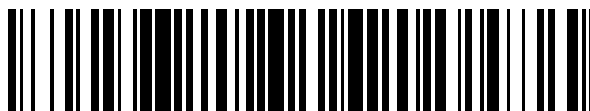


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 690 322**

51 Int. Cl.:

F16C 3/02 (2006.01)

B21D 26/033 (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.11.2013 PCT/US2013/069086**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.05.2014 WO14074787**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.11.2013 E 13795650 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.08.2018 EP 2917594**

54 Título: **Tubo de árbol de transmisión hidroformado con forma secundaria**

30 Prioridad:

08.11.2012 US 201261724154 P

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

20.11.2018

73 Titular/es:

**DANA AUTOMOTIVE SYSTEMS GROUP, LLC
(100.0%)
3939 Technology Drive PO Box 1000
Maumee, OH 43537, US**

72 Inventor/es:

**LASKEY, RYAN, W. y
DUTKIEWICZ, JEFFREY, A.**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 690 322 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

Tubo de árbol de transmisión hidroformado con forma secundaria

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a árboles de transmisión y, más específicamente, a árboles de transmisión para vehículos formados utilizando un proceso de hidroformado.

10 Antecedentes de la invención

La rotación de un árbol de transmisión en, o cerca de, una frecuencia de resonancia del árbol de transmisión puede ocasionar una vibración no deseada del árbol de transmisión. Además, la rotación de un árbol de transmisión que está desequilibrado también puede ocasionar la vibración no deseada del árbol de transmisión, provocando insatisfacción en el cliente. La rotación del árbol de transmisión con la vibración no deseada, independientemente de su fuente, también puede ocasionar el desgaste excesivo de una pluralidad de componentes del árbol de transmisión. Cojinetes centrales, componentes de extremo de árbol (tales como horquillas), cruces de junta universales, cojinetes de aguja, y una porción tubular del árbol de transmisión pueden desgastarse excesivamente debido a la vibración no deseada del árbol de transmisión.

Habitualmente, a medida que una longitud del árbol de transmisión aumenta, la frecuencia de resonancia disminuye. En vehículos que tienen longitudes de árbol de transmisión largas entre el grupo motopropulsor de un vehículo y un eje motor, tales como camiones comerciales, la frecuencia de resonancia del árbol de transmisión puede aproximarse a una velocidad operativa del árbol de transmisión. Para mitigar la vibración no deseada, el árbol de transmisión puede comprender una pluralidad de secciones unidas por juntas. Lamentablemente, añadir juntas al árbol de transmisión aumenta enormemente un coste y un peso del árbol de transmisión y, por tanto, de un vehículo en el que está incorporado el árbol de transmisión. Alternativamente, para mitigar la vibración no deseada, puede aumentarse el diámetro del árbol de transmisión y, por tanto, un diámetro de los componentes de extremo de árbol. Sin embargo, aumentar el diámetro del árbol de transmisión y el diámetro de los componentes de extremo de árbol también aumenta enormemente el coste del árbol de transmisión y, por tanto, del vehículo en el que está incorporado el árbol de transmisión.

Alternativamente, para mitigar la vibración no deseada, puede aumentarse el diámetro del árbol de transmisión y, por tanto, un diámetro de los componentes de extremo de árbol. Sin embargo, aumentar el diámetro del árbol de transmisión y el diámetro de los componentes de extremo de árbol también aumenta enormemente el coste del árbol de transmisión y, por tanto, del vehículo en el que está incorporado el árbol de transmisión.

Después de la fabricación del árbol de transmisión, pero antes de la instalación del árbol de transmisión en el vehículo, habitualmente se equilibra el árbol de transmisión. Mediante el uso de una máquina dinámica para equilibrar piezas mecánicas, se determina una masa y una ubicación de un contrapeso sobre el árbol de transmisión. Después de la aplicación del contrapeso, el árbol de transmisión se equilibra sustancialmente, reduciendo la vibración no deseada del árbol de transmisión durante el funcionamiento. Sin embargo, equilibrar el árbol de transmisión aumenta un tiempo de fabricación del árbol de transmisión y, por tanto, aumenta el coste del árbol de transmisión y, por tanto, del vehículo en el que está incorporado el árbol de transmisión.

El árbol de transmisión formado a partir de aluminio reduce el peso del árbol de transmisión. Cuando se forma utilizando un proceso de hidroformado, el árbol de transmisión tiene una frecuencia de resonancia aumentada y un coste de fabricación reducido. En consecuencia, el árbol de transmisión formado a partir de aluminio utilizando el proceso de hidroformado es ventajoso con respecto al árbol de transmisión formado a partir de un acero utilizando el proceso de hidroformado. Sin embargo, los métodos convencionales utilizados para hidroformar árboles de transmisión aplicados a aluminio han resultado insatisfactorios, ya que un límite de tensión máximo para formar aluminio es menor que un límite de tensión máximo para formar acero.

El documento DE19960963A1 se refiere a un árbol tubular para transmisión de par, en particular, en la cadena de tracción de un vehículo de carretera. El árbol da lugar a vibraciones de flexión y vibraciones de golpes durante la transmisión de par. Al menos una sección axial del árbol, en la que se forma un golpe de vibración, se construye de manera que, en comparación con una sección de árbol adyacente tiene una tendencia de flexión aumentada y/o una tendencia de golpe reducida. El árbol en la sección axial para el aumento de la tendencia de flexión tiene una sección transversal reducida en comparación con la sección de árbol flexible adyacente. La sección transversal de árbol reducida de la sección axial débilmente flexible se forma mediante una ranura totalmente anular o muesca anular.

El documento DE19960963A1 no desvela un tubo de árbol de transmisión hidroformado que tiene una parte media; una primera parte de transición que se une a una primera parte de extremo del tubo de árbol de transmisión; una primera parte de estrangulamiento que se une a la parte media; una segunda parte de estrangulamiento que se une a la parte media; y una segunda parte de transición que se une a una segunda parte de extremo del tubo de árbol de

transmisión; en donde la parte media se forma entre la primera parte de estrangulamiento y la segunda parte de estrangulamiento.

5 Además, el documento DE19960963A1 no desvela un tubo de árbol de transmisión hidroformado con una parte media que comprende una primera distensión, un estrangulamiento, y una segunda distensión, formándose el estrangulamiento entre la primera distensión y la segunda distensión.

10 El documento US5287768A se refiere a un árbol de transmisión para un vehículo de motor diseñado para ser asimétrico, con el centro de simetría de la región de tubo central o centro de gravedad de inercia ubicado fuera del centro del árbol tubular. De este modo, es posible obtener un árbol de transmisión cuya área transversal esté distribuida de tal manera que se optimice funcionalmente y que cumpla los respectivos requisitos de resistencia, y la reducción de ruido se consigue desplazando la frecuencia de resonancia natural del árbol de transmisión al interior de una región de mínima excitación externa.

15 El documento US5983497A se refiere a un método para formar un tubo de árbol de transmisión de aleación de aluminio con un diámetro agrandado que tiene una porción de diámetro interior reducida que evita problemas de holgura con respecto a otros componentes del vehículo. El método incluye la etapa inicial de proporcionar un tubo de material de aleación de aluminio con un diámetro que corresponde al diámetro agrandado del tubo de árbol de transmisión que va a formarse. Después, se realiza una determinación sobre si algún componente del vehículo se encuentra lo suficientemente cerca del tubo de árbol de transmisión como para interferir con la rotación del mismo durante el funcionamiento normal. En caso afirmativo, la posición y longitud axial de la interferencia potencial se encuentra sobre el tubo de aleación de aluminio. Entonces se realiza un proceso de reducción de diámetro sobre el tubo de aleación de aluminio para formar la porción de diámetro interior reducida para eliminar la interferencia potencial. Después, los extremos del tubo de diámetro agrandado se pueden reducir si se desea, tal como mediante estampación, para formar el tubo de árbol de transmisión que tiene la primera y segunda porciones de reducción de diámetro en los extremos del mismo. Si se desea, la etapa de formar la primera y segunda porciones de reducción de diámetro puede preceder o producirse a la vez que la etapa de formar la porción de diámetro interior reducida. Para completar el método de esta invención, se aseguran horquillas a las partes de extremo de diámetro reducido del tubo de árbol de transmisión, y el tubo de árbol de transmisión se instala en el sistema de la cadena de tracción del vehículo.

