

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 707 809**

51 Int. Cl.:

C21C 7/04 (2006.01)

C21C 1/02 (2006.01)

C21C 7/064 (2006.01)

F27D 27/00 (2010.01)

C21C 1/04 (2006.01)

C21C 1/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.12.2010 PCT/JP2010/072051**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.07.2011 WO11083655**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.12.2010 E 10842168 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.11.2018 EP 2522758**

54 Título: **Procedimiento de operación para agitar mecánicamente hierro fundido que contiene cromo**

30 Prioridad:

07.01.2010 JP 2010002408

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

05.04.2019

73 Titular/es:

**NISSHIN STEEL CO., LTD. (100.0%)
3-4-1 Marunouchi Chiyoda-ku
Tokyo 100-8366, JP**

72 Inventor/es:

**SUGIURA MASAYUKI;
MORI MASAKAZU y
YOSHINO TAKAHIRO**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 707 809 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 de operación para agitar mecánicamente hierro fundido que contiene cromo

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de operación para reducir la erosión de una parte de varilla axial que gira integralmente con unas paletas de mezcla (agitador de turbina) en un proceso de afinado para agitar mecánicamente hierro fundido que contiene cromo (arrabio fundido o acero fundido) con un agitador de turbina.

Antecedentes de la técnica

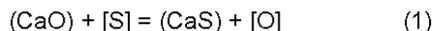
10 Un proceso de afinado para agitar mecánicamente hierro fundido con un agitador de turbina hasta ahora se ha aplicado principalmente a la desulfuración de arrabio fundido obtenido en alto horno (por ejemplo, documentos JP 2001 248 976 A, JP 2001 262 212 A o JP 2003 166 010 A). A este respecto, para mejorar la eficiencia de la agitación, se propone un procedimiento de agitación donde el eje de rotación del agitador de turbina se mantiene descentrado con respecto al eje central del recipiente de afinado (documento JP 2001 262 212 A). De acuerdo con el procedimiento, se dice que las revoluciones por minuto (rpm) podrían reducirse en el caso de obtener una eficiencia de desulfuración predeterminada, y la vida útil del agitador de turbina podría prolongarse.

15 Por otro lado, en la producción de acero inoxidable fundido, es de uso general un procedimiento para obtener arrabio fundido o acero fundido mediante el uso de un horno eléctrico. En ese caso, puede incorporarse CaF_2 (fluorita) en la escoria en el horno eléctrico, o puede incorporarse CaF_2 en la escoria durante la etapa de descarburación, por lo que la desulfuración puede lograrse de manera relativamente eficiente y, en consecuencia, no es específicamente necesaria una etapa para agitar mecánicamente arrabio fundido o acero fundido.

20 Se llama la atención sobre el documento JP 2007 302 961 A, que desvela un agitador de turbina para agitar metal fundido y un aparato de agitación de metal fundido con el mismo. El agitador de turbina para agitar el metal fundido incluye cuatro paletas de agitación que sobresalen en la dirección del diámetro desde las proximidades de la parte de extremo inferior de un eje de rotación. El aparato de agitación de metal fundido comprende un agitador de turbina para agitar el metal fundido y un recipiente para contener el metal fundido, en el que el agitador de turbina está
25 dispuesto de manera que la línea axial del eje de rotación está desplazada con respecto a la línea central del recipiente con el fin de que sea excéntrica. El aparato de agitación de metal fundido es adecuado para la desulfuración del acero fundido inoxidable que contiene Cr. Además, el documento CH 593 340 A5 desvela un procedimiento y un aparato para promover reacciones metalúrgicas en el metal fundido empleando agitación a alta velocidad. El proceso para afinar metal fundido que contiene impurezas comprende: (i) introducir metal fundido en un
30 recipiente de forma sustancialmente cilíndrica, y (ii) agitar el metal fundido en dicho recipiente por medio de un elemento de agitación rotatoria de grafito alineado de manera sustancialmente central y axial dentro de dicho recipiente.

35 Recientemente, sin embargo, en el uso de escoria de acero como material de suelo o calzada, se ha restringido el contenido del ingrediente de fluorina en el mismo y, por lo tanto, ha aumentado el uso de escoria libre de CaF_2 . En ese caso, la capacidad de desulfuración de la escoria disminuye y, por lo tanto, en el caso en el que se produce un acero inoxidable de S ultra bajo que tiene un contenido de S de, por ejemplo, un 0,005 % en masa como máximo, se ha hecho necesario aplicar un tratamiento de desulfuración por separado al arrabio o acero fundido en horno eléctrico con el fin de reducir la carga de desulfuración en el procedimiento de fabricación de acero ya existente.

40 En cuanto al tratamiento de desulfuración, se ha confirmado que el mismo procedimiento de agitación mecánica que el del arrabio fundido en alto horno también es eficaz para el arrabio o acero fundido que contiene cromo para el acero inoxidable. Por ejemplo, en el caso de que se use CaO como agente desulfurante y cuando el arrabio o acero fundido que contiene cromo se agite mecánicamente junto con el agente desulfurante (escoria basada en CaO), entonces la reacción de desulfuración sigue la siguiente fórmula (1). El oxígeno generado reacciona con el ingrediente desoxidante (por ejemplo, Si) en el hierro fundido, de acuerdo con la siguiente fórmula (2):



45

Sumario de la invención**Problemas a resolver por la invención**

50 Como se ha descrito anteriormente, en el caso del arrabio fundido o el acero fundido mecánicamente agitados, cuando la agitación se logra en un estado donde el eje de rotación del agitador de turbina está descentrado con respecto al eje central del recipiente de afinado (agitación excéntrica), entonces aumenta la eficiencia de la agitación y, por lo tanto, pueden reducirse las revoluciones por minuto para lograr el mismo efecto de desulfuración. Sin

embargo, en las investigaciones de los presentes inventores, surgió un problema porque, en el caso del arrabio o acero fundido que contiene cromo, a diferencia del caso del arrabio fundido en alto horno, la parte refractaria de la varilla axial que gira integralmente con el agitador de turbina se erosiona o funde de manera extremadamente fácil durante la operación de agitación excéntrica (véase la figura 5 que se mencionará a continuación). En consecuencia, aunque la vida útil del agitador de turbina en sí misma podría prolongarse, la vida útil de la parte de varilla axial llega pronto a su final, y por lo tanto, se acorta la tasa de cambio del “rotor” compuesto de manera integral por el agitador de turbina y la varilla axial.

