensa por el pobre aporte dinámico que hacen los elementos molturadores de baja densidad. Molinos continuos, los que por otra parte trabajan con elementos molturadores de óxido de aluminio, presentan valores de consumo energético más bajos, a medida que sube el porcentaje utilizado de elementos molturadores de óxido de aluminio.

Con masas para baldosas de porcelanato esmaltado (generalmente trituradas a residuos de molienda con aprox. el 4 % más grande que 63 μm) los valores de consumo energético son decididamente más bajos que los de masas para baldosas de porcelanato técnicas. Además vale para ese tipo de masas, que el consumo de energía específica de molinos discontinuos cargados de elementos molturadores de alta densidad es muy parecido al consumo energético de molinos continuos cargados de elementos molturadores de baja densidad. Según el estado actual de la técnica de los sistemas de molienda arriba descrito, un molino micronizador del tipo MaxxMill, desarrollado y fabricado por la Maschinenfabrik Gustav Eirich, ofrece posibilidades de economizar la fabricación de masas de baldosas utilizando los métodos de molienda establecidos.

2. MaxxMill

MaxxMill es un sistema innovador para la molienda en húmedo y seco. Las presentes exposiciones referentes al MaxxMill enfocan principalmente la molienda en húmedo, sobre todo la micronización de barbotina premolida proviniendo de molinos de tambor de régimen continuo o discontinuo.

La fig. 1 es una representación esquemática del modo de funcionar del MaxxMill. Los componentes principales son (1) un recipiente de molienda cilíndrico, rotatorio, (2) uno o dos agitadores excéntricos, según el tamaño de la máquina y (3) un desviador de flujo estático, combinado con el tubo de admisión.

Los agitadores están dispuestos excéntricamente en relación al eje de rotación del recipiente de molienda y pueden trabajar en sentido de giro igual o contrario al recipiente de molienda, según el efecto de molienda deseado. El recipiente de molienda se llena al aprox. 80% de su capacidad con bolas molturadoras de óxido de aluminio pequeñas (\varnothing 3-7 mm). El tamaño de los elementos molturadores depende del tamaño granular del producto a moler y de la finura final requerida.

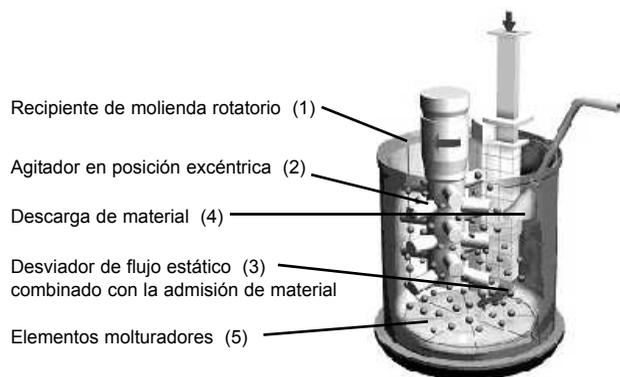


Figura 1

El molino MaxxMill trabaja en régimen continuo. La barbotina se introduce a través de un tubo de admisión al fondo del recipiente de molienda. El movimiento rotatorio en esa zona arrastra la barbotina al interior de la cámara de molienda y la mezcla con los elementos molturadores. Con ello se somete el producto a moler a un proceso de molienda muy eficiente. El efecto se debe a las siguientes razones:

- La presión muy alta de la carga al fondo del recipiente de molienda, originada por el peso de los elementos molturadores, por la que se produce un efecto de molienda muy intensivo en el momento que el material entra en la cámara de molienda.
- Los movimientos intensivos de los elementos molturadores que provocan un alto aporte dinámico de energía a la zona del agitador (donde se desarrolla la mayor parte del proceso de molienda).
- La compresión de los elementos molturadores ante el desviador provoca un alto grado de abrasión entre los elementos molturadores y el producto.

El resultado es un proceso de molienda muy intensivo.

Otro elemento clave de este molino consiste en la admisión continua del material a moler en la zona del agitador. El recipiente de molienda gira de manera que no se produzcan zonas sin moler, es decir el proceso de molienda no se debilita en ninguna parte. El aporte de energía al agitador es por lo tanto constantemente alto, puesto que se garantiza siempre un contacto intensivo entre los elementos molturadores y el agitador y se evitan adherencias de material. Los elementos molturadores gastados en el proceso de molienda también se agregan a través del tubo de admisión de material.

