



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 357 034**

51 Int. Cl.:  
**F16F 7/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03799373 .0**

96 Fecha de presentación : **01.10.2003**

97 Número de publicación de la solicitud: **1552183**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.07.2005**

54 Título: **Sistema de absorción de energía de explosión montado en remolque.**

30 Prioridad: **01.10.2002 US 262367**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**15.04.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**15.04.2011**

73 Titular/es: **SAFETY BY DESIGN COMPANY**  
**6307 Yellowstone Circle**  
**Lincoln, Nebraska 68510, US**

72 Inventor/es: **Reid, John, D.;**  
**Rohde, John, R. y**  
**Sicking, Dean, L.**

74 Agente: **González Ballesteros, Pedro**

ES 2 357 034 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

Sistema de absorción de energía de explosión montado en remolque.

### 5 Antecedentes de la invención

La presente invención se refiere a un sistema de atenuación de accidentes de tráfico. Más particularmente, la presente invención se refiere a un sistema, un método y un aparato para absorber la energía cinética de un vehículo que impacta de una manera controlada y segura con dispositivos de seguridad de la carretera, tales como: guardarraíles y tratamientos de extremos de barrera de mediana, amortiguadores de choques y atenuadores montados en camiones.

Además, el sistema puede utilizar un atenuador montado en un camión como un amortiguador de choques portátil con bisagras para permitir el repliegue del sistema durante el transporte. Pueden activarse simultáneamente dos tubos de rotura. El sistema provisto para la ruptura controlada de un miembro tubular por un mandril por medio del cual se absorbe la fuerza de un vehículo que impacta. El sistema de la presente invención puede utilizar un mandril rectangular y un miembro tubular rectangular correspondiente.

El documento WO0187671 (Carlsson) describe un dispositivo de atenuación de impactos para su conexión a un vehículo. El dispositivo comprende una parte de atenuación, una parte de conexión y ruedas. El dispositivo puede conectarse a un vehículo a través de la parte de conexión y en el modo de funcionamiento o en el modo de transporte. En el modo de transporte, el dispositivo funciona como un remolque.

La Patente de Estados Unidos N° 4.200.310 ilustra un sistema de absorción de energía que utiliza una pluralidad de elementos de absorción de energía cilíndricos situados en una relación de tipo serie en un bastidor montado en un camión. El sistema está provisto de un bastidor de alineación o guiado. Sin embargo, no hay nada que enseñe algo que controle selectivamente la ruptura de los miembros cilíndricos a través de un amortiguador de choques portátil montado en bisagras en un trailer. El mecanismo de disipación de la energía es significativamente diferente al de la presente invención.

La Patente de Estados Unidos N° 3.143.321 enseña el uso de un tubo frangible para la disipación de la energía. Al igual que en la presente invención, el aparato descrito en la Patente de Estados Unidos N° 3.143.321 usa un mandril que puede recibirse dentro de un miembro tubular. Sin embargo, no hay una enseñanza de un medio para controlar selectivamente la ruptura a lo largo de la longitud del miembro tubular.

Adicionalmente, la Patente de Estados Unidos N° 3.916.720 describe una columna de dirección de absorción de energía que depende de las fuerzas de fricción para disipar la energía de impacto. La Patente de Estados Unidos N° 5.732.801 enseña el uso de una estructura de soporte amortiguador de absorción de energía que tiene cilindros de aplastamiento. De nuevo, ninguna referencia enseña la ruptura de amortiguadores tubulares dentro de una estructura portátil montada con bisagras.

### 40 Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1A es una vista isométrica de un mandril y un miembro tubular para su uso en la presente invención antes de que se apliquen fuerzas de impacto.

La Fig. 1B ilustra la ruptura del miembro tubular por el mandril tras el impacto.

La Fig. 2A es una vista en alzado lateral que de una realización de un componente de absorción de energía para su uso en la presente invención que tiene un mandril con una extensión tubular delantera y un miembro tubular con un segundo mandril.

La Fig. 2B es una vista del extremo de la ilustración de la Fig. 2A.

La Fig. 2C es una vista en alzado lateral de una realización de un componente de absorción de energía para su uso en la presente invención con el primer y segundo mandriles que tienen de concentradores de esfuerzos.

La Fig. 2D es una vista del extremo de ilustración de la Fig. 2C.

La Fig. 4A muestra una vista en planta superior de un miembro de alineamiento unido al bastidor montado en el remolque o en el camión.

La Fig. 4B es una vista en alzado lateral de la ilustración de la Fig. 4A.

La Fig. 5A ilustra un mandril rectangular de un componente de absorción de energía para su uso en la presente invención.

La Fig. 5B muestra a un miembro tubular rectangular de un componente de absorción de energía para su uso en la presente invención.

La Fig. 6A es una vista en alzado lateral de un sistema de remolque de la presente invención en modo desplegado.

La Fig. 6B ilustra el sistema de remolque de la Fig. 6A en el modo de transporte en una vista en alzado lateral.

5 La Fig. 6C muestra una vista en planta superior del sistema desplegado de la Fig. 6A. Con fines de claridad, no se muestran ni un panel de señalización ni paneles solares.

10 La Fig. 7A es una vista en alzado lateral detallada de un atenuador montado en un remolque de la presente invención en el modo desplegado.

La Fig. 7B es una vista parcial en planta, superior, detallada del atenuador montado en el remolque desplegado de la Fig. 7A.

15 La Fig. 7C ilustra una vista parcial en alzado lateral detallada del sistema de remolque de la Fig. 6B en el modo de transporte.

La Fig. 8 es una vista en alzado lateral de una bisagra aguas arriba que se usa con el atenuador de la Fig. 7A.

20 La Fig. 9 es una vista en alzado lateral de una bisagra aguas abajo que se usa con el atenuador de la Fig. 7A.

La Fig. 10 es una vista en sección transversal del tubo de mandril de la presente invención.

### Descripción preferente de la invención

25 Un mecanismo de fractura o ruptura controlada que puede usarse con el atenuador del sistema de la presente invención se basa en el concepto de que, cuando un émbolo sobredimensionado con una superficie ahusada (mandril 12) se fuerza dentro de un entubado de pared delgada 14 generalmente de la misma forma, se ejerce presión sobre el borde del entubado desde dentro, como se ilustra en las Figs. 1A y 1B. La presión expande inicialmente el tamaño del entubado de pared delgada, en primer lugar elásticamente, hasta que se alcanza el límite de deformación del metal y  
30 después plásticamente. Finalmente, el entubado se fractura o se rompe 16 en el borde cuando se excede la capacidad final de tracción del material. Este proceso de expansión y fractura del entubado de pared delgada 14 se repite y la energía se disipa cuando el mandril 12 avanza hacia delante. Este proceso puede aplicarse a tubos fabricados a partir de una diversidad de materiales, incluyendo, pero sin limitación, acero, aluminio, plástico reforzado con fibra (FRP), polímeros, tales como polietileno de alta densidad, y hormigón u otras cerámicas.

35 Aunque este concepto puede utilizarse tanto con materiales quebradizos como con materiales dúctiles, los materiales quebradizos, tales como aluminio frágil, cerámica u hormigón, se fragmentan durante el proceso y producen metralla que podría suponer un peligro para el tráfico o los peatones cercanos. Pueden usarse materiales dúctiles o materiales quebradizos que estén revestidos apropiadamente a fin de no producir fragmentos similares a metralla.  
40 Los materiales dúctiles, tales como acero, polímeros o materiales FRP con refuerzo longitudinal, se rasgan en una pluralidad de tiras longitudinales que permanecen unidas a las porciones no deformadas del amortiguador de energía tubular.

