

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 681 832**

51 Int. Cl.:

B29B 17/02 (2006.01)

B29B 17/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.12.2014 PCT/HU2014/000120**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.06.2016 WO16087884**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.12.2014 E 14843202 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.05.2018 EP 3134243**

54 Título: **Procedimiento para la producción de elastómero triturado**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.09.2018

73 Titular/es:

**AQUAJET ZRT. (100.0%)
Kékesi út 88
6326 Harta, HU**

72 Inventor/es:

**MOLDOVÁN, GYÖRGY;
KOSTYÁL, GÁBOR;
KOSTYÁL, FERENC GYÖRGY y
CSÁKÓ, ANTAL**

74 Agente/Representante:

DURAN-CORRETJER, S.L.P

ES 2 681 832 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la producción de elastómero triturado

5 SECTOR TÉCNICO

La presente invención se refiere a un procedimiento para la producción de elastómero triturado.

10 ANTECEDENTES DE LA TÉCNICA

10 Según experiencias industriales, el reciclaje directo de neumáticos usados, es decir, la reutilización directa en
 15 materiales del material de caucho de neumáticos usados no está aumentando a una velocidad decisiva a pesar de
 los esfuerzos generalizados para el reciclaje. Uno de los motivos principales de este hecho es que los granulados de
 20 pureza elevada (material triturado) que están prácticamente exentos de metales, fibras sintéticas y otros
 contaminantes y que se han producido mediante una trituración mecánica convencional, así como los granulados
 que tienen un tamaño de partícula pequeño, requeridos para la reutilización directa (es decir, en la mayor parte de
 los casos, que tienen un tamaño de partícula por debajo de 400 micras) están disponibles sólo por parte de muy
 pocas empresas de reciclaje. El otro motivo es que los procesos de trituración mecánica aplicados ampliamente
 implican la trituración del neumático entero, haciendo que los granulados de caucho resultantes sean una sustancia
 de material mezclado, dado que contendrá todo tipo de cauchos aplicados para la producción del neumático, y
 también tendrán una composición diferente dependiendo de la proporción de neumáticos de coche y camión
 utilizados para el proceso de trituración.

25 En los procedimientos conocidos en el sector, se pretende resolver los problemas relacionados con la aplicabilidad
 de los fragmentos de caucho producidos mecánicamente mezclados sometiendo los fragmentos producidos
 mecánicamente a diferentes tratamientos químicos y mecánicos. Por consiguiente, se conocen varios
 procedimientos diferentes para la producción de material regenerado de la industria del caucho. Sin embargo, la
 aplicación de estos procedimientos implica costes adicionales y, en muchos casos, no se pudo demostrar que los
 procedimientos fueran económicos.

30 Estos problemas han contribuido al desarrollo del sector industrial de la trituración de neumáticos por chorro de
 líquido a alta presión y, de este modo, existen diversos aparatos adaptados para la producción de fragmentos de
 caucho. Muchos de estos aparatos y procedimientos conocidos presentan desventajas desde el punto de vista
 económico debido a la falta de homogeneidad de tamaño de los fragmentos de caucho producidos y a su elevada
 35 demanda de energía específica.

En el documento JP 2005 046758 A se dan a conocer un aparato y un procedimiento para triturar neumáticos
 mediante la ayuda de un chorro de agua.

40 En el documento WO 2009/129906 A1 se dan a conocer un proceso y una planta para la desintegración por chorro
 de agua de materiales. Los objetivos establecidos para los sistemas que se dan a conocer incluyen, además del
 procesamiento de neumáticos de tamaños aplicados generalmente, la trituración del material elastomérico de
 neumáticos demasiado grandes, orugas de caucho, cintas transportadoras y cables aplicando chorros de agua a una
 45 presión ultra alta (más de 6.000 bar). De manera desventajosa, el documento carece del comentario sobre las
 implicaciones relacionadas con la energía del procedimiento aplicado, que incluye problemas planteados por la
 generación de calor por la trituración, que es un fenómeno particularmente importante en el intervalo de presión
 sugerido por el documento. Además, el documento no da a conocer la fijación y soporte apropiados de las diversas
 piezas de trabajo durante la trituración, y tampoco trata el drenaje de la suspensión de fragmentos producida y el
 secado del producto final.

50 El concepto tecnológico, según el documento WO 2009/068874 A1, es más complejo que la solución detallada
 anteriormente, proporcionando, además de describir el procesamiento por chorro de líquido de diferentes tipos de
 neumáticos, un tipo de propuesta para el drenaje de la suspensión de fragmentos y el secado del producto final. Los
 objetivos de la solicitud también incluyen el procesamiento de neumáticos de tamaño demasiado grande (entre
 55 otros, los denominados todoterreno). Sin embargo, una parte significativa de estos neumáticos no es completamente
 de un tipo radial de cable de acero (sin embargo, pueden comprender hebras de cable de acero en el refuerzo bajo
 la banda de rodadura). Según el documento, junto con el material de caucho también se tritura el contenido de fibra
 sintética de la carcasa del neumático mediante los chorros de agua a alta presión, la eliminación de los cuales,
 dependiendo del material de las fibras (poliamida, poliéster, aramida, etc.) puede plantear diferentes problemas. La
 presencia de contaminantes de fibra sintética en los fragmentos de caucho que se van a utilizar como material de
 60 reciclaje es extremadamente desventajosa. Además, en el documento no se describe con detalle el procedimiento
 para el procesamiento de los neumáticos. El procedimiento que se da a conocer en el documento tiene una
 desventaja adicional, concretamente que se introduce la utilización de materiales abrasivos en múltiples etapas del
 procedimiento, para la eliminación de los cuales del material de caucho no existe actualmente ninguna solución
 65 industrial eficaz conocida. Además de lo anterior, la solución, según el documento, de manera desventajosa, no
 menciona los problemas de pérdida de energía mediante la generación de calor durante el proceso de trituración.

Además de una descripción completa de una solución tecnológica industrial, en el documento WO 2010/023548 A1 también se dan a conocer los esquemas de construcción de ciertos aparatos de trituración. El documento tampoco aborda los temas de la eficacia energética del proceso de trituración y de la generación de calor durante la trituración, aun cuando estos efectos son muy significativos en el intervalo de presión (por encima de 3.000 bar) especificado en el documento.

Tal como se puede observar, una deficiencia recurrente de las soluciones conocidas es que o bien no tratan las condiciones relacionadas con la energía del proceso de trituración, o no tratan el tema con la suficiente profundidad. Durante la trituración con chorro de agua a alta presión el chorro de líquido que impacta contra la superficie que se va a triturar tiene una energía cinética significativa, que resulta básicamente de la velocidad del chorro de líquido. Según los datos de la bibliografía, esta velocidad es de 630 m/s a una presión de 2.000 bar, mientras que a una presión de 3.000 bar puede alcanzar los 780 m/s.

Al contrario que las soluciones citadas anteriormente, en el documento WO 2008/084267 A1 se da a conocer un comentario teórico del proceso de trituración por chorro de líquido a alta presión (presión ultra alta). Según el documento, las condiciones relacionadas con la energía del proceso de trituración se examinan en relación con la energía cinética representada por el chorro a alta presión y la denominada energía de desgarro del elastómero que se va a triturar.

En el documento WO 2010/007455 A2 se da a conocer un aparato capaz de llevar a cabo un proceso de trituración por chorro de líquido a presión ultra alta. El aparato, según el documento, permite el montaje de dos neumáticos sobre una vara común. Durante el proceso de trituración, las varas que portan los neumáticos se pueden impulsar desde la parte exterior del espacio de trituración. Los neumáticos se sujetan a la vara aplicando un mecanismo que soporta la banda de rodadura del neumático desde la parte interior.

En los documentos WO 01/53053 A1, CN 202498654U, GB 2 339 708 A, DE 196 48 551 A1, CN 200988284Y y CN 101224609A y en las solicitudes de Patente húngaras P 11 00429 y P 12 00305 también se dan a conocer procesos de trituración por chorro de agua a presión ultra alta. Según la solicitud de Patente húngara No. P 11 00429, el fluido de trabajo se separa en el transcurso del procedimiento de los fragmentos producidos, a partir del cual el calor tecnológico se recupera mediante la ayuda de una solución dedicada antes del reciclaje del fluido de trabajo.

La mayor parte de las soluciones conocidas presentan la desventaja común de que se genera una cantidad importante de calor durante el proceso de trituración, que da como resultado el calentamiento intenso de la suspensión de agua de trabajo que contiene los fragmentos de caucho producidos por el proceso. El reenfriamiento de este fluido implica el gasto de energía de dos formas diferentes. En primer lugar, la energía necesaria para el calentamiento del chorro de líquido se desperdicia, y en segundo lugar, el líquido calentado necesita reenfriarse más tarde, lo que también requiere una energía adicional.

Por lo tanto, uno de los problemas más importantes que no se soluciona mediante las soluciones conocidas es que para la producción de elastómero de fragmento de una manera económica, la demanda de energía y, por tanto, el consumo de energía del proceso deben reducirse. A la luz de las soluciones conocidas citadas anteriormente, por lo tanto, ha surgido la necesidad de dar a conocer un procedimiento para la producción de elastómero triturado por medio del cual se puede producir el elastómero triturado, preferentemente homogéneo, de grano fino, más económicamente, de manera más eficaz y con una demanda de energía más baja, en comparación con las soluciones conocidas.

DESCRIPTION DE LA INVENCION

El objetivo principal de la presente invención es dar a conocer un procedimiento para la producción de elastómero triturado, que no tiene las desventajas de las soluciones de la técnica anterior en el mayor grado posible.

Un objetivo adicional de la presente invención es dar a conocer un procedimiento mediante cuya aplicación se puede producir el elastómero triturado, preferentemente, granulados de caucho homogéneos (fragmentos) que tienen una distribución de tamaños de partícula uniforme, de manera más económica, más eficiente y con un consumo de energía inferior en comparación con las soluciones conocidas.

Aún un objetivo adicional de la presente invención es que el consumo de energía específico de la trituración por chorro de líquido a alta presión de elastómeros sea reducible con la invención en comparación con las soluciones conocidas.

El procedimiento de la presente invención se ha proporcionado basándose en reconocimientos derivados del análisis teórico del proceso de trituración de materiales elastoméricos, y habiéndose desarrollado el aparato para la trituración de materiales, en particular, para la trituración controlada de la capa de caucho de las bandas de rodadura de neumáticos, basándose en estas consideraciones teóricas.

Los objetivos de la presente invención se pueden conseguir mediante el procedimiento, según la reivindicación 1. En las reivindicaciones dependientes se definen realizaciones preferentes de la presente invención.

DESCRIPCIÓN BREVE DE LOS DIBUJOS

5 A continuación se describen realizaciones preferentes de la presente invención a modo de ejemplo, con referencia a los siguientes dibujos, en los que

10 la figura 1 es un diagrama que ilustra el proceso transitorio de endurecimiento y adquisición de elasticidad de un material elastomérico después del impacto de un chorro de líquido a alta presión,
 la figura 2 es un dibujo esquemático que ilustra el modelo de Voigt-Kelvin adecuado para describir materiales elastoméricos,
 15 la figura 3A es un diagrama que muestra nomogramas de caudal de presión-volumen de boquillas aplicables al triturado por chorro de líquido a alta presión, y la determinación del valor de presión correspondiente a un caudal de líquido y a un valor de diámetro de apertura de boquilla determinados,
 la figura 3B es un diagrama que muestra nomogramas de caudal de presión-volumen de boquillas aplicables al triturado por chorro de líquido a alta presión, y la determinación del valor de caudal de líquido correspondiente a una presión y a un valor de diámetro de apertura de boquilla determinados,
 20 la figura 4 es un dibujo axonométrico que ilustra un aparato de ejemplo, que está adaptado para triturar cuatro neumáticos,
 la figura 5 es un dibujo axonométrico que ilustra una hilera doble de boquillas que está comprendida por un aparato de ejemplo,
 la figura 6 es un dibujo axonométrico que ilustra una vara de montaje de un neumático en el aparato de ejemplo, estando dispuesta la vara de montaje sobre un pie de soporte,
 25 la figura 7 es un dibujo axonométrico que ilustra el mecanismo de sujeción del neumático según un aparato de ejemplo,
 la figura 8 es un dibujo axonométrico que ilustra, en un estado abierto, el mecanismo de soporte que comprende una unidad de impulso y adaptada para sujetar una vara de montaje de neumático del aparato de ejemplo junto con la vara de soporte,
 30 la figura 9 es un dibujo axonométrico que ilustra el mecanismo de soporte, según la figura 8 en su estado cerrado,
 la figura 10A es un dibujo esquemático que ilustra una posible disposición de la hilera doble de boquillas aplicable en el procedimiento según la presente invención y un aparato de ejemplo,
 la figura 10B que ilustra esquemáticamente los vectores de fuerza de los chorros de líquido en la disposición, según la figura 10A, y
 35 la figura 11 es un dibujo esquemático que ilustra una posible disposición adicional de la hilera doble de boquillas aplicable en el procedimiento, según la presente invención y un aparato de ejemplo.

MODOS DE LLEVAR A CABO LA INVENCION

40 Un fenómeno conocido de la práctica de la trituración por chorro de agua a presión ultra alta de materiales elastoméricos es que se produce una cantidad significativa de calor durante el proceso de trituración, lo cual se manifiesta en un calentamiento de la suspensión que comprende el elastómero triturado. Las desventajas provocadas por este fenómeno se pueden resumir de la siguiente manera:

- 45 - Una parte de la energía cinética del chorro de líquido de trituración se transforma en calor durante el proceso de trituración, es decir, esta parte de la energía no lleva a cabo el trabajo de trituración, es, por lo tanto, energía desperdiciada.
- El calentamiento intenso del líquido de trituración provoca una pérdida de evaporación aumentada del líquido. Después de que haya acabado un proceso de trituración, la cantidad de agua que debe recircularse para el procedimiento de trituración posterior se reduce por la cantidad de evaporación tras la apertura del aparato de trituración. El resuministro del agua de trabajo implica costes adicionales.
- 50 - El agua de trabajo calentada, separada de la suspensión acuosa, debe enfriarse. Este proceso de enfriamiento también exige energía, provocando, de este modo, una pérdida adicional de energía. El enfriamiento del agua de trabajo es necesario porque el agua, que se separa de la suspensión que contiene el elastómero, se recicla para el siguiente procedimiento de trituración, y las bombas de alta presión solo pueden alimentarse por agua a temperatura relativamente baja (que tenga una temperatura típicamente por debajo de aproximadamente 30°C).