El material molido es continuamente extraído de la capa superior de elementos molturadores. Una criba separa los elementos molturadores y los retiene en el molino. Se extrae nada más que el producto micronizado. De tal manera es posible tratar y extraer también barbotinas muy viscosas.

Existen diferentes tipos de revestimiento para el recipiente de molienda y el agitador, según la resistencia al desgaste necesaria y la aplicación deseada. Para la molienda en húmedo de barbotinas cerámicas se utilizan por lo general revestimientos de poliuretano y elementos molturadores de óxido de aluminio.

Para la máxima eficiencia de molienda es posible optimizar el proceso, seleccionando tanto el tamaño y la cantidad de carga de los elementos molturadores, como las velocidades de agitador y recipiente de molienda que son los mejor adaptados al respectivo producto.

Para la molienda en húmedo (Figura 2) la instalación consta de (1) una tolva de servicio para tener la barbotina, (2) una simple bomba de alimentación (p.ej. bomba peristáltica) para agregar la barbotina, (3) el MaxxMill y (4) otra bomba peristáltica de extracción para descargar el material molido.

Figura 2: Flujograma

Los fuertes de una tal instalación para moler barbotinas cerámicas son los siguientes:

- El uso de elementos molturadores de óxido de aluminio muy pequeños, los que permiten centuplicar la superficie de molienda que se alcanzaría con elementos molturadores de tamaño convencional. (Comparación: MaxxMill 3 con bolas molturadoras de \varnothing 6 mm y molino de tambor de 10.000 l con bolas de diámetros usuales)
- La alta velocidad de los elementos molturadores que incrementa considerablemente la eficiencia de molienda del sistema (según se ha descrito arriba).

Hay que considerar el MaxxMill separado de los molinos de tambor, como una cámara de molienda suplementaria que permite micronizar el material de modo muy eficiente.

El sistema MaxxMill puede aplicarse para:

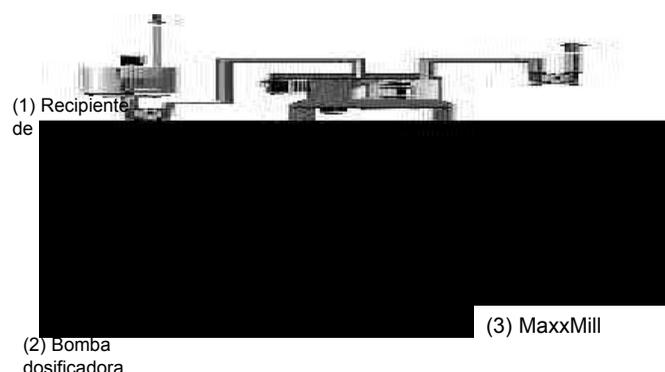


Figura 2

- Aumentar la producción de un molino de tambor manteniendo la misma finura de molienda (residuo de molienda).
- Elevar la finura de molienda manteniendo la misma productividad del molino de tambor.
- Moler barbotinas de alta densidad, con lo que se ahorra energía durante el secado por atomización.

Actualmente se fabrica el molino MaxxMill en dos tamaños, MaxxMill 3 y MaxxMill 5. En cuanto al funcionamiento no hay diferencia entre los dos tipos de máquina. Otra diferencia principal, fuera del tamaño, consiste en el segundo agitador con que está provisto el modelo MaxxMill 5.

El perfeccionamiento técnico y la extensión de la serie están en planificación. El subsiguiente tamaño mayor del MaxxMill será el modelo 7.

Tipo	MM3	MM5	MM7 ^{*)}
Volumen de la cuba	190 l	800 l	
Potencia máx. inst. por agitador	37 kW	90 kW	
Potencia máx. inst. por recipiente de molienda	7,5 kW	22 kW	
Cantidad de bolas*	500 kg	2100 kg	
Número de agitadores	1	2	
Potencia máx. instalada*	50 kW	200 kW	
Caudal sólidos*	1,5 t/h	6 t/h	

Tabla 2

3. Ensayos realizados

Entre marzo y septiembre del 2002 el "Centro Cerámico de Bologna" (Italia) llevó a cabo un estudio del molino MaxxMill en la empresa cerámica CERDOMUS en Castelbolognese (Italia), fabricante de baldosas de porcelanato técnico. El objetivo del estudio consistía en demostrar que aumenta la eficiencia de un sistema para moler en húmedo masas para baldosas de porcelanato, si se aplica después del molino de tambor un MaxxMill para la subsiguiente micronización de la barbotina.

