

## LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE MOLIENDA EN LAS PASTAS CERÁMICAS CON LA UTILIZACIÓN DE ESFERAS ALUBIT DE NUEVA FORMULACIÓN Y EL ESTUDIO DE CARGAS VELOCES.

Industrias BITOSI S.p.a., Sociedad del Grupo COLOROBBIA produce esferas y elementos técnicos en alúmina cerámica, desde hace más de cuarenta años y encabeza el sector de molienda de arenas de circonio.

Desde 1996, con la puesta en marcha de una segunda unidad, incrementó notablemente la producción de alúmina cerámica, destacando el aspecto tecnológico y el alto grado de automatización de los procesos productivos y controles de calidad.

La producción de esferas de alúmina supera las 25.000 t. anuales. La inversión en calidad e investigación y desarrollo tecnológico permitió superar la competencia de productos de baja calidad y costo especialmente de China, mediante un mejor rendimiento calidad/precio y asistencia tecnológica para disminuir los costes industriales de molienda y el estudio de la correcta carga de molienda.

La molienda no es una simple operación de carga de las materias primas en el molino, puesta en marcha y descarga del producto molido. Una atención particular a este proceso resultará en una masa pura con un consiguiente aumento de la calidad del producto final y una considerable reducción de los costes de molienda.

Las esferas en alúmina se utilizan principalmente en el sector de la molienda, sobre todo de minerales y pastas cerámicas, con tecnología tanto "en húmedo" como "en seco".

Industrias Bitossi desarrolló diferentes tipos de bolas con características óptimas diferenciadas según las diferentes necesidades.

### Alubit - Leonardo

Alubit-Leonardo es la nueva generación de medios de molienda que la División Cerámicos Técnicos de Industrias Bitossi ha realizado para satisfacer las nuevas exigencias del mercado, revisando por entero el proceso productivo. Nace una línea de esferas, microesferas y cilindritos caracterizados por:

Mayor DENSIDAD de 3,57 a 3,63 gr./cm.<sup>3</sup>

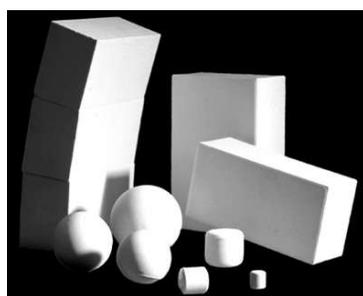
Mayor DUREZA

Mayor RESISTENCIA AL DESGASTE gracias a su formulación. Tienen una micro estructura especialmente fina. Además, cada fase

del proceso productivo (molienda de la alúmina, desecación, prensado y sinterización) es tecnológicamente avanzada

Mayor EFICIENCIA DE MOLTURACION

Manteniendo constante al 90% el contenido de alúmina, se han contenido los costes, ofreciendo mejor calidad.



Alubit 90

### Super Quality para la molienda en húmedo

Super Quality se distingue por su particular resistencia al desgaste. Se inició en el 2006 su producción industrial. Algunas experiencias: 1) En un Molino discontinuo de 34.000 l. para la molienda en húmedo de masa cerámica para gres porcelánico en utilización desde abril del 2003 el consumo de Alubit Super Quality ha sido casi 1/3 del consumo específico de las esferas Alubit Estándar.

2) En la cámara refinadora del Molino continuo de 101.000 l. para la

molienda en húmedo de masa cerámica (gres porcelánico esmaltado) en utilización desde agosto del 2004 el consumo específico de esferas Alubit Super Quality ha sido casi del 50% del consumo específico de las esferas tipo estándar.

### Alubit Dry para la molienda en seco

Para aplicaciones de molturación en seco Industrias Bitossi ha desarrollado un producto caracterizado por una mayor eficacia y resistencia a la fractura. Gracias a su fórmula especial que hace el producto más elástico, las bolas Dry son adecuadas para condiciones de trabajo muy duras, donde la disgregación debida al esfuerzo mecánico es el principal proceso de desgaste. Con la utilización de este tipo de esferas, se reduce enormemente el fenómeno de astilla de las esferas que normalmente se presenta a causa de las condiciones extremas que se pueden verificar a veces en este tipo de proceso.

