

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 391 388**

51 Int. Cl.:
B01F 3/04 (2006.01)
B01F 7/00 (2006.01)
B01F 7/16 (2006.01)
B01F 7/22 (2006.01)
B01J 8/22 (2006.01)
B01J 19/18 (2006.01)
B01J 19/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07704811 .4**
96 Fecha de presentación: **14.02.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **1984104**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **29.10.2008**

54 Título: **Procedimiento y aparato de mezclado para mezclar gas en pasta en un reactor cerrado**

30 Prioridad:
17.02.2006 FI 20060151

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
23.11.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
23.11.2012

73 Titular/es:
OUTOTEC OYJ (100.0%)
RIIHITONTUNTIE 7
02200 ESPOO, FI

72 Inventor/es:
HULTHOLM, STIG-ERIK;
LILJA, LAUNO y
NYMAN, BROR

74 Agente/Representante:
GARCÍA-CABRERIZO Y DEL SANTO, Pedro

ES 2 391 388 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 y aparato de mezclado para mezclar gas en pasta en un reactor cerrado

5 La invención que se presenta en el presente documento se refiere a un aparato de mezclado y un procedimiento para mezclar gas en pasta en un reactor de mezclado cerrado, que usa gas como un proceso químico con una alta eficiencia y en el que el contenido en sólidos en la solución es alto. El aparato de mezclado de acuerdo con la invención comprende un reactor cerrado, por lo menos dos mezcladoras a unas alturas diferentes, las cuales se encuentran en el mismo eje, una tubería de alimentación de gas por debajo de la mezcladora inferior y los deflectores ubicados en el área de pared. Las cuchillas de mezcladora son en su mayor parte de forma rectangular y su cantidad es de un mínimo de seis. En el procedimiento de acuerdo con la invención, el gas que se alimenta a la sección de debajo del reactor se dispersa en una pasta formada por un líquido y sólidos por medio de la mezcladora inferior, de tal modo que el flujo de pasta se descarga sobre la pared del espacio de reactor, haciéndose que una parte de ese flujo vuelva por debajo de la mezcladora y haciéndose que una parte se eleve al espacio entre los deflectores y la pared de reactor en la sección superior del espacio de reactor. El flujo de pasta en la sección superior del reactor se desvía con la ayuda de la mezcladora superior para dirigir éste al centro del espacio de reacción, dando lugar de forma simultánea a que se formen unos flujos horizontales y verticales que portan las burbujas de gas. El flujo de pasta se desvía también por medio de la mezcladora superior para descargarse hacia debajo como un flujo uniforme hacia la mezcladora inferior.

20 Convencionalmente, un reactor vertical cerrado consiste en una sección cilíndrica vertical y una parte de debajo cerrada y una sección de cubierta. La sección de cubierta tiene una abertura en la misma, que es, en general, ligeramente más grande que el diámetro de la mezcladora. El gran vórtice de gas al que da lugar el mezclado en el reactor se evita principalmente mediante cuatro deflectores convencionales. En un caso convencional, la anchura de los deflectores es de 0,05 - 0,10 veces el diámetro del reactor, y el hueco entre los deflectores y la pared es de 0,017 veces el diámetro del reactor. Una mezcladora de cuatro cuchillas convencional se acopla al extremo inferior del eje, en el que el ángulo de cuchilla puede ajustarse por separado. En general, éste es de 45°. En los casos en los que se desea una succión superficial, la mezcladora puede elevarse más cerca de la superficie de la solución. En ese caso, las formaciones de gas cónicas que se realizan mediante la mezcladora, vórtices, se dispersan para dar unas burbujas mediante la mezcladora y se empujan hacia debajo de alguna forma, no obstante, no directamente hacia la parte de debajo, debido a que el flujo que se consigue mediante la mezcladora en la dirección del eje no es siquiera lo bastante potente para que la suspensión de los sólidos en la parte de debajo tenga lugar de forma adecuada.

35 Si el volumen efectivo del reactor fuera tal que la profundidad del líquido que va a mezclarse es aproximadamente la misma que el diámetro del reactor, en los casos normales es suficiente un miembro de mezclado en el extremo de debajo del eje. La dirección y la magnitud del efecto de fuerza del miembro de mezclado dependen de su tipo (forma). Los procesos requieren normalmente un mezclado, el cual forma tanto una fuerte turbulencia como una circulación suficiente. Si el volumen efectivo es tan grande que la profundidad de solución es de 1½ - 2 veces o más que el diámetro del reactor, a menudo varios miembros de mezclado se requieren uno por encima de otro a una distancia adecuada entre sí. En el presente caso, los tipos (formas) de mezcladora en el mismo eje pueden ser diferentes entre sí.

45 La alimentación de gas habitualmente tiene lugar alimentando oxígeno (oxidación) o hidrógeno (reducción) a la zona de impacto del miembro de mezclado de dispersión con una fuerza suficiente. A menudo en los reactores cerrados se desea tener el gas desde arriba de la superficie y la circulación de pasta de vuelta al flujo de solución. Si se usa aire, esto no parece sensato, debido a que entonces la cantidad de nitrógeno sólo aumenta en la circulación, pero tanto con oxígeno como con hidrógeno puros, el gas final puede recuperarse para su uso adicional aspirando éste desde arriba de la superficie.

50 Para aspirar el gas desde arriba de la superficie y de dispersar éste adicionalmente en la pasta, se conocen en la técnica anterior unas tuberías en cruz de autosucción, en las que el espacio de gas en el extremo inferior del eje hueco se ramifica normalmente en una tubería abierta de cuatro puntas. La tubería en cruz giratoria da lugar a una subpresión en el espacio de gas, debido a lo cual el gas se descarga y se dispersa para dar unas burbujas en el espacio de solución de reactor. Ha de observarse que, a medida que la temperatura de la solución se eleva, la presión de vapor se eleva de forma simultánea, mediante lo cual el efecto de la subpresión se debilita. Este tipo de tubería en una estructura en cruz no es capaz, no obstante, de dispersar el gas adicionalmente en la solución, mucho menos de mantener la suspensión de sólidos gruesos en movimiento.

60 Se conoce también un procedimiento de aspiración de gas a partir de la superficie basándose en lo que se denomina el principio de corriente descendente. La publicación de patente de los Estados Unidos 4.454.077 describe un aparato en el que se usa un miembro de mezclado de tipo husillo de doble cabezal para bombear hacia debajo gas a través de un tubo central y, adicionalmente, el aparato incluye unos deflectores superior e inferior. La publicación de patente de los Estados Unidos 4.328.175 describe el mismo tipo de dispositivo, si bien la parte de arriba del tubo central tiene una forma cónica.

65

Por lo tanto, se conoce que el gas se desplaza hasta la mezcladora por medio de la intensificación del potente vórtice central que se crea mediante el eje de mezcladora. Este vórtice de gas fuerte y un menudo voluminoso transporta gas a partir de la superficie al líquido o pasta que va a mezclarse a veces de forma muy efectiva, si bien a un cierto volumen de gas el funcionamiento del miembro de mezcladora se debilita a medida que la mezcladora gira
 5 "en una gran burbuja de gas". Entonces, a medida que la potencia se hace más débil, el vórtice se debilita y la entrada del gas desde la superficie a la solución se reduce. El vórtice que se genera de la forma que se describe anteriormente está no obstante descontrolado y, a medida que éste alcanza el miembro de mezclado, se da lugar a unas violentas fluctuaciones de potencia y, por lo tanto, a daño en el equipo, etc. Lo peor de todo es que la mezcladora ya no puede seguir logrando el mezclado de sólidos pulverulentos debido a su falta de efectividad, en particular con una alta densidad de suspensión de sólidos pulverulentos.
 10

Un procedimiento se presenta en el artículo: "*Onset of gas induction, power consumption, gas holdup and mass transfer in a new gas-induced reactor*", Hsu, Y-C., Peng, R. Y. y Huang, C.-J., Chem. Eng. Sci., 52, 3883 (1997), en el que gas se aspira a partir de la superficie por medio de un vórtice que se genera en la base de un gran eje. En el procedimiento se usaron dos mezcladoras conectadas con el mismo eje y ubicadas en un tubo de corriente cilíndrico, las cuales dieron lugar al efecto de vórtice en cuestión por medio de la subpresión que éstas crearon. No hubo deflectores en el reactor para evitar un vórtice. La mezcladora superior da lugar por lo tanto a un vórtice profundo en la base del eje, y el gas se aspira al líquido a partir de la parte inferior del vórtice. Probablemente la succión de gas a la mezcladora tiene lugar a rachas y somete a tensión el miembro de mezcladora. La mezcladora inferior recibe tanto el gas aspirado como el gas que se alimenta a éste y dispersa el mismo al líquido. La corriente de gas-líquido a partir de la parte inferior de la tubería de succión se descarga hacia la sección inferior del reactor, desviando ésta a lo largo de los lados en sentido ascendente hacia la superficie. El gas se descarga por encima de la superficie. El inconveniente del procedimiento es el hecho de que el gas ya no circula en el líquido hacia debajo a partir de la parte superior, es decir, no hay un gas de circulación real, en su lugar éste se descarga directamente por encima de la superficie, en la que el gas se libera del líquido debido al efecto centrífugo. La descarga de gas incluso intensifica el vórtice grande y potente a partir de la sección superior y el gas que se introduce a través del vórtice se adapta y comienza y, por lo tanto, da lugar a daño en la mezcladora (cavitación, etc.)
 15
 20
 25