45 La cantidad y velocidad de la disipación de la energía pueden controlarse mediante la modificación de la forma, el tamaño, el espesor y la resistencia del entubado de pared delgada 14 y el número de tubos. La ubicación y el nivel de fuerza requeridos de la ruptura pueden controlarse incorporando concentradores de esfuerzos en el entubado mediante el uso de orificios 17, ranuras 18, muescas, cortes, estrías y reforzadores, tales como cartelas 19, mostrados en la Fig. 4A, o en el mandril 12, mediante el uso de bordes elevados 30, como se muestra en la Fig. 2C, o variando la forma geométrica del mandril. Los concentradores de esfuerzos adicionales pueden incluir el uso de una orientación preferencial del material, tal como una alineación de las fibras en plásticos reforzados con fibras o un laminado en frío  
50 de metales para producir límites de grano alargados.

La Fig. 2A muestra un sistema de división de dos etapas que implica dividir un primer tubo 14 y a continuación otro 22. El primer tubo 14 está unido a un dispositivo de seguridad de carretera (no mostrado). Inicialmente, tras el impacto de un vehículo con un cabezal de impacto (no mostrado en la Fig. 2A), la extensión de tubo hueco 22 en el mandril 12 a la derecha se empuja hacia dentro del tubo exterior 14. El mandril 12 encaja en el tubo exterior 14, haciendo que éste se divida o se rompa como se ilustra en la Fig. 1. Después de un desplazamiento adicional, la extensión de tubo hueco 22 entra en contacto con un segundo mandril de forma cónica 24 en el extremo alejado 26 del tubo exterior 14 y esta extensión se divide por sí sola. Cada ruptura permite la absorción controlada de energía de impacto. El mandril 24 se soporta en el tubo exterior 14 por unas cartelas 25.  
55

60 La Fig. 2C ilustra un sistema de dos etapas con placas de cartela o bordes elevados 30 y 32 que se extienden hacia fuera desde los mandriles 12 y 24, respectivamente. Estas placas de cartela 30 y 32 ilustran un ejemplo de un concentrador de esfuerzos situado en el tubo exterior. Los tubos pueden estar provistos de ranuras o miembros de refuerzo para controlar el proceso de ruptura.  
65

Además, el mecanismo de fractura controlada puede utilizarse junto con otros medios de disipación de la energía. También pueden situarse unos materiales de absorción de energía 40A y 40B (Fig. 2C) (por ejemplo, panel de aluminio

## ES 2 357 034 T3

o tubo compuesto, etc.) dentro de los tubos para aumentar la capacidad de disipación de la energía como se muestra en la Fig. 2C.

Para impactos frontales, el vehículo entrará en contacto con la placa de impacto 132 (Figs. 6A, 6B y 7), es decir, el extremo del cabezal de impacto 104, y la empujará hacia delante. A su vez, empujará el mandril 12 (Figs. 1A, 1B, 2A, 2C y 4A) o 12A (Figs. 5A y 5B) o 132 (Fig. 7) hacia delante en el entubado de pared delgada y comenzará el proceso de expansión y fractura/explosión del tubo. Este proceso continuará hasta que: (a) se lleve el vehículo impactado a una parada segura y controlada; (b) se fracture la longitud total del tubo; o (c) el vehículo impactado vire y se desacople del cabezal de impacto.

Para impactos que son frontales en un gran ángulo, el vehículo impactado iniciará el proceso de fractura/explosión controlado hasta que el entubado de pared delgada se incline hacia fuera de la vía o el mandril se desacople del entubado de pared delgada y, a continuación, se colocará detrás del dispositivo. De forma análoga, los impactos en el lateral del entubado de pared delgada 14 cerca del extremo del dispositivo provocan que el entubado de pared delgada se doble hacia fuera de la vía, permitiendo que el vehículo se coloque detrás del dispositivo. Por lo tanto, cuando se golpea en la esquina, ya sea en el extremo o en el costado del amortiguador, el mecanismo de absorción de energía comienza a aplastarse longitudinalmente, proporcionando resistencia lateral cuando éste comienza a doblarse hacia fuera de la vía.

Para impactos en el lateral del entubado de pared delgada aguas abajo del comienzo de la longitud de necesidad, el entubado de pared delgada actuará como una barrera y contendrá y redireccionará el vehículo impactado. Será necesario un mecanismo de anclaje para resistir las fuerzas de tracción que actúan sobre el entubado para contener y redireccionar el vehículo. Obsérvese que este requisito de contención y redireccionamiento es aplicable únicamente para dispositivos que tengan capacidad de redireccionamiento, tales como un terminal o un amortiguador de choques redireccionable.

Un dispositivo de seguridad de carretera que utiliza el mecanismo de fractura controlada consiste en algunos componentes principales, como se ilustra en la Fig. 4A. Se utiliza el entubado de pared delgada 14. El entubado puede tener una sección transversal circular, cuadrada o rectangular. El borde del extremo delantero del entubado (es decir, el extremo al que se sujeta el mandril) puede tener muescas o ranuras para controlar la ubicación o ubicaciones de la fractura para el entubado. El entubado también puede tener ranuras longitudinales cortadas a lo largo de porciones de su longitud para controlar la velocidad de disipación de la energía.

Se proporciona un cabezal/placa de impacto 50. En la Fig. 4B se muestran detalles del cabezal/placa de impacto. El cabezal de impacto 50 consiste en una placa de impacto 51; un medio para proporcionar un bloqueo mecánico 52 entre el cabezal de impacto y la parte delantera del vehículo impactado, tales como bordes elevados alrededor de la placa de impacto 50; y un mandril 12 soldado a la parte trasera de la placa de impacto 50.

El mandril 12 es mucho más fuerte (teniendo una resistencia a la tracción mayor, un espesor mayor o una dureza mayor) que el tubo de división 14 para impedir que se deforme el mandril. El mandril 12 no necesita tener la misma forma en sección transversal que el entubado de pared delgada, sin embargo, debe haber solamente pequeñas holguras entre el mandril y el entubado para impedir una desalineación. Por ejemplo, pueden usarse formas de canal o de brida ancha con elementos de carril de bastidor rectangulares siempre que la altura y la profundidad de las secciones abiertas estén próximas a las mismas que en la abertura despejada del tubo.

El cabezal 13 del mandril 12 está estrechado de modo que únicamente la porción delantera del cabezal de mandril 13 encajará inicialmente en el entubado de pared delgada. El mandril 12 puede presentar unos concentradores de esfuerzos, por ejemplo una forma geométrica particular o bordes elevados, para controlar el lugar en el que se fracturará el entubado de pared delgada. Para tubos cuadrados o rectangulares, el mandril puede tener una forma cuadrada o rectangular correspondiente que se ensancha hacia fuera. Este tipo de combinación tubo/mandril, como se analiza a continuación con respecto a las Figs. 5A y 5B, asegura que el tubo se divida en las esquinas en las que el endurecimiento por tensiones durante la fabricación ha hecho menos dúctil al metal.

Como se ha mencionado anteriormente, el mecanismo de fractura controlada puede usarse junto con otras formas de disipación de la energía. Un diseño de este tipo (Fig. 2C) puede incluir la ubicación de alguna forma de material de absorción de energía 40A y 40B, tal como panel de aluminio o tubo compuesto dentro del entubado de pared delgada. Cuando el mandril prosigue hacia delante, el mandril fracturará el entubado de pared delgada y también aplastará o comprimirá el material de absorción de energía dentro del entubado para realizar una absorción de energía adicional.

Por ejemplo, un atenuador de tubo compuesto montado en un remolque o un camión puede usar una viga compuesta aplastable como su mecanismo de disipación de energía principal. Se muestra una realización típica de este dispositivo en la Fig. 4A. Una realización, mostrada en la Figura 4A, usa unos elementos de carril de bastidor telescópicos 70 y 72 para mantener una estabilidad y alineación laterales para el atenuador y utiliza el concepto de fractura controlada con tubos compuestos para proporcionar la disipación de la energía. El bastidor 60 está montado en el remolque o en el camión para soportar el cabezal 50 y el mecanismo de absorción de energía 75. Se contempla que puedan usarse cables o tiras de acero delgadas (no mostradas) para anclar el bastidor 60. Los cables pueden sujetarse a la parte trasera del bastidor en un lado y a la parte delantera del bastidor en el otro lado para impedir una "distorsión" del sistema de bastidor.