### Condiciones de Trabajo

Es importante tener en consideración que el molino tiene que reducir la dimensión de la partícula y no romper el material. De hecho el coste para triturar a través de un molino a martillo o desmenzador es menor que el de un molino a tambor. Por esta razón es mejor tener una dimensión óptima del material a la entrada del molino. Es importante tener en cuenta que la eficiencia se obtiene a través de una precisa distribución granulométrica de alimentación.



Microbit

Sin embargo, trabajar con un sistema de molturación no es una tarea fácil. Los rendimientos no constantes, la baja productividad y el alto consumo de energía son problemas cotidianos.

A través de un estudio de las variables del proceso de molturación, basadas en sus productos y experiencia técnica Industrias Bitossi ofrece soluciones que pueden mejorar el rendimiento, y por consiguiente, la reducción del consumo de energía eléctrica y de los costes industriales en general.

Las dimensiones de los medios molturantes están estrechamente relacionadas con las granulometrías iniciales de las materias primas, con las condiciones de trabajo, con el residuo final y con la forma y densidad de los medios molturantes. Todos estos factores influyen en el correcto movimiento de las bolas durante la revolución del molino permitiendo una performance óptima de los mismos.

La molienda es la fase más importante en la preparación de las materias primas.

Una distribución de la curva granulométrica homogénea y con muchas partículas finas de las pastas cerámicas, asegura un desarrollo de la superficie específica correcto durante los procesos de desecación y cocción. La forma de los granos y el grado de humedad son de primaria importancia para obtener un semielaborado prensado uniformemente (condición fundamental para que presenten las máximas probabilidades de obtener la calidad requerida sobre el producto final) y además para que se pueda proceder sin inconvenientes en las sucesivas fases del proceso.



Alubit 90

De hecho las reacciones físico/químicas que ocurren durante la cocción, son principalmente reacciones de superficie, o sea se verifican primariamente sobre la superficie de contacto entre los granos. Por lo tanto, si el polvo tiene una elevada superficie específica, las reacciones interesan un área más amplia y se completan en menor tiempo.

Además, tener una mayoría de partículas finas ayuda a eliminar las impurezas de las materias primas. De hecho cuando la partícula es inferior a un valor característico, el defecto en el producto terminado desaparece o, por lo menos, no resulta visible.

A través de una correcta molienda es posible eliminar los daños que la presencia del elemento contaminante podría provocar, sin necesidad de eliminar el contaminante, cosa que muchas veces es imposible o demasiado costosa. De esta manera subirá la calidad del producto final y disminuirá el porcentaje de desecho.

La regla para la elección de las medidas de las esferas es elegir como tamaño mayor la dimensión más pequeña posible de esferas que pueda romper la partícula de materia prima más grande.

De hecho, para romper granos de grandes dimensiones, es necesario utilizar cuerpos de grandes dimensiones pero, haciéndolo así, se reduce el número de cuerpos molidores y, por consiguiente, el número de golpes que pueden ocurrir en la unidad de tiempo, alargándose los tiempos de molienda como consecuencia. Puesto que la masa es proporcional también a la densidad del material que constituye el cuerpo molidor, el uso de materiales con alto valor específico como la alúmina (alrededor de  $3,60 \text{ gr/cm}^3$ ) permite obtener el mismo resultado con dimensiones de esferas más contenidas.

Además, las esferas en alúmina tienen una perfecta forma esférica. De hecho el resultado de la molienda no depende sólo del tipo de los cuerpos molidores y de su peso específico sino también de su forma y dimensión.

### Estadios de la molienda

La primera acción molidora, o sea la reducción de las dimensiones de las partículas del producto, es más rápida que las fases sucesivas. Por ejemplo, para reducir a la mitad el residuo, a medida que la molienda sigue, se necesitan tiempos cada vez más largos. Esto significa que el rendimiento de la maquinaria baja y, por consiguiente, aumentan los costes de ejercicio. Por esta razón es importante utilizar también bolas pequeñas que ayudan a acelerar la fase final de refinación porque tienen mayores puntos de contactos.

