

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 564 543**

51 Int. Cl.:

G01M 17/04 (2006.01)

G01M 17/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.03.2012** **E 12726178 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.01.2016** **EP 2689229**

54 Título: **Método de determinar el esfuerzo que se deberá aplicar a un neumático durante una prueba de resistencia de alta eficiencia en interiores**

30 Prioridad:

25.03.2011 IT TO20110262

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

23.03.2016

73 Titular/es:

BRIDGESTONE CORPORATION (100.0%)
1-1, Kyobashi 3-chome, Chuo-ku
Tokyo 104-8340, JP

72 Inventor/es:

GIUSTINIANO, MATTIA

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 564 543 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

Método de determinar el esfuerzo que se deberá aplicar a un neumático durante una prueba de resistencia de alta eficiencia en interiores

5

Campo técnico

La presente invención se refiere a un método de determinar el esfuerzo que se deberá aplicar a un neumático durante una prueba de resistencia en banco en interiores.

10

Técnica anterior

Varias pruebas se realizan en interiores usando un banco de pruebas porque una prueba en banco tiene costos muy bajos (no hay que usar un vehículo real y un conductor) y ofrece una repetibilidad sumamente alta (el esfuerzo aplicado al neumático y las condiciones límite, como la temperatura y las características de la superficie de la carretera son conocidos y se ajustan fácilmente). El banco de pruebas permite aplicar una amplia variedad de esfuerzos a un neumático, pero para hacer una prueba en banco lo más realista posible (es decir, lo más similar posible a lo que sucede en la carretera) y de hacer una prueba en banco en interiores comparable a una prueba en exteriores en carreteras públicas, hay que conocer exactamente los esfuerzos a los que se somete un neumático durante el uso en carretera con el fin de reproducirlos en el banco de pruebas. Para ello, se realizan pruebas exteriores en carreteras públicas usando un vehículo equipado con una unidad medidora que mide y registra las fuerzas que actúan en los neumáticos; al final de una prueba en exteriores de este tipo, la unidad de medición ha registrado el desarrollo en el tiempo de las fuerzas que actuaron en los neumáticos y este desarrollo en el tiempo es suministrado a los accionadores de banco de modo que pueda ser reproducido fielmente durante las pruebas en banco en interiores. Tales métodos son conocidos por las solicitudes de patente US 2005/0066719 A1 y EP 2 246 686 A1.

15

20

25

Para reducir la duración general de las pruebas en exteriores (que se planifican de manera que duren un número de horas y cubran varios cientos de kilómetros) y para asegurar que la prueba en exteriores se realice en condiciones repetibles (obviamente, en la medida de lo posible en carreteras abiertas al público), el vehículo siempre deberá circular a la velocidad máxima permitida por el código de circulación durante la prueba en exteriores. Sin embargo, la velocidad máxima permitida por el código de circulación en carreteras públicas es, en cualquier caso, relativamente baja (por lo general entre 50 km/h y 90 km/h). En consecuencia, la velocidad media general de la prueba es bastante baja (normalmente muy por debajo del rendimiento nominal alcanzable con un banco de pruebas moderno) y por lo tanto la prueba en interiores que reproduzca fielmente la prueba en exteriores ofrece una eficiencia modesta (o más bien, el banco de pruebas está infrutilizado, permaneciendo alejado de sus niveles de rendimiento nominales).

30

35

Descripción de la invención

El objeto de la presente invención es proporcionar un método para determinar el esfuerzo que se deberá aplicar a un neumático durante una prueba de resistencia en banco en interiores, careciendo este método de los inconvenientes antes descritos y siendo, en particular, de implementación fácil y barata.

40

Según la presente invención se facilita un método para determinar el esfuerzo que se deberá aplicar a un neumático durante una prueba de resistencia en banco en interiores, como el definido en las reivindicaciones anexas.

45

Breve descripción de los dibujos

La presente invención se describirá ahora con referencia a los dibujos adjuntos, que ilustran una realización no limitativa, donde:

50

La figura 1 representa esquemáticamente un vehículo equipado con una unidad medidora para medir las cantidades físicas necesarias para estimar posteriormente las fuerzas que actúan en los neumáticos.

55

La figura 2 representa esquemáticamente una sección de una ruta de carretera muestra seguido por el vehículo de la figura 1.

Y la figura 3 representa esquemáticamente un banco de pruebas que somete a un neumático a una prueba de resistencia en interiores.