35 El documento US5983497A no desvela un tubo de árbol de transmisión hidroformado que comprende: una primera distensión, un estrangulamiento, y una segunda distensión dispuesta entre una primera parte de extremo y una segunda parte de extremo, en donde se forman la primera distensión, el estrangulamiento y la segunda distensión, respectivamente, mediante una superficie de revolución en forma de arco circular formada haciendo girar un arco sustancialmente circular alrededor de un eje de la primera parte de extremo y la segunda parte de extremo, y en donde el estrangulamiento tiene una concavidad frente a una concavidad de la primera distensión y la segunda distensión; transiciones tangenciales formadas entre la primera parte de extremo, la primera distensión, el estrangulamiento, la segunda distensión, y la segunda parte de extremo; y un grosor de pared de la primera y la segunda distensión que no es constante debido al proceso de hidroformado utilizado para formar el tubo de árbol de transmisión.

45 Sería ventajoso desarrollar un árbol de transmisión que pueda formarse utilizando un proceso de hidroformado, que reduzca un coste del árbol de transmisión, y que tenga una velocidad crítica aumentada.

Sumario de la invención

50 Este objetivo se logra mediante los tubos de árbol de transmisión hidroformados definidos en las reivindicaciones independientes 1 y 3. Diversos aspectos de esta invención se pondrán de manifiesto para los expertos en la materia a partir de la siguiente descripción detallada de la realización preferida, cuando se lean teniendo en cuenta los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

55 Lo anterior, así como otras ventajas de la presente invención se pondrán de manifiesto inmediatamente para los expertos en la materia a partir de la siguiente descripción detallada cuando se considere teniendo en cuenta los dibujos adjuntos, en los que:

- 60 la Figura 1A es una vista en perspectiva de un ejemplo de un tubo de árbol de transmisión;
- la Figura 1B es una vista en planta lateral del tubo de árbol de transmisión ilustrado en la Figura 1A;
- la Figura 2A es una vista en perspectiva de un tubo de árbol de transmisión de acuerdo con una realización de la presente invención;
- la Figura 2B es una vista en planta lateral del tubo de árbol de transmisión ilustrado en la Figura 2A;
- la Figura 3A es una vista en perspectiva de un tubo de árbol de transmisión de acuerdo con otra realización de la presente invención;
- 65 la Figura 3B es una vista en planta lateral del tubo de árbol de transmisión ilustrado en la Figura 3A;

la Figura 4 es una tabla que muestra datos experimentales recogidos de tubos rectos utilizados como control, el tubo de árbol de transmisión ilustrado en la Figura 1A, el tubo de árbol de transmisión ilustrado en la Figura 2A, y el tubo de árbol de transmisión ilustrado en la Figura 3A;

la Figura 5 es un gráfico de barras que ilustra una parte de los datos experimentales mostrados en la Figura 4, comparando una velocidad crítica mediante una longitud y una forma de tubos rectos utilizados como control, el tubo de árbol de transmisión ilustrado en la Figura 1A, el tubo de árbol de transmisión ilustrado en la Figura 2A, y el tubo de árbol de transmisión ilustrado en la Figura 3A; y

la Figura 6 es un gráfico de barras que ilustra una parte de los datos experimentales mostrados en la Figura 4, comparando una frecuencia de modo de respiración mediante una longitud y una forma de tubos rectos utilizados como control, el tubo de árbol de transmisión ilustrado en la Figura 1A, el tubo de árbol de transmisión ilustrado en la Figura 2A, y el tubo de árbol de transmisión ilustrado en la Figura 3A.

Descripción detallada de la invención

Se entenderá que la invención puede asumir diversas orientaciones y secuencias de etapas alternativas, salvo cuando se especifique expresamente lo contrario. También se entenderá que los dispositivos y procesos específicos ilustrados en los dibujos adjuntos, y descritos en la siguiente memoria descriptiva son simplemente realizaciones a modo de ejemplo de los conceptos inventivos definidos en las reivindicaciones adjuntas. Por tanto, las dimensiones, direcciones u otras características físicas específicas relacionadas con las realizaciones desveladas no deberán considerarse limitativas, salvo que las reivindicaciones indiquen expresamente otra cosa.

Las Figuras 1A y 1B ilustran un primer tubo de árbol de transmisión 100 formado utilizando un proceso de hidroformado. El primer tubo de árbol de transmisión 100 se forma a partir de una se forma a partir de una 6061 aleación de aluminio; sin embargo, se entiende que pueden utilizarse otras aleaciones. Una pieza bruta de aluminio tubular (no ilustrada) utilizada para formar el primer tubo de árbol de transmisión 100 utilizando el proceso de hidroformado puede formarse utilizando un proceso de extrusión o un proceso de soldadura en cordón. La pieza bruta de aluminio tubular es un tubo de aluminio cilíndrico.

El primer tubo de árbol de transmisión 100 incluye una primera parte de extremo 102, una parte media 104, y una segunda parte de extremo 106. Una vez equipado con un par de componentes de extremo de árbol (no mostrados), el primer tubo de árbol de transmisión 100 forma una parte de un conjunto de árbol de transmisión (no mostrado) para su uso con un vehículo.

La primera parte de extremo 102 y la segunda parte de extremo 106 son de forma sustancialmente cilíndrica y comprenden aproximadamente el 13 % de una longitud del primer tubo de árbol de transmisión 100, pero se entiende que también pueden utilizarse otras proporciones. Un grosor de pared de la primera parte de extremo 102 y la segunda parte de extremo 106 son sustancialmente constantes. La primera parte de extremo 102 y la segunda parte de extremo 106 se juntan respectivamente con la parte media 104 en una primera transición tangencial 108 y una segunda transición tangencial 110. Un radio de un arco sustancialmente circular de una superficie de revolución que forma la primera transición tangencial 108 y la segunda transición tangencial 110 es aproximadamente cuatro veces mayor que un radio de la primera parte de extremo 102 y la segunda parte de extremo 106.

Una forma de la parte media 104 es una superficie de revolución formada haciendo girar un arco sustancialmente circular alrededor de un eje de la primera parte de extremo 102 y la segunda parte de extremo 106. Como ejemplo no limitativo, el arco sustancialmente circular de la superficie de revolución de la parte media 104 puede definirse mediante un ángulo agudo de aproximadamente 4 grados, pero se entiende que también puede utilizarse otro ángulo. Además, un radio del arco sustancialmente circular de la superficie de revolución de la parte media 104 es aproximadamente 200 veces mayor que un radio de la primera parte de extremo 102 y la segunda parte de extremo 106, pero se entiende que también pueden utilizarse otras proporciones. Un grosor de pared de la parte media 104 no es constante debido al proceso de hidroformado utilizado para formar el primer tubo de árbol de transmisión 100. Un grosor de la parte media 104 en un punto más fino, en un punto medio del primer tubo de árbol de transmisión 100, es aproximadamente el 90 % de un grosor de la primera parte de extremo 102 y la segunda parte de extremo 106, pero se entiende que pueden utilizarse otras proporciones. La forma de la parte media 104 del primer tubo de árbol de transmisión 100 puede describirse generalmente como una forma de barril.