### Cargas veloces Alubit-90

Nuestra investigación se ha basado en el estudio de nuevas cargas molidoras, con el mejor compromiso posible entre esferas de diámetro superior (importante para iniciar la molidura) y esferas de diámetro pequeño (útiles para la refinación y para arribar más rápidamente a la granulometría deseada). Estas nuevas fórmulas de cargas molidoras, se denominan comercialmente "Cargas Veloces en Alubit-90".

En condiciones de normal funcionamiento del molino, se ha observado que, respecto a las "Cargas Estándar", las Cargas Veloces Alubit-90 incrementan la eficacia de molienda de la maquinaria hasta un 40%, reduciendo la duración del ciclo de molidura y ofreciendo las siguientes ventajas:

#### A nivel económico

1. Reducción de los "costes directos" (energía eléctrica y consumo de esferas) con respecto a la unidad de producto molidura.
2. Reducción de la incidencia de los "costes indirectos" (personal, manutención, amortización, etc.) gracias al aumento de las toneladas producidas.

#### A nivel de las instalaciones

3. Aunque se mantenga constante la cantidad de pasta a molidura, se puede ahorrar dinero reduciendo los turnos de horas extras y aprovechando la fase horaria durante la cual el coste de la energía eléctrica es más barato.
4. Eligiendo el aumento de potencialidad molidora de las Cargas Veloces Alubit-90, es posible aumentar la cantidad de pasta molidura sin instalar nuevos molinos en el departamento existente.

Las Cargas Veloces Alubit-90 son mezclas de esferas de distinto diámetro que se formulan en estrecha colaboración entre nuestro personal técnico y el usuario que las utilizará.

El punto de inicio es recibir el cuestionario técnico completado y, analizando y cruzando las informaciones contenidas en el mismo, es posible tener una idea de cómo está trabajando el molino y de las variaciones que es necesario aportar.

En nuestro laboratorio de investigación y desarrollo fue montada una instalación piloto que permite estudiar cada condición de molienda y elaborar las mejores cargas molidoras que permitan optimizar la performance de las esferas.

Otro servicio es el análisis al láser de las muestras de barbotina para verificar la evolución de la curva granulométrica durante las varias fases de la molienda.

El análisis granulométrico de las barbotinas molidoras permite comprobar las condiciones operativas preexistentes a la introducción de la carga veloz y, posteriormente, registrar eventuales variaciones. Hemos comprobado frecuentemente que, a igual residuo final, con carga veloz se obtiene una barbotina más rica en partículas finas y una curva granulométrica más estrecha.

Con la finalidad de conservar en el tiempo la eficacia de las Cargas Veloces Alubit-90 y los ventajosos resultados que aportan, hemos obtenido ulteriores comprobaciones industriales que han confirmado la validez de nuestro método por la AUTOGENERACION en el tiempo de las cargas Veloces Alubit-90.

Las Cargas Veloces, además de usarse en molinos discontinuos en húmedo, son utilizadas con resultados brillantes también en:

-La molidura en continuo en húmedo, ya sea en molinos de cámaras, o en cámaras únicas.

-En la tecnología innovadora de molinos a módulo continuo en los cuales a través de la adaptación de cada módulo a las necesidades de molienda de cada fase y la utilización de cargas óptimas para cada estadio de molienda, se obtienen resultados verdaderamente excelentes. De hecho, la posibilidad de variar las características de la barbotina adecuándola a las necesidades de cada estadio, permite adaptar también la formulación de la carga de molienda de manera tal de conformarla a las nuevas circunstancias.

-Por fin: se utilizan cargas veloces también en la molidura en continuo en seco.