Considerando la situación anterior, la presente invención es para proporcionar un procedimiento de operación para prolongar notablemente la vida útil del “rotor” compuesto de manera integral por un agitador de turbina y una varilla axial para la agitación mecánica de arrabio o acero fundido que contiene cromo.

Medios para resolver los problemas

Como resultado de investigaciones detalladas, los presentes inventores han descubierto que, en la agitación mecánica de arrabio o acero fundido que contiene cromo, existe una diferencia notable entre el caso de la agitación en un estado donde el eje de rotación de un agitador de turbina está centrado en el eje central de un recipiente de afinado (modo de agitación concéntrica) y el caso de la agitación en un estado donde el primero está descentrado con respecto a este último (modo de agitación excéntrica), en la pérdida de material de la parte de varilla axial que gira integralmente con el agitador de turbina. Específicamente, en el caso del modo de agitación excéntrica, la pérdida de material de la varilla axial es extremadamente grande, como se ha descrito anteriormente. A diferencia de esto, en el caso del modo de agitación concéntrica, las materias dispersas de escoria y arrabio fundido o acero fundido pueden adherirse fácilmente a la varilla axial. Además, los materiales adheridos son duros y podrían no desprenderse con facilidad, pero tienen el efecto de proteger firmemente la parte refractaria de la varilla axial. En otras palabras, durante la operación de agitación en el modo de agitación concéntrica, se forma de manera natural una capa protectora dura de materiales de adherencia en la superficie de la varilla axial refractaria y, por lo tanto, en la presente descripción, este fenómeno puede denominarse “autorreparación”.

La varilla axial refractaria erosionada en la agitación en el modo de agitación excéntrica podría autorrepararse cambiando del modo de agitación subsiguiente al modo de agitación concéntrica. A continuación, repitiendo el modo de agitación excéntrica y el modo de agitación concéntrica, puede controlarse la cantidad de escoria y las materias en dispersión que se adhieren a la varilla axial, por lo que, en consecuencia, puede prolongarse considerablemente la vida útil de la varilla axial refractaria. La presente invención se ha completado sobre la base de estos descubrimientos.

Específicamente, de acuerdo con la invención, se proporciona un procedimiento de operación como se expone en la reivindicación 1. Otras realizaciones se desvelan entre otras en las reivindicaciones dependientes. El procedimiento de operación para agitar mecánicamente hierro fundido que contiene cromo comprende un proceso de afinado para agitar mecánicamente el hierro fundido que contiene cromo contenido en un recipiente de afinado mediante el uso de un agitador de turbina que tiene un eje de rotación en la dirección vertical donde está el recipiente de afinado, de tal manera que la sección transversal horizontal de la pared interior del mismo es circular alrededor del eje central del recipiente en la dirección vertical y el agitador de turbina, integrado con la varilla axial cubierta con un material refractario, gira alrededor del eje central de la varilla axial, como el eje de rotación del mismo, en el que:

el modo de agitación se conmuta de manera regular o irregular, según se seleccione para cada carga a agitar, entre un “modo de agitación concéntrica” para agitar el hierro fundido en un estado donde el eje de rotación del agitador de turbina está centrado en el eje central del recipiente y un “modo de agitación excéntrica” para agitar el hierro fundido en un estado donde el eje de rotación del agitador de turbina está descentrado con respecto al eje central del recipiente dentro de un intervalo de $0,20 D$ a $0,45 D$, donde D en mm significa el diámetro de varilla axial inicial que indica el diámetro de material refractario en el estado inicial de la parte de varilla axial que se hunde por debajo del nivel de fluido del material fundido que contiene cromo antes del inicio de la rotación.

Como una realización de conmutación regular del modo, en el presente documento se emplea preferentemente un procedimiento donde el modo de agitación concéntrica y el modo de agitación excéntrica se conmutan alternativamente en cada carga a agitar.

Como el hierro fundido que contiene cromo, el usado de manera más eficaz en el presente documento es el arrabio fundido o acero fundido que tiene un contenido de Cr (al inicio de la agitación de cada carga a agitar) del 8 al 35 % en masa. Un candidato habitual es el arrabio fundido o acero fundido que se transformará en acero inoxidable mediante otro proceso de afinado posterior y una colada. El “acero inoxidable” al que hace referencia en el presente documento se define como el número 3801 de la norma JIS G0203:2009, y el acero incluye en concreto los tipos de acero austenítico definidos en la tabla 2 de la norma JIS G4305:2005, los tipos de acero ferrítico austenítico definidos en la tabla 3 de la misma, los tipos de acero ferrítico definidos en la tabla 4 de la misma, los tipos de acero martensítico definidos en la tabla 5 de la misma, los tipos de acero endurecido por precipitación definidos en la tabla 6 de la misma; y además de estos, otros tipos diferentes de acero desarrollados que no corresponden a la norma JIS también podrían ser los objetos de la invención. Los objetos especialmente preferidos son los tipos de acero de S ultra bajo (por ejemplo, con un contenido de S del 0,005 % en masa como máximo) con la base de esos sistemas de ingredientes.

El diámetro de varilla axial inicial D puede estar dentro de un intervalo del 10 al 30 % de D_0 , donde D_0 (mm) significa el diámetro interior del recipiente de afinado en la posición de la altura del nivel de fluido medio de la materia fundida que se agita.

5 La "materia fundida" a la que se hace referencia en el presente documento significa una sustancia en un estado fundido en el recipiente de afinado, que incluye en concreto hierro fundido que contiene cromo (arrabio fundido o acero fundido), y el flujo para el afinado y la escoria a agitar junto con el mismo. La "posición de la altura del nivel de fluido medio de la materia fundida que se agita" corresponde a la posición de la altura del nivel medio de fluido de la materia fundida suponiendo que la agitación se detenga y el nivel de fluido se mantenga estático. En caso de que la altura del nivel medio de fluido fluctúe, por ejemplo, en caso de que se ponga flujo, o similares, en el sistema durante la agitación, se empleará la posición más alta.

Ventaja de la invención

15 De acuerdo con la invención, durante la agitación mecánica del hierro fundido que contiene cromo (arrabio fundido o acero fundido), puede prolongarse mucho el período de tiempo para reemplazar el rotor que comprende un agitador de turbina integrado con la varilla axial del mismo. En consecuencia, la invención contribuye a aumentar el rendimiento y a reducir los costes en la etapa de promover la reacción por agitación mecánica, tal como el tratamiento de desulfuración o la reducción y recuperación de cromo de la escoria, en un proceso de afinado de acero que contiene cromo, tal como, habitualmente, el acero inoxidable.