El primer tubo de árbol de transmisión 100 aumenta una velocidad crítica o un primer modo de flexión del árbol de transmisión que tiene una primera longitud en una media de aproximadamente el 26 % al compararse con los tubos rectos utilizados como control, teniendo los tubos rectos un diámetro exterior sustancialmente igual al diámetro de las partes de extremo 102, 106. El primer tubo de árbol de transmisión 100 aumenta una velocidad crítica o un primer modo de flexión del árbol de transmisión que tiene una segunda longitud en una media de aproximadamente 23 % al compararse con los tubos rectos utilizados como control, teniendo los tubos rectos un diámetro exterior sustancialmente igual al diámetro de las partes de extremo 102, 106. La velocidad crítica del primer tubo de árbol de transmisión 100 depende en gran medida del diámetro medio de los tubos de manera que, con ajustes a la forma del conformado y porcentaje de tubos rectos que forman el primer tubo de árbol de transmisión 100, puede ajustarse este aumento en la velocidad crítica. También se ha descubierto mediante la experimentación que una frecuencia de modo de respiración del primer tubo de árbol de transmisión 100 aumenta notablemente al compararse con los tubos

rectos utilizados como control, teniendo los tubos rectos un diámetro exterior sustancialmente igual a un diámetro más grande de la parte media 104. El primer tubo de árbol de transmisión 100 que tiene una primera longitud ofrece un aumento con respecto a los tubos rectos utilizados como control de aproximadamente el 67 %. El primer tubo de árbol de transmisión 100 que tiene una segunda longitud ofrece un aumento con respecto a los tubos rectos utilizados como control de aproximadamente el 72 %. Los modos de respiración son modos de tubos naturales donde la circunferencia del tubo se flexiona hasta un círculo no perfecto. A medida que esto ocurre, actúa como agente amplificador para cualquier otro ruido en el vehículo, habitualmente un chirrido de una transmisión o un engranaje de eje.

Las Figuras 2A y 2B ilustran un segundo tubo de árbol de transmisión 200 formado utilizando un proceso de hidroformado. El segundo tubo de árbol de transmisión 200 se forma a partir de una 6061 aleación de aluminio; sin embargo, se entiende que pueden utilizarse otras aleaciones. Una pieza bruta de aluminio tubular (no ilustrada) utilizada para formar el segundo tubo de árbol de transmisión 200 utilizando el proceso de hidroformado puede formarse utilizando un proceso de extrusión o un proceso de soldadura en cordón. La pieza bruta de aluminio tubular es un tubo de aluminio cilíndrico.

El segundo tubo de árbol de transmisión 200 incluye una primera parte de extremo 202, una primera parte de transición 204, una primera parte de estrangulamiento 206, una parte media 208, una segunda parte de estrangulamiento 210, una segunda parte de transición 212, y una segunda parte de extremo 214. Una vez equipado con un par de componentes de extremo de árbol (no mostrados), el segundo tubo de árbol de transmisión 200 forma una parte de un conjunto de árbol de transmisión (no mostrado) para su uso con un vehículo.

La primera parte de extremo 202 y la segunda parte de extremo 214 son de forma sustancialmente cilíndrica y cada una comprende aproximadamente el 11 % de una longitud del segundo tubo de árbol de transmisión 200, pero se entiende que pueden utilizarse otras proporciones. Un grosor de pared de la primera parte de extremo 202 y la segunda parte de extremo 214 son sustancialmente constantes. La primera parte de extremo 202 y la segunda parte de extremo 214 se juntan respectivamente con la primera parte de transición 204 y la segunda parte de transición 212 en una primera transición tangencial 216 y una segunda transición tangencial 218. Un radio de un arco sustancialmente circular de una superficie de revolución que forma la primera transición tangencial 216 y la segunda transición tangencial 218 es aproximadamente 4,5 veces mayor que un radio de la primera parte de extremo 202 y la segunda parte de extremo 214.

Una forma de la primera parte de transición 204, la parte media 208, y la segunda parte de transición 212 corresponde en forma a una superficie de revolución formada haciendo girar un arco sustancialmente circular alrededor de un eje de la primera parte de extremo 204 y la segunda parte de extremo 214. La primera parte de transición 204 y la segunda parte de transición 212 comprenden cada una aproximadamente el 11 % de una longitud del segundo tubo de árbol de transmisión 200, pero se entiende que pueden utilizarse otras proporciones. La parte media 208 comprende aproximadamente el 40 % de una longitud del segundo tubo de árbol de transmisión 200, pero se entiende que pueden utilizarse otras proporciones. Como ejemplo no limitativo, el arco sustancialmente circular de la superficie de revolución correspondiente en forma a la primera parte de transición 204, la parte media 208, y la segunda parte de transición 212 puede definirse mediante un ángulo agudo de aproximadamente 7 grados, pero se entiende que pueden utilizarse otros ángulos. Además, un radio del arco sustancialmente circular de la superficie de revolución correspondiente en forma a la primera parte de transición 204, la parte media 208, y la segunda parte de transición 212 es aproximadamente 150 veces mayor que un radio de la primera parte de extremo 202 y la segunda parte de extremo 214, pero se entiende que pueden utilizarse otras proporciones. Un grosor de pared de la parte media 208 no es constante debido al proceso de hidroformado utilizado para formar el segundo tubo de árbol de transmisión 200. Un grosor de la parte media 208 en un punto más fino, en un punto medio de la parte media 208, es aproximadamente el 90 % de un grosor de la primera parte de extremo 202 y la segunda parte de extremo 214, pero se entiende que pueden utilizarse otras proporciones. La forma de la primera parte de transición 204, la parte media 208, y la segunda parte de transición 212 se divide entre la primera parte de estrangulamiento 206 y la segunda parte de estrangulamiento 210.

La primera parte de estrangulamiento 206 y la segunda parte de estrangulamiento 210 son cada una superficie de revolución formada haciendo girar un arco sustancialmente circular alrededor de un eje de la primera parte de extremo 202 y la segunda parte de extremo 214. Como ejemplo no limitativo, el arco sustancialmente circular de la superficie de revolución de la primera parte de estrangulamiento 206 y la segunda parte de estrangulamiento 210 puede definirse mediante un ángulo agudo de aproximadamente 20 grados, pero se entiende que pueden utilizarse otros ángulos. Además, un radio del arco sustancialmente circular de la superficie de revolución de la primera parte de estrangulamiento 206 y la segunda parte de estrangulamiento 210 es aproximadamente 4,5 veces mayor que un radio de la primera parte de extremo 202 y la segunda parte de extremo 214, pero se entiende que pueden utilizarse otras proporciones. Una concavidad de la primera parte de estrangulamiento 206 y la segunda parte de estrangulamiento 210 está frente a una concavidad de la primera parte de transición 204, la parte media 208, y la segunda parte de transición 212. Un grosor de pared de la primera parte de estrangulamiento 206 y la segunda parte de estrangulamiento 210 es sustancialmente igual a un grosor de la primera parte de extremo 202 y la segunda parte de extremo 214. Un diámetro de la primera parte de estrangulamiento 206 y la segunda parte de estrangulamiento 210 es aproximadamente un 16 % mayor que un diámetro de la primera parte de extremo 202 y la

segunda parte de extremo 214. La primera parte de estrangulamiento 206 respectivamente se junta tangencialmente con la primera parte de transición 204 y la parte media 208 en una tercera transición tangencial 220 y una cuarta transición tangencial 222. Un radio de un arco sustancialmente circular de una superficie de revolución que forma la tercera transición tangencial 220 y la cuarta transición tangencial 222 es aproximadamente 4,5 veces mayor que un radio de la primera parte de extremo 202 y la segunda parte de extremo 214. La segunda parte de estrangulamiento 210 respectivamente se junta tangencialmente con la segunda parte de transición 212 y la parte media 208 en una quinta transición tangencial 224 y una sexta transición tangencial 226. Un radio de un arco sustancialmente circular de una superficie de revolución que forma la quinta transición tangencial 224 y la sexta transición tangencial 226 es aproximadamente 4,5 veces mayor que un radio de la primera parte de extremo 202 y la segunda parte de extremo 214.