[infoib@colorobbia.it](mailto:infoib@colorobbia.it)  
[www.industriebitossi.com](http://www.industriebitossi.com)



Microbit

## BOLAS, REVESTIMIENTOS Y LOSETAS Fabricados en alúminas de alta densidad

CTI GRINDING MEDIA. S.I.

### Información general - Breve Historia

CTI Cerámica Técnica Industrial, S.A. empezó a producir cuerpos molidores de alúmina en "alta densidad" (bolas, cilindros y losetas para revestimientos), en 1985 en Castellbisbal, a 25 km. de Barcelona (España). Con 1.500 t/año de producción inicial suministra a la creciente industria cerámica española, principalmente localizada en Castellón. En 1990 alcanza las 5.000 t/año y crea un departamento de exportación que, a partir de 1992 alcanza ventas a 35 países por un 75% de la producción. Del 1997 al 2003, la mayoría de las acciones fueron adquiridas por Ferro Corporation (USA) convirtiéndose durante esos años en una división de Ferro Spain, S.A.

Actualmente, bajo el nombre de CTI GRINDING MEDIA SL., son los únicos fabricantes en España de tales productos, con una capacidad de 7.000 t/año, convirtiéndose en uno de los mayores productores mundiales. Este resultado se ha debido principalmente a:

Una dedicación exclusiva y especializada en la producción de cuerpos de molienda.

Un continuo incremento de la capacidad de producción para atender la demanda mundial de dichos productos.

Una renovación gradual en cuanto a maquinaria, equipos, automatizaciones, laboratorios, etc..

Un departamento de I+D con gran experiencia

Una presencia constante en más de 35 mercados diferentes

Una siglas (CTI) conocidas en todo el mundo

Un departamento técnico/comercial calificado, experto en dar soluciones para la optimización en procesos de molienda, por vía húmeda, o por vía seca, así como en molinos continuos o discontinuos.

Un equipo de instaladores de revestimientos en alúmina, para toda clase de molinos, con éxito allende sus fronteras.

### Proceso de producción

-Moltración y mezcla de  $Al_2O_3$  (alúmina calcinada) con otras materias primas de origen mineral (en molinos de bolas), con el fin de obtener la barbotina adecuada a la fórmula.

-Secado en el atomizador donde se obtiene una granulometría idónea y homogénea.

-Prensado:

Isostático para las bolas (ver dibujo), e

Hidráulico para las losetas de los revestimientos

-Cocción en hornos continuos a temperaturas de  $1.500^{\circ}C$  y con palier de unas 2 horas para asegurar que el núcleo tenga las mismas características que la superficie.

-Ultimo control de calidad (\*) y embalaje (en sacos de 25 Kg. o big-bags)

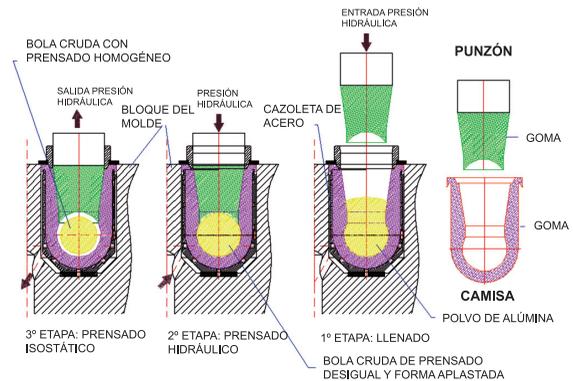
(\*) En cada uno de los procesos mencionados existe un control de calidad en laboratorios.