La molienda de CERDOMUS está dividida en dos secciones, una para la preparación de masas para baldosas de porcelanato, y la otra para la preparación de masas para baldosas de monococción. Para moler las masas para baldosas de porcelanato se utilizan dos molinos de tambor, uno de 3 cámaras y régimen continuo (SACMI, MTC 41), revestido de goma, cargado de elementos molturadores de cuarzo en las primeras dos cámaras y elementos molturadores de óxido de aluminio en la tercera, más otro molino de tambor de 2 cámaras tipo MTC 54, revestido de óxido de aluminio y cargado de elementos molturadores de óxido de aluminio.

Para moler la masa para las baldosas de monococción se utilizan cinco molinos de tambor de SACMI, de régimen discontinuo, con una capacidad de 34.000 l cada uno, revestidos de óxido de aluminio y cargados de elementos molturadores de cuarzo.

El molino usado para los ensayos es el modelo MaxxMill 3 con una capacidad del recipiente de molienda de 190 l y una productividad de 1,5 t/h de masa seca (referido a un contenido de humedad = 0%). Tal capacidad es insuficiente, aún para procesar la cantidad producida por el más pequeño de los molinos continuos. Por consiguiente se realizaban los ensayos con masa para baldosas de porcelanato molida en húmedo en un molino de tambor discontinuo. La masa se molía previamente en el molino de régimen discontinuo, la micronización de la barbotina se hacía en un MaxxMill 3. La

barbotina saliendo del molino de tambor pasaba primero a un recipiente provisto de un agitador, de donde se la agregaba al MaxxMill 3. Después de salir del MaxxMill cribaban la barbotina, la pasaban por un imán para eliminar eventuales partículas de hierro y luego la almacenaban en la tolva de alimentación del atomizador.

Con este estudio fue posible:

- Evaluar la influencia de los parámetros operacionales del MaxxMill (velocidad de agitador y recipiente cilíndrico) sobre el rendimiento, con el fin de optimizar los parámetros.
- Determinar la influencia del tamaño de los elementos molturadores de óxido de aluminio con el fin de optimizar esa variable.
- Determinar el rendimiento de micronización del MaxxMill 3 en función del tamaño granular (residuo de molienda) de la barbotina alimentada al MaxxMill, con el mismo residuo de molienda final (en el estudio presente 0,5% más grande que 63 μ m). Las pruebas de micronización empezaron con una barbotina del molino discontinuo (densidad 1700 g/l), con residuos de molienda del 12% más grande que 63 μ m). El residuo de molienda de la barbotina alimentada al MaxxMill 3 se iba reduciendo gradualmente hasta el 4%. Independientemente del residuo de la barbotina alimentada, el MaxxMill alcanzaba en todo momento el valor de referencia (0,5% más grande que 63 μ m).

En cada uno de los ensayos se determinaba el consumo de energía y el rendimiento productivo del MaxxMill 3.

4. Resultados

Según lo expuesto en la introducción, las mejoras de un sistema de molienda resultan en la reducción del consumo de energía específica del sistema; con otras palabras, con el mismo consumo de energía aumenta la productividad. Este estudio pone por lo tanto de relieve el rendimiento del MaxxMill 3 a base del consumo de energía. El consumo de energía específica del MaxxMill 3 durante la molienda fina de barbotina para baldosas de porcelanato técnicas está representado en Figura 3, en función del residuo de molienda de la barbotina alimentada al MaxxMill 3 con el residuo de molienda final siendo constante (0,5% más grande que 63 μ m). La curva en Figura 3 indica por lo tanto la cantidad de energía consumida por el MaxxMill 3 durante la molienda fina de la barbotina. Se ve que el consumo energético es claramente más alto (y la productividad más baja), cuanto más grande es el residuo de molienda de la barbotina entrando al MaxxMill. Para obtener barbotina con el deseado residuo de molienda final (0,5% más grande que 63 μ m), el consumo energético del MaxxMill 3 ascendía a 27 kWh por tonelada de masa seca, si se alimentaba el MaxxMill con barbotina teniendo residuos de molienda del 11% más grande que 63 μ m. Pero el consumo de energía ascendía a solamente 15 kWh por tonelada de masa seca, si se alimentaba el MaxxMill con barbotina teniendo residuos de molienda del 4% más grande que 63 μ m.