Breve descripción de los dibujos

20 La figura 1 es una vista que ilustra esquemáticamente la forma de un rotor en el estado inicial del mismo.
 La figura 2 es una vista en sección transversal parcial que muestra esquemáticamente la configuración de cada parte en un recipiente de afinado en el que el hierro fundido que contiene cromo se agita mecánicamente en un modo de agitación concéntrica.
 La figura 3 es una vista que ilustra esquemáticamente el aspecto exterior de un rotor a reemplazar en agitación mecánica continua de hierro fundido que contiene cromo en un modo de agitación concéntrica.
 25 La figura 4 es una vista en sección transversal parcial que muestra esquemáticamente la configuración de cada parte en un recipiente de afinado en el que el hierro fundido que contiene cromo se agita mecánicamente en un modo de agitación excéntrica.
 La figura 5 es una vista que ilustra esquemáticamente el aspecto exterior de un rotor a reemplazar en agitación mecánica continua de hierro fundido que contiene cromo en un modo de agitación excéntrica.
 30 La figura 6 ilustra esquemáticamente el aspecto exterior de un rotor que aún se considera utilizable en un caso en donde la agitación mecánica del hierro fundido que contiene cromo continúa mientras el modo de agitación se conmuta alternativamente entre un modo de agitación concéntrica y una agitación excéntrica en cada carga a agitar.

Modo para realizar la invención

35 La figura 1 ilustra esquemáticamente la configuración de un rotor que se aplica a la agitación mecánica en la invención, en el estado inicial del mismo (antes de usarse). Un agitador de turbina 2 está ajustado en la parte más baja del núcleo 1 axial formado por un material de acero o similar. Dentro del agitador de turbina 2, en general, existe un material de núcleo (no mostrado) formado por un material de acero, conectado con el núcleo 1 axial, y el agitador de turbina 2 se construye cubriendo el material de núcleo que sirve como base con un material refractario.
 40 Alrededor del núcleo 1 axial, se forma una capa 3 refractaria con el fin de proteger el núcleo 1 axial formado por un material de acero o similar de la exposición directa a un material fundido. Una varilla 10 axial está compuesta por el núcleo 1 axial y la capa 3 refractaria que lo rodea. El agitador de turbina 2 y la varilla 10 axial giran integralmente uno con respecto a otro. La estructura integrada se denomina rotor 20.

45 La figura 2 muestra esquemáticamente la configuración de cada parte en un recipiente de afinado en el que el hierro fundido que contiene cromo se agita mecánicamente en un modo de agitación concéntrica. Esta muestra una sección transversal del recipiente que incluye el eje 40 central del mismo y el eje 41 de rotación, mostrándose solo el rotor 20 como la vista lateral del mismo (lo mismo se aplicará a la figura 4 que se menciona a continuación).

50 El recipiente 30 de afinado que se usa en este caso es tal que la sección transversal horizontal de la pared 33 interior del mismo es circular alrededor del eje 40 central del recipiente en la dirección vertical. La "sección transversal horizontal" es una sección transversal vertical al eje 40 central del recipiente que se encuentra en la dirección vertical. "Circular" admite que se produzcan irregularidades comunes (desviación del círculo perfecto) en la construcción de la pared 33 interior de un material refractario. El diámetro interior del recipiente 30 de afinado puede ser uniforme en la dirección de la altura o puede no ser uniforme. Por ejemplo, en este caso puede usarse un recipiente de afinado cuyo diámetro interior aumenta hacia arriba desde la parte inferior.

55 El rotor 20 está diseñado de manera que la parte superior de la varilla 10 axial del mismo está fijada al elemento rotatorio que se hace girar por la fuerza motriz de un motor, y cambiando la posición del elemento rotatorio, la posición de altura y la posición horizontal del rotor 20 pueden establecerse en posiciones predeterminadas. En el modo de agitación concéntrica, el eje 41 de rotación y el eje 40 central del recipiente se corresponden entre sí y, por

lo tanto, cuando se inicia la agitación con el rotor 20, entonces el núcleo 50 de remolino del fluido formado por el hierro 31 fundido que contiene cromo y el flujo y/o escoria 32 se forma en la posición central del recipiente 30 de afinado. Con eso, el nivel de material fundido es bajo en la posición del núcleo 50 de remolino y es alto alrededor de la parte periférica. En la figura 2, la fluctuación del nivel de material fundido está saturada (lo mismo se aplicará a la figura 4 que se menciona a continuación). Con la rotación, la interfaz entre el hierro 31 fundido que contiene cromo y el flujo y/o escoria 32 puede ser complicada, pero en la figura 2, la interfaz se dibuja de manera simplificada (lo mismo se aplicará a la figura 4 que se menciona a continuación). La posición de altura del rotor 20 se establece de manera que la parte superior del agitador de turbina 2 pueda ser más baja que el nivel de material fundido del núcleo 50 de remolino. La boca abierta superior del recipiente 30 de afinado se cierra principalmente con la campana 34, excepto el área alrededor de la varilla 10 axial.

Cuando el hierro fundido se agita en un modo de agitación concéntrica, se forma la capa de material de adherencia provocada por escoria, arrabio fundido o acero fundido sobre la varilla 10 axial en la parte cercana a la superficie de material fundido y en la parte superior de la superficie de material fundido, durante la rotación de la varilla 10 axial. La cantidad adherida del material de adherencia tiende a ser considerablemente grande en comparación con la de la agitación del arrabio de alto horno. Además, la capa de material de adherencia es dura. Los presentes inventores analizaron el material de adherencia formado en la agitación del arrabio o acero fundido que contiene cromo, y descubrieron que el material contenía un ingrediente de óxido de cromo. Se supone que la composición específica del material de adherencia contribuiría a la autorreparación de la parte erosionada de la varilla axial refractaria, como se describe a continuación.