60

Y la figura 4 es un diagrama que representa esquemáticamente algunas de las transformaciones matemáticas que se realizan durante un proceso de optimización que incrementa la eficiencia general de la prueba en banco en interiores.

65

Realizaciones preferidas de la invención

ES 2 564 543 T3

En la figura 1, el número de referencia 1 indica, en su totalidad, un vehículo equipado con cuatro neumáticos 2.

5 El vehículo 1 está equipado con una unidad medidora 3 para medir las cantidades físicas necesarias para estimar posteriormente las fuerzas que actúan en los neumáticos 2. Gracias a la información registrada por la unidad de medición 3, es posible determinar el esfuerzo (fuerzas) que se deberá aplicar a un neumático durante una prueba de resistencia en banco en interiores para simular con alta exactitud una prueba de resistencia en exteriores similar realizada en carreteras abiertas al tráfico de vehículos. En otros términos, procesando la información registrada por la unidad de medición 3, como se describe más adelante, es posible determinar el desarrollo en el tiempo del esfuerzo (fuerzas) que se deberá aplicar a un neumático durante una prueba de resistencia en banco en interiores para someter el neumático al mismo desgaste que el que tendría lugar en una prueba de resistencia en exteriores similar realizada en carreteras abiertas al tráfico de vehículos.

10 La unidad de medición 3 incluye un dispositivo de posicionamiento por satélite 4, que mide la velocidad longitudinal V_x de movimiento hacia delante del vehículo 1 y la posición P del vehículo 1 en tiempo real usando el estándar GPS. La posición P del vehículo 1 se define por tres coordenadas X, Y, Z de un sistema de referencia tridimensional que tiene tres ejes mutuamente perpendiculares; las coordenadas X e Y corresponden a latitud y longitud y definen un plano, mientras que la coordenada Z proporciona una altitud con respecto a un plano de referencia (típicamente el nivel del mar).

15 Además, la unidad de medición 3 incluye una cámara 5 que está dispuesta dentro del vehículo para capturar la carretera delante del vehículo 1 (por ejemplo, la cámara 5 podría estar colocada mirando al parabrisas del vehículo 1).

20 Por último, la unidad de medición 3 incluye un dispositivo de almacenamiento masivo 6 (que consta de un disco duro y/o memoria RAM) capaz de almacenar los datos suministrados por el dispositivo de posicionamiento por satélite 4 y la cámara 5, y un dispositivo de procesamiento 7 que está constituido típicamente por un ordenador personal, que podría integrar internamente el dispositivo de almacenamiento 6.

25 Ahora se describirá el método usado para determinar el esfuerzo (fuerzas) que se deberá aplicar a un neumático durante una prueba de resistencia en banco en interiores para simular con alta exactitud una prueba de resistencia en exteriores similar realizada en carreteras abiertas al tráfico de vehículos.

30 El vehículo 1 equipado con la unidad de medición 3 se usa para llevar a cabo las pruebas en exteriores que se desea simular en interiores y en consecuencia se conduce a lo largo de una ruta de carretera muestra donde prueba se lleva a cabo en exteriores en carreteras abiertas al tráfico de vehículos.

35 La masa M del vehículo 1 se determina de antemano, es decir, antes de comenzar la prueba en carretera; según una realización posible, la masa M del vehículo 1 puede ser actualizada progresivamente (es decir, reducida) para tomar en cuenta la reducción debida a consumo de combustible (que es fácil de estimar a partir de la información suministrada por una unidad electrónica de control de motor).

40 Mientras el vehículo 1 se está moviendo, el dispositivo de posicionamiento por satélite 4 proporciona, en tiempo real y con una frecuencia de muestreo relativamente alta (típicamente, al menos varios Hz), la posición P del vehículo 1 a lo largo de la ruta de carretera muestra, constituida por el conjunto de coordenadas X, Y, Z, y la velocidad longitudinal V_x de movimiento hacia delante del vehículo 1; estos datos se almacenan cíclicamente en el dispositivo de almacenamiento 6 con una frecuencia de almacenamiento que en general es igual a la frecuencia de muestreo del dispositivo de posicionamiento por satélite 4 y se sincroniza con la frecuencia de muestreo del dispositivo de posicionamiento por satélite 4.

