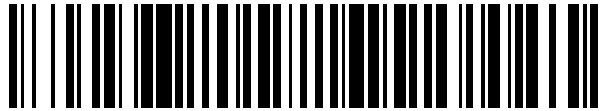


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 527 020**

51 Int. Cl.:

**B29B 7/18** (2006.01)

**B29B 7/24** (2006.01)

**B29B 7/26** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.03.2010 E 10764197 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.12.2014 EP 2409822**

54 Título: **Rotor de amasado, y máquina amasadora cerrada que comprende un par de tales rotores**

30 Prioridad:

**15.04.2009 JP 2009098660**

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

**19.01.2015**

73 Titular/es:

**KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO (100.0%)  
10-26 Wakinohama-cho 2-chome Chuo-ku Kobe-  
shi  
Hyogo 651-8585, JP**

72 Inventor/es:

**YOSHIDA, NORIFUMI;  
UEMURA, MASAOKI;  
NAKANO, HIROMI;  
HAGIWARA, KATSUNOBU;  
INOUE, KIMIO;  
NISHIDA, MIKA y  
FUKUTANI, KAZUHISA**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 527 020 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**

Rotor de amasado, y máquina amasadora cerrada que comprende un par de tales rotores

**5 Campo técnico**

La presente invención se refiere a una máquina amasadora cerrada y a un rotor de amasado para la misma.

**Antecedentes de la técnica**

10 El Documento de Patente JP 6 285 349 A desvela un tipo de engrane convencional del rotor de amasado de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1. En el rotor de amasado divulgado en este Documento de Patente, la relación  $I/L$  entre la longitud  $I$  de la pala larga del rotor y la longitud  $L$  del rotor en la dirección axial se especifica como 0,6 o más, y Adicionalmente, la relación de  $a/L$  entre la longitud  $a$  en la dirección axial de la porción del rotor  
15 entre el extremo de la pala larga y el extremo del rotor en la dirección axial, y la longitud  $L$  mencionada anteriormente se especifica como 0,2 o inferior. Por lo tanto, es posible amasar un material de manera eficaz por medio de la pala larga. Adicionalmente, dado que se puede hacer que el flujo de material se ramifique desde ambos extremos de la pala larga, se eliminan las irregularidades de amasado del material.

20 En una máquina amasadora cerrada, las propiedades de fluidez del material (rendimiento de distribución) y las propiedades de cizallamiento del material (rendimiento de dispersión) son ambas factores importantes. Sin embargo, en un rotor de amasado convencional, si se aumenta el ángulo de tornillo de la pala larga, entonces, aunque se elevan las propiedades de fluidez (rendimiento de distribución), las propiedades de cizallamiento (rendimiento de dispersión) disminuyen.

**25 Divulgación de la invención**

Un objeto de la presente invención es proporcionar una máquina amasadora cerrada y un rotor de amasado que resuelvan los problemas descritos anteriormente.

30 Un objeto adicional de la presente invención es proporcionar una máquina amasadora cerrada y un rotor de amasado con excelentes propiedades de fluidez y con excelentes propiedades de cizallamiento.

35 De acuerdo con la presente invención, el objeto anterior se resuelve con un rotor de amasado que tiene las características de la reivindicación 1.

**Breve descripción de los dibujos**

40 [Figura 1] La Figura 1 es un dibujo en sección transversal esquemático de una máquina amasadora cerrada en relación con una realización de la presente invención.

[Figura 2] La Figura 2 es un diagrama del lado derecho de un rotor de amasado.

[Figura 3] La Figura 3 es un diagrama de lado frontal de un rotor de amasado (un diagrama en la dirección de la flecha A del rotor de amasado que se muestra en la Figura 2).

45 [Figura 4] La Figura 4 es un diagrama de lado trasero de un rotor de amasado (un diagrama en la dirección de la flecha B del rotor de amasado que se muestra en la Figura 2).

[Figura 5] La Figura 5 es un diagrama en planta proyectado de las secciones de amasado de un rotor de amasado.

[Figura 6] La Figura 6 es un diagrama en planta proyectado de las secciones de amasado de un primer rotor de amasado.

50 [Figura 7] La Figura 7 es un diagrama en planta proyectado de las secciones de amasado de un segundo rotor de amasado.

[Figura 8] La Figura 8 es un diagrama proyectado superpuesto de las secciones de amasado de un primer rotor de amasado y de las secciones de amasado de un segundo rotor de amasado.

[Figura 9] La Figura 9 es un diagrama del lado derecho de un primer rotor de amasado.

55 [Figura 10] La Figura 10 es un diagrama del lado derecho de un segundo rotor de amasado.

[Figura 11] La Figura 11 es un diagrama del lado derecho de un primer rotor de amasado y de un segundo rotor de amasado en un estado donde las respectivas palas largas están en un estado de acercamiento.

[Figura 12] La Figura 12 es un diagrama de lado frontal del primer rotor de amasado y del segundo rotor de amasado que se muestran en la Figura 11.

60 [Figura 13] La Figura 13 es un diagrama de lado trasero del primer rotor de amasado y del segundo rotor de amasado que se muestran en la Figura 11.

[Figura 14] La Figura 14 es un diagrama en sección transversal esquemática en la posición G-G' en la Figura 8 de los dos rotores de amasado en un estado inmediatamente antes del acercamiento mutuo de las palas largas.

65 [Figura 15] La Figura 15 es un diagrama en sección transversal esquemática que muestra un estado donde el giro de los rotores de amasado ha avanzado desde el estado de la Figura 14.

[Figura 16] La Figura 16 es un diagrama en sección transversal esquemática que muestra un estado donde el

giro de los rotores de amasado ha avanzado más desde el estado de la Figura 15.

[Figura 17] La Figura 17 es un diagrama en sección transversal esquemática que muestra un estado donde el giro de los rotores de amasado ha avanzado más desde el estado de la Figura 16.

5 [Figura 18] La Figura 18 es un diagrama ampliado de un diagrama en sección transversal esquemática de un estado de acercamiento de las palas largas de los dos rotores de amasado que se muestra en la Figura 15.

[Figura 19] La Figura 19 es un gráfico que muestra la correlación entre la temperatura de salida del material amasado y el valor  $\Delta G'$  de acuerdo con la presente realización.

La Figura 20 es un gráfico que muestra la correlación entre el ángulo de tornillo de la pala del rotor de amasado y la salida de extrusión del material amasado de acuerdo con la presente realización.

10 [Figura 21] La Figura 21 es un gráfico que muestra las propiedades de mezclado con respecto al ángulo de tornillo de la pala, de acuerdo con se ha investigado por una prueba de perlas.

[Figura 22] La Figura 22 es un diagrama proyectado superpuesto de las secciones de amasado de un par de rotores de amasado en relación con un ejemplo de modificación.

15 [Figura 23] La Figura 23 es un diagrama proyectado superpuesto de las secciones de amasado de un par de rotores de amasado en relación con un ejemplo de comparación.

### Modo de realizar la invención

(Composición general)

20

A continuación, una realización de la presente invención se describirá con referencia a los dibujos.

Una máquina amasadora cerrada 80 es un mezclador discontinuo biaxial, que se utiliza para amasar un material inicial de caucho, por ejemplo. La máquina amasadora cerrada 80 comprende una carcasa 70, una puerta de caída 73, un par de rotores de amasado (un primer rotor de amasado 1 y un segundo rotor de amasado 5), un tubo de suministro de material 77, un cilindro de presión neumática 78, y un peso flotante 74.

25

La carcasa 70 es una sección del cuerpo principal de la máquina amasadora cerrada 80 y se fabrica de metal. La carcasa 70 está soportada por una plataforma de soporte de metal. Dos cámaras (cámaras de amasado) 70s se forman dentro de la carcasa 70. Las respectivas cámaras 70s se forman en una forma hueca con una sección transversal aproximadamente circular.

30

Un puerto de suministro de material 71 para suministrar el material que se tiene que amasar hasta el interior de las cámaras 70s se proporciona en la porción superior de la carcasa 70, y un puerto de descarga de material 72 para descargar el material que ha amasado dentro de las cámaras 70s se proporciona en la porción inferior de la carcasa 70. El puerto de descarga de material 72 se forma de manera que se extiende a lo largo de la dirección axial D del rotor de amasado (una dirección perpendicular al plano del dibujo de la Figura 1, y la dirección indicada por flecha D en otros dibujos). Dentro de la carcasa 70, el puerto de suministro de material 71, las dos cámaras 70s y el puerto de descarga de material 72 están mutuamente conectadas.

35

40

Un par de rotores de amasado fabricados de material metálico se alojan en las dos cámaras 70s. El par de rotores de amasado se hacen girar, respectivamente, en direcciones opuestas entre sí (véase direcciones de las flechas F, F' en la Figura 1) mediante la aplicación de una fuerza de accionamiento desde un motor (no ilustrado).

45

La puerta de caída 73 se fabrica de metal y funciona como un miembro de tapa para cerrar el puerto de descarga de material 72 de la carcasa 70. La puerta de caída 73 se proporciona de manera que sea móvil en la dirección hacia arriba/hacia abajo. La puerta de caída 73 se baja cuando el puerto de descarga de material 72 se tiene que abrir, y la puerta de caída 73 se sube cuando el puerto de descarga de material 72 se tiene que cerrar.

50

El tubo de suministro de material 77 se extiende en la dirección hacia abajo/hacia arriba por encima de la carcasa 70, y el espacio interno del tubo de suministro de material 77 se conecta al puerto de suministro de material 71. Adicionalmente, una tolva 76 se proporciona en el tubo de suministro de material 77. El peso flotante 74 se dispone dentro del tubo de suministro de material 77. El peso flotante 74 se fija al extremo inferior de un vástago de pistón 75 y es móvil en la dirección hacia arriba/hacia abajo junto con el vástago de pistón 75.

55

Un cilindro de presión neumática 78 se proporciona por encima del tubo de suministro de material 77. Un pistón 78s está provisto en el interior del cilindro de presión neumática 78, y el pistón 78s se fija al extremo superior del vástago de pistón 75. Cuando el peso flotante 74 desciende debido a la acción del cilindro de presión neumática 78, el material que se tiene que amasar que se ha suministrado desde la tolva 76 se suministra al interior de la cámara 70s.

60

(Rotores de amasado)

A continuación, se describirá el par de rotores de amasado (primer rotor de amasado 1 y segundo rotor de amasado 5). El par de rotores de amasado se alojan en las cámaras (cámara de amasado 70s) dentro de la carcasa 70 y se disponen mutuamente en paralelo. Adicionalmente, el par de rotores de amasado están rotores de tipo engranado.

65

Los respectivos rotores de amasado se hacen girar en direcciones mutuamente diferentes. Más específicamente, el primer rotor de amasado 1 se hace girar en la dirección de giro F (véase dirección de la flecha F en los dibujos) y el segundo rotor de amasado 5 se hace girar en la dirección de giro F' (véase dirección de la flecha F' en los dibujos).

- 5 El primer rotor de amasado 1 comprende una sección de rotor 10, un eje de giro 10j, y un eje de giro 10k (véase Figura 2 y Figura 9). La sección de rotor 10 se instala en el eje de giro 10j y en el eje de giro 10k, y la sección de rotor 10, el eje de giro 10j y el eje de giro 10k se disponen coaxialmente. Un eje de giro 10j se extiende a fin de proyectarse desde un extremo de la sección de rotor 10 en la dirección axial, y el otro eje de giro 10k se extiende a fin de proyectarse desde el otro extremo de la sección de rotor 10 en la dirección axial. La sección de rotor 10, el eje de giro 10j y el eje de giro 10k se fabrican de metal. El segundo rotor de amasado 5 comprende una sección de rotor 10, un eje de giro 10j y un eje de giro 10k, de manera similar al primer rotor de amasado 1 (véase Figura 10).

- 15 En el segundo rotor de amasado 5, la sección de rotor 10 se instala en una disposición opuesta con respecto al eje de giro 10j y el eje de giro 10k en comparación con la disposición de la sección de rotor 10 con respecto al eje de giro 10j y al eje de giro 10k en el primer rotor de amasado 1 (véase Figura 9 y Figura 10). Más específicamente, en el primer rotor de amasado 1, la sección de rotor 10 se instala con respecto al eje de giro 10j y al eje de giro 10k de tal manera que una pala de tamaño medio 40, que se describe en lo sucesivo, se dispone en el lado del eje de giro 10k, y una pala corta 30, que se describe en lo sucesivo, se dispone en el lado del eje de giro 10j, mientras que en el segundo rotor de amasado 5, la sección de rotor 10 se instala con respecto al eje de giro 10j y al eje de giro 10k de tal manera que una pala de tamaño medio 40, que se describe en lo sucesivo, se dispone en el lado del eje de giro 10j, y una pala corta 30, que se describe en lo sucesivo, se dispone en el lado del eje de giro 10k. Aparte de estas direcciones de disposición, las estructuras de la sección de rotor 10, del eje de giro 10j y del eje de giro 10k en el segundo rotor de amasado 5 son las mismas que las estructuras de la sección de rotor 10, del eje de giro 10j y del eje de giro 10k del primer rotor de amasado 1. La descripción proporcionada a continuación se centra principalmente en el primer rotor de amasado 1, y la descripción del segundo rotor de amasado 5 se omite. Al considerar el segundo rotor de amasado 5, la referencia a "dirección de giro F" en la descripción del primer rotor de amasado 1 se debe reescribir como "dirección de giro F'".

- 30 La sección de rotor 10 es una sección dispuesta en el interior de las cámaras 70s que amasa el material que se tiene que amasar en el interior de la cámara 70s. La sección de rotor 10 tiene un cuerpo principal de la sección de rotor en forma de barra redonda 15 instalado coaxialmente con el eje de giro 10j y el eje de giro 10k, y tres palas de amasado, en concreto, una pala larga 20 y dos palas cortas (una pala corta 30 y una pala de tamaño medio 40). La pala larga 20 y las dos palas cortas (pala corta 30 y la pala de tamaño medio 40) se proporcionan en la superficie (superficie circunferencial) del cuerpo principal de la sección de rotor 15. Por medio de estas palas de amasado, una fuerza de cizallamiento se aplica al material que se tiene que amasar que ha pasado a través de la separación en la punta. La separación en la punta es la brecha entre la porción de punta (porción de vértice de la pala de amasado) que se forma como la superficie de extremo más alejada de la pala de amasado, y la superficie interna de la carcasa 70 que forma la cámara 70s.

- 40 Adicionalmente, estas palas de amasado están formadas en una forma espiral en la dirección axial D con respecto a la sección de rotor 10, centradas alrededor del eje central de la sección de rotor 10. De esta manera, dado que las palas de amasado se forman en una forma de espiral, un flujo de material que se tiene que amasar se genera a lo largo de la dirección axial D por el giro de los dos rotores de amasado.

- 45 La Figura 8 muestra un diagrama proyectado de la sección de amasado (sección de rotor 10) del primer rotor de amasado 1 y un diagrama proyectado de la sección de amasado (sección de rotor 10) del segundo rotor de amasado 5, estos diagramas se superponen mutuamente en la misma fase. En otras palabras, las porciones respectivas de las secciones de amasado de los dos rotores de amasado 1 y 5 que se oponen mutuamente cuando se hace girar se muestran en la forma superpuesta en la Figura 8. La forma de la sección de amasado del primer rotor de amasado 1 que se muestra en la Figura 8 corresponde a la forma mostrada en la Figura 6, y la forma de la sección de amasado del segundo rotor de amasado 5 que se muestra en la Figura 8 corresponde a la forma mostrada en la Figura 7.

- 55 La forma de la sección de amasado del segundo rotor de amasado 5 que se muestra en la Figura 8 es una imagen especular de la forma mostrada en la Figura 7. Adicionalmente, en la Figura 8, las porciones incluidas en el segundo rotor de amasado 5 están etiquetadas con números de referencia subrayados. En la Figura 5 y la Figura 8, F1 representa la dirección de avance de la dirección de giro F y F2 representa la dirección de retroceso.

- 60 Por otra parte, la Figura 8 muestra diagramas proyectados superpuestos de los dos rotores 1 y 5 en un estado donde las fases del primer rotor de amasado 1 y las fases del segundo rotor de amasado 5 son coincidentes, y en este diagrama, la dirección de giro F y la dirección de giro F' coinciden entre sí.

- 65 La Figura 12 es un diagrama lateral frontal de los dos rotores de amasado 1 y 5, en otras palabras, un diagrama en la dirección de la flecha A en la Figura 11, y la Figura 13 es un diagrama lateral posterior de los dos rotores de amasado 1 y 5, en otras palabras, un diagrama en la dirección de la flecha B en la Figura 11. Más específicamente, un diagrama en la dirección de la flecha K en la Figura 12 y en la Figura 13 corresponde a la Figura 11.

La Figura 9 corresponde a un diagrama del primer rotor de amasado 1 visto en la dirección K en el estado de la Figura 12, y la Figura 10 corresponde a un diagrama del segundo rotor de amasado 5 visto en la dirección K en el estado de la Figura 12. Adicionalmente, de la Figura 5 a la Figura 13, la relación entre la posición en términos de la dirección de giro y el ángulo que indica la fase coincide en cada uno de los diagramas.

5 Las respectivas palas de amasado se describen a continuación.

(Pala larga)

10 La pala larga 20 se forma en una forma lineal en el diagrama en planta proyectado de la superficie de la sección de rotor 10 del primer rotor de amasado 1. Adicionalmente, el ángulo de tornillo  $\theta_1$  de la pala larga 20 con respecto a la dirección axial D de la sección de rotor 10 es de 50 grados (véase Figura 5). En la Figura 5, la pala larga 20 se forma a fin de extenderse desde el lado izquierdo superior hasta el lado derecho inferior. En la Figura 5, el lado izquierdo corresponde al lado del eje del rotor 10j y el lado derecho corresponde al lado del eje del rotor 10k.

15 Adicionalmente, una sección de punta 21 se forma como una superficie de amasado en la porción de vértice de pala de la pala larga 20. La sección de punta 21 se forma sustancialmente en paralelo con la superficie del cuerpo principal de la sección de rotor 15.

20 Por otra parte, se forma una primera sección de extremo 22 en la porción de extremo lateral trasera de la pala larga 20 (la porción de extremo lateral F2) en términos de la dirección de giro F (véase el círculo de trazos en la Figura 2 a la Figura 5, Figura 8 y Figura 9, y la Figura 18). Adicionalmente, se forma un primer extremo frontal 22t en el extremo frontal de la primera sección de extremo 22 (véase el círculo de trazos en la Figura 2 y Figura 3, y en la Figura 5 y Figura 18). El primer extremo frontal 22t se incluye en la primera sección de extremo 22, y la primera sección de extremo 22 tiene una anchura superior a la anchura del primer extremo frontal 22t.