## ES 2 357 034 T3

Otra realización utiliza elementos de carril de bastidor de fractura controlada además de los amortiguadores de energía de tubo compuesto. Un sistema dado puede tener amortiguadores de energía de tubo compuesto adicionales situados dentro de los tubos telescópicos o fuera de ellos.

5 Como se ha indicado previamente, el amortiguador de energía de explosión del tubo trabaja sobre el principio de que la energía asociada con la propagación de grietas a lo largo de la longitud de un tubo puede controlarse cuidadosamente y utilizarse para disipar la energía de un vehículo impactado. Este sistema incorpora un mandril estrechado que se fuerza en el interior de un tubo de absorción de energía de dimensiones ligeramente más pequeñas. Cuando el mandril estrechado se fuerza en el interior del tubo, se desarrollan tensiones periféricas en el tubo de  
10 absorción de energía y después estas tensiones se usan para propagar grietas a lo largo de la longitud del tubo. Las grietas se propagan en la parte delantera del mandril de tal forma que no exista contacto directo entre el mandril y las superficies de grietas, limitando de este modo la fricción. El funcionamiento del sistema es algo diferente cuando se incorpora en tubos de absorción de energía redondos y cuadrados.

15 Aunque una pluralidad de sistemas de absorción de energía utilizaron tubos redondos de aplastamiento, ninguna de las invenciones anteriores ha incorporado tubos cuadrados. Las esquinas de los tubos cuadrados hacen que estos amortiguadores de energía se realicen de forma mucho más diferente que los tubos redondos. Debido a que los tubos cuadrados tienen esquinas redondeadas, un mandril cuadrado estrechado forzado en el interior de un tubo cuadrado tenderá a entrar en contacto con el tubo únicamente en la proximidad de las esquinas. Aunque un sistema de este tipo  
20 producirá finalmente rupturas en las esquinas del tubo, las esquinas puntiagudas del mandril entrarán en contacto con las superficies de grietas y se generarán fuerzas de alta fricción.

Un amortiguador de energía de explosión del tubo puede evitar esta situación usando un mandril estrechado con biseles en cada esquina. Como se muestra en la Fig. 5A, el mandril 12A preferido para los tubos cuadrados 14A (Fig. 5B) incluye soldar cuatro placas de acero (13a, 13b, 13c y 13d) juntas para formar una pirámide. Los bordes interiores de las placas se colocan juntos y el valle 16 se suelda con filete para formar una superficie biselada, relativamente  
25 plana 17 en cada esquina (únicamente se muestra una esquina en la Fig. 5A con la superficie plana biselada 17). Como se muestra en la Fig. 5B, esta configuración permite que el mandril 12A entre en contacto con el tubo cuadrado 14A en cualquier parte de las esquinas redondeadas 18A. Cuando el tubo se empuja hacia dentro del mandril, las esquinas redondeadas se pondrán en tensión y en orden. Cuando esto pasa, las concentraciones de esfuerzo donde las paredes del tubo se inclinan alrededor de los bordes biselados del mandril iniciarán las grietas. Después, estas grietas se propagarán en la parte delantera del mandril 12A para producir un sistema de absorción de energía controlada. El mandril no entrará en contacto con las superficies de grieta y por lo tanto la fricción entre el mandril y el tubo de absorción de energía se minimiza.

35 Debido a que hay dos iniciadores de grieta en cada esquina, pueden empezar dos grietas y propagarse simultáneamente. Normalmente, únicamente una de estas dos grietas será la dominante y la otra grieta detendrá la propagación. Sin embargo, cuando esto sucede, un lado del tubo tiene realmente una forma de canal muy poco profunda, lo que tiende a disipar más energía cuando las paredes agrietadas se inclinan de nuevo. Las grietas hechas por corte de sierra situadas en el centro de cada esquina pueden forzar a la grieta a deformar de nuevo el centro de la esquina del tubo. Por lo tanto, las grietas hechas iniciales pueden disminuir la disipación de energía asociada con los tubos cuadrados en cierta medida.

La velocidad de disipación de la energía para este sistema puede controlarse por una pluralidad de factores, incluyendo el espesor del tubo de absorción de energía, el ángulo de bisel en el mandril, la lubricación aplicada al interior del tubo de absorción de energía y el material usado en el amortiguador de energía. La energía se disipa por el amortiguador de energía de explosión del tubo a través de tres mecanismos principales: propagación de grietas, deformación de las secciones agrietadas del tubo y fricción. La energía de propagación de grietas en un tubo cuadrado o rectangular se controla esencialmente por el tipo y espesor del material usado en el tubo de absorción de energía. Los metales más dúctiles y más resistentes tienen velocidades de liberación de energía de deformación mayores y por lo tanto disipan más energía. De forma análoga, los tubos más gruesos también absorben más energía en el proceso de propagación de grietas.

La energía disipada según las secciones agrietadas de un tubo rectangular que se deforman de nuevo se controla por un ángulo estrecho del mandril y el espesor del material. Los ángulos estrechos del mandril mayores disminuyen el radio de las secciones deformadas del tubo agrietado y aumentan de este modo la energía disipada en el proceso de inclinación. Sin embargo, los ángulos estrechos inferiores hacen aumentar ligeramente la fricción, contrarrestando de este modo el descenso de energía de inclinación en cierta medida. El espesor del tubo también afecta a la energía requerida para deformar las secciones agrietadas del tubo.

60 La fricción es la otra fuente principal de disipación de energía. Los lubricantes dispuestos dentro del tubo de absorción de energía pueden reducir en gran medida la energía de fricción. Aunque los lubricantes convencionales, tales como grasa o aceite, y otras composiciones de hidrocarburo, pueden servir para este fin, los demás lubricantes pueden incluir cinc usado en el proceso de galvanización, pinturas, superficies de composición cerámica y incluso partículas de polvo.

Los tubos redondos hechos de materiales dúctiles, tales como acero con bajo contenido en carbono, se deformarán en gran medida cuando se introduce un mandril estrechado en su interior. Si el amortiguador de energía no incluye

## ES 2 357 034 T3

mecanismos de debilitamiento como se describe por Smith (1975), el tubo se expandirá lo suficiente para absorber completamente el mandril. En este caso, las fuerzas requeridas para empujar el mandril dentro del amortiguador de energía aumentan rápidamente y el sistema es ineficaz. Smith muestra que, usando un patrón de ranuras en el tubo de absorción de energía, puede hacer que se deforme por el exterior lejos del mandril y plegarse sobre sí mismo. En esta situación, las fuerzas de absorción de energía se controlan, pero el coste de producción el gran número de ranuras, orificios u otros mecanismos de debilitamiento es elevado. Como se ha descrito anteriormente, un amortiguador de energía de explosión del tubo puede incluir grietas de propagación a lo largo de la longitud del tubo. Para los tubos redondos, estas grietas pueden hacerse en el extremo o a lo largo del lateral del tubo. Las grietas se hacen colocando pequeños cortes de sierra en puntos estratégicos alrededor del tubo o estriando la superficie del tubo a lo largo de su longitud. La Fig. 5A muestra un corte de sierra 20A en el centro de una de las esquinas redondeadas. En condiciones óptimas, los cortes de sierra deben ser dos veces más grandes que el espesor de la pared del tubo de absorción de energía. La Fig. 5A muestra una estría 22A en el centro de una de las esquinas redondeadas. Únicamente son necesarias estrías del 10-20% del espesor del tubo de absorción de energía para propagar la grieta. El estriado se refiere a una muesca, un corte, marca o arañazo poco profundos bajo el lateral de los tubos. Típicamente, parecen pequeños surcos bajo los laterales de las cuatro esquinas en la configuración del tubo rectangular. Sin embargo, las estrías pueden hacerse en cualquier lugar a lo largo del tubo para mejorar o promover la propagación de grietas y/o reducir los niveles de fuerza de explosión. Las estrías pueden hacerse en el exterior o en el interior de los tubos. Cuando se fuerza el interior del tubo de absorción de energía, el mandril crea tensiones circunferenciales que provocarán que las grietas se desarrollen en modo abierto.