45 Además, mientras el vehículo 1 se está moviendo, la cámara 5 proporciona imágenes de la carretera delante del vehículo 1 en tiempo real; al menos una parte de estas imágenes se almacena cíclicamente en el dispositivo de almacenamiento 6 con una frecuencia de almacenamiento que en general es igual a la frecuencia de muestreo del dispositivo de posicionamiento por satélite 4 y se sincroniza con la frecuencia de muestreo del dispositivo de posicionamiento por satélite 4 (de esta forma, cada imagen almacenada está asociada con la posición correspondiente P del vehículo 1 al tiempo en que se tomó la imagen).

50 Una vez finalizada la prueba en exteriores (o más bien una vez finalizado el viaje a lo largo de la ruta de carretera muestra), la información almacenada por la unidad de medición 3 mientras se mueve a lo largo de la ruta de carretera muestra es procesada para determinar el esfuerzo (fuerzas) que se deberá aplicar a un neumático durante una prueba de resistencia en banco en interiores para simular la prueba de resistencia en exteriores con alta exactitud.

55 Según una realización preferida, se aplican filtros de media móvil a las mediciones suministradas por el dispositivo de posicionamiento por satélite 4 (en particular, a la velocidad longitudinal V_x de movimiento hacia delante del vehículo 1) para eliminar cualquier ruido de alta frecuencia (muy molesto, especialmente en una diferenciación

temporal).

Usando los datos de velocidad longitudinal V_x de movimiento hacia delante del vehículo 1, el dispositivo de procesado 7 calcula una aceleración longitudinal A_x del vehículo 1 determinando la tasa de cambio (primera derivada de tiempo) de la velocidad longitudinal V_x de movimiento hacia delante del vehículo 1.

Además, usando los datos de posición P del vehículo 1 almacenados en el dispositivo de almacenamiento 6, el dispositivo de procesado 7 determina una trayectoria T del vehículo 1 en el plano definido por las dos coordenadas X e Y (correspondientes a latitud y longitud); en otros términos, la trayectoria T del vehículo 1 viene dada por la evolución de la posición P del vehículo 1 en el plano definido por las coordenadas X e Y. Sucesivamente, el dispositivo de procesado 7 calcula un radio (R) de curvatura de la trayectoria T del vehículo 1 a través de cálculos geométricos simples y a continuación calcula una aceleración lateral A_y del vehículo 1 en base a la velocidad longitudinal V_x de movimiento hacia delante (corregida como se ha descrito previamente) y el radio (R) de curvatura de la trayectoria T a través de una operación matemática simple descrita por la ecuación siguiente:

$$A_y = V_x^2 / R$$

El dispositivo de procesado 7 calcula una fuerza inercial longitudinal FI_x que actúa en el vehículo 1 multiplicando la masa M del vehículo 1 por la aceleración longitudinal A_x del vehículo 1 y calcula una fuerza inercial lateral FI_y que actúa en el vehículo 1 multiplicando la masa M del vehículo 1 por la aceleración longitudinal A_x del vehículo 1 como describen las ecuaciones siguientes:

$$FI_x = M * A_x$$

$$FI_y = M * A_y$$

Según una realización preferida, el dispositivo de procesado 7 determina una altitud del vehículo 1 en base a la tercera coordenada Z, determina el gradiente de la carretera en la que circula el vehículo 1 en base a la evolución de la altitud del vehículo 1 a través de cálculos geométricos simples y, por último, determina una fuerza gravitacional FG que actúa en el vehículo 1 en base al gradiente de la carretera en la que circula el vehículo 1 a través de cálculos geométricos simples. En otros términos, la fuerza gravitacional FG que actúa en el vehículo 1 se calcula multiplicando la fuerza de peso general que actúa en el vehículo 1 (igual a masa M multiplicada por aceleración gravitacional G) por el seno del ángulo de gradiente de la carretera en la que circula el vehículo 1.

Según una realización preferida, el dispositivo de procesado 7 también determina una fuerza aerodinámica FA que actúa en el vehículo 1 en función de la velocidad longitudinal V_x de movimiento hacia delante del vehículo 1; la fuerza aerodinámica FA puede ser calculada usando una ecuación determinada teóricamente que tiene parámetros determinados experimentalmente, o puede ser calculada usando una tabla determinada experimentalmente (usando típicamente interpolación entre los puntos de la tabla).