La primera parte de estrangulamiento 206 y la segunda parte de estrangulamiento 210 del segundo tubo de árbol de transmisión 200 proporcionan respectivamente un dato terciario 226 y un dato cuaternario 228 (además de la primera parte de extremo 202 y la segunda parte de extremo 214) para dificultar el pandeo de los tubos que puede producirse durante el proceso de hidroformado. Como resultado, la primera parte de estrangulamiento 206 y la segunda parte de estrangulamiento 210 del segundo tubo de árbol de transmisión 200 reducen una cantidad de descentrado axial que se genera en el segundo tubo de árbol de transmisión 200 durante el proceso de hidroformado. La primera parte de estrangulamiento 206 y la segunda parte de estrangulamiento 210 del segundo tubo de árbol de transmisión 200 se crean mediante una forma de un troquel de hidroformado. El diámetro del segundo tubo de árbol de transmisión 200 en la primera parte de estrangulamiento 206 y la segunda parte de estrangulamiento 210 es mayor que el diámetro de la primera parte de extremo 202 y la segunda parte de extremo 214, lo que permite que el troquel de hidroformado asegure el segundo tubo de árbol de transmisión 200 con respecto a la primera parte de extremo 202 y la segunda parte de extremo 214 durante el proceso de hidroformado.

El segundo tubo de árbol de transmisión 200 aumenta una velocidad crítica o un primer modo de flexión del árbol de transmisión que tiene una primera longitud en una media de aproximadamente 29 % al compararse con los tubos rectos utilizados como control, teniendo los tubos rectos un diámetro exterior sustancialmente igual al diámetro de las partes de extremo 202, 214. La velocidad crítica del segundo tubo de árbol de transmisión 200 depende en gran medida del diámetro medio de los tubos de manera que, con ajustes a la forma del conformado y porcentaje de tubos rectos que forman el segundo tubo de árbol de transmisión 200, puede ajustarse este aumento en la velocidad crítica.

También se ha descubierto mediante la experimentación que una frecuencia de modo de respiración del segundo tubo de árbol de transmisión 200 aumenta notablemente al compararse con los tubos rectos utilizados como control, teniendo los tubos rectos un diámetro exterior sustancialmente igual a un diámetro más grande de la parte media 208. El segundo tubo de árbol de transmisión 200 que tiene una primera longitud ofrece un aumento con respecto a los tubos rectos utilizados como control de aproximadamente el 52 %.

Las Figuras 3A y 3B ilustran un tercer tubo de árbol de transmisión 300 formado utilizando un proceso de hidroformado. El tercer tubo de árbol de transmisión 300 se forma a partir de una 6061 aleación de aluminio; sin embargo, se entiende que pueden utilizarse otras aleaciones. Una pieza bruta de aluminio tubular (no ilustrado) utilizada para formar el tercer tubo de árbol de transmisión 300 utilizando el proceso de hidroformado puede formarse utilizando un proceso de extrusión o un proceso de soldadura en cordón. La pieza bruta de aluminio tubular es un tubo de aluminio cilíndrico.

El tercer tubo de árbol de transmisión 300 incluye una primera parte de extremo 302, una primera distensión 304, un estrangulamiento 306, una segunda distensión 308, y una segunda parte de extremo 310. Una vez equipado con un par de componentes de extremo de árbol (no mostrados), el tercer tubo de árbol de transmisión 300 forma una parte de un conjunto de árbol de transmisión (no mostrado) para su uso con un vehículo.

La primera parte de extremo 302 y la segunda parte de extremo 310 son de forma sustancialmente cilíndrica y cada una comprende aproximadamente el 7 % de una longitud del tercer tubo de árbol de transmisión 300, pero se entiende que pueden utilizarse otras proporciones. Un grosor de pared de la primera parte de extremo 302 y la segunda parte de extremo 310 son sustancialmente constantes. La primera parte de extremo 302 y la segunda parte de extremo 310 respectivamente se juntan con la primera distensión 304 y la segunda distensión 308 en una primera transición tangencial 312 y una segunda transición tangencial 314. Un radio de un arco sustancialmente circular de una superficie de revolución que forma la primera transición tangencial 312 y la segunda transición tangencial 314 es aproximadamente cuatro veces mayor que un radio de la primera parte de extremo 302 y la segunda parte de extremo 310.

Una forma de la primera distensión 304 es una superficie de revolución formada haciendo girar un arco sustancialmente circular alrededor de un eje de la primera parte de extremo 302 y la segunda parte de extremo 310. Como ejemplo no limitativo, el arco sustancialmente circular de la superficie de revolución de la primera distensión 304 puede definirse mediante un ángulo agudo de aproximadamente 10 grados, pero se entiende que pueden utilizarse otros ángulos. Además, un radio del arco sustancialmente circular de la superficie de revolución de la primera distensión 304 es aproximadamente 40 veces mayor que un radio de la primera parte de extremo 302 y la

segunda parte de extremo 310, pero se entiende que pueden utilizarse otras proporciones. Un grosor de pared de la primera distensión 304 no es constante debido al proceso de hidroformado utilizado para formar el tercer tubo de árbol de transmisión 300. Un grosor de la primera distensión 304 en un punto más fino, en un punto medio de la primera distensión 304, es aproximadamente el 90 % de un grosor de la primera parte de extremo 302 y la segunda parte de extremo 310, pero se entiende que pueden utilizarse otras proporciones. La forma de la primera distensión 304 del tercer tubo de árbol de transmisión 300 puede describirse generalmente como una forma de barril.

El estrangulamiento 306 es una superficie de revolución formada haciendo girar un arco sustancialmente circular alrededor de un eje de la primera parte de extremo 302 y la segunda parte de extremo 310. Como ejemplo no limitativo, el arco sustancialmente circular de la superficie de revolución del estrangulamiento 306 puede definirse mediante un ángulo agudo de aproximadamente 6 grados, pero se entiende que pueden utilizarse otros ángulos. Además, un radio del arco sustancialmente circular de la superficie de revolución del estrangulamiento 306 es aproximadamente cuatro veces mayor que un radio de la primera parte de extremo 302 y la segunda parte de extremo 310, pero se entiende que pueden utilizarse otras proporciones. Una concavidad del estrangulamiento 306 está frente a una concavidad de la primera distensión 304 y la segunda distensión 308. Un grosor de pared y un diámetro del estrangulamiento 306 son sustancialmente iguales a un grosor y un diámetro de la primera parte de extremo 302 y la segunda parte de extremo 310. El estrangulamiento 306 respectivamente se junta con la primera distensión 304 y la segunda distensión 308 en una tercera transición tangencial 316 y una cuarta transición tangencial 318. Un radio de un arco sustancialmente circular de una superficie de revolución que forma cada una de la tercera transición tangencial 316 y la cuarta transición tangencial 318 es aproximadamente 4 veces mayor que un radio de la primera parte de extremo 302 y la segunda parte de extremo 310.

Una forma de la segunda distensión 308 es una superficie de revolución formada haciendo girar un arco sustancialmente circular alrededor de un eje de la primera parte de extremo 302 y la segunda parte de extremo 310. Como ejemplo no limitativo, el arco sustancialmente circular de la superficie de revolución de la segunda distensión 308 puede definirse mediante un ángulo agudo de aproximadamente 10 grados, pero se entiende que pueden utilizarse otros ángulos. Además, un radio del arco sustancialmente circular de la superficie de revolución de la segunda distensión 308 es aproximadamente 40 veces mayor que un radio de la primera parte de extremo 302 y la segunda parte de extremo 310, pero se entiende que pueden utilizarse otras proporciones. Un grosor de pared de la segunda distensión 308 no es constante debido al proceso de hidroformado utilizado para formar el tercer tubo de árbol de transmisión 300. Un grosor de la segunda distensión 308 en un punto más fino, en un punto medio de la segunda distensión 308, es aproximadamente el 90 % de un grosor de la primera parte de extremo 302 y la segunda parte de extremo 310, pero se entiende que pueden utilizarse otras proporciones. La forma de la segunda distensión 308 del tercer tubo de árbol de transmisión 300 puede describirse generalmente como una forma de barril.

