

La molienda por agitación de baja velocidad se ha utilizado por muchos años en la industria minera y en la de minerales industriales. La molienda por agitación de alta velocidad es un método de molienda relativamente nuevo en las industrias minera. Sin embargo, ha venido utilizándose ampliamente en el campo mineral industrial por más de 30 años para diversos minerales. Muchas operaciones metalúrgicas actuales están contemplando maximizar el beneficio económico de yacimientos existentes, lo cual requiere nuevas ideas y nuevas tecnologías. Mediante la combinación de molienda de baja y alta velocidad, puede mejorarse la eficiencia y costo operativo de la trituración fina y ultrafina.

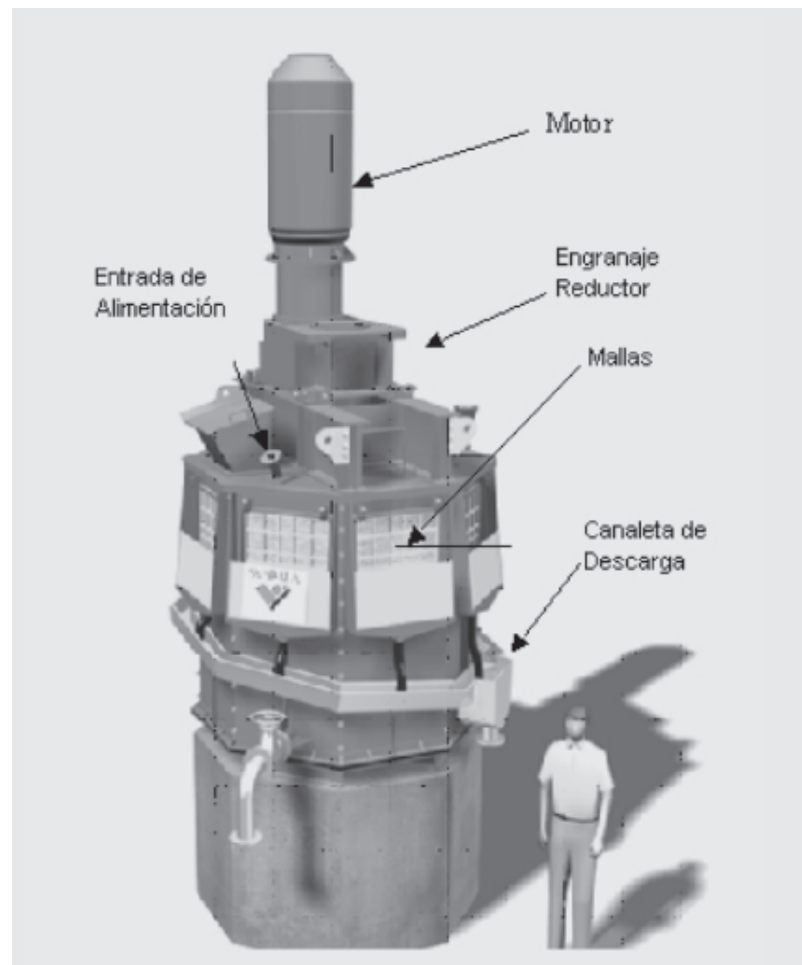
La molienda ultrafina de minerales ha venido utilizándose desde hace más de 30 años en el campo de los minerales industriales. En los últimos 10 años, la industria minera ha mostrado interés en la necesidad de producir partículas ultrafinas a medida que los procesos de separación química, fisicoquímica y física, han progresado para poder tratar partículas de mineral. Además a medida que se agotan los yacimientos de minerales básicos en todo el mundo, deben explotarse nuevos yacimientos más difíciles. Las operaciones existentes también están contemplando maximizar el beneficio económico de los yacimientos existentes, lo cual requieren nuevas ideas y nuevas tecnologías.

El enfoque tradicional para el material refractario con contenido de oro, ha sido liberar el oro encapsulado destruyendo químicamente la pirita mediante oxidación. El tostado, la oxidación a presión, y la oxidación bacteriana emplean diversos grados de temperatura, presión y catálisis para hacer reaccionar la pirita con oxígeno y producir óxido de hierro y sub-productos de azufre. Sin embargo, todos estos métodos tienen un impacto

Aplicaciones de molienda fina en procesamiento de minerales

La molienda por su agitación de alta velocidad es un método relativamente nuevo en la industria minera. Sin embargo, ha venido utilizándose ampliamente en el campo mineral industrial por más de 30 años para diversos minerales.

POR: ING. ALEJANDRO CHAVEZ
METSO MINERALS



1. Esquema de un molino en medio abrasivo.

económico debido a requisitos específicos operativos adicionales y a los controles de emisión. La oxidación a presión y la oxidación bacteriana tienen costos muy altos de capital y operativos.