Finalmente, el dispositivo de procesado 7 determina la fuerza longitudinal general F_x que actúa en el vehículo 1 sumando algebraicamente (es decir, teniendo en cuenta los signos positivos y negativos) la fuerza inercial longitudinal FI_x (que tiene un signo negativo o positivo correspondiente a una deceleración o una aceleración), la fuerza gravitacional FG (que tiene un signo positivo o negativo correspondiente a una bajada o una subida) y la fuerza aerodinámica FA (que siempre tiene un signo negativo), como describe la ecuación siguiente:

$$F_x = FI_x + FG + FA$$

En cambio, la fuerza lateral general F_y que actúa en el vehículo 1 se supone que es igual a la fuerza inercial lateral FI_y , es decir, no se contemplan contribuciones distintas de la fuerza inercial lateral FI_y .

Las fuerzas generales F_x y F_y que actúan en el vehículo 1 se dividen entre los neumáticos 2, es decir, una cuota parcial de las fuerzas generales F_x y F_y que actúan en el vehículo 1 se determina para cada neumático 2, en base a las características geométricas del vehículo 1 (es decir, la distribución de masas en el vehículo 1) y los tipos de suspensión del vehículo 1.

Al final de las operaciones antes descritas se ha calculado la evolución en el tiempo de la velocidad longitudinal V_x , la evolución en el tiempo de la fuerza longitudinal F_x y la evolución en el tiempo de la fuerza lateral F_y ; estas evoluciones en el tiempo pueden ser usadas directamente para hacer que los accionadores del banco de pruebas simulen la prueba de resistencia en exteriores con alta exactitud.

5 Según la presente invención, la evolución en el tiempo de la velocidad longitudinal V_x , la evolución en el tiempo de la fuerza longitudinal F_x y la evolución en el tiempo de la fuerza lateral F_y se someten a un proceso de optimización con el fin de aumentar la eficiencia general de la prueba en banco en interiores, manteniendo al mismo tiempo una simulación de alta exactitud con respecto a la prueba de resistencia en exteriores.

10 El proceso de optimización transforma la velocidad longitudinal V_x y las fuerzas F_x y F_y del dominio de tiempo t (es decir, funciones de tiempo t) al dominio de espacio s (es decir, funciones de espacio s), obteniendo en consecuencia la velocidad longitudinal V_x y las fuerzas F_x y F_y . Dado que la velocidad longitudinal V_x es conocida, esta transformación es simple y rápida, puesto que la relación existente entre espacio s y tiempo (es decir, $ds = dv \cdot dt$) se determina inmediatamente:

$$s(T) = \int_0^T V_x(t) \cdot dt$$

15 En otros términos, la velocidad longitudinal $V_x(s)$ y las fuerzas $F_x(s)$ y $F_y(s)$ se obtienen a partir de la velocidad longitudinal $V_x(t)$ y las fuerzas $F_x(t)$ y $F_y(t)$.

20 Una vez que la velocidad longitudinal V_x y las fuerzas F_x y F_y son transformadas desde el dominio de tiempo t al dominio de espacio s (es decir, después de pasar de $V_x(t)$, $F_x(t)$ y $F_y(t)$ a $V_x(s)$, $F_x(s)$ y $F_y(s)$), la velocidad longitudinal V_x se dilata aplicando un factor de multiplicación k (mayor que uno) y el espacio s se dilata aplicando un factor de multiplicación k^2 (mayor que uno) que es obviamente más grande que el factor de multiplicación k . En otros términos, tanto la velocidad longitudinal V_x como el espacio s se dilatan (incrementan) por factores de multiplicación correspondientes k y k^2 y el espacio s se dilata más que la velocidad longitudinal V_x . En general, el factor de multiplicación k es de entre 1,2 y 2,5 y así el factor de multiplicación k^2 es de entre 1,44 y 6,25 (correspondiente respectivamente a $1,2^2$ y $2,5^2$). La velocidad longitudinal dilatada (por el factor de multiplicación k) V_x y las fuerzas F_x y F_y en el dominio de espacio s son muestreadas de nuevo con respecto al espacio s dilatado (por el factor de multiplicación k^2).

30 Una vez realizado el remuestreo de la velocidad longitudinal dilatada V_x y las fuerzas F_x y F_y con respecto al espacio dilatado s , la velocidad longitudinal remuestreada V_x y las fuerzas remuestreadas F_x y F_y son retransformadas desde el dominio de espacio s (es decir, funciones de espacio s) al dominio de tiempo t (es decir, funciones de tiempo t). Esta posterior transformación para volver al dominio de tiempo t es necesaria porque los accionadores del banco de pruebas debe ser controlados según el tiempo t . Es importante observar que esta transformación adicional es simple y rápida puesto que la relación entre espacio s y tiempo t la proporciona directamente la velocidad longitudinal V_x , como se ha descrito previamente.