30 Una superficie inclinada 29 se forma en la primera sección de extremo 22. La superficie inclinada 29 se inclina con respecto a la dirección axial D. Adicionalmente, la dirección normal a la superficie inclinada 29 se inclina hacia el lado del eje del rotor 10j con respecto a un plano virtual que es perpendicular a la dirección axial D. Por lo tanto, en la vista lateral frontal de la Figura 3, la superficie inclinada 29 es visible, pero esta superficie inclinada 29 no es visible en el diagrama de la superficie posterior de la Figura 4. La superficie inclinada 29 no tiene que formarse sobre la pala larga (véanse los ejemplos de modificación descritos a continuación).

35 Una segunda sección de extremo 23 se forma en la porción de extremo lateral delantera de la pala larga 20 (la porción de extremo lateral F1) en términos de la dirección de giro F (véase el círculo de trazos de la Figura 2 a la Figura 5, en la Figura 8 y en la Figura 10, y Figura 18). Adicionalmente, un segundo extremo frontal 23t se forma en el extremo frontal de la segunda sección de extremo 23 (véase el círculo de trazos en la Figura 4, y en la Figura 5 y en la Figura 18). El segundo extremo frontal 23t se incluye en la segunda sección de extremo 23, y la segunda sección de extremo 23 tiene una anchura superior a la anchura del segundo extremo frontal 23t.

40 Por otra parte, una primera superficie opuesta 24 se forma en la porción lateral delantera de la pala larga 20 en términos de la dirección de giro F, y una segunda superficie opuesta 25 se forma en la porción lateral delantera de la pala larga 20 en términos de la dirección de giro F (véase Figura 5). La primera superficie opuesta 24 y la segunda superficie opuesta 25 son superficies (caras laterales) que se forman entre la sección de punta 21 y la superficie del cuerpo principal de la sección de rotor 15.

En la pala larga 20, la longitud L1 de la línea central de la sección de punta 21 en la dirección axial D es superior a la mitad de la longitud total L2 del cuerpo principal de la sección de rotor 15 en la dirección axial D (véase Figura 5).

50 La longitud L4 de la pala larga 20 en la dirección de giro F (la dirección de giro F' en el segundo rotor de amasado 5) es superior a la longitud total L5 del cuerpo principal de la sección de rotor 15 en la dirección de giro F, en otras palabras, superior a la mitad de la longitud de la circunferencia del cuerpo principal de la sección de rotor 15 en una perpendicular transversal a la dirección axial D (véase Figura 5). Más específicamente, la diferencia de fase entre los respectivos extremos de la pala larga 20 en la dirección de giro F es superior a 180 grados.

55 Aquí, L1 es la longitud de la pala larga 20 en la dirección axial D y L2 es la longitud total del cuerpo principal de la sección de rotor 15 en la dirección axial D. En este caso, la relación entre L1 y L2 ( $L1/L2$ ) es igual o superior a 0,6 e inferior a 1. Adicionalmente, si a se toma como la distancia, en la dirección axial D, desde un extremo de la pala larga 20 (el extremo izquierdo de la pala larga 20 en la Figura 5 y Figura 8) hasta el extremo del cuerpo principal de la sección de rotor 15 más cercano a este extremo de la pala larga 20, entonces la relación entre a y L2 ( $a/L2$ ) es superior a 0 e igual a o inferior a 0,2. Por otra parte, si B se toma como la distancia en la dirección axial D entre el otro extremo de la pala larga 20 (el extremo derecho de la pala larga 20 en la Figura 5 y en la Figura 8) y el extremo del cuerpo principal de la sección de rotor 15 más cercano a este otro extremo de la pala larga 20, entonces  $a = b$ . O, a y b pueden ser diferentes. De acuerdo con esta composición de la pala larga 20, un amasado más eficaz del material es posible por medio de la pala larga 20, en comparación con un caso en que la pala larga es corta.

65 Adicionalmente, en esta composición de la pala larga 20, dado que el flujo de material se bifurca a fin de pasar al

lado exterior de los respectivos extremos de la pala larga 20, es posible lograr un amasado uniforme del material.

(Pala corta)

5 A continuación, se describirá la pala corta 30. La pala corta 30 se forma en una forma lineal en el diagrama en planta proyectado de la superficie del primer rotor de amasado 1. Adicionalmente, el ángulo de tornillo  $\theta_2$  de la pala corta 30 con respecto a la dirección axial D es de 50 grados (véase Figura 5). En la Figura 5, la pala corta 30 se forma a fin de extenderse desde el lado derecho superior hasta el lado izquierdo inferior, en contraste con la pala larga 20.

10 Adicionalmente, una sección de punta 31 se forma como una superficie de amasado en la porción de vértice de pala de la pala corta 30. La sección de punta 31 se forma sustancialmente en paralelo con la superficie del cuerpo principal de la sección de rotor 15.

15 Por otra parte, una superficie opuesta 32 se forma en la porción lateral delantera de la pala corta 30 en términos de la dirección de giro F. La superficie opuesta 32 es una superficie (cara lateral) que se forma entre la sección de punta 31 y la superficie del cuerpo principal de la sección de rotor 15.

20 En la pala corta 30, la longitud L3 de la línea central de la sección de punta 31 en la dirección axial D es igual o inferior a la mitad de la longitud total L2 del cuerpo principal de la sección de rotor 15 (véase Figura 5).

(Pala de tamaño medio)

25 A continuación, se describirá la pala de tamaño medio 40. La pala de tamaño medio 40 se forma en una forma lineal en el diagrama en planta proyectado de la superficie del primer rotor de amasado 1. Adicionalmente, el ángulo de tornillo  $\theta_3$  de la pala de tamaño medio 40 con respecto a la dirección axial D es de 50 grados (véase Figura 5). En la Figura 5, de manera similar a la pala larga 20, la pala de tamaño medio 40 se forma a fin de extenderse desde el lado izquierdo superior hasta el lado derecho inferior.

30 Adicionalmente, una sección de punta 41 se forma como una superficie de amasado en la porción de vértice de pala de la pala de tamaño medio 40. La sección de punta 41 se forma sustancialmente en paralelo con la superficie del cuerpo principal de la sección de rotor 15.

35 Por otra parte, una superficie opuesta 42 se forma en la porción lateral delantera de la pala de tamaño medio 40 en términos de la dirección de giro F (la porción de extremo trasera en la dirección longitudinal). La superficie opuesta 42 es una superficie (cara lateral) que se forma entre la sección de punta 41 y la superficie del cuerpo principal de la sección de rotor 15.

40 En la pala de tamaño medio 40, la longitud L3' de la línea central de la sección de punta 41 en la dirección axial D es igual o inferior a la mitad de la longitud total L2 del cuerpo principal de la sección de rotor 15 (véase Figura 5). Adicionalmente, L3' es superior a L3.

(Disposición detallada de las palas)

45 A continuación se presenta una descripción detallada de la relación posicional relativa de las palas de amasado, junto con una explicación del estado de engranaje del par de rotores de amasado, cuando el par de rotores de amasado se hacen girar en direcciones opuestas entre sí dentro de las cámaras 70s, en otras palabras, cuando el primer rotor de amasado 1 se hace girar en la dirección de giro F y el segundo rotor de amasado 5 se hace girar en la dirección de giro F'.

50 (Acercamiento A)

55 Con el giro de los dos rotores de amasado, las dos palas cortas (la pala corta 30 y la pala de tamaño medio 40) de la sección de rotor 10 del primer rotor de amasado 1 (una sección de rotor) repiten alternativamente una acción acercamiento y separación en la dirección de giro F (dirección de giro F') con respecto a la pala larga 20 de la sección de rotor 10 del segundo rotor de amasado 5 (la otra sección de rotor) (véase la región de 20° a 120° en la Figura 8). Este acercamiento (engrane) entre las dos palas cortas (30, 40) del primer rotor de amasado 1 y de la pala larga 20 del segundo rotor de amasado 5 se denomina "acercamiento A".

60 En el acercamiento A, la superficie opuesta 42 de la pala de tamaño medio 40 del primer rotor de amasado 1 y la primera superficie opuesta 24 de la pala larga 20 del segundo rotor de amasado 5 se oponen entre sí en la dirección de giro. Adicionalmente, en el acercamiento A, la superficie opuesta 32 de la pala corta 30 del primer rotor de amasado 1 y la segunda superficie opuesta 25 de la pala larga 20 del segundo rotor de amasado 5 se oponen entre sí en la dirección de giro (véase Figura 8).

65 Por otra parte, en el estado de acercamiento A, la porción central de la pala larga 20 del segundo rotor de amasado 5 (la porción central en la dirección de giro F) se intercala entre las dos palas cortas (30 y 40) del primer rotor de

amasado 1, en la dirección axial D.

(Acercamiento B)

5 Adicionalmente, con el giro de los dos rotores de amasado, las dos palas cortas (la pala corta 30 y la pala de tamaño medio 40) de la sección de rotor 10 del segundo rotor de amasado 5 (la otra sección de rotor) repiten alternativamente una acción acercamiento y separación en la dirección de giro F (dirección de giro F') con respecto a la pala larga 20 de la sección de rotor 10 del primer rotor de amasado 1 (una sección de rotor) (véase la región de 200° a 300° en la Figura 8). Este acercamiento (engrane) entre las dos palas cortas del segundo rotor de amasado 5 y la pala larga 20 del primer rotor de amasado 1 se denomina "acercamiento B".

15 En el acercamiento B, la superficie opuesta 42 de la pala de tamaño medio 40 del segundo rotor de amasado 5 y la primera superficie opuesta 24 de la pala larga 20 del primer rotor de amasado 1 se oponen mutuamente en la dirección de giro. Adicionalmente, en el acercamiento B, la superficie opuesta 32 de la pala corta 30 del segundo rotor de amasado 5 y la segunda superficie opuesta 25 de la pala larga 20 del primer rotor de amasado 1 se oponen mutuamente en la dirección de giro (véase Figura 8).

20 Adicionalmente, en el estado del acercamiento B, la porción central de la pala larga 20 del primer rotor de amasado 1 se intercala entre las dos palas cortas (30 y 40) del segundo rotor de amasado 5, en la dirección axial D.

(Acercamiento C)

25 Adicionalmente, con el giro de los dos rotores de amasado, la primera sección de extremo 22 en el lado trasero, en términos de la dirección de giro F, de la pala larga 20 de la sección de rotor 10 del primer rotor de amasado 1 (una sección de rotor) y la segunda sección de extremo 23 en el lado delantero, en términos de la dirección de giro F', de la pala larga 20 de la sección de rotor 10 del segundo rotor de amasado 5 (la otra sección de rotor) repiten alternativamente una acción de acercamiento y separación mutua (véase la región de 320° a 30° en la Figura 8). Este acercamiento entre la primera sección de extremo 22 del primer rotor de amasado 1 y la segunda sección de extremo 23 del segundo rotor de amasado 5 se denomina "acercamiento C". La porción C que está rodeada por el círculo de trazos de la Figura 8 y de la Figura 11 es la porción de acercamiento entre la primera sección de extremo 22 del primer rotor de amasado 1 y la segunda sección de extremo 23 del segundo rotor de amasado 5 en el estado de acercamiento C.

(Acercamiento D)

35 Adicionalmente, con el giro de los dos rotores de amasado, la primera sección de extremo 22 en el lado trasero, en términos de la dirección de giro F', de la pala larga 20 de la sección de rotor 10 del segundo rotor de amasado 5 (la otra sección de rotor) y la segunda sección de extremo 23 en el lado delantero, en términos de la dirección de giro F, de la pala larga 20 de la sección de rotor 10 del primer rotor de amasado 1 (una sección de rotor) repiten alternativamente una acción de acercamiento y separación mutua (véase la región de 130° a 200° en la Figura 8). Este acercamiento entre la primera sección de extremo 22 del segundo rotor de amasado 5 y la segunda sección de extremo 23 del primer rotor de amasado 1 se denomina "acercamiento D".

45 Por otra parte, los respectivos estados de acercamiento A, acercamiento B, acercamiento C y acercamiento D se producen en la secuencia, acercamiento A, acercamiento C, acercamiento B y acercamiento D, con el giro del primer rotor de amasado 1 en la dirección de giro F y el giro del segundo rotor de amasado 5 en la dirección de giro F'. Adicionalmente, la ocurrencia de los respectivos estados de acercamiento en esta secuencia se repite cíclicamente a medida que se hacen girar los dos rotores de amasado 1 y 5. En la presente realización, los acercamientos A, B, C y D no indican estados de contacto entre las palas de los dos rotores de amasado 1 y 5. En otras palabras, en los respectivos estados de acercamientos A, B, C, y D, se forma un pequeño espacio entre las respectivas palas de los dos rotores de amasado 1 y 5.

(Estado de acercamiento de palas largas)

55 A continuación, un estado de acercamiento de las palas largas, que es un estado donde las palas largas de los dos rotores de amasado se acercan entre sí, se describirá con referencia a la Figura 14 - Figura 18. La Figura 14 a la Figura 18 muestran una vista en sección transversal de las secciones de amasado de los dos rotores de amasado perpendicular a la dirección axial D, y la posición de esta sección transversal corresponde a la posición GG' en la Figura 8 y la posición HH en la Figura 11. Adicionalmente, la Figura 18 corresponde a una vista ampliada de la Figura 15.

65 Aquí, D1 es la distancia entre el eje central de la sección de rotor 10 del primer rotor de amasado 1 (una sección de rotor) y el extremo frontal de la pala larga 20 de la sección de rotor 10 (primer extremo frontal 22t), en la dirección M que une los dos ejes centrales del par de secciones de rotor 10 (véase la dirección indicada por la flecha M en la Figura 18). D2 es la distancia en esta dirección M entre el eje central de la sección de rotor 10 del segundo rotor de amasado 5 (la otra de las secciones de rotor) y el extremo frontal de la pala larga 20 de la sección de rotor 10

(segundo extremo frontal 23t). D3 es la distancia entre los ejes centrales de las secciones de rotor 10 de los dos rotores de amasado 1 y 5. En la Figura 18, la relación  $D1 + D2 > D3$  queda satisfecha.

5 En un estado que satisface la relación  $D1 + D2 > D3$  indicado anteriormente, se produce una porción de solapamiento (véase región E en la Figura 8) en la porción de extremo de la pala larga 20 del primer rotor de amasado 1 y la porción de extremo de la pala larga 20 del segundo rotor de amasado 5, en los diagramas proyectados superpuestos del par de rotores de amasado (Figura 8). El "solapamiento" se refiere a un estado donde el extremo frontal de la pala larga 20 del segundo rotor de amasado 5, que se dispone en el lado trasero, se coloca en el lado delantero del extremo posterior de la pala larga 20 del primer rotor de amasado 1 que se dispone en el lado delantero, en la dirección de giro F y en la dirección de giro F'. El "solapamiento" se refiere también, de manera similar, a un estado donde el extremo frontal de la pala larga 20 del primer rotor de amasado 1, que se dispone en el lado trasero, se coloca en el lado delantero del extremo posterior de la pala larga 20 del segundo rotor de amasado 5 que se dispone en el lado delantero, en la dirección de giro F y en la dirección de giro F'.

15 En la Figura 8, la longitud indicada por  $L_{OL}$  es la longitud de solapamiento. Adicionalmente, en una perpendicular transversal a la dirección axial D de los rotores de amasado 1 y 5 que se muestran en la Figura 18, la longitud de solapamiento es  $D1 + D2 - D3$ . El "estado de acercamiento de las palas largas" se refiere un estado donde se establece la relación  $D1 + D2 > D3$  y dónde  $(D1 + D2 - D3)$  es un máximo.

20 Antes y después del estado de acercamiento de las palas largas, la relación posicional de las palas largas 20 de los rotores de amasado 1 y 5 cambia en la secuencia que se muestra en la Figura 14, Figura 15, Figura 16 y la Figura 17, debido al giro de los dos rotores de amasado 1 y 5. El estado de acercamiento de las palas largas se produce dos veces con cada revolución de los dos rotores de amasado 1 y 5. Uno de los dos estados de acercamiento de las palas largas que ocurre se denomina primer estado de acercamiento de las palas largas y el otro se denomina segundo estado de acercamiento de las palas largas.

30 En la Figura 18, la relación  $D1 + D2 > D3$  se describe en relación con un ejemplo del primer estado de acercamiento de las palas largas (el estado de oposición A que se describe a continuación y el estado de acercamiento C descrito anteriormente), pero esta relación se establece en una manera similar en el segundo estado de acercamiento de las palas largas (el estado de oposición B que se describe a continuación y el estado de acercamiento D descrito anteriormente) también. En el segundo estado de acercamiento de las palas largas, el valor D1 en la expresión  $D1 + D2 > D3$  es la distancia en la dirección M entre el eje central de la sección de rotor 10 del segundo rotor de amasado 5 (la otra sección de rotor) y el extremo frontal de la pala larga 20 de la sección de rotor 10 (el primer extremo frontal 22t), y el valor de D2 es la distancia entre el eje central de la sección de rotor 10 del primer rotor de amasado 1 (una sección de rotor) y el extremo frontal de la pala larga 20 (el segundo extremo frontal 23t) con respecto a la dirección M.

(Oposición A)

40 En el primer estado de acercamiento de las palas largas, la primera sección de extremo 22 de la pala larga 20 del primer rotor de amasado 1 y la segunda sección de extremo 23 de la pala larga 20 del segundo rotor de amasado 5 se oponen entre sí en la dirección de giro de la sección de rotor 10 en una línea que une los respectivos ejes centrales de las secciones de rotor 10 de los dos rotores de amasado 1 y 5 (véase la línea de un solo trazo L en la Figura 18), en otras palabras, en una dirección J (véase la dirección J que se muestra por la flecha de la Figura 18) perpendicular a la línea recta L. Esto se denomina oposición A. La oposición A se produce junto con el acercamiento C.

(Oposición B)

50 En el segundo estado de acercamiento de las palas largas, la primera sección de extremo 22 de la pala larga 20 del segundo rotor de amasado 5 y la segunda sección de extremo 23 de la pala larga 20 del primer rotor de amasado 1 se oponen entre sí en la dirección de giro de la sección de rotor 10 en una línea que une los respectivos ejes centrales de las secciones de rotor 10 de los dos rotores de amasado 1 y 5 (véase la línea de un solo trazo L en la Figura 18), en otras palabras, en una dirección J (véase la dirección J que se muestra por la flecha de la Figura 18) perpendicular a la línea recta L. Esto se denomina oposición B. La oposición B se produce junto con el acercamiento D.

(Efectos beneficiosos)

60 A continuación, se describirán los efectos beneficiosos obtenidos por medio de los rotores de amasado y la máquina amasadora cerrada 80 de acuerdo con la presente realización.

