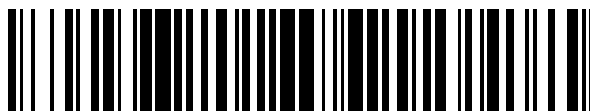


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 589 886**

51 Int. Cl.:

B02C 13/14 (2006.01)

B02C 13/20 (2006.01)

B02C 21/00 (2006.01)

B02C 13/26 (2006.01)

B02C 13/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.02.2012 E 14155432 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.06.2016 EP 2732879**

54 Título: **Molino para triturar basura**

30 Prioridad:

01.03.2011 IT MI20110320

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

16.11.2016

73 Titular/es:

**CHRYSOPOEIA S.R.L. (100.0%)
Via Enrico Mattei 10
20010 Pogliano Milanese, IT**

72 Inventor/es:

**TREBUCCHI, PIERVITTORIO;
EICH, NORBERT y
ZUBANI, LORENZO**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 589 886 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

Molino para triturar basura

5 La presente invención se refiere a un molino para triturar basura, en particular, para la trituración fina de residuos sólidos urbanos (RSU), residuos industriales, residuos especiales y residuos procesables de manera similar, para los propósitos de conversión en combustible derivado de residuos (CDR) o combustible sólido secundario. La invención se refiere también a una planta para reciclar energía a partir de residuos.

El área de aplicación preferida de la invención es el de la trituración de residuos sólidos urbanos, a la cual se hará una amplia referencia durante la descripción siguiente, sin excluir por ello otras posibles aplicaciones que tienen requisitos similares.

10 En conexión con el tratamiento de residuos, se conocen una serie de diferentes aparatos de trituración, que se describen brevemente más adelante en algunas de sus características esenciales.

Un primer tipo de planta es el descrito en la patente italiana IT1317056. Esta planta ha sido diseñada con el fin de implementar un procedimiento de tratamiento de residuos relativamente complejo. Por lo tanto, se caracteriza por una sucesión de aparatos, cada uno de los cuales está diseñado para realizar una función específica en el marco del procedimiento global. En esta planta, los residuos sólidos urbanos (RSU) son convertidos en lo que se denomina combustible derivado de residuos o CDR.

15

Este tipo de planta conocido, aunque muy apreciado debido a la calidad del producto terminado, no carece de desventajas.

Una primera serie de desventajas consiste en aquellas asociadas con la complejidad y, por lo tanto, con la naturaleza delicada del procedimiento de tratamiento de residuos. En particular, un punto débil de la planta ha sido identificado en el molino de cuchillas en contra-rotación, cuyo funcionamiento se ve afectado o es prevenido fácilmente por el material que es difícil de triturar. Durante el tratamiento de los residuos sólidos urbanos, a pesar de la reciente legislación cuyo objetivo es garantizar el reciclado o la eliminación alternativa de los residuos especiales, no es posible excluir la presencia de cuerpos que tienen una estructura muy fuerte, típicamente cuerpos minerales o metálicos que son no magnéticos (y por lo tanto no pueden ser eliminados por los dispositivos situados normalmente aguas arriba de la etapa de trituración, tales como los denominados separadores de metal). La presencia de dichos cuerpos previene el funcionamiento correcto del molino de cuchillas en contra-rotación y, por lo tanto, de toda la planta descrita en el documento IT 1317056. Por lo tanto, siempre que se produce dicho un evento, es necesario detener toda la planta y el personal de mantenimiento debe intervenir para retirar los cuerpos que no pueden ser triturados.

20

25

Una segunda serie de desventajas asociadas con este tipo de plantas es la del consumo total de energía requerido para toda la operación de procesamiento. Este consumo de energía puede ser cuantificado en una cifra de más de 250 kW por cada tonelada de residuos tratados. Esta cifra es relativamente alta, en particular en vista del hecho de que es necesario añadir la energía adicional necesaria para eliminar, antes de cargar la máquina, todos aquellos elementos que puedan ocasionar problemas (típicamente masas metálicas y minerales de cualquier tamaño) y, finalmente, reducir el tamaño de partícula del material. El CDR descargado desde la planta está compuesto, de hecho, de partes que tienen un tamaño de partícula en la región de 25-30 mm, que es demasiado grande para el abastecimiento directo de combustible de un quemador si el CDR no se combina con una cantidad mayor de otro combustible, típicamente un combustible fósil. Tal como están las cosas en la actualidad, por lo tanto, el CDR producido por las plantas de tipo conocido, para poder asegurar una combustión eficaz, debe ser usado en cantidades de entre el 25% y el 35%. De manera alternativa, el tamaño de dicho CDR podría reducirse adicionalmente para conseguir un tamaño de partícula de aproximadamente 5-10 mm, con un aumento adicional en el consumo de energía, reduciendo adicionalmente de esta manera la eficiencia energética global del procedimiento de procesamiento.

30

35

40

Además de las desventajas indicadas anteriormente, se ha encontrado una desventaja adicional: la presencia en el RSU de cuerpos que no pueden ser triturados resulta en el uso de una gran cantidad de energía mecánica que, cuando se prolonga en el tiempo hasta la eliminación de dichos cuerpos no triturados, resulta en un aumento local de la temperatura. Dentro de la masa de RSU que está siendo procesada, que en su conjunto permanece a una temperatura próxima a la temperatura ambiente, algunos puntos pueden alcanzar por lo tanto temperaturas que son mucho más altas, incluso del orden de cientos de grados Celsius. Estas temperaturas pueden producir fácilmente un ablandamiento de las fracciones de polímero presentes en el RSU y, con el tiempo, la obstrucción de las rejillas de salida para los residuos triturados.

45

Un segundo tipo de planta conocido es el descrito en el documento de patente EP2062645A1. Esta planta ha sido desarrollada específicamente para el tratamiento de los denominados residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Comprende un molino que consiste en una cámara de trituración dentro de la cual funciona un rotor. El rotor comprende un cubo al que se conectan algunas cadenas. La rotación del cubo causa la rotación de las cadenas que, sometidas a la fuerza centrífuga, se disponen radialmente y barren la cámara de trituración. El RAEE, introducido desde

50

arriba, es golpeado por las cadenas y es sometido a una serie de impactos y movimientos de rebote que hacen que se rompa gradualmente.

El uso de este tipo de molino ha demostrado ser relativamente eficaz sólo en conexión con el RAEE para el que ha sido diseñado. Generalmente, este tipo de residuos tiene una estructura bastante rígida que, por lo tanto, da lugar a colisiones elásticas y, tras impactos más violentos, a fracturas elásticas-quebradizas que absorben una baja cantidad de energía de deformación. Debido a estas características del RAEE, en un corto período de tiempo se producen un gran número de golpes e impactos, resultando en una rotura eficiente del material a un tamaño de partícula aceptable.

Sin embargo, el uso de este tipo de molino no ha probado ser adecuado para otros tipos de residuos, típicamente RSU y residuos procesables de manera similar (denominados en general más adelante como RSU en breve). De hecho, dichos residuos tienen una estructura que, aunque no puede definirse fácilmente, en general tiene un comportamiento muy diferente con relación a los impactos, en comparación con el RAEE. De hecho, la masa de RSU tiene un comportamiento elasto-plástico o incluso un comportamiento visco-plástico cuando hay una fracción húmeda significativa. Dicho comportamiento resulta en colisiones que son en su mayoría inelásticas y que absorben una gran cantidad de energía de deformación. En otras palabras, el RSU, introducido desde arriba al molino, es golpeado por las cadenas y, sin ninguna acción de rebote, se adhiere a las mismas y simplemente empieza a girar. Los efectos primarios generales de este comportamiento del RSU consisten en largos tiempos de permanencia en el interior de la cámara de trituración y alto consumo de energía debido al proceso de fragmentación que se consigue por medio de la rotura sucesiva producida por la fricción. Junto a estas desventajas, hay al menos otra desventaja resultante de la misma. El largo tiempo de permanencia del RSM en el interior de la cámara de trituración y la gran cantidad de energía mecánica absorbida por el mismo resulta en un aumento general de la temperatura de la masa que está siendo procesada. Este aumento de temperatura puede resultar fácilmente en un ablandamiento de las fracciones de polímero presentes en el RSU y, en este caso también, en la obstrucción de las rejillas de salida para los residuos triturados.

El documento US 3606265 describe un aparato de fragmentación de residuos que comprende dos rotores, que pueden estar equipados con cadenas.

Por lo tanto, el objeto de la presente invención es superar al menos parcialmente las desventajas indicadas anteriormente con referencia a la técnica anterior.

En particular, una tarea de la presente invención es proporcionar un molino adecuado para triturar los diferentes tipos de residuos.

Otra tarea de la presente invención es proporcionar un molino que tenga una alta eficiencia energética.

Otra tarea de la presente invención es proporcionar un molino con una estructura simple.

Otra tarea de la presente invención es proporcionar un molino que permita una reducción en el contenido bacteriano presente en la masa tratada dentro del mismo.

Otra tarea de la presente invención es proporcionar una planta que permita un reciclaje fácil y eficiente de energía a partir de los residuos, en particular del RSU.

El objeto y las tareas indicados anteriormente se consiguen mediante un molino según la reivindicación 1 y mediante una planta según la reivindicación 13.