35 En resumen, se realizan las operaciones siguientes:

1.

$$V_x(t), F_x(t), F_y(t) \Rightarrow V_x(s), F_x(s), F_y(s)$$

2.

$$V_x(s), F_x(s), F_y(s) \Rightarrow V_x(s \cdot k^2) \cdot k, F_x(s \cdot k^2), F_y(s \cdot k^2)$$

3.

$$V_x(s \cdot k^2) \cdot k, F_x(s \cdot k^2), F_y(s \cdot k^2) \Rightarrow V_x(t), F_x(t), F_y(t)$$

40 Según una realización más general, una vez que la velocidad longitudinal V_x y las fuerzas F_x y F_y son transformadas desde el dominio de tiempo t al dominio de espacio s , la velocidad longitudinal V_x se dilata aplicando un factor de multiplicación k_v (mayor que uno) y el espacio s se dilata aplicando un factor de multiplicación k_s (mayor que uno) que es mayor que el factor de multiplicación k_v , pero no es necesariamente el cuadrado del factor de multiplicación k_s . En otros términos, tanto la velocidad longitudinal V_x como el espacio s son dilatados (incrementados) por factores de multiplicación correspondientes k_v y k_s y el espacio s se dilata más que la velocidad longitudinal V_x (en cualquier caso, el factor de multiplicación k_s es igual o mayor que el cuadrado del factor de multiplicación k_v). Según una posible realización, el factor de multiplicación k_s depende del factor de multiplicación k_v y, en particular, el factor de multiplicación k_s es una potencia n (con n más grande o igual a 2) del factor de multiplicación k_v (es decir, $k_s = k_v^n$); según otras realizaciones, podría haber una asociación matemática diferente entre los dos factores de multiplicación

k_v y k_s , o podría no haber ninguna asociación matemática entre los dos factores de multiplicación k_v y k_s , a condición de que se respete la condición $k_s > k_v^2$.

5 La figura 4 representa esquemáticamente algunas de las transformaciones matemáticas que se realizan durante el proceso de optimización: los dos gráficos de la izquierda muestran la evolución de la velocidad longitudinal V_x y la fuerza longitudinal F_x como funciones de espacio s (es decir, en el dominio de espacio) mientras que los dos gráficos de la derecha muestran la evolución de la velocidad longitudinal V_x y la fuerza longitudinal F_x como funciones de tiempo t (es decir, en el dominio de tiempo).

10 Para una mejor comprensión del proceso de optimización, a continuación se ofrece un ejemplo numérico simple. Se supone que el vehículo ha circulado a 40 km/h a lo largo de una ruta recta de 10 km de longitud y que el conductor lo dirige alternativamente a la derecha y la izquierda (en sustancia, un slalom o zigzag alrededor de la trayectoria rectilínea) 100 veces (por lo tanto cada 100 metros, o cada 9 segundos) imponiendo energía de desgaste en cada neumático 2 igual a 10.000 Nkm y una densidad de energía de desgaste de 1.000 N (10.000Nkm/10Km); en estas
15 condiciones:

* la duración de la prueba es 15 minutos (10km/40km/h);

20 * la eficiencia es 0,66 km/min (10km/15min);

* la energía de desgaste general recibida por cada neumático 2 es 10.000 NKm;

* la densidad de energía de desgaste es 1.000 N.

25 Si la velocidad se extiende por el factor de multiplicación k_v igual a 1,5 y el espacio se extiende por el factor de multiplicación k_s igual a 2,25 (es decir, $1,5^2$), entonces:

* el conductor debe dirigir el vehículo alternativamente a la derecha y la izquierda cada 225 metros ($100 \cdot 2,25$) o cada 13,5 segundos;

30 * la longitud general es 22,5 Km;

* la duración de la prueba es 22,5 minutos (22,5km/60km/h);

35 * la eficiencia es 1 km/min (22,5km/22,5min);

* la energía de desgaste general recibida por cada neumático 2 es 22.500 NKm (1000N·22,5Km);

* la densidad de energía de desgaste no cambia a 1.000 N.