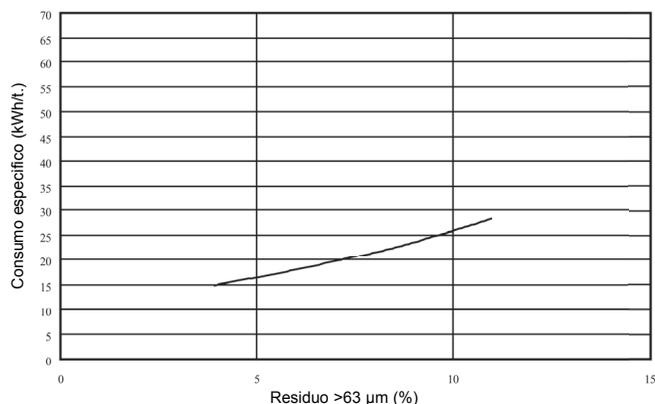


Figura 3

Cuando se aplica el sistema MaxxMill junto con un molino de tambor, es preciso determinar la finura de molienda que se alcanza más económicamente con el molino de tambor, antes de cargar la barbotina al MaxxMill, para obtener el deseado residuo de molienda final. A tal efecto se realizó un estudio del consumo de energía con los existentes sistemas para la molienda de masas para baldosas de porcelanato (véase la descripción en párrafo 1). En particular se determinaba para los diferentes tipos de molino de tambor en uso, el consumo de energía específica en función del residuo de molienda.

En Figura 4 están representados los consumos de energía específica (en kWh por tonelada de masa seca) de los molinos de tambor

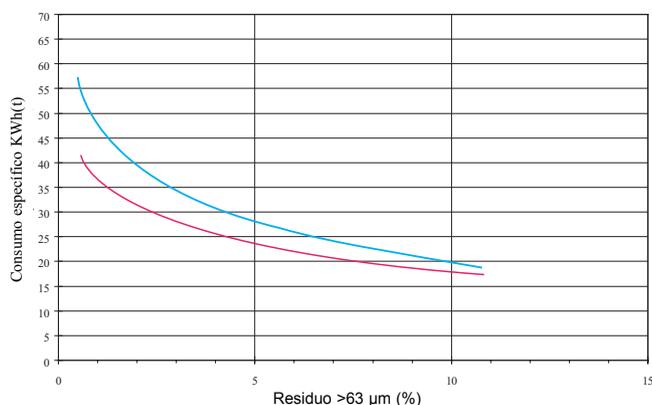


Figura 4

en función del residuo de molienda. La curva punteada indica el promedio del consumo energético de los molinos de tambor de régimen discontinuo trabajando con elementos molturadores de óxido de aluminio, y de los molinos de tambor de régimen continuo trabajando con elementos molturadores de cuarzo. La curva llena indica el promedio del consumo energético de los molinos de tambor de régimen discontinuo trabajando con variador de frecuencia, y de los molinos de tambor de régimen continuo trabajando con elementos molturadores de óxido de aluminio en la última cámara.

A base de las intersecciones de las curvas en Figura 3 y Figura 4 es posible determinar las condiciones bajo las que la aplicación del MaxxMill 3 sale a cuenta y cuanto se puede ahorrar en energía.