La figura 3 ilustra esquemáticamente el aspecto exterior de un rotor después de aproximadamente 50 cargas en agitación mecánica continua de arrabio o acero fundido que contiene cromo en un modo de agitación concéntrica. La superficie de la capa 3 refractaria que constituye la varilla 10 axial está cubierta por un material 4 de adherencia duro y espeso. En ese estado, es extremadamente difícil retirar el material 4 de adherencia con un martillo o cualquier otra herramienta. Además, cuando el diámetro aparente de la varilla 10 axial aumenta más debido al material 4 de adherencia, entonces la cantidad de escoria o metal fundido a dispersar durante la rotación puede aumentar más y la velocidad de adherencia del material 4 de adherencia aumenta más y más. En consecuencia, en caso de que la agitación mecánica del hierro fundido que contiene cromo se logre solo en un modo de agitación concéntrica, el rotor debe reemplazarse con frecuencia.

La figura 4 muestra esquemáticamente la configuración de cada parte en un recipiente de afinado en el que el arrabio o acero fundido que contiene cromo se agita mecánicamente en un modo de agitación excéntrica. El rotor 20 gira en el estado en el que el eje 41 de rotación del mismo está descentrado con respecto al eje 40 central del recipiente por el grado excéntrico δ . En este caso, el núcleo 50 de remolino se desplaza hacia el lado opuesto al eje 41 de rotación con respecto al eje 40 central del recipiente. El grado de desplazamiento del núcleo 50 de remolino desde la posición central del recipiente es casi el mismo que el grado excéntrico δ . También en el modo de agitación excéntrica, la posición de altura del rotor 20 se establece de manera que la parte superior del agitador de turbina 2 pueda ser más baja que el nivel de metal fundido del núcleo 50 de remolino.

También en el modo de agitación excéntrica, la escoria y el metal fundido pueden dispersarse desde la superficie de metal fundido. Sin embargo, aunque la capa de material de adherencia provocada por la dispersión se forma de manera extremadamente fácil en el modo de agitación concéntrica, podría ser extremadamente difícil que se produjera la adherencia a la parte de la varilla 10 axial que se lava por la fluctuación en el nivel de superficie de material fundido en el modo de agitación excéntrica. Además, se ha aclarado que la capa 3 refractaria en esa parte se erosiona de manera extremadamente fácil.

La figura 5 ilustra esquemáticamente el aspecto exterior de un rotor después de aproximadamente 150 cargas de agitación mecánica continua de arrabio o acero fundido que contiene cromo en un modo de agitación excéntrica. El material 4 de adherencia podía verse en la superficie parcial de la capa 3 refractaria que constituye la varilla 10 axial, pero la capa 3 refractaria de la otra parte que se lava con la superficie de material fundido se erosionó o fundió en gran medida, proporcionando de este modo una parte 5 refractaria erosionada que adelgazó hasta tener un diámetro más pequeño que el diámetro de la capa 3 refractaria inicial. Cuando el diámetro de la parte 5 refractaria erosionada se acerca al diámetro del núcleo 1 axial, entonces debe evitarse el uso adicional del rotor 20 y el rotor debe reemplazarse. El número de cargas para alcanzar ese estado puede variar dependiendo de las condiciones, pero en la operación habitual, la vida útil del rotor cae entre aproximadamente 80 y 180 cargas en muchos casos. El arrabio fundido en alto horno casi no provoca tal problema de una considerable erosión o fusión incluso cuando se agita continuamente en un modo de agitación excéntrica. Por el contrario, en este caso, el desgaste y la rotura del agitador de turbina 2 son a menudo un factor determinante de la vida útil del rotor 20. La razón por la que el hierro fundido que contiene cromo provoca la grave erosión mencionada anteriormente no siempre ha estado clara, al menos hasta el momento presente; sin embargo, puede considerarse que una gran cantidad de Cr, que es un elemento fácilmente oxidable, está contenida en el arrabio fundido y el acero fundido, y que sería un factor que facilitaría la erosión del material refractario. Además, otra razón sería que la temperatura del arrabio fundido o el acero fundido a agitar es relativamente alta.

[Procedimiento de operación de la invención]

En la invención, mientras que un rotor 20 se usa continuamente, sin reemplazarse durante el plazo, la operación se conmuta de manera regular o irregular entre un modo de agitación concéntrica y un modo de agitación excéntrica, seleccionado para cada carga a agitar. Con la carga agitada en un modo de agitación excéntrica, la erosión de la varilla 10 axial continúa como se ha mencionado anteriormente. Con la carga subsiguiente agitada en un modo de agitación concéntrica, la parte erosionada de la varilla 10 axial se recubre con un material de adherencia duro, mostrando de este modo el efecto de “autorreparación” mencionado anteriormente. De esta manera, la repetición frecuente de la “erosión” en el modo de agitación excéntrica y la “autorreparación” en el modo de agitación concéntrica hace posible controlar la cantidad adherida del material de adherencia a la varilla 10 axial, por lo que puede reducirse considerablemente la erosión de la capa 3 refractaria que constituye la varilla 10 axial. La capa del material de adherencia formado en el modo de agitación concéntrica se funde principalmente lejos de las cargas subsiguientes de agitación en modo excéntrico y, en consecuencia, podría eludirse de este modo el estado en el que la varilla 10 axial se cubre con el material 4 de adherencia excesivo, como se muestra en la figura 3.

Como una realización donde el modo de agitación concéntrica y el modo de agitación excéntrica se seleccionan regularmente para cada carga a agitar, por ejemplo, se menciona una realización donde los dos modos se conmutan alternativamente en cada carga. Además, pueden determinarse otras realizaciones preferidas para la prolongación de la vida útil del rotor 20 en función de los datos experimentales anteriores y los datos de operaciones pasadas de acuerdo con (i) la condición del aparato, (ii) la composición del arrabio o acero fundido que contiene cromo a agitar, la composición de la escoria y la condición de temperatura de las mismas, (iii) la condición de agitación, etc. Por ejemplo, puede mencionarse una realización donde se repite un ciclo de “modo de agitación excéntrica × dos veces → modo de agitación concéntrica × una vez”. También puede emplearse en este caso un “patrón variable” donde el patrón de conmutación de modo se cambia dependiendo de la frecuencia de uso del rotor.

Con respecto al procedimiento de seleccionar de manera irregular los dos modos para cada carga a agitar, se menciona un procedimiento que comprende medir la cantidad erosionada de la capa 3 refractaria o la cantidad adherida del material 4 de adherencia después de cada carga o a intervalos de carga regulares y, a continuación, determinar el modo de agitación para las cargas subsiguientes antes de la próxima inspección.