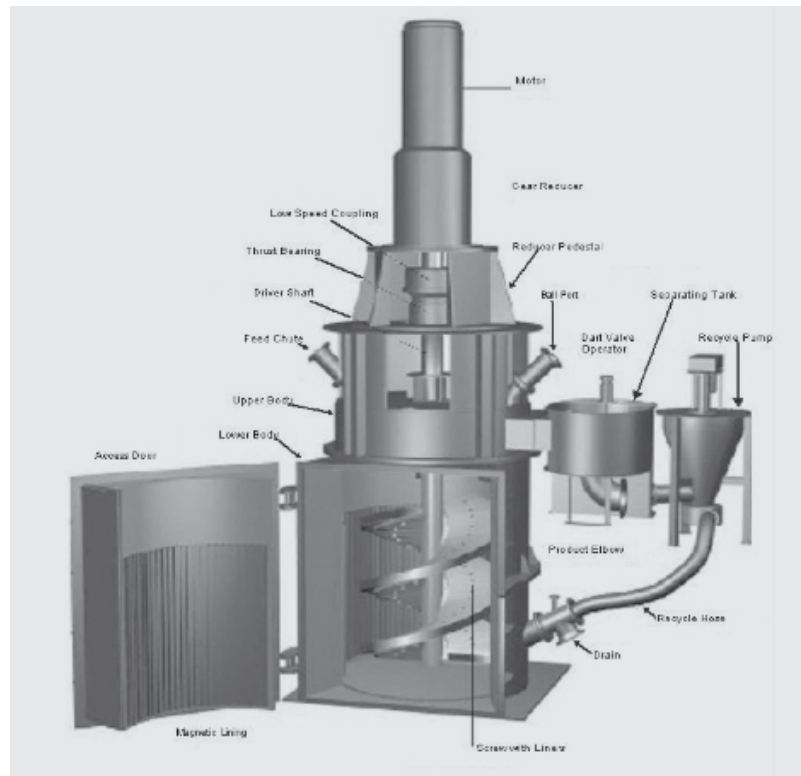
La lixiviación directa con cianuro de concentrados de sulfuros, con contenido de oro, se ha practicado durante muchos años. Sin embargo, las recuperaciones de oro a menudo han sido pobres debido a la molienda gruesa del concentrado de flotación, y cuando se ha intentado una molienda más fina, el bajo rendimiento o eficiencia del molino ha ocasionado altos costos de operación.

El presente método libera eficientemente el oro finamente disseminado o el oro encapsulado. Las pruebas metalúrgicas preliminares pueden hacerse fácilmente para determinar la respuesta de lixiviación a la MUF (Molienda Ultrafina). Esto involucra el molido de muestras a diversos tamaños de molienda denominados y la lixiviación del producto molido. Esto no sólo determina la recuperación potencial sino que proporciona también un primer paso de evaluación económica de los principales factores: consumo de energía, costos de reactivo, y recuperación de oro. Dicha información preliminar permite efectuar la comparación con otras vías de procesamiento.

La molienda fina de un mineral de oro con base de pirita puede originar buenos valores de lixiviación de oro (Ellis, 2003), que moliendo a un P80 de 10 micras, puede obtenerse una extracción de lixiviación de oro de 92%, comparado con sólo 75% de extracción de oro cuando la lixiviación se realiza con el concentrado de flotación de pirita sin moler.

El Molino en medio abrasivo

En la molienda, el rendimiento del equipo está determinado principalmente por su capacidad para hacer que las partículas entren en contacto entre sí y con el medio



2. Composición de un molino vertical.

de molienda, con justo el impacto suficiente para ocasionar el desgaste por abrasión de las partículas. Por consiguiente, la concentración de partículas y el tiempo de retención de las mismas en la zona de molienda son los parámetros de proceso mayores en cualquier molino que procese un tipo de material determinado.

El medio utilizado en la unidad es normalmente arenas de sílice / arena natural, o puede utilizarse un medio cerámico adecuado. Es fundamental que el medio seleccionado tenga partículas bien redondeadas, que no tengan fisuras o defectos. Cualquier imperfección causará un colapso inmediato dentro del molino. Para trabajos en que se requiera productos d80 de >20 micras o una granulometría de alimentación amplia, podría utilizarse un medio grueso, de 3 a 2 mm. Para productos d80 <10 micras sería recomendable un tamaño más fino de arena, con un rango de tamaño de 2 a 1 mm.

Las tasas típicas de desgaste para medios de arena de alta

calidad son 100 g/kWh mientras que para medios cerámicos es 35 g/kWh. El costo del medio de arena es alrededor de US\$250, el del medio cerámico es alrededor de US\$850. Además de tener una tasa menor de desgaste, el medio de cerámica también causa menor desgaste al molino. Asimismo, es importante considerar la ubicación de la mina; a medida que la mina es más remota y el costo de transporte sube, el medio cerámico se vuelve más eficiente en costo.

Puede recibirse una amplia gama de carga de sólidos en la pulpa de alimentación, pero esto tendrá obviamente influencia en el rendimiento. La carga normal de sólidos de alimentación para algunos tipos de molino varía entre 30-60% p/p. (Fig. 1)

Estructura de un Molino

El molino consta de un cuerpo octogonal que soporta el mecanismo interno suspendido de rotor de brazo múltiple. El mecanismo de rotor es impulsado por un motor eléctrico a través de un engranaje reductor

helicoidal. El cuerpo soporta también al sistema de impulsión.

En la zona superior del cuerpo se ubica una serie de mallas de poliuretano con perfil de cuña, las cuales retienen el medio mientras dejan salir el producto molido fuera de la máquina. El número de mallas en operación y el tamaño de apertura de malla se seleccionan para la tasa de flujo y tamaño de medio del trabajo; sin embargo, el tamaño normal de malla es 300 micras. Las mallas no clasifican el producto, se usan solamente para retener el medio de trituración en la máquina.

La pulpa de alimentación se introduce por una boquilla de entrada en la parte superior de la máquina y se dirige a la zona de molienda de la carga del molino. El medio se carga también por la parte superior de la máquina, ya sea a través de una boquilla bridada para carga neumática, o a través de una tolva de alimentación para carga mecánica. El producto molido que pasa por las mallas es recogido en una canaleta exterior y descargado por gravedad o bombeo a la siguiente etapa de proceso.

Los materiales de construcción y forros del molino se seleccionan según los requisitos del trabajo. Generalmente se especifican materiales de forro elastomérico que proporcionan buena resistencia a la abrasión y corrosión.

El Molino Vertical

Es un molino de bolas que utiliza un espiral sin fin de servicio pesado para agitar el medio de molienda y la pulpa. La pulpa de alimentación se introduce por una abertura en la parte superior del molino. Una bomba exterior de reciclado que proporciona una velocidad predeterminada de flujo hacia arriba que causa la clasificación de las partículas en la parte superior del cuerpo del molino. La molienda es por desgaste / abrasión, la eficiencia de molienda mejora debido a la gran presión entre el medio y las partículas a ser molidas.

El interior del cuerpo del molino está protegido del desgaste por un forro magnético de lecho de mineral. Estas "losetas" magnéticas atraen y sostienen el medio de molienda. El medio mismo sirve como superficie de desgaste. Estas

unidades han venido operando hasta por 8 años sin un cambio de forros de molino.

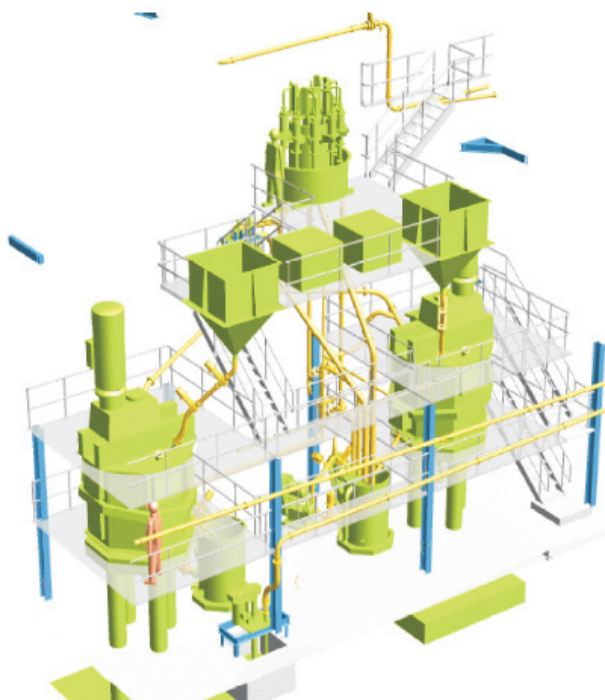
Las partes de desgaste del espiral son placas de desgaste metálicas especiales que están empernadas a los tramos de este cubiertos de caucho. La Figura 3 muestra una ilustración detallada de un Molino Vertical. El desgaste del forro del espiral es normalmente de unos 6 meses para la parte inferior de este, mientras que las zapatas de la parte superior duran más de 1 año. (Fig. 2)

Aplicación de programas de pruebas

No existe una receta mágica que sea aplicable a todos los trabajos de remolienda y de molienda ultrafina. Cada caso nuevo debe estudiarse cuidadosamente y prepararse un programa de pruebas detallado. El programa de pruebas debe ser flexible para permitir cambios debido a los descubrimientos durante el programa. Igualmente, el trabajo de prueba debe realizarse antes de que se haya finalizado el diagrama de flujo, a fin de permitir que se hagan cambios basados en los hallazgos pertinentes del trabajo de prueba. (Fig. 3)

En los proyectos de lixiviación a menudo es deseable y económico emplear un enfoque de molienda de dos etapas. Un solo molino grande con frecuencia tendrá costos operativos más altos debido a la incapacidad para seleccionar el tamaño del medio. Con la molienda de dos etapas es posible optimizar el tamaño del medio y también tener mayor flexible en caso de cambios en el yacimiento.

El número de concentradoras de oro refractario que instalan molienda ultrafina como componente de la ruta preferida de procesamiento ha aumentado dramáticamente los últimos 5 años en todo el mundo. Esto se debe principalmente a la aceptación industrial de molinos para molienda fina y ultrafina.



3. Arreglo de la Planta.