65 El primer rotor de amasado 1 es un rotor de amasado de tipo engrane de una máquina amasadora cerrada 80, como se ha descrito anteriormente, y comprende una sección de rotor 10 que se dispone en una cámara 70s de la máquina amasadora cerrada 80. La sección de rotor 10 tiene un cuerpo principal de la sección de rotor 15 con una forma cilíndrica redonda, y una pala larga 20 y dos palas cortas (30, 40) proporcionadas en la superficie del cuerpo



principal de la sección de rotor 15; la longitud L4 de la pala larga 20 en la dirección de giro F de la sección de rotor 10 es superior a la mitad de la longitud total L5 del cuerpo principal de la sección de rotor 15 en la dirección de giro F. Por otra parte, la relación (L1/L2) entre la longitud L1 de la pala larga 20 en la dirección axial D de la sección de rotor 10 y la longitud total L2 del cuerpo principal de la sección de rotor 15 en la dirección axial D es igual o superior a 0,6 e inferior a 1, y la relación (a/L2) entre la distancia a en la dirección axial D de un extremo de la pala larga 20 hasta el extremo del cuerpo principal de la sección de rotor 15, y la longitud total L2 del cuerpo principal de la sección de rotor 15 en la dirección axial D es superior a 0 e igual o inferior a 0,2. Las dos palas cortas (30, 40) de la sección de rotor 10 del primer rotor de amasado 1 se disponen de tal manera que, en un caso en que la sección de rotor 10 del primer rotor de amasado 1 y la sección de rotor 10 del segundo rotor de amasado 5 se disponen mutuamente en paralelo dentro de las cámaras 70s de la máquina amasadora cerrada 80 y se hacen girar en direcciones opuestas entre sí, las dos palas cortas (30, 40) de la sección de rotor 10 del primer rotor de amasado 1 repiten una acción de acercamiento y separación en la dirección de giro F (dirección de giro F') de la sección de rotor 10 con respecto a la pala larga 20 de la sección de rotor 10 del segundo rotor de amasado 5, y en los estados de acercamiento descritos anteriormente, la pala larga 20 de la sección de rotor 10 del segundo rotor de amasado 5 se intercala en la dirección axial D entre las dos palas cortas (30, 40) de la sección de rotor 10 del primer rotor de amasado 1. Adicionalmente, la pala larga 20 del primer rotor de amasado 1 se dispone de tal manera que, en un caso donde la sección de rotor 10 del primer rotor de amasado 1 y la sección de rotor 10 del segundo rotor de amasado 5 se disponen mutuamente en paralelo dentro de las cámaras 70s de la máquina amasadora cerrada 80 y se hacen girar en direcciones opuestas entre sí, la primera sección de extremo 22 que es la porción de extremo lateral trasera de la pala larga 20 de la sección de rotor 10 del primer rotor de amasado 1 en la dirección de giro F de la sección de rotor 10 y la segunda sección de extremo 23 que es la porción de extremo lateral delantera de la pala larga 20 de la sección de rotor 10 del segundo rotor de amasado 5 en la dirección de giro F' de esa sección de rotor 10 repiten alternativamente una acción de acercamiento y separación mutua, y en el estado de acercamiento descrito anteriormente (primer estado de acercamiento de las palas largas), la primera sección de extremo 22 del primer rotor de amasado 1 y la segunda sección de extremo 23 del segundo rotor de amasado 5 se oponen entre sí en la dirección de giro F de la sección de rotor 10 (dirección J) en una línea recta L que une los ejes centrales del par de secciones de rotor 10, en una perpendicular transversal a la dirección axial D (sección transversal G-G').

En esta composición, la longitud L4 de la pala larga 20 en la dirección de giro F de la sección de rotor 10 es superior a la mitad de la longitud total L5 del cuerpo principal de la sección de rotor 15 en la dirección de giro F, y cuando las palas largas 20 del par de secciones de rotor 10 se acercan entre sí, la primera sección de extremo 22 y la segunda sección de extremo 23 de estas palas largas 20 se oponen entre sí en la dirección de giro F de la sección de rotor 10 de la recta la línea L que une los respectivos ejes centrales del par de secciones de rotor 10, en otras palabras, en una dirección perpendicular a la línea recta L que une los respectivos ejes centrales del par de secciones de rotor 10. En consecuencia, dado que las secciones de extremo mutuamente opuestas de las palas largas 20 del par de secciones de rotor 10 cortan la trayectoria de fugas de material dentro de las cámaras 70s, es posible reducir o eliminar la fuga de material del espacio entre las dos secciones de extremo. Por lo tanto, es posible aumentar el rendimiento de cizallamiento del material por los rotores de amasado. Adicionalmente, en la presente composición, es posible aumentar el rendimiento de cizallamiento del material por los rotores de amasado por medio de las secciones de extremo del par de palas largas 20, y por lo tanto, es posible mantener las propiedades de cizallamiento, incluso si las propiedades de fluidez del material de los rotores de amasado se elevan al aumentar el ángulo de tornillo de las palas largas 20. En consecuencia, en la presente composición, se obtiene un rotor de amasado que tiene tanto excelentes propiedades de fluidez del material como excelentes propiedades de cizallamiento del material.

Aquí, los efectos beneficiosos obtenidos por el primer rotor de amasado 1 se han descrito, pero efectos beneficiosos similares se obtienen por medio del segundo rotor de amasado 5 también. Al considerar el segundo rotor de amasado 5, la referencia a la "dirección de giro F" en la descripción de los efectos beneficiosos indicados anteriormente se debe reescribir como "dirección de giro F".

Adicionalmente, en el primer rotor de amasado 1, la pala larga 20 tiene un ángulo de tornillo de 50° con respecto a la dirección axial D. Dado que el ángulo del tornillo de la pala larga 20 es igual o superior a 50° e igual o inferior a 57°, entonces es posible suprimir de forma suficiente la variación en el rendimiento de mezcla por los rotores de amasado.

La máquina amasadora cerrada 80 comprende: una carcasa 70 en la que se proporcionan las cámaras 70s, y que tiene un puerto de suministro de material 71 dispuesta en una posición por encima de las cámaras 70s y un puerto de descarga de material 72 proporcionada en una posición por debajo de las cámaras 70s, estando las cámaras 70s herméticamente selladas por el cierre del puerto de suministro de material 71 y el puerto de descarga de material 72, y un primer rotor de amasado 1 y un segundo rotor de amasado 5 de tipo engrane alojándose en las cámaras 70s y disponiéndose mutuamente en paralelo. Por otra parte, los respectivos rotores de amasado 1 y 5 tiene, cada uno, una sección de rotor 10 y las respectivas secciones de rotor 10 tienen un cuerpo principal de la sección de rotor 15 con una forma cilíndrica redonda, una pala larga 20 y dos palas cortas (la pala corta 30 y la pala de tamaño medio 40) que se proporcionan en la superficie del cuerpo principal de la sección de rotor 15 de la sección de rotor 10. En cada sección de rotor 10, la longitud L4 de la pala larga 20 de la sección de rotor 10 en la dirección de giro F (dirección de giro F') es superior a la mitad de la longitud total L5 del cuerpo principal de la sección de rotor 15 en la

dirección de giro F (dirección de giro F'). Adicionalmente, en cada una de las secciones de rotor 10, la relación (L1/L2) entre la longitud L1 de la pala larga 20 en la dirección axial D de la sección de rotor 10 y la longitud total L2 del cuerpo principal de la sección de rotor 15 en la dirección axial D es igual o superior a 0,6 e inferior a 1, y la relación (a/L2) entre la distancia a en la dirección axial D desde un extremo de la pala larga 20 hasta el extremo del cuerpo principal de la sección de rotor 15, y la L2 longitud total del cuerpo principal de la sección de rotor 15 en la dirección axial D es superior a 0 e igual o inferior a 0,2. Las dos palas cortas (30, 40) de la sección de rotor 10 del primer rotor de amasado 1 se disponen de tal manera que, en un caso donde la sección de rotor 10 del segundo rotor de amasado 5 se hacen girar en direcciones opuestas entre sí, las dos palas cortas (30, 40) de la sección de rotor 10 del primer rotor de amasado 1 repiten alternativamente una acción acercamiento y separación en la dirección de giro F (dirección de giro F') de la sección de rotor 10 con respecto a la pala larga 20 de la sección de rotor 10 del segundo rotor de amasado 5, y en los estados de acercamiento descritos anteriormente, la pala larga 20 de la sección de rotor 10 del segundo rotor de amasado 5 se intercala en la dirección axial D entre las dos palas cortas (30, 40) de la sección de rotor 10 del primer rotor de amasado 1. Adicionalmente, la pala larga 20 del primer rotor de amasado 1 se dispone de tal manera que, en un caso donde la sección de rotor 10 del primer rotor de amasado 1 y la sección de rotor 10 del segundo rotor de amasado 5 se hacen girar en direcciones opuestas entre sí, la primera sección de extremo 22 que es la porción de extremo lateral trasera de la pala larga 20 de la sección de rotor 10 del primer rotor de amasado 1 en la dirección de giro F de la sección de rotor 10 y la segunda sección de extremo 23 que es la porción de extremo lateral delantera de la pala larga 20 de la sección de rotor 10 del segundo rotor de amasado 5 en la dirección de giro F' de esa sección de rotor 10 repiten alternativamente una acción de acercamiento y separación mutua, y en el estado de acercamiento descrito anteriormente (primer estado de acercamiento de las palas largas), la primera sección de extremo 22 del primer rotor de amasado 1 y la segunda sección de extremo 23 del segundo rotor de amasado 5 se oponen mutuamente en la dirección de giro F de la sección de rotor 10 (dirección J) en una línea recta L que une los ejes centrales del par de secciones de rotor 10, en una perpendicular transversal respecto de la dirección axial D.

En esta composición, la longitud L4 de la pala larga 20 en la dirección de giro de la sección de rotor 10 es superior a la mitad de la longitud total L5 del cuerpo principal de la sección de rotor 15 en la dirección de giro, y cuando las palas largas 20 del par de secciones de rotor 10 se acercan entre sí, la primera sección de extremo 22 y la segunda sección de extremo 23 de estas palas largas 20 se oponen entre sí en la dirección de giro F de la sección de rotor 10 en la línea recta L uniendo los respectivos ejes centrales del par de secciones de rotor 10, en otras palabras, en una dirección perpendicular a la línea recta L que une los respectivos ejes centrales del par de secciones de rotor 10. En consecuencia, dado que las secciones de extremo mutuamente opuestas de la larga palas 20 del par de secciones de rotor 10 cortan la trayectoria de fugas de material dentro de las cámaras 70s, es posible reducir o eliminar la fuga de material del espacio entre las dos secciones de extremo. Por lo tanto, es posible aumentar el rendimiento de cizallamiento del material por la máquina amasadora cerrada 80. Adicionalmente, en la presente composición, es posible aumentar el rendimiento de cizallamiento del material por la máquina amasadora cerrada 80 por medio de las secciones de extremo del par de palas largas 20, y por lo tanto, es posible mantener altas propiedades de cizallamiento, incluso si las propiedades de fluidez del material de la máquina amasadora cerrada 80 se elevan aumentando el ángulo de tornillo de las palas largas 20. En consecuencia, en la presente composición, se obtiene una máquina amasadora cerrada 80 que tiene tanto excelentes propiedades de fluidez del material como excelentes propiedades de cizallamiento del material.

El primer rotor de amasado 1 es un rotor de amasado de tipo engrane de una máquina amasadora cerrada 80, y comprende una sección de rotor 10 que se dispone en una cámara 70s de la máquina amasadora cerrada 80. La sección de rotor 10 tiene un cuerpo principal de la sección de rotor 15 con forma cilíndrica redonda, y una pala larga 20 y dos palas cortas (30, 40) dispuestas en la superficie del cuerpo principal de la sección de rotor 15; la longitud L4 de la pala larga 20 en la dirección de giro F de la sección de rotor 10 es superior a la mitad de la longitud total L5 del cuerpo principal de la sección de rotor 15 en la dirección de giro F. Por otra parte, la relación (L1/L2) entre la longitud L1 de la pala larga 20 en la dirección axial D de la sección de rotor 10 y la longitud total L2 de la sección de rotor 15 en la dirección axial D es igual o superior a 0,6 e inferior a 1, y el relación (a/L2) entre la distancia a en la dirección axial D desde un extremo de la pala larga 20 hasta el extremo del cuerpo principal de la sección de rotor 15, y la longitud total L2 del cuerpo principal de la sección de rotor 15 en la dirección axial D es superior a 0 e igual o inferior a 0,2. Las dos palas cortas (30, 40) de la sección de rotor 10 del primer rotor de amasado 1 se disponen de tal manera que, en un caso donde la sección de rotor 10 del primer rotor de amasado 1 y la sección de rotor 10 del segundo rotor de amasado 5 se disponen mutuamente en paralelo dentro de las cámaras 70s de la máquina amasadora cerrada 80 y se hacen girar en direcciones opuestas entre sí, las dos palas cortas (30, 40) de la sección de rotor 10 del primer rotor de amasado 1 repiten alternativamente una acción de acercamiento y separación en la dirección de giro F (dirección de giro F') de la sección de rotor 10 con respecto a la pala larga 20 de la sección de rotor 10 del segundo rotor de amasado 5, y en los estados de acercamiento descritos anteriormente, la pala larga 20 de la sección de rotor 10 del segundo rotor de amasado 5 se intercala en la dirección axial D entre las dos palas cortas (30, 40) de la sección de rotor 10 del primer rotor de amasado 1. Adicionalmente, a continuación, la pala larga 20 del primer rotor de amasado 1 se dispone de tal manera que, en un caso donde la sección de rotor 10 del primer rotor de amasado 1 y la sección de rotor 10 del segundo rotor de amasado 5 se disponen mutuamente en paralelo dentro de las cámaras 70s de la máquina amasadora cerrada 80 y se hacen girar en direcciones opuestas entre sí, la primera sección de extremo 22 que es la porción de extremo lateral trasera de la pala larga 20 de la sección de rotor 10 del primer rotor de amasado 1 en la dirección de giro F de esa sección de rotor 10 y el segundo sección de

- extremo 23 que es la porción de extremo lateral delantera de la pala larga 20 de la sección de rotor 10 del segundo rotor de amasado 5 en la dirección de giro F' de esa sección de rotor 10 repiten alternativamente una acción de acercamiento y separación mutua, y en el estado de acercamiento descrito anteriormente, la distancia D1 entre el eje central de la sección de rotor 10 del primer rotor de amasado 1 y el primer extremo frontal 22t de la pala larga 20, la distancia D2 entre el eje central del rotor la sección 10 del segundo rotor de amasado 5 y el segundo extremo frontal 23t de la pala larga 20, y la distancia D3 entre los ejes centrales del par de secciones de rotor 10, satisface la relación  $D1 + D2 > D3$ , en la dirección M que une los respectivos ejes centrales del par de secciones de rotor 10 en una perpendicular transversal a la dirección axial D (sección G-G').
- En esta composición, la longitud L4 de la pala larga 20 en la dirección de giro F de la sección de rotor 10 es superior a la mitad de la longitud total L5 del cuerpo principal de la sección de rotor 15 en la dirección de giro F, y, adicionalmente, las distancias D1, D2 y D3 en la dirección M que unen los respectivos ejes centrales del par de secciones de rotor 10 cumplen la relación  $D1 + D2 > D3$ . Por lo tanto, en los diagramas proyectados superpuestos del par de rotores de amasado 1 y 5, una porción de solapamiento mutuo se produce en la dirección de giro de las secciones de rotor 10 entre las porciones de extremo de las palas largas 20 del par de rotores de amasado 1 y 5. En otras palabras, en el diagrama proyectado superpuesto del par de rotores de amasado 1 y 5, se produce una porción donde el extremo frontal de la pala larga 20 que se dispone en el lado trasero en la dirección de giro de la sección de rotor 10 se coloca en el lado delantero del extremo posterior de la pala larga 20 que se dispone en el lado delantero en la dirección de giro de la sección de rotor 10 (véase región E en la Figura 8). En consecuencia, dado que las secciones de extremo mutuamente opuestas de las palas largas 20 del par de secciones de rotor 10 cortan la trayectoria de fugas de material dentro de las cámaras 70s, es posible reducir o eliminar la fuga de material del espacio entre las dos secciones de extremo. Por lo tanto, es posible aumentar el rendimiento de cizallamiento del material por los rotores de amasado 1 y 5. Adicionalmente, en la presente composición, es posible aumentar el rendimiento de cizallamiento del material por los rotores de amasado 1 y 5 por medio de las secciones de extremo de la par de palas largas 20, y por lo tanto, es posible mantener las propiedades de cizallamiento, incluso si las propiedades de fluidez del material de los rotores de amasado 1 y 5 se elevan aumentando el ángulo de tornillo de las palas largas 20. En consecuencia, en la presente composición, se obtiene un rotor de amasado que tiene tanto excelentes propiedades de fluidez del material como excelentes propiedades de cizallamiento del material.
- Aquí, se han descrito los efectos beneficiosos obtenidos por el primer rotor de amasado 1, pero efectos beneficiosos similares se obtienen también por medio del segundo rotor de amasado 5 también. Al considerar el segundo rotor de amasado 5, la referencia a la "dirección de giro F" en la descripción de los efectos beneficiosos indicada anteriormente se debe reescribir como la "dirección de giro F".
- La máquina amasadora cerrada 80 comprende: una carcasa 70 en la que se proporcionan cámaras 70s, y que tiene un puerto de suministro de material 71 dispuesta en una posición por encima de las cámaras 70s y un puerto de descarga de material 72 proporcionada en una posición por debajo de las cámaras 70s, estando las cámaras 70s herméticamente selladas por el cierre del puerto de suministro de material 71 y el puerto de descarga de material 72, y un primer rotor de amasado 1 y un segundo rotor de amasado 5 de tipo engrane que se alojan en las cámaras 70s y que se disponen mutuamente en paralelo. Adicionalmente, los respectivos rotores de amasado 1 y 5 tienen, cada uno, una sección de rotor 10, y las respectivas secciones de rotor 10 tienen la sección de cuerpo principal 15 con una forma cilíndrica redonda, una pala larga 20 y dos palas cortas (la pala corta 30 y la pala de tamaño medio 40) que se proporcionan en la superficie del cuerpo principal de la sección de rotor 15. En cada sección de rotor 10, la longitud L4 de la pala larga 20 de la sección de rotor 10 en la dirección de giro F (dirección de giro F') es superior a la mitad de la longitud total L5 del cuerpo principal de la sección de rotor 15 en la dirección de giro F (dirección de giro F'). Adicionalmente, en cada una de las secciones de rotor 10, la relación  $(L1/L2)$  entre la longitud L1 de la pala larga 20 en la dirección axial D de la sección de rotor 10 y la longitud total L2 del cuerpo principal de la sección de rotor 15 en la dirección axial D es igual o superior a 0,6 e inferior a 1, y la relación  $(a/L2)$  entre la distancia a en la dirección axial D desde un extremo de la pala larga 20 hasta el extremo del cuerpo principal de la sección de rotor 15, y la longitud total L2 del cuerpo principal de la sección de rotor 15 en la dirección axial D es superior a 0 e igual o inferior a 0,2. Las dos palas cortas (30, 40) de la sección de rotor 10 del primer rotor de amasado 1 se disponen de tal manera que, en un caso donde la sección de rotor 10 del primer rotor de amasado 1 y la sección de rotor 10 del segundo rotor de amasado 5 se hacen girar en direcciones opuestas entre sí, las dos palas cortas (30, 40) del primer rotor de amasado 1 repiten alternativamente una acción acercamiento y separación en la dirección de giro F (dirección de giro F') de la sección de rotor 10 con respecto a la pala larga 20 de la sección de rotor 10 del segundo rotor de amasado 5, y en los estados de acercamiento descritos anteriormente, la pala larga 20 de la sección de rotor 10 del segundo rotor de amasado 5 se intercala en la dirección axial D entre las dos palas cortas (30, 40) de la sección de rotor 10 del primer rotor de amasado 1. Adicionalmente, la pala larga 20 del primer rotor de amasado 1 se dispone de tal manera que, en un caso donde la sección de rotor 10 del primer rotor de amasado 1 y la sección de rotor 10 del segundo rotor de amasado 5 se hacen girar en direcciones opuestas entre sí, la primera sección de extremo 22 que es la porción de extremo lateral trasera de la pala larga 20 de la sección de rotor 10 del primer rotor de amasado 1 en la dirección de giro F de la sección de rotor 10 y la segunda sección de extremo 23 que es la porción de extremo lateral delantera de la pala larga 20 de la sección de rotor 10 del segundo rotor de amasado 5 en la dirección de giro F' de esa la sección de rotor 10 repiten alternativamente una acción de acercamiento y separación mutua, y en el estado de acercamiento descrito anteriormente, la distancia D1 entre el eje central de la sección de rotor 10 del primer rotor de amasado 1 y el extremo frontal de la pala larga 20 que esa sección de rotor

10, la distancia D2 entre el eje central de la sección de rotor 10 del segundo rotor de amasado 5 y el extremo frontal de la pala larga 20 de esa sección de rotor 10, y la distancia D3 entre los ejes centrales del par de las secciones de rotor 10, satisfacen la relación  $D1 + D2 > D3$  en la dirección M que une los respectivos ejes centrales del par de secciones de rotor 10, en una perpendicular transversal a la dirección axial D.