Los rasgos característicos y otras ventajas de la invención emergerán a partir de la descripción proporcionada a continuación de una serie de ejemplos de realización, proporcionados a modo de ejemplo no limitativo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- La Figura 1 muestra una vista en planta de un molino según la invención;
- La Figura 2 muestra una vista lateral de un molino similar al de la Figura 1, donde, en aras de una mayor claridad, se ha eliminado parte de la pared lateral;
- La Figura 3 muestra esquemáticamente una vista en planta de otra realización del molino según la invención;
- La Figura 4 muestra esquemáticamente una vista en planta de otra realización del molino según la invención;
- La Figura 5 muestra esquemáticamente una vista en planta de otra realización del molino según la invención;
- La Figura 6 muestra esquemáticamente una vista en planta de otra realización del molino según la invención;
- La Figura 7 muestra una vista en planta de un molino similar al mostrado en la Figura 1;

- La Figura 8 muestra una vista en planta de un molino similar al de la Figura 1, en la que se ilustra esquemáticamente un primer modo de funcionamiento de la invención;
- La Figura 9 muestra una vista en planta de un molino similar al de la Figura 1, en la que se ilustra esquemáticamente un segundo modo de funcionamiento de la invención;
- 5 – Las Figuras 10.a a 10.f muestran esquemáticamente una serie de realizaciones del detalle indicado por X en la Figura 2;
- La Figura 11 muestra una vista en planta de un molino similar al de la Figura 1 con algunas partes mostradas semi-transparentes;
- 10 – La Figura 12 muestra una vista en planta de un molino similar al de la Figura 3 con algunas partes mostradas semi-transparentes;
- La Figura 13 muestra una vista en sección transversal a lo largo de la línea XIII-XIII de la Figura 12; y
- La Figura 14 muestra una vista axonométrica de un molino similar al de la Figura 11, donde, en aras de una mayor claridad, se han eliminado algunas partes accesorias.

Con referencia a las figuras adjuntas, un molino para triturar residuos o basura R se indica, en su conjunto, mediante 20.

- 15 El molino 20 comprende al menos una cámara 22 de trituración definida por una pared 24 lateral y un suelo 26. El molino 20 comprende también al menos dos rotores 30₁ y 30₂ que pueden girar alrededor de los ejes X₁ y X₂ sustancialmente verticales respectivos. Cada uno de los rotores 30 comprende un cubo 32 y una pluralidad de cadenas 34 conectadas al cubo 32 y diseñadas para barrer parte de la cámara 22 de trituración durante la rotación del rotor 30.

- 20 Tal como ya se ha indicado anteriormente, cada uno de los rotores 30 del molino 20 según la invención define un eje X de rotación específico. En la presente descripción, se han adoptado algunas convenciones, tal como se indica a continuación. Se entiende que "axial" significa la dirección de cualquier línea recta paralela al eje X. Se entiende que "radial" significa la dirección de cualquier semi-recta que tiene su origen en el eje X y es perpendicular al mismo. Se entiende que "circunferencial" (o "tangencial") significa la dirección de cualquier (línea recta tangente a una) circunferencia centrada en el eje X y dispuesta en un plano perpendicular al mismo.

- 25 El molino 20 es sometido también a la aceleración de la gravedad indicada en la Figura 2 por el vector g. La descripción siguiente se refiere, excepto cuando se indique específicamente lo contrario, al molino 20 en la configuración de trabajo, es decir, los conceptos vertical, horizontal, alto, bajo, etc., comunes se definen específicamente con referencia a la aceleración de la gravedad g.

- 30 Tal como puede observarse en las Figuras adjuntas (en particular, las Figuras 2 y 7), la cámara 22 de trituración tiene internamente un número de volúmenes 28 de trituración que corresponden al número de rotores 30 presentes en el molino 20. El volumen 28 de trituración de un rotor 30 específico se define aquí como el volumen, incluido dentro de la cámara 22 de trituración, definido mediante una interpolación axial de las circunferencias dentro de las cuales giran las cadenas 34 de ese rotor 30 específico. Por su naturaleza, este volumen se caracteriza por una simetría de rotación alrededor del eje X respectivo. Según las realizaciones mostradas en las Figuras adjuntas, todas las cadenas 34 de un rotor 30 individual tienen una longitud idéntica y por lo tanto los volúmenes 28 de trituración asumen la forma de cilindros circulares rectos.

Según otras realizaciones (no mostradas), dichos volúmenes asumen otras formas que se considera que son adecuadas para gestionar el flujo de los residuos R en el interior del molino 20.

Según algunas realizaciones del molino 20, los volúmenes 28 de trituración de los rotores 30 están separados unos de otros.

- 40 Según las realizaciones mostradas en las Figuras 1, 3, 4 y 6 a 9 adjuntas, la cámara 22 de trituración se obtiene a partir de la suma neta de los volúmenes 28 de trituración de los rotores 30 individuales. En otras palabras, no hay ninguna parte del área en planta de la cámara 22 de trituración que no esté incluida dentro de uno de los volúmenes 28 de trituración y que, por lo tanto, no se vea afectada por la rotación de al menos una cadena 34.

- 45 Según estas realizaciones, la pared 24 lateral está conformada, por lo tanto, de manera que siga con precisión el perfil de los volúmenes 28 de trituración y, por lo tanto, el de la cámara 22 de trituración. Puede observarse cómo en las figuras adjuntas, en aras de una mayor claridad, se muestra una distancia relativamente grande entre los extremos radiales de las cadenas 34 y la pared 24 lateral. En realidad, esta distancia es marcadamente más pequeña. De manera similar, en las Figuras 2 y 7 adjuntas, en aras de una mayor claridad, se muestra una distancia relativamente grande entre el volumen 28 de trituración y la pared 24 lateral que sigue su perfil. En realidad, esta distancia es marcadamente más pequeña.

Según la realización mostrada en la Figura 5, en cambio, la cámara 22 de trituración se obtiene de la suma de los volúmenes 28 de trituración de los tres rotores 30 más un número de volúmenes de conexión. En otras palabras hay algunas partes del área en planta de la cámara 22 de trituración que no están incluidas dentro de ninguno de los volúmenes 28 de trituración y que, por lo tanto, no se ven afectados por la rotación de una cadena 34. De hecho, tal como

5 puede observarse, los volúmenes 28 de trituración del molino en la Figura 5 son totalmente idénticos a los del molino 20 mostrado en la Figura 4, mientras que las cámaras 22 de trituración respectivas son diferentes. Mientras que la cámara 22 de trituración del molino 20 en la Figura 4 tiene un área en planta que consiste en tres lóbulos que siguen los volúmenes 28 de trituración, la cámara 22 de trituración del molino 20 según la Figura 5 tiene un área en planta circular, más grande que la anterior.

10 Tal como puede observarse, en las Figuras 4 a 6 adjuntas, la cámara 22 de trituración tiene internamente un número de obstáculos 46. Estos obstáculos 46 llenan los espacios de las cámaras 22 de trituración que no pertenecen a ninguno de los volúmenes de trituración. Puede considerarse que forman una continuación ideal de la pared 24 lateral. La presencia de los obstáculos 46 tiene una función doble. En primer lugar, los obstáculos previenen la acumulación de masas de residuos en puntos en la cámara 22 de trituración que no son alcanzados por ninguna cadena 34. La acumulación y la

15 consiguiente presencia de residuos R que no están sometidos a la acción de las cadenas 34 resultarían en una reducción global de la eficiencia del proceso. Además, los obstáculos 46 ofrecen superficies y bordes adicionales adecuados para generar los impactos necesarios para romper los residuos R.

Según ciertas realizaciones, los ejes X de rotación de los rotores 30 están fijados, cada uno con respecto al otro y con respecto a las paredes 24 de la cámara 22 de trituración. En otras palabras, la distancia interaxial entre dos rotores 30₁ y 30₂ de un mismo molino 20 es fija; por lo tanto los ejes X₁ y X₂ de los dos rotores 30₁ y 30₂ no pueden ser movidos uno hacia el otro o uno lejos del otro.

Según las realizaciones mostradas en las figuras adjuntas, la pared 24 lateral es sustancialmente vertical y tiene una forma cilíndrica, al menos a lo largo de secciones, mientras que el suelo 26 es sustancialmente horizontal. Según otras posibles realizaciones, por ejemplo, la pared 24 lateral podría estar inclinada de manera que tenga una configuración

25 cónica a lo largo de secciones. Esta solución podría ser útil, por ejemplo, para tener en cuenta las formas específicas elegidas durante la etapa de diseño para los volúmenes 28 de trituración de los rotores 30. Además, el suelo 26 podría no ser plano, podría ser no horizontal o podría no ser plano ni horizontal. El suelo podría tener, por ejemplo una configuración inclinada, aunque sólo sea a lo largo de secciones. Esta solución podría ser útil en condiciones particulares para facilitar la expulsión de ciertas fracciones de los residuos R que están siendo procesados en el interior del molino 20.

30 Tal como puede entenderse a partir de las figuras adjuntas, en el interior de cada molino 20, los volúmenes 28 de trituración de los diversos rotores 30 son adyacentes entre sí en pares, definiendo una zona 38 de tangencia a través de la cual los dos volúmenes 28 se comunican entre sí. En otras palabras, en las zonas 38 de tangencia no hay ningún obstáculo fijo que se oponga al paso de material a partir desde el volumen 28₁ de trituración de un rotor 30₁ al volumen 28₂ de trituración del rotor 30₂ adyacente.