60 Un hecho conocido de la práctica de esta rama industrial es que para producir elastómero triturado en cantidades considerables desde el punto de vista de la aplicabilidad, se debe suministrar una cantidad importante de agua a la presión aplicada para la trituración. Esto se consigue, de manera preferente, aplicando bombas de pistón con desplazamiento de volumen. Los niveles de presión elevados aplicados para la trituración también se pueden producir utilizando bombas elevadoras de presión, pero éstas sólo pueden conseguir caudales de masa significativamente inferiores y, por lo tanto, son mucho menos adecuadas para triturar materiales en cantidades industriales de manera económica.

65 Para entender el mecanismo de los fenómenos de calentamiento, el proceso de trituración se analiza, a

continuación, con más detalle.

El proceso de trituración por chorro de líquido tiene, esencialmente, tres fases principales (etapas). En los procedimientos conocidos se aplican parámetros de trituración idénticos durante la totalidad de las tres fases, es decir, los parámetros de trituración, a modo de ejemplo, la velocidad de alimentación directa se mantienen inalterados durante los procedimientos conocidos. Se entenderá que una fase de trituración significa que el chorro de líquido a alta presión pasa, de manera preferente, una vez por toda la superficie que se va a triturar, pero una fase de trituración única también puede comprender múltiples pases por encima de la superficie entera que se va a triturar. Las tres fases principales del proceso de trituración se pueden describir de la siguiente manera:

- En la primera fase del proceso de trituración, la energía cinética del chorro de líquido se utiliza principalmente para desintegrar la superficie del material elastomérico sólido (típicamente caucho). Se considera que el material elastomérico es sólido incluso si es un neumático y la superficie de su banda de rodadura tiene un dibujo, dado que el material de caucho del dibujo es sólido en sí mismo. En esta fase se separa una cantidad relativamente baja de granulados, mientras que la suspensión de fragmentos se calienta significativamente, incluso a 20-25 °C con relación a la temperatura del agua de trituración, en aparatos conocidos utilizados de manera general. Dado que la superficie del neumático se desintegra durante esta fase, el chorro típicamente se pasa por encima de la superficie que se va a triturar solo una vez.

- En la segunda fase, en la que se lleva a cabo la trituración real de la superficie del neumático ya desintegrada, el efecto de trituración de los chorros de líquido es más eficaz, lo que se manifiesta en la extracción de una cantidad mayor de fragmentos de caucho (por ejemplo, proyectada al interior de una única rotación del neumático). En esta segunda fase, la suspensión de fragmentos se calienta hasta un grado menor, analizando esta fase sola, la temperatura de la suspensión aumenta en aproximadamente 5-15 °C.

- La tercera fase del proceso de trituración es opcional; se aplica, por ejemplo, en el caso de neumáticos de caucho para la limpieza de la superficie de la banda de rodadura. Por ejemplo, en el caso de neumáticos con carcasa de cable de acero, el material de la banda de rodadura del neumático se separa y se tritura hasta las hebras de refuerzo del cable de acero, es decir, el material de caucho residual se tritura en esta fase. El gradiente de calentamiento de la suspensión de fragmentos también es relativamente bajo en esta fase, típicamente sin superar los 5-15 °C.

En base a la experiencia ganada sobre la generación de calor en los procesos conocidos, los presentes inventores han llegado a identificar que uno de los factores claves de utilización de la energía cinética del chorro de líquido de manera más eficaz es hacer más eficaces los parámetros de la primera fase de trituración para la desintegración de la superficie del material elastomérico. En base a esta identificación, los presentes inventores se han centrado en el análisis de la primera fase de trituración, y de aquí que las condiciones de entrada del chorro de líquido a alta presión en el elastómero se examinaron, tal como se describe con detalle, a continuación.

Mediante el análisis de los resultados, los presentes inventores han identificado que es conveniente examinar el proceso de trituración, teniendo en cuenta también las características de fluidos no newtonianos de los materiales elastoméricos.

En los elastómeros, el esfuerzo de cizalladura depende, en gran medida, de la dinámica del efecto de la fuerza. En este caso, se manifiesta en manera en la que, al comienzo de la penetración a velocidad elevada, el material elastomérico muestra una dureza transitoria que es considerablemente mayor que la dureza inicial (inmanente) del material. La tasa de dureza transitoria depende de la velocidad de impacto.

De este modo, bajo el efecto de un chorro de líquido a alta presión y, tal como se ha descrito anteriormente, a una velocidad elevada, al inicio de la penetración, típicamente durante un periodo de tiempo de unos pocos microsegundos, el material elastomérico experimenta un endurecimiento transitorio muy significativo, lo que provoca un aumento transitorio en la resistencia a la tracción y la energía de rasgado del elastómero. Cuando el chorro de líquido se hace impactar contra un material endurecido, una parte mayor de esta energía cinética se transforma en calor en comparación con el impacto contra una superficie no endurecida. A medida que el chorro de líquido penetra en el material, su energía cinética se reduce, mientras que las características de tracción del elastómero vuelven gradualmente a su estado original, es decir, la función que representa la respuesta de deformación del material presenta una disminución.

El transcurso del proceso se puede caracterizar mediante el diagrama de la figura 1 (curva de línea continua). Las referencias indicadas en la figura se explican a continuación.

La función que se muestra en la figura 1 corresponde al diagrama de tiempo obtenido del modelo mecánico de Voigt-Kelvin que muestra cualitativamente el comportamiento viscoelástico de los elastómeros. El modelo se ilustra en la figura 2. En el modelo, la elasticidad del material elastomérico, que tiene un módulo de elasticidad E , se representa mediante un muelle, mientras que su naturaleza viscosa se representa mediante un amortiguador que tiene un factor de viscosidad η , dicho amortiguador está conectado en paralelo con el muelle.

La ecuación de tensión del modelo es la siguiente:

$$\sigma = E \varepsilon + \eta d\varepsilon/dt$$

en la que

- 5
- σ es la tensión a la que se somete el elastómero,
 - E es el módulo característico del elastómero (en el modelo, el parámetro correspondiente es la constante del muelle),
 - ε es el parámetro de deformación relativa del elastómero, y
 - 10 - η es el factor de viscosidad, es decir, el efecto de amortiguación del amortiguador en el modelo.

En el caso de una tensión σ que tiene lugar en el momento en el que el chorro de trituración penetra en el material, expresando la deformación a partir de la ecuación, se obtiene la fórmula

15

$$\varepsilon(t) = \sigma/E (1 - e^{-t/\tau})$$

que describe el aumento del valor del parámetro de la deformación durante el tiempo de penetración δ del chorro de líquido que se ilustra en la figura 2. En la fórmula, τ es el tiempo de retardo, expresado como la relación del factor de viscosidad η y el módulo de elasticidad E , es decir, el parámetro que representa la viscoelasticidad del elastómero. Tal como se ilustra en la figura 1, el valor de τ se determina mediante la línea de tangente de la curva ascendente de deformación en el punto de partida.

20

La ecuación que describe el proceso de relajación que tiene lugar después de que haya transcurrido el tiempo de penetración δ (es decir, de la sección descendente de la curva, dibujada en una línea continua en la figura) es la siguiente:

25

$$\varepsilon(t) = \sigma/E (1 - e^{-\delta/\tau}) e^{-(t-\delta)/\tau}$$

La línea discontinua en la figura 1 indica cómo el proceso ascendente, que tiene una duración de δ , continuaría en el caso de que no estuviese seguido de una relajación que es el resultado de la pérdida de energía de penetración.

30

Las ecuaciones que describen el comportamiento de los materiales elastoméricos se podrían resolver cuantitativamente para la pieza entera de material de una manera muy complicada, dado que el modelo solo es capaz de representar el comportamiento de un único segmento de polímero. Para una descripción exacta del comportamiento de un conjunto de moléculas determinado, el modelo debe multiplicarse y, por lo tanto, la solución puede describirse como un conjunto interconectado de modelos de Voigt-Kelvin (para una descripción más exacta, deben añadirse otras componentes de modelo). De este modo, el resultado exacto se obtiene añadiendo las soluciones individuales de las componentes del conjunto.

35

Teniendo en cuenta que la mayor parte de elastómeros tienen una estructura en gran manera no homogénea, es decir, las características de los grupos de moléculas individuales comprendidas en el sistema son diferentes y difíciles de determinar de manera independiente, el análisis plantea un problema bastante complejo también con la aplicación de un método de elementos finitos. Un límite adicional para la modelación viene impuesto por la indeterminación de la ubicación de los defectos estructurales aleatorios que tienen lugar en el elastómero.

40

Sin embargo, el modelo es adecuado para la caracterización cualitativa del comportamiento del material elastomérico después del impacto del chorro de líquido, y de la provisión de una explicación cualitativa de la cantidad significativa de calor generado en la primera fase del proceso.

45

La presentación anterior de complejidad del análisis de energía en el caso de la penetración del chorro de trituración ha pretendido demostrar que la descripción matemática exacta del problema requiere un examen de rango más amplio. A falta de una descripción teórica de profundidad adecuada y teniendo solamente un rango limitado de experiencia práctica, la solución analítica del problema parece ser, actualmente, inviable. Por lo tanto, también a efectos de preparar un estudio teórico más en profundidad, a continuación se examina cómo puede reducirse el consumo de energía específico de la extracción de material aplicando chorros de líquido a alta presión, teniendo en cuenta el comportamiento descrito anteriormente del material elastomérico, es decir, la manera en la que el proceso de extracción del material puede hacerse más eficiente en términos de energía.

50

55

Tal como se conoce de análisis anteriores, y a partir del documento WO 2008/084267 A1, para la extracción de material durante el proceso de trituración por chorro de líquido se requiere que se aplique una energía cinética que supere la energía de desgarro del material elastomérico. La energía cinética del chorro de líquido se determina esencialmente mediante la masa y la velocidad del medio que transmite energía.

60

En procedimientos conocidos de trituración por chorro de líquido, habitualmente el aumento de velocidad del chorro

de líquido se considera como el factor clave que determina la eficacia de la trituración, el cual puede proporcionarse aumentando la presión del líquido aplicado para la separación del material. En la mayor parte de los documentos de patente a los que se ha hecho referencia anteriormente se define un intervalo de presión extremadamente amplio para el chorro de líquido. Tal como se indica mediante la experiencia práctica, en la mayor parte de los casos se aplican valores de presión en la parte superior-media de estos intervalos (aproximadamente 3.000 bar).

Sin embargo, tal como se observa de las fórmulas anteriores, los valores de alta presión aplicados en soluciones conocidas, así como las velocidades del chorro de líquido elevadas que son resultado de los mismos, conducen al aumento transitorio significativo de la resistencia del material elastomérico. En otras palabras, el material experimenta un endurecimiento local, transitorio, que tiene un efecto adverso doble. Por otra parte, el chorro de líquido no es capaz de penetrar en el elastómero con resistencia transitoria elevada con la profundidad deseada (y, de este modo, solo se puede eliminar una pequeña cantidad de material en esta fase) y, por otra parte, una parte más grande de la energía del chorro se disipa y se pierde como pérdida térmica.

Según la presente invención, los presentes inventores han reconocido que, a efectos de que tenga lugar el endurecimiento instantáneo del elastómero a un nivel de resistencia más bajo, en términos analíticos, que la función de respuesta de resistencia de la misma se vuelva plana, es decir, a efectos de que el endurecimiento del elastómero sea más bajo, la velocidad del chorro de líquido, es decir, la presión de la trituración debería reducirse durante la primera fase adaptada para la desintegración del material elastomérico. Este reconocimiento de la presente invención es contrario a la práctica de la industria según la cual la piedra angular del aumento de la eficacia de la trituración es el aumento de la presión de la trituración. Sin embargo, a efectos de mantener un equilibrio de energía, la masa del medio que penetra en el material tiene que aumentarse al tiempo que se reduce la presión, tal como se muestra a continuación, de tal modo que está disponible la energía cinética requerida para la eliminación del material (es decir, un nivel de energía que supera la energía de desgarro crítica).

Dado que el parámetro que determina fundamentalmente el diámetro del chorro de líquido que lleva a cabo la trituración del material es el diámetro de apertura de las boquillas aplicadas para la emisión del chorro de líquido, el caudal del volumen es dependiente de este parámetro. En base al examen de los fenómenos transitorios descritos anteriormente puede confirmarse que para la reducción del consumo de energía específico de una unidad de material eliminado, el diámetro de las boquillas tiene que aumentarse al tiempo que se reduce la presión de la trituración.

Debe enfatizarse, sin embargo, que además de las características físicas, también deben tenerse en cuenta las consideraciones económicas cuando se determina el rango preferente de diámetro de boquilla y los correspondientes valores de presión.

Mediante la experiencia práctica de los presentes inventores también se confirma que el aumento del tamaño de apertura de las boquillas de trituración (es decir, el aumento del caudal de volumen y, por tanto, el caudal de masa del fluido de trituración) da como resultado unas características de trituración más favorables, incluso junto con una presión de trituración reducida, con respecto al aumento solo de la presión con un tamaño de apertura más pequeño. Sin embargo, las limitaciones económicas para aumentar el caudal de volumen de trituración son los costes de inversiones y de funcionamiento de las bombas de presión elevada y sus sistemas auxiliares porque el funcionamiento de bombas de presión elevada y caudal de volumen elevado requiere máquinas que funcionan con elevada potencia.

Los costes de inversiones y la demanda de potencia de las bombas con niveles de presión adecuados para la tecnología de trituración descrita en el presente documento imponen un límite superior a la selección de la bomba para un nivel esperado de eficacia de trituración.