Sobre todo se manifiesta claramente (Figura 5), que para los molinos representados por la curva punteada es conveniente moler la barbotina por molino de tambor con un consumo de 22 kWh/t a residuos de molienda del 8% más grande que 63 µm, para luego micronizar la barbotina en el MaxxMill 3 gastando otros 22 kWh/t

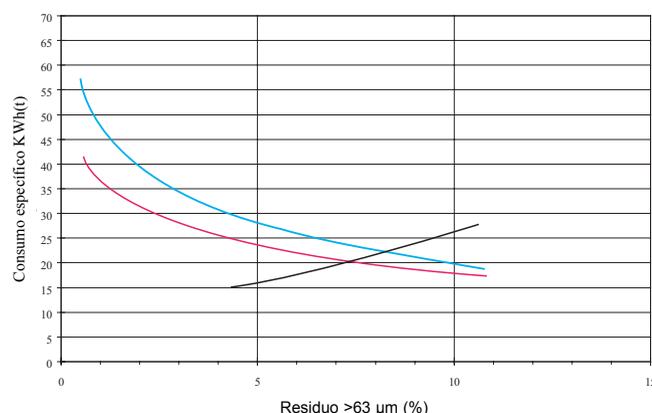


Figura 5

en energía. De tal modo el sistema molino de tambor - MaxxMill 3 llega a tener un consumo energético total de 44 kWh/t, comparado con 58 kWh/t usándose exclusivamente el molino de tambor para alcanzar el deseado resultado final, es decir residuos de molienda del 0,5% más grande que 63 µm. Eso corresponde a un ahorro en energía del 24%.

Para los molinos representados por la curva llena resulta más conveniente alcanzar un grado de finura con residuos de molienda del 7% más grande que 63 µm utilizando el molino tambor con un consumo energético de 20 kWh/t. Luego se alimenta la barbotina al MaxxMill 3 para micronizarla gastándose otros 20 kWh/t, hasta obtener el deseado resultado final en residuos de molienda. De tal modo el sistema molino de tambor - MaxxMill 3 llega a tener un consumo energético total de 40 kWh/t, comparado con 42 kWh/t usándose exclusivamente el molino de tambor para alcanzar el deseado resultado final, es decir residuos de molienda del 0,5% más grande que 63 µm. Eso corresponde a un ahorro en energía del 5%.

La extrapolación de los resultados a todos los sistemas de molienda en uso para masas de baldosas de porcelanato técnicas permite constatar, que el MaxxMill ofrece ventajas considerables comparado con molinos de tambor de configuración sencilla, condiciones operativas simples (sin variador de frecuencia) y elementos molturadores económicos (baja densidad). Por otro lado son cada vez menos las ventajas, hasta resultar insignificantes, contrastándose el MaxxMill con los sistemas de molinos de tambor más caros.

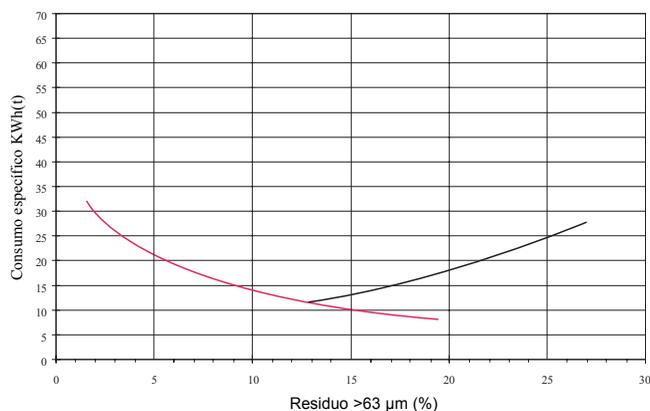


Figura 6

Además contemplamos en breve las posibilidades de aplicar el MaxxMill en la preparación de baldosas de porcelanato esmaltado, para las que se utiliza barbotina con residuos de molienda más altos. En los ensayos correspondientes se cargaba al MaxxMill 3 barbotina (densidad 1700 g/l) saliendo de un molino de tambor discontinuo. Las pruebas de micronización empezaron con una barbotina del molino discontinuo con residuos de molienda del 27% más grande que 63 µm). El residuo de molienda de la barbotina alimentada al MaxxMill 3 se iba reduciendo gradualmente hasta el 13%. Independientemente del residuo de la barbotina alimentada, el MaxxMill alcanzaba en todo momento el valor de referencia (3,5% más grande que 63 µm).