35 A la luz de los comentarios anteriores y con referencia particular a las Figuras 8 y 9, a continuación se describe en detalle el principio de funcionamiento del molino 20 según la invención. El residuo R introducido desde arriba al molino 20 cae por medio de la gravedad y de una manera más o menos aleatoria entra en contacto con las cadenas 34 de los rotores 30. Tal como ya se ha descrito con relación a la técnica anterior, en general el RSU se comporta característicamente de manera que causa la generación de colisiones sustancialmente inelásticas. Como resultado, después de unos pocos

40 impactos debidos al paso de los residuos a través de los niveles de rotación de las diversas cadenas 34, el propio residuo termina en el suelo 26 y siendo accionado de manera giratoria por la cadena 34 más baja. Sin embargo, a diferencia de lo que ocurre en molinos del tipo conocido, los residuos que empiezan a girar en el interior del molino 20 según la invención son sometidos a una serie adicional de impactos que los reducen rápidamente al tamaño de partícula deseado. El movimiento de rotación de las cadenas 34 imparte una alta velocidad circunferencial a los residuos R y, por consiguiente,

45 los somete a una elevada aceleración centrífuga. Esto significa que cualquier residuo que comienza a girar junto con una cadena 34 se adhiere a la pared 24 lateral y es transportado a lo largo de la misma en la dirección circunferencial hasta la zona 38 de tangencia, donde la pared 24 lateral sigue una trayectoria diferente de la del volumen 28 de trituración.

En este punto, pueden ocurrir dos fenómenos diferentes dependiendo de si la rotación de los dos rotores 30 adyacentes es en la misma dirección o en direcciones diferentes.

50 Con referencia específica a la Figura 8, se describe a continuación el efecto que se produce en la zona 38 de tangencia entre dos rotores 30 adyacentes que giran en la misma dirección. En esta situación, los residuos girados por el rotor de la derecha y los residuos girados por el rotor de la izquierda entran en contacto entre sí. De hecho, la aceleración centrífuga que actúa sobre ambos tiende a hacer que se muevan unos hacia los otros. El impacto entre dichos residuos se produce a una velocidad relativa muy alta definida por la suma de las velocidades tangenciales de los residuos propulsados desde

55 el lado derecho y el lado izquierdo. Estas velocidades son similares en términos de módulo, pero tienen una dirección opuesta. El efecto de estos impactos es el de causar una trituración rápida de los residuos R. La eficacia de esta acción

puede ser ayudada por la presencia esporádica, en el interior de la masa de residuos R a ser tratada, de cuerpos que no pueden ser triturados. De hecho, estos cuerpos mantienen una gran capacidad de impacto contra otros residuos, provocando la rotura de los mismos.

Con referencia específica a la Figura 9, se describe a continuación el efecto que se produce en la zona 38 de tangencia entre dos rotores 30 adyacentes que giran en la dirección opuesta. En esta situación, los residuos girados por el rotor de la derecha y los residuos girados por el rotor de la izquierda entran en contacto entre sí. De hecho, la aceleración centrífuga que actúa sobre ambos tiende a hacer que se muevan unos hacia los otros. El impacto se produce entre los residuos y el borde de la esquina definida por la pared 24 lateral. De hecho, las velocidades tangenciales de los residuos propulsados desde el lado derecho y el lado izquierdo tienen el mismo módulo y la misma dirección. En este caso también, el efecto de estos impactos es el de causar una trituración rápida de los residuos. En este caso también, la eficacia de esta acción puede ser ayudada por la presencia esporádica, en el interior de la masa de residuos R a ser tratada, de cuerpos que no pueden ser triturados. De hecho, estos cuerpos mantienen una gran capacidad de impacto contra otros residuos, causando la rotura de los mismos contra el borde de la esquina.

Según una realización, la velocidad tangencial de los extremos de las cadenas 34 es igual a aproximadamente 270 km/h $\pm$ 30%, por lo tanto, la velocidad tangencial varía entre aproximadamente 190 km/h y aproximadamente 350 km/h.

En vista de los valores anteriores, el impacto que se produce entre los residuos en el interior de un molino, tal como el mostrado esquemáticamente en la Figura 8, se produce a una velocidad relativa de aproximadamente 540 km/h $\pm$ 30%, definida por la suma de las velocidades tangenciales de los residuos propulsados desde el lado derecho y el lado izquierdo; por lo tanto, la velocidad de los impactos varía entre aproximadamente 380 km/h y aproximadamente 700 km/h.

Según algunas realizaciones de la invención, las cadenas 34 pueden estar presentes en un número diferente y pueden tener formas, tamaños y pesos diferentes. Las Figuras 1 a 6 muestran sólo rotores con cuatro cadenas 34 en los que se usa un solo tipo de cadena. Por el contrario, la Figura 7 muestra de manera esquemática una serie de posibles variantes de las cadenas 34. El rotor de la izquierda usa seis cadenas, mientras que la cadena de la derecha usa ocho cadenas. Evidentemente, es posible usar diferentes números de cadenas. Tal como puede comprender fácilmente la persona con conocimientos en la materia, una consideración que surge durante la elección del número de cadenas 34 para cada rotor 30 es la de equilibrar el rotor durante la rotación para prevenir en la medida de lo posible la generación de vibraciones que pueden ser molestas o incluso pueden dar lugar a una resonancia estructural.

El rotor de la izquierda en la Figura 7 comprende también dos cadenas provistas de martillos 36 de extremo. Esta solución puede ser particularmente útil si el peso de la cadena 34 debe aumentarse sin aumentar excesivamente el tamaño de los eslabones. De esta manera, pueden aumentarse las características de inercia con relación a la capacidad de impacto sobre la masa de residuos R y la extensión durante la rotación, sin prescindir de la flexibilidad intermedia.

En comparación con las cuatro cadenas 34 sin martillos 36 de extremo del rotor de la izquierda, el rotor de la derecha comprende cuatro cadenas que son más ligeras y cuatro cadenas que son más pesadas.

Según otras realizaciones (no mostradas), en lugar de las cadenas reales con eslabones anulares, tales como las que pueden verse en las realizaciones mostradas, pueden usarse otros componentes flexibles que tienen un comportamiento similar. Con el fin de satisfacer requisitos específicos, es posible usar, por ejemplo, en lugar de cadenas apropiadas, secciones de cuerda, cable, cordón o similares. De esta manera, puede entenderse que el término "cadenas" se usa en la presente descripción en su sentido más amplio.

Otro parámetro de diseño importante para las cadenas 34 es la posición axial a lo largo del cubo 32. La Figura 2 muestra esquemáticamente un número de posibles disposiciones axiales. El rotor de la izquierda muestra claramente tres cadenas 34 a tres alturas diferentes, mientras que la cuarta cadena, debido a la posición particular del cubo 32, no es visible. Por el contrario, el rotor de la derecha muestra las cuatro cadenas, desde donde puede verse (debido a la elección particular realizada en este caso) que una cadena individual ocupa la posición más alta, una cadena individual ocupa la posición más baja, mientras que dos cadenas, que están diametralmente opuestas entre sí, comparten la posición intermedia.

El número de cadenas 34 para cada rotor 30, así como su forma, sus dimensiones, su peso y su disposición axial, pueden elegirse en función del tipo de residuo R que, en cualquier caso, debe ser procesado en el interior del molino 20.

De hecho, las cadenas 34 están conectadas al rotor 30 respectivo de una manera rígida, pero desmontable. Esta solución, además de la posibilidad de variar los parámetros de diseño de las cadenas 34 usadas durante la trituración, permite también que las cadenas 34 desgastadas o dañadas sean reemplazadas fácilmente.

Según la invención, la cámara 22 de trituración comprende también rejillas 40 adecuadas para permitir la expulsión de los residuos triturados durante el funcionamiento del molino 20. En otras palabras, la fracción de residuos que ya han sido triturados y que han alcanzado un tamaño de partícula suficientemente pequeño puede ser expulsada desde las rejillas 40

durante el funcionamiento del molino 20. Las rejillas 40 ocupan preferiblemente la parte inferior de la pared 24 lateral (como en la realización de la Figura 2) o parte del suelo 26 (no mostrado en las Figuras).

La expulsión de los residuos triturados se ve favorecida por la acción del rotor 30 y, en particular, las cadenas 34 que mueven constantemente la masa de residuos R que está siendo procesada y, en particular, imparten una aceleración centrífuga. Por lo tanto, según esta secuencia de movimientos, la masa de residuos que todavía no han sido triturados o que no pueden ser triturados presiona contra la masa de residuos ya triturados para empujarla fuera de la cámara 22 de trituración a través de las rejillas 40. Otras realizaciones posibles de la rejilla 40 se muestran en las Figuras 10 adjuntas.

La Figura 7 muestra esquemáticamente el ángulo α sobre el que se extienden las rejillas 40. Según la invención, el ángulo α puede ser, de manera ventajosa, de entre 90° y 270°. Un ángulo α más amplio permite una retirada más fácil y más rápida de los residuos ya triturados, reduciendo por lo tanto su tiempo de permanencia en el interior de la cámara 22 de trituración.

Según la invención, por ejemplo tal como se muestra en las Figuras 11 a 14, las rejillas 40 separan la cámara 22 de trituración de una o más cámaras 48 de aspiración que se mantienen bajo un vacío por medio de una planta 50 de aspiración. El suelo de las cámaras 48 de aspiración se comunica con un tornillo 52 de alimentación diseñado para eliminar los residuos ya triturados.