El estrangulamiento 306 del tercer tubo de árbol de transmisión 300 proporciona un dato terciario 320 (además de la primera parte de extremo 302 y la segunda parte de extremo 310) para dificultar el pandeo de los tubos que puede producirse durante el proceso de hidroformado. Como resultado, el estrangulamiento 306 del tercer tubo de árbol de transmisión 300 reduce una cantidad de descentrado axial que se genera en el tercer tubo de árbol de transmisión 300 durante el proceso de hidroformado. El estrangulamiento 306 del tercer tubo de árbol de transmisión 300 se crea mediante una forma de un troquel de hidroformado. El diámetro del tercer tubo de árbol de transmisión 300 en el estrangulamiento 306 es el mismo diámetro que la primera parte de extremo 302 y la segunda parte de extremo 310, lo que permite que el troquel de hidroformado asegure un centro del tercer tubo de árbol de transmisión 300 con respecto a la primera parte de extremo 302 y la segunda parte de extremo 310 durante el proceso de hidroformado.

El tercer tubo de árbol de transmisión 300 aumenta una velocidad crítica o un primer modo de flexión del árbol de transmisión que tiene una primera longitud en una media de aproximadamente 22 % al compararse con los tubos rectos utilizados como control, teniendo los tubos rectos un diámetro exterior sustancialmente igual al diámetro de las partes de extremo 302, 310. El tercer tubo de árbol de transmisión 300 también aumenta una velocidad crítica o un primer modo de flexión del árbol de transmisión que tiene una segunda longitud en una media de aproximadamente 20 % al compararse con los tubos rectos utilizados como control, teniendo los tubos rectos un diámetro exterior sustancialmente igual al diámetro de las partes de extremo 302, 310. La velocidad crítica del tercer tubo de árbol de transmisión 300 depende en gran medida del diámetro medio de los tubos de manera que, con ajustes a la forma del conformado y porcentaje de tubos rectos que forman el tercer tubo de árbol de transmisión 300, puede ajustarse este aumento en la velocidad crítica.

También se ha descubierto mediante la experimentación que una frecuencia de modo de respiración del tercer tubo de árbol de transmisión 300 aumenta notablemente al compararse con los tubos rectos utilizados como control, teniendo los tubos rectos un diámetro exterior sustancialmente igual a un diámetro más grande de las distensiones 304, 308. El tercer tubo de árbol de transmisión 300 que tiene una primera longitud ofrece un aumento con respecto a los tubos rectos utilizados como control de aproximadamente el 105 %. El tercer tubo de árbol de transmisión 300 que tiene una segunda longitud ofrece un aumento con respecto a los tubos rectos utilizados como control de aproximadamente el 112 %.

La Figura 4 es una tabla que incluye datos experimentales recogidos de tubos rectos utilizados como control, el

primer tubo de árbol de transmisión 100, el segundo tubo de árbol de transmisión 200, y el tercer tubo de árbol de transmisión 300. Los resultados mencionados se muestran y están basados en los datos experimentales mostrados en la Figura 4.

- 5 La Figura 5 es un gráfico de barras que compara la velocidad crítica mediante una longitud y una forma de tubos rectos utilizados como control (en tres casos), el primer tubo de árbol de transmisión 100, el segundo tubo de árbol de transmisión 200, y el tercer tubo de árbol de transmisión 300. El gráfico de barras muestra los datos experimentales que aparecen en la Figura 4.
- 10 La Figura 6 es un gráfico de barras que compara el modo de respiración mediante una longitud y una forma de tubos rectos utilizados como control (en tres casos), el primer tubo de árbol de transmisión 100, el segundo tubo de árbol de transmisión 200, y el tercer tubo de árbol de transmisión 300. El gráfico de barras muestra los datos experimentales que aparecen en la Figura 4.
- 15 Como puede apreciarse a partir de las Figuras 4-6, el tubo de árbol de transmisión 100, 200, 300 tiene una velocidad crítica aumentada al compararse con los tubos rectos utilizados como control, teniendo los tubos rectos un diámetro exterior sustancialmente igual al diámetro de las partes de extremo 102, 106, 202, 214, 302, 310. Dicha ventaja permite que el conjunto de árbol de transmisión que incluye el tubo de árbol de transmisión 100, 200, 300 tenga características de velocidad crítica de un tubo de árbol de transmisión con un diámetro mayor que un árbol de
- 20 transmisión formado a partir de tubos rectos con un diámetro exterior sustancialmente igual al diámetro de las partes de extremo 102,106, 202, 214, 302, 310. El conjunto de árbol de transmisión que incluye el tubo de árbol de transmisión 100, 200, 300 es compatible con empalmes de extremo de árbol de transmisión con un diámetro reducido, lo que reduce enormemente un coste del conjunto de árbol de transmisión que incluye el tubo de árbol de transmisión 100, 200, 300.
- 25 Como puede observarse a partir de las Figuras 4-6, el tubo de árbol de transmisión 100, 200, 300 tiene una frecuencia de modo de respiración aumentada al compararse con los tubos rectos utilizados como control, teniendo los tubos rectos un diámetro exterior sustancialmente igual a un diámetro más grande de la parte media 104, 208 o las distensiones 304, 308. Dicha ventaja permite que el conjunto de árbol de transmisión que incluye el tubo de árbol de transmisión 100, 200, 300 tenga características de frecuencia de modo de respiración de un tubo de árbol de transmisión con un diámetro reducido, mientras que se siguen obteniendo las ventajas de velocidad crítica de un
- 30 tubo de árbol de transmisión con un diámetro aumentado.

REIVINDICACIONES

1. Un tubo de árbol de transmisión hidroformado (200), que comprende:

5 una primera parte de extremo (202) que tiene una forma sustancialmente cilíndrica;
 una segunda parte de extremo (214) que tiene una forma sustancialmente cilíndrica;
 una primera parte de transición (204), una segunda parte de transición (212) y
 una parte media (208), teniendo al menos una parte de la parte media (208) un diámetro mayor que un diámetro
 10 de la primera parte de extremo (202) y la segunda parte de extremo (208);

y **caracterizado por:**

15 una primera parte de estrangulamiento (206) y una segunda parte de estrangulamiento (210), estando formada la
 parte media (208) entre la primera parte de estrangulamiento (206) y la segunda parte de estrangulamiento (210)
 y estando al menos parcialmente definida por una superficie con forma de arco circular de la superficie de
 revolución en forma de arco circular correspondiente en forma a la primera parte de transición (204), la parte
 media (208) y la segunda parte de transición (212) y formándose haciendo girar un arco sustancialmente circular
 20 alrededor de un eje de la primera parte de extremo (204) y la segunda parte de extremo (214), teniendo al menos
 una parte de la parte media (208) un diámetro mayor que un diámetro de la primera parte de extremo (202) y
 teniendo la segunda parte de extremo (214), la primera parte de transición (204), la parte media (208) y la
 segunda parte de transición (212) una primera concavidad;
 la primera parte de transición (204) que está formada entre la primera parte de extremo (202) y la primera parte
 de estrangulamiento (206);
 25 la primera parte de estrangulamiento (206) que está definida por una superficie de revolución en forma de arco
 circular formada haciendo girar un arco sustancialmente circular alrededor de un eje de la primera parte de
 extremo (202) y la segunda parte de extremo (214), y teniendo la primera parte de estrangulamiento (206) una
 segunda concavidad, teniendo la primera parte de estrangulamiento (206) un diámetro mayor que el diámetro de
 la primera parte de extremo (202);
 30 la segunda parte de estrangulamiento (210) que está definida por una superficie de revolución en forma de arco
 circular formada haciendo girar un arco sustancialmente circular alrededor de un eje de la primera parte de
 extremo (202) y la segunda parte de extremo (214), y teniendo la segunda parte de estrangulamiento (210) la
 segunda concavidad, teniendo el segundo estrangulamiento (210) un diámetro mayor que el diámetro de la
 segunda parte de extremo (214);
 35 la segunda parte de transición (212) que está formada entre la segunda parte de extremo (214) y la segunda
 parte de estrangulamiento (210);
 en donde la primera concavidad está frente a una concavidad de la segunda concavidad, la primera parte de
 estrangulamiento (206) y la segunda parte de estrangulamiento (210) proporcionan cada una un dato para
 dificultar el pandeo de los tubos que puede producirse durante un proceso de hidroformado utilizado para formar
 40 el tubo de árbol de transmisión hidroformado (200) y la parte media afecta a una velocidad crítica y una
 frecuencia de modo de respiración del tubo de árbol de transmisión hidroformado (200).