5 En esta composición, la longitud L4 de la pala larga 20 en la dirección de giro F de la sección de rotor 10 es superior a la mitad de la longitud total L5 del cuerpo principal de la sección de rotor 15 en la dirección de giro F, y, adicionalmente, las distancias D1, D2 y D3 en la dirección M que unen los respectivos ejes centrales del par de secciones de rotor 10 cumplen la relación  $D1 + D2 > D3$ . Por lo tanto, en los diagramas proyectados superpuestos del par de rotores de amasado 1 y 5, una porción de solapamiento mutuo se produce en la dirección de giro de las secciones de rotor 10 entre las porciones de extremo de las palas largas 20 del par de rotores de amasado 1 y 5. En otras palabras, en el diagrama proyectado superpuesto del par de rotores de amasado 1 y 5, se produce una porción donde el extremo frontal de la pala larga 20 que se dispone en el lado trasero en la dirección de giro de la sección de rotor 10 se coloca en el lado delantero del extremo posterior de la pala larga 20 que se dispone en el lado delantero en la dirección de giro de la sección de rotor 10 (véase región E en la Figura 8). En consecuencia, dado que las secciones de extremo mutuamente opuestas de las palas largas 20 del par de secciones de rotor 10 cortan la trayectoria de fugas de material dentro de las cámaras 70s, y por tanto es posible reducir o eliminar la fuga de material del espacio entre las dos secciones de extremo. Por lo tanto, es posible aumentar el rendimiento de cizallamiento del material por la máquina amasadora cerrada 80. Adicionalmente, en la presente composición, es posible elevar el rendimiento de cizallamiento del material por la máquina amasadora cerrada 80 por medio de las secciones de extremo del par de palas largas 20, y por lo tanto, es posible mantener altas propiedades de cizallamiento, incluso si las propiedades de fluidez del material de la máquina amasadora cerrada 80 se elevan aumentando el ángulo de tornillo de las palas largas 20. En consecuencia, en la presente composición, se obtiene una máquina amasadora cerrada 80 que tiene tanto excelentes propiedades de fluidez del material como excelentes propiedades de cizallamiento del material.

Adicionalmente, si las porciones de acercamiento de las palas de amasado son pocas en los dos rotores de amasado 1 y 5, a continuación, el material que se tiene que amasar que se fijado a las palas de amasado de uno de los rotores de amasado se mantiene unido en lugar de rasparse por las palas de amasado del otro rotor de amasado, y por lo tanto permanece en la superficie de las palas de amasado del rotor de amasado. En la presente realización, las palas de amasado de los dos rotores de amasado 1 y 5 se acercan entre sí en un mayor número de posiciones que en un rotor de amasado convencional en el que el par de palas largas no se solapan mutuamente. Más específicamente, mirando particularmente la pala larga 20 de una de las secciones de rotor 10, esto solo esta pala larga 20 se opone a las dos palas cortas (la pala corta 30 y la pala de tamaño medio 40) de la otra sección de rotor 10 en dos posiciones, sino que, adicionalmente, la pala larga 20 se opone también a la pala larga 20 de la otra sección de rotor 10 en las dos posiciones de la primera sección de extremo 22 y de la segunda sección de extremo 23 de la pala larga 20. En otras palabras, una pala larga 20 tiene porciones de acercamiento en cuatro posiciones con respecto a la otra pala larga 20. Por lo tanto, en la máquina amasadora cerrada 80, es posible restringir el material del amasado para que permanezca parcialmente unido a la superficie de las secciones de rotor 10 de los rotores de amasado y que se hace girar junto con las secciones de rotor 10 en un estado de cubrir las superficies de las secciones de rotor 10.

Como se ha descrito anteriormente, en la máquina amasadora cerrada 80 de acuerdo con la presente realización, hay un gran número de porciones de acercamiento entre las palas de amasado del par de rotores de amasado 1 y 5. Por lo tanto, una gran cantidad de material que se tiene que amasar se raspa de las superficies de los rotores de amasado en las porciones de acercamiento de las respectivas palas de amasado, y por lo tanto, una gran área de superficie de contacto de la superficie de los rotores de amasado que hace contacto con el material que se tiene que amasar se expone. Adicionalmente, dado que la frecuencia de acercamiento entre las palas de amasado del par de rotores de amasado 1 y 5 es alta, entonces el tiempo durante el que la superficie de contacto se cubre con el material que se tiene que amasar es bajo. Por consiguiente, se obtienen excelentes efectos de amasado por medio de la máquina amasadora cerrada 80.

### (Ejemplos prácticos)

55 A continuación, se describirán ejemplos prácticos de la máquina amasadora cerrada de acuerdo con la presente invención.

#### (Experimento 1)

60 En primer lugar, un experimento de material amasado que se tiene que amasar se realizó utilizando una máquina amasadora cerrada (una Kobelco BB-16) que incorpora rotores de amasado de acuerdo con el ejemplo práctico de la presente invención, y se evaluó la calidad del material después del amasado (Experimento 1). Aquí, la calidad del material se evaluó midiendo el valor de  $\Delta G'$  del material. El valor  $\Delta G'$  significa la diferencia entre el módulo elástico de almacenamiento en el caso de una pequeña deformación por distorsión del material después del amasado y el módulo elástico de almacenamiento en el caso de una gran deformación por distorsión del material después del amasado, y es un indicador utilizado para juzgar la calidad en relación con la dispersión del agente de relleno en el

material después del amasado. El módulo elástico de almacenamiento en el caso de una pequeña deformación por distorsión del material después del amasado se obtiene a partir de las propiedades viscoelásticas de una composición de caucho sin vulcanizar. Si el valor  $\Delta G'$  es pequeño, entonces la calidad del material amasado en relación a la dispersión del agente de relleno es buena. Adicionalmente,  $\Delta G'$  se representa por la diferencia en los módulos de rigidez entre un material combinado con sílice y un material que no se combina con sílice.

(Agentes componentes y PHR)

Los materiales combinados juntos como el material que se tiene que amasar en el presente experimento, y sus valores de PHR, se muestran a continuación.

S-SBR: 96  
 BR: 30  
 Sílice: 80  
 Agente de acoplamiento de sílice: 6.4  
 ZnO: 3,0  
 Ácido esteárico: 2,0  
 Aceite Aroma: 15  
 Antidegradante de caucho 6 PPD: 1,5  
 Cera antiozonante: 1,0

Las PHR (partes por cien de caucho; partes en peso) significan los pesos de los ingredientes respectivos cuando el peso de caucho es de 100. S-SBR es un caucho de estireno-butadieno polimerizado en solución y BR es un caucho de butadieno. Adicionalmente, PPD es p-fenileno diamina.

(Ejemplos Comparativos)

A continuación, se describirá un ejemplo comparativo del Experimento 1. La máquina amasadora cerrada de acuerdo con el ejemplo comparativo utiliza dos rotores de amasado (rotor de amasado 901 y rotor de amasado 905) que se muestran en el diagrama proyectado superpuesto de la Figura 23. El rotor de amasado 901 y el rotor de amasado 905 de acuerdo con el presente ejemplo comparativo comprenden, respectivamente, un cuerpo principal de la sección de rotor 915 de forma cilíndrica redonda y tres palas de amasado (una pala larga 920, una pala corta 930 y una pala de tamaño medio 940) que se proporcionan sobre la superficie de este cuerpo principal de la sección de rotor 915.

En la Figura 23, las porciones marcadas con los números de referencia 901, 905, 910, 915, 920, 921, 924, 925, 929, 930, 931, 932, 940, 941 y 942 corresponden, respectivamente, a las porciones marcadas con los números de referencia 1, 5, 10, 15, 20, 21, 24, 25, 29, 30, 31, 32, 40, 41 y 42 en la realización descrita anteriormente. Adicionalmente, en la Figura 23, los números de referencia de las porciones incluidas en el rotor de amasado 901 no están subrayados, mientras que los números de referencia de las porciones incluidas en el rotor de amasado 905 están subrayados.

En este ejemplo comparativo, la longitud de la pala larga 920 en la dirección de giro F del rotor de amasado 901 es inferior a la mitad de la longitud total del cuerpo principal de la sección de rotor 915 en la dirección de giro F. En el ejemplo comparativo, no hay porciones que se solapan en las respectivas secciones de los extremos del par de palas largas 920, como se indica dentro del círculo de trazos N de la Figura 23. La porción entre las secciones de extremo de las dos palas largas 920 que se muestran dentro del círculo de trazos N forma una trayectoria de fuga material.

Adicionalmente, en el ejemplo comparativo, los ángulos de tornillo de la pala larga 920, de la pala corta 930 y de la pala de tamaño medio 940 con respecto a la dirección axial D son los mismos que los ángulos de tornillo de las porciones correspondientes en el rotor de amasado en relación con el ejemplo práctico que se ha utilizado en el Experimento 1 descrito anteriormente. Adicionalmente, en el par de rotores de amasado del ejemplo comparativo, con el giro de los rotores de amasado, mientras que la pala larga 920 de un rotor de amasado se intercala entre las dos palas cortas del otro rotor de amasado (la pala corta 930 y la pala de tamaño medio 940) en la dirección axial D, estas dos palas cortas repiten una acción acercamiento y separación con respecto a la pala larga 920.

En la Figura 19, los resultados de amasado cuando se utiliza el primero de rotor de amasado 1 y el segundo rotor de amasado 5 del ejemplo práctico descrito anteriormente se indican mediante una línea continua, y los resultados de amasado cuando se utilizan los rotores de amasado de acuerdo con el ejemplo comparativo se indican mediante una línea de trazos. El eje vertical del gráfico es el valor de  $\Delta G'$ , y el eje horizontal es la temperatura del material amasado (temperatura de salida) cuando se descarga desde la salida de descarga de material 72.

Como se muestra en la Figura 19, los resultados del experimento de amasado indican que el valor de  $\Delta G'$  en relación con el ejemplo práctico es inferior al valor de  $\Delta G'$  en el ejemplo comparativo, en el intervalo de temperatura

del material de 155 °C a 160 °C. A partir de este resultado, de acuerdo con el presente ejemplo, se puede observar que la calidad del material amasado se mejora en comparación con el ejemplo comparativo.

5 En el caso de un material que se tiene que amasar que combina sílice, un agente de acoplamiento de sílice se combina con el fin aglutinar la sílice y el caucho, y este agente de acoplamiento de sílice reacciona con la sílice en el intervalo de temperatura del material de 140 °C a 160 °C, por ejemplo, (intervalo de alta temperatura). En consecuencia, para que la reacción entre la sílice y el agente de acoplamiento de sílice se produzca de manera eficaz, es necesario amasar la sílice y el agente de acoplamiento de sílice de manera uniforme en el intervalo de temperatura de aproximadamente 140 °C a 160 °C. Dado que el ángulo de tornillo de las tres palas de amasado del rotor de amasado (la pala larga, la pala de tamaño medio y pala corta) es igual o superior a 45 grados e igual o inferior a 61 grados, entonces es posible un amasado uniforme de la sílice y del agente de acoplamiento de sílice.

15 Adicionalmente, en el presente ejemplo práctico, la sílice se combina con el material que se tiene que amasar, pero incluso en el caso de amasar un material que se tiene que amasar que incluye una gran cantidad de otros agentes componentes (de relleno, o similares), efectos beneficiosos satisfactorios se obtienen con respecto a la capacidad de dispersión de los agentes componentes, si se utiliza la máquina amasadora cerrada que comprende los rotores de amasado de acuerdo con el ejemplo práctico.

20 (Experimento 2)

A continuación, se calculó la relación entre la salida de extrusión del material durante el amasado en la dirección axial D del rotor de amasado y el ángulo de tornillo de las palas de amasado. La salida de extrusión de material es un indicador de las características de fluido del material en la dirección axial D de los rotores de amasado en la máquina amasadora cerrada, y cuanto más alto es este valor, más altas son las características del fluido y más uniforme será el amasado del material que se puede lograr. La salida de extrusión material Q se expresa por la siguiente ecuación.

$$Q = \alpha \cdot N - (\beta \cdot \Delta P / \mu) - (\gamma \cdot \Delta P / \mu)$$

30 Q: salida de extrusión de material

N: velocidad de giro del rotor [s<sup>-1</sup>]

μ: viscosidad [Pa·s]

ΔP: cambio de presión [Pa]

α, β, γ: coeficientes en relación con la forma del rotor

35 La Figura 20 muestra los resultados del cálculo utilizando la ecuación proporcionada anteriormente. En la Figura 20, el eje vertical indica el valor relativo de la velocidad de extrusión del material, y el eje horizontal indica el ángulo de tornillo de las tres palas de amasado (pala larga, pala de tamaño medio y pala corta). Como se muestra en la Figura 20, los resultados del experimento demostraron que la salida de extrusión de material se hace más pequeña si el ángulo de tornillo de las palas de amasado se vuelve demasiado pequeño o demasiado grande. Adicionalmente, en la Figura 20, también se puede observar que la salida de extrusión de material es grande cuando el ángulo de tornillo de las palas de amasado está en el intervalo de 43° o más y 61° o inferior, y por lo tanto, las propiedades de fluidez del material aumentan en este intervalo. Adicionalmente, también se puede observar que la salida de extrusión de material es aún mayor cuando el ángulo de tornillo de las palas de amasado está en el intervalo de 47° o más y de 57° o inferior, y por lo tanto, las propiedades de fluidez del material serán aún mayor en este intervalo. La salida de extrusión de material fue máxima cuando el ángulo de tornillo de las palas de amasado estaba cerca de los 50°.

(Experimento 3)

50 A continuación, se realizó una prueba de perlas utilizando la máquina amasadora cerrada de acuerdo con la presente realización (Experimento 3). Una prueba de perlas es un experimento en el que se tiene que amasar un material de modelo en el que se han introducido un gran número de perlas y el estado de distribución (estado de fluidez) de las perlas en el material después del amasado se evalúa. Adicionalmente, este experimento se realizó con el tiempo de amasado de material, respectivamente, establecido en 30 segundos y en 40 segundos.

55 En el presente experimento, de manera similar al Experimento 1, un experimento de amasado se realizó utilizando rotores de amasado que tienen palas largas con una longitud en la dirección de giro F superior a la mitad de la longitud total de las secciones de rotor 10, estando las palas largas dispuestas de tal manera que hay porciones de solapamiento de las respectivas porciones de extremo de las palas largas de los dos rotores de amasado, y teniendo los mismos ángulos de tornillo de las respectivas palas de amasado de los rotores de amasado con respecto a la dirección axial D que los ángulos de tornillo de las respectivas palas de amasado de los rotores de amasado utilizados en el experimento 1. En este experimento amasado, después del amasado del material de modelo que contiene perlas dentro de las cámaras, el interior de las cámaras se dividió en una pluralidad de regiones con sustancialmente el mismo volumen, una cantidad prescrita del material de modelo se extrajo respectivamente de

5 cada una de estas regiones, y el número de perlas contenidas en cada uno de los materiales de modelo así extraído se midió respectivamente. Acto seguido, se calculó el número medio y la desviación típica del número medido de perlas contenidas en el material de modelo en cada una de las regiones, y el valor de la desviación típica/valor medio se determinó dividiendo la desviación típica entre el valor medio. Los resultados del cálculo se muestran en la Figura 21.

10 El eje vertical en la Figura 21 indica el valor de desviación típica/valor medio y mientras más pequeño es este valor, más uniformemente se mezclarán las perlas en el material de modelo. En otras palabras, cuanto menor es el valor de desviación típica/valor medio, mejor es la evaluación que se puede aplicar al rendimiento de distribución y al rendimiento de la mezcla de los rotores de amasado y la máquina amasadora que comprende el mismo.

15 Adicionalmente, el eje horizontal en la Figura 21 indica el ángulo de tornillo de las tres palas de amasado (la pala larga, la pala de tamaño medio y la pala corta). La línea de trazos dobles "ave 30s/40s" en la Figura 21 representa el valor medio de la "desviación típica/valor medio" cuando el tiempo de amasado es de 30 segundos y la "desviación típica/valor medio" cuando el tiempo de amasado es de 40 segundos. Este valor medio se encuentra mediante la derivación de la media aritmética del valor de la "desviación típica/valor medio" para un tiempo de amasado de 30 segundos y el valor de "desviación típica/valor medio" para un tiempo de amasado de 40 segundos, respectivamente, para diferentes ángulos de tornillo de las palas de amasado. El valor de "ave 30s/40s" se emplea en la evaluación de los resultados del experimento con el fin de evaluar los efectos de los ángulos de tornillo en las palas de amasado de los rotores de amasado, mientras que se eliminan los efectos debido al tiempo de amasado.

20 A partir de los resultados mostrados en la Figura 21, se puede observar que el valor de desviación típica/valor medio se hace más pequeño cuando el ángulo de tornillo de las palas de amasado es igual o superior a 45° e igual o inferior a 61°, y que el valor de la desviación típica/valor medio se hace drásticamente más pequeño cuando el ángulo de tornillo de las palas de amasado es igual o superior a 50° e igual o inferior a 57°. En otras palabras, se puede observar que si el ángulo de tornillo de las palas de amasado es igual o superior a 50° e igual o inferior a 57°, entonces se puede lograr un efecto particularmente notable en la variación de supresión en las propiedades de mezcla de los rotores de amasado.

25

(Ejemplo Modificación)

30 A continuación, un ejemplo de modificación de la realización descrita anteriormente se explicará con referencia a la Figura 22. En la Figura 22, las porciones que son similares a la realización descrita anteriormente se identificarán con los mismos números de referencia que las porciones correspondientes de la realización descrita anteriormente. La Figura 22 es un diagrama proyectado superpuesto de un par de rotores de amasado de acuerdo con este ejemplo de modificación. La descripción, a continuación, se centra en la porción que es diferente de la realización descrita anteriormente, y las porciones y elementos que son similares a la realización descrita anteriormente no se explican aquí. En la Figura 22, las porciones marcadas con los números de referencia 201, 205, 220, 221, 222, 222t, 224 y 225 corresponden respectivamente a las porciones marcadas con los números de referencia 1, 5, 20, 21, 22, 22T, 24 y 25 en la realización descrita anteriormente. Adicionalmente, en la Figura 22, los números de referencia de las porciones incluidas en el primer rotor de amasado 201 no están subrayados, mientras que los números de referencia de las porciones incluidas en el segundo rotor de amasado 205 están subrayados.

35

40

En el par de rotores de amasado de acuerdo con el presente ejemplo de modificación (el primer rotor de amasado 201 y el segundo rotor de amasado 205), la forma de la pala larga 220 es diferente a la forma de la pala larga 20 de acuerdo con la realización descrita anteriormente. Más específicamente, la forma de la segunda sección de extremo 23 que es la sección de extremo en el lado delantero en la dirección de giro del rotor de amasado, de la pala larga 220, es similar a la forma de la segunda sección de extremo 23 de la pala larga 20 de acuerdo con la presente realización, pero la forma de la primera sección de extremo 222 que es la sección de extremo en el lado trasero en la dirección de giro del rotor de amasado, de la pala larga 220, es diferente a la forma de la primera sección de extremo 22 de la pala larga 20 de acuerdo con la realización descrita anteriormente. En otras palabras, una superficie inclinada 29 no se forma en la primera sección de extremo 222 de la pala larga 220. Adicionalmente, la longitud de la pala larga 220 en la dirección axial D del rotor de amasado es más corta que la longitud de la pala larga 20 de acuerdo con la realización descrita anteriormente en la misma dirección. Para dar una explicación más detallada, en la primera sección de extremo 222, la porción de extremo frontal de la primera sección de extremo 22 de la realización descrita anteriormente, incluyendo la superficie inclinada 29, se elimina y la primera sección de extremo 222 es más corta que la primera sección de extremo 22 de la realización descrita anteriormente, en una cantidad correspondiente. El rotor de amasado puede tener una composición tal como la de este ejemplo de modificación. El diagrama en sección transversal del rotor de amasado en la posición PP' en la Figura 22 es similar al diagrama de la sección transversal del rotor de amasado en la posición GG' en la realización descrita anteriormente (Figura 18).

45

50

55

60

(Realizaciones adicionales)

Las realizaciones de la presente invención no se limitan a la realización ni al ejemplo de modificación descrito anteriormente. Por ejemplo, en la realización descrita anteriormente, el eje del rotor 10j y el eje del rotor 10k tienen diferentes formas, pero estos ejes de rotor pueden tener también la misma forma. Más específicamente, la forma de los dos ejes de rotor que intercalan la sección de rotor 10 puede tener formas simétricas. De acuerdo con una

65

composición de este tipo, es posible utilizar el mismo tipo de rotor de amasado para cada uno del par de rotores de amasado, mediante la alteración de la dirección de disposición solamente, y por lo tanto, el tiempo de montaje y el coste se pueden reducir.

- 5 El rotor de amasado en relación con la realización descrita anteriormente es un rotor de amasado de tipo engrane utilizado en una máquina amasadora cerrada que tiene una carcasa dentro de la que se proporciona una cámara, que comprende una sección de rotor que se dispone en la cámara. La sección de rotor tiene un cuerpo principal de la sección de rotor de forma cilíndrica redonda, y una pala larga y dos palas cortas proporcionadas en la superficie del cuerpo principal de la sección de rotor. La longitud L4 de la pala larga en la dirección de giro de la sección de rotor es superior a la mitad de la longitud total L5 del cuerpo principal de la sección de rotor en la dirección de giro. La relación (L1/L2) entre la longitud L1 de la pala larga en la dirección axial de la sección de rotor y la longitud total L2 del cuerpo principal de la sección de rotor en la dirección axial es igual o superior a 0,6 e inferior a 1, y la relación (a/L2) entre la distancia a en la dirección axial desde un extremo de la pala larga hasta el extremo del cuerpo principal de la sección de rotor, y la longitud total L2 del cuerpo principal de la sección de rotor en la dirección axial es superior a 0, e igual o inferior a 0,2. Las dos palas cortas se disponen de tal manera que, en un caso donde un par de las secciones de rotor se disponen mutuamente en paralelo dentro de la cámara de la máquina amasadora cerrada y se hacen girar en direcciones opuestas entre sí, las dos palas cortas de una de las secciones de rotor repiten alternativamente una acción de acercamiento y una acción de separación en la dirección de giro de la sección de rotor con respecto a la pala larga de la otra de las secciones de rotor, y en el estado de acercamiento, la pala larga de la otra de las secciones de rotor se intercala entre las dos palas cortas de una de las secciones de rotor en la dirección axial. Las palas largas se disponen de tal manera que, en un caso donde un par de las secciones de rotor se disponen mutuamente en paralelo dentro de la cámara de la máquina amasadora cerrada y se hacen girar en direcciones mutuamente opuestas, una sección de extremo en el lado trasero en la dirección de giro de la sección de rotor, de la pala larga de una de las secciones de rotor, y una sección de extremo en el lado delantero en la dirección de giro de la sección de rotor, de la pala larga de la otra de las secciones de rotor, repiten alternativamente mutuamente una acción de acercamiento y una acción de separación, y en el estado de acercamiento, la distancia D1 entre el eje central de una de las secciones de rotor y el extremo frontal de la pala larga de esa sección de rotor, la distancia D2 entre el eje central de la otra de las secciones de rotor y el extremo frontal de la pala larga de esa sección del rotor, y la distancia D3 entre los respectivos ejes centrales del par de secciones de rotor satisfacen la relación  $D1 + D2 > D3$  en la dirección que une los respectivos ejes centrales del par de secciones de rotor, en una perpendicular transversal a la dirección axial.

En esta composición, la longitud L4 de la pala larga en la dirección de giro de la sección de rotor es superior a la mitad de la longitud total L5 del cuerpo principal de la sección de rotor en la dirección de giro, y cuando las palas largas del par de secciones de rotor se acercan entre sí, las respectivas secciones de extremo de las palas largas se oponen entre sí en la dirección de giro de la sección de rotor en la línea que une los respectivos ejes centrales del par de secciones de rotor, en otras palabras, en una dirección perpendicular a la línea que une los respectivos ejes centrales del par de secciones de rotor. En consecuencia, dado que las secciones de extremo mutuamente opuestas de las palas largas del par de secciones de rotor cortan la trayectoria de fugas de material dentro de las cámaras, es posible reducir o eliminar la fuga de material del espacio entre las dos secciones de extremo. Por lo tanto, es posible aumentar el rendimiento de cizallamiento del material. Adicionalmente, en general, si se aumenta el ángulo de tornillo de las palas de amasado, las propiedades de cizallamiento disminuyen, pero en la presente composición, es posible aumentar las propiedades de cizallamiento del material por medio de las secciones de extremo del par de palas largas, como se ha descrito anteriormente, y por lo tanto, es posible mantener altas propiedades de cizallamiento, incluso si las propiedades de fluidez se elevan aumentando el ángulo de tornillo de la pala larga. Como se ha descrito anteriormente, de acuerdo con la presente composición, se obtiene una máquina amasadora cerrada que tiene tanto excelentes propiedades de fluidez del material como excelentes propiedades de cizallamiento del material.

- 50 Los significados de "pala larga", "un extremo de la pala larga", "dos palas cortas", "máquina amasadora cerrada", "cámara" y "una sección transversal" son los mismos que la descripción proporcionada anteriormente y son por lo tanto una explicación más detallada de los mismos se omite aquí.

Adicionalmente, la máquina amasadora cerrada en relación con la realización descrita anteriormente comprende: una carcasa en la que se proporciona una cámara, un puerto de suministro de material se proporciona en una posición encima de la cámara, un puerto de descarga de material se proporciona en una posición por debajo de la cámara, y la cámara está herméticamente sellada por el cierre del puerto de suministro de material y el puerto de descarga de material; y un par de rotores de amasado de tipo engrane alojados en la cámara y dispuestos mutuamente en paralelo. El par de rotores de amasado tienen respectivamente una sección de rotor, y cada una de las secciones de rotor tiene un cuerpo principal de la sección de rotor con una forma cilíndrica redonda, y una pala larga y dos palas cortas proporcionadas en la superficie del cuerpo principal de la sección de rotor. En cada una de las secciones de rotor, la longitud L4 de la pala larga en la dirección de giro de la sección de rotor es superior a la mitad de la longitud total L5 del cuerpo principal de la sección de rotor en la dirección de giro. En cada una de las secciones de rotor, la relación (L1/L2) entre la longitud L1 de la pala larga en la dirección axial de la sección de rotor y la longitud total L2 del cuerpo principal de la sección de rotor en la dirección axial es igual o superior a 0,6, e inferior a 1, y la relación (a/L2) entre la distancia a en la dirección axial desde un extremo de la pala larga hasta el



extremo del cuerpo principal de la sección de rotor, y la longitud total L2 de la sección de rotor en la dirección axial es superior a 0 e igual o inferior a 0,2. Las dos palas cortas se disponen de tal manera que, en un caso donde el par de secciones de rotor se hacen girar en direcciones opuestas entre sí, las dos palas cortas de una de las secciones de rotor repiten alternativamente una acción de acercamiento y una acción de separación en la dirección de giro de la sección de rotor con respecto a la pala larga de la otra de las secciones de rotor, y en el estado de acercamiento, la pala larga de la otra de las secciones de rotor se intercala entre las dos palas cortas de la una de las secciones de rotor en la dirección axial; y las palas largas se disponen de tal manera que, en un caso donde el par de secciones de rotor se hacen girar en direcciones opuestas entre sí, una sección de extremo en el lado trasero en la dirección de giro de la sección de rotor, de la pala larga de una de las secciones de rotor, y una sección de extremo en el lado delantero en la dirección de giro de la sección de rotor, de la pala larga de la otra de las secciones de rotor, repiten alternativamente mutuamente una acción de acercamiento y una acción de separación, y en el estado de acercamiento, la distancia D1 entre el eje central de una de las secciones de rotor y el extremo frontal de la pala larga de esa sección de rotor, la distancia D2 entre el eje central de la otra de las secciones de rotor y el extremo frontal de la pala larga de esa sección del rotor, y la distancia D3 entre los respectivos ejes centrales del par de secciones de rotor satisfacen la relación  $D1 + D2 > D3$  en la dirección que une los respectivos ejes centrales del par de secciones de rotor, en una perpendicular transversal a la dirección axial

En esta composición, la longitud L4 de la pala larga en la dirección de giro de la sección de rotor es superior a la mitad de la longitud total L5 del cuerpo principal de la sección de rotor en la dirección de giro, y, adicionalmente, las distancias D1, D2 y D3 en la dirección que une los respectivos ejes centrales del par de secciones de rotor satisfacen la relación  $D1 + D2 > D3$ . Por lo tanto, en los diagramas proyectados superpuestos del par de rotores de amasado, una porción de solapamiento mutuo se produce en la dirección de giro de las secciones de rotor entre las porciones de extremo de las palas largas del par de rotores de amasado. En otras palabras, en el diagrama proyectado superpuesto del par de rotores de amasado, se produce una porción donde el extremo frontal de la pala larga que se dispone en un lado trasero en la dirección de giro de la sección de rotor se coloca en el lado delantero del extremo posterior de la pala larga que se dispone en el lado delantero en la dirección de giro de la sección de rotor. En consecuencia, dado que las secciones de extremo mutuamente opuestas de las palas largas del par de secciones de rotor cortan la trayectoria de fugas de material dentro de las cámaras, es posible reducir o eliminar la fuga de material del espacio entre las dos secciones de extremo. Por lo tanto, es posible aumentar el rendimiento de cizallamiento del material. Adicionalmente, en general, si se aumenta el ángulo de tornillo de las palas de amasado, las propiedades de cizallamiento se reducen, pero en la presente composición, es posible aumentar las propiedades de cizallamiento del material por medio de las secciones de extremo del par de palas largas, como se ha descrito anteriormente, y por lo tanto es posible mantener altas propiedades de cizallamiento, incluso si las propiedades de fluidez del material se elevan aumentando el ángulo de tornillo de la pala larga. Como se ha descrito anteriormente, de acuerdo con la presente composición, se obtiene un máquina masadera cerrada que tienen tanto excelentes propiedades de fluidez del material como excelentes propiedades de cizallamiento del material.

Los significados de "pala larga", "un extremo de la pala larga", "dos palas cortas", "máquina amasadora cerrada", "cámara" y "una sección transversal" son los mismos que la descripción proporcionada anteriormente y, por lo tanto, una explicación más detallada de los mismos se omite aquí.

#### **Aplicabilidad industrial**

La presente invención se puede utilizar en una máquina amasadora cerrada para amasar un material, tal como caucho.

**REIVINDICACIONES**

1. Un rotor de amasado (1, 5) de tipo engrane para su uso en una máquina amasadora cerrada (80) que tiene una carcasa (70) en cuyo interior se proporciona una cámara (70s), que comprende una sección de rotor (10) adaptada para disponerse en la cámara (70s), donde;
- 5 la sección de rotor (10) tiene un cuerpo principal de la sección de rotor (15) con una forma cilíndrica redonda, y una pala larga (20) y dos palas cortas (30, 40) dispuestas en una superficie del cuerpo principal de la sección de rotor (15);
- 10 las dos palas cortas (30, 40) están dispuestas de tal manera que, en un caso donde un par de las secciones de rotor (10) se disponen mutuamente en paralelo dentro de la cámara (70s) de la máquina amasadora cerrada (80) y se hacen girar en direcciones opuestas entre sí, las dos palas cortas (30, 40) de una de las secciones de rotor (10) repiten alternativamente una acción de acercamiento y una acción de separación en la dirección de giro de la sección de rotor (10) con respecto a la pala larga (20) de la otra de las secciones de rotor (10), y en el estado de acercamiento, la pala larga (20) de la otra una de las secciones de rotor se intercala entre las dos palas cortas (30, 40) de una de las secciones de rotor (10) en la dirección axial; y
- 15 la pala larga (20) está dispuesta de tal manera que, en un caso donde un par de las secciones de rotor (10) se disponen mutuamente en paralelo dentro de la cámara (70s) de la máquina amasadora cerrada (80) y se hacen girar en direcciones mutuamente opuestas, una sección de extremo (22) en el lado trasero en la dirección de giro de la sección de rotor (10), de la pala larga (20) de una de las secciones de rotor (10), y una sección de extremo (23) en el lado delantero en la dirección de giro de la sección de rotor (10), de la pala larga (20) de la otra de las secciones de rotor (10), repiten alternativamente mutuamente una acción de acercamiento y una acción de separación, **caracterizada por que,**
- 20 en el estado de acercamiento, la distancia D1 entre el eje central de una de las secciones de rotor (10) y el extremo frontal de la pala larga (20) de dicha sección de rotor (10), la distancia D2 entre el eje central de la otra de las secciones de rotor (10) y el extremo frontal de la pala larga (20) de dicha sección de rotor (10), y la distancia D3 entre los respectivos ejes centrales del par de secciones de rotor (10) satisfacen la relación  $D1 + D2 > D3$  en una dirección que une los respectivos ejes centrales del par de secciones de rotor (10), en una perpendicular transversal a la dirección axial,
- 25 la longitud L4 de la pala larga (20) en una dirección de giro de la sección de rotor (10) es superior a la mitad de la longitud total L5 del cuerpo principal de la sección de rotor (15) en la dirección de giro;
- 30 la relación  $(L1/L2)$  entre la longitud L1 de la pala larga (20) en una dirección axial de la sección de rotor (10) y la longitud total L2 del cuerpo principal de la sección de rotor (15) en la dirección axial es igual a o superior a 0,6, e inferior a 1; y
- 35 la relación  $(a/L2)$  entre la distancia a en la dirección axial desde un extremo de la pala larga (20) hasta un extremo del cuerpo principal de la sección de rotor (15) y la longitud total L2 del cuerpo principal de la sección de rotor (15) en la dirección axial es superior a 0 e igual o inferior a 0,2.
2. Una máquina amasadora cerrada (80), que comprende:
- 40 una carcasa (70) en la que se proporciona una cámara (70s), un puerto de suministro de material (71) se proporciona en una posición por encima de la cámara (70s), un puerto de descarga de material (72) se proporciona en una posición debajo de la cámara (70s) y la cámara (70s) se cierra herméticamente mediante el cierre del puerto de suministro de material (71) y el puerto de descarga de material (72); y
- 45 un par de rotores de amasado (1, 5) de tipo engrane cada uno de acuerdo con la reivindicación 1 alojados en la cámara (70s) y dispuestos mutuamente en paralelo.

FIG.1

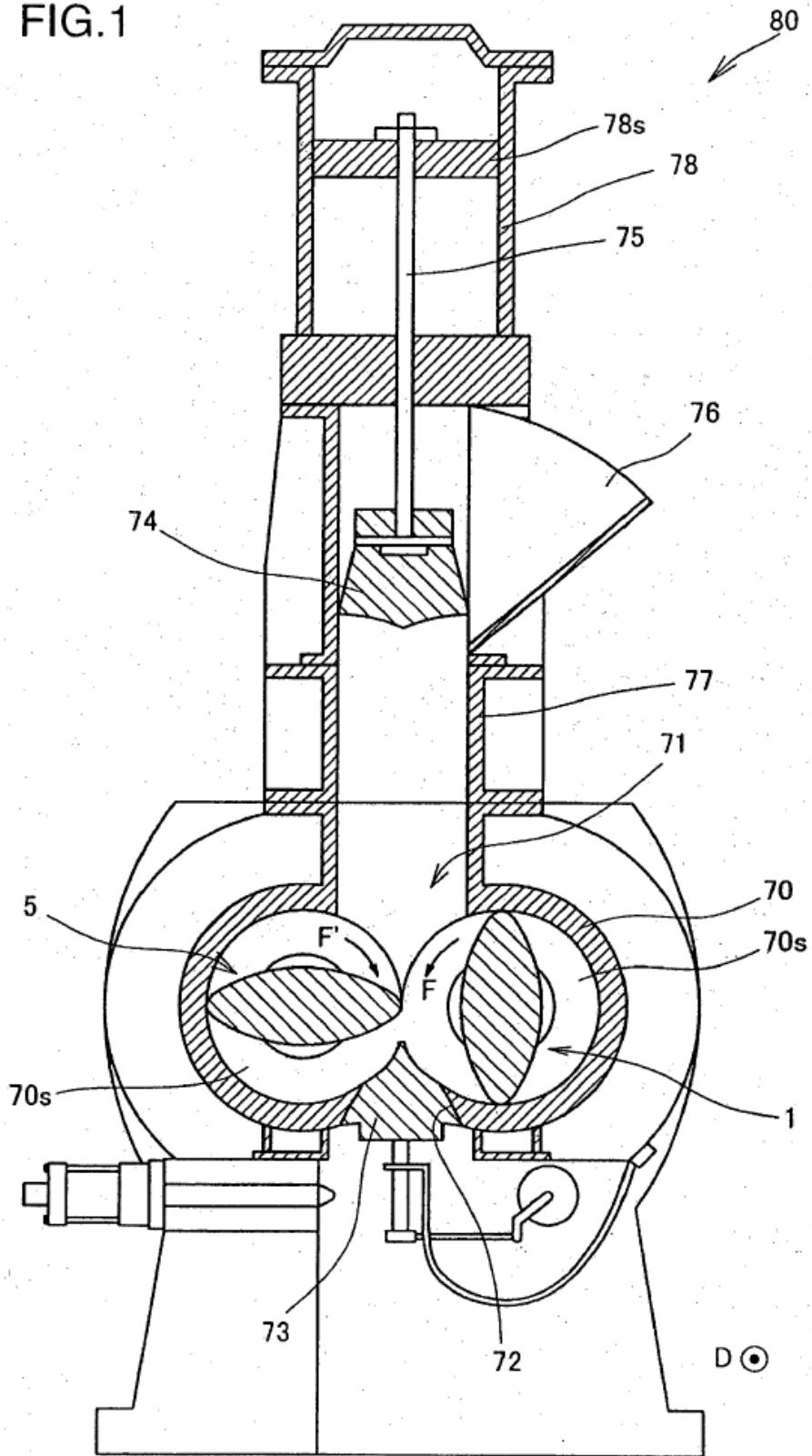


FIG.2

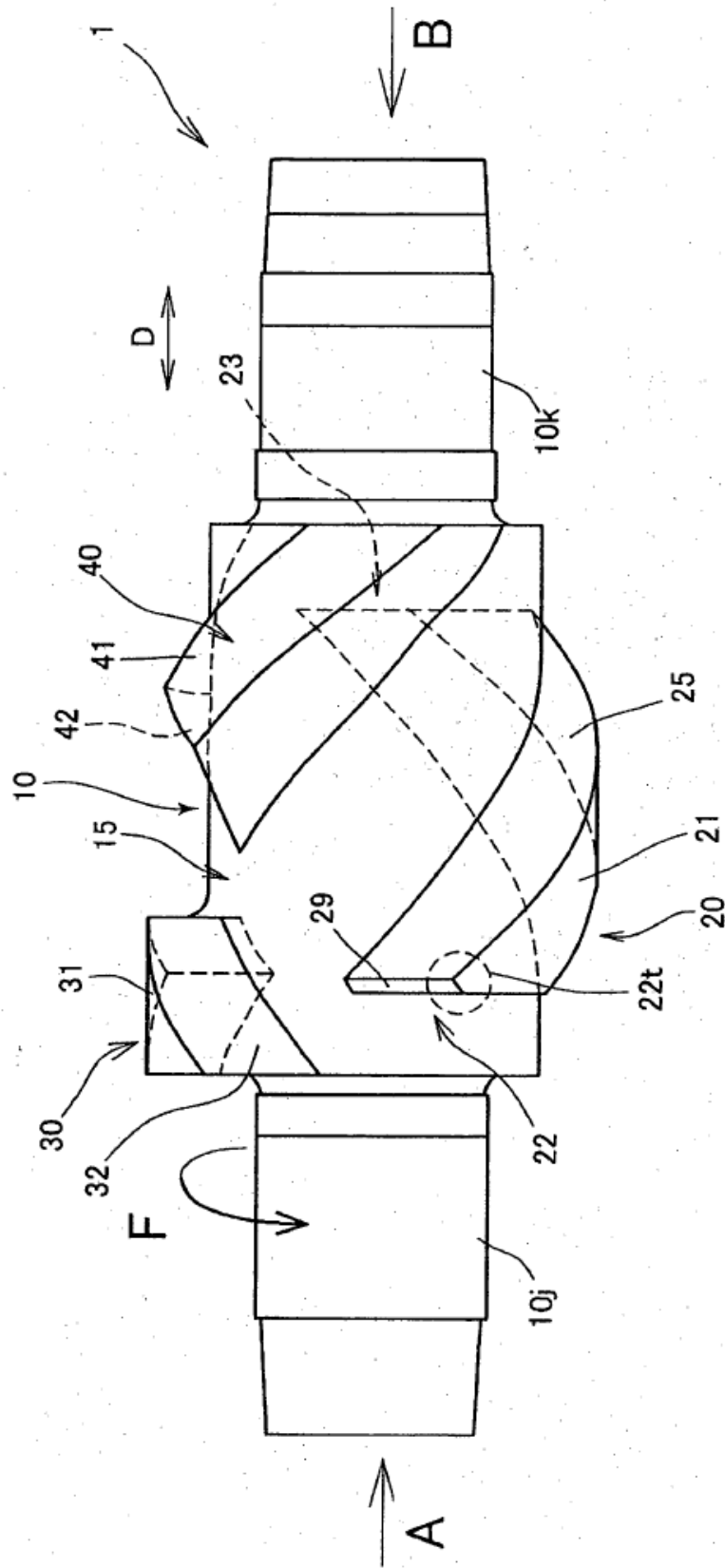


FIG.3

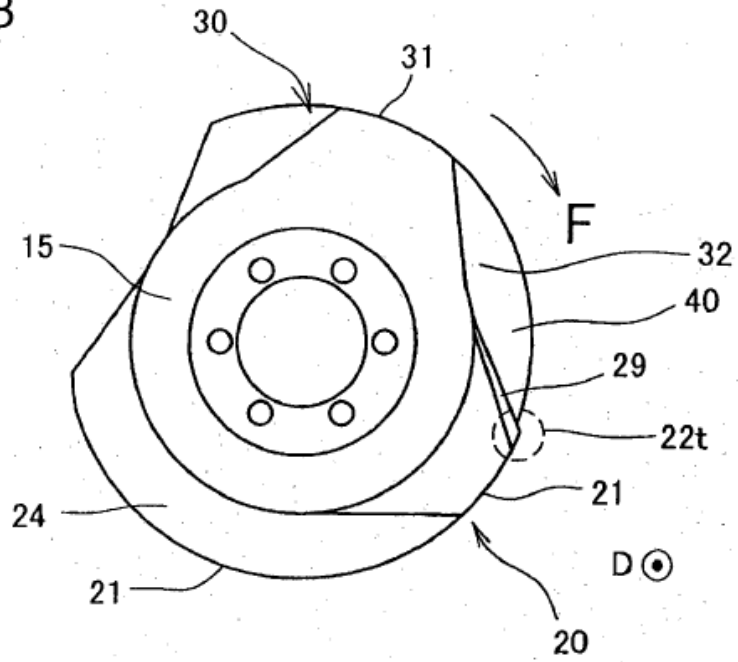


FIG.4

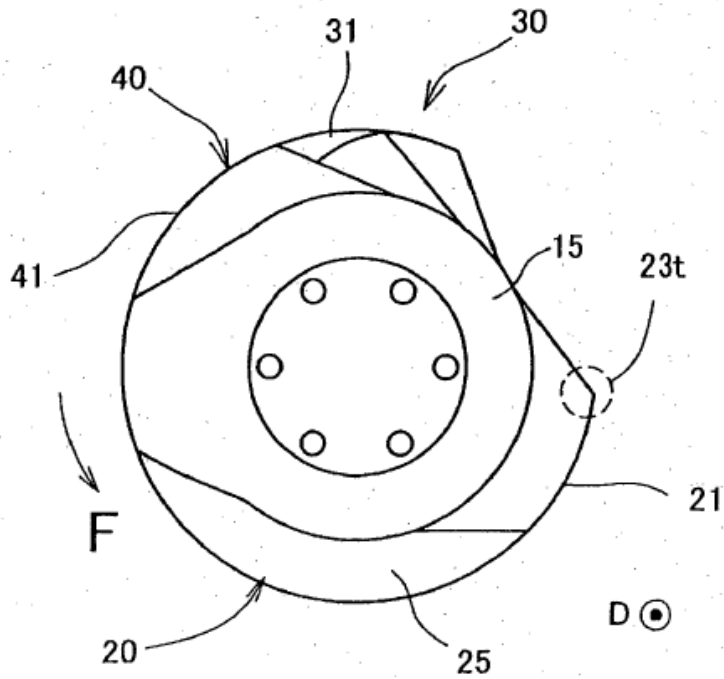


FIG.5

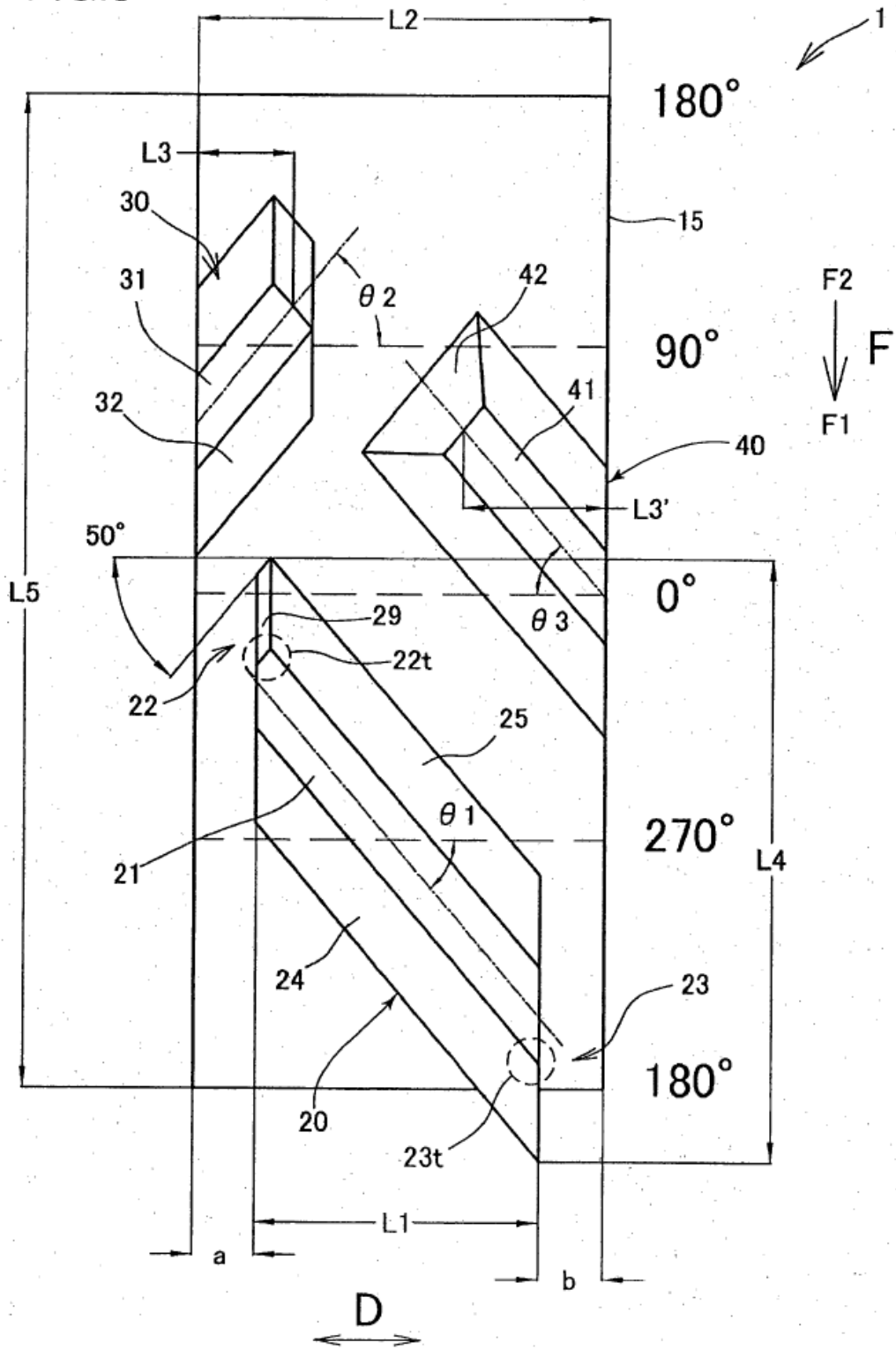


FIG.6

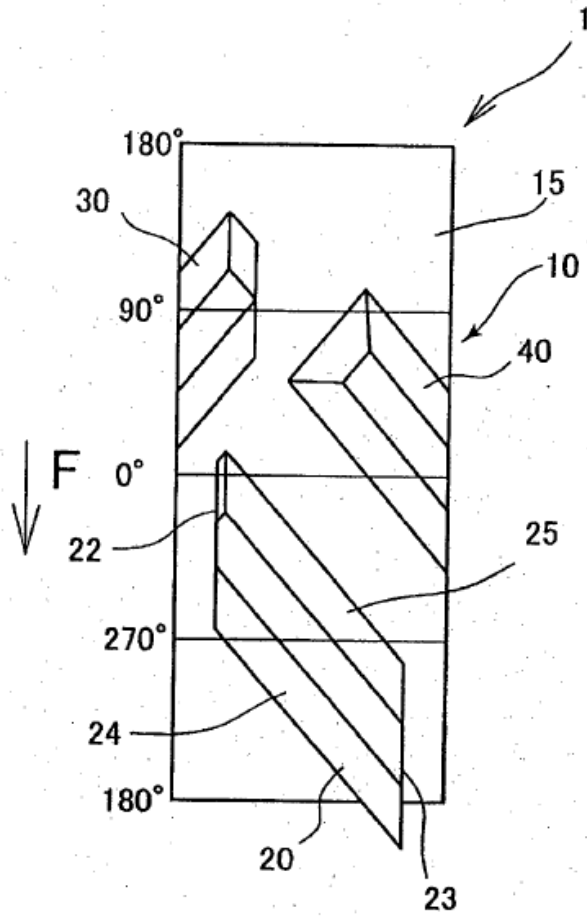


FIG.7

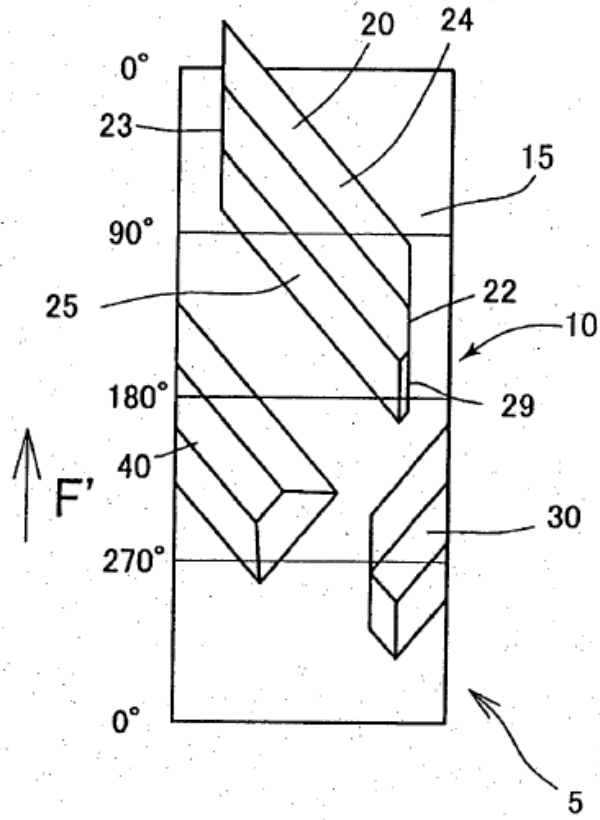




FIG.8

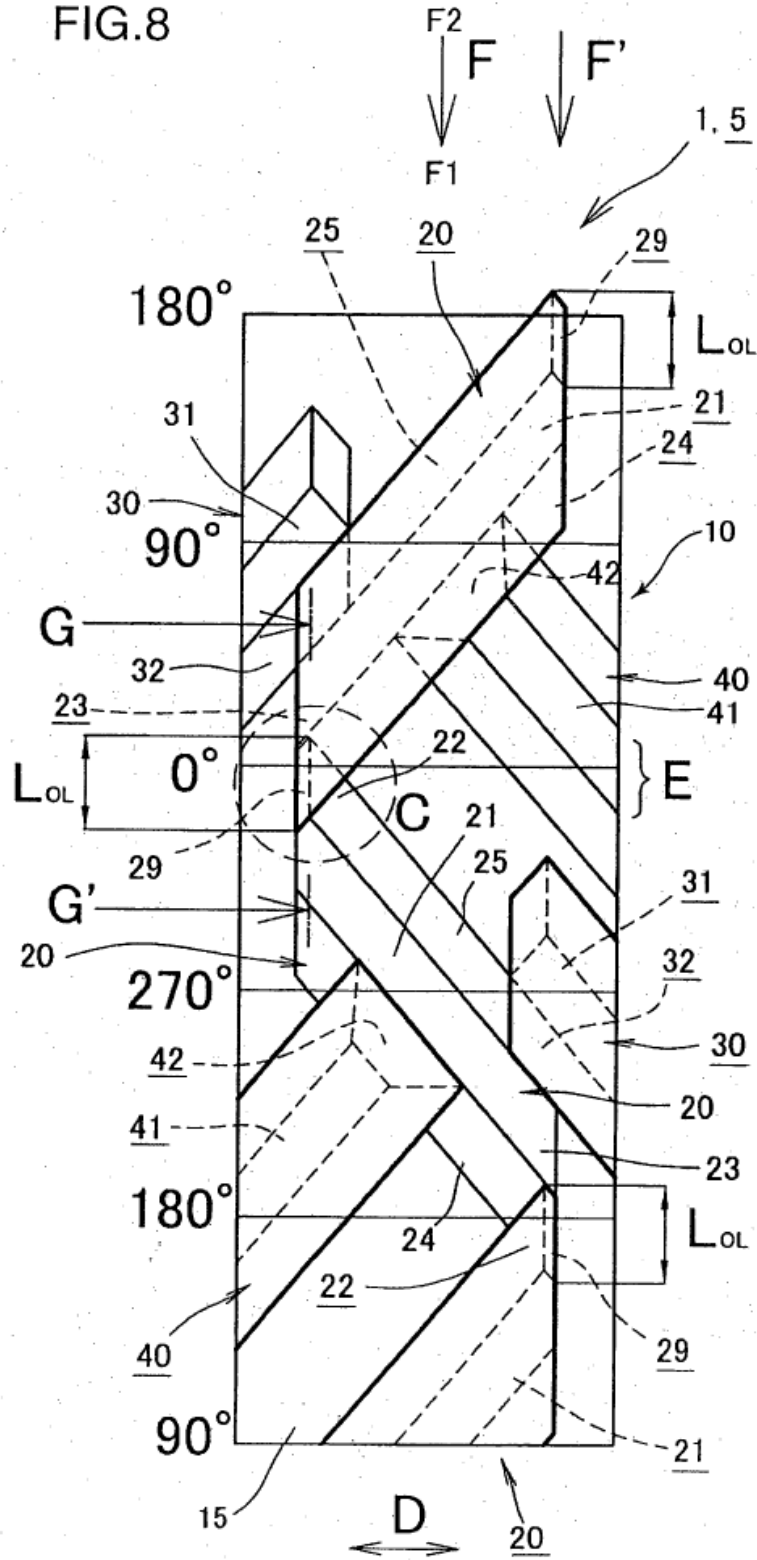


FIG.9