La Fig. 6 presenta los consumos específicos a) del MaxxMill 3, en función de los residuos de molienda de las barbotinas alimentadas al molino, alcanzándose siempre el mismo resultado final en residuos (3,5% más grande que 63 µm) y b) del molino de tambor, en función de la misma finura final alcanzada con el MaxxMill 3. Los datos demuestran que la molienda de barbotina en el molino de tambor hasta alcanzar residuos de molienda del 13% más grande que 63 µm y la subsiguiente micronización de la barbotina en el MaxxMill 3 hasta obtener un porcentaje final en residuos del 3,5%

más grande que 63 µm, resulta en un consumo de energía de 24 kWh/t en total. En comparación, el consumo de energía asciende a 33 kWh/t al utilizar exclusivamente el molino de tambor para llegar a residuos finales del 3,5% más grande que 63 µm. Eso corresponde a un ahorro en energía del 27 %.

5. Conclusiones

Teniendo en cuenta las limitaciones que resultan del hecho que el molino no pudo aplicarse sino a escala reducida, los resultados del estudio, sin embargo, permiten comprobar que el uso del MaxxMill en sistemas de molienda de masas para baldosas de porcelanato ofrece las siguientes ventajas:

- Posibilidad de usar configuraciones económicas de molinos de tambor (elementos molturadores de baja densidad)
- Posibilidad de usar materias primas menos costosas (feldespato gruesos)
- Flexibilidad de gestión para la división de molienda

Todas las ventajas son alcanzables sin pérdidas en productividad del sistema de molienda y reduciendo al mismo tiempo los gastos de producción.

En una fábrica de molienda, por ejemplo, que dispone de un molino de tambor de régimen continuo para fabricar tanto baldosas de porcelanato técnicas, como baldosas de porcelanato esmaltado, el molino se carga para hacer masas de porcelanato esmaltado por lo general con feldespato grueso. Para moler masas de porcelanato técnico se utilizan feldespato previamente molidos. Es necesario utilizar feldespato de diferente tamaño granular porque los productos requieren barbotina de diferente finura de molienda. El grado de finura se alcanza eligiendo las materias primas apropiadas (tamaño granular del feldespato) o ajustando los parámetros operativos del molino (velocidad, rendimiento). El cambio de los parámetros operativos y también del tamaño granular del feldespato causa diferencias de calidad tan graves en la barbotina durante la fase de transición, que de ello resultan problemas de calidad tanto en el material semi-acabado como en el producto acabado.

Con la aplicación de MaxxMill en el caso arriba descrito no hace falta cambiar los parámetros operativos del molino de tambor continuo. En la preparación de barbotina para porcelanato esmaltado (es decir, la barbotina con residuos de molienda más altos) y para porcelanato técnico sería posible utilizar únicamente feldespato grueso. Para la fabricación de baldosas de porcelanato técnico se carga la barbotina saliendo del molino de tambor continuo sucesivamente al MaxxMill, donde se muele hasta alcanzar la finura requerida. De este modo no es necesario cambiar los parámetros del molino o las características de la materia prima, lo que a su vez permite mejorar la calidad de producto y al mismo tiempo reducir los tiempos muertos en el ajuste del molino.

Además es posible ahorrar considerablemente en gastos utilizándose feldespato grueso. Imagínese un molino de régimen continuo con una producción de 20 t/h de masa seca, el que se carga para preparar barbotina para baldosas de porcelanato al 50% con feldespato cribado por aeroclasificador. En tal caso sería factible, utilizándose exclusivamente feldespato grueso y aplicándose un molino MaxxMill para alcanzar la finura adicional requerida al final, ahorrar gastos de producción por el valor de aproximadamente 600.000 euros al año.

Además quisiéramos llamar la atención sobre el poco espacio ocupado por el MaxxMill, ya que se integra en la línea de producción existente. El modelo MaxxMill 5 con una capacidad de producción de 4,5 a 6 t/h de masa seca y un recipiente de molienda de 800 litros, ocupa de hecho un área base de 8 m² en total. El MaxxMill se instala directamente en el suelo, no se necesitan fundamentos especiales.

Aplicación en	Economía de energía. Aumento de producción
Molino discontinuo con bolas de sílice	40-50%
Molino discontinuo con bolas de alúmina Molino continuo con bolas de sílice	15-25%
Molino continuo con bolas de alúmina en última cámara o mixto con bolas de alúmina y sílice en las dos últimas cámaras	5-10%
Molino discontinuo con bolas de alúmina e inversor de frecuencia (veloc. variable)	0-5%
Molino continuo con bolas de alúmina	0

En resumen puede constatar que los resultados del presente estudio subrayan la facultad del MaxxMill de aumentar la eficiencia de la energía ocupada por los sistemas de molienda actualmente en uso para la preparación de barbotinas de baldosas de porcelanato, y que además mejora la competitividad del producto final.