### Ventajas generales en la utilización de bolas de alúmina

-Reducción en los tiempos de molienda comparativamente:

En molinos de esmaltes:

### Etapas de prensado de bolas con presión isostática



- \_ Con bolas de alúmina de 6 a 9 horas
- \_ Con bolas de porcelana de 15 a 24 horas
- \_ Con piedras de sílex de 20 a 30 horas

En molinos de pastas (materias primas duras o semiduras):

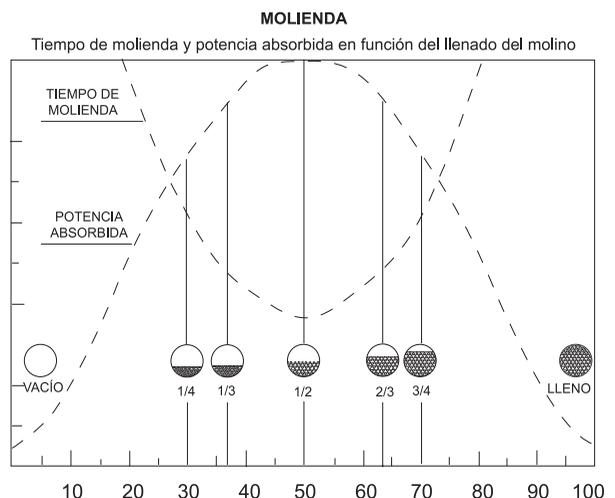
- \_ Con bolas de alúmina de 6 a 16 horas
- \_ Con bolas de porcelana de 18 a 32 horas
- \_ Con piedras de sílex de 20 a 36 horas

- Mayor capacidad en los molinos (más materia prima)
- Menos residuo
- Mejor y menor tamaño de partícula
- Una mejor homogeneización de las pastas
- Ahorro energético
- No contamina

### Principales parámetros para la optimización de la molienda con bolas de alúminas

Velocidad de rotación del molino:

Para molienda en húmedo: 55% al 62% de la velocidad de rotación críti-



ca\* Para molienda en seco: 65% al 72% de la velocidad de rotación crítica (\* $V_c = 42,3 / \sqrt{d}$  interno del molino).

Carga inicial de bolas y su mantenimiento.

La carga total ha de ocupar aprox. un 55% del volumen del molino. Este es un volumen aparente, por los espacios que quedan libres entre los cuerpos molidores, siendo de hecho el volumen real ocupado por las bolas de un 60% de este 55% aparente (más o menos ocupan un 30% de volumen real del molino. En realidad después de cargar inicialmente el molino disponemos aprox. de un 70% del volumen del molino para

cargar la materia prima y el agua). En los molinos discontinuos para pastas (molinos grandes de aprox. más de 25.000 litros de capacidad), la carga inicial está limitada a la potencia del motor. La distribución idónea de la carga inicial ha de ser en 4 ó 5 tamaños diámetros diferentes.

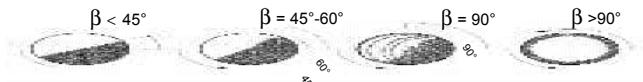
La(s) bola(s) de mayor diámetro(s) sirven para romper inicialmente los tamaños mayores de las partículas. Las bolas de diámetros medianos son las que verdaderamente hacen la molienda y siempre su cantidad (peso), ha de ser, como mínimo un 50% - 60% del total de la carga de bolas. La(s) bola(s) de menor diámetro(s) sirven para ocupar huecos y que haya siempre superficie de contacto con la materia prima, optimizando así el proceso desde un principio.

La tendencia actual es la de instalar variadores electrónicos de velocidad en los molinos, ajustando experimentalmente con mayor exactitud para conseguir una mejor molturación. Con estos obtendremos una elevación de la carga de bolas y de materia prima entre los 45° y 60° (ver dibujo), produciéndose un rodamiento de las bolas en forma de "cascada" hacia la zona inferior del bombo del molino. Las capas de bolas más cercanas al centro del bombo tienen una velocidad menor que las que están pegadas a las paredes y el choque entre ellas debida a esta diferencia de velocidad y amortiguado por la materia prima que se encuentra entre ellas es lo que produce el auténtico efecto de la molturación o molienda en el molino.

Cantidad de materia prima a moler. Esta suele ser un 40-45% de la capacidad, o volumen del molino, siempre que las bolas ocupen un 55% de capacidad aparente, como hemos explicado anteriormente. Obviamente si el nivel de bolas es más bajo, como ocurre en los molinos grandes (discontinuos) de pastas, estamos limitados por la potencia del motor, y la cantidad de materia prima aumenta, pudiendo ocupar más de un 50 - 55% del volumen del molino. Esto no suele ocurrir con los actuales molinos continuos pues tienen una potencia de motor más que suficiente, por lo que debemos alcanzar un 55% de volumen en bolas.