Es eficaz que el grado excéntrico δ (la distancia entre el eje 40 central del recipiente y el eje 41 de rotación) en el modo de agitación excéntrica se establezca de acuerdo con el diámetro de la varilla 10 axial. El diámetro de la varilla 10 axial en este caso puede basarse en el diámetro del rotor 20 antes de su uso en la primera carga (el diámetro en el estado no usado). En la presente descripción, ese diámetro se denomina “diámetro de varilla axial inicial” y se representa con un símbolo D. El diámetro de varilla axial inicial D (mm) es el diámetro de material refractario en el estado inicial de la parte de varilla axial que se hunde por debajo del nivel de fluido de un material fundido antes del inicio de la rotación (es decir, en caso de que el nivel de superficie fundida sea equivalente en el recipiente). En caso de que el diámetro de la parte de varilla axial varíe en diferentes sitios (por ejemplo, en caso de que el diámetro exterior de la varilla 10 axial varíe en la dirección de la altura), el diámetro de la parte más delgada de la parte de varilla axial puede tomarse como el diámetro de varilla axial inicial D. El uso del rotor 20 es especialmente eficaz cuando el diámetro de varilla axial inicial D es del 15 al 30 % del diámetro interior D_0 del recipiente de afinado (como se ha mencionado anteriormente).

Como resultado de diversas investigaciones, un grado excéntrico δ de al menos 0,20 D es eficaz en un modo de agitación excéntrica. Cuando el grado excéntrico δ es más pequeño que el anterior, entonces el predominio con el que se produce la “erosión de la capa 3 refractaria” y la “adherencia del material 4 de adherencia” puede ser inestable, y a menudo puede ser difícil realizar de manera estable la condición de agitación en la que la erosión es predominante. El límite superior del grado excéntrico δ puede estar físicamente restringido por el tamaño del agitador de turbina 2 y el recipiente 30 de afinado y, por lo tanto, no es necesario definirlo específicamente. Sin embargo, un δ más grande no siempre es eficaz, y un δ demasiado grande puede ser la causa de un aumento de costos. Además, cuando δ es demasiado grande, entonces el agitador de turbina durante la rotación puede vibrar demasiado y puede provocar un fallo del dispositivo. En general, el grado excéntrico δ que cae dentro de un intervalo de 0,20 D a 0,45 D podría producir un buen resultado. El grado puede controlarse para que caiga dentro de un intervalo de 0,20 D a 0,40 D, o dentro de un intervalo de 0,20 D a 0,35 D.

Por otro lado, en el modo de agitación concéntrica, el eje 41 de rotación puede estar algo desalineado con respecto a la posición predeterminada, debido a razones inevitables relacionadas con el equipo. Como resultado de diversas investigaciones, el grado de desalineación es aceptable hasta 0,10 D. Cuando el grado de desalineación es mayor que 0,10 D, entonces el predominio con el que se produce la “erosión de la capa 3 refractaria” y la “adherencia del material 4 de adherencia” puede ser inestable y, a menudo, puede ser difícil realizar de manera estable la condición de agitación en la que predomina la adherencia. Más preferentemente, el grado de desalineación se rebaja para que sea como máximo de 0,05 D.

El tamaño del recipiente de afinado no se define específicamente. Por ejemplo, la invención puede aplicarse al recipiente cuyo diámetro interior D_0 mencionado anteriormente es de 1000 a 4500 mm aproximadamente.

La figura 6 ilustra esquemáticamente el aspecto exterior de un rotor después de aproximadamente 150 cargas de agitación mecánica continua de arrabio o acero fundido que contiene cromo en un modo de agitación concéntrica y un modo de agitación excéntrica alternativamente conmutados en cada carga. La condición del rotor en este caso es

la misma que en la figura 4 mencionada anteriormente, excepto que los dos modos están conmutados; y en este caso, debido al “efecto de autorreparación” mencionado anteriormente, la pérdida por erosión del material refractario en la parte 5 erosionada podría reducirse y el rotor podría seguir usándose de manera continua.

Ejemplos

5 Se desulfuró arrabio fundido en horno eléctrico de hierro en una producción de acero inoxidable fundido de acuerdo con un procedimiento para agitarlo mecánicamente con un rotor. En este caso, se usó un rotor de manera continua hasta finalizar su vida útil (momento en el que se reemplazó el rotor) y, en función del recuento de pases (número de cargas a agitar procesadas), se evaluaron los méritos relativos de la operación de agitación mecánica con el rotor (ejemplos mostrados en la tabla 1).

10 En este caso, como recipiente de afinado, se usó una cuchara que tenía una pared interior cilíndrica y que tenía un diámetro interior D_0 de 2,760 mm.

15 En este caso, como rotor, se usó uno que tenía la forma inicial mostrada en la figura 1. El diámetro de la capa 3 refractaria era uniforme en la dirección de la altura. En consecuencia, la dimensión expresada como d en la figura 1 corresponde al diámetro de varilla axial inicial D . El valor D en cada ejemplo se muestra en la tabla 1. La dimensión del agitador de turbina 2 es $w = 1200$ mm y $h = 700$ mm en la figura 1; y el espesor de paleta a es casi el mismo que el diámetro de varilla axial inicial D . La profundidad de inmersión del rotor, basada en el nivel de material fundido en un estado donde el rotor se mantiene estático, se controló de tal manera que la profundidad desde la superficie de material fundido hasta la parte superior del agitador de turbina podía ser de 500 mm. El tiempo de agitación en una carga fue de 600 segundos, y el número de revoluciones del rotor estuvo dentro de un intervalo de 80 a 120 rpm.

20 La cantidad de arrabio fundido que contiene cromo que se agitó en una carga fue de aproximadamente 80 toneladas. Con respecto al tipo de arrabio tratado en este caso, un arrabio fundido basado en Fe-Cr-Ni para el acero inoxidable austenítico representó aproximadamente del 40 al 60 % de todas las cargas a agitar hasta finalizar la vida útil del rotor, y un arrabio fundido basado en Fe-Cr para el acero inoxidable ferrítico representó las cargas a agitar restantes. La temperatura del arrabio fundido que contiene cromo al comienzo de la agitación estaba dentro de un
25 intervalo de 1390 a 1450 °C.