Los ensayos prácticos de los presentes inventores, que además de ensayar las relaciones de presión y caudal de volumen correspondientes también han incorporado consideraciones económicas, conducen a los presentes inventores al reconocimiento de que en el caso de tales tipos de boquilla que se aplican ampliamente en la actualidad, especialmente para triturar material de caucho, en una realización preferente de la presente invención, los emparejamientos de valor de diámetro de boquilla-presión son los siguientes:

- diámetro de boquilla: boquillas con un diámetro entre 0,4 y 0,6 mm (en el sistema británico de pesos y medidas: entre 0,016" y 0,024")
- presión: entre 850 y 1.150 bar (en el sistema británico de pesos y medidas: entre 12.300 y 16.700 psi)

en las que los valores de presión más elevados corresponden a los diámetros de boquilla inferiores, y los valores de presión más bajos corresponden a los diámetros de boquilla superiores.

Una consideración de diseño básica de los sistemas de trituración que consisten en una o más bombas de alta presión y uno o más aparatos de trituración es que el caudal de volumen del líquido suministrado por la bomba a la presión requerida tiene que armonizarse con el número de boquillas de trituración. A efectos de realizar lo anterior, debe conocerse el caudal de volumen para cada boquilla en función de la presión y el diámetro de apertura. Para

esta información, se pueden obtener habitualmente ciertos datos de fabricantes, de los fabricantes de las boquillas.

Mediante la comparación de los caudales de volumen de la bomba y las boquillas, se puede determinar el número de boquillas a aplicar, que es el dato básico para dimensionar el aparato de trituración. A continuación se describe el diseño conceptual de aparato de trituración de la banda de rodadura de un neumático de ejemplo diseñado para el caudal de volumen determinado de este modo.

Los emparejamientos de diámetro de boquilla-presión reales correspondientes a las condiciones de trituración determinadas son altamente dependientes de las características de resistencia del elastómero que se va a triturar. Según la experiencia de los presentes inventores, los materiales de neumático pueden ser altamente diferentes dependiendo de las condiciones de funcionamiento que se han tenido en cuenta por parte del fabricante para optimizar las características del material del neumático, más particularmente, el material de la banda de rodadura. Teniendo en cuenta los antecedentes teóricos descritos anteriormente y la experiencia práctica de los presentes inventores, se puede establecer como principio general que en caso de materiales de caucho más blandos se pueden aplicar valores de presión más elevados y boquillas con un diámetro más pequeño, mientras que para los materiales más duros, más resistentes al desgaste, deberían aplicarse valores de presión de trituración más bajos y diámetros de boquilla más elevados.

Los valores de presión correspondientes a los diámetros de boquilla determinados pueden seleccionarse de la siguiente manera: tal como se ha explicado anteriormente, las bombas de pistón de desplazamiento de presión elevada tienen un caudal de volumen casi constante. La compresión del líquido debe ignorarse en el intervalo de presiones para la presente tecnología. Las condiciones de presión de dichas bombas solo pueden modificarse aplicando un control de información de punto final, es decir, modificando el caudal en el puerto de descarga que está determinado por el tamaño de apertura de las boquillas. En el caso de valores de área de sección de descarga más grandes se puede reducir la presión del punto final, es decir, la presión de trituración real, volviéndose el caudal de volumen (y, de este modo, el caudal de masa) más elevado al mismo tiempo.

Para triturar materiales de caucho que tienen diferentes características de resistencia aplicando el mismo aparato de trituración, se establecen, de manera conveniente, diferentes emparejamientos de presión-caudal de volumen, de manera preferente, modificando el tamaño de apertura de las boquillas aplicadas. Habida cuenta de los hechos mencionados anteriormente, la modificación del tamaño de apertura de las boquillas básicamente realiza un control retroactivo de las bombas.

Para los parámetros de un tipo de boquilla determinado, este procedimiento de control se demuestra en las figuras 3A y 3B. En los diagramas, la presión de trituración del fluido de trituración emitido desde las boquillas se muestra (en barras) en el eje x, mientras que en el eje y se muestra el caudal de volumen que pertenece a diferentes tamaños de apertura (en litros/minuto). Las curvas se establecieron en base a los datos del fabricante para aperturas de boquilla de 600-550-500-450-400 micrómetros.

En el presente documento debe observarse que los valores de caudal de volumen correspondientes al diámetro de boquilla determinado y los valores de presión que utilizan datos de mediciones de fábrica se especifican solo por algunos fabricantes de boquillas, pero en formato tabular. En el caso, sin embargo, de que los datos de los fabricantes se dibujen en forma de los nomogramas que se muestran en las figuras 3A, 3B, estos datos pueden utilizarse para determinar los parámetros de trituración de una manera mucho más preferente. Las relaciones que se van a presentar a continuación no se pueden entender fácilmente utilizando las tablas del fabricante, de tal modo que en primer lugar las curvas que se muestran en las figuras 3A, 3B se deben establecer para el intervalo de tamaño de apertura prioritario de 400 a 600 micras y un intervalo de presión de 650-1.350 bar.

El nomograma generado puede utilizarse, de manera preferente, de dos maneras diferentes, según las figuras 3A y 3B. Según la primera manera de utilizar el nomograma, ilustrada en la figura 3A, los valores de presión de trituración aplicables para triturar elastómeros de diferente dureza en base al caudal de volumen de la bomba de alta presión, que o bien está disponible fácilmente o se selecciona en base a consideraciones prácticas, tales como su exigencia de potencia de funcionamiento. En la realización ilustrada en la figura 3A, por lo tanto, se establece un nomograma de presión-caudal de volumen para el tipo de boquilla, como mínimo, de una boquilla, y para un caudal de volumen determinado, se puede determinar la presión del chorro de líquido, en el intervalo de 650-1.350 bar, en base al diámetro de apertura, como mínimo, de una boquilla, por medio del nomograma de presión-caudal de volumen.

La segunda manera en la que se puede utilizar el nomograma, ilustrada en la figura 3B, es para determinar los diferentes valores de caudal de volumen de boquilla correspondientes a la presión de trituración definida anteriormente. En la realización ilustrada en la figura 3B, por lo tanto, se establece un nomograma de presión-caudal de volumen para el tipo de boquilla, como mínimo, de una boquilla, y para una presión de chorro de líquido determinada, seleccionada en el intervalo de 650-1.350 bar, se puede determinar el caudal de volumen del chorro de líquido en base al diámetro de apertura, como mínimo, de una boquilla mediante el nomograma de presión-caudal de volumen.

La figura 3A está destinada a la determinación de los valores de presión de boquilla correspondientes al caudal de

volumen de una bomba de alta presión que o bien está disponible fácilmente o se selecciona en base a su consumo de energía. Los valores de presión se pueden determinar determinando, en primer lugar, el caudal de volumen de una sola boquilla, utilizando el valor de caudal de volumen de la bomba de alta presión determinada y el número de boquillas aplicadas y, a continuación, dibujando una línea horizontal perpendicular al eje y a un valor determinado de caudal de volumen, e intersectando las curvas características de las boquillas con diferentes aperturas incluidas en el nomograma. Tomando la proyección de cada punto de intersección sobre el eje x se obtienen los valores de presión de trituración que se pueden conseguir utilizando las boquillas determinadas. Evidentemente, este procedimiento proporciona valores de presión de trituración exactos para todas las boquillas en una cabezal de trituración si las boquillas tienen diámetros de apertura idénticos.

La otra utilización del nomograma, ilustrada en la figura 3B se aplica, de manera preferente, para determinar el caudal de volumen requerido para la trituración y, de este modo, proporciona una ayuda para seleccionar la bomba de alta presión. En el caso de que la presión de trituración aplicada, de manera preferente, para triturar el material elastomérico determinado (por ejemplo, la capa de caucho de una banda de rodadura de un neumático) se determinara previamente, la línea se dibuja perpendicular al eje x a un valor de presión determinado, cruzando las curvas características que representan diferentes tamaños de apertura de boquilla. Tomando la proyección de cada punto de intersección sobre el eje y se obtienen los valores de caudal de volumen correspondientes a diferentes tamaños de apertura de boquilla. El caudal de volumen de la bomba aplicada para conseguir la presión de trituración requerida se obtiene multiplicando el valor de caudal de volumen seleccionado por el número de boquillas aplicadas en el uno o más aparatos de trituración.

Obsérvese que en el procedimiento descrito anteriormente se ignoraron las pérdidas de presión interna del aparato, así como las de la línea de suministro de alta presión. Estas pérdidas de presión interna pueden determinarse fácilmente por personas expertas en la materia.

Tal como se conoce de la tecnología de trituración por chorro alineado linealmente, los chorros que están frente a la superficie que se va a triturar se hacen vibrar, preferentemente, con una frecuencia determinada. Según la experiencia práctica de los presentes inventores, la frecuencia de vibración aplicable, preferentemente, junto con los valores de presión, y los valores de velocidad de alimentación directa que se describirán a continuación, aplicados según la presente invención, se encuentran en el intervalo de 650-850 l/min, en el que los valores más bajos y más altos, respectivamente, corresponden a materiales de estructura más dura y más blanda. La, como mínimo, una boquilla se hace vibrar de manera conveniente en una dirección perpendicular a la dirección de desplazamiento del material elastomérico, así como a la dirección de descarga. El valor exacto de la frecuencia de vibración depende de la consistencia real del material de caucho que se va a triturar, y se puede determinar a partir de los resultados de pases de prueba de trituración.

Es importante destacar que, aunque el procedimiento de los presentes inventores y el aparato correspondiente que se describirán a continuación se introdujeron en relación a la tecnología de trituración por chorro alineado linealmente, los nomogramas que se muestran en las figuras 3A y 3B, así como su aplicación para la selección de los tamaños de apertura de boquilla de trituración ventajosos pueden ser aplicables también para la mejora de la eficacia de trituración de la tecnología de trituración por chorro con cabezal rotatorio.

Las tres fases principales del proceso de trituración, concretamente, la fase de desintegración de la superficie (primera fase), la denominada fase de trituración productiva (segunda fase), y la fase de eliminación del material residual (tercera fase) se describieron anteriormente. En el caso de que se vaya a triturar el material de una banda de rodadura de un neumático, cada fase requiere, preferentemente, una sola revolución del neumático. Tal como se presenta, a continuación, los parámetros de trituración preferentes también pueden definirse para la tercera fase, pero para la eficacia del proceso es de menor importancia si parámetros idénticos a la segunda fase se aplican también en la tercera fase o los valores de los parámetros se modifican en comparación con la segunda fase.

Junto con la identificación de las diferentes funciones de las fases los presentes inventores también han reconocido que, además de los parámetros de trituración básicos predeterminados (que no son modificables o son difíciles de modificar durante el funcionamiento de la trituración), las velocidades de alimentación directa aplicadas en el transcurso de las diferentes fases también desempeñan un papel importante. La expresión "velocidad de alimentación directa" se utiliza para hacer referencia a la velocidad de movimiento relativa del grupo de boquillas que llevan a cabo la trituración y al material elastomérico que se va a triturar. El movimiento relativo es, en el caso de boquillas dispuestas linealmente, en la dirección perpendicular a la dirección de la vibración de la hilera de boquillas, y, en el caso de trituración con cabezal rotatorio en cualquier dirección paralela a la superficie que se va a triturar. Desde el punto de vista del proceso de trituración es indiferente si el movimiento directo se lleva a cabo por los chorros de trituración (es decir, las boquillas) o la propia pieza de trabajo, o ambos se mueven con una diferencia de velocidad predeterminada.

Se puede reconocer que, además de los parámetros de trituración básicos preestablecidos, tales como la presión de trituración y la frecuencia de vibración, la velocidad de alimentación directa de los chorros de líquido que se han hecho vibrar aplicada durante las diferentes fases también tiene importancia, porque en el caso de una velocidad de alimentación directa demasiado elevada hay menos tiempo para que los chorros de trituración penetren en el

material, mientras que una velocidad de alimentación directa demasiado baja provocaría que el chorro de trituración permaneciese en una posición determinada durante demasiado tiempo, dando como resultado energía desperdiciada.

5 Según las consideraciones que se han presentado anteriormente, el procedimiento de la presente invención para la producción de elastómero triturado se lleva a cabo de la siguiente manera. En el transcurso del procedimiento, según la presente invención, un chorro de líquido que tiene una presión de 650-1.350 bar se dirige desde, como mínimo, una boquilla sobre un material elastomérico que se mueve, como mínimo, en una dirección parcialmente transversal con respecto a la dirección de descarga de, como mínimo, una boquilla. Aprovechando el efecto de desgarro del chorro de líquido, el elastómero triturado se separa de la superficie del material elastomérico, es decir, el elastómero triturado se produce a partir del material elastomérico mediante el chorro de líquido. Las partículas del elastómero triturado se arrancan esencialmente del material elastomérico mediante el chorro de líquido. Como la característica de que el elastómero se mueve, como mínimo, parcialmente, en una dirección relativa a la dirección de descarga de, como mínimo, una boquilla, se pretende que su desplazamiento tenga una componente perpendicular a la dirección de descarga, es decir, la superficie que se va a desintegrar mediante el chorro del líquido no es paralela con el mismo.

Según lo anterior, para llevar a cabo el procedimiento de la presente invención también se pueden disponer más de una boquilla dispuestas linealmente una junto a la otra, o una o más boquillas dispuestas en un cabezal rotatorio.

20 En el transcurso del procedimiento según la presente invención el material elastomérico se mueve con respecto a la, como mínimo, una boquilla de tal modo que en la primera fase para la desintegración de la superficie del material elastomérico, el material elastomérico tiene una primera velocidad de alimentación directa de 10 a 20 mm/s en el punto de impacto del chorro de líquido en una dirección transversal a la dirección de descarga y, en la segunda fase, después de la desintegración de la superficie del material elastomérico, tiene una segunda velocidad de alimentación directa que disminuye en el 35-65% en comparación con la primera velocidad de alimentación directa.

En el caso de trituración con cabezal rotatorio, se entenderá que las "velocidades de alimentación directa" aplicadas en cada fase del proceso de trituración significan la velocidad de avance relativa del eje de rotación del cabezal de trituración rotatorio y la pieza que se va a procesar.

Desde el punto de vista de efecto de trituración, el papel más significativo lo desempeña la componente de la velocidad del material elastomérico perpendicular al chorro de líquido y, por lo tanto, para especificar el procedimiento según la presente invención y también, a continuación, esta componente de velocidad se considerará como la velocidad de alimentación directa. Por lo tanto, a modo de ejemplo, en el caso de un neumático, la velocidad de alimentación directa es la velocidad circunferencial del neumático.

Según lo anterior, en una realización preferente del procedimiento de la presente invención, un chorro de líquido que tiene una presión de 850-1.150 bar está dirigido sobre el material elastomérico.

40 En la primera fase adaptada para la desintegración de la superficie del material elastomérico, la trituración productiva está limitada, dado que durante esta fase los chorros de trituración llevan a cabo la desintegración de la superficie que se va a triturar. Los experimentos de los presentes inventores han conducido a la conclusión de que en una realización preferente del procedimiento de la presente invención la velocidad de alimentación directa que debe aplicarse en la primera fase debería estar, de manera preferente, en el intervalo de 12,5-17,5 mm/s, de manera particularmente preferente, en el intervalo de 14,2-15,8 mm/s. En el caso de estos valores de velocidad de alimentación directa, se aplican, de manera preferente, diámetros de las boquilla entre 0,4 y 0,6 mm, y/o valores de presión entre 850 y 1.150 bar. Por consiguiente, el intervalo de diámetro de boquilla especificado preferente (entre 0,4 y 0,6 mm) también puede aplicarse mediante valores de presión de trituración que caen dentro del intervalo de presión, según la presente invención (entre 650 y 1.350 bar).

En la primera fase, por lo tanto, debería evitarse, de manera especial, una generación de calor excesiva. A efectos de conseguir lo anterior, se aplica una presión de trituración reducida durante todo el transcurso del procedimiento de la presente invención, en comparación con soluciones conocidas y, además de lo anterior, el diámetro de apertura de la boquilla se aumenta, de manera preferente, para proporcionar que el chorro de líquido tenga una energía cinética que supere la energía de desgarro crítica. Además de estas disposiciones, en la primera fase, la velocidad de alimentación directa se establece a un valor relativamente elevado, de tal modo que el chorro de líquido permanezca durante un tiempo relativamente corto en una región de superficie que esté solo sometida a trituración del material elastomérico de tal modo que se evita el endurecimiento de la superficie, tanto como sea posible, es decir, se genera la cantidad más pequeña posible de calor durante la desintegración de la superficie. En sus experimentos, los presentes inventores han reconocido que para los valores de presión especificados anteriormente, durante la primera fase del proceso la velocidad de alimentación directa debería estar, de manera preferente, en el intervalo de 10-20 mm/s (teniendo en cuenta la dureza del material elastomérico que se va a triturar, es decir, para un material elastomérico más duro debería seleccionarse un valor más bajo, mientras que para un material más blando, un valor más alto) de tal modo que se consiga el equilibrio entre la desintegración de la superficie en un grado requerido después de la primera fase y la generación de un volumen de calor tan bajo como sea posible.

Los experimentos de los presentes inventores también han demostrado que el nivel óptimo de la primera velocidad de alimentación directa está en el intervalo de 14,2-15,8 mm/s. Este intervalo es ventajoso también para los neumáticos aplicados de manera generalizada que tienen una dureza promedio. Los experimentos de los presentes inventores han indicado que en la primera fase, con este parámetro, la generación de calor, es decir, el aumento de la temperatura del fluido de trabajo, se debe reducir a aproximadamente 5-15 °C, aproximadamente igual a los valores medidos en las otras fases. Es importante indicar que la energía adicional requerida para la producción de la primera velocidad de alimentación directa (que supera la velocidad de alimentación directa aplicada en la segunda fase) es insignificante con respecto a la energía que se puede ahorrar cambiando la velocidad de alimentación directa entre las fases del proceso, es decir, evitando que el líquido de trituración se caliente.

Siguiendo a la primera fase, durante la segunda fase de "trituración productiva", la hilera de chorros de trituración avanza de manera más lenta en relación al material elastomérico que se va a triturar. Aplicando esta velocidad de alimentación directa reducida en la segunda fase, dado que en una superficie ya desintegrada parcialmente el fenómeno de endurecimiento tiene lugar en un grado mucho menor en comparación con el endurecimiento de la superficie que tiene lugar en la primera fase, se puede conseguir una penetración de la trituración más profunda con la misma presión de chorro de líquido que en la primera fase. La velocidad de alimentación directa aplicada en la segunda fase es inferior en un 35-65%, de manera preferente, en aproximadamente un 50%, de la primera velocidad de alimentación directa y, de este modo, entra dentro del intervalo de 5-10 mm/s. Los experimentos de los presentes inventores han demostrado que en la segunda fase es conveniente establecer una velocidad de alimentación directa cuanto más pequeña mejor, a efectos de conseguir la velocidad de extracción más alta posible por revolución. Además de lo anterior, de manera similar a la primera velocidad de alimentación directa también se determina la segunda velocidad de alimentación directa como función de la dureza del elastómero que se va a triturar, es decir, valores de segunda velocidad de alimentación directa más elevados (por ejemplo, valores cerca del valor superior de los intervalos especificados) corresponderán a primeras velocidades de alimentación directa más elevadas. Sin embargo, si la primera velocidad de alimentación directa se selecciona entre los valores más bajos del intervalo especificado, la segunda velocidad de alimentación directa también se seleccionará de los valores más bajos del intervalo de 5-10 mm/s. De este modo, según lo que se ha presentado anteriormente, una reducción del 35-65%, de manera preferente, de aproximadamente el 50%, se aplica en cada caso entre la primera y la segunda fase.

Sin embargo, la aplicación de velocidades de trituración demasiado bajas también es desventajosa porque en el caso de que el chorro de líquido permanezca en una región determinada demasiado tiempo puede penetrar en capas más profundas del material elastomérico, en casos específicos, incluso en la capa de soporte, lo que puede conducir al aumento de la temperatura del fluido de trabajo. De este modo, se puede establecer un intervalo de velocidad óptimo para la segunda fase, en el que ambos efectos desventajosos anteriores se pueden evitar en el mayor grado posible de una forma particularmente preferente. En sus experimentos, los presentes inventores han descubierto que, según lo anterior, la segunda velocidad de alimentación directa se selecciona, de manera conveniente, del intervalo de 6,5-8,5 mm/s.

De este modo, en la fase de trituración productiva (segunda fase) es conveniente aplicar velocidades de alimentación directa más bajas, dado que de este modo se puede conseguir una penetración más profunda en la superficie desintegrada (y, de este modo, una eliminación de material más elevada) aplicando un valor de presión de trituración inalterado. Al mismo tiempo, la velocidad de la vibración de la hilera de chorros de líquido permanece igual que en la primera fase. La aplicación de valores de velocidad de alimentación directa demasiado bajos no es preferente, también porque en el caso de tiempos de exposición a un chorro de líquido demasiado largos el chorro de trituración penetra en capas más profundas del material y pierde tanta energía que su energía no volverá a superar la energía de desgarrar del elastómero y, de este modo, se volverá incapaz de triturar las capas inferiores.

Aplicando los intervalos anteriores de velocidad reducidos específicos, en una realización del procedimiento según la presente invención, la segunda velocidad de alimentación directa aplicada en la segunda fase se obtiene reduciendo la primera velocidad de alimentación directa, de manera preferente, en un 45-55%, de manera particularmente preferente, en aproximadamente un 50%.

Según lo que se ha presentado anteriormente, en la segunda fase la velocidad de la boquilla aplicada posiblemente, así como los valores de presión de fluido aplicada son los mismos que en la primera fase. Desde un punto de vista tecnológico, es relativamente simple cambiar la velocidad de alimentación directa entre las fases, pero no sería nada razonable cambiar la presión de trituración o modificar el diámetro de las aperturas de las boquillas durante el funcionamiento.

En la tercera fase, denominada "de limpieza" el chorro de líquido se aplica para la eliminar el material residual que está presente en un grado limitado. Para este funcionamiento, se puede aplicar una tercera velocidad de alimentación directa, que es mayor que la segunda velocidad de alimentación directa y, de este modo, la tercera velocidad de alimentación directa de la tercera fase (aplicada después de la segunda fase) se selecciona entre el intervalo similar (10-20 mm/s) al de la primera velocidad de alimentación directa. En la tercera fase el intervalo de velocidad de alimentación directa preferente es nuevamente 12,5-17,5 mm/s, mientras que el intervalo de velocidad particularmente preferente es 14,2-15,8 mm/s. De manera similar a lo que se ha descrito anteriormente, la velocidad

de la vibración posiblemente aplicada de, como mínimo, una boquilla, así como el valor de presión de trituración establecido originalmente son los mismos que anteriormente.

5 En el caso de triturar una banda de rodadura de un neumático promedio desgastado hasta un espesor de capa de 16 mm o menos, la primera fase del proceso necesitará una revolución, la segunda fase se completará en 2-3 revoluciones, mientras que la tercera fase requerirá también una única revolución del neumático. Cuando se va a triturar una capa más ancha de material elastomérico (por ejemplo, caucho), el número de revoluciones requerido para completar la segunda fase aumenta en una por cada 3 mm de espesor de capa adicional.

10 El cambio en la velocidad de alimentación hacia delante de fase a fase se consigue controlando el aparato de trituración. Para triturar un neumático, esto significa que la unidad de control del aparato cambia a la velocidad de alimentación hacia delante de la fase posterior cada vez que se empieza una nueva fase.

15 Un aparato de ejemplo se adapta para llevar a cabo el método de la presente invención que se ha descrito anteriormente, es decir, para la producción de elastómero triturado. El aparato de ejemplo puede, por lo tanto, aplicarse para llevar a cabo el procedimiento de la presente invención, es decir, se puede dimensionar el diseño del aparato, y el funcionamiento del aparato se puede controlar según el procedimiento de la presente invención. Por consiguiente, el aparato de ejemplo comprende, de manera preferente, un sistema de control tal que, además de estar adaptado para el control de las funcionalidades básicas del aparato, es capaz de programar y almacenar paquetes de control que implementan dos o más velocidades de alimentación directa, lo que implica que mediante el control del aparato, se pueden realizar dos o más velocidades de alimentación directa.

20 El aparato de ejemplo comprende una carcasa que comprende un espacio de trituración y, de manera preferente, también contenedores de suspensión de fragmentos, una vara de montaje de neumático adaptada para el montaje de un neumático, de manera preferente, de cuatro neumáticos, en el espacio de trituración, una unidad de impulso adaptada para aguantar y hacer rotar la vara de montaje de neumático, y, como mínimo, una boquilla que se pueda posicionar a lo largo de la circunferencia del neumático cuando el neumático se sujeta a la vara de montaje de neumático. Cada boquilla es capaz de emitir un chorro de líquido que tiene una presión, por ejemplo, en el intervalo, tal como se ha especificado anteriormente, es decir, entre 650-1.350 bar, pero si se requiere el aparato es capaz de triturar a niveles de presión más bajos y más altos que los mismos.

25 El montaje de cuatro neumáticos es ventajoso también porque cuando se Trituran cuatro neumáticos de manera simultánea el aparato se puede hacer funcionar de manera más eficaz que los aparatos capaces de triturar de manera simultánea dos neumáticos. Sin embargo, el montaje de más de cuatro neumáticos plantea problemas en el movimiento y equilibrio de la vara, y la trituración de un número tal de neumáticos de manera simultánea es problemática, desde el punto de vista de la construcción del aparato. Además de una unidad de impulso adaptada para conducir la vara de montaje de neumático a un extremo de la misma, el aparato de ejemplo comprende un mecanismo de soporte adaptado para sujetar la vara de montaje de neumático y también permitir la retirada de la vara de montaje de neumático mediante la liberación de la sujeción.

35 La figura 4 ilustra un aparato de ejemplo. El aparato que se describirá a continuación se aplica, de manera preferente, especialmente para la eliminación y trituración del material de la parte de la banda de rodadura de neumáticos radiales de cable de acero de vehículos utilitarios, aunque el ejemplo ilustrado se puede aplicar, de manera ventajosa, para triturar material elastomérico de la banda de rodadura de otros tipos de neumáticos u otros cuerpos en forma de anillo (por ejemplo, neumáticos sólidos).

40 El aparato puede proporcionar un sistema de movimiento relativo de los chorros líquidos a alta presión (habitualmente chorros de agua) y las piezas de trabajo que se van a triturar lo cual hace que el chorro de líquido que entra en la pieza de trabajo elimine de la pieza fragmentos finos que tienen una distribución de tamaños de partícula uniforme, predeterminada.

45 Lo anterior se consigue, de manera preferente, haciendo vibrar un conjunto de chorros de líquidos dispuestos linealmente en el plano de los chorros que se van a emitir, y al mismo tiempo moviendo la pieza enfrente de la hilera de chorros de trituración con una velocidad de alimentación directa predeterminada. En el caso de los neumáticos, aplicar una velocidad de alimentación directa a las piezas corresponde a hacer rotar los neumáticos con una velocidad angular específica.

50 La apariencia general y los componentes estructurales principales del aparato de ejemplo se muestran en la figura 4, mientras que ciertos componentes del aparato de ejemplo se ilustran en las figuras 5 a 9.

55 La figura 4 muestra un aparato para la producción de elastómero triturado, que comprende una carcasa -10-. Un dispositivo impulsor con vibración -18- adaptado para la oscilación simétrica de dos lados de los conjuntos de cabezal de trituración por chorro de líquido -12-, se dispone en el medio de la carcasa -10-. Los conjuntos de cabezal de trituración fijados con grapas -12- se montan sobre varas vibrantes -19- impulsadas por el dispositivo impulsor con vibración -18-. El agua de trituración a alta presión se alimenta al aparato a través de manguitos de alimentación -15- dispuestos en la parte superior, a partir de los cuales se suministran agua a los conjuntos de

cabezal de trituración -12- a través de mangueras flexibles -17-. Durante el funcionamiento, el espacio de trabajo del aparato se cubre con una tapa de máquina que se puede inclinar -20- adaptada para ser movida por los cilindros neumáticos -22-. La suspensión de fragmentos de caucho que contiene agua producida se recoge en contenedores de suspensión -24- dispuestos en la parte inferior del aparato.

5 Tal como se ilustra también en la figura 4, en el procedimiento según la presente invención y en el aparato de ejemplo se aplica, de manera preferente, una hilera de boquillas dispuestas linealmente.

10 Una vara de montaje de neumático -26-, capaz de montar múltiples neumáticos -14-, se eleva dentro y fuera en el estado abierto de la tapa de la máquina -20-, de manera preferente, aplicando una grúa. En el presente ejemplo, los neumáticos -14- se sujetan por medio de zapatas de soporte -44- apretadas mediante un mecanismo de tijera -47-. En la figura 7 se ilustran detalles del mecanismo de sujeción del neumático -16- que comprende el mecanismo de tijera -47- y las zapatas de soporte -44-. La vara de montaje de neumático -26- se asienta sobre un mecanismo de soporte impulsado -28- que tiene rodillos impulsados de dos lados, y la vara de montaje de neumático -26- que es impulsada por unidades de impulso -30-. En las figuras 8-9 se muestran detalles del mecanismo de soporte -28-.

20 En el presente ejemplo, la distancia entre la vara de montaje de neumático -26- y los conjuntos de cabezal de trituración -12-, determinada por el tamaño de los neumáticos -14- se puede ajustar aplicando un mecanismo de husillo que funciona con volante -32-. La vara de montaje de neumático -26- se fija al mecanismo de soporte -28- y se sujeta desde arriba durante el funcionamiento mediante abrazaderas -34- fijadas en su posición boca abajo. La abrazadera -34- se muestra en la figura 8 y la figura 9, respectivamente, en su posición boca abajo y elevada.

25 La eficacia del proceso de trituración se puede mejorar doblando los cabezales de trituración -36- en el montaje de cabezal de trituración -12-, de manera preferente, de una manera que se muestra en la figura 5, disponiendo los cabezales de trituración -36- por encima de cada uno. Por consiguiente, en un aparato de ejemplo, se aplican hileras dobles de boquillas que comprenden una primera hilera de boquillas y una segunda hilera de boquillas dispuestas en paralelo entre sí. Con referencia ahora a las figuras 10A, 10B, y 11, a continuación se detallan las ventajas de aplicar hileras dobles de boquillas. De manera preferente, se pueden aplicar también hileras dobles de boquillas para los objetivos del procedimiento según la presente invención.

30 Tal como se muestra en la figura 5, las dos hileras de boquillas tienen una configuración idéntica. La figura 5 muestra las boquillas -38- de los conjuntos de cabezal de trituración. Los conjuntos de cabezal de trituración -12- se sujetan a la vara vibrante -19- por medio de abrazaderas. La posición axial y el ángulo de inclinación (con respecto al plano horizontal) de los conjuntos de cabezal de trituración -12- se pueden ajustar por medio de los tornillos de fijación de las abrazaderas. El montaje de cabezal de trituración -12- se puede fijar en la posición angular deseada tensando los tornillos.

35 Para aumentar la productividad de trituración, el aparato de ejemplo se adapta para el procesamiento simultáneo de cuatro neumáticos -14-, por lo cual el tiempo de configuración de la máquina calculado para un solo neumático -14- se puede reducir significativamente. Asignando dos varas de montaje de neumático -26- para un aparato simple, durante la trituración de los neumáticos montados sobre la vara de neumático -26- cargada en el aparato, los neumáticos ya procesados se pueden retirar de la otra vara de montaje de neumáticos -26- colocada en un pie de soporte adecuado -43-, y los cuatro neumáticos que se van a triturar durante el siguiente pase de trituración también se pueden montar sobre la misma. La vara de montaje de neumáticos -26-, sujeta al pie de soporte -43-, se muestra en la figura 6. El mismo pie de soporte -43- se puede aplicar para la limpieza (lavado) de los cuatro neumáticos que se van a procesar antes de cargarse en el aparato. El lavado de los neumáticos es necesario para proporcionar la pureza química requerida del producto final de elastómero triturado. Para garantizar la carga y descarga ininterrumpida del aparato, se requieren dos pies de soporte -43-: la vara de montaje de neumático -26- que transporta los neumáticos ya procesados es recibida por el pie de soporte -43- vacío después de ser retirado del aparato, mientras que la vara de montaje de neumático -26- preparada para el procesamiento se puede cargar en el aparato desde el otro pie de soporte -43-. La vara de montaje de neumático -26- puede sujetarse al pie de soporte -43- aplicando abrazaderas -46- y palancas de bloqueo -48-.

55 Los neumáticos -14- se montan, de manera preferente, sobre la vara de montaje de neumático -26- aprovechando la resistencia interna de la carcasa de cable de acero del neumático -14- que permite que el neumático -14- se monte a través de los bordes de la llanta del mismo. En este punto debe indicarse que en los experimentos de los presentes inventores se encontró que los neumáticos sin una estructura de refuerzo de cable de acero eran suficientemente fuertes para montarse sobre la vara de montaje de neumático -26- de una manera que se ilustra en las figuras 4 y 6. Aplicando el mecanismo de sujeción del neumático -16- que se muestra en la figura 7, a efectos de sujetar el neumático -14- en el aparato, es suficiente presionar las zapatas de soporte -44- conformadas de manera adecuada contra los círculos de collar del neumático utilizando el mecanismo de tijera -47-.

60 Las zapatas de soporte -44- se mueven por medio del mecanismo de tijera -47- que puede impulsarse por un mecanismo de husillo roscado que funciona manualmente, o de una manera que se ilustra en la figura 7, aplicando cilindros neumáticos -50-. En el caso de que se aplique sujeción neumática, el contenedor de soporte de la presión es la propia vara de montaje de neumático -26-, a la que se suministra aire presurizado a través de los manguitos de

alimentación -45- dispuestos en los dos extremos de la vara, tal como se muestra en la figura 6.

El movimiento directo de la trituración del neumático -14- lo facilita la rotación de la vara de montaje de neumático -26-. La vara de montaje de neumático -26- se hace rotar por medio de rodillos impulsados del mecanismo de soporte -28-. El intervalo de velocidades de rotación de la vara se determina de tal modo que deje alcanzar las velocidades de alimentación directa especificadas anteriormente en relación al procedimiento de la presente invención.

La manera de sujetar e impulsar la vara de montaje de neumático -26- se ilustra en las figuras 8, 9. Debido a los pares de torsión importantes que tienen lugar a medida que la vara de montaje de neumático -26- rota, la vara se impulsa, de manera preferente, aplicando engranajes de cadenas de piñones múltiples -56- impulsados por la unidad de impulso -54-. En la figura 8 se ilustra la posición abierta de la abrazadera -34-, en la que la vara puede retirarse del aparato o insertarse en el mismo. Tal como se muestra en la figura, en esta posición la vara de montaje de neumático -26- se puede insertar fácilmente en el mecanismo de soporte -28-. La figura 9 ilustra la posición cerrada de la abrazadera -34- que se aplica durante el funcionamiento de trituración.

Una funcionalidad adicional del mecanismo de soporte -28- adaptado para impulsar la vara de montaje de neumático -26- es ajustar la distancia entre las superficies del neumático que se va a triturar y los conjuntos de cabezal de trituración -12-. Además de otras razones, la capacidad de ajuste de la distancia se requiere principalmente porque con diferentes parámetros de trituración el punto de funcionamiento óptimo de las boquillas de trituración puede ser diferente, en comparación con las boquillas aplicadas anteriormente y, de este modo, cuando se sustituye una boquilla también es necesario ajustar la distancia de funcionamiento.

La distancia inicial se establece por medio de un mecanismo de husillo impulsado por una rueda -32- que comprende una pantalla. Además de lo anterior, se puede aplicar de manera conveniente un mecanismo de husillo asistido por ordenador aplicado para compensar el incremento de la distancia entre el cabezal de trituración -12- y la superficie que se va a triturar causado por la reducción del espesor de la capa de caucho superficial.

Los cabezales de trituración -36-, dispuestos uno por debajo del otro, tal como también se muestra en la figura 5, se pueden establecer de dos formas diferentes:

- los chorros de trituración superior e inferior se dirigen a la misma posición de la máquina, es decir, la línea de impacto de los chorros de líquido emitidos por la primera hilera de boquillas y la línea de impacto de los chorros de líquido emitidos por la segunda hilera de boquillas se dirigen a la misma región del material elastomérico que se va a triturar, o

- los chorros de trituración superior e inferior se dirigen a diferentes posiciones de mecanización, es decir, la línea de impacto de los chorros de líquido emitidos por la primera hilera de boquillas y la línea de impacto de los chorros de líquido emitidos por la segunda hilera de boquillas se dirigen a regiones del material elastomérico que se va a triturar que son diferentes entre sí.

Una configuración en la que la primera hilera de boquillas -60a- y la segunda hilera de boquillas -60b- se dirigen a la misma región del neumático -58- que se va a triturar se ilustra en la figura 10A. Dirigir los chorros de trituración superior e inferior, emitidos desde la primera hilera de boquillas y la segunda hilera de boquillas a la misma región que se va a triturar parece ser una solución obvia para concentrar la potencia de trituración de los chorros de líquido.

En el caso de que los cabezales de trituración superior e inferior se muevan de una manera coordinada, dirigiendo los chorros de trituración superior e inferior a la misma línea de mecanización los efectos de los chorros se combinan y, de este modo, se puede conseguir, teóricamente, un efecto de trituración más intenso. Sin embargo, en la práctica, el efecto de trituración no se dobla por los motivos descritos a continuación.

Los vectores de fuerza de los chorros de trituración dirigidos a la misma región de la pieza se ilustran en la figura 10B.

Tal como se muestra en la figura 10A, let L_v indica la distancia vertical entre el punto central de los ejes de vibración de la primera hilera de boquillas -60a- y la segunda hilera de boquillas -60b-, y let L_h indica la distancia horizontal entre la línea media que conecta los ejes y los puntos de impacto de los chorros de trituración. A partir de la disposición que se muestra en la figura 10A, se puede obtener la relación de los respectivos vectores de fuerza F_i y F_a de los chorros de trituración superior e inferior (tal como se muestra en la figura 10B).

De una manera que se muestra en la figura 10B, los vectores de fuerza se pueden descomponer en una componente F_m perpendicular a la tangente incidente, y una componente F_p paralela con el anterior. Dado que en la presente realización los vectores de fuerza superior e inferior tienen la misma magnitud y son simétricos axialmente, las componentes F_{ip} y F_{ap} paralelas con la tangente incidente se anulan entre sí, tal como se muestra en la figura 10B. Un trabajo de trituración eficaz se lleva a cabo solamente por las componentes F_{im} y F_{am} , perpendiculares a la tangente incidente, componentes que son necesariamente más pequeñas que la magnitud del vector original. Por consiguiente, la magnitud del vector de fuerza que es eficaz para el funcionamiento de la trituración es más pequeña que la suma de los valores escalares de los vectores superior e inferior.

La distancias L_v y L_h están predeterminadas debido a razones de construcción, y son casi iguales, pero dependiendo de la distancia de trituración eficaz de las boquillas aplicada realmente para la trituración su proporción puede ser diferente a la misma en un grado pequeño. Debido a las relaciones trigonométricas determinadas por la disposición esto significa que a pesar de la intensidad doble del chorro de trituración se consigue una fuerza de trituración solamente 1,7-1,8 veces la original.

Sin embargo, la experiencia práctica indica que la intensidad del efecto de trituración es incluso más pequeña que la esperada en base a este valor de la fuerza de trituración. Una de las razones para lo anterior es independiente de la disposición: el valor medio eficaz de la presión de trituración pulsante (la pulsación está causada por el comportamiento de funcionamiento de las bombas de alta presión) es aproximadamente del 8-10% inferior al valor de presión máximo. Este fenómeno reduce adicionalmente el efecto de trituración.

Sin embargo, el efecto contrario más potente que empeora la eficacia de trituración es el comportamiento viscoelástico descrito anteriormente de los materiales elastoméricos, es decir, el endurecimiento que puede ocurrir en la primera fase del procedimiento según la presente invención. En base a la experiencia práctica de los presentes inventores puede establecerse que, a pesar del consumo de energía duplicado que supone la configuración de trituración "de doble hilera" en la que las dos hileras de boquillas tienen el mismo punto de impacto, la eficacia del funcionamiento doble es, como máximo, el 25-30% más alta en comparación con la trituración de hilera única, especialmente en la primera fase adaptada para la desintegración de la superficie del material elastomérico. Esto viene provocado principalmente por el efecto de endurecimiento intensificado de los dos chorros de líquido que actúan simultáneamente sobre el material elastomérico.

Durante los experimentos de los presentes inventores, estos han llegado a reconocer que la eficacia de la trituración se mejora significativamente en el caso de que de los chorros de trituración superior e inferior no estén dirigidos al mismo punto de impacto. De este modo, los chorros de trituración superior e inferior impactan en el material de caucho en diferentes momentos en el tiempo, lo que implica que el efecto de endurecimiento transitorio de los chorros no se duplica.

Una posible solución para conseguir el efecto de trituración deseado, es decir, para evitar que se doble el efecto de endurecimiento, es disponer los cabezales de trituración superior e inferior desplazados la mitad de la distancia entre las boquillas, de tal modo que la diferencia entre las posiciones horizontales de los chorros de trituración iguale la mitad de la distancia entre boquillas. En otras palabras, cada boquilla de la primera hilera de boquillas debería disponerse precisamente en la parte central entre dos boquillas, estando las boquillas dispuestas a lo largo de dos líneas paralelas. En la presente realización, por lo tanto, la primera y segunda hilera de boquillas se disponen en paralelo entre sí, desplazadas la mitad de la distancia entre las boquillas.

Según una solución aún más preferente, los cabezales de trituración superior e inferior, es decir, la primera y segunda hilera de boquillas se hacen vibrar aplicando un cambio de fase. Este cambio de fase de vibración iguala, de manera ideal, la mitad de la distancia entre boquillas, lo que implica que, por ejemplo, en el caso de que la vibración del cabezal de trituración se consiga mediante una unidad de impulso rotatoria, se requiere una fase de impulso inferior y superior que tiene un cambio entre fases de 90° . En una realización, por lo tanto, la primera y segunda hilera de boquillas se hacen vibrar con un cambio de fase de 90° en comparación entre sí. Sin embargo, también se pueden concebir otros valores de cambio de fase preferentes entre los chorros de trituración.

También es concebible otra realización en la que la línea de impacto de los chorros de líquido de la primera hilera de boquillas y la línea de impacto de los chorros de líquido de la segunda hilera de boquillas se dirijan a diferentes regiones del material elastomérico mientras

- la primera hilera de boquillas y la segunda hilera de boquillas se disponen en paralelo entre sí desplazadas la mitad de la distancia entre las boquillas, o
- la primera hilera de boquillas y la segunda hilera de boquillas se hacen vibrar con un cambio de fase de 90° en comparación entre sí.

En el caso de que la primera hilera de boquillas y la segunda hilera de boquillas no estén dirigidas a la misma región del material elastomérico, estas medidas son ventajosas, por ejemplo, si los chorros de líquido emitidos por la primera y la segunda hilera de boquillas impactan en el material elastomérico en regiones cercanas. En este caso, los efectos de endurecimiento se pueden reducir aplicando las medidas anteriores.

En otra posible configuración los chorros de trituración superior e inferior se dirigen a diferentes posiciones de la mecanización (la primera hilera de boquillas y la segunda hilera de boquillas se dirigen a regiones del material elastomérico que son diferentes entre sí) tal como se ilustra en la figura 11. En comparación con la configuración en la que los chorros se dirigen a un único punto, el ángulo de inclinación inferior de los cabezales de trituración permite una componente de trituración más elevada en la dirección del impacto, es decir, en esta configuración las componentes tangenciales del vector de chorro de trituración se reducen. La dirección más preferente es la dirección perpendicular a la tangente en el punto de impacto (también mostrada en el dibujo) cuando el vector de trituración no

tiene componente tangencial.

Además de los requisitos generales de control del sistema también se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones especiales durante el diseño de los medios de control aplicados para el procedimiento según la presente invención y el aparato de ejemplo.

Un requisito importante de la trituración por chorro de líquido a alta presión cuando se aplica para la eliminación de partículas de material de tamaño pequeño de una forma controlada es que el chorro de líquido debería moverse con una velocidad constante por encima de la pieza de trabajo, de tal modo que el chorro de líquido penetre en el material elastomérico solamente en un grado limitado (en lugar de penetrar a través del mismo), arrancando, de este modo, solamente partes de tamaño pequeño de la superficie. Tal como indica la experiencia práctica, para proporcionar una distribución de tamaño de partículas suficientemente uniforme deben ajustarse diversos parámetros tecnológicos, preferentemente independientes entre sí. Una de las desventajas fundamentales de las tecnologías de trituración que aplican cabezales de trituración rotatorios en lugar de los chorros de líquido con vibración, dispuestos linealmente, descritos anteriormente, es que para hacer rotar el cabezal de trituración con una velocidad suficientemente elevada se requiere un valor de presión relativamente alto, lo cual impone limitaciones a otros parámetros tecnológicos. Una desventaja adicional de la trituración con cabezal rotatorio es el endurecimiento de impacto intensificado del material de caucho viscoelástico que es el resultado de la presión de trituración aumentada, lo que provoca una pérdida de energía específica más elevada.

La tecnología de trituración que implica cabezales de trituración dispuestos linealmente y, de manera preferente, con vibración, aplicada también en el aparato de ejemplo, tiene la ventaja importante de que los parámetros de trituración, tales como la alimentación directa de la pieza, el movimiento del chorro de trituración y la presión de trituración se pueden controlar completamente, de manera independiente entre sí.

Las intervenciones de control directo que se pueden conseguir mediante el control del aparato son la modificación de la frecuencia de vibración del chorro de trituración y el cambio de la velocidad de alimentación directa de la pieza (es decir, en nuestro caso, el cambio de la velocidad angular de los neumáticos que se van a triturar). La presión de trituración se puede controlar seleccionando los valores de apertura de la boquilla de la manera descrita anteriormente.

Aumentar la frecuencia de vibración básicamente desplaza el tamaño de partícula en la dirección de tamaños de partícula granulados más pequeños y, por lo tanto, la aplicación de intervalos de frecuencia más elevados es más preferente. El límite superior práctico se determina mediante el diseño y la calidad del material de los componentes mecánicos. Las consideraciones presentadas anteriormente en relación a la presente invención pueden resumirse como el requisito de que a efectos de establecer adecuadamente los parámetros de movimiento es necesario controlar los parámetros que pertenecen a las fases "de desintegración", "productiva" y "de limpieza" del proceso de trituración.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, el procedimiento de control debería, de manera conveniente, cumplir con los diferentes requisitos cinéticos de las diferentes fases del proceso de trituración. A efectos de conseguir esto, el procedimiento de control debería, básicamente, permitir ajustar la velocidad de alimentación directa durante el funcionamiento a diferentes valores correspondientes a diferentes fases de la trituración, al mismo tiempo que se mantienen la presión del chorro de trituración determinada y la frecuencia de vibración. Los valores de velocidad de alimentación directa correspondientes a cada fase del proceso de trituración se han especificado anteriormente.

Durante el proceso de trituración, las partículas de material se eliminan continuamente del material elastomérico, lo que da como resultado que la superficie mecanizada se aleje cada vez más del punto de funcionamiento óptimo de las boquillas de trituración. Tal como indica la experiencia práctica, esto puede volverse desventajoso, incluso en el caso de una diferencia de solo unos pocos milímetros, lo cual, en especial cuando se tritura una capa de caucho más gruesa, implica que sin ajustar la distancia de las boquillas entre fases posteriores, la eficacia de la trituración se puede empeorar. Esto se puede compensar, de manera conveniente, haciendo que la distancia entre la, como mínimo, una boquilla y la superficie de trabajo se mantenga dentro de un intervalo de tolerancia, por ejemplo, avanzando el pie de soporte de la vara de montaje de neumático utilizando un motor, que se puede controlar de una forma sincronizada con los otros parámetros de movimiento.

El procedimiento descrito anteriormente, según la presente invención, y el aparato de ejemplo se pueden aplicar para triturar materiales elastoméricos, en especial para triturar la superficie de la banda de rodadura de materiales elastoméricos conformados como cuerpos de revolución (a modo de ejemplo, neumáticos) de manera más económica y con eficacia energética mejorada. El aparato se hace más eficiente mediante la característica de que múltiples neumáticos (de forma preferente cuatro) se pueden disponer en el mismo al mismo tiempo, así como mediante las características adicionales descritas anteriormente incluidas para aumentar la economía del aparato.

Un aparato de ejemplo se ilustra mediante el siguiente punto:

- 5 1. Un aparato para la producción de elastómero triturado, que comprende una carcasa que comprende un espacio de trituración, una vara de montaje de neumático adaptada para montar un neumático en un espacio de trituración, una unidad de impulso adaptada para soportar y hacer rotar la vara de montaje de neumático y, como mínimo, una boquilla que se puede posicionar a lo largo de la circunferencia del neumático cuando el neumático se sujeta a la vara de montaje de neumático, en el que la unidad de impulso está adaptada para impulsar la vara de montaje de neumático en un extremo de la misma, y el aparato comprende un mecanismo de soporte adaptado para sujetar la vara de montaje de neumático y permitir la retirada de la vara de montaje de neumático liberando la sujeción.
- 10 La presente invención, por supuesto, no está limitada a las realizaciones preferentes que se han descrito con detalle anteriormente, sino que son posibles variantes adicionales, modificaciones y desarrollos dentro del alcance de protección determinado por las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la producción de elastómero triturado, que comprende las etapas de
- 5 - dirigir un chorro de líquido desde, como mínimo, una boquilla (38) sobre un material elastomérico que se mueve, como mínimo, parcialmente en dirección transversal con respecto a la dirección de descarga de, como mínimo, una boquilla (38),
 - el chorro de líquido dirigido sobre el material elastomérico tiene una presión de 650-1.350 bar, y
 10 - el material elastomérico se mueve con respecto a la, como mínimo, una boquilla (38) de tal modo que, en una primera fase adaptada para la desintegración de una superficie del material elastomérico, el material elastomérico tiene una primera velocidad de alimentación directa de 10 a 20 mm/s en un punto de impacto del chorro de líquido en una dirección transversal a la dirección de descarga,
- caracterizado por que**, en una segunda fase después de la desintegración de la superficie, el material elastomérico
 15 tiene una segunda velocidad de alimentación directa que se disminuye en el 35-65% en comparación con la primera velocidad de alimentación directa.
2. Procedimiento, según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la, como mínimo, una boquilla (38) tiene un diámetro de apertura entre 0,4 y 0,6 mm.
- 20 3. Procedimiento, según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, **caracterizado por que** se establece un nomograma de caudal presión-volumen para un tipo de boquilla de la, como mínimo, una boquilla (38), y, para un caudal de volumen determinado, la presión del chorro de líquido se determina a partir del intervalo de 650-1.350 bar basado en el diámetro de apertura de la, como mínimo, una boquilla (38) por medio del nomograma de caudal presión-volumen.
- 25 4. Procedimiento, según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, **caracterizado por que** se establece un nomograma de caudal presión-volumen para un tipo de boquilla de la, como mínimo, una boquilla (38) y, para una presión de chorro de líquido determinada seleccionada del intervalo de 650-1.350 bar, un caudal de volumen del chorro de líquido se determina en base al diámetro de apertura de la, como mínimo, una boquilla (38) por medio del nomograma de caudal presión-volumen.
- 30 5. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** la primera velocidad de alimentación directa está entre 12,5-17,5 mm/s, de manera preferente, entre 14,2-15,8 mm/s.
- 35 6. Procedimiento, según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, **caracterizado por que** la segunda velocidad de alimentación directa está entre 6,5-8,5 mm/s, de manera preferente, entre 7,1-7,9 mm/s.
7. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** un chorro de líquido que tiene una presión de 850 a 1.150 bar se dirige sobre el material elastomérico.
- 40 8. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por que** se aplica una hilera de boquillas (60a, 60b) que comprende boquillas dispuestas linealmente (38).
9. Procedimiento, según la reivindicación 8, **caracterizado por que** se aplican hileras dobles de boquillas que comprenden una primera hilera de boquillas (60a) y una segunda hilera de boquillas (60b) dispuestas en paralelo entre sí.
- 45 10. Procedimiento, según la reivindicación 9, **caracterizado por que** en el transcurso del procedimiento una línea de impacto de los chorros de líquido emitidos por la primera hilera de boquillas (60a) y una línea de impacto de los chorros de líquido emitidos por la segunda hilera de boquillas (60b) se dirigen a la misma región del material elastomérico.
- 50 11. Procedimiento, según la reivindicación 9, **caracterizado por que** en el transcurso del procedimiento una línea de impacto de los chorros de líquido emitidos por la primera hilera de boquillas y una línea de impacto de los chorros de líquido emitidos por la segunda hilera de boquillas se dirigen a regiones del material elastomérico que se va a triturar que son diferentes entre sí.
- 55 12. Procedimiento, según la reivindicación 10 o la reivindicación 11, **caracterizado por que** se disponen la primera hilera de boquillas y la segunda hilera de boquillas en paralelo entre sí desplazadas la mitad de la distancia entre las boquillas.
- 60 13. Procedimiento, según la reivindicación 10 o la reivindicación 11, **caracterizado por que** la primera hilera de boquillas y la segunda hilera de boquillas se hacen vibrar con un cambio de fase de 90° en comparación entre sí.
- 65 14. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizado por que**, después de la segunda fase, en una tercera fase adaptada para triturar material residual, se selecciona una velocidad de alimentación directa del mismo intervalo que la primera velocidad de alimentación directa.