A partir de la patente de los Estados Unidos 5.549.854 se conoce un procedimiento para aspirar gas desde arriba de una superficie de líquido por medio de unos deflectores especiales ajustables usando un miembro de mezcladora giratorio como fuente de energía. Unos vórtices de succión controlada pueden conseguirse con el presente procedimiento, los cuales no transportan necesariamente el gas tan lejos como el miembro de mezcladora en sí mismo. No se plantea en la patente la captura de las burbujas de gas que se mueven hacia arriba en la corriente de retorno, de tal modo que se evite que éstas se eleven por encima de la superficie de la pasta.
 30
 35

Se conoce también un procedimiento, que se describe en la patente EP n.º 1.309.394, de aspiración de gas desde arriba de la superficie de una solución en un reactor cerrado con dos mezcladoras especiales en el mismo eje. En ese procedimiento, el gas tanto se dispersa como se esparce hacia debajo con la mezcladora superior y de forma simultánea hacia el borde del reactor. No hay intento alguno de evitar que el gas que se eleva hacia arriba a partir del borde de reactor abandone el espacio de pasta, mucho menos de aspirar éste de vuelta a la mezcladora inferior.
 40

El documento EP1.309.394 da a conocer adicionalmente un aparato de mezclado de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

Conseguir una cantidad suficiente de gas en una suspensión de sólidos y una solución en unos reactores de oxidación y reducción cerrados, en particular cuando el contenido en sólidos es alto, es decir, de alrededor de un 30 %, requiere normalmente que el gas se encamine hacia el espacio de solución en la parte inferior del reactor, principalmente por debajo del miembro de mezclado. A menudo, este gas se alimenta hacia debajo a través de la superficie de la solución por medio de una tubería, la cual se dirige a partir de su parte inferior hacia el eje de reactor central y se gira por debajo de la mezcladora. Esto asegura que el gas se transporta a la sección inferior del reactor y se dispersa con la mezcladora.
 45
 50

Si el proceso requiere mucha potencia (kW/m^3), hay razones para usar una mezcladora que requiera/ proporcione mucha potencia. Se conoce cómo aumentar la potencia que se proporciona mediante una mezcladora aumentando la velocidad de revolución, pero ha de observarse que, al mismo tiempo, la velocidad de punta de la mezcladora aumenta y que, cuando ésta aumenta de forma significativa ($> 6 \text{ m/s}$), la mezcladora comienza a desgastarse en exceso.
 55

La invención que se presenta en el presente caso se refiere a un aparato de mezclado, de acuerdo con la reivindicación 1, y a un procedimiento, de acuerdo con la reivindicación 16, para mezclar gas en un reactor de mezclado cerrado, que usa gas como un proceso químico con una alta eficiencia y en el que la concentración de sólidos pulverulentos en solución es alta, es decir, puede encontrarse en la región de más de un 40 %. El fin de la invención es presentar un aparato de mezclado y un procedimiento mediante el cual las desventajas de los dispositivos que se presentan anteriormente pueden evitarse. Con el procedimiento y aparato de acuerdo con la invención, se puede mezclar un gas de forma efectiva en una pasta formada por un líquido y sólidos y hacer que circulen las burbujas de gas que contienen un gas sin reaccionar con la pasta de tal modo que la mayoría de las
 60
 65

burbujas de gas se desplazan con el flujo de pasta y posibilitan las reacciones entre el gas y la pasta. Sólo una pequeña cantidad de las burbujas de gas se descargan por encima de la superficie de la pasta e incluso esa cantidad puede traerse de vuelta a la circulación de pasta en la cantidad deseada por medio de los vórtices verticales que se forman en la parte superior de la pasta.

5 El aparato de mezclado de acuerdo con la invención está previsto para mezclar gas en una pasta formada por un líquido y sólidos. El aparato de mezclado comprende un reactor cerrado, con una profundidad de pasta efectiva que es de $1\frac{1}{2}$ - 2 veces el diámetro del reactor, dos mezcladoras ubicadas a unas profundidades diferentes, las cuales se encuentran en el mismo eje, unos deflectores dirigidos hacia dentro a partir de la zona de pared del reactor y una tubería de alimentación de gas. Típicamente, el reactor es un reactor vertical cilíndrico, el cual está dotado de una base y una cubierta. La mezcladora superior se equipa con por lo menos seis, preferiblemente ocho, cuchillas dirigidas hacia el lateral y que están inclinadas con respecto a la horizontal. El ángulo de inclinación es pequeño, de alrededor de 25 - 35 grados. La mezcladora inferior es similar a la mezcladora superior en cuanto a su estructura. El ángulo de inclinación de las cuchillas de mezcladora de la mezcladora inferior es de alrededor de 50 - 70 grados, de acuerdo con la reivindicación 1, de 60-70 grados, y la altura de la mezcladora es preferiblemente 1,5 veces la de la mezcladora superior. La cantidad de deflectores es por lo menos 6 y, preferiblemente, 8. La separación de los deflectores es de alrededor de $\frac{1}{5}$ del diámetro del reactor. La tubería de alimentación de gas está ubicada en la sección de debajo del reactor por debajo de la mezcladora inferior.

20 La invención también se refiere a un procedimiento que usa el aparato de mezclado según se reivindica en una de las reivindicaciones 1-15 para dispersar un gas que se alimenta a la sección de debajo de un reactor cerrado en una pasta formada por líquido y sólidos por medio de un campo de flujo deseable y controlado, el cual a su vez se forma en el espacio de reacción por medio de unos deflectores y un miembro de mezcladora ubicado en el espacio de reacción. La profundidad de pasta efectiva del espacio de reacción es de $1\frac{1}{2}$ - 2 veces el diámetro del espacio de reacción y el miembro de mezcladora consiste en dos mezcladoras ubicadas en el mismo eje. El gas se alimenta por debajo de la mezcladora inferior al flujo de pasta, el cual se dirige con dicha mezcladora a la sección inferior de la pared de espacio de reacción y se hace que descargue allí en dos corrientes separadas. Se hace que una corriente se desvíe a través de la pared hacia el centro de la parte de debajo de espacio de reacción y se hace que la segunda se eleve en la zona formada por la pared de espacio de reacción y los deflectores hacia arriba hacia la superficie. En las proximidades de la superficie, el flujo se desvía por medio de la mezcladora superior hacia el centro del espacio de reacción de tal modo que unos vórtices horizontales y verticales que portan las burbujas de gas se forman de forma simultánea en el flujo. La corriente superficial es tan rápida que la superficie se rompe y el aire se mezcla también directamente en la corriente en cuestión. La dirección de la corriente de pasta en la zona intermedia del espacio de reacción se desvía por medio de la mezcladora superior para fluir hacia debajo como un flujo de tipo tubular uniforme hacia la mezcladora inferior.

La presente disposición posibilita la eliminación de los inconvenientes de los procedimientos conocidos y la consecución de vórtices horizontales efectivos en las proximidades de la superficie de líquido, los cuales se dirigen desde el borde del espacio de reacción hacia los vórtices verticales pequeños y centrales que aspiran el gas al líquido. Los vórtices horizontales y verticales que se forman en la parte superior del reactor se consiguen principalmente con la ayuda de la mezcladora superior. Además de los vórtices de gas en cuestión, las escasas burbujas de gas distribuidas de forma regular en la pasta formada por líquido y sólidos se presionan hacia debajo con el flujo extensivo de pasta que rodea el eje hasta la mezcladora inferior.

45 La mezcladora inferior consume considerablemente más energía que la mezcladora superior. Esta energía se usa para dispersar las burbujas de gas aspiradas hacia debajo a partir de la parte superior de la suspensión de pasta para dar unas burbujas incluso más pequeñas. De esta forma, la superficie de contacto entre el gas y el líquido se aumenta, de tal modo que las reacciones tienen lugar mucho más rápida y completamente que en los procedimientos convencionales. La energía residual de la mezcladora inferior se usa para mezclar las partículas sólidas en unas densidades de pasta altas y para esparcir éstas a través de la totalidad del espacio de reacción, y para mezclar el gas que se alimenta desde debajo de la mezcladora inferior a la pasta. Es característico de la mezcladora del aparato y el procedimiento de mezclado que la potencia que consume la mezcladora inferior sea de por lo menos tres veces, preferiblemente de más de cinco veces, el requisito de potencia de la mezcladora superior.