2. El tubo de árbol de transmisión hidroformado (200) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la superficie de
 45 revolución en forma de arco circular correspondiente en forma a la primera parte de transición (204), la parte media
 (208) y la segunda parte de transición (212) tienen un radio aproximadamente 150 veces mayor que un radio de la
 primera parte de extremo (202) y la segunda parte de extremo (214).

3. Un tubo de árbol de transmisión hidroformado (300), que comprende:

50 una primera parte de extremo (302) que tiene una forma sustancialmente cilíndrica;
 una segunda parte de extremo (310) que tiene una forma sustancialmente cilíndrica;
 una parte media en donde al menos una parte de la parte media tiene un diámetro mayor que un diámetro de la
 primera parte de extremo y la segunda parte de extremo, comprendiendo la parte media una primera distensión,
 un estrangulamiento y una segunda distensión; en donde la parte media está formada entre la primera parte de
 55 extremo y la segunda parte de extremo;

y **caracterizado por**

60 la primera distensión (304) que está definida por una superficie de revolución en forma de arco circular formada
 haciendo girar un arco sustancialmente circular alrededor de un eje de la primera parte de extremo (302) y la
 segunda parte de extremo (310), en donde un grosor de pared de la primera distensión (304) no es constante debido
 al proceso de hidroformado utilizado para formar el tubo de árbol de transmisión (300);
 la segunda distensión (308) que está definida por una superficie de revolución en forma de arco circular formada
 haciendo girar un arco sustancialmente circular alrededor de un eje de la primera parte de extremo (302) y la
 segunda parte de extremo (310), en donde un grosor de pared de la segunda distensión (304) no es constante
 debido al proceso de hidroformado utilizado para formar el tubo de árbol de transmisión (300);
 65 el estrangulamiento (306) que está definido por una superficie de revolución en forma de arco sustancialmente
 circular formado haciendo girar un arco sustancialmente circular alrededor de un eje de la primera parte de extremo

(302) y la segunda parte de extremo (310), el estrangulamiento (306) formado entre la primera distensión (304) y la segunda distensión (308), teniendo el estrangulamiento (306) una concavidad frente a una concavidad de la primera distensión (304) y la segunda distensión (308);

5 una primera transición tangencial (312) que está formada entre la primera parte de extremo (302) y la primera distensión (304);

una segunda transición tangencial (314) que está formada entre la segunda parte de extremo (310) y la segunda distensión (308);

una tercera transición tangencial (316) que está formada entre el estrangulamiento (306) y la primera distensión (304); and

10 una cuarta transición tangencial (318) que está formada entre el estrangulamiento (306) y la segunda distensión (308);

en donde el estrangulamiento (306) proporciona un dato para dificultar el pandeo de los tubos que puede producirse durante un proceso de hidroformado utilizado para formar el tubo de árbol de transmisión hidroformado (300) y la parte media afecta a una velocidad crítica y una frecuencia de modo de respiración del tubo de árbol de transmisión hidroformado (200).

15
4. El tubo de árbol de transmisión hidroformado (300) de acuerdo con la reivindicación 3, en donde al menos una de las superficies de revolución en forma de arco circular que forman la primera distensión (304) y la segunda distensión (308) tienen un radio aproximadamente 40 veces mayor que un radio de la primera parte de extremo (302) y la segunda parte de extremo (310).
20