Existen dos ventajas esenciales de este sistema. La primera ventaja es que los pequeños cortes de sierra y/o estrías superficiales poco profundas son muy económicas de producir. La segunda ventaja de este enfoque es que las grietas se propagan en la parte delantera del mandril de manera que se evita el contacto directo entre el mandril y la punta de la grieta. Manteniendo el mandril alejado de la punta de la grieta, la fricción se reduce en gran medida y la velocidad de disipación de energía se controla.

Al igual que en el caso del tubo cuadrado, la velocidad de disipación de energía del amortiguador puede verse influenciada por el espesor del tubo de absorción de energía, en ángulo de biselado del mandril, la lubricación aplicada al interior del tubo de absorción de energía y el material usado en el amortiguador de energía. La diferencia principal en la disipación de energía entre los tubos redondos y cuadrados es que los tubos redondos pueden tener una pluralidad de configuraciones de grietas. La energía de propagación de grietas está directamente relacionada con el número de grietas inducidas en el tubo. La energía disipada cuando las secciones agrietadas del tubo se deforman de nuevo, se controla por el ángulo estrecho del mandril y el número de grietas inducidas en el tubo. Cuantas más grietas se inducen en los tubos, más se reduce el momento de la inercia de cada sección agrietada. Reduciendo el módulo de sección, la energía requerida para plegar cada sección se reduce de nuevo. La disipación de energía por los tubos redondos también se controla mediante todos los factores que se han mencionado previamente para el tubo cuadrado.

Para cualquier configuración de tubo dada, las velocidades de disipación de energía son relativamente constantes. Sin embargo, para muchas aplicaciones de seguridad, es deseable diseñar amortiguadores de energía con múltiples fases de absorción de energía. Otra ventaja del amortiguador de energía de explosión del tubo es que las múltiples fases se implementan fácilmente anidando tubos de absorción de energía de varias longitudes. Por ejemplo, puede instalarse un sistema de absorción de energía de dos fases insertando un tubo más largo en el interior de un tubo más corto de una dimensión mayor. La primera fase consistirá en un tubo individual, mientras que la segunda fase consistirá en dos tubos anidados. Cuando el mandril alcanza el tubo anidado, las grietas se propagarán bajo tanto el tubo interno como el externo y la disipación de energía aumentará a un nivel mayor. La velocidad de disipación de la energía para los dos tubos combinados generalmente es menor que la suma de la velocidad para cada tubo explotado por separado. Este descenso puede atribuirse a la fricción reducida asociada con el proceso de explosión combinado.

Otro medio para desarrollar un sistema de absorción de energía de dos fases es estriar únicamente la porción de la parte delantera de una sección tubular. La sección estriada del tubo típicamente tiene una velocidad de disipación de energía inferior que la de una porción no estriada del tubo, formando de esta manera un sistema de absorción de energía de dos fases.

Un atenuador montado en un remolque de explosión de viga hueca 100 (mostrado en las Figs. 6A-6C, 7A-7C, 8 y 9) es una aplicación del concepto Tubo de Absorción de Energía de Explosión de viga hueca (BEAT). Las únicas características de una aplicación de este tipo incluyen:

- (a) Un atenuador montado en un remolque como un amortiguador de choque portátil. Otras aplicaciones BEAT, tales como terminales de guardarraíl y amortiguadores de choque de un solo lado, son instalaciones fijas.
- (b) El atenuador montado en un remolque puede usar amortiguadores de energía tubulares. Otros amortiguadores existentes usados con atenuadores montados en camiones (TMA) usan un material aplastable para absorber la energía cinética del vehículo que impacta.
- (c) Se incorporan bisagras en los amortiguadores de energía tubulares del atenuador montado en un remolque. Esto permite el plegado del atenuador mientras está en modo transporte. Sin embargo, el proceso de explo-

## ES 2 357 034 T3

sión que se ha analizado anteriormente continua sin problemas a través de las bisagras en el amortiguador de choque.

(d) Es posible la explosión de dos tubos simultáneamente.

(e) Puede usarse un dispositivo de rotura de viga para desacoplar el miembro de viga transversal, que se usa para mantener dos tubos separados en una distancia fija para garantizar el correcto funcionamiento de los dos mandriles.

(f) Puede usarse un lubricante, tal como una pintura basada en cinc, en el interior del tubo para disminuir y controlar el nivel de disipación de la energía.

(g) Puede usarse un tubo anidado para aumentar y controlar el nivel de disipación de la energía.

(h) Pueden usarse patas ajustables a la parte trasera del amortiguador para proporcionar estabilidad al remolque y mantener el amortiguador a la altura apropiada durante el proceso de explosión.

Como se muestra en las Figs. 6A-6C, el atenuador montado en un remolque 100 comprende un bastidor de remolque 102, un conjunto de cabezal de impacto 104, un conjunto de mandril 106 y tubos de absorción de energía 108.

El atenuador montado en un remolque 100 está diseñado para plegarse durante el transporte y después desplegarse para su implementación.

El atenuador 100 se fija al bastidor del remolque, como se muestra en los dibujos. La longitud global del sistema, es decir, el bastidor de remolque más el atenuador, es de 8384 mm (27 pies, 6 pul.) en la posición desplegada (Fig. 6C). El atenuador está diseñado para plegarse durante el transporte y la longitud del sistema con el atenuador en la posición plegada es de 5207 mm (17 pies, 1 pul.) (Fig. 6B). La anchura máxima del conjunto de remolque es de 2092 mm (6 pies, 10 pul.) hasta el guardabarros de la rueda. La altura desde el suelo hasta la parte superior del panel de señalización en una posición completamente desplegada es de 4247 mm (14 pies) El peso total del sistema es de aproximadamente 2,177 kg (4, 800 lb.) La longitud, altura y peso del sistema puede variar dependiendo en particular del panel de señalización y el remolque. A continuación, se presentan más análisis sobre los efectos en las variaciones de las dimensiones físicas y el peso del sistema sobre el atenuador montado en un remolque.

La Fig. 6C muestra el diseño del bastidor de remolque 102. Las características clave del bastidor de remolque incluyen:

(a) un bastidor principal 104;

(b) una lengüeta 112 para fijar el remolque al vehículo remolcador;

(c) un mástil 114 para fijar y soportar el panel de señalización 116;

(d) una fijación 118 para montar el eje del remolque 120 y los neumáticos 122;

(e) espacios para la caja de control 124, la caja de la batería 126 y otros accesorios;

(f) cuatro gatos de bastidor en forma de A 128 para mantener el remolque estable en una posición inmóvil; y

(g) dos soportes frontales 130 para el atenuador montado en el remolque.