Después de cada carga, se comprobaron el “diámetro de la parte de varilla axial” y la “pérdida por erosión del agitador de turbina” y, cuando cualquiera de las dos mediciones llegó al estándar, se consideró que la vida útil del rotor había llegado a su fin. El estándar de diámetro exterior de la parte de varilla axial se produjo en el momento en el que el diámetro de la parte más erosionada fue mayor que [diámetro de varilla axial inicial $D - 100$ mm], o cuando el diámetro exterior aparente de la varilla axial se engrosó debido a la adherencia del material de adherencia al mismo y el uso adicional del rotor provocó algunos problemas debido al aumento de la cantidad de dispersión de escoria o arrabio fundido, o debido a la rotación inestable del rotor. El estándar de pérdida por erosión del agitador de turbina se produjo en el momento en el que la desulfuración prevista de la recuperación de reducción de cromo no pudo lograrse dentro de un período de tiempo predeterminado (600 segundos) si el número de revoluciones no se aumentaba hasta 130 rpm o más.
30

La condición de operación y el resultado en cada ejemplo se muestran en la tabla 1. En el ejemplo donde se da la expresión “regular” a la columna del patrón de conmutación de modo, el modo de agitación concéntrica y el modo de agitación excéntrica se conmutaron alternativamente en cada carga a agitar. En el ejemplo donde se da la expresión “irregular” a la misma, se comprobó la pérdida por erosión de la capa 3 refractaria o la cantidad adherida de material 4 de adherencia después de cada carga, y en los casos donde se consideró necesaria la autorreparación debido la adherencia, se seleccionó el modo de agitación concéntrica en la siguiente carga, y en los otros casos, se seleccionó el modo de agitación excéntrica, y de esa manera, se conmutaron adecuadamente los dos modos. Sin embargo, el mismo modo de agitación no debía repetirse 3 veces o más. En el ejemplo donde se da “CaO-Al₂O₃” a la columna de escoria, todas las cargas son para desulfuración.
35

45

[Tabla 1]

N.º de ejemplo	N.º de rotor	Diámetro de varilla axial inicial D (mm)	D/D ₀ ×100 (%)	Modo de agitación	Patrón de conmutación de modo	Grado excéntrico δ en modo de agitación excéntrica	Escoria *1	Vida útil de rotor (número de cargas)	Causa de final de vida útil de rotor
Ejemplo comparativo 1	1	550	19,9	solo modo excéntrico	-	0,30D	CaO- Al ₂ O ₃	143	erosión de varilla axial
Ejemplo comparativo 2	2	580	21,0	solo modo excéntrico	-	0,26D	CaO- Al ₂ O ₃	174	erosión de varilla axial
Ejemplo comparativo 3	3	600	21,7	solo modo excéntrico	-	0,25D	CaO- Al ₂ O ₃	99	erosión de varilla axial
Ejemplo comparativo 4	4	580	21,0	solo modo concéntrico	-	-	CaO- Al ₂ O ₃	50	engrosamiento de varilla axial
Ejemplo 1	5	500	18,1	modo concéntrico/ excéntrico combinado	regular	0,30D	CaO- Al ₂ O ₃	281	erosión de varilla axial
Ejemplo 2	6	550	19,9	modo concéntrico/ excéntrico combinado	regular	0,30D	CaO- Al ₂ O ₃	318	erosión de varilla axial
Ejemplo 3	7	580	21,0	modo concéntrico/ excéntrico combinado	regular	0,26D	CaO- Al ₂ O ₃	204	erosión de varilla axial
Ejemplo 4	8	580	21,0	modo concéntrico/ excéntrico combinado	regular	0,20D a 0,45D	CaO- Al ₂ O ₃	298	erosión de varilla axial
Ejemplo 5	9	600	21,7	modo concéntrico/ excéntrico combinado	regular	0,25D	CaO- Al ₂ O ₃	324	erosión de varilla axial
Ejemplo 6	10	650	23,6	modo concéntrico/ excéntrico combinado	regular	0,20D	CaO- Al ₂ O ₃	266	erosión de varilla axial
Ejemplo 7	11	580	21,0	modo concéntrico/ excéntrico combinado	irregular	0,26D	CaO- Al ₂ O ₃	312	erosión de varilla axial

* 1 Tipo de escoria en tratamiento de agitación de cada carga

Como se ve de la tabla 1, la vida útil del rotor fue extremadamente prolongada en los ejemplos donde los dos modos se conmutaron adecuadamente, en comparación con la de los ejemplos comparativos donde todas las cargas se procesaron solo en el modo de agitación excéntrica o solo en el modo de agitación concéntrica.

Descripción de números de referencia

5	1	Núcleo axial
	2	Agitador de turbina
	3	Capa refractaria
	4	Material de adherencia
	5	Parte erosionada refractaria
10	10	Varilla axial
	20	Rotor
	30	Recipiente de afinado
	31	Hierro fundido que contiene cromo
	32	Flujo y/o escoria
15	33	Pared interior
	34	Campana
	40	Eje central del recipiente
	41	Eje de rotación
	50	Núcleo de remolino
20		

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de operación para agitar mecánicamente hierro (31) fundido que contiene cromo, que comprende un proceso de afinado por agitación mecánica de hierro (31) fundido que contiene cromo contenido en un recipiente (30) de afinado mediante el uso de un agitador de turbina (2) que tiene un eje (41) de rotación en la dirección vertical, en el que el recipiente (30) de afinado es tal que la sección transversal horizontal de la pared (33) interior del mismo es circular alrededor del eje (40) central del recipiente (30) de afinado en la dirección vertical y el agitador de turbina (2), integrado con una varilla (10) axial cubierta con un material refractario, gira alrededor del eje central de la varilla (10) axial, como su eje (41) de rotación, en el que:
- 5 un modo de agitación se conmuta de manera regular o irregular, según se seleccione para cada carga a agitar, entre un modo de agitación concéntrica para agitar el hierro (31) fundido que contiene cromo en un estado en el que el eje (41) de rotación del agitador de turbina (2) está centrado en el eje (40) central del recipiente (30) de afinado y un modo de agitación excéntrica para agitar el hierro (31) fundido que contiene cromo en un estado en el que el eje (41) de rotación del agitador de turbina (2) está descentrado con respecto al eje (40) central del recipiente (30) de afinado dentro de un intervalo de $0,20 D$ a $0,45 D$, donde D en mm significa el diámetro de varilla axial inicial que indica el diámetro de material refractario en el estado inicial de la parte de varilla axial que se hunde por debajo del nivel de fluido del material (31) fundido que contiene cromo antes del inicio de la rotación.
- 10 2. El procedimiento de operación para agitar mecánicamente hierro (31) fundido que contiene cromo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el modo de agitación concéntrica y el modo de agitación excéntrica se conmutan alternativamente en cada carga a agitar.
- 20 3. El procedimiento de operación para agitar mecánicamente hierro (31) fundido que contiene cromo de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el hierro (31) fundido que contiene cromo es arrabio fundido o acero fundido para ser formado como acero inoxidable en la etapa posterior de otro afinado y colada.
4. El procedimiento de operación para agitar mecánicamente hierro (31) fundido que contiene cromo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el hierro (31) fundido que contiene cromo es arrabio fundido que tiene un contenido de Cr del 8 al 35 % en masa.
- 25 5. El procedimiento de operación para agitar mecánicamente hierro (31) fundido que contiene cromo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el diámetro de varilla axial inicial D es del 10 al 30 % de D_0 , donde D_0 en mm significa el diámetro interior del recipiente (30) de afinado en la posición de la altura del nivel medio de fluido de la materia fundida que se está agitando.