40 Al comparar las dos situaciones, resulta evidente que la segunda situación es más eficiente (1 km/min contra 0,66 km/min) incluso aunque tenga un nivel de esfuerzo inferior impartido por el conductor (o más bien, por los accionadores del banco de pruebas), puesto que, en lugar de virar cada 9 segundos, el viraje debe ser cada 13,5 segundos.

45 El proceso de optimización antes descrito permite incrementar de forma significativa la eficiencia de prueba; en particular, la principal cantidad usada para evaluar la eficiencia de prueba es la velocidad media (es decir, la relación media entre espacio y tiempo), que se incrementa en una cantidad igual al factor de multiplicación k_v .

50 Además, el proceso de optimización antes descrito tiene un efecto positivo en la rapidez con que se varían los esfuerzos aplicados al neumático bajo prueba (para no superar los límites del banco de pruebas y hacer así la prueba inoperable, es importante que la rapidez con que se varíen los esfuerzos aplicados al neumático bajo prueba no sea demasiado alta). Una cantidad usada para evaluar la rapidez con que se varían los esfuerzos aplicados al neumático bajo prueba es la "tasa de velocidad", que es igual a la aceleración longitudinal (es decir, la primera derivada temporal de la velocidad longitudinal V_x); esta tasa varía en una cantidad igual a la relación entre el cuadrado del factor de multiplicación k_v (k_v^2) y el factor de multiplicación k_s (es decir, en una cantidad igual a k_v^{2-n} cuando $k_s = k_v^n$ y por lo tanto en una cantidad igual a 1 cuando $k_s = k_v^2$). Otra cantidad usada para evaluar la velocidad de los esfuerzos aplicados al neumático bajo prueba es la "tasa de entrada", que es igual a la primera derivada temporal de las fuerzas F_x y F_y ; esta tasa varía en una cantidad igual a la relación entre el factor de multiplicación k_v y el factor de multiplicación k_s (es decir, en una cantidad igual a k_v^{1-n} cuando $k_s = k_v^n$ y por lo tanto en una cantidad igual a k_v^{-1} cuando $k_s = k_v^2$).

65 El proceso de optimización antes descrito se basa en el supuesto (ampliamente verificado, a condición de que la velocidad longitudinal V_x no sea demasiado alta) que el desgaste del neumático depende del número de revoluciones realizadas por el neumático independientemente (o más bien, casi independientemente) de la velocidad a la que el neumático gira. En realidad, la velocidad tiene un impacto mínimo en el desgaste, pero se ha

observado que, en una primera aproximación, el efecto de desgaste debido a cambios de velocidad se puede ignorar (al menos a condición de que la velocidad longitudinal V_x no sea demasiado alta).

5 El método antes descrito para determinar el esfuerzo que se deberá aplicar a un neumático durante una prueba de resistencia en banco en interiores tiene numerosas ventajas.

Ante todo, el método antes descrito es de implementación simple y barata, puesto que se contempla el uso de un solo instrumento de medida (el dispositivo de posicionamiento por satélite 4) que es relativamente barato, fácil de instalar y no requiere ninguna prerregulación.

10 El método antes descrito es sumamente exacto y, ante todo, no queda afectado de ninguna forma por las derivas de tiempo, puesto que el dispositivo de posicionamiento por satélite 4 tiene bajos niveles de ruido, proporciona alta precisión y no queda afectado por las derivas de tiempo (debidas a envejecimiento de componentes o a efectos térmicos) puesto que, a diferencia de un acelerómetro, no tiene elementos sensibles físicamente implicados en la toma de mediciones.

15 El dispositivo de posicionamiento por satélite 4 no queda afectado de ninguna forma por los movimientos de la carrocería del vehículo 1 y por lo tanto las mediciones proporcionadas por el dispositivo de posicionamiento por satélite 4 no quedan influenciadas por los movimientos de la carrocería del vehículo 1 en la suspensión.

20 Gracias a la información proporcionada por el dispositivo de posicionamiento por satélite 4 acerca de la altitud del vehículo 1, también es posible determinar con precisión la fuerza gravitacional FG que actúa en el vehículo 1, en base al gradiente de la carretera en la que circula el vehículo 1.

25 Finalmente, gracias al proceso de optimización antes descrito, es posible aumentar de forma significativa la eficiencia de las pruebas en banco interiores sin tener un efecto negativo en la rapidez con la que se aplica esfuerzo al neumático bajo prueba.