A continuación se explica el principio de funcionamiento de estas realizaciones del molino 20. La acción de la planta 50 de aspiración genera un flujo de aire que entra desde el exterior al interior del molino 20 desde arriba, pasa a través de las rejillas 40 y se desplaza a lo largo de las cámaras 48 de aspiración. Por lo tanto, este flujo de aire sigue la misma trayectoria prevista para los residuos R. El flujo de aire previene que las fracciones más volátiles de los residuos ya triturados permanezcan innecesariamente el interior de la cámara 22 de trituración o que puedan salir desde la parte superior del molino. De hecho, estas fracciones volátiles, sometidas en una medida mucho mayor a fuerzas aerodinámicas que a fuerzas de inercia, no se ven afectadas particularmente por las altas fuerzas centrífugas producidas por el rotor 30. Por esta razón, por medio de la acción del sistema 50 de aspiración, estas fracciones pueden ser eliminadas de manera efectiva desde la cámara 22 de trituración. Por lo tanto, los residuos R ya triturados, independientemente de si consiste en residuos pesados (extruidos por la acción centrífuga del rotor 30) o residuos ligeros (aspirados por la acción de la planta 50 de aspiración) pasan a través de las rejillas 40. Una vez expulsadas al interior de las cámaras 48 de aspiración a través de las rejillas 40, las fracciones más pesadas de los residuos R caen al interior del tornillo 52 de alimentación subyacente que las transporta a las siguientes estaciones en la planta. Por el contrario, las fracciones más ligeras pueden ser transportadas por el flujo de aire a lo largo de la cámara 48 de aspiración y, a continuación, a lo largo de la planta 50 de aspiración. Tal como se muestra esquemáticamente en la Figura 11, la planta 50 de aspiración comprende una cámara 54 de reposo en cuyo interior hay un aumento sustancial de la sección transversal del conducto a lo largo del cual se lleva a cabo la aspiración. El aumento de la sección transversal del conducto, con el mismo caudal del aire aspirado por la planta, resulta en una drástica reducción de la velocidad del flujo de aire. Esta ralentización del flujo reduce las fuerzas aerodinámicas que actúan sobre las partículas en suspensión, cuyas partículas pueden separarse entonces del flujo y pueden caer. Para las partículas todavía más ligeras y más volátiles que, en cualquier caso, son transportadas por el flujo de aire a pesar de ser ralentizadas, se proporciona un filtro 56 de bolsa aguas abajo de la cámara 54 de reposo. El filtro 56 de bolsa se mantiene funcionando de manera eficiente de una manera conocida, por ejemplo por medio de movimientos de agitación periódicos que hacen que las partículas acumuladas caigan. A continuación, las partículas transportadas por el flujo de aire y capturadas por la cámara 54 de reposo y por el filtro 56 de bolsa son transportadas entonces de nuevo al flujo principal de los residuos R ya triturados, por ejemplo, a los tornillos 52 de alimentación.

Anteriormente, se ha hecho referencia a la presencia de cuerpos no triturables dentro de la masa de residuos R que están siendo procesados. Esta presencia, aunque esporádica y a pesar de que teóricamente no es probable que ocurra debido a las disposiciones legales específicas aplicables con relación a la eliminación de residuos, sin embargo, debe ser tenida en cuenta en la fase de diseño y durante el uso de un aparato de trituración de residuos, tal como el molino 20 según la invención. En este sentido, se ha indicado anteriormente cómo la presencia de cuerpos no triturables puede favorecer, en cierta medida, la acción de rotura (debido a los impactos en la zona 38 de tangencia entre los diferentes volúmenes 28 de trituración) y la expulsión de los residuos triturados (debido a la fuerza centrífuga que actúa sobre los cuerpos no triturables y el empuje que estos últimos producen sobre la fracción triturada). Sin embargo, debe evitarse la acumulación de una cantidad excesiva de cuerpos no triturables a fin de no ocupar el volumen de trabajo ni aumentar excesivamente la carga de trabajo que actúa sobre los rotores 30. Según algunas realizaciones (véase por ejemplo la realización mostrada en la Figura 7), el molino 20 según la invención comprende al menos una trampilla 42 para permitir la retirada periódica de los cuerpos no triturables.

La Figura 7 muestra también una de las posibles configuraciones para accionar el molino 20. En la configuración particular, cada uno de los dos rotores 30 se hace girar, mediante una transmisión por correa, por medio de un motor 44 asociado.

Obviamente, otras configuraciones de accionamiento son posibles. Por ejemplo, es posible accionar más de un rotor 30 por medio de un único motor 44. Esta solución podría ser particularmente ventajosa si es necesaria para obtener una rotación sincronizada de los diversos rotores 30. Además, puede disponerse una caja de cambios entre el motor 44 y el rotor 30 de manera que sea capaz de obtener diferentes velocidades de rotación del rotor 30 dependiendo de los requisitos de procesamiento específicos.

Según la realización mostrada en la Figura 13, por el contrario, el motor 44 está contenido en el interior del cubo 12 asociado, en una configuración que se conoce comúnmente como un accionamiento directo. Esta configuración ofrece varias ventajas en comparación con las configuraciones descritas anteriormente, siendo debidas dichas ventajas, en particular, a la eliminación de cualquier forma de accionamiento mecánico. Sobre todo, el sistema es más simple y, por lo tanto, asegura un mayor grado de fiabilidad y una mayor eficiencia. La simplicidad mecánica reduce también los costes de fabricación y de gestión.

Por último, la mayor compacidad de la solución de accionamiento directo resulta en un despliegue más fácil y más racional de los otros componentes auxiliares del molino 20 y/o de la planta en su conjunto.

Obviamente, en ausencia de accionamientos mecánicos intermedios, el motor 44 debe ser capaz de impartir directamente la velocidad angular correcta al rotor 30. Por lo tanto, la velocidad de rotación del motor 44 debe ser controlada electrónicamente, de manera que pueda mantenerse dentro de los valores deseados.

Por ejemplo, en una realización del molino 20 que tiene un diámetro del rotor igual a aproximadamente 2,5 metros, con el fin de garantizar una velocidad tangencial de aproximadamente 270 km/h en los extremos de las cadenas 34, la velocidad de rotación del motor 44 debe ser de aproximadamente 573 rpm durante el funcionamiento normal.

Obviamente, según otras realizaciones con diferentes diámetros de rotor, la velocidad de rotación del motor 44 durante el funcionamiento normal debe ser diferente con el fin de poder mantener el valor de la velocidad tangencial de los extremos de las cadenas 34 dentro de los valores deseados.

Preferiblemente, el motor 44 es un "motor de par", es decir, un motor que es capaz de desarrollar un par elevado también a una velocidad de rotación baja. Generalmente, estos motores de par son motores de imanes permanentes síncronos, preferiblemente del tipo trifásico. De manera ventajosa, el ajuste de la velocidad de rotación del motor 44 puede conseguirse de una manera conocida por medio de un inversor.

Según ciertas realizaciones, la eliminación de los cuerpos no triturables es realizada por medio de la apertura automática de la trampilla 42. La apertura automática puede ser controlada, por ejemplo, por el consumo de potencia del motor 44: cuando el motor tiende hacia un consumo que excede un umbral predefinido, puede concluirse que las cadenas 34 arrastran a lo largo del suelo 26 una cantidad considerable de cuerpos no triturables. Tras alcanzar el umbral de potencia, la trampilla 42 se abre automáticamente durante unos pocos segundos, es decir, el tiempo necesario para permitir la expulsión de los cuerpos no triturables por medio de la fuerza centrífuga. El valor umbral de potencia puede ser definido en la etapa de diseño por el fabricante del molino o, de manera más ventajosa, por el usuario del molino. De esta manera, de hecho, es posible tener en cuenta las características específicas de los diferentes tipos de masa de residuos que pueden ser procesados.

Según otras realizaciones del molino 20, la apertura automática de la trampilla 42 puede ser controlada por un sistema para detectar la temperatura de la masa de residuos R en rotación. Cuando se registra un aumento de la temperatura, puede deducirse que una cierta cantidad de cuerpos no triturables está girando junto con los residuos y la fricción producida como resultado aumenta la temperatura, al menos localmente. Cuando se alcanza un umbral de temperatura o cuando se registra un gradiente umbral en el aumento de la temperatura, la trampilla 42 se abre automáticamente durante unos pocos segundos, es decir, el tiempo necesario para permitir la expulsión de los cuerpos no triturables por medio de la fuerza centrífuga. El umbral de temperatura y/o su gradiente umbral pueden ser definidos en la etapa de diseño por el fabricante del molino o, de manera más ventajosa, por el usuario del molino. De esta manera, de hecho, es posible tener en cuenta las características específicas de los diferentes tipos de masa de residuos que pueden ser procesadas.

Según otras realizaciones del molino 20, la apertura automática de la trampilla 42 puede ser controlada por un algoritmo que tiene en cuenta el consumo de potencia del motor 44, la temperatura de los residuos R y/o el gradiente de temperatura.

La presente invención se refiere también a una planta para el reciclaje de energía a partir de residuos. La planta comprende un molino 20 según la descripción anterior y un quemador adecuado para una combustión óptima del CDR producido por el molino. El quemador es del tipo ampliamente conocido en el sector del reciclaje de energía a partir de residuos y, en particular, CDR.

A la luz de la descripción anterior, será evidente para la persona con conocimientos en la materia cómo el molino 20 y la planta según la invención son capaces de superar la mayoría de las desventajas indicadas anteriormente con referencia a

la técnica anterior.

En particular, será evidente cómo el molino 20 según la presente invención es adecuado para triturar diferentes tipos de residuos. De hecho, es particularmente adecuado para triturar RSU, pero también es adecuado para RAEE y otros tipos de residuos sólidos.

5 También será evidente cómo el molino 20 según la presente invención tiene una eficiencia energética que es decididamente mayor que la de los molinos de tipo conocido. En este sentido, debería tenerse en cuenta que un estudio específico llevado a cabo por el presente solicitante ha cuantificado un gasto energético típicamente de menos de 80 kW por cada tonelada de residuos convertidos a partir de RSU en CDR con un tamaño de partícula fina (menos de 5 mm).

10 Además, será evidente cómo el molino 20 según la invención tiene una estructura simple y fuerte que es capaz de resistir la presencia de material no triturable.

También será evidente cómo con la planta según la presente invención es posible conseguir un reciclaje fácil y eficiente de energía a partir de residuos, en particular RSU.

15 Finalmente, la presente invención proporciona un molino que permite una reducción en el contenido bacteriano presente en el RSU tratado en su interior. De hecho, la presencia de RSU en el interior de la cámara de trituración y la cantidad de energía mecánica usada por el mismo causan un aumento gradual de su temperatura, de una manera similar a la ya descrita en conexión con los molinos de tipo conocido. En el molino según la invención, sin embargo, la fácil expulsión de los cuerpos no triturables y el mezclado continuo conseguido por las cadenas limitan drásticamente los picos de temperatura y, al mismo tiempo, distribuyen el calor dentro de toda la masa de RSU que está siendo procesada. La temperatura se establece generalmente en el intervalo de aproximadamente 60 a 80° C, por lo tanto, sin ningún problema en lo que respecta al ablandamiento de las fracciones termoplásticas y la consiguiente obstrucción de las rejillas. Por el contrario, el efecto que dicho calentamiento tiene sobre el RSU es el de un tratamiento similar a la pasteurización, es decir un tratamiento en el que el contenido bacteriano se reduce drásticamente (en aproximadamente el 90%).

20 La realización que comprende dos rotores 30 (mostrada por ejemplo en las Figuras 1, 2, 7 a 9, y 11 a 14) es la realización básica del molino 20. Asegura todas las ventajas indicadas anteriormente y por lo tanto representa una mejora sustancial en comparación con los molinos de tipo conocido. La realización que comprende tres rotores en línea (mostrada por ejemplo en las Figuras 3 y 12) representa una mejora adicional. A la luz de la explicación del mecanismo para romper los residuos en el interior del molino 20, de hecho, será evidente para la persona con conocimientos en la materia cómo con el molino de tres rotores, que tiene dos zonas 38 de tangencia en lugar una, es posible tratar sustancialmente el doble de la cantidad de residuos que la tratada con el molino básico con dos rotores. También será evidente cómo esta realización es particularmente eficaz, ya que, aunque hay un aumento en el tamaño y el número de componentes en comparación con la versión de dos rotores, la capacidad de eliminación que puede conseguirse con la misma es significativamente mayor.

25 Otras realizaciones con tres rotores pero con varias zonas 38 de tangencia (tales como por ejemplo las ilustradas en las Figuras 4 y 5) o también otras realizaciones con más de tres rotores (tales como por ejemplo la ilustrada en la Figura 6) son, por el contrario, menos ventajosas, debido principalmente a los problemas logísticos encontrados durante el transporte y la instalación y asociados a sus dimensiones globales.

30 Tal como ya se ha mencionado anteriormente, en las plantas de tipo conocido, con el fin de procesar los residuos R a fin de obtener la producción de CDR, se prevé una serie de varias máquinas: una trituradora primaria (que rompe inicialmente los residuos R en trozos de tamaño más grandes), una trituradora secundaria provista de cuchillas situadas más cerca entre sí con el fin de reducir el tamaño de las piezas, y, finalmente, una trituradora de cuchillas para obtener el tamaño de partícula final de aproximadamente 25 mm.

Sin embargo, este tamaño de partícula es relativamente grueso y, por lo tanto, con el fin de conseguir una combustión eficiente, el CDR debe ser usado junto con una cantidad porcentual mayor (65-80%) de polvo de carbón.

35 En el molino según la presente invención, por el contrario, la producción de CDR se realiza en un solo paso. En otras palabras, el molino según la invención es capaz de procesar la masa de residuos como tal, es decir, tal como es suministrada por los servicios de recogida de residuos, sin ningún tratamiento intermedio. Independientemente del tamaño de los residuos R entrantes, el molino según la invención individualmente es capaz de conseguir la pulverización apropiada de los mismos: la mayor parte del CDR extraído tiene una consistencia y tamaño pulverulentos y/o filamentosos.

40 Los ensayos específicos realizados por el presente solicitante han demostrado que, en promedio, más del 80% del material en la salida del molino tiene dimensiones características de menos de 1 mm.

El porcentaje restante tiene dimensiones que son ligeramente más grandes y sólo ocasionalmente llegan a 5 mm. Obviamente, dichos datos tienen un valor de carácter simplemente estadístico; pueden determinarse ligeras variaciones

en los resultados por la naturaleza y las características de los residuos R entrantes.

Precisamente, es debido a esta consistencia y tamaño pulverulentos y/o sin fibras que el CDR producido por el molino según la invención es capaz de asegurar una combustión óptima hasta el punto de ser capaz de reemplazar el polvo de carbón hasta en un 100%.

- 5 Este resultado, junto con el gasto energético limitado necesario para conseguirlo, es tal que el molino 20 según la invención representa una solución decididamente ventajosa en comparación con las plantas de tipo conocido.

Con relación a las realizaciones del molino 20 descrito anteriormente, la persona con conocimientos en la materia, con el fin de satisfacer requisitos específicos, puede realizar modificaciones a y/o sustituir los elementos descritos con elementos equivalentes, sin apartarse por ello del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Molino (20) para triturar basura (R), que comprende:

al menos una cámara (22) de trituración definida por una pared (24) lateral y por un suelo (26), y

al menos dos rotores (30₁, 30₂) que pueden girar alrededor de ejes X₁ y X₂ sustancialmente verticales, respectivos, en el que cada uno de los rotores (30₁, 30₂) comprende un cubo (32) y una pluralidad de cadenas (34) conectadas al cubo (32) y diseñadas, durante la rotación del rotor (30), para barrer parte de la cámara (22) de trituración, caracterizado por que el molino (20) comprende además una o más

cámaras (48) de aspiración separadas de la cámara (22) de trituración por medio de rejillas (40), en el que las cámaras (48) de aspiración están adaptadas para ser mantenidas bajo un vacío por medio de una planta (50) de aspiración.

2. Molino (20) según la reivindicación 1, en el que se define un volumen (28) de trituración para cada rotor (30) mediante la interpolación axial de las circunferencias dentro de las cuales giran las cadenas (34) del rotor (30).

3. Molino (20) según la reivindicación 2, en el que la cámara (22) de trituración se obtiene de la suma neta de los volúmenes (28) de trituración de los rotores (30) individuales, de manera que no hay ninguna parte del área en planta de la cámara (22) de trituración que no esté incluida dentro de uno de los volúmenes (28) de trituración y que, por lo tanto, no se vea afectada por la rotación de al menos una cadena (34).

4. Molino (20) según una cualquiera de las reivindicaciones 2 o 3, en el que la pared (24) lateral está conformada de manera que siga con precisión el perfil de los volúmenes (28) de trituración.

5. Molino (20) según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en el que los volúmenes (28) de trituración de los diversos rotores (30) son adyacentes entre sí en pares, definiendo una zona (38) de tangencia a través de la cual los dos volúmenes (28) se comunican entre sí.

6. Molino (20) según la reivindicación anterior, en el que en las zonas (38) de tangencia no hay ningún obstáculo fijo que se oponga al paso de un cuerpo desde un volumen (28₁) de trituración de un rotor (30₁) al volumen (28₂) de trituración del rotor (30₂) adyacente.

7. Molino (20) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las cadenas (34) están conectadas al rotor (30) respectivo de una manera rígida pero desmontable.

8. Molino (20) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las rejillas (40) de la cámara (22) de trituración están diseñadas para permitir, durante el funcionamiento del molino (20), la expulsión de la fracción de residuos ya triturados que han alcanzado un tamaño de partícula suficientemente fino.

9. Molino (20) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los ejes X de rotación de los rotores 30 están fijos, uno con respecto al otro y con respecto a las paredes (24) de la cámara (22) de trituración.

10. Molino (20) según la reivindicación 1, en el que el suelo de las cámaras (48) de aspiración se comunica con un tornillo (52) de alimentación diseñado para eliminar los residuos ya triturados.

11. Molino (20) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un motor (44) para accionar de manera giratoria un rotor (30), en el que el motor (44) está contenido en el interior del cubo (32) del rotor (30).

12. Molino (20) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además al menos una trampilla (42) para permitir la retirada periódica de los componentes no triturables.

13. Molino (20) según la reivindicación anterior, que comprende además al menos un motor (44) para accionar de manera giratoria dichos al menos dos rotores (30₁, 30₂) y en el que la apertura de la trampilla (42) es controlada de manera automática en función del consumo de energía del motor (44).

14. Molino (20) según la reivindicación 12 o 13, en el que la apertura de la trampilla (42) es controlada de manera automática en función de la temperatura en la masa de residuos R en rotación.

15. Planta para el reciclaje de energía a partir de residuos (R), que comprende un molino (20) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores y un quemador diseñado para una combustión óptima del combustible derivado de residuos producido por el molino (20).

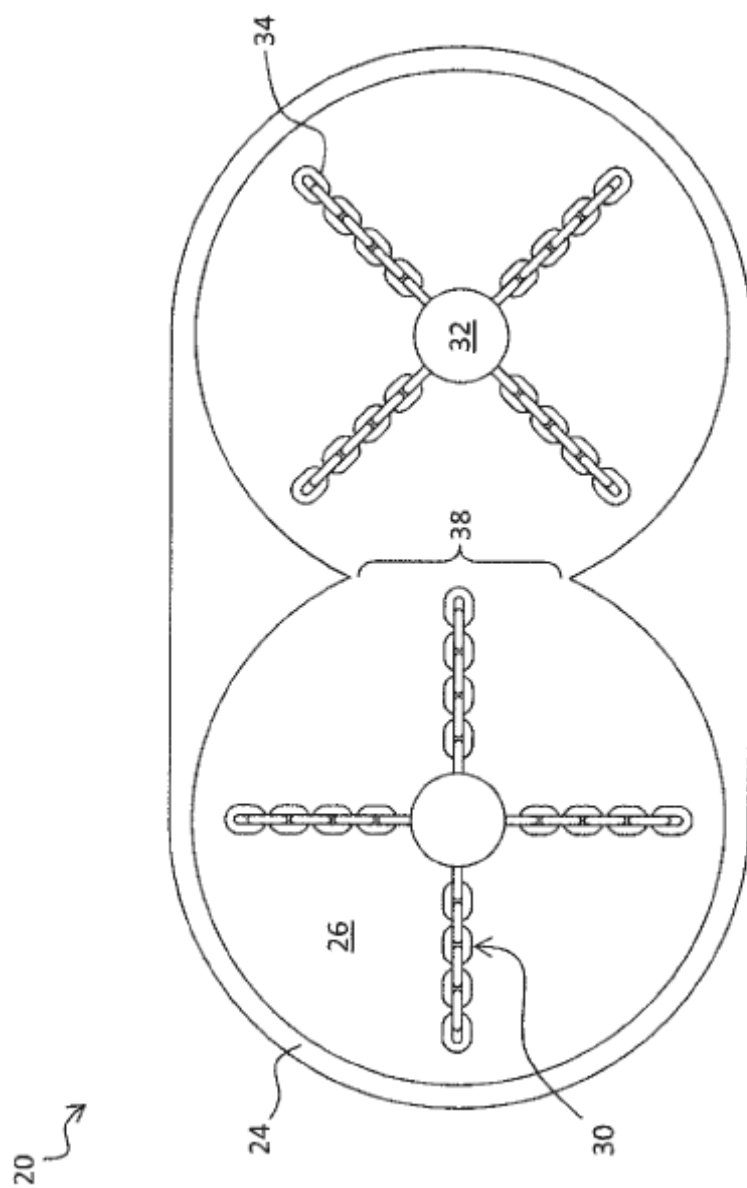


Fig. 1

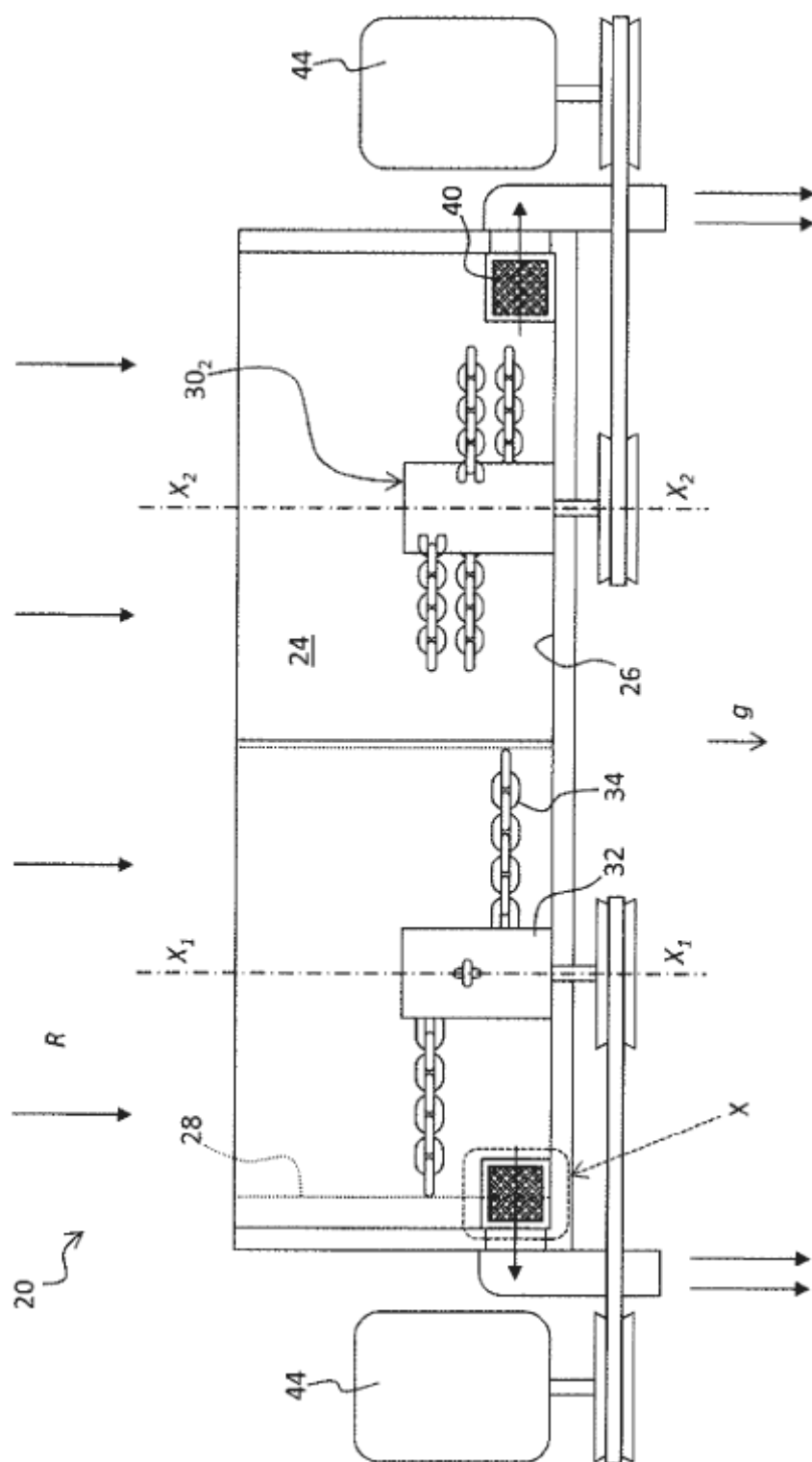


Fig. 2

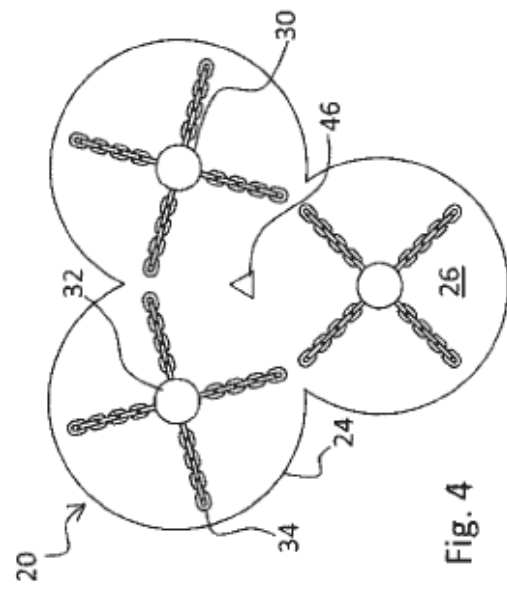


Fig. 3

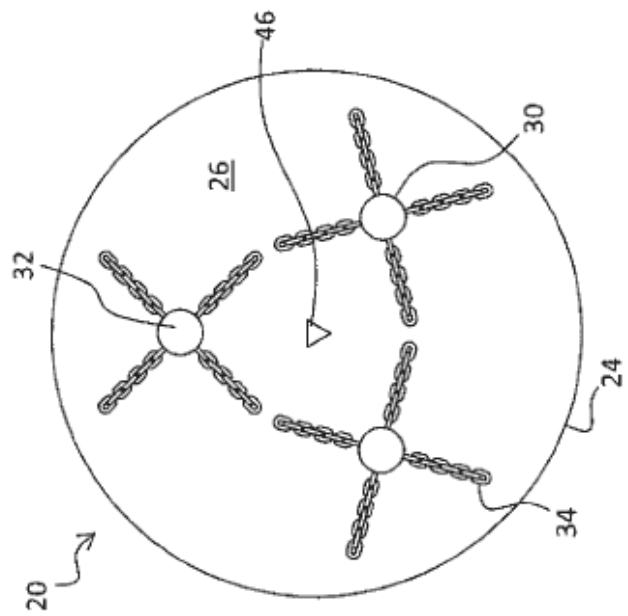


Fig. 5

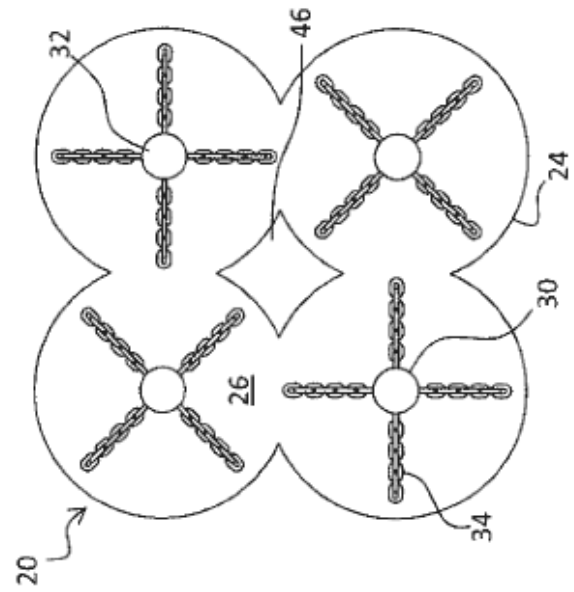


Fig. 6

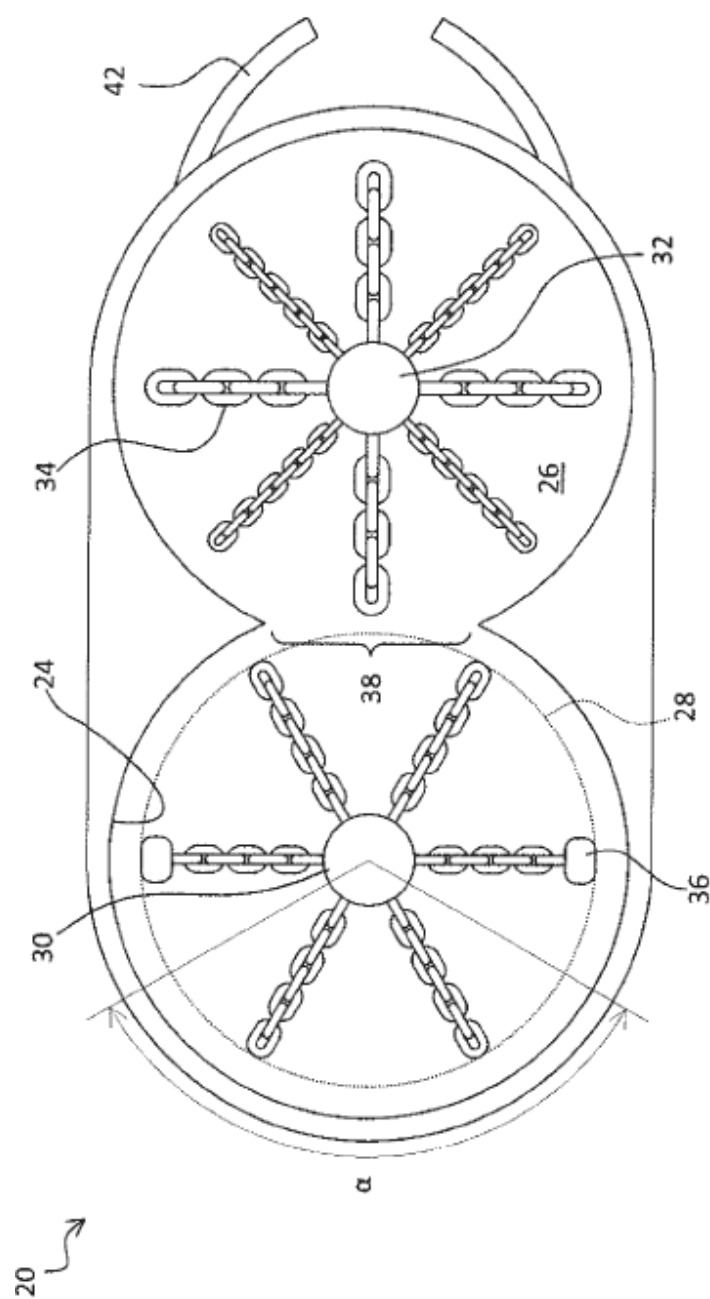


Fig. 7

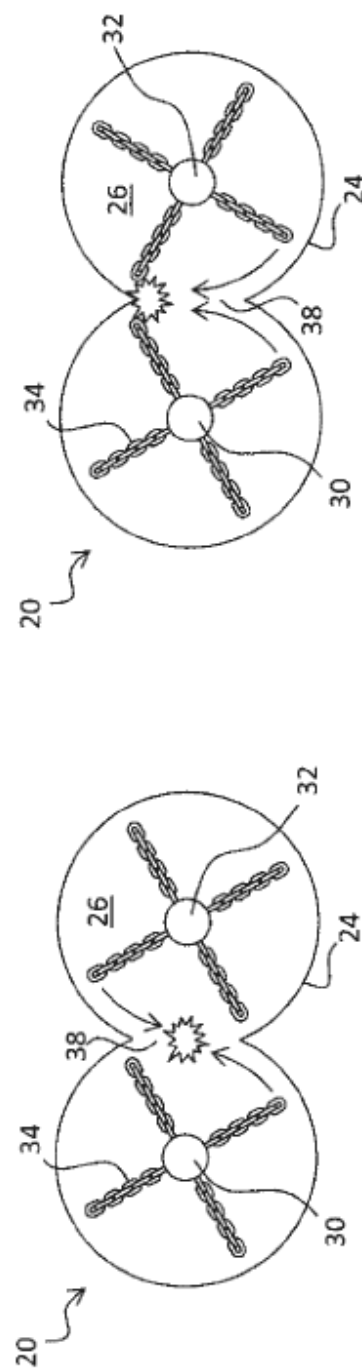


Fig. 8

Fig. 9

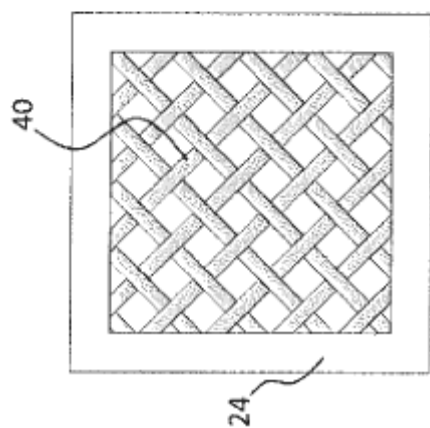


Fig. 10.a

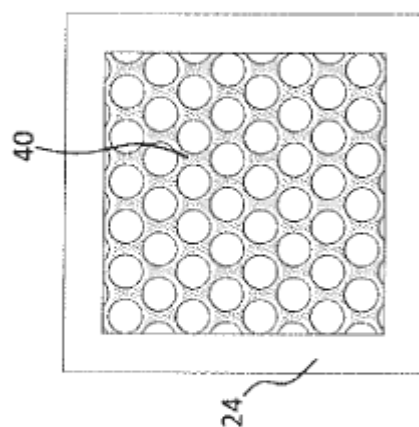


Fig. 10.b

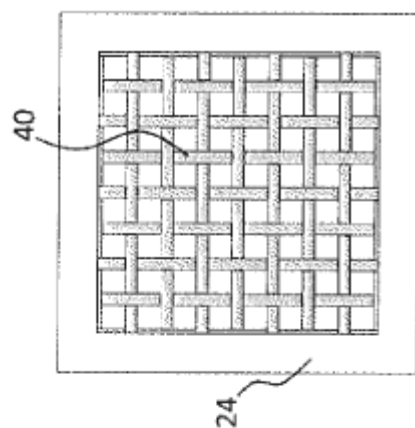


Fig. 10.c

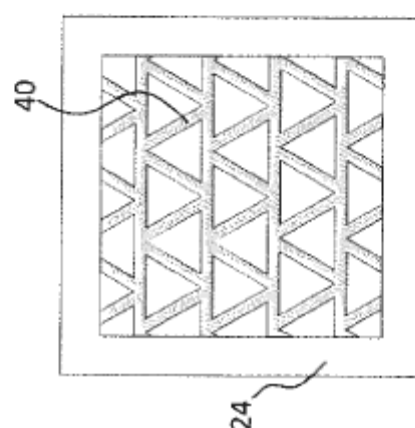


Fig. 10.d