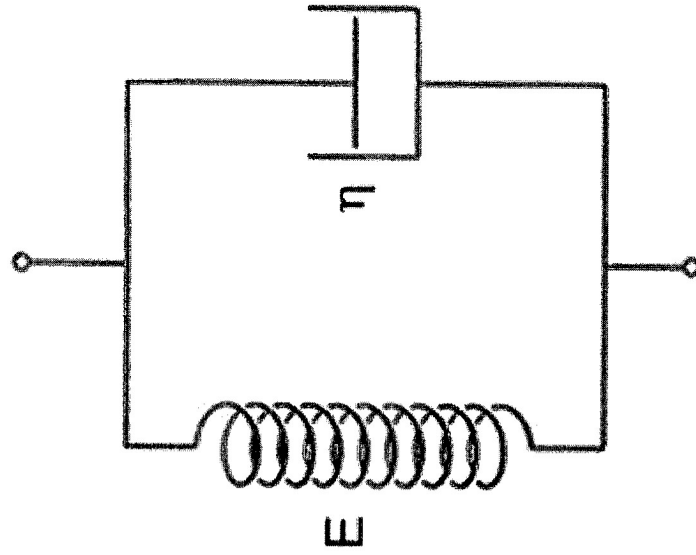


Fig. 2

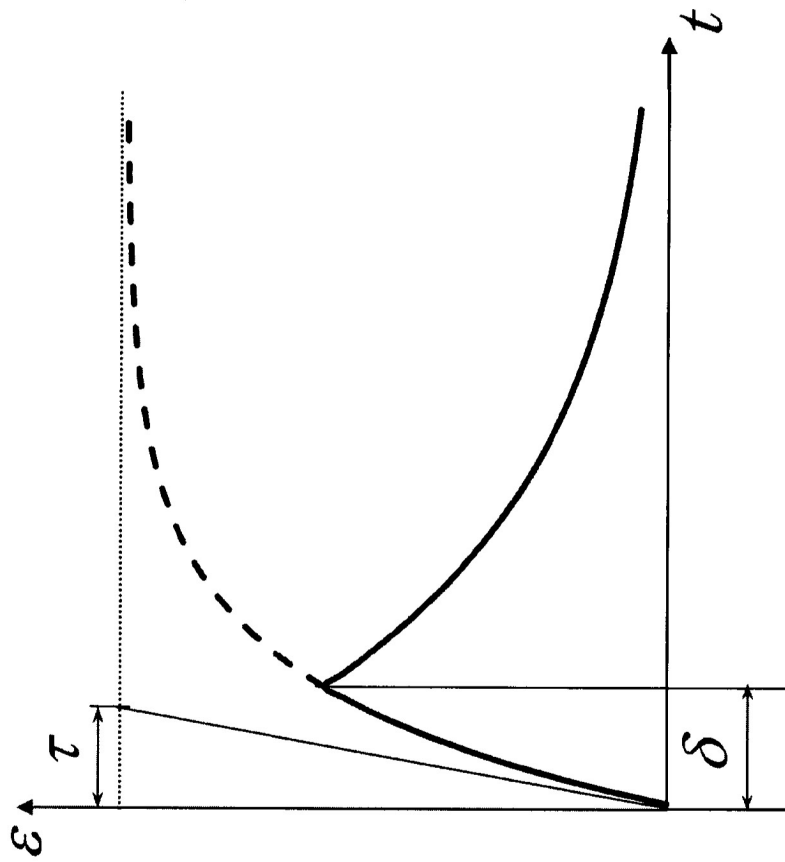


Fig. 1

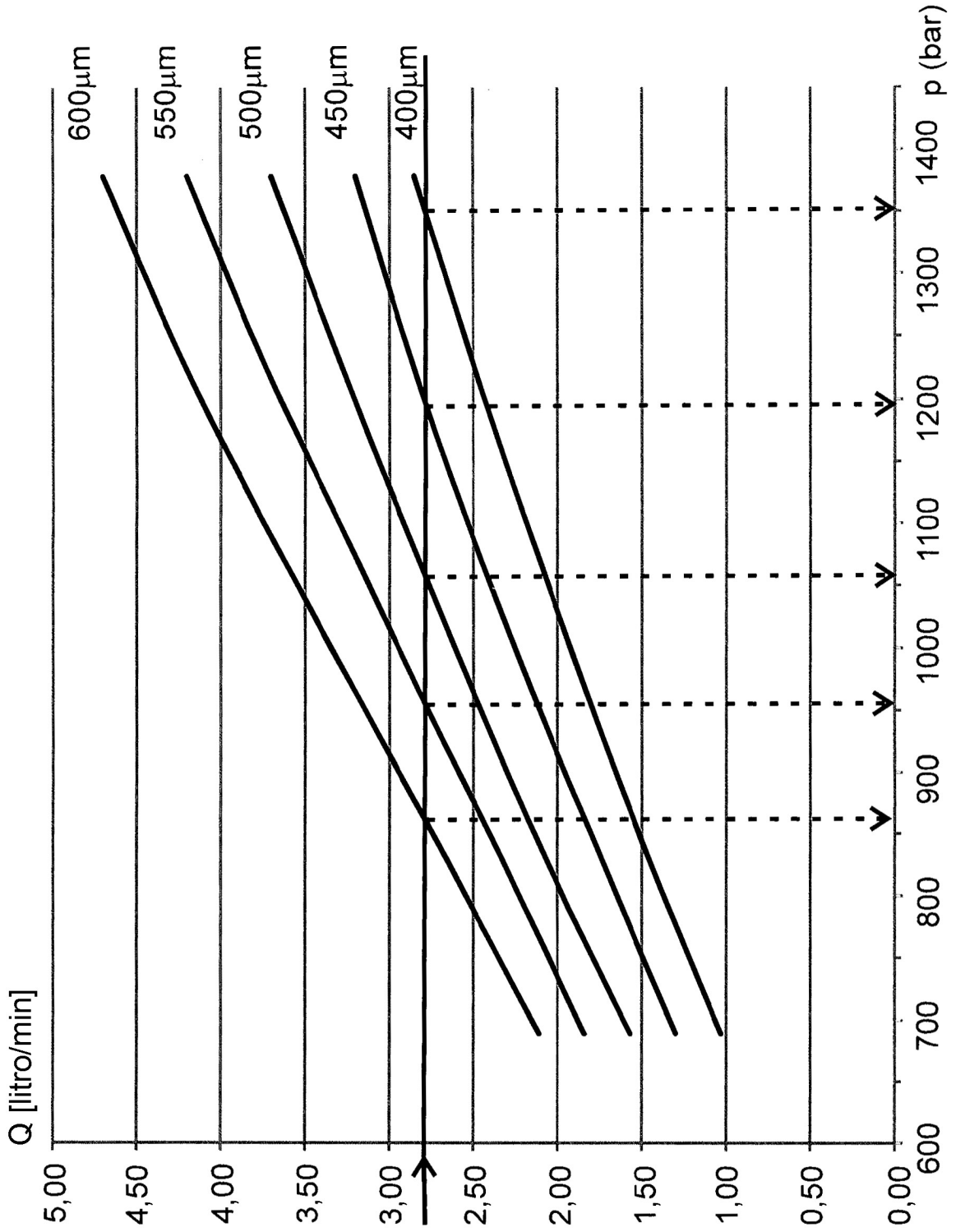


Fig. 3A

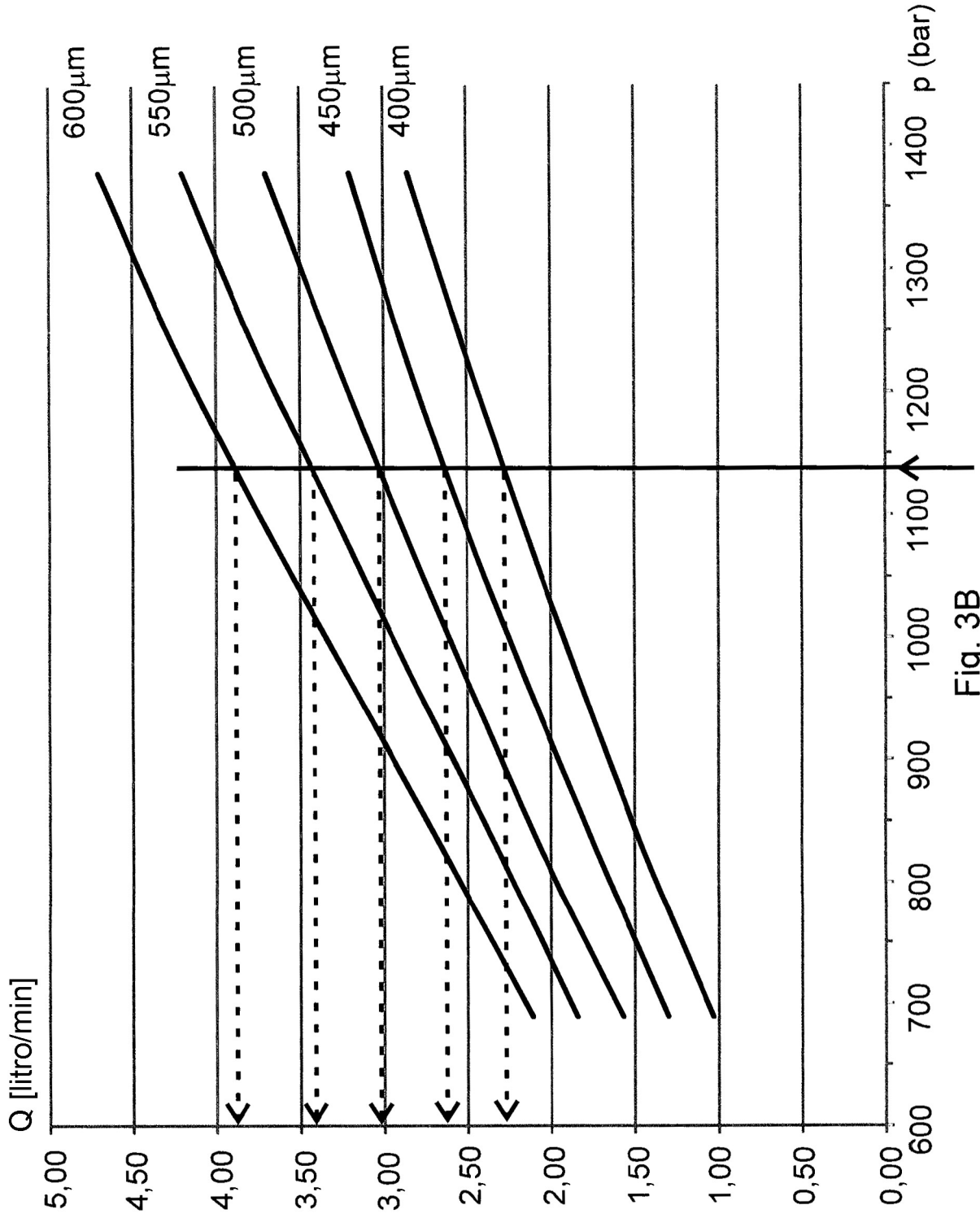


Fig. 3B

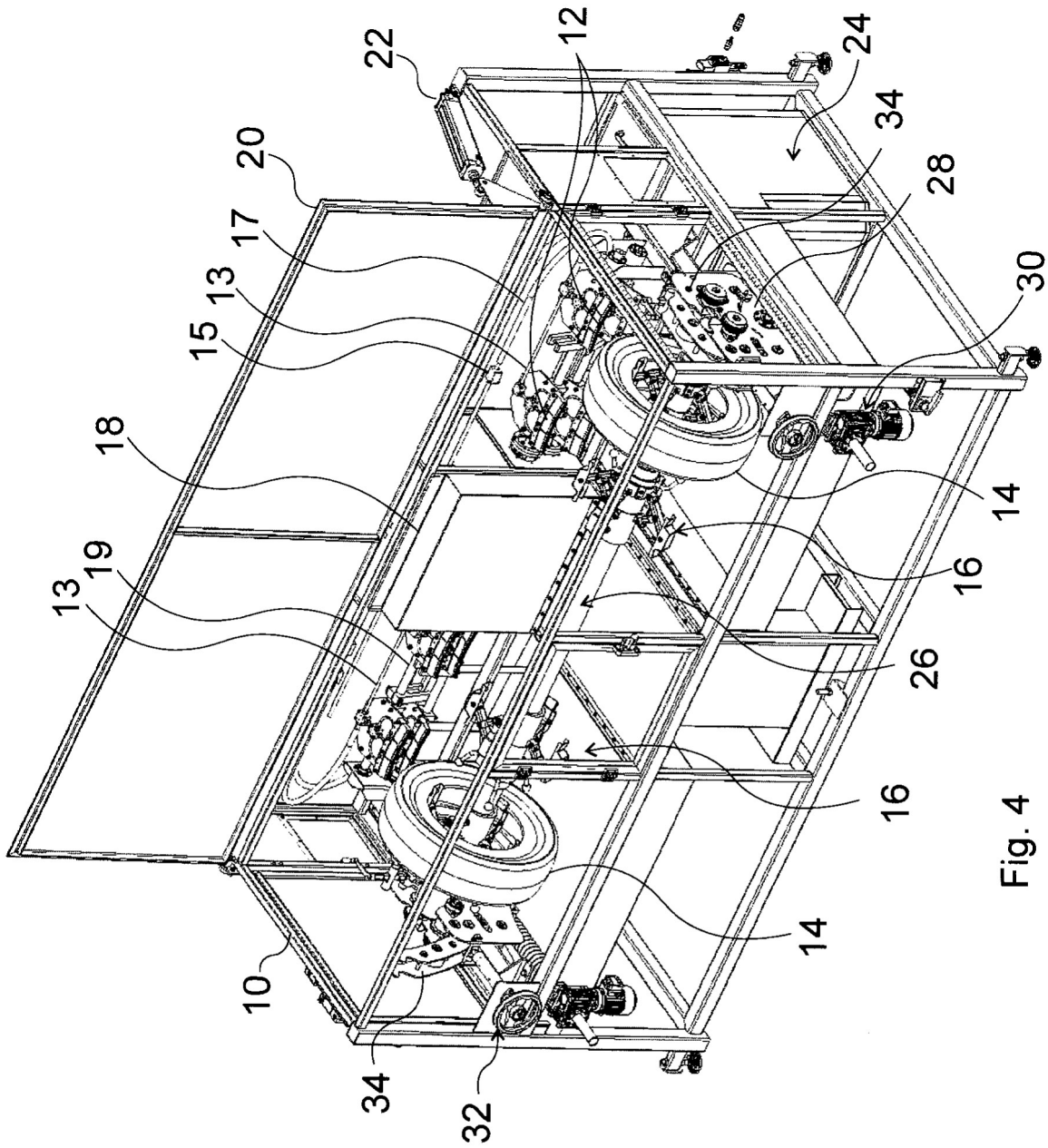


Fig. 4

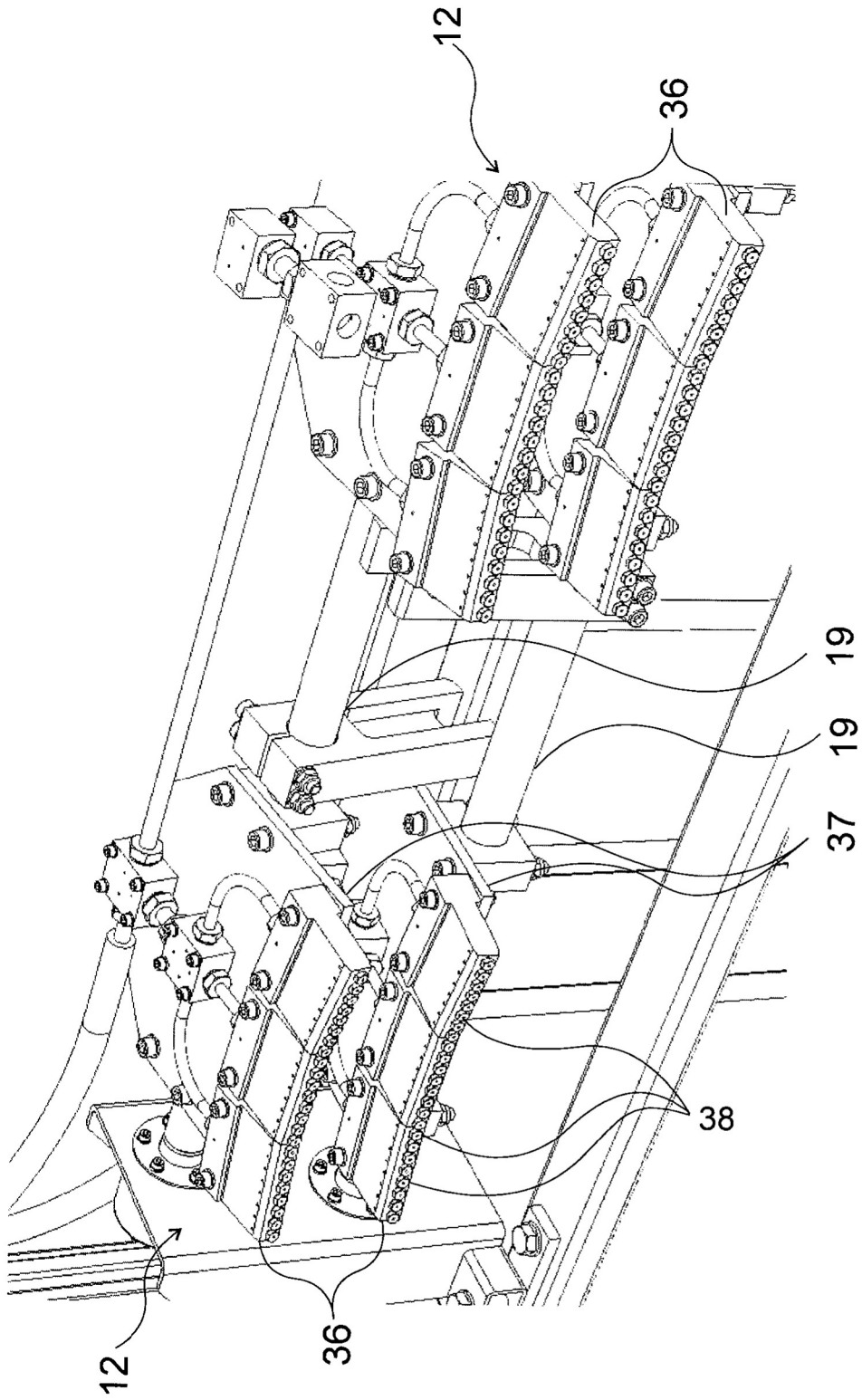


Fig. 5

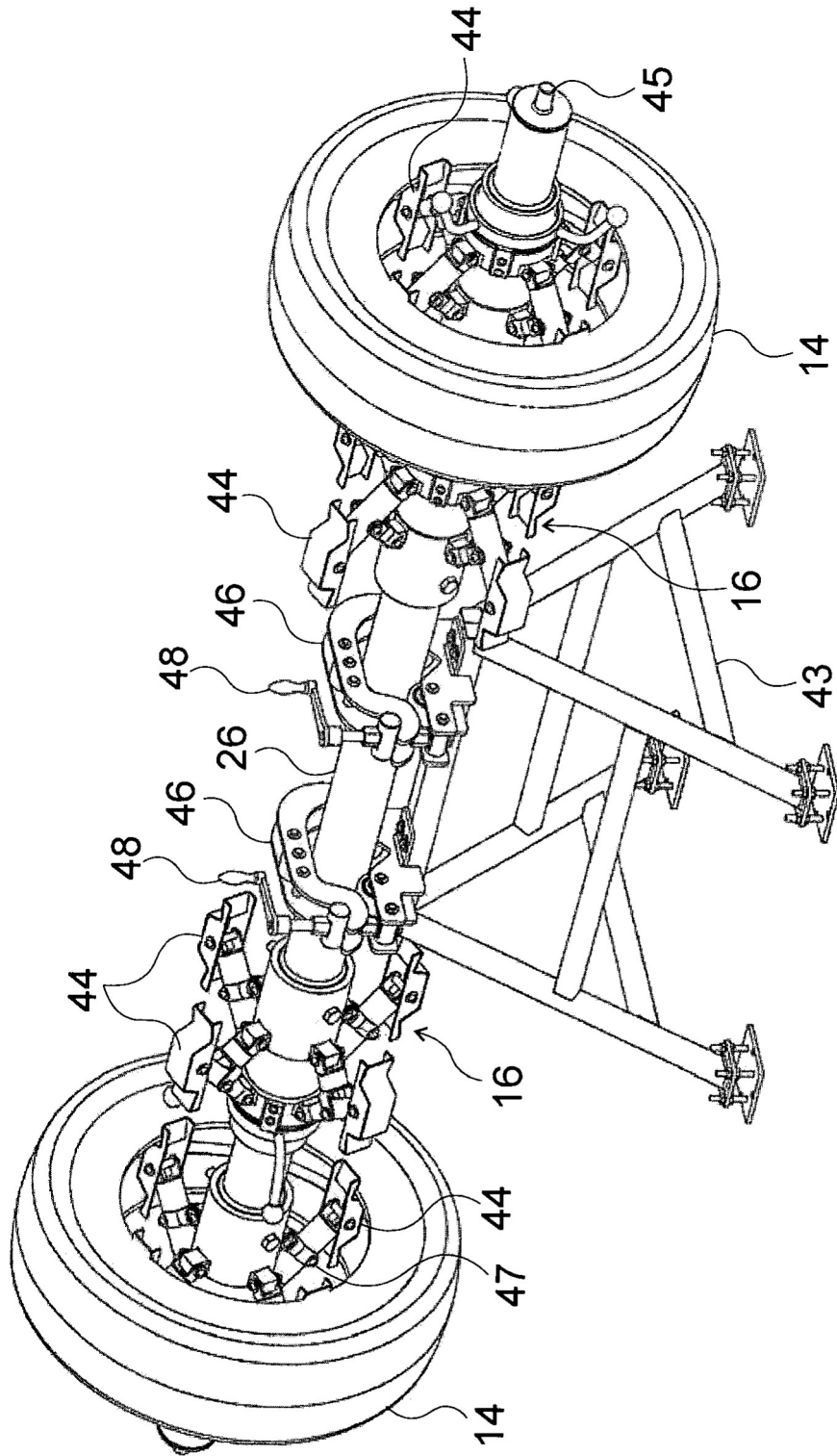