30

Fig. 1

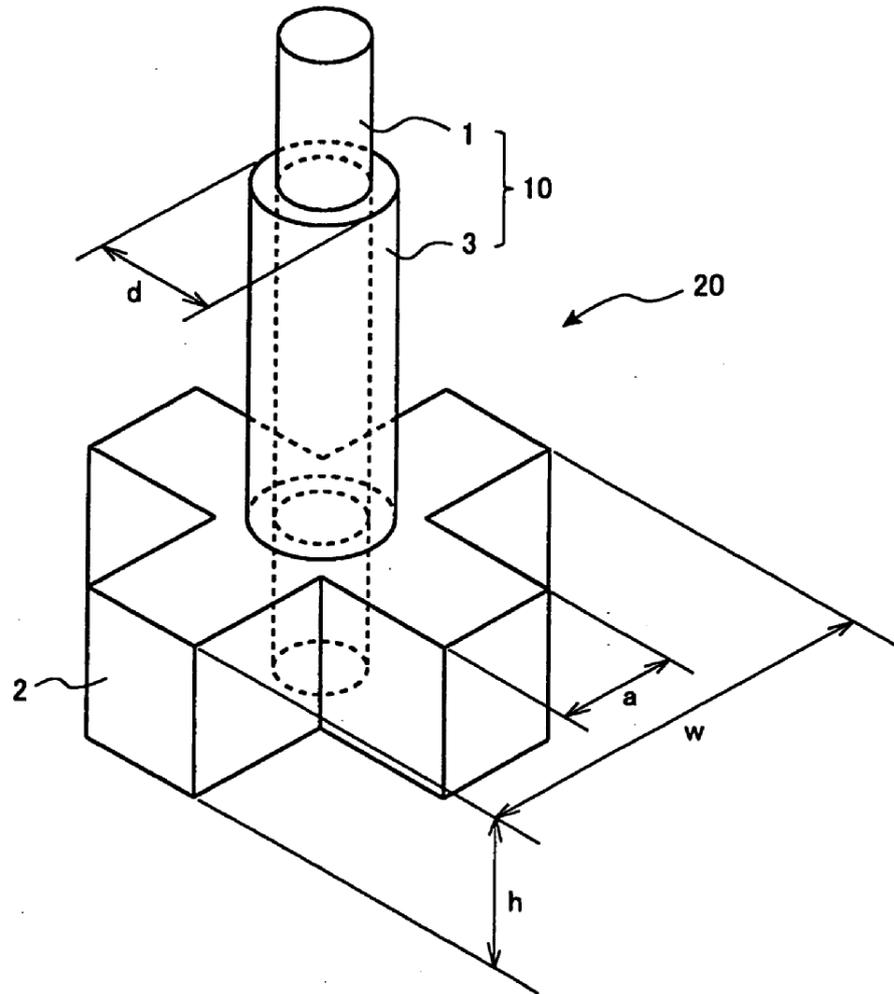


Fig.2

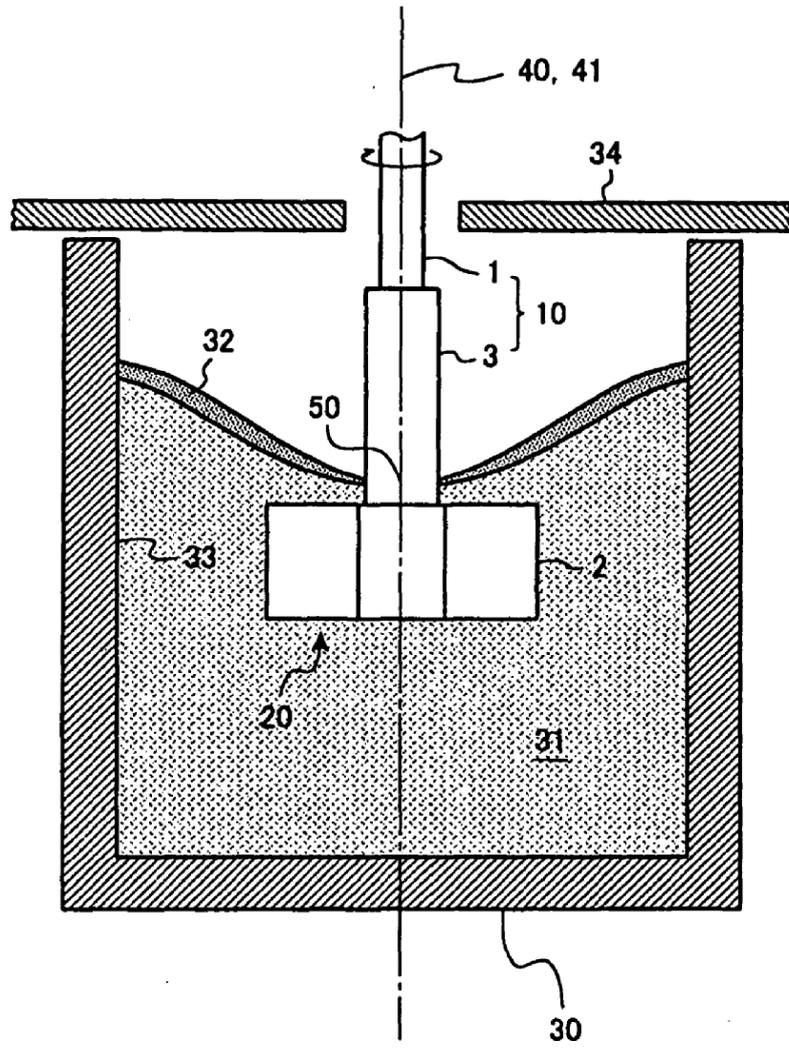


Fig. 3