REIVINDICACIONES

1. Un método de determinar el esfuerzo que se deberá aplicar a un neumático durante una prueba de resistencia en banco en interiores, incluyendo el método los pasos de:
- 5 conducir un vehículo (1) a lo largo de una ruta de carretera muestra;
- medir variaciones en la velocidad longitudinal (V_x) y la posición (P) del vehículo (1) cuando avanza a lo largo de la ruta de carretera muestra; y
- 10 calcular las fuerzas inerciales (FI_x , FI_y) que actúan en al menos un neumático (2) del vehículo (1) cuando avanza a lo largo de la ruta de carretera muestra, en base a variaciones en la velocidad longitudinal (V_x) y la posición (P) del vehículo (1);
- 15 **caracterizándose** el método porque incluye los pasos adicionales de:
- transformar las fuerzas inerciales (FI_x , FI_y) y la velocidad longitudinal (V_x) del dominio de tiempo al dominio de espacio;
- 20 expandir la velocidad longitudinal (V_x) en el dominio de espacio aplicando un primer factor de multiplicación (k_v) mayor que uno;
- expandir el espacio aplicando un segundo factor de multiplicación (k_s) mayor que uno e igual o mayor que el primer factor de multiplicación (k_v), y volver a muestrear la velocidad longitudinal expandida (V_x) y las fuerzas inerciales (FI_x , FI_y) con respecto al espacio expandido; y
- 25 volver a transformar la velocidad longitudinal remuestreada (V_x) y las fuerzas inerciales remuestreadas (FI_x , FI_y) del dominio de espacio al dominio de tiempo.
- 30 2. Un método según la reivindicación 1, donde el segundo factor de multiplicación (k_s) depende del primer factor de multiplicación (k_v).
3. Un método según la reivindicación 1 o 2, donde el segundo factor de multiplicación (k_s) es una potencia n del primer factor de multiplicación (k_v) y el exponente n es igual o mayor que 2.
- 35 4. Un método según la reivindicación 1, 2 o 3, donde el segundo factor de multiplicación (k_s) es el cuadrado del primer factor de multiplicación (k_v).
5. Un método según una de las reivindicaciones 1 a 4, donde el primer factor de multiplicación (k_v) es del rango de entre 1,2 y 2,5.
- 40 6. Un método según una de las reivindicaciones 1 a 5, e incluyendo los pasos adicionales de:
- determinar la aceleración longitudinal (A_x) del vehículo (1) calculando la tasa de cambio en la velocidad longitudinal (V_x) de movimiento hacia delante del vehículo (1);
- 45 determinar una trayectoria (T) del vehículo (1) en base a variaciones en la posición (P) del vehículo (1); determinar un radio (R) de curvatura de la trayectoria (T) del vehículo (1);
- 50 calcular la aceleración lateral (A_y) del vehículo (1) en base a la velocidad longitudinal (V_x) de movimiento hacia delante y el radio (R) de curvatura de la trayectoria (T);
- calcular una fuerza inercial longitudinal (FI_x) que actúa en el vehículo (1) multiplicando la masa (M) del vehículo (1) por la aceleración longitudinal (A_x) del vehículo (1); y
- 55 calcular una fuerza inercial lateral (FI_y) que actúa en el vehículo (1) multiplicando la masa (M) del vehículo (1) por la aceleración longitudinal (A_x) del vehículo (1).
- 60 7. Un método según la reivindicación 6, donde la posición (P) del vehículo (1) se define por tres coordenadas (X, Y, Z), y la trayectoria (T) del vehículo (1) se determina en el plano definido por dos coordenadas (X, Y) correspondientes a latitud y longitud.
8. Un método según la reivindicación 7, e incluyendo los pasos adicionales de:
- 65 determinar la altitud del vehículo (1) en base a una tercera coordenada (Z);

ES 2 564 543 T3

determinar el gradiente de la carretera en la que circula el vehículo (1), en base a variaciones en la altitud del vehículo (1);

5 determinar una fuerza gravitacional (FG) que actúa en el vehículo (1) en base al gradiente de la carretera en la que circula el vehículo (1); y

sumar algebraicamente la fuerza gravitacional (FG) y la fuerza inercial longitudinal (F_{I_x}).

10 9. Un método según la reivindicación 6, 7 o 8, e incluyendo los pasos adicionales de:

determinar una fuerza aerodinámica (FA) que actúa en el vehículo (1) en base a la velocidad longitudinal (V_x) de movimiento hacia delante del vehículo (1); y

15 sumar algebraicamente la fuerza aerodinámica (FA) y la fