(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 530 864**

(51) Int. Cl.:

F27B 1/16 (2006.01)
C21B 11/02 (2006.01)
C21B 5/00 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.03.2009 E 09003981 (9)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.12.2014 EP 2213971**

(54) Título: **Procedimiento para la fundición de material de partida en un cubilote**

(30) Prioridad:

29.01.2009 DE 102009006573

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
06.03.2015

(73) Titular/es:

LINDE AG (100.0%)
KLOSTERHOFSTRASSE 1
80331 MÜNCHEN, DE

(72) Inventor/es:

NIEHOFF, THOMAS y
KOKAS, PETER

(74) Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 530 864 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la fundición de material de partida en un cubilote

La invención se refiere a un procedimiento para hacer funcionar un horno de cuba, especialmente un cubilote, para la fundición de material de partida, en donde el horno de cuba es calentado por la combustión de un combustible sólido, y en donde en el horno de cuba se inyecta un gas de inyección que posee un contenido en oxígeno de más de 21%. Además, la invención se refiere a un horno de cuba, especialmente un cubilote, para la fundición de un material de partida, estando prevista un conducto de alimentación para un gas con contenido en oxígeno, en cuyo extremo de aguas abajo está conectada una tobera de soplado, desembocando un conducto de aire del inyector en el conducto de alimentación para el gas de inyección o en la tobera de soplado.

En un cubilote se funde un conjunto de hierro que se compone principalmente de arrabio, chatarra de fundición y chatarra de acero y otras aleaciones de hierro. Como combustible se utiliza en el cubilote normalmente coque de fundición que se quema mediante reacción con el oxígeno, liberando con ello cantidades de energía necesarias para fundir el conjunto de hierro.

Originalmente, el coque se quema con aire como oxidante. Entretanto, sin embargo, el uso de aire enriquecido con oxígeno durante la fundición en el cubilote pertenece a la norma de la técnica. La ventaja frente al uso de aire estriba en que se pueden generar temperaturas de combustión más altas y el proceso de fundición discurre de una forma más rápida.

Por el documento EP 0 762 068 A1 y el documento EP 1 997 915 A1 se conoce un procedimiento para la aportación de aire de combustión en un cubilote, en el que se inyecta oxígeno en el cubilote y la presión negativa que resulta de ello se aprovecha para aspirar aire de combustión adicional en el cubilote.

En el cubilote, el coque sirve, por un lado, como combustible, por otro, para carburizar el hierro fundido. Si se utiliza la inyección de oxígeno arriba descrita, el coque se quema más rápidamente en el cubilote por el oxígeno adicional. La cantidad de coque reducida de esta manera actúa, sin embargo, de forma negativa sobre la carburación del hierro fundido.

Por lo tanto, misión de la presente invención es proporcionar un procedimiento mejorado para la puesta en funcionamiento de un horno de cuba del tipo mencionado al comienzo y un horno de cuba correspondiente.

Este problema se resuelve mediante un procedimiento para hacer funcionar un horno de cuba, especialmente un cubilote, para la fundición de material de partida, en el que el horno de cuba se calienta mediante la combustión de un combustible sólido, y en el que en el horno de cuba se inyecta un gas de inyección, que posee una proporción de oxígeno de más de 21%, y estando el procedimiento caracterizado por que el horno de cuba se calienta por medio de al menos un quemador, en el que al quemador se aporta un combustible gaseoso o líquido y un oxidante gaseoso que presenta una proporción de oxígeno de más de 21%.

El horno de cuba de acuerdo con la invención, en particular cubilote, para la fundición de un material de partida, posee un conducto de alimentación para un gas de inyección con contenido en oxígeno, en cuyo extremo de aguas abajo está conectada una tobera de soplado, desembocando un conducto de aire del inyector en el conducto de alimentación para el gas de inyección o en la tobera de soplado, y en donde el horno de cuba presenta al menos un quemador que está provisto de un conducto de alimentación para un oxidante gaseoso y un conducto de alimentación para un combustible líquido o gaseoso.

Por la expresión "horno de cuba" se entiende, en particular, un cubilote, en particular un cubilote para la fundición de fundición gris y fundición nodular. Sin embargo, también se pueden hacer funcionar, de acuerdo con la invención, otras instalaciones de hornos de cuba para la fundición de otros materiales de partida metálicos tales como, por ejemplo, cobre o aluminio, o también para la fundición de materiales no metálicos, por ejemplo para la producción de lana mineral.

La expresión "material de partida" incluirá, de manera correspondiente, cargas con contenido en metales y no metálicas que son aportadas a un horno de cuba para la fundición. Como ya se mencionó al comienzo, esto incluye, en particular, el denominado conjunto de hierro o conjunto frío que se compone de arrabio, chatarra de fundición y chatarra de acero y/o demás aditivos con contenido en hierro. Dependiendo de la naturaleza del horno de cuba, son concebibles, sin embargo, también como material de partida cargas con contenido en cobre o aluminio o no metálicas.

Con los términos y expresiones "chorro", "chorro residual" y "chorro del inyector" se entienden en el marco de esta solicitud las corrientes de gas con contenido en oxígeno aportadas al horno de cuba, especialmente corrientes de aire aportadas a presión elevada.

La expresión "gas de inyección" designa una corriente de gas con contenido en oxígeno la cual se incorpora en el horno de cuba a través de una lanza, un tubo, una tobera de soplado o similares. En contraposición con un quemador, el gas de inyección se aporta al horno de cuba sin participante en la reacción. El gas de inyección reacciona sólo con las sustancias sólidas y líquidas que se encuentran en el horno, así como con la atmósfera en el horno de cuba. Sin embargo, también es posible introducir en el horno de cuba el gas de inyección junto con otras sustancias o fluidos, con los que no reacciona el gas de inyección en las condiciones que reinan en la lanza o tobera.

La expresión "quemador de oxígeno" designa en lo que sigue a un quemador que se hace funcionar con un combustible líquido o gaseoso y un gas con contenido en oxígeno que posee una concentración de oxígeno de más de 21%. En particular, se utiliza como oxidante oxígeno puro o bien oxígeno técnicamente puro o aire enriquecido con oxígeno.

De acuerdo con la invención, la tecnología de la inyección de oxígeno en un cubilote descrita al comienzo, se perfeccionó empleando adicionalmente quemadores de oxígeno para la fundición. El empleo de quemadores de oxígeno en cubilotes es ciertamente en sí conocido. Así, por ejemplo, en la memoria de publicación alemana DE 1 583 213 OS o el documento EP 0 793 071 A2 se describe el uso de quemadores de combustible de oxígeno en hornos de cuba. Sin embargo, la combinación de acuerdo con la invención de las dos técnicas, cada una en sí conocidas, muestra ventajas sorprendentes.

De acuerdo con la invención, si se combinan las dos tecnologías de la inyección de oxígeno y del calentamiento con quemadores en un horno de cuba conforme a la reivindicación 1, se evitan en gran medida las respectivas desventajas y se alcanza una clara mejora del procedimiento de fundición. Así, en el caso de la inyección de oxígeno puro existe el riesgo de una combustión demasiado rápida del coque cuando se utilizan quemadores de oxígeno, por el contrario, los gases de combustión, en particular vapor de agua y dióxido de carbono, y el gas de combustión no quemado pueden provocar un efecto de enfriamiento indeseable en el horno de cuba. El uso de ambas tecnologías de acuerdo con la invención evita estos inconvenientes y permite una mayor flexibilidad en la realización del procedimiento.

De acuerdo con la invención, el proceso de fundición en el horno de cuba se puede regular a través de la cantidad de coque, las cantidades de combustible líquido o gaseoso y la cantidad aportada de gas de inyección con contenido en oxígeno. A través de un correspondiente ajuste de estos parámetros se puede controlar, por ejemplo la estequiometría en el horno de cuba, es decir, por ejemplo, se puede ajustar una atmósfera reductora o neutra. En el procedimiento de fundición con inyección de oxígeno conocido de la técnica anterior existe el riesgo de una atmósfera demasiado oxidante, cuando el proceso de fundición se acelera mediante la inyección de oxígeno. De acuerdo con la invención, este riesgo se contrarresta debido a que la velocidad de fusión es controlada no sólo por la inyección de oxígeno, sino, en particular, también a través de la potencia del quemador.

A través de la aportación del gas de inyección con contenido en oxígeno se puede optimizar la combustión de coque y, con ello, la carburación del hierro fundido en el horno de cuba. Además, mediante el oxígeno adicional se influye sobre reacciones secundarias en el horno de cuba, por ejemplo reacciones endotérmicas de exceso de combustible con los componentes de la atmósfera del horno.

La energía necesaria para la fundición del material de partida ya no sólo se aporta a través del coque, sino adicionalmente a través de quemadores. De esta manera, se puede optimizar la velocidad de fusión y/o reducir la cantidad de coque.

Preferiblemente, el gas de inyección se inyecta en un punto relativamente "frío" en el horno de cuba. La temperatura en el horno de cuba depende de la altura, es decir, a diferentes niveles reinan diferentes temperaturas. Un "punto frío" es, por consiguiente, un punto en el horno de cuba, en el que la temperatura es más baja que la temperatura media en este nivel del horno.

A la inversa, los quemadores se orientan preferentemente a zonas "calientes" del horno, en las que la temperatura es más alta que la temperatura media en este nivel del horno o cuba.

En el funcionamiento del cubilote aparece a menudo en la periferia del horno una solicitación térmica irregular. Esto se puede reconocer, por ejemplo, en un desgaste irregular de los revestimientos de pared del horno refractarios. Por lo tanto, ventajosamente, los quemadores y los conductos de alimentación para el gas de inyección se disponen en el horno de cuba de modo que el horno experimente una solicitación térmica lo más uniforme posible a lo largo de toda su periferia.

La cantidad y/o la velocidad de flujo del gas de inyección y/o del chorro del eyector y/o del rendimiento de los quemadores son reguladas ventajosamente en función de la temperatura y/o del contenido de CO del gas de tragante, es decir, de los gases de combustión del horno de cuba. Diferentes calidades de coque y diferentes composiciones del material de partida introducido en el horno de cuba, que se ha de fundir, afectan a la composición del gas de tragante. Al analizar el contenido de CO y/o la temperatura del gas de tragante se pueden sacar conclusiones sobre el proceso de combustión y el proceso de fundición.

Mediante la variación de la velocidad de flujo, del contenido de oxígeno y/o de la cantidad de la corriente de la tobera de soplado, así como del rendimiento del o de los quemadores, el proceso de fundición siempre está adaptado al objetivo deseado. Otros parámetros a los que se puede recurrir para regular el gas de inyección y/o el o los quemadores, son la velocidad de fusión, la presión del horno y el análisis de los gases de escape.

El control del horno de cuba tiene lugar, ventajosamente, en función de uno o más de los siguientes parámetros: temperatura, composición o análisis del gas de tragante o de escape, parámetros de fusión tales como, por ejemplo, temperatura de fusión, datos específicos del horno, la composición o bien análisis de la escoria extraída del horno de cuba.

Datos de funcionamiento previamente grabados pueden utilizarse en este caso para ajustar de manera óptima la potencia del quemador y la aportación de oxígeno al horno en función de los parámetros de funcionamiento actuales y para alcanzar una realización del procedimiento que corresponda a los requisitos tecnológicos. Variaciones en el rendimiento pueden ser rápidamente identificadas y asignadas. Depositando los resultados de fundición prácticos se puede adaptar históricamente el funcionamiento del horno en una base de datos de auto-corrección. Impactos en la calidad sobre, por ejemplo, diferentes aplicaciones del coque son reconocidos inmediatamente.

De acuerdo con la invención, al horno de cuba se le aporta, para la reacción del combustible sólido, por ejemplo del coque, una cantidad regulada de oxígeno. Esto tiene lugar debido a que el gas o la mezcla de gas de inyección se aporta al horno de cuba en una cantidad definida y/o con una velocidad de flujo definida.

Ventajosamente, el gas de inyección con contenido en oxígeno es acelerado en una tobera de soplado y un chorro de inyector es aspirado por medio de la presión negativa que resulta en la aceleración del gas inyectado y es combinado con el gas de inyección en una corriente de tobera de soplado y es introducido en el horno de cuba.

En esta forma de realización el gas de inyección es introducido en el horno de cuba a alta velocidad y puede ser insuflado profundamente en el interior del horno de cuba y, de este modo, influir selectivamente en la reacción del coque. Oxígeno adicional es aportado al horno de cuba a través del chorro del inyector. El gas de inyección fluye a alta velocidad de la o las toberas de soplado y crea con ello una presión negativa, la cual se aprovecha, de acuerdo con la invención, para aspirar el chorro del inyector. La cantidad aspirada de chorro del inyector depende, por una parte, de la cantidad y velocidad de flujo del gas de inyección, pero, por otra parte, se puede regular también ventajosamente por separado. La mezcla a base de gas de inyección acelerado y chorro del inyector aspirado forma una corriente en la tobera de soplado que pone a disposición de forma definida oxígeno al proceso de combustión en el horno de cuba. Preferiblemente, al horno de cuba se le aporta oxígeno adicional en forma de chorro residual. Por norma general, para ello está disponible aire que se encuentra bajo presión como chorro residual.

En una forma de realización preferida el chorro del inyector y el chorro residual proceden de la misma fuente. Así, por ejemplo, está prevista un conducto de chorro, un anillo de chorro o un dispositivo eólico, que conduce una determinada cantidad de aire caliente, es decir, aire caliente que se encuentra a presión elevada. En este conducto de chorro está conectado, por una parte, el conducto de chorro del inyector, por otra, el conducto de chorro residual. Toda la cantidad de chorro caliente disponible se divide de manera correspondiente, en una parte que es aspirada a través del conducto de chorro del inyector del gas con contenido en oxígeno, y en un chorro residual remanente que es aportado al horno de cuba a través del conducto de chorro residual.

Es asimismo posible prever una aportación separada para el chorro del inyector y el chorro residual. Por ejemplo, el horno de cuba puede estar provisto de un primer conducto de chorro del que se extrae el chorro del inyector, y de un segundo conducto de chorro del que se retira el chorro residual. Ciertamente, esta realización es técnicamente más compleja de implementar que la realización arriba descrita con un conducto de chorro común para el chorro residual y el chorro del inyector. Por otro lado, sin embargo, mediante conductos de chorro o dispositivos de chorro separados para el chorro del inyector y el chorro residual se pueden ajustar independientemente una de otra sus relaciones de presión y temperatura, con lo cual en el horno de cuba se forman otros grados de libertad para el control del proceso de combustión. Además, como chorro del inyector se puede emplear aire aspirado directamente del entorno. Es asimismo posible aspirar los gases o sustancias con el gas de inyección y aportarlos a la combustión en el horno de cuba.

Preferiblemente, se emplea un gas de inyección con un contenido en oxígeno de más de 90%, preferiblemente de más de 95%, de manera particularmente preferida de más de 99%. Sin embargo, también aire enriquecido con

oxígeno se puede utilizar como un gas de inyección. El gas de inyección se inyecta en el horno de cuba preferiblemente con una alta velocidad de, por ejemplo, 100 a 280 m/s.

Preferiblemente, el conducto de alimentación para el gas de inyección está unido con un dispositivo de suministro, por ejemplo un tanque, para oxígeno técnicamente puro. Al oxígeno técnicamente puro se le puede añadir, a través del conducto de chorro del inyector, una cantidad definida de aire, con el fin de ajustar así el contenido en oxígeno en la mezcla resultante de oxígeno y aire. Esta mezcla se introduce en la tobera de soplado, preferiblemente una tobera Laval, se acelera y se incorpora en el horno de cuba como corriente de la tobera de soplado.

De manera particularmente preferida, el contenido en oxígeno de la corriente de la tobera de soplado, que resulta de la combinación de gas de inyección y chorro del inyector, se elige entre 25% y 65%. A través del contenido en oxígeno de la corriente de la tobera de soplado está disponible otro parámetro a través del cual se puede controlar la combustión del combustible fósil. Así, por ejemplo, mediante el aumento del contenido en oxígeno, se puede intensificar la combustión, es decir, se incrementa la temperatura de los gases de combustión y se quema por unidad de tiempo más combustible fósil.

Por ejemplo, se introduce oxígeno técnico a través de toberas Laval en una cámara especial de tobera de soplado. Una parte previamente expuesta de la cantidad de chorro primario es aspirada de forma regulada como parte del chorro del inyector por la presión negativa generada. Con el ajuste de la parte del chorro del inyector a través de una válvula de regulación, resultan diversas acumulaciones de oxígeno, y velocidades de salida correspondientemente altas en la zona de fundición. El chorro primario residual remanente accede con un volumen y una velocidad significativamente menores a la parte de la zona de fundición.

Preferiblemente, como combustible sólido se emplea coque. La calidad del coque varía ampliamente en la práctica, por lo que se requiere regularmente reproducir y adaptar los parámetros de la combustión con el fin de lograr una reacción óptima del coque y, con ello, un proceso de fundición óptimo. Mediante el empleo de acuerdo con la invención de los quemadores pueden compensarse fácilmente oscilaciones en la calidad del coque.

Los quemadores se hacen funcionar preferiblemente con oxígeno con una pureza de más de 90%, preferiblemente más de 95%, de manera particularmente preferida más de 99%, como oxidante.

El rendimiento de los quemadores se puede variar dependiendo de las condiciones del procedimiento. Preferiblemente, la potencia del quemador se ajusta de modo que ésta oscila entre un 10% y un 50% de la energía total aportada al horno de cuba.

En una forma de realización particularmente preferida, en el horno de cuba están previstas varias, preferiblemente cuatro a diez toberas de chorro distribuidas, de manera uniforme por la periferia del horno de cuba, alternativamente con un quemador o bien una lanza o tobera para la aportación del gas de inyección. Por la expresión "toberas de chorro" se entienden en esta memoria aberturas en las paredes del horno de cuba, que habitualmente sirven para introducir el viento o el aire en la zona de fundición, pero que también, de acuerdo con la invención, pueden ser equipadas con quemadores.

En la realización de acuerdo con la invención, las toberas para el gas de inyección se construyen como toberas de soplado, en las que, como se explicó arriba, el gas de inyección es acelerado y un chorro del inyector es aspirado por medio de la presión negativa que resulta durante la aceleración del gas de inyección.

La combinación de acuerdo con la invención de inyección de oxígeno y quemadores en un cubilote tiene numerosas ventajas en comparación con los procedimientos hasta ahora empleados. La combustión del combustible fósil sólido se mejora claramente y se requiere menos combustible. Las emisiones o bien inmisiones se reducen significativamente. Pueden considerarse oscilaciones en la calidad del combustible, en particular las diferentes calidades de coque de fundición. La combustión del combustible sólido se puede regular mejor y, así, se puede ajustar de manera definida la estequiometría en el horno de cuba. Mediante la invención es posible intervenir de manera preestablecida en el proceso de fundición de hornos de cuba e instalaciones de cubilote. Los grados de eficiencia y los resultados medioambientales se mejoran de manera decisiva. La combinación de acuerdo con la invención de inyección de oxígeno y quemadores de oxígeno hace que sea posible aportar más oxígeno al horno de cuba y al mismo tiempo tener que emplear menos coque.

Con la tecnología de acuerdo con la invención puede emplearse más oxígeno para la fundición, sin que se manifiesten los conocidos inconvenientes de la técnica anterior tales como menor carburación o caída de la temperatura del hierro. Se ha demostrado que por tonelada de hierro producida puede aumentarse la cantidad de oxígeno procesada de 20 a 40 Nm^3/t_{Fe} de 20 a 80 Nm^3/t_{Fe}.

La invención, así como particularidades adicionales de la invención se describen con mayor detalle a continuación con referencia al ejemplo de realización representado en el dibujo. En este caso, la figura muestra un cubilote en sección transversal.

La figura muestra una sección transversal a través de un cubilote 1 para la fundición de un conjunto de hierro. De una manera conocida, varias toberas de chorro 2 están distribuidas por la periferia del cubilote 1. En la realización mostrada las toberas de chorro 2 están alternativamente equipadas con una tobera de soplado de oxígeno 3 y un quemador de oxígeno 4. A través de las toberas de soplado de oxígeno 3 se inyecta en el cubilote 1 oxígeno técnicamente puro con una pureza de más del 95%. Las toberas de soplado 3 están unidas con el anillo de chorro no representado en la figura, a partir del cual, durante la inyección del oxígeno, se aspira aire o bien chorro en el horno 1 y se insufla asimismo en el cubilote 1. Los quemadores de oxígeno 4 son hechos funcionar con un gas de combustión, preferiblemente gas natural, y oxígeno con una pureza de más de 95%.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para hacer funcionar un horno de cuba (1), especialmente un cubilote, para la fundición de material de partida, en el que el horno de cuba (1) se calienta mediante la combustión de un combustible sólido, y en el que en el horno de cuba (1) se inyecta un gas de inyección que posee una proporción de oxígeno de más de 21%, en el que el gas de inyección se acelera en una tobera de soplado (3) y un chorro del inyector se aspira por medio de la presión negativa que resulta en la aceleración del gas de inyección y se combina con el gas de inyección en una corriente de tobera de soplado y se introduce en el horno de cuba (1), caracterizado por que el horno de cuba (1) se calienta por medio de al menos un quemador (4), en el que al quemador (4) se aporta un combustible gaseoso o líquido y un oxidante gaseoso que presenta una proporción de oxígeno de más de 21%.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que al horno de cuba (1) se le aporta adicionalmente un chorro residual.

3. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado por que el chorro del inyector y el chorro residual se retiran de un conducto de chorro común.

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que como gas de inyección se utiliza oxígeno con una pureza de más de 90%, preferiblemente de más de 95%, de manera particularmente preferida de más de 99%.

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que se emplea coque como combustible sólido.

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que como oxidante se utiliza oxígeno con una pureza de más de 90%, preferiblemente de más de 95%, de manera particularmente preferida de más de 99%.

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que al horno de cuba (1) se aporta, a través del o de los quemadores (4), entre 10% y 50% de toda la energía aportada al horno de cuba (1).
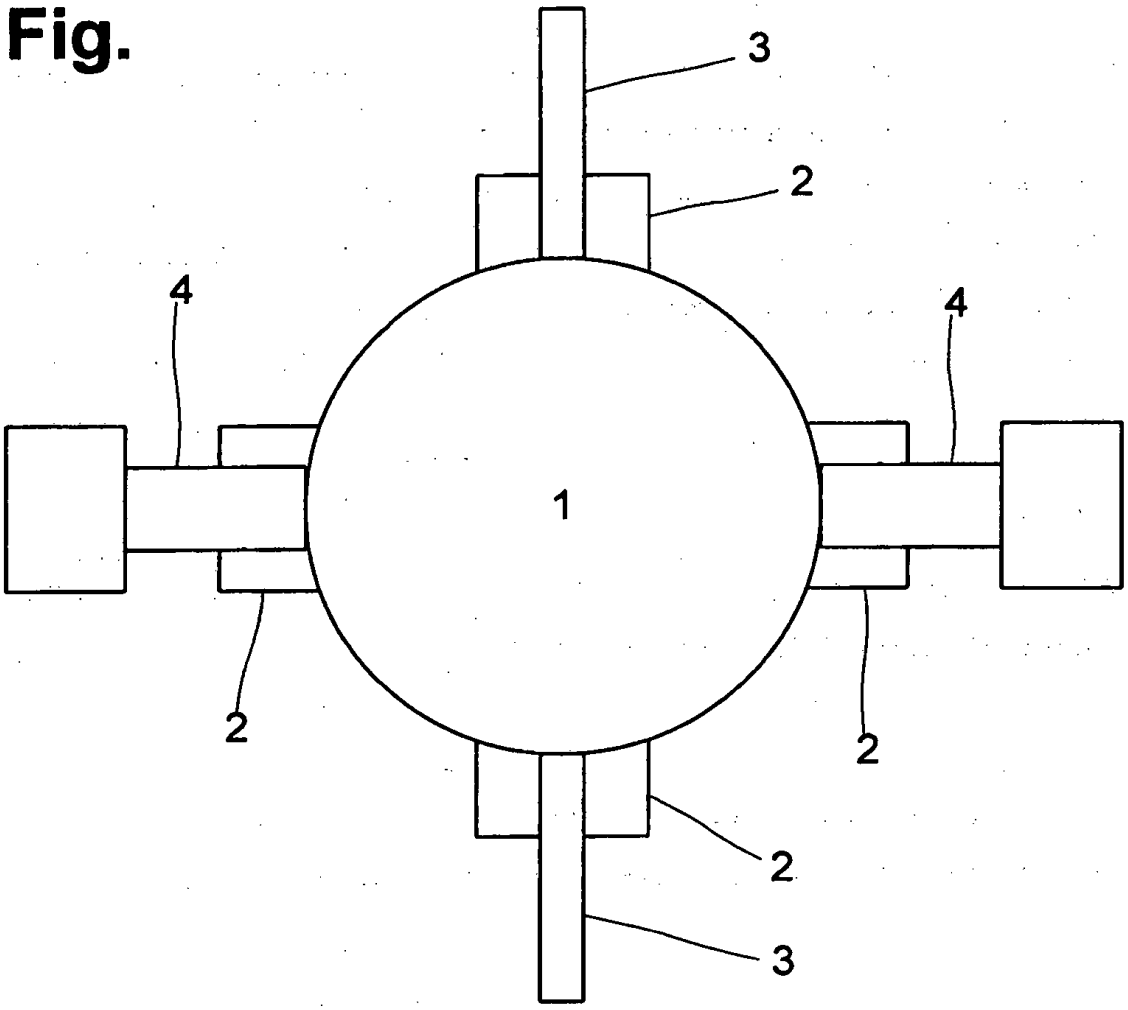
Fig.