El bastidor de remolque es de 4801 mm (15 pies, 9 pul.) de largo y de 1829 mm (6 pies) de ancho. El bastidor principal puede fabricarse a partir de tubos estructurales. La lengüeta puede fabricarse a partir de tubos estructurales y fijarse al bastidor principal con ángulos. Puede fijarse un mástil vertical 114 fabricado a partir de un tubo estructural al bastidor principal para el montaje del panel de señalización y de soporte. El eje del remolque 120 se fija a la parte inferior del bastidor principal y los neumáticos se protegen con guardabarros. Existen espacios en la parte superior del bastidor principal para la instalación de la caja de control y de la batería y otros accesorios necesarios para la pantalla del panel de señalización. Se proporcionan cuatro gatos de bastidor en forma de A para mantener el remolque estable cuando esté en posición inmóvil. Tiene también dos soportes ajustables fabricados a partir de tubos estructurales con placas de deslizamiento en la parte inferior. Estos dos soportes se fijan a los carriles laterales del bastidor principal cerca de la parte trasera con abrazaderas para proporcionar soporte a la parte delantera del atenuador montado en el remolque. El atenuador se fija al bastidor de remolque con unas bisagras diseñadas especialmente (Figs. 8 y 9) para facilitar el plegado del atenuador durante el transporte.

Volviendo a la Fig. 7A puede observarse que el conjunto de cabezal de impacto 104 tiene una placa de impacto frontal 132, dos tubos de mandril 134 que se insertan en los tubos de absorción de energía 136, dos mandriles estrechados 138 y un conjunto de rotura de viga 140. La placa de impacto frontal tiene unas dimensiones globales de 1931 x 406 mm (6 pies, 4 pul. x 16 pul.). La placa de impacto puede fabricarse a partir de dos canales como miembros

## ES 2 357 034 T3

horizontales conectados con ángulos en forma de soportes verticales sobre la parte trasera en los dos extremos. Los canales también pueden agarrotarse en la parte trasera con tubos estructurales. La placa de impacto distribuye la carga de impacto mientras que los bordes salientes 142 de los canales proporcionan un bloqueo mecánico con el vehículo que impacta.

5 Se fijan dos tubos de mandril 134 a la parte trasera de los canales. La Fig. 10 ilustra uno de dichos tubos en sección transversal. El extremo aguas arriba 149 del tubo de mandril se suelda a la parte trasera de una placa base 151 con cartelas 150. La placa base 151 también tiene cuatro orificios 133 para fijarse con pernos a la parte trasera de la placa de impacto 104. Un mandril estrechado 138 fabricado a partir de placas gruesas, como se ha descrito anteriormente, 10 se suelda al tubo aguas arriba de la placa base. La dimensión de sección transversal del mandril aumenta mientras que las dimensiones del interior del tubo de absorción de energía 136 permanecen constantes. El extremo aguas abajo 154 del tubo de mandril se inserta en el extremo aguas arriba de un tubo guía 152 a una distancia de aproximadamente 610 mm (24 pul.) . El tubo guía se fabrica a partir de un tubo estructural. El extremo aguas abajo del tubo guía tiene un extremo estrechado 156 fabricado soldando placas plegadas gruesas al tubo, que actúan como un émbolo para cortar 15 pernos en conexiones y bisagras. Las placas guía 158 se sueldan alrededor del extremo aguas arriba del tubo guía para controlar la holgura del tubo guía dentro del tubo de absorción de energía 136. Se usa un perno 160 para mantener el tubo guía en su lugar dentro del tubo de absorción de energía de fase uno.

Un dispositivo de rotura de viga 140 se suelda a la parte trasera del conjunto de cabezal de impacto para hacer caer 20 el miembro de viga transversal 141 justo aguas debajo de la primera bisagra 162, como se muestra en la Fig. 7B. El dispositivo de rotura de vida se fabrica de tubos estructurales en forma de un triángulo. Una placa de soporte 164 se suelda a la punta aguas abajo del conjunto de rotura de viga para la fijación de un gato de bastidor en forma de A 166 con una rueda 168 para mantener el atenuador en la elevación apropiada para el impacto. Además, hay ruedas 170 fijadas a la parte inferior de la parte delantera de la placa de impacto. Estas ruedas están típicamente cerca del suelo 25 cuando el gato de bastidor en forma de A se despliega. Sin embargo, tras el impacto, el gato de bastidor con forma de A puede (potencialmente) plegarse y estas ruedas entran en juego, manteniendo el atenuador a la elevación apropiada para el proceso de explosión.

El atenuador montado en el remolque está diseñado con dos fases de amortiguadores de energía, como se muestra 30 en la Fig. 7A. El amortiguador de energía de fase uno se fabrica a partir de tubos estructurales. El amortiguador de energía de primera fase 171 tiene dos niveles de absorción de energía. La primera sección 172 del tubo de absorción de energía de fase uno se reviste con una pintura con alto contenido de cinc para su lubricación. El lubricante reduce la fuerza de explosión por tubo. Sin el lubricante, la fuerza de explosión para el amortiguador de energía de primera fase es mayor por tubo. El amortiguador de energía de segunda fase 173 incorpora dos tubos anidados: un tubo interno 35 176 y un tubo externo 178. El anidamiento de los tubos eleva la fuerza de explosión por tubo anidado.

La Fig. 7C muestra que para facilitar el plegamiento del atenuador durante el transporte, el amortiguador de energía de fase uno 171 se divide en dos secciones (167 y 169), unidas por una bisagra 162, como se muestra en más detalle 40 en la Fig. 8. En una realización, la longitud de la primera sección de tubo estructura es de 1702 mm (67 pul.). Esta longitud incorpora tanto la sección lubricada como la sección sin lubricar del amortiguador de energía de fase uno. La longitud de la segunda sección es de 1499 mm (59 pul.), 762 mm (30 pul.) de la cual está anidada con el tubo exterior. Por lo tanto, la longitud eficaz de una realización del amortiguador de energía de fase uno es de 2439 mm (8 pies), que consiste en 1067 mm (42 pul.) se sección lubricada y 1372 mm (54 pul.) de sección sin lubricar. La longitud del amortiguador de energía de fase dos es de 762 mm (30 pul.).

La Fig. 8 muestra un primer miembro de bisagra 162. Fijada rígidamente al lado superior de la primera sección 45 167, el tubo de amortiguador de energía de fase uno 136 está la primera sección de lengüeta 200 mientras que fijada rígidamente a la segunda sección 169 está una primera porción de yugo 202 de bisagra 162. Se usa un pasador desmontable 204 para unir, de forma que permita su liberación, la sección de lengüeta 200 y la sección de yugo 202. En la parte inferior de la primera sección 167 se fija rígidamente un segundo yugo 206 con un segundo pasador de pivote 208 que conecta una segunda sección de lengüeta 210 que se ha fijado rígidamente a la parte inferior de la sección 169. Cuando el sistema atenuador portátil se va a mover desde la posición desplegada (Fig. 7A) a la posición de transporte (Fig. 7C) , el primer pasador 204 se retira, permitiendo a la primera sección 167 plegarse sobre la segunda 50 sección 169.

La Fig. 9 ilustra una segunda bisagra 163 usada para plegar el sistema en un modo de transporte/desplegado. Se proporciona una tercera disposición de yugo y lengüeta. La tercera sección de lengüeta 212 se fija rígidamente a la parte inferior del bastidor 102 mientras que la tercera sección de yugo 214 forma parte de un brazo 216 que se extiende por detrás de la bisagra 163. Se proporciona un manguito de pivote 218 en el brazo 216 para permitir al pasador de pivote 220 pasar a través de un cuarto yugo 222 unido al bastidor 102. Un segundo pasador de pivote desmontable 224 conecta de forma que se pueda liberar la tercera disposición de yugo y de lengüeta. El segundo pasador desmontable 224 se retira cuando el aparato atenuador 100 se mueve desde la posición desplegada (Fig. 7A) a la posición de transporte (Fig. 7C).