55 Las características esenciales de la invención serán evidentes en las reivindicaciones adjuntas.

De acuerdo con una realización preferida de la invención, se evita que el gas sin reaccionar en el espacio de reactor que se eleva desde debajo a lo largo del borde del espacio de reacción llegue por encima de la superficie del líquido por medio de la mezcladora superior. En su lugar, la dirección del flujo de pasta-gas se desvía en la parte superior del espacio de reacción para dirigirse a partir de los bordes hacia el centro y hacia debajo en la parte central. Es también parte de la realización que la mezcladora superior está conformada de tal modo que ésta también aspira la pequeña cantidad de gas, que se ha liberado sin embargo a partir de la pasta por encima de la superficie de líquido, al flujo dirigido hacia debajo.

65 El aparato de mezclado de acuerdo con la invención incluye un reactor en una posición vertical, con una profundidad de pasta efectiva de $1\frac{1}{2}$ - 2 veces la del diámetro del reactor T. El contenido en sólidos de la pasta es típicamente

alto, en la región de 500 g/l. Típicamente, el reactor tiene una parte de debajo curvada (que se conoce como un fondo de recipiente de presión superficial) y una cubierta estanca a los gases con el fin de lograr un espacio cerrado. La parte de debajo puede ser también recta. Los reactores pueden usarse tanto en unas condiciones atmosféricas como presurizadas.

5 El aparato de mezclado de acuerdo con la invención típicamente incluye un miembro de mezcladora, en el que hay dos mezcladoras ubicadas a unas alturas diferentes en el mismo eje. El diámetro de ambas mezcladoras es el mismo y éstas son grandes, es decir, la relación del diámetro de la mezcladora D con respecto al diámetro del reactor T se encuentra entre más de 0,4, pero un máximo de 0,5. La cantidad de cuchillas de mezcladora es un
10 mínimo de 6, preferiblemente 8. Las cuchillas son en su mayor parte de forma rectangular y están inclinadas con respecto a la horizontal. El ángulo de inclinación de las cuchillas de mezcladora superior es de 25 - 35°, preferiblemente de 30°. El ángulo de inclinación de las cuchillas de mezcladora inferiores es más grande, en la región de - 70°, preferiblemente de 62°, de acuerdo con la reivindicación 1, de 60 - 70°. La altura de la mezcladora inferior es preferiblemente 1,5 veces la de la superior.

15 La velocidad de rotación de las mezcladoras se ajusta de tal modo que la velocidad de punta supera los 5 m/s. Si la velocidad de punta se eleva por encima, en particular los materiales duros y angulares tales como pirita, cuarzo y cromita desgastan las cuchillas hasta un punto perjudicial. La distancia de la mezcladora inferior a partir de la parte de debajo es, preferiblemente, de aproximadamente el diámetro de la mezcladora.

20 Cuando la altura de pasta efectiva se encuentra en el intervalo que se describe anteriormente, es decir, 1½ - 2 veces el diámetro del reactor, y la densidad de la pasta es alta, la respuesta en las soluciones convencionales es en general una tercera mezcladora, pero en la solución de acuerdo con la invención el mezclado efectivo se consigue con dos mezcladoras. La distancia entre las mezcladoras depende de la altura del reactor. Cuando la altura de pasta efectiva se encuentra en el intervalo de 1½ veces el diámetro del reactor, la distancia entre las mezcladoras es de
25 alrededor de un 50 - 60 % de la altura de pasta efectiva. Cuando la altura de pasta efectiva del reactor se encuentra en el intervalo de 2 veces el diámetro del reactor, la distancia entre las mezcladoras es de alrededor de un 60 - 70 % de la altura de pasta efectiva.

30 De acuerdo con la realización preferida de la invención, la mezcladora superior se diseña de tal modo que ésta logra el flujo orientado hacia debajo extensivo en la zona intermedia del reactor, mediante lo cual el flujo se comporta exactamente como si hubiera una tubería alrededor del mismo ("corriente descendente"). El diámetro de la sección transversal de este flujo es aproximadamente el mismo o más grande que el diámetro de las mezcladoras. En el intervalo de velocidad correcto, debido a su ligereza, las burbujas de gas intentan resistir la corriente descendente,
35 mediante lo cual éstas acaban con un movimiento oscilante y, de esta forma, las burbujas aumentan las reacciones entre el gas y la pasta.

40 De acuerdo con una realización preferida, una tarea importante de la mezcladora inferior además de la dispersión es lograr un campo de flujo tal que el gas, el líquido y las partículas de sólidos se encuentran en movimiento circular en la sección inferior del reactor, mediante lo cual las sustancias que se alimentan al proceso tienen tiempo de reaccionar unas con otras.

45 El campo de flujo que se forma con la ayuda de las mezcladoras de acuerdo con la invención puede describirse tal como sigue: la mezcladora inferior recibe el flujo extensivo que proviene de la mezcladora superior y esparce éste en sentido oblicuo hacia debajo hacia la pared de la sección inferior del reactor. En el presente caso, el flujo se divide en dos. Parte del flujo que se dirige a la sección inferior de la pared de reactor se desvía menos de 90 grados y gira a través de la pared hacia el centro de la parte de debajo del reactor y arriba por debajo de la mezcladora inferior, en el que el nuevo gas reactivo se alimenta al flujo a través de la tubería de gas para su dispersión. El fin de un buen mezclado controlado es hacer que la solución, los sólidos y el gas reaccionen entre sí. De esta forma, en una
50 suspensión bien mezclada los componentes deseados se lixivian a partir de los sólidos y, al mismo tiempo, las partes deseadas del gas tal como el oxígeno del aire se disuelven en el líquido.

55 La segunda parte del flujo que se dirige a la pared de reactor se desvía para fluir hacia arriba. Esto quiere decir que el flujo dirigido hacia arriba efectúa en primer lugar un giro rápido y energético de 90 grados, el cual barre las partículas sólidas cerca de la pared hacia arriba hacia la sección superior del reactor. El flujo hacia arriba tiene lugar típicamente en el espacio entre el borde interior de los deflectores y la pared, la cual se dimensiona para ser 1/5 del diámetro del reactor. Otro cambio acusado de la dirección tiene lugar en el flujo de pasta cerca de la superficie de la pasta, esta vez en la dirección del centro del reactor hacia la mezcladora superior. Esto quiere decir que la asistencia extra de los deflectores permite la formación de unos vórtices horizontales que portan las burbujas de gas con los mismos, los cuales evitan en gran medida que el gas sin reaccionar abandone la pasta.
60

En la mayor parte de los reactores conocidos, el gas en la pasta en grandes volúmenes se dispersa sólo en parte, reduciendo de ese modo el consumo de potencia de la mezcladora.

65 La disposición de equipo de mezclado de acuerdo con la invención también incluye unos deflectores amplios, de los cuales hay por lo menos seis, pero preferiblemente ocho. La separación de los deflectores desde la pared hasta el

reactor es de alrededor de un quinto del diámetro del reactor ($T/5$), en otras palabras, la distancia desde el borde interior del deflector hasta la pared de reactor es de aproximadamente un 20 % del diámetro del reactor y la anchura del deflector es de un 12 - 15 % del diámetro del reactor. El hueco vertical restante entre el deflector y la pared es también más grande de lo que es convencional, es decir, de un 6 - 8 % del diámetro del reactor.

5 Los deflectores pueden utilizarse de otras formas diferentes de la formación de los flujos deseados. Se conoce que un aumento en el caudal en las proximidades de los tubos de transferencia de calor mejora la transferencia de calor considerablemente. La transferencia de calor es particularmente efectiva cuando los tubos de transferencia de calor están ubicados en los deflectores, es decir, los deflectores actúan como miembros de transferencia de calor. De esta forma, el deflector se forma a partir de un casete de tubo que se usa para la transferencia de calor. Normalmente hay siempre un hueco entre los tubos en un casete de tubo de por lo menos el tamaño del tubo, mediante lo cual un medio fluye alrededor de cada tubo, con la intención de transferir o recuperar su calor.

15 No pueden usarse casetes de tubo con unos huecos entre los mismos en la solución de acuerdo con la presente invención, debido a que los huecos debilitan la formación del campo de flujo deseado. En su lugar, una solución de acuerdo con la invención es el uso de lo que se denomina tubos de aleta, en la que unos tubos verticales están conectados unos con otros por medio de unos componentes de tipo placa. De esta forma, se forma una estructura que es equivalente a un deflector normal en relación con el flujo de pasta de acuerdo con la invención. Por lo tanto los deflectores que se usan en el procedimiento y aparato de mezclado de acuerdo con la invención funcionan tanto para formar los flujos potentes deseados como a modo de medio de transferencia de calor.