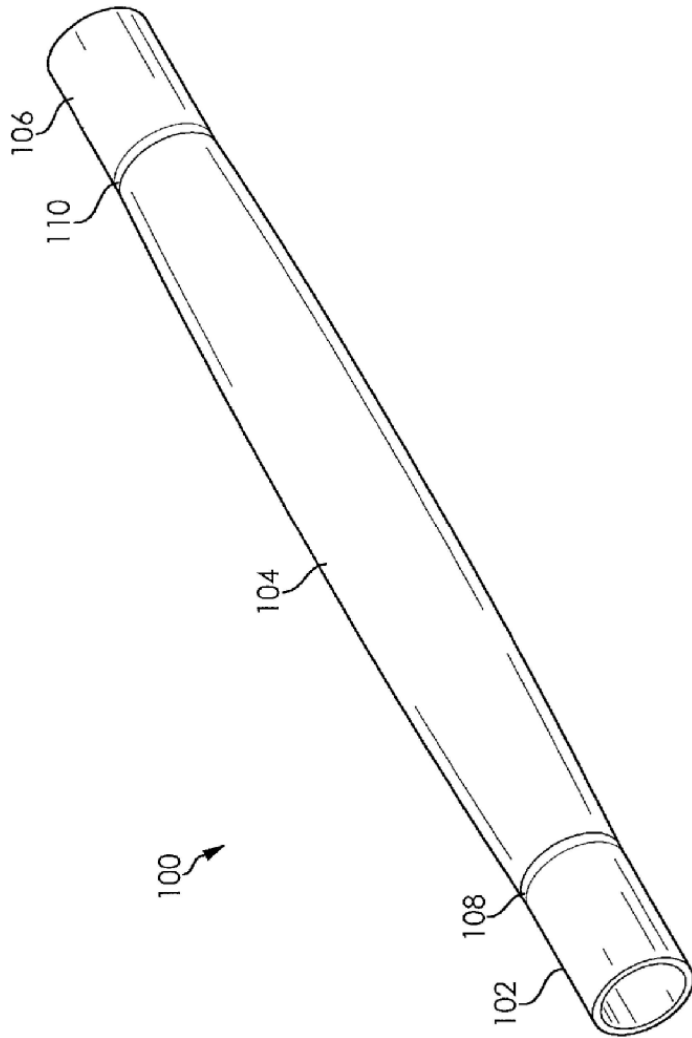


FIG. 1A

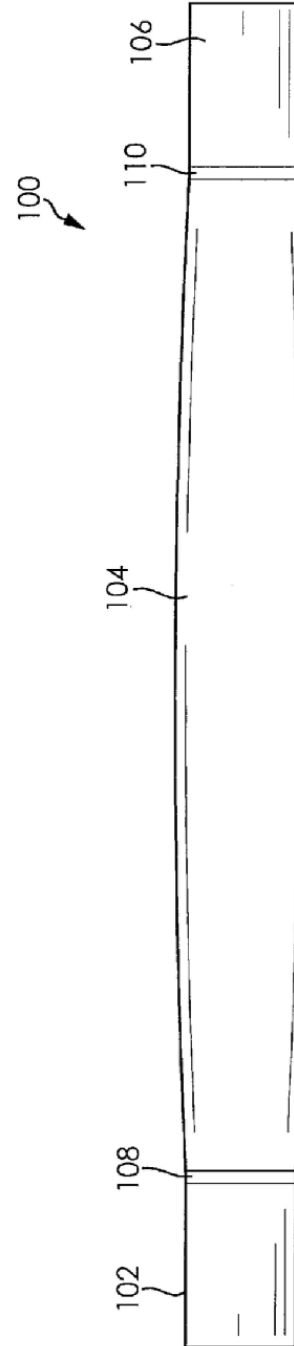


FIG. 1B

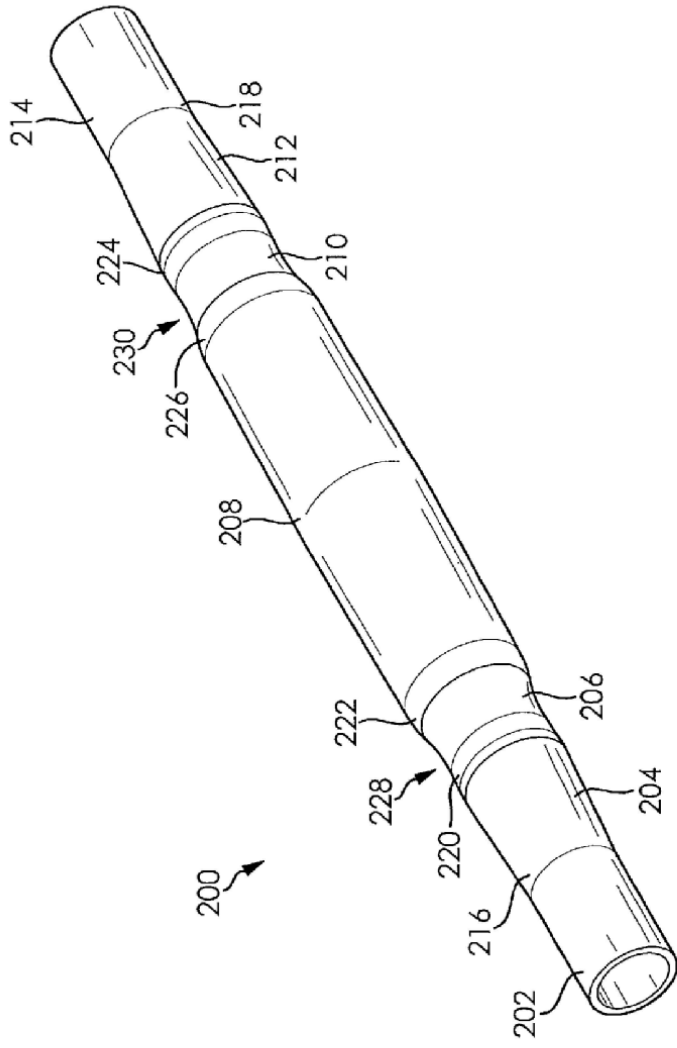


FIG. 2A

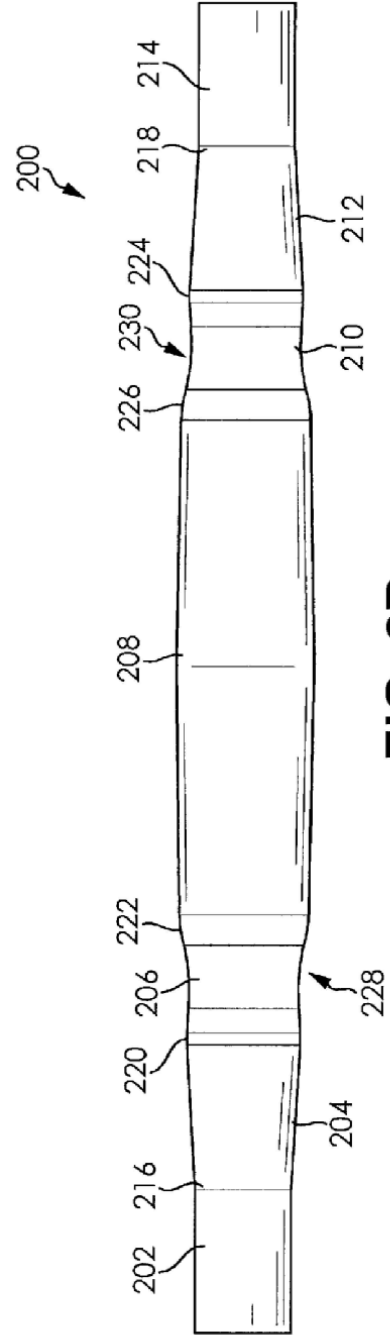
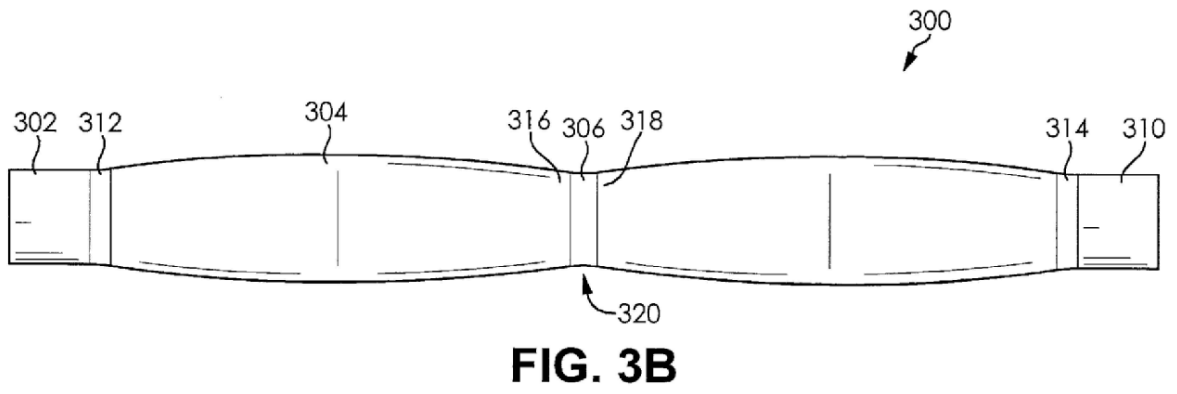
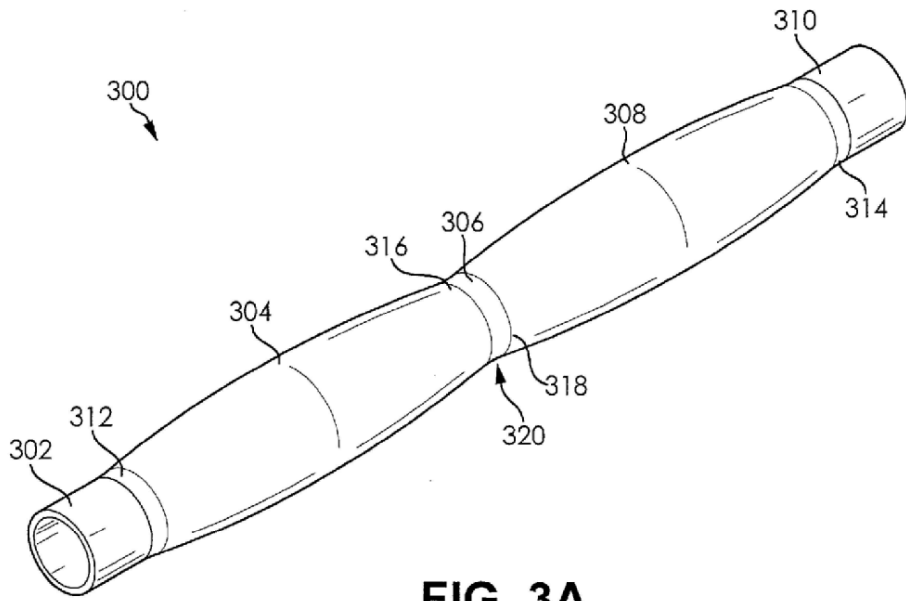


FIG. 2B



	Velocidad crítica (Hz)	Frecuencia de modo de respiración (Hz)	Cambio porcentual en la velocidad crítica con respecto a los tubos rectos (diámetro de extremo 102, 106, 202, 214, 302,310)	Cambio porcentual en la frecuencia de modo de respiración con respecto a los tubos rectos (mayor diámetro de la parte media 104, 208, o distensión 304, 308)
Longitud de tubos 1				
Tubos rectos (diámetro de parte de extremo 202,214)	70	1380	Control	N/D
Segundo tubo de árbol de transmisión 200	90	490	28,6%	51,7%
Tubos rectos (mayor diámetro de parte media 208)	106	323	N/D	Control
Longitud de tubos 2				
Tubos rectos (diámetro de parte de extremo 102,106,302,310)	111	1083	Control	N/D
Tercer tubo de árbol de transmisión 300	136	680	22,3 %	105,4 %
Primer tubo de árbol de transmisión 100	140	553	25,9 %	67,1 %
Tubos rectos (mayor diámetro de parte media 104 o distensión 304,308)	150	331	N/D	Control
Longitud de tubos 3				
Tubos rectos (diámetro de parte de extremo 102,106,302,310)	63	1081	Control	N/D
Tercer tubo de árbol de transmisión 300	75	680	19,9 %	111,8 %
Primer tubo de árbol de transmisión 100	77	553	23,1 %	72,3 %
Tubos rectos (mayor diámetro de parte media 104 o distensión 304,308)	85	321	N/D	Control

FIG. 4

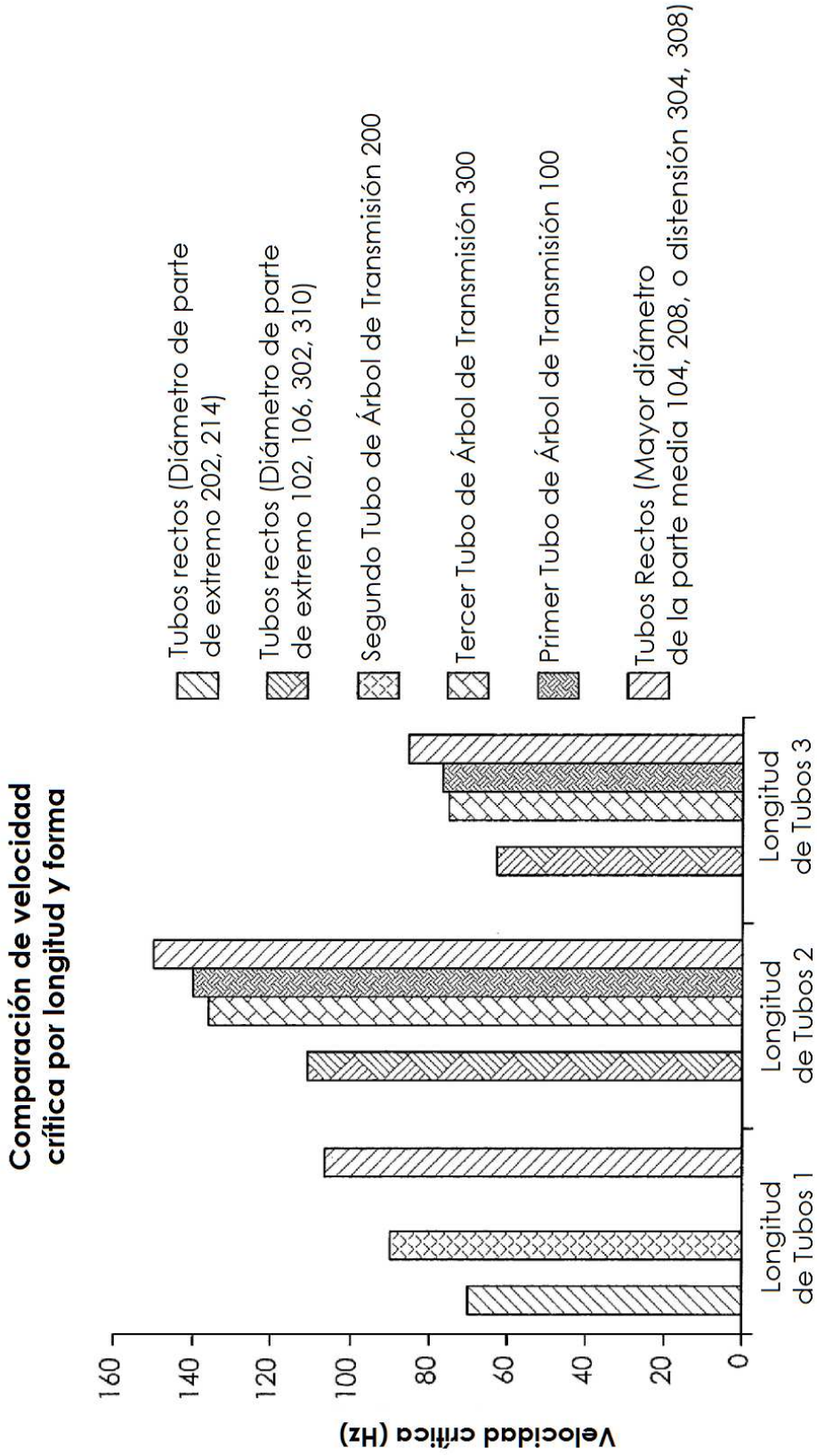


FIG. 5

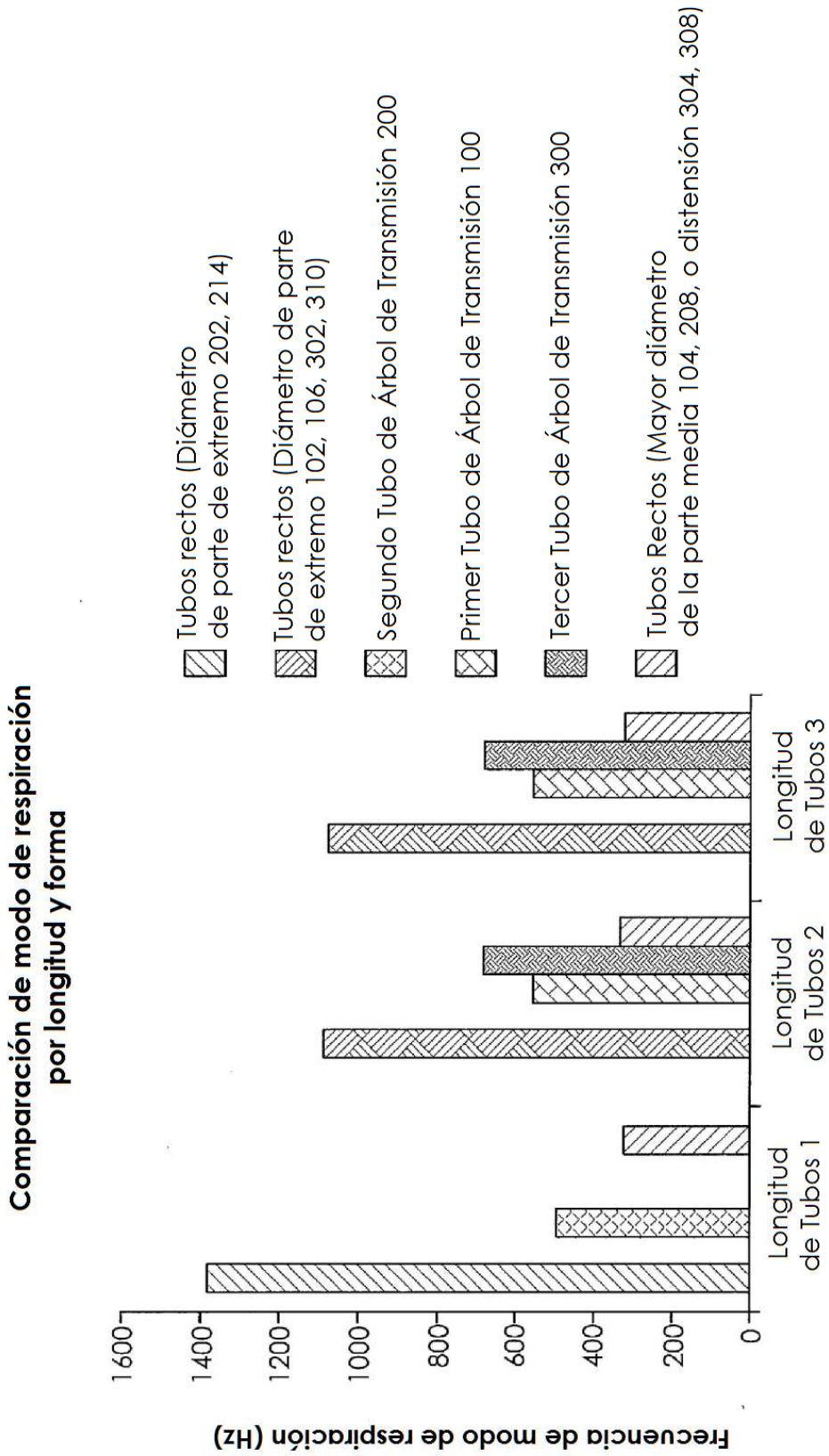


FIG. 6