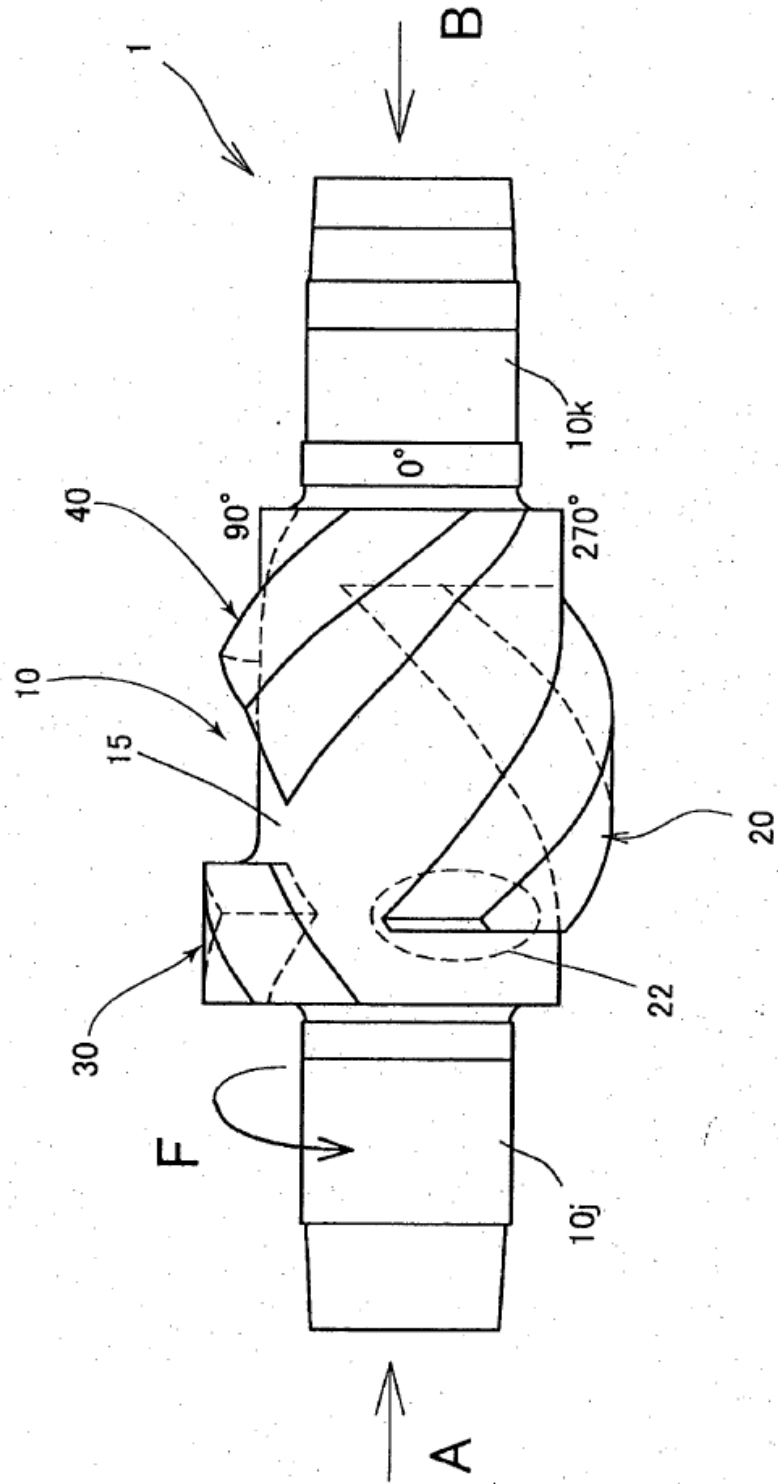


FIG.10

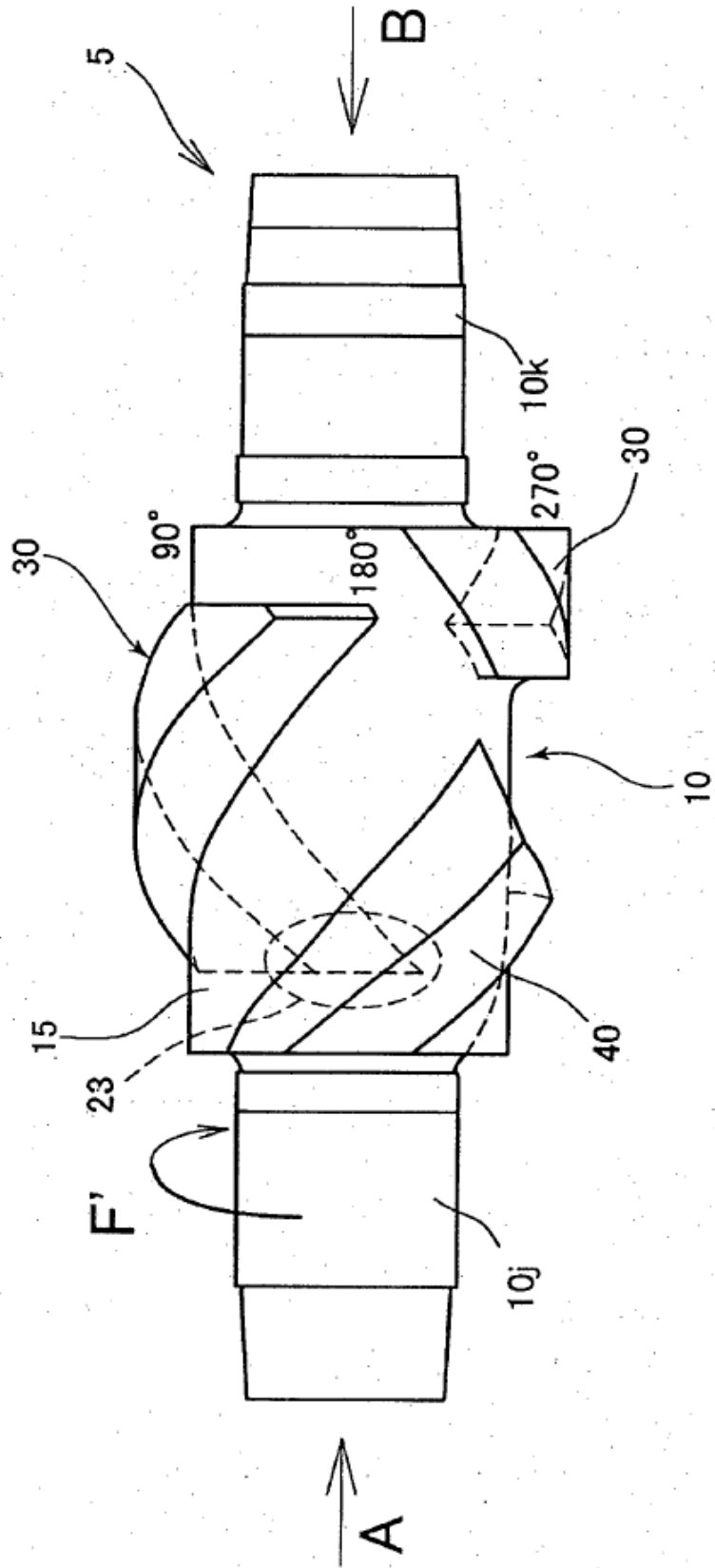


FIG.11

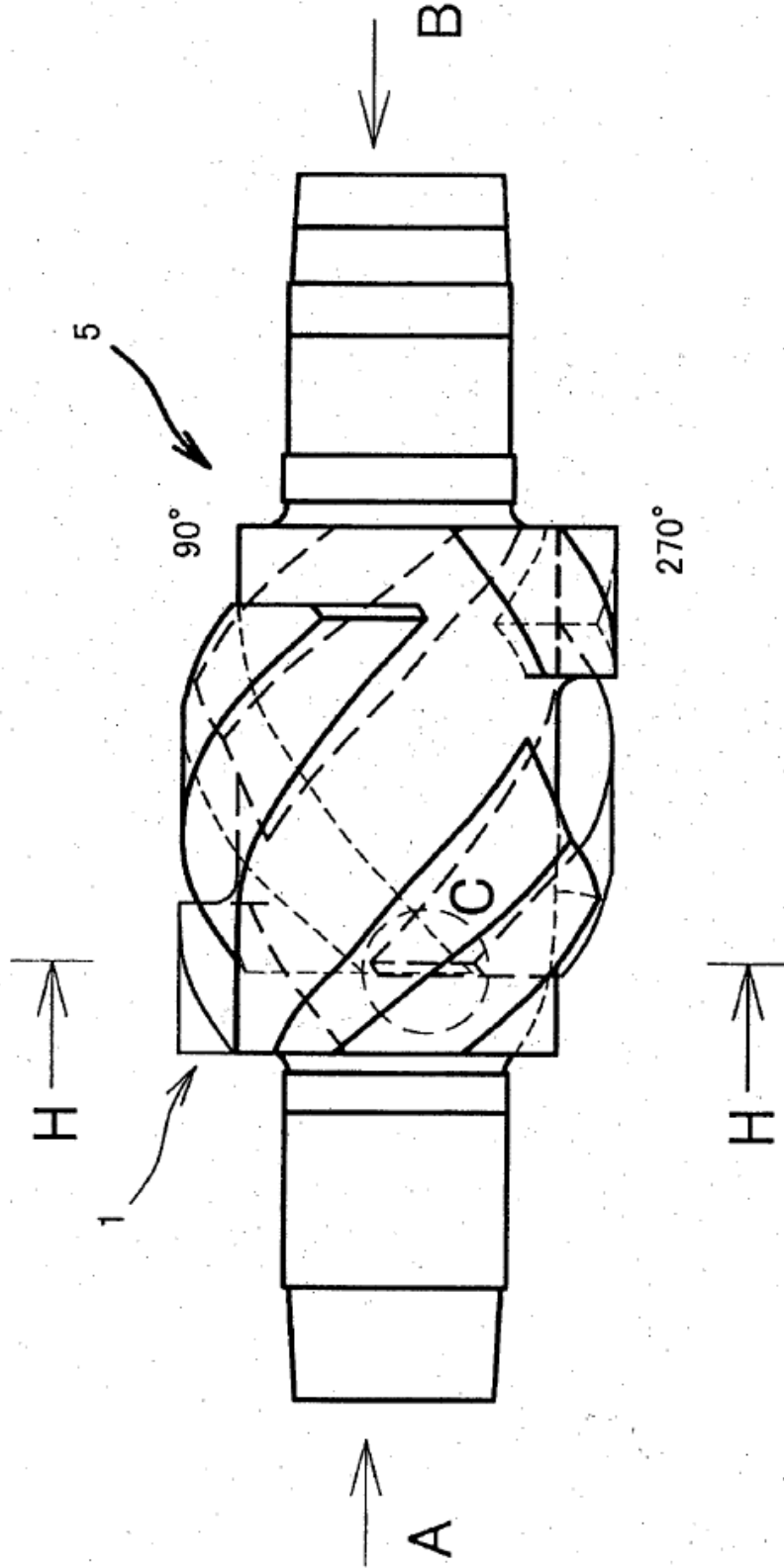


FIG.12

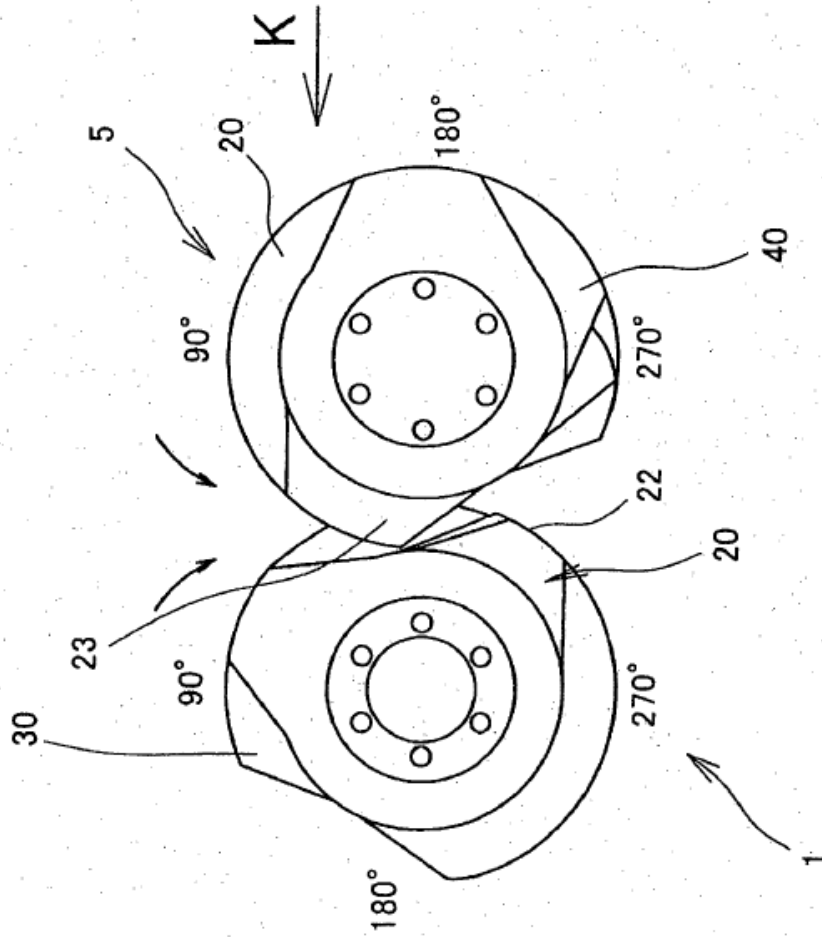


FIG.13

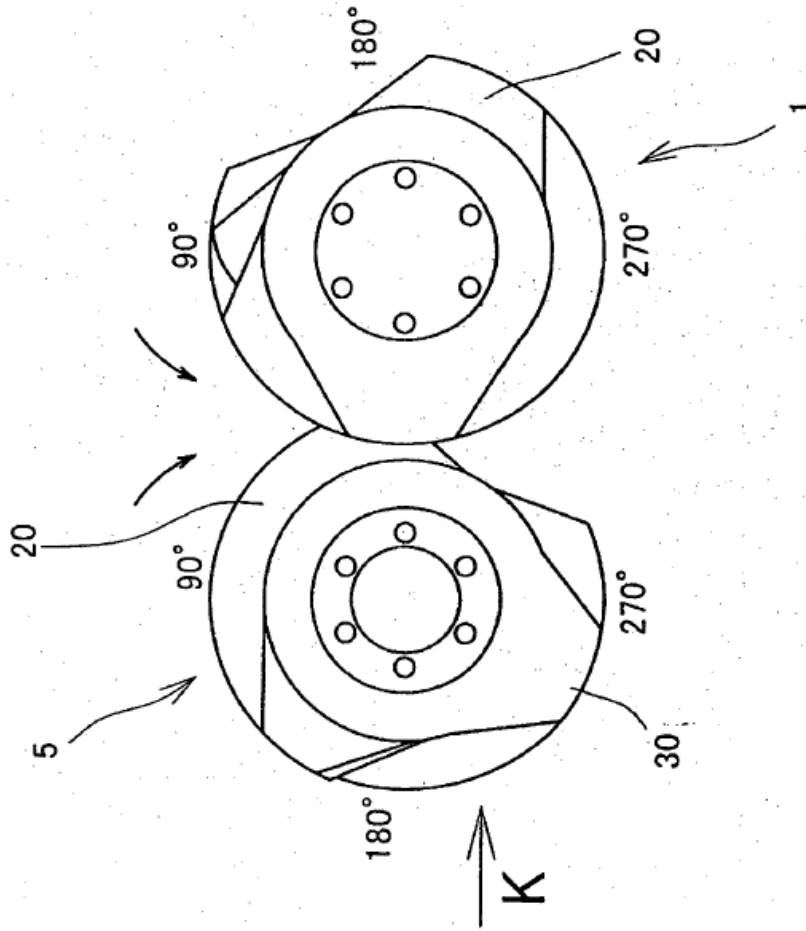


FIG.14

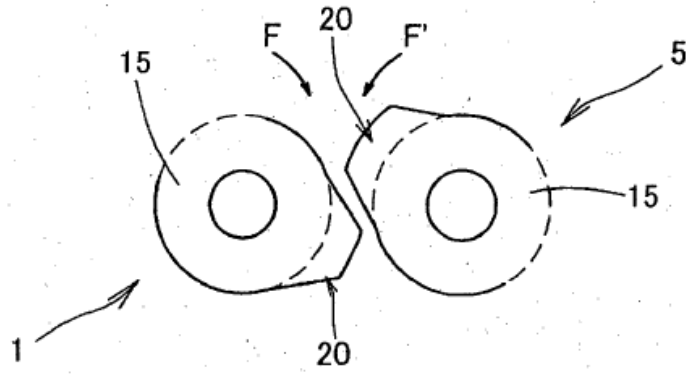


FIG.15

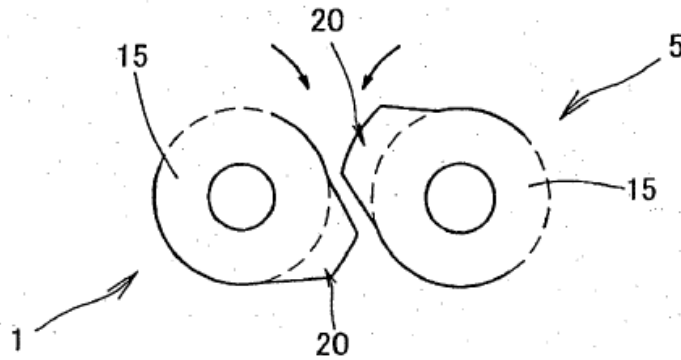


FIG.16

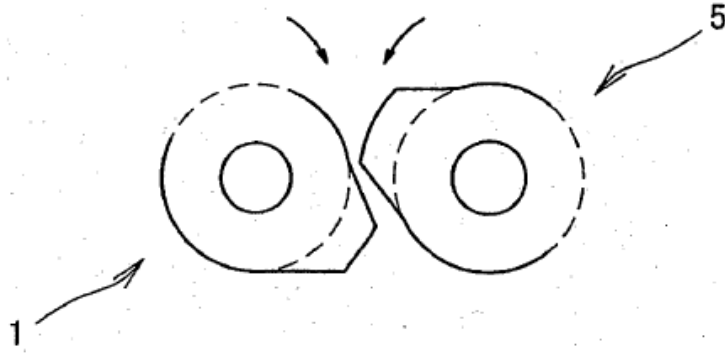
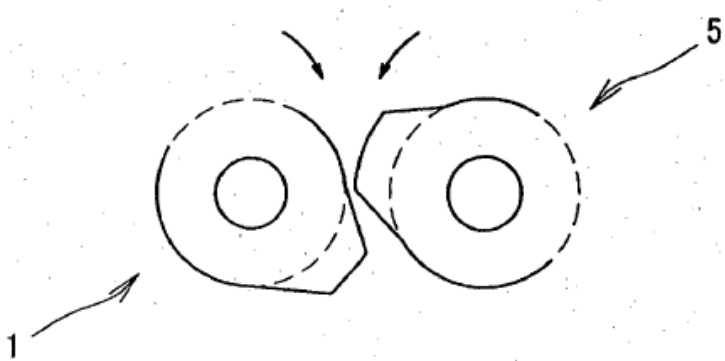


FIG.17





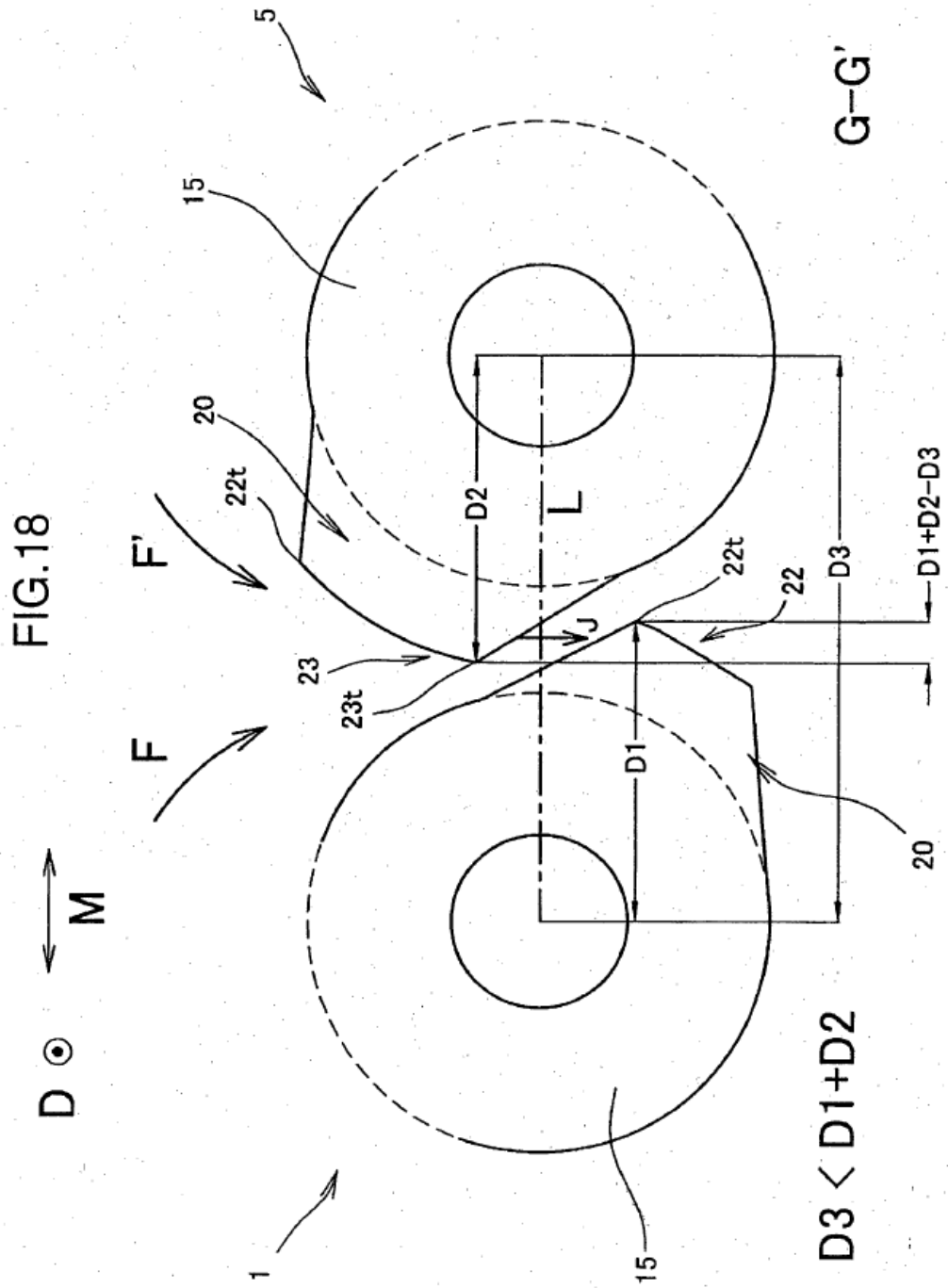


FIG.19

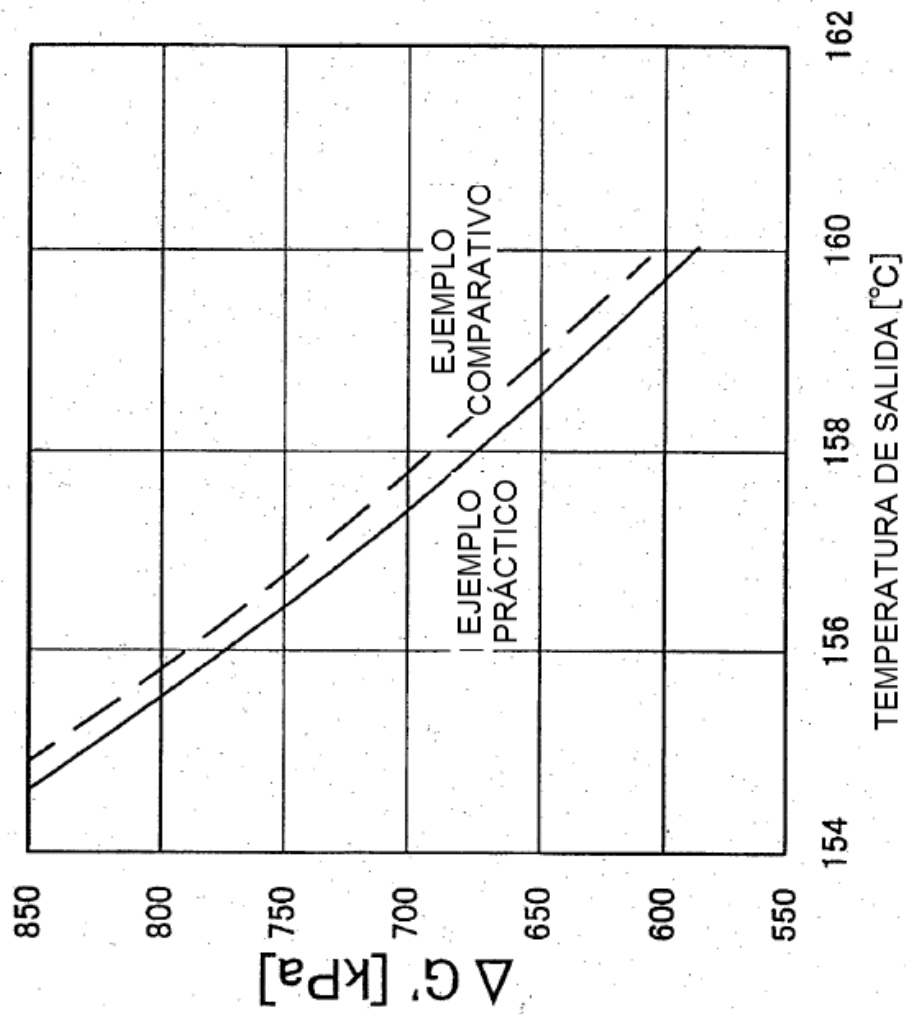
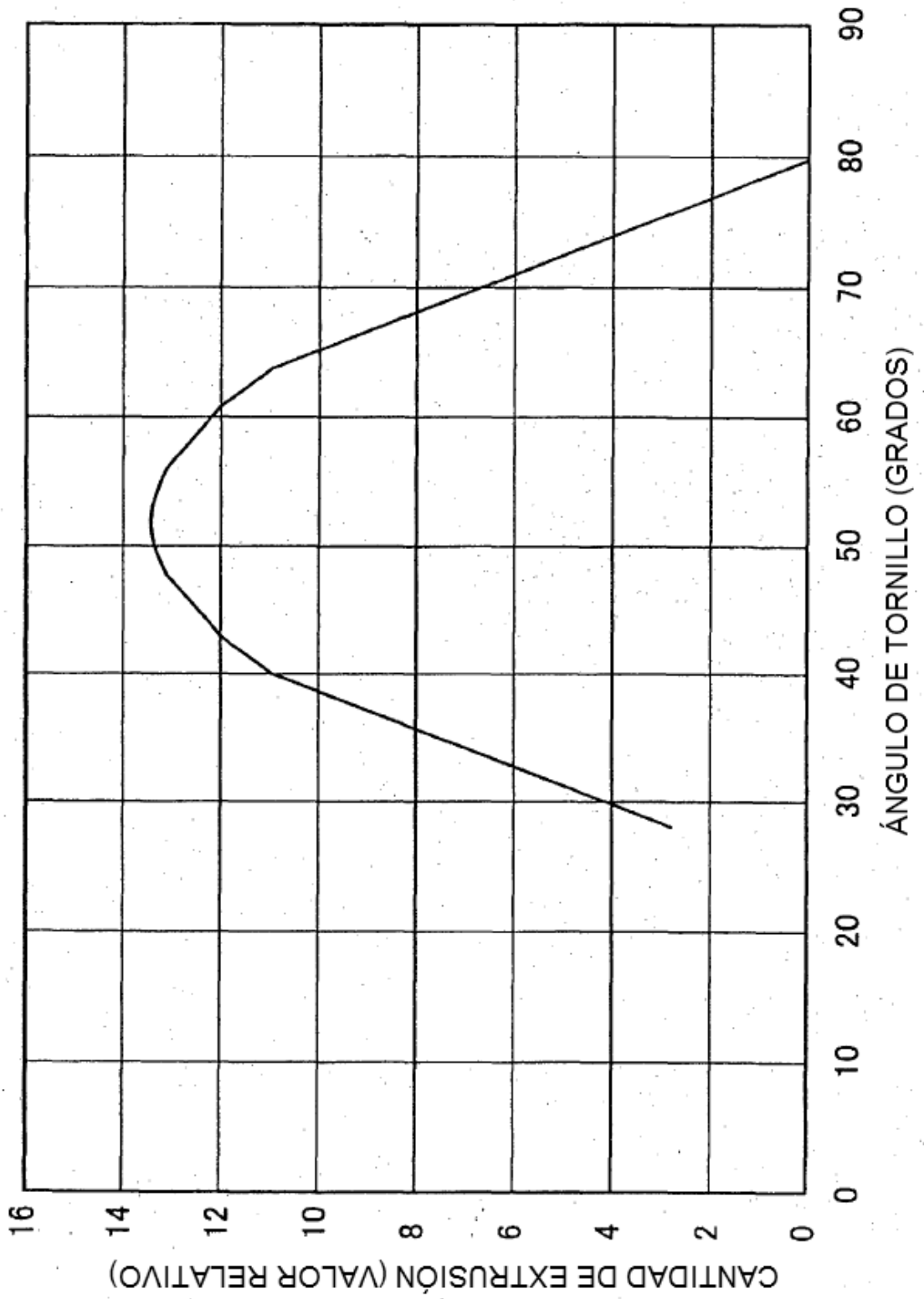


FIG.20



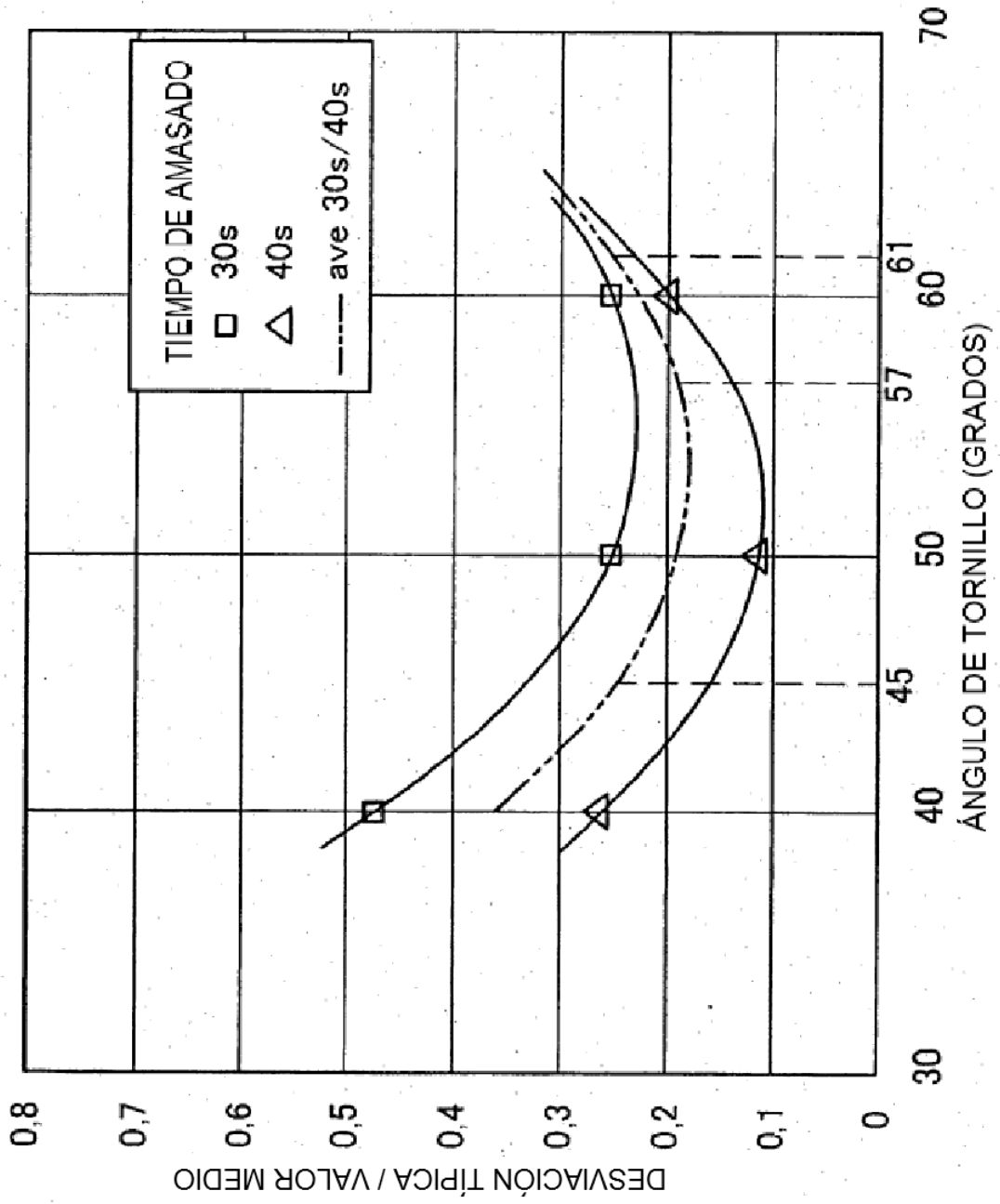


FIG.21

FIG.22

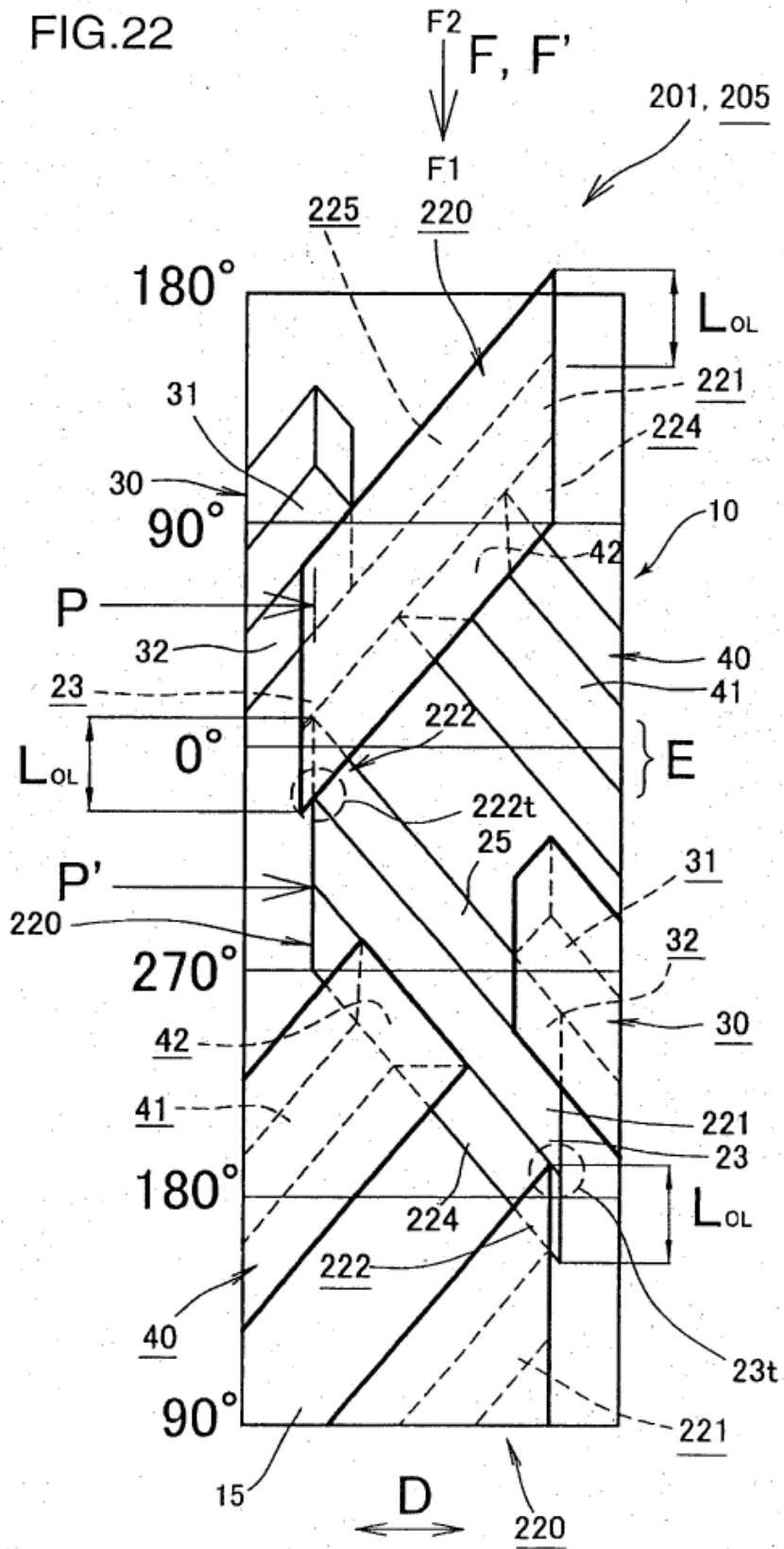


FIG.23