Fig. 6

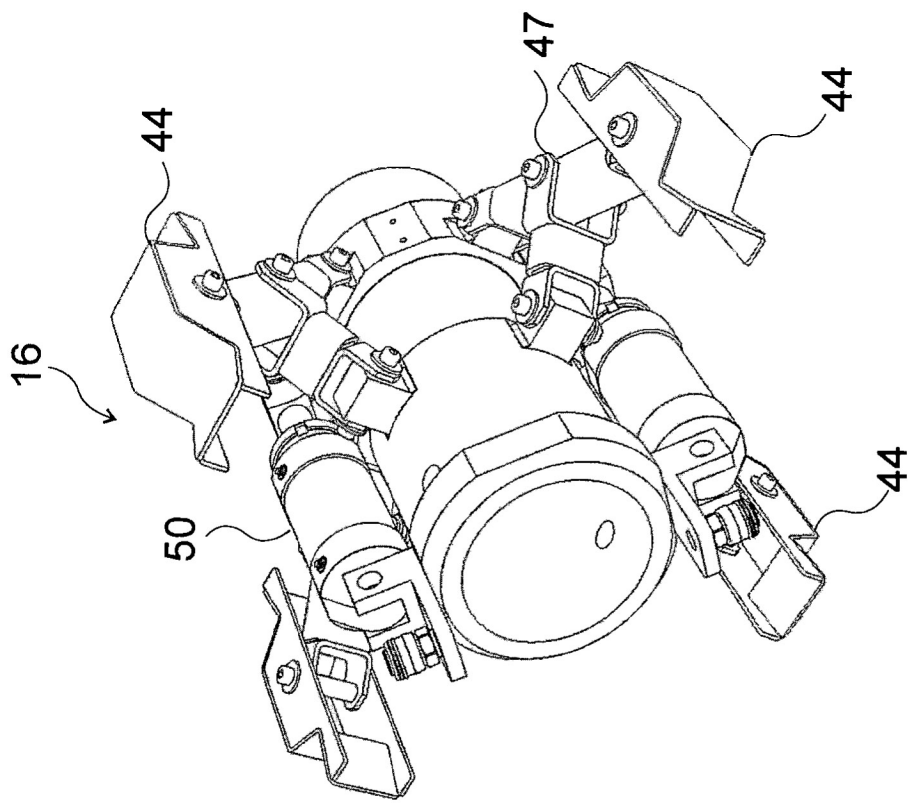


Fig. 7

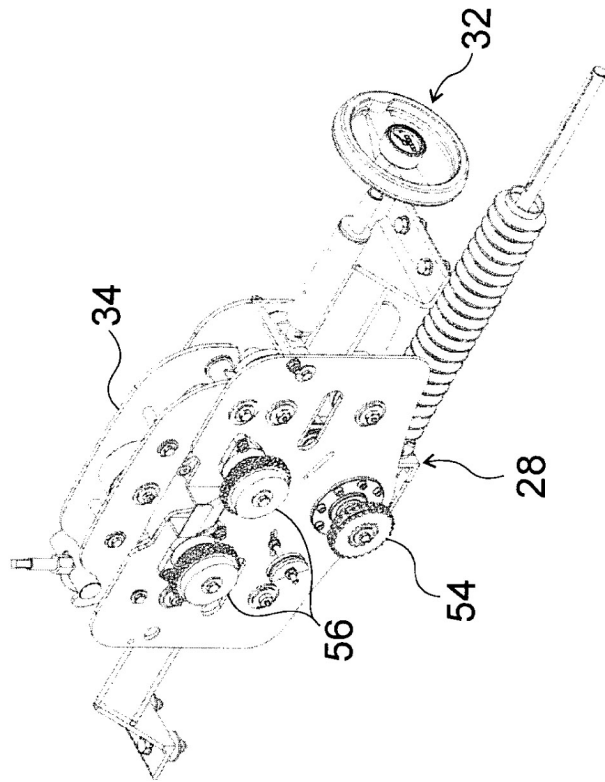


Fig. 9

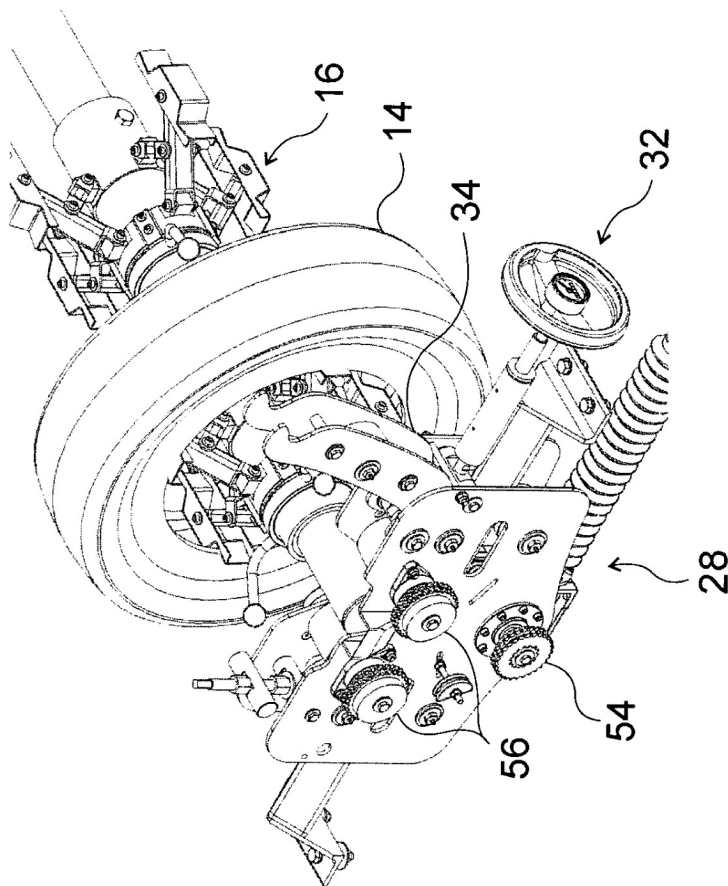


Fig. 8

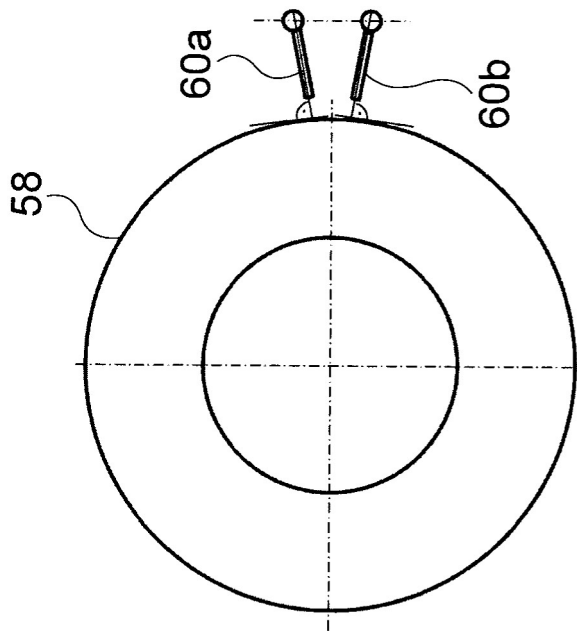


Fig. 11

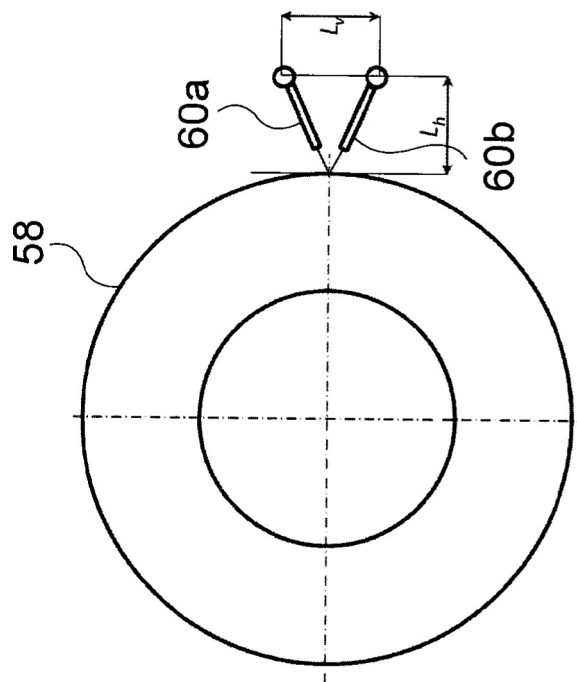


Fig. 10A

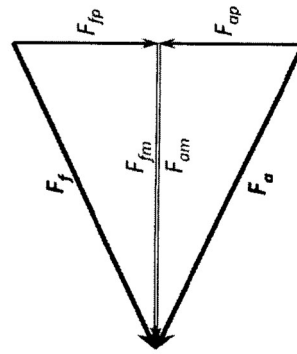


Fig. 10B