El extremo aguas arriba del tubo de absorción de energía se fase uno se marca con muescas en las esquinas y la primera sección del tubo se estría en cada esquina para facilitar la iniciación del proceso de explosión según se ha analizado anteriormente. Las porciones de los tubos de absorción de energía en placas de bisagra también se estriaron de la misma manera para permitir al proceso de explosión pasar fácilmente a través de la región de empalme. El 65

## ES 2 357 034 T3

extremo aguas arriba del tubo exterior para el amortiguador de absorción de energía de dos fases también se marcó con muestras en las esquinas para facilitar la iniciación del proceso de explosión.

5        Existe un miembro de viga transversal 141 justo aguas debajo de la primera bisagra 162. El fin de este miembro de viga transversal es mantener una separación apropiada entre los dos tubos de absorción de energía a fin de que el cabezal de impacto y los mandriles asociados puedan proceder con el proceso de explosión bajo los tubos sin unión. Este miembro de viga transversal es un tubo estructural y está fijado con pernos en ambos extremos a los dos tubos de absorción de energía.

10       Aunque la invención se ha descrito con referencia a una realización específica, esta descripción no pretende interpretarse en un sentido limitante. Por el contrario, serán evidentes diversas modificaciones de las realizaciones descritas para los expertos en la materia en referencia a la descripción de la invención.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

5 1. Un sistema de atenuación de choques portátil que comprende: un bastidor de remolque (102); un mecanismo de absorción de energía que tiene una sección de absorción de energía de primera fase (167); y un conjunto de cabezal de impacto (104) fijado a dicha sección de absorción de energía de primera fase (167); **caracterizado** por que dicha sección de absorción de energía de primera fase (167) se conecta de forma giratoria en un primer miembro de bisagra (162) a una sección de absorción de energía de segunda fase (169) conectada de forma giratoria a un segundo miembro de bisagra (163) a dicho bastidor de remolque (102) , y dicho mecanismo puede moverse alrededor de dichos primer y segundos miembros de bisagra de un primer modo de transporte a un segundo modo desplegado.

15 2. El sistema de atenuación de choques portátil de la reivindicación 1 que comprende adicionalmente: primer y segundo tubos de absorción de energía separados entre sí, manteniéndose dichos tubos generalmente en un alineamiento paralelo por un miembro de viga de extensión transversal; y un dispositivo de rotura de viga transversal unido a dicho cabezal de impacto, alineándose dicho dispositivo de rotura de viga para impactar y romper dicho miembro de viga de extensión transversal cuando dicho sistema de atenuación impacta en dicho segundo modo desplegado.

20 3. El sistema de atenuación de choques portátil de la reivindicación 1, en el que dicho mecanismo de absorción de energía comprende adicionalmente: al menos un primer mandril que tiene una primera resistencia a la tracción; al menos un miembro tubular que tiene una segunda resistencia a la tracción, pudiendo recibirse dicho primer mandril dentro del primer extremo de dicho miembro de tal forma que tras la aplicación de las fuerzas de impacto a dicho cabezal de impacto, dicho primer mandril se impulsa a través de dicho miembro tubular rompiendo dicho miembro tubular absorbiendo de este modo dichas fuerzas de impacto.

25 4. El sistema de atenuación de choques portátil de la reivindicación 1, en el que al menos un primer mandril tiene una primera resistencia a la tracción; al menos un miembro tubular tiene una segunda resistencia a la tracción, pudiendo recibirse dicho primer mandril dentro de un primer extremo de dicho miembro tubular de tal forma que tras la aplicación de las fuerzas de impacto a dicho cabezal de impacto, dicho primer mandril se impulsa a través de dicho miembro tubular rompiendo dicho miembro tubular absorbiendo de este modo dichas fuerzas de impacto, dicho primer mandril es generalmente rectangular y dicho miembro tubular es generalmente rectangular y dicha ruptura de dicho miembro tubular se limita a las esquinas de dicho miembro tubular rectangular.