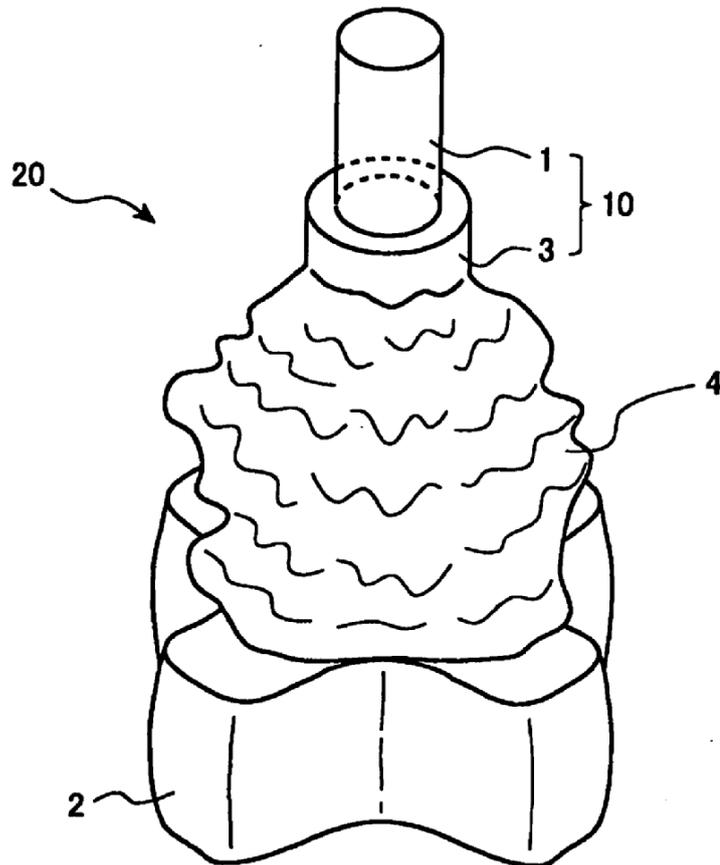


Fig.4

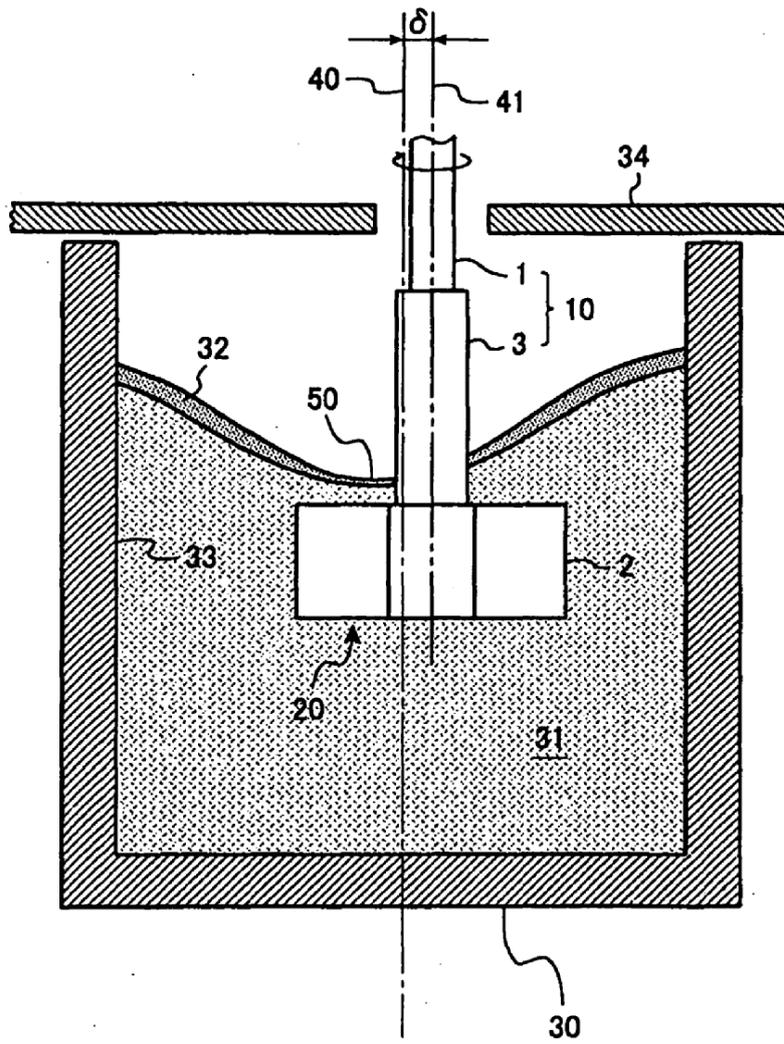


Fig.5

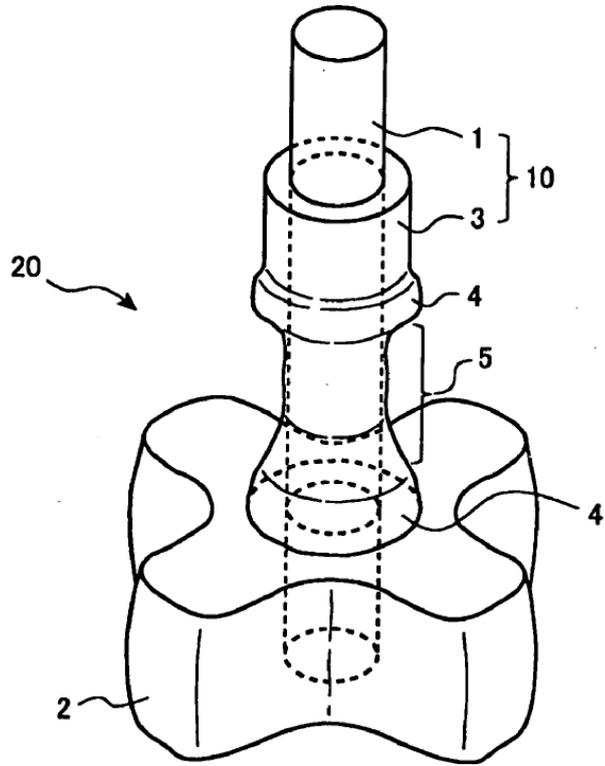


Fig.6