Relación entre la cantidad de materia prima y el agua (en el caso de molienda en húmedo). Siempre es de un 35 - 40% en relación a la cantidad de materia prima.

**Ilustración esquemática del psicionamiento de la carga dentro del molino para cuatro diferentes valores de la aceleración centrífuga**



**(A)** En esta posición la aceleración centrífuga es muy inferior a la aceleración de la gravedad originando un ángulo formado por el plano de las bolas horizontal inferior a 45°, por lo que obtendremos un bajo rendimiento a la molturación.

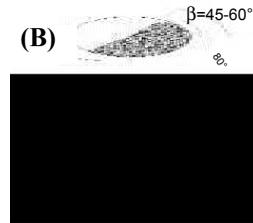
**(B)** En esta posición la aceleración centrífuga es alrededor de un 60% de la gravedad, elevando las bolas entre un 45 y 60°; se produce un rodamiento en cascada hacia la zona inferior obteniendo un grado muy bueno de molturación.

**(C)** En esta posición el ángulo obtenido de la carga es mayor de 90° con lo cual se ha alcanzado la velocidad crítica resultando una muy mala molturación, con violenta proyección de bolas que dañan el revestimiento.

**(D)** En esta última posición la aceleración centrífuga es mayor que la aceleración de la gravedad obteniendo un giro planetario donde se pro-

ducen escasos choques de bolas, desapareciendo casi por completo la molturación.

**Posición de la Carga en Molienda Óptima**



ac: Aceleración centrífuga  
 g: Aceleración de la gravedad  
 β: Ángulo de caída por rodamiento (en cascada), óptima molturación.  
 Vac: Velocidad crítica (molturación nula)  $V_{ac} = 42,3(D)^{1/2}$   
 Vop: velocidad óptima 60% de Vac  
 D= Diámetro útil del bombo

**Cantidad de bolas a cargar en un molino**

Fórmula para calcular la cantidad de bolas a cargar en un molino (en Kg.)

$$P = \frac{V \times \delta \times p \times 0,55}{100}$$

P = cantidad de bolas a agregar en Kg.  
 V = volumen útil del molino en litros.  
 δ= densidad de las bolas en Kg/l (= gr/cm<sup>3</sup>). Para el caso de CTI es de 3,60 Kg/l.  
 p = % de ocupación aparente de la carga de bolas.

Ejemplo para un molino de 7500 litros con bolas de alúmina de CTI y con ocupación aparente del 55% según recomienda CTI.

$$P = \frac{7500 \text{ l} \times 3,60 \text{ Kg/l} \times 55 \times 0,55}{100} = 8.167 \text{ Kg}$$

**Conclusiones**

-Hoy en día la utilización de cuerpos molidores en alúmina de "alta densidad", sigue siendo el método más eficaz para obtener la mejor molienda posible (rápida, limpia, etc...)

-Su utilización ha de ser la adecuada y seguir ciertos parámetros.

-CTI sólo manufactura bolas y revestimientos de alúmina, sin ofrecer ni comercializar otro tipo de productos que puedan interferir y/o mezclarse, condicionando su utilización por parte de los usuarios.

-CTI informa a la industria cerámica (y afines), cuales son los parámetros adecuados para obtener la máxima optimización en los procesos de molienda. Ya se ha realizado con algunos fabricantes en la Argentina.

-Como cada industria tiene sus propios tipos de molinos, un proveedor de materias primas distinto, un producto final diferenciado de sus competidores, etc., CTI asesora según estos factores. Con una pequeña información (tipo de molinos, tipo y granulometría de la materia prima a moler, etc.), se puede asesorar posteriormente para la obtención de la mejor molienda posible.

Castellbisbal (Barcelona), 21/06/2007