El aparato de acuerdo con la invención se describe adicionalmente con referencia a los dibujos adjuntos, en los que

25 la figura 1 presenta una sección vertical de un espacio de reacción de la técnica anterior con su campo de flujo, la figura 2 muestra una sección vertical de una realización de la invención con su campo de flujo, la figura 3A muestra una sección vertical de una mezcladora superior de un miembro de mezcladora de acuerdo con la invención y 3B la mezcladora tal como se observa desde arriba, la figura 4A presenta una sección vertical de una mezcladora inferior de un miembro de mezcladora de acuerdo con la invención y 4B la mezcladora tal como se observa desde arriba, y la figura 5 muestra una sección transversal de un deflector de acuerdo con la invención.

35 La figura 1 muestra que reactor 1 es un reactor cerrado tal como, por ejemplo, un autoclave. Una mezcladora 2 de acuerdo con la técnica anterior consiste en una mezcladora inferior 3 y una mezcladora superior 4, las cuales están suspendidas de un eje 5. Este tipo de mezcladora se describe, por ejemplo, en la patente EP 1.309.394. Las mezcladoras son aproximadamente del tamaño de la abertura de cubierta 6, es decir, una relación de diámetros de mezcladora / reactor $D/T < 0,4$. Las numerosas formaciones de gas cónicas pequeñas 8 de la mezcladora superior 4 que se obtienen sobre la superficie de la solución 7 se dispersan por medio de las paletas verticales y conformadas interiores 9 de la mezcladora superior para dar unas burbujas considerablemente más pequeñas 10. Las paletas exteriores 11 de la mezcladora superior 4 esparcen y empujan las burbujas que se forman allí a la mezcladora inferior 3, si bien debido a la "pequeñez" de la mezcladora superior y la difusión a la que se da lugar mediante la mezcladora se requiere mucha más energía para empujar las burbujas hacia debajo que en el caso de la invención que se presenta a continuación. Tal como muestra el diagrama de flujo, se forman tres zonas (I - III) en el campo de flujo del reactor de acuerdo con la técnica anterior; una zona superior I de dispersión y succión superficial, en la zona intermedia una zona de colisión II de flujo de mezcladora, que es la razón por la cual se requiere una energía adicional para empujar las burbujas hacia debajo, y la zona más inferior de dispersión y reacción real III. Esta zona recibe y, adicionalmente, dispersa las burbujas de gas para dar unas burbujas extremadamente pequeñas 12 por medio de las paletas verticales conformadas 13 de la mezcladora inferior 3. Las mismas paletas que dan un flujo potente esparcen estas burbujas pequeñas en la solución circundante y, al mismo tiempo, realizan una suspensión de las partículas sólidas. El gas necesario en las reacciones se alimenta a la sección superior del reactor, su espacio de gas, a través de una conexión de gas 14. Los deflectores 15 que se usan de acuerdo con la publicación son unos deflectores de flujo convencionales.

55 Tal como muestra la figura 1 y deja claro la descripción de la patente en cuestión, el aparato y en particular la mezcladora superior se han desarrollado para aspirar gas desde arriba de la superficie de líquido. En la práctica, se ha encontrado que una zona de colisión se forma entre las zonas primera y tercera, lo que da como resultado el hecho de que la solución de mezcladora no es especialmente efectiva, por lo menos no cuando se funciona a una alta densidad de la pasta.

60 La figura 2 presenta un diagrama de un espacio de reacción de acuerdo con la presente invención y los campos de flujo que se forman en el mismo. En la solución de acuerdo con la invención, se presta atención específicamente a las propiedades que se requieren en la lixiviación, tal como el mezclado efectivo y uniforme de sólidos y unos medios para evitar que el gas sin reaccionar abandone la suspensión. En la solución de acuerdo con la invención también se presta atención a la forma en la que el gas se aspira a partir de la capa de zona de borde ascendente de vuelta a la circulación orientada hacia debajo que tiene lugar alrededor del eje central. De acuerdo con la solución, el gas que ha subido por encima de la superficie de líquido se aspira también a la circulación.

En la figura 2 el reactor 20 en una posición vertical se llena de acuerdo con la invención de los presentes inventores con una mezcla de sólidos-solución, es decir, una pasta a una altura Z (la altura de pasta efectiva), que es preferiblemente de $1\frac{1}{2}$ - 2 veces el diámetro del reactor T. El contenido en sólidos de la pasta es típicamente alto, de alrededor de 500 g/l. El reactor tiene una parte de debajo curvada 21 (que se conoce como un fondo de recipiente de presión superficial) y una cubierta estanca a los gases 22 para lograr un espacio cerrado. El reactor incluye unos deflectores de flujo esencialmente anchos 23, de los cuales hay por lo menos seis, pero preferiblemente ocho. La separación de los deflectores desde la pared hasta el reactor es de aproximadamente un quinto del diámetro del reactor (T/5), es decir, la distancia desde el borde interior 24 del deflector hasta la pared de reactor 25 es de alrededor de un 20 % del diámetro del reactor. Naturalmente, un hueco vertical permanece entre el deflector y la pared, que es también más grande de lo que es convencional, es decir, de aproximadamente un 6 - 8 % del diámetro del reactor.

La energía que se requiere para las reacciones entre líquido, sólidos y gas se consigue principalmente con la ayuda del miembro de mezcladora 26 de acuerdo con la invención. El miembro de mezcladora consiste en dos mezcladoras, una fijada por encima de la otra en el mismo eje 27, a saber, una mezcladora superior 28 y una mezcladora inferior 29. Las mezcladoras en el presente caso son, en cierta forma, del mismo tipo, es decir, lo que se denomina modelos de cuchillas de paso variable. El gas de proceso, tal como oxígeno, nitrógeno o algún otro gas "puro", se alimenta a la sección inferior del reactor por debajo de la mezcladora inferior 29 a través de una tubería de gas 30.

La mezcladora inferior 29 realiza el trabajo real, es decir, ésta consume aproximadamente un 75 - 85 % de la potencia que se libera en la pasta. La mezcladora forma un campo de flujo en la sección inferior del reactor tal que el flujo de pasta se descarga a partir de las puntas de las cuchillas de mezcladora en sentido oblicuo hacia debajo hacia la parte inferior de la pared de reactor 31, de tal modo que el "punto de impacto" se encuentra, de hecho, en la pared vertical y no en la parte de debajo. Esto quiere decir que el flujo cerca de la pared se divide en dos. La corriente que se desvía en sentido oblicuo hacia debajo 32 continúa su giro hacia el centro de la parte de debajo del reactor y arriba desde el centro al área de cobertura de la mezcladora inferior.

La corriente que se desvía hacia debajo a partir del punto de impacto sobre la pared de reactor forma una circulación toroidal en el área de la pared de reactor 31 y la parte de debajo curvada. La potente circulación 32 que se genera mejora el contacto entre los sólidos, la solución y el gas. De esta forma, la potencia de accionamiento se obtiene para las reacciones deseadas entre la solución, los sólidos y el gas. En algunos casos, algún producto de reacción intenta acumularse en la superficie de las partículas sólidas y, por lo tanto, ralentiza las reacciones, si bien se ha encontrado que la acumulación de estos tipos de productos de reacción es mínima gracias a la potente mezcladora inferior. Un producto de reacción de este tipo es el azufre elemental que se forma en la lixiviación de sulfuros, el cual intenta acumularse sobre las superficies de sulfuro aún no disueltas, pasivando las mismas.

La segunda parte 33 del flujo formado por la mezcladora inferior se eleva en una curva extremadamente pronunciada guiada por los deflectores 23 en las proximidades de la pared 25 en sentido ascendente hacia la superficie. El fin de la mezcladora inferior es, por lo tanto, la formación de un campo de flujo en la sección inferior del reactor. Además, la mezcladora inferior está conformada de tal modo que ésta dispersa el gas que se alimenta por debajo de la mezcladora y el gas de circulación que viene desde arriba para dar unas burbujas pequeñas con el fin de lograr la superficie de contacto más grande posible para las reacciones. Además, la mezcladora está conformada de una forma tal que ésta hace que las partículas sólidas en el espacio de reacción se muevan y las mantiene en movimiento y asegura adicionalmente que el contenido en sólidos es regular a través de la totalidad del espacio de reacción. El perfilado de la mezcladora inferior también posibilita una gran diferencia en la velocidad o turbulencia entre las partículas y las otras fases con el fin de promover las reacciones. De forma ventajosa, el gran ángulo de cuchilla de la mezcladora inferior genera unos vórtices, los cuales facilitan el progreso de las reacciones químicas.

La potencia que consume la mezcladora superior es más pequeña, es decir, de aproximadamente un 15 - 25 %. La mezcladora superior está conformada de tal modo que ésta forma un campo de flujo en la sección superior del reactor tal que el flujo de pasta que porta el gas que se eleva hacia la superficie en las proximidades de la pared efectúa un giro extremadamente abrupto antes de la superficie hacia el centro del reactor. Esto quiere decir que los deflectores ayudan a formar unos fuertes vórtices horizontales 34 en el campo que fluye en sentido horizontal, los cuales empujan el gas en el flujo ascendente con los mismos por lo menos tan lejos como el área de la mezcladora superior 28. La segunda tarea de la mezcladora superior es lograr unos pozos de succión 35 tan potentes en su mayor parte por encima de la mezcladora, que el gas por encima de la superficie se aspire a su interior a través de los mismos y se mezcle en este mismo flujo horizontal y se mueva adicionalmente en sentido ascendente hacia la mezcladora superior. Desde aquí, la mezcladora superior 28 empuja la suspensión de pasta-gas en cuestión como un flujo con la sección transversal más ancha posible 36 en sentido descendente hacia la mezcladora inferior 29.

La gran magnitud de diámetros de las mezcladoras es precisamente la razón por la cual funciona el principio que se describe anteriormente, de tal modo que se podría hablar incluso de la formación de un tubo de corriente descendente invisible en el centro del reactor. La formación de los flujos rápidos que se describe anteriormente se ha demostrado también en la práctica. La gran área en sección transversal del flujo orientado hacia debajo fuerza que el área en sección transversal del flujo de pasta que se eleva sobre la pared de reactor sea pequeña, y, por lo tanto, el flujo ascendente hacia arriba tiene una velocidad alta. Típicamente, la velocidad del flujo ascendente se

encuentra en la región de 0,5 -1,5 m/s, preferiblemente entre 0,8 - 1,2 m/s. Si el tamaño del reactor se encuentra en la región de 300 - 500 m³, esto quiere decir que la totalidad de los contenidos del reactor pasan a través de la mezcladora inferior a unos intervalos de 15 - 40 segundos.

5 Los reactores de mezclado se usan a menudo por ejemplo en la lixiviación de mineral o concentrado. En ese caso, la fase de lixiviación incluye habitualmente varios reactores y, por ejemplo, en el aparato incluido en el alcance de la presente invención, la pasta se transfiere de un reactor a otro como un desbordamiento, de tal modo que ésta no se muestra en detalle en el diagrama.

10 Un área en sección transversal extensiva del flujo dirigido hacia debajo y las burbujas de gas oscilantes en éste son características del procedimiento y aparato de mezclado desarrollado ahora. Los vórtices horizontales 34 en la superficie de la capa de pasta que se dirigen desde los bordes hacia el centro toman con ellos una porción considerable de las burbujas de gas hasta la mezcladora superior 28, la cual empuja las burbujas a una nueva circulación hacia la mezcladora inferior. Una pequeña cantidad de gas es capaz no obstante de descargarse en el espacio de gas del reactor, pero ésta se aspira de vuelta a la pasta a través de los vórtices verticales 35 formados por la mezcladora superior y la superficie rota por el rápido flujo superficial de vuelta hacia la zona de succión de la mezcladora superior. Se descubrió en pruebas que la eficiencia del uso de gas se encuentra en la región de un 90 - 100 %, a menudo de más de un 95 %.

20 La potencia de accionamiento residual para las reacciones químicas proviene del gas que se disuelve a partir de las burbujas que fluyen hacia debajo aproximadamente diez veces más que a partir de las burbujas que fluyen hacia arriba. El flujo dirigido hacia debajo tiene lugar precisamente en el espacio entre las mezcladoras, de tal modo que es ventajoso que las mezcladoras se encuentren a la distancia entre sí de acuerdo con la invención de los presentes inventores. En consecuencia, es característico del procedimiento de los presentes inventores que el área en sección transversal del flujo dirigido hacia debajo sea mucho más grande de lo convencional. El flujo dirigido hacia debajo se extiende preferiblemente a partir del eje de mezcladora 27 hacia fuera directamente hasta el borde interior de los deflectores. El flujo dirigido hacia debajo representa aproximadamente un 30 - 40 % de la totalidad de la sección transversal del reactor.

30 A su vez, la velocidad de flujo del gran flujo ascendente tiene el efecto de que los desvíos de flujo en las secciones tanto inferior como superior del reactor son pronunciados, mediante lo cual tanto el flujo de sólidos 33 hacia arriba como los vórtices horizontales de succión de gas 34 se refuerzan. La velocidad del flujo de pasta hacia debajo 36 que tiene lugar en el centro puede regularse con precisión dimensionando la mezcladora superior de tal modo que las burbujas de gas que siguen a ésta comienzan a oscilar, mediante lo cual se aumentan las reacciones entre el gas y la pasta. El efecto combinado de las mezcladoras ocasiona macroflujos, uno de los cuales circula a través de la parte de debajo y otro a través de la zona superficial de vuelta hasta la mezcladora inferior. Además, un flujo circular toroidal se genera contra la parte de debajo, lo cual aumenta adicionalmente los valores de rendimiento químico.

40 La combinación de mezcladora de acuerdo con la invención funciona idealmente, porque debido a su gran tamaño ambas mezcladoras entregan considerablemente más energía de mezclado de lo normal tanto para la dispersión de gas como para efectuar una suspensión de sólidos. Al mismo tiempo, las mezcladoras pierden su potencia muy lentamente a medida que aumenta la cantidad de gas que se aspira al interior, lo que se debe precisamente a una dispersión efectiva y al procedimiento de mezclado de difusión de las burbujas.

45 La figura 3A muestra una mezcladora superior 28 de acuerdo con la invención con más detalle a partir del lateral y la figura 3B muestra ésta desde arriba. La mezcladora superior tiene por lo menos seis, preferiblemente ocho, paletas o cuchillas rectangulares de tipo placa 37, las cuales se instalan sobre el eje 27. Las cuchillas de la mezcladora superior 28 están inclinadas con respecto a la horizontal con un ángulo α de 25° - 35°, preferiblemente de 30°, y la altura de la mezcladora 38 en sí misma se encuentra en la región de un sexto del diámetro de la mezcladora D_1 ($h_1/D_1 = 1/6$). El fin de las cuchillas de mezcladora es dar lugar a un campo de flujo estable tal cerca de la superficie de la pasta en el reactor que se forman unos vórtices horizontales y verticales 34 y 35 a partir de la superficie y el flujo que se eleva a partir de la zona de borde de reactor, los cuales aspiran el gas a su interior. Las cuchillas de mezcladora 37 mezclan el gas en la pasta y empujan éstos como un flujo uniforme 36 hacia debajo a partir del centro del reactor hacia la mezcladora inferior 29.

La figura 4A presenta una mezcladora inferior 29 de acuerdo con la invención observada a partir del lateral y la figura 4B muestra la mezcladora observada desde arriba. La mezcladora inferior 29 tiene por lo menos seis, preferiblemente ocho, cuchillas de mezcladora rectangulares de tipo placa 39.

60 Cada cuchilla se encuentra a un cierto ángulo α con respecto a la horizontal, el cual es, en el caso de la mezcladora inferior, de entre 50 - 70°, pero preferiblemente de 62°. Las cuchillas son más anchas de lo normal, de tal modo que al observarse a partir del lateral la altura de la mezcladora 40, hay un cuarto del diámetro de la mezcladora D_2 ($h_2/D_2 = 1/4$).

65

El fin de la mezcladora inferior 29 es recibir un flujo de pasta-gas 36 empujado mediante la mezcladora superior 28 a partir del centro del reactor, para dispersar el gas en unas burbujas incluso más pequeñas y para empujar además la suspensión que se forma hacia la sección inferior cilíndrica de la pared vertical 31 del reactor. La colisión en la pared tiene lugar cerca de la parte de debajo del reactor, pero sin embargo por encima de la misma. En la presente fase, el flujo se divide en dos partes: la primera corriente secundaria 32, que porta las burbujas de gas con la misma, gira con suavidad hacia debajo hacia el centro de la parte de debajo del reactor y arriba desde el centro en sentido ascendente hacia la zona intermedia de la mezcladora inferior, a cuyo flujo se alimenta el gas de reacción, y la segunda corriente secundaria 33 gira de forma pronunciada hacia arriba a lo largo de la pared en un radio pequeño, tomando con la misma las partículas sólidas y las burbujas de gas gracias a su fuerza.

Ambas mezcladoras 28 y 29 son de un diámetro más grande de lo normal, es decir, de entre más de 0,4 veces, pero un máximo de 0,5 veces, el diámetro del reactor. Ambas mezcladoras tienen su propia tarea importante, de acuerdo con la cual se especifican las mezcladoras. La altura 40 de la mezcladora inferior es de alrededor de 1,5 veces la altura 38 de la mezcladora superior.

La figura 5 presenta una sección transversal de un deflector de flujo 23 de acuerdo con la invención, que se compone de unos tubos de enfriamiento/ calentamiento 42 acoplados uno a otro por medio de unos salientes de tipo aleta 41.

La invención se describe con más detalle con la ayuda de los ejemplos adjuntos.

Ejemplo 1.

En un estudio, se realizó una comparación del efecto de tres mezcladoras de construcción normal con unos diámetros diferentes (D) sobre el mecanismo de generación de vórtices verticales. Las mezcladoras eran por lo tanto unas mezcladoras de tipo de "cuchillas de paso variable" de cuatro cuchillas convencionales, en los que el ángulo de inclinación de las cuchillas era de 45° y la relación de la altura de la mezcladora h con respecto al diámetro de la mezcladora D era también el que se usa en la mayor parte de las soluciones convencionales, es decir, h/D = 1/6. En la totalidad de las pruebas la distancia de la mezcladora a partir de la superficie de la pasta por diámetro de la mezcladora era la misma. En las mediciones que se dan en la tabla 1, se determinó la velocidad de rotación N_{crit} a la cual los vórtices verticales comenzaron a formarse. Usando esta velocidad de rotación medida, se determinó el número adimensional K_{cv} y se demostró que era constante. Una inspección más detallada de la constante muestra que ésta es una función válida:

$$Fr_{cv} = K_{cv} * (D/T)^2$$

en la que

Fr_{cv} = Número de Froude = $N^2 D/g$

N = velocidad de rotación de la mezcladora

D = diámetro de la mezcladora

T = diámetro del reactor

g = aceleración de la gravedad

Esta corta serie de pruebas mostró que el comportamiento de los vórtices verticales depende en gran medida del número de Froude y, por lo tanto, es conforme a las teorías que se presentan en la bibliografía.

Tabla 1

Velocidad de rotación límite N_{cv} para la generación de vórtices verticales

Prueba n.º	D/T	N_{cri} rps	W_{crit} m/s	K_{cv} $N_{crit}^2 D^3/gT^2$	K_{cv} prom $N_{crit} D^3/gT^2$
1	0,381	4,00	4,79	0,690	
2	0,483	2,83	4,30	0,706	
3	0,525	2,42	3,96	0,657	0,684

Ejemplo 2.

Al mismo tiempo, el efecto de la mezcladora sobre el mecanismo de comportamiento de los vórtices horizontales se estudió comparando las mismas tres mezcladoras con unos diámetros diferentes. Las mezcladoras eran de nuevo, por lo tanto, unas mezcladoras de tipo de "cuchillas de paso variable" de cuatro cuchillas convencionales, tal como en el ejemplo anterior. En la totalidad de las pruebas la distancia de la mezcladora a partir de la superficie de la pasta por diámetro de la mezcladora era también la misma en el presente caso. En las mediciones que se dan en la tabla 2, se determinó la velocidad de rotación N_{crit} a la cual los vórtices horizontales se formaron de forma aceptable. Usando esta velocidad de rotación medida, se determinó el número adimensional K_{cv} , y se demostró que éste era constante. Una inspección más detallada de la constante muestra que ésta es una función válida:

$$Re_{cv} = K_{ch}$$

en la que

- 5 Re_{cv} = número de Reynolds = ND^2/ν
 N = velocidad de rotación de la mezcladora
 D = diámetro de la mezcladora
 ν = viscosidad cinemática

10 Esta corta serie de pruebas mostró, por su parte, que el comportamiento de los vórtices horizontales no depende del número de Froude, sino que en su lugar se “controla” de hecho por el número de Reynolds. Esto quiere decir a su vez que, de acuerdo con las reglas de la reología, el factor influyente es, de hecho, el campo de flujo correcto, el cual se conoce que permanece igual, a condición de que la zona turbulenta sea suficiente, es decir, $Re > 10.000$.

15

Tabla 2

Prueba n.º	D/T	N_{crit} rps	W_{crit} m/s	K_{ch} $N_{crit}D^2/\nu$	K_{ch} prom $N_{crit}D^2/\nu$
1	0,381	6,00	7,19	872.000	
2	0,483	3,83	5,82	896.000	
3	0,525	3,00	4,95	826.000	8.650

Ejemplo 3.

20 Se estudió el efecto del tamaño de la mezcladora superior y la mezcladora inferior sobre el comportamiento tanto de los vórtices horizontales como verticales. Se descubrió que con una pequeña relación de diámetros de mezcladora / reactor D/T de menos de 0,4, se formó un vórtice profundo en la superficie de la pasta en la base del eje, el cual se hizo más profundo a medida que aumentó la velocidad de rotación tan lejos hacia abajo como la mezcladora inferior. En conclusión, se podría decir que, si se desean varios vórtices constantes y efectivos del tipo de acuerdo con la presente invención, la magnitud de los diámetros de la mezcladora D/T ha de estar por encima de 0,4.

25
 Ejemplo 4

30 En el ejemplo se estudió el efecto del tamaño y el número de deflectores sobre el comportamiento del campo de flujo en un reactor de mezclado cilíndrico con un miembro de mezcladora de acuerdo con la invención. Ocho deflectores se usaron como deflectores de acuerdo con la invención con una anchura de un 12,4 % del diámetro del reactor y un borde interior que se extendía hasta una distancia de un 18,2 % del diámetro del reactor. Unos deflectores convencionales se usaron como deflectores de referencia, de los cuales había cuatro, con una anchura de un 8,3 % y una separación de un 10 % del diámetro del reactor. Se descubrió una diferencia muy obvia en la comparación en el comportamiento de flujo. Cuando se usaron unos deflectores de flujo convencionales, aparecieron unas fluctuaciones no determinadas en el flujo de pasta. No obstante, cuando se usaron los deflectores de acuerdo con la invención de los presentes inventores, las fluctuaciones no determinadas en el flujo de pasta se estabilizaron y fueron conformes a la descripción del procedimiento. En conclusión, se descubrió que el miembro de mezcladora de acuerdo con la invención no es suficiente por sí solo para lograr el campo de flujo estable deseado, sino que una parte característica del aparato de mezclado de acuerdo con la invención son los deflectores que se describen en el

40 texto, tanto en relación con su número como con su tamaño.

Ejemplo 5

45 En el presente ejemplo, los inventores de la presente invención estudiaron la distribución de la concentración de pasta en un reactor de mezclado cilíndrico, el cual era un aparato de mezclado de acuerdo con la invención. Los sólidos usados fueron mineral de pirita, que se trituró hasta una finura de un 95 % por debajo de 110 micrómetros. El contenido en sólidos era de 500 g/l, es decir, una densidad de la pasta de 1.400 kg/m³. Se alimentó aire por debajo de la mezcladora inferior a 2,4 m³/h/m³. La velocidad de rotación de las mezcladoras se correspondió con una velocidad de punta de 2,8 m/s. Se tomaron muestras de sólidos a partir de tres profundidades, mediante lo cual cada

50 una representó un tercio de la densidad de la pasta total. Se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 3

Concentración de pasta en un reactor de acuerdo con la invención	
Profundidad de muestra 1, es decir, la sección superior de reactor	1.360 kg/m ³
Profundidad de muestra 2, es decir, la sección intermedia de reactor	1.330 kg/m ³
Profundidad de muestra 3, es decir, la sección inferior de reactor	1.360 kg/m ³

ES 2 391 388 T3

Los resultados en la tabla muestran que el mezclado ha sido capaz de elevar extremadamente bien estas partículas sólidas bastante pesadas (densidad de partículas de 5.000 kg/m^3) hasta la capa superficial del reactor y de distribuir además las mismas de una forma muy regular a través de la totalidad del espacio de reacción ($1.350 \text{ kg/m}^3 \pm 1,3 \%$).

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de mezclado para mezclar gas en una pasta formada por un líquido y sólidos, en el que el aparato consiste en un reactor vertical cilindrico cerrado (20) que está dotado de una parte de debajo (21) y una cubierta (22), con una altura de pasta efectiva de alrededor de 1,5 - 2 veces el diámetro del reactor, un miembro de mezcladora ubicado en el interior del reactor que consiste en dos mezcladoras conectadas una por encima de la otra en el mismo eje (27), unos deflectores de flujo (23), dirigidos hacia dentro con una separación con respecto a la pared de reactor (25) que es de aproximadamente 1/5 del diámetro del reactor, y una tubería de alimentación de gas (30) ubicada en el reactor, en el que
- 10 el reactor se equipa con un miembro de mezcladora (26), el cual consiste en una mezcladora superior (28) y una mezcladora inferior (29), mediante lo cual la mezcladora superior de cuchillas rectas se equipa con por lo menos seis, preferiblemente ocho, cuchillas (37), que están inclinadas con respecto a la horizontal con un ángulo de 25 - 35°, y la mezcladora inferior de cuchillas rectas se equipa con por lo menos seis, preferiblemente ocho, cuchillas (39),
- 15 **caracterizado por que**
- el reactor se equipa con por lo menos seis, preferiblemente ocho, deflectores de flujo,
 - las cuchillas de la mezcladora inferior están inclinadas con respecto a la horizontal con un ángulo de 60 - 70°,
 - la tubería de alimentación de gas está ubicada en la parte de debajo del reactor, por debajo de la mezcladora inferior.
2. Un aparato de mezclado de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la potencia que consume la mezcladora inferior (29) es por lo menos tres veces, preferiblemente por lo menos cinco veces la que consume la mezcladora superior (28).
3. Un aparato de mezclado de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** las cuchillas de la mezcladora superior (28) están inclinadas con respecto a la horizontal con un ángulo de 30°.
- 30 4. Un aparato de mezclado de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** las cuchillas de la mezcladora inferior (29) están inclinadas con respecto a la horizontal con un ángulo de 62 °.
5. Un aparato de mezclado de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la altura (40) de la mezcladora inferior se encuentra en la región de 1/4 del diámetro de la mezcladora.
- 35 6. Un aparato de mezclado de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la altura (38) de la mezcladora superior se encuentra en la región de 1/6 del diámetro de la mezcladora.
7. Un aparato de mezclado de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la altura (40) de la mezcladora inferior se encuentra en la región de 1,5 veces la altura (38) de la mezcladora superior.
- 40 8. Un aparato de mezclado de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el diámetro de las mezcladoras (28, 29) es superior a 0,4, pero un máximo de 0,5 veces el diámetro del reactor (20).
- 45 9. Un aparato de mezclado de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la distancia de las mezcladoras entre sí se encuentra en la región de un 50 - 70 % de la altura de pasta efectiva del reactor.
10. Un aparato de mezclado de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la distancia de la mezcladora inferior (29) a partir de la parte de debajo (21) del reactor se encuentra en la región del diámetro de la mezcladora.
- 50 11. Un aparato de mezclado de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la anchura de los deflectores (23) es un 12 - 15 % del diámetro del reactor.
- 55 12. Un aparato de mezclado de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la distancia entre los deflectores y la pared de reactor se encuentra en la región de un 6 - 8 % del diámetro del reactor.
13. Un aparato de mezclado de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el deflector (23) forma un miembro de transferencia de calor.
- 60 14. Un aparato de mezclado de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado por que** el deflector (23) consiste en unos tubos (42) acoplados uno a otro por medio de unos componentes de tipo placa (41).
- 65 15. Un aparato de mezclado de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la parte de debajo del reactor (21) es curvada.

16. Un procedimiento para dispersar un gas que se alimenta a la sección de debajo de un espacio de reacción cerrado en una pasta formada por un líquido y sólidos por medio de unos deflectores de flujo (23) y un miembro de mezcladora (26) ubicado en el espacio de reacción, mediante lo cual la altura de pasta efectiva del espacio de reacción se encuentra en la región de 1,5 - 2 veces el diámetro del espacio de reacción, en el que se usa un aparato de mezclado según se reivindica en una de las reivindicaciones anteriores, mediante lo cual el gas se alimenta por debajo de la mezcladora inferior (29) al flujo de pasta, que por medio de dicha mezcladora inferior (29) se dirige hacia la parte inferior de la pared de espacio de reacción y se hace que descargue en su interior dos corrientes separadas, haciéndose que una de las cuales gire a través de la pared hacia el centro de la parte de debajo de espacio de reacción en forma de un flujo toroidal y que la otra se eleve en la zona formada por la pared de espacio de reacción y los deflectores (23) en sentido ascendente hacia la superficie, en el que el flujo se desvía por medio de la mezcladora superior (28) hacia el centro del espacio de reacción y se hace que forme al mismo tiempo unos vórtices horizontales y verticales que portan las burbujas de gas; la dirección del flujo de pasta en el centro del espacio de reacción se desvía por medio de la mezcladora superior (28) para fluir hacia debajo como un flujo tubular uniforme hacia la mezcladora inferior (29).
17. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 16, **caracterizado por que** el contenido en sólidos de la pasta se encuentra en la región de 500 g/l.
18. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 16, **caracterizado por que** el caudal de la corriente ascendente en la zona de la pared de espacio de reacción y los deflectores es de 0,5 - 1,5 m/s, preferiblemente de 0,8 -1,2 m/s.
19. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 16, **caracterizado por que** el área en sección transversal del flujo de pasta que se dirige hacia debajo en el centro del espacio de reacción se encuentra en la región de un 30 - 40 % del área en sección transversal del reactor.
20. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 16, **caracterizado por que** eligiendo el intervalo de velocidad correcto las burbujas de gas en el flujo de pasta dirigido hacia debajo en el centro del espacio de reacción se ponen en un movimiento oscilante.
21. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 16, **caracterizado por que** la introducción de pasta en el espacio de reacción y su retirada del mismo tienen lugar como un desbordamiento.

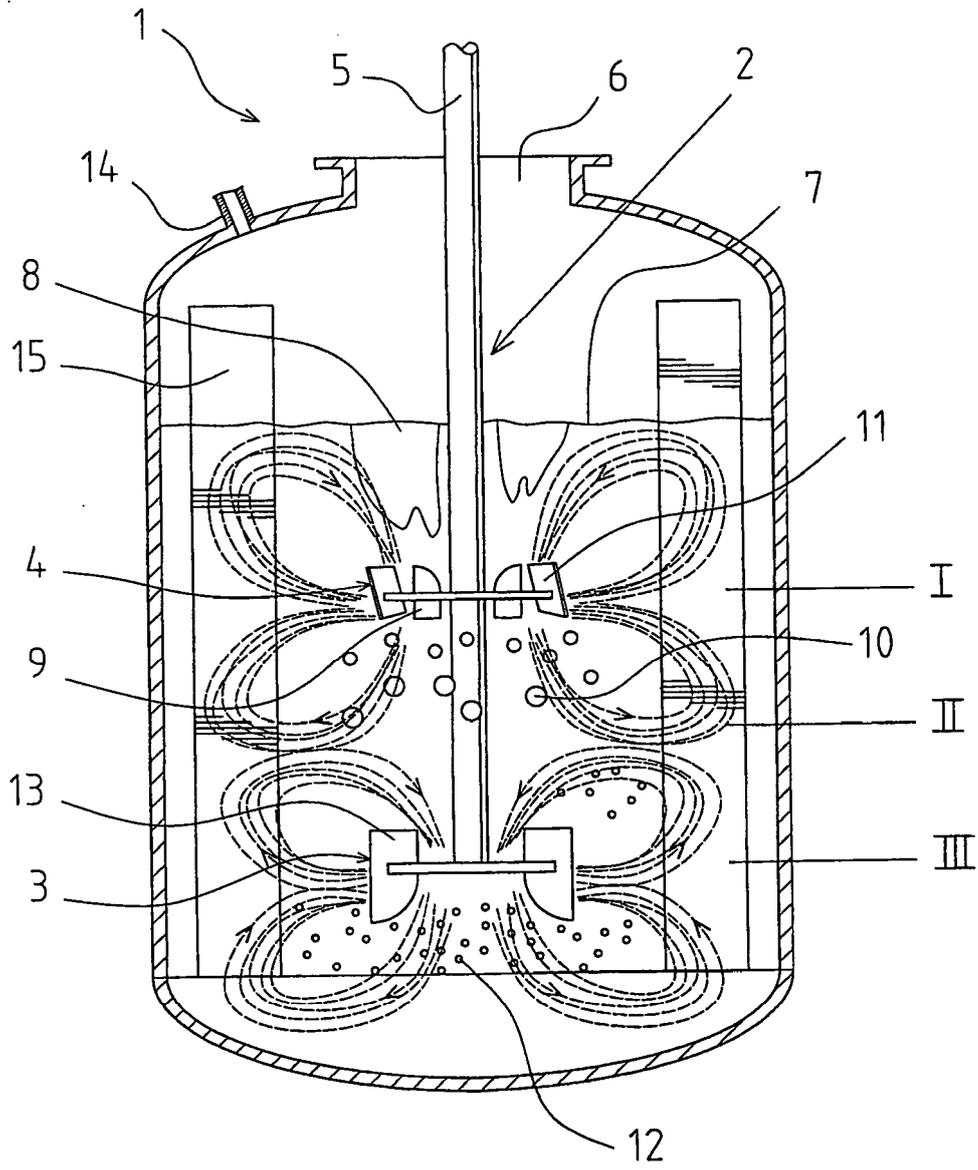


Fig. 1

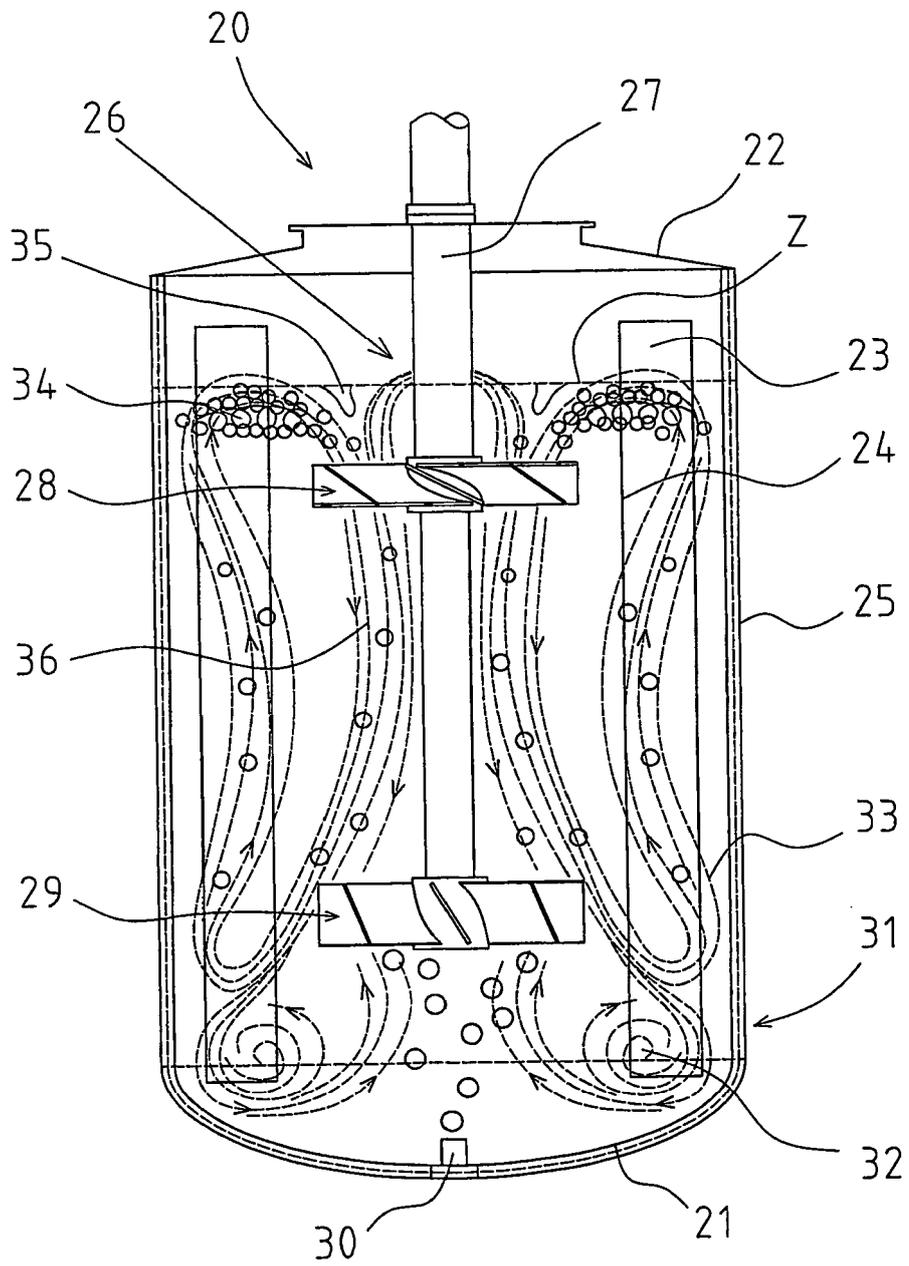


Fig. 2

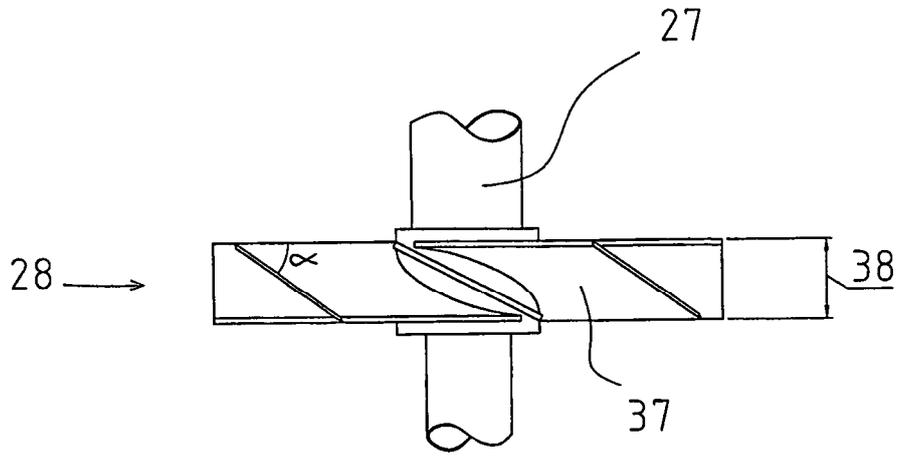


Fig. 3A

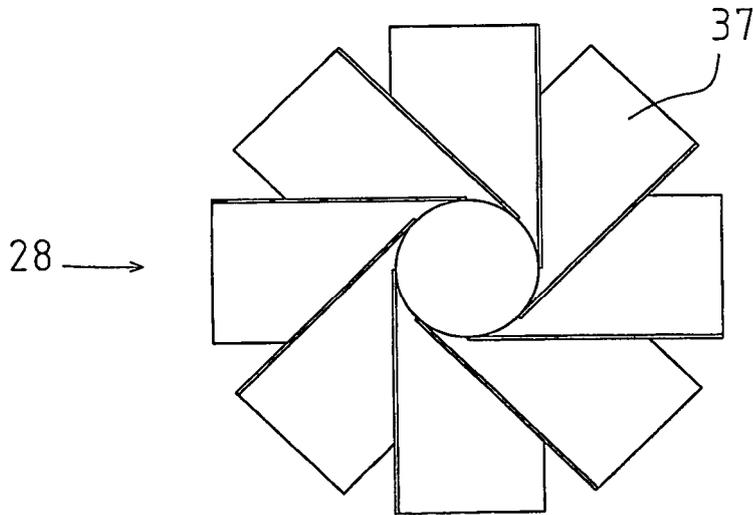


Fig. 3B

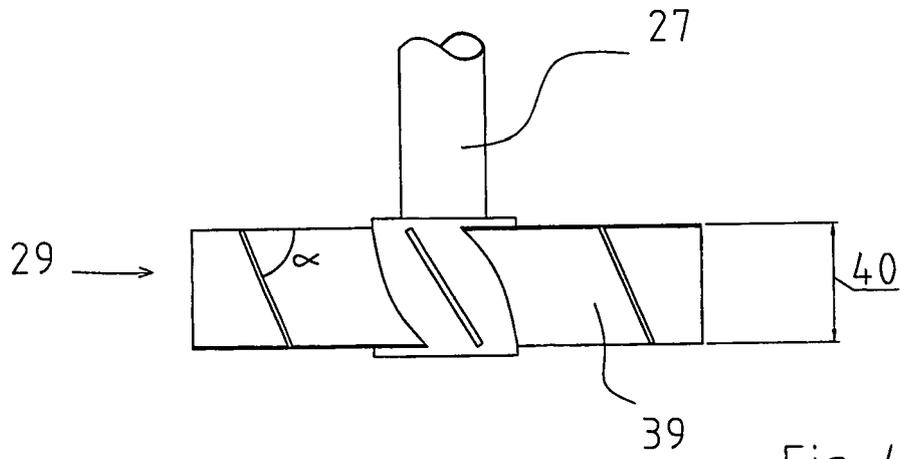


Fig. 4A

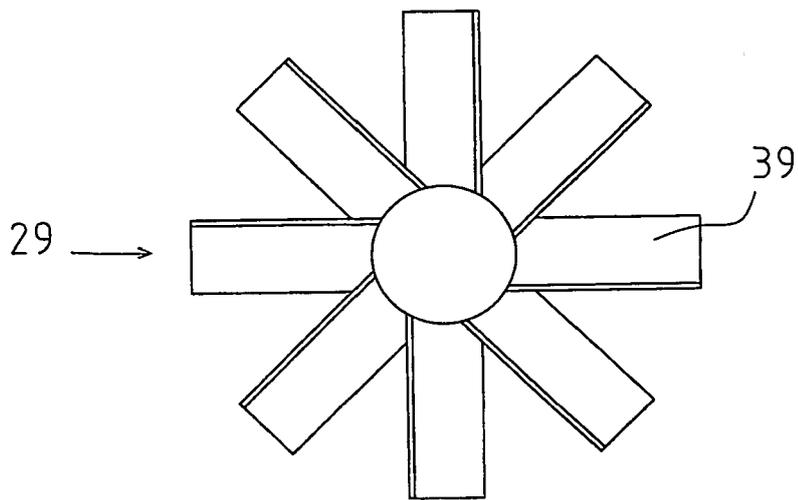


Fig. 4B

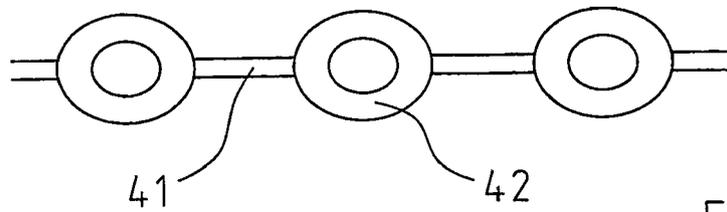


Fig. 5