SERVIZI GENERALI DUE S.p.A. de Luciano Vecchi

Venta de máquinas para cerámicas. Nuevo y usado. Repuestos.
Siti - Nasseti - Welco - Bet - T.S.C.

Representante en Argentina: **Miguel Angel Bruno**. Tel./Fax: + 54 2994465900,
Cell. + 54 92 994112440 / 687267, Cel.It. 0039 347 3525789
miguel.bruno@speedy.com.ar / bruno.miguelangel@gmail.com

**Herramientas
Diamantadas**

**CORDIAM
S.R.L.**

Discos y herramientas diamantadas
para la industria cerámica en general.
Tecnología italiana al servicio del sector
cerámico con la mejor relación calidad-precio.

Representante exclusivo para la Rep. Argentina
de máquinas multidiscos marca PRAGMA de Italia.-

WARNES N° 3146 - 1° piso (1636) Olivos, Bs.As. Argentina
Tel.: (00-54-11) 4711-94 86 / (00- 54 -11) 4711-93 31
e-mail: cordiam@fibertel.com.ar

Tecnologías Innovadoras en Mezcla, Granulación y Molienda

Desde 1863



EIRICH INDUSTRIAL LTDA

Fone: +55 11 4619 8902 eirich@eirichbrasil.com.br
 Fax: +55 11 4619 8928 www.eirichbrasil.com.br



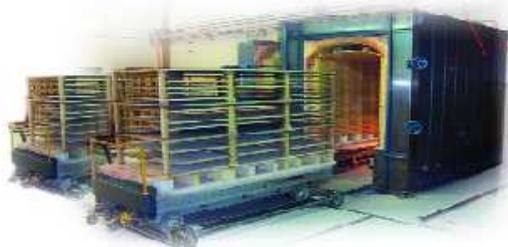
Oportunidad !!!

HORNO "MORETTI" ITALIANO A GAS PARA COCCIÓN DE CERÁMICA

Muflado, Capacidad: 2.20m³. **Dimensiones interiores:** Alto 1240 mm, Ancho 880mm, Profundidad 2040 mm. **Temperatura máxima de trabajo:** 1100° C. **Equipado** con dos vagonetas, un transportador y 16 quemadores de llama ascendente para una correcta distribución del calor. **Sólida construcción** de acero con frente de acero inoxidable.

Posee un **ingenioso sistema de control**, ya que todo el sistema funciona con 12v alimentado por una batería; lo que asegura un continuo funcionamiento ante cortes de energía eléctrica.

Las dos vagonetas tienen una **estructura refractaria hecha a medida por la firma "Acme Marls Limited" de Inglaterra**. Confeccionadas en cordierita de tal forma que permiten intercalar placas para aprovechar integralmente el volumen interior del horno.



ESTRUCTURA REFRACTARIA DE CORDIERITA

Para carga pesada. **Origen:** Inglaterra. **Marca:** Acme Marls Limited. **Cantidad** para armar dos vagonetas.

Medidas de la vagoneta armada: Alto: 80 cm., ancho: 80 cm., largo: 180 cm.



48 placas. Medidas:
 Ancho: 40 cm., largo: 58 cm.,
 espesor: 3,5 cm.

60 pilares de 35 cm. de altura.

SOPORTE DE CORDIERITA

Soporte para pilar de superficie estriada en las dos caras.

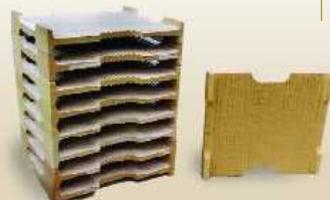
Cantidad de piezas: 600

Medidas: largo: 26 cm.,
 ancho: 23 cm., alto: 1,5 cm.
 Espesor: 1 cm.

Origen: Inglaterra

Marca: Acme Marls Limited

Estado: nuevo



♦ **Ariel Vacca, Tel.:** (54-11) 47091752 **ventas@vapahc.com.ar**