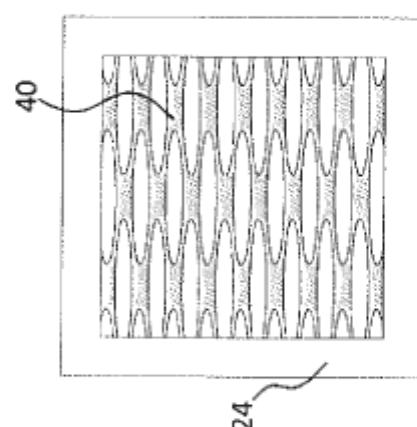


Fig. 10.e

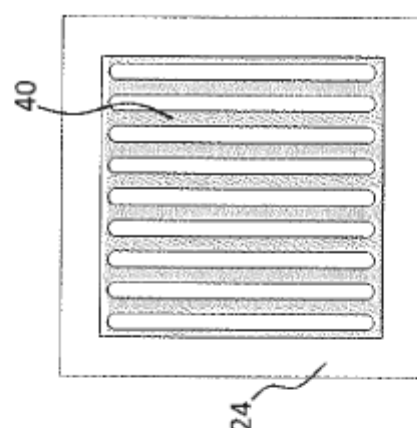


Fig. 10.f

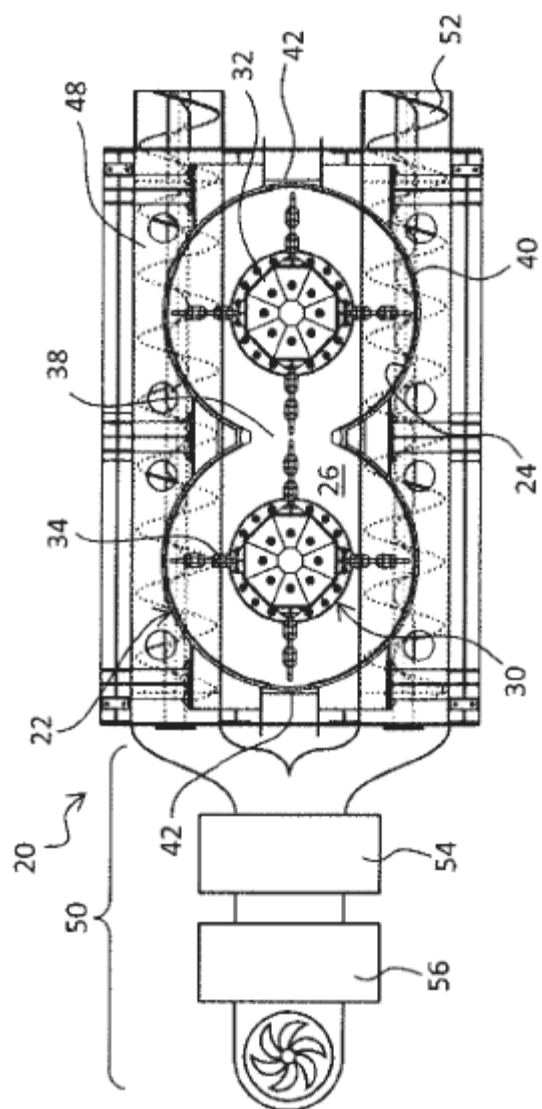


Fig. 11

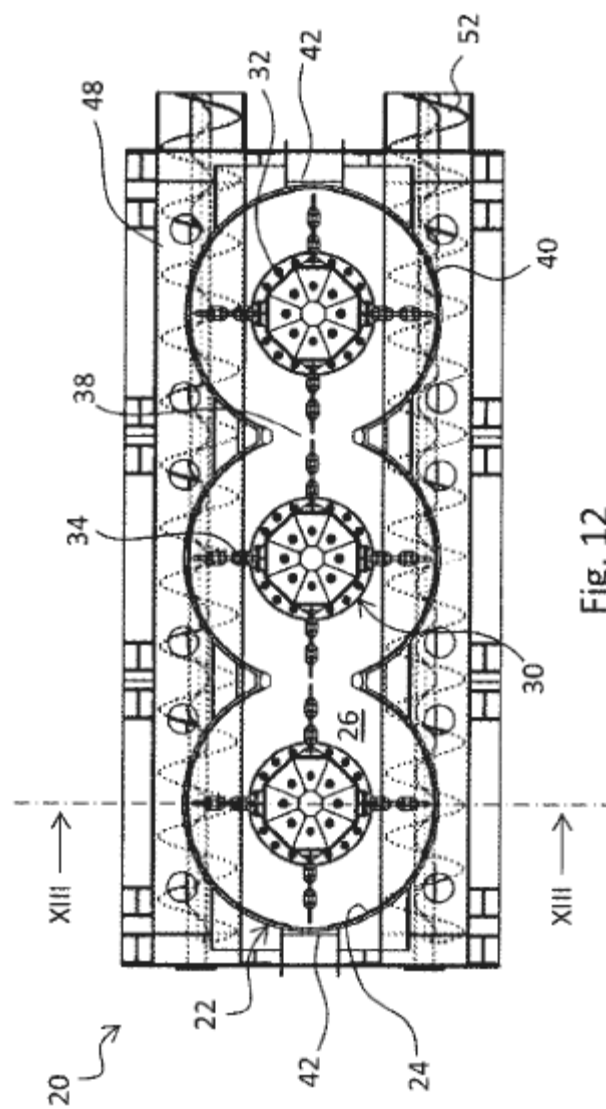


Fig. 12

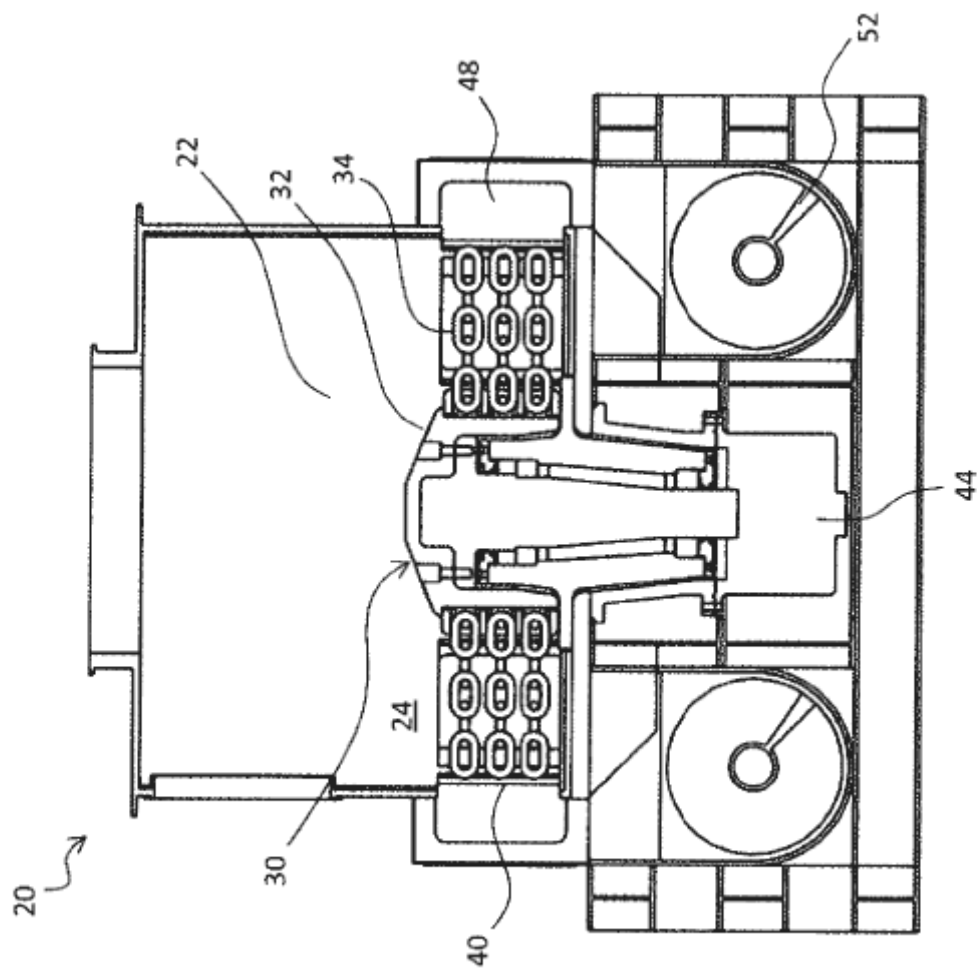


Fig. 13

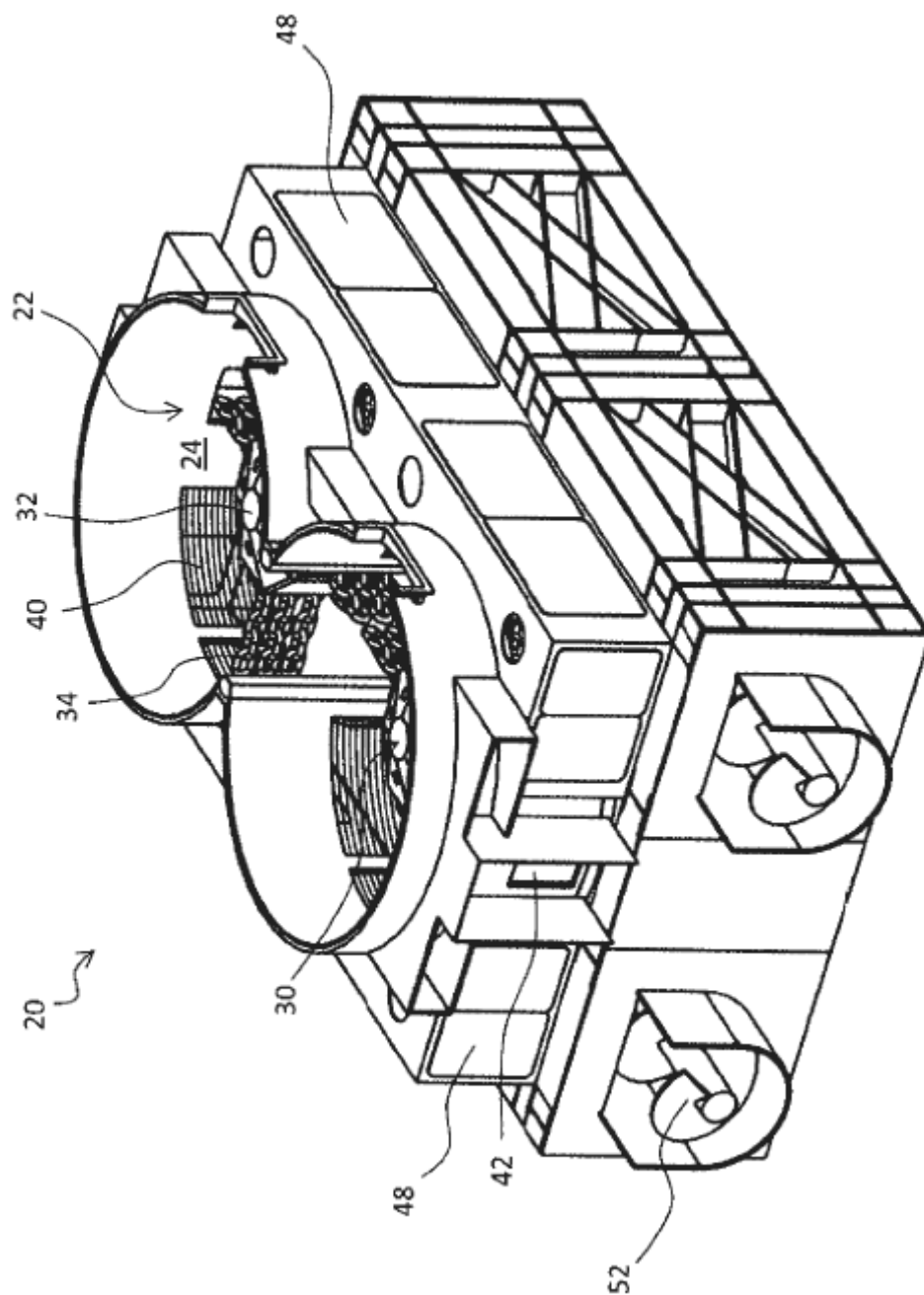


Fig. 14