35

40

45

50

55

60

65

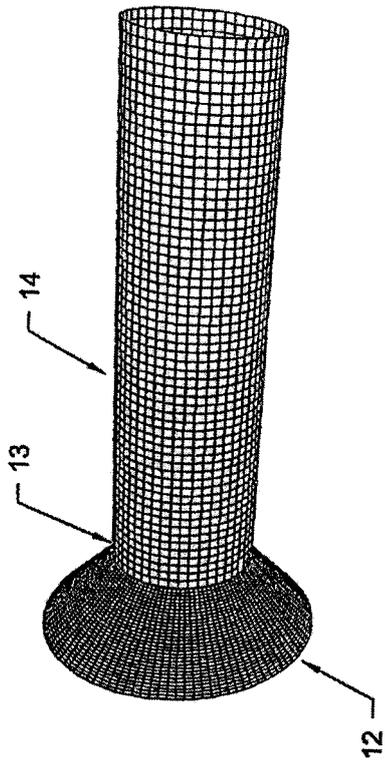


FIG. 1A

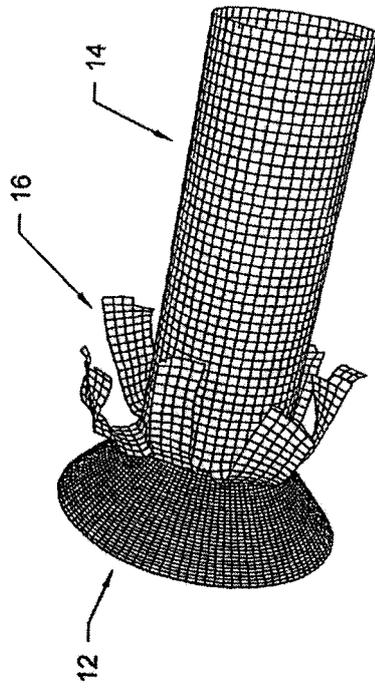


FIG. 1B

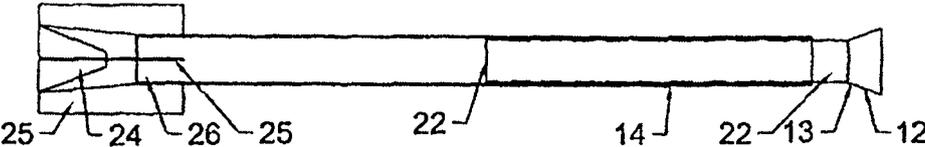


FIG. 2A

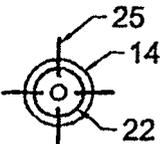


FIG. 2B

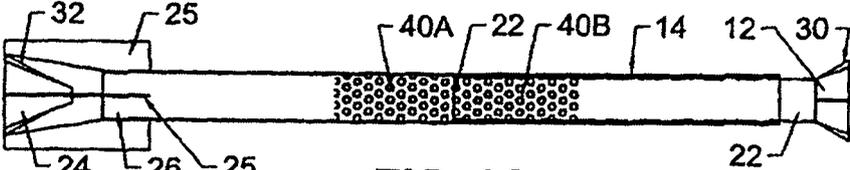


FIG. 2C

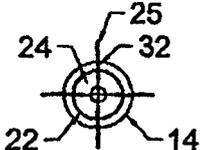


FIG. 2D

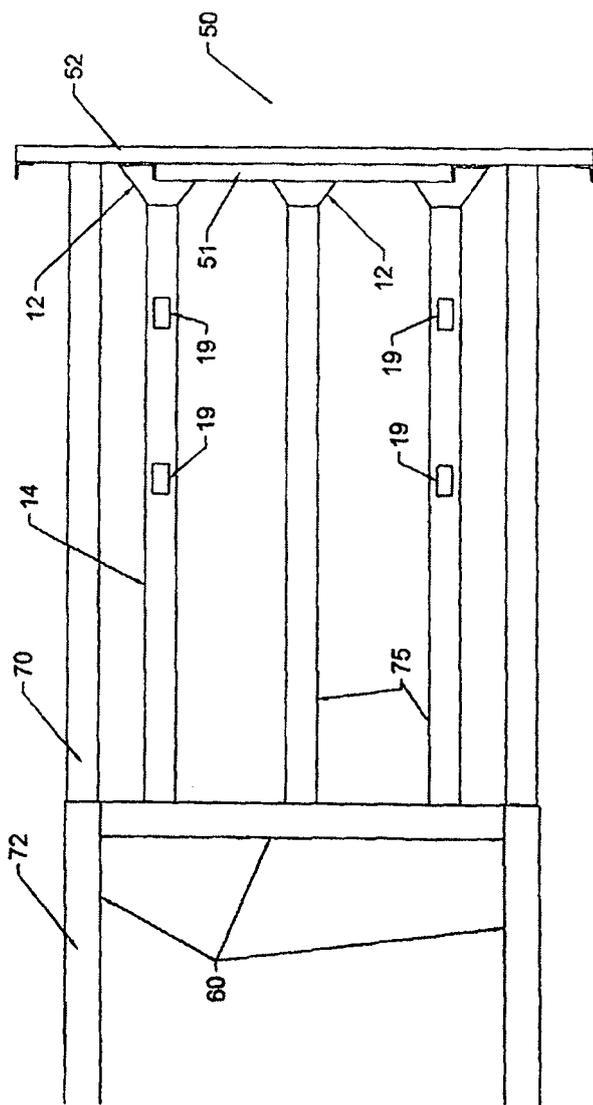


FIG. 4A

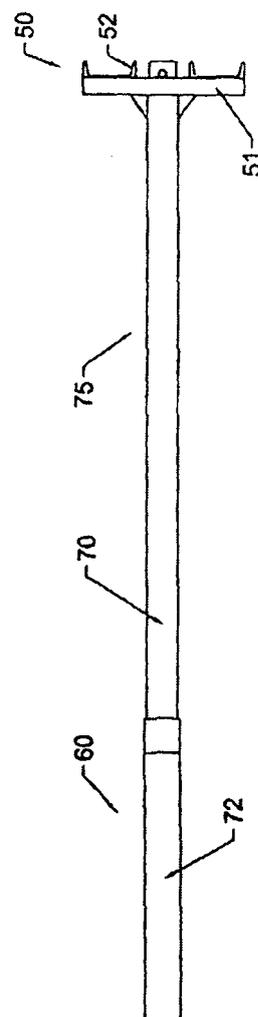
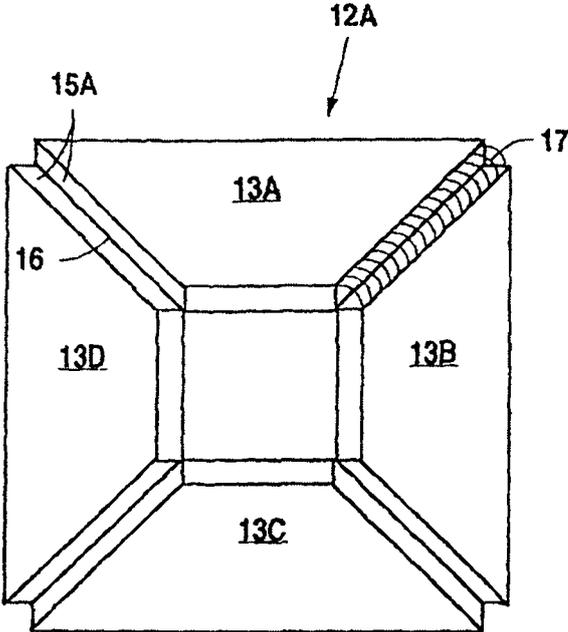
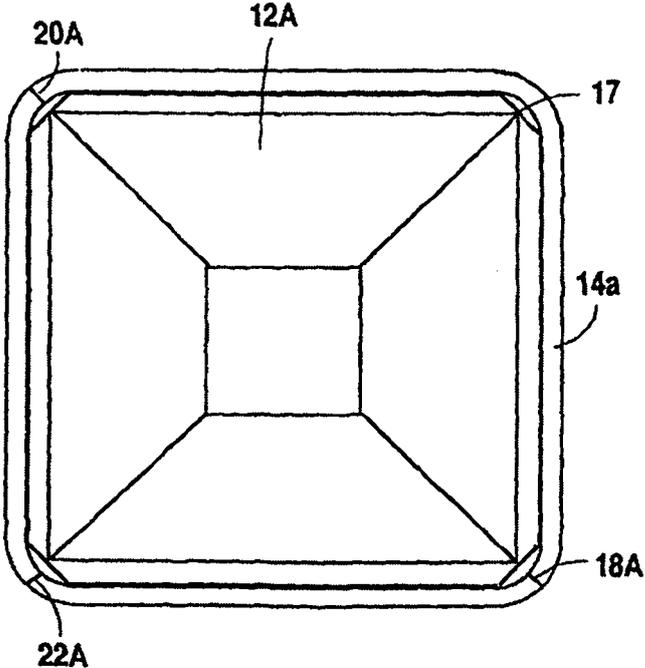


FIG. 4B



**Fig. 5A**



**Fig. 5B**

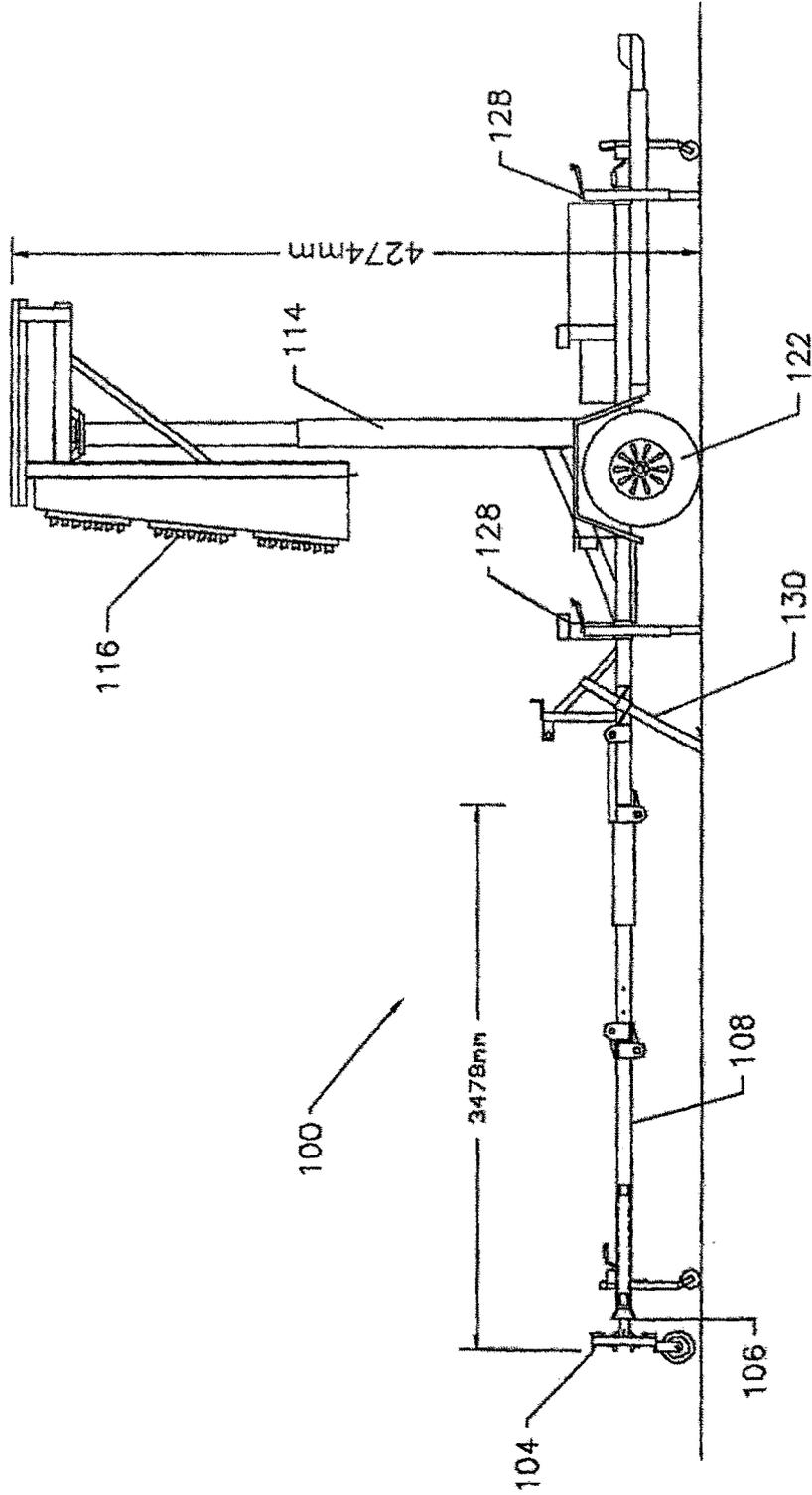


Fig 6A

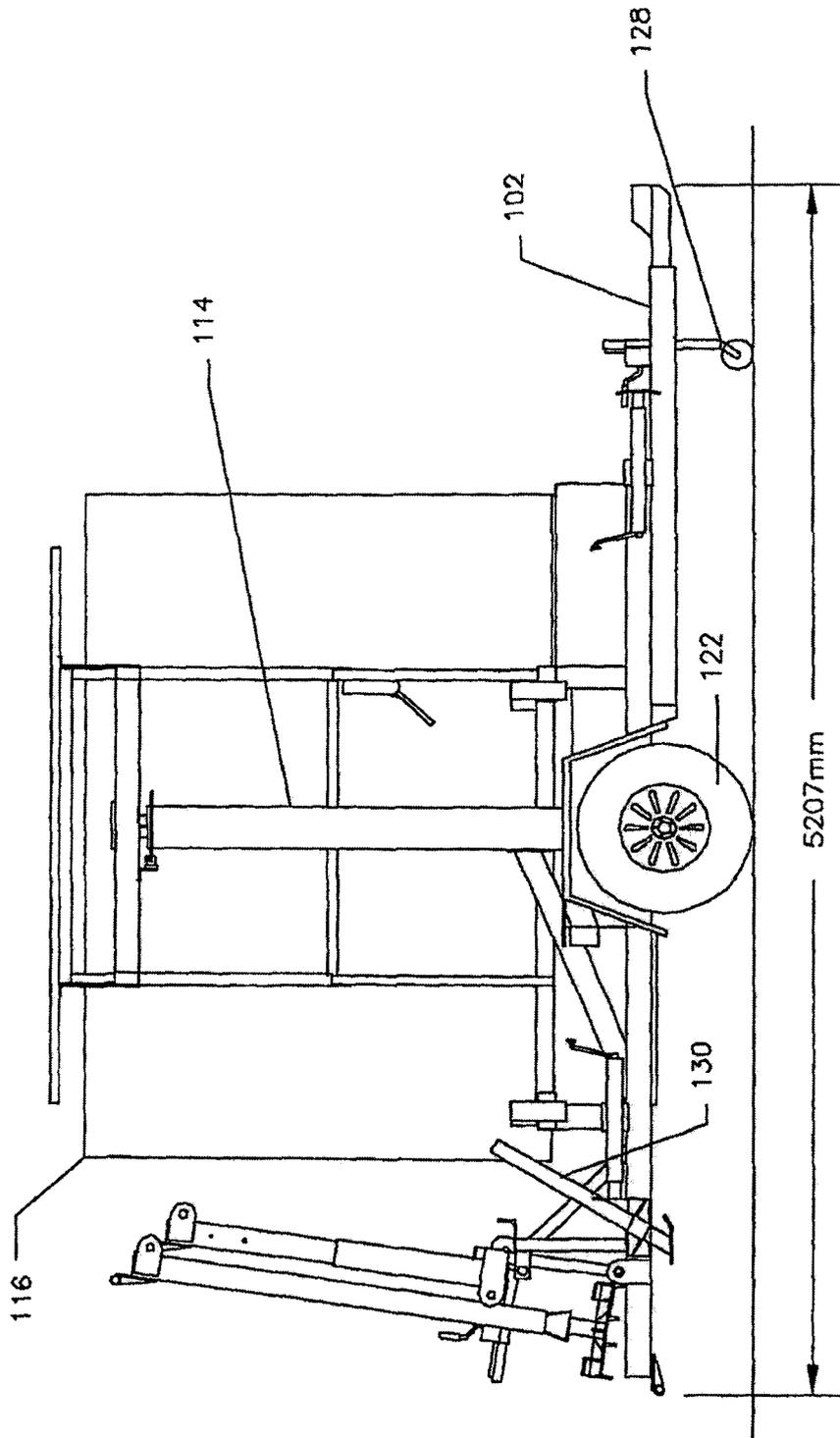


Fig. 6B

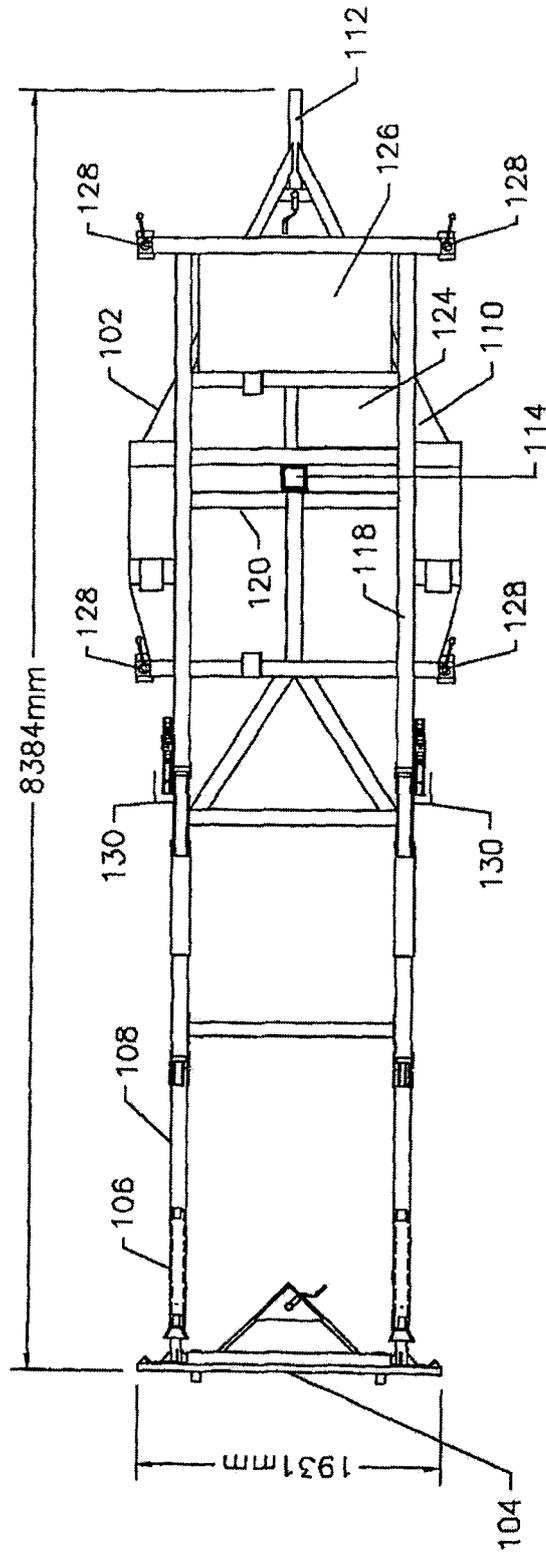


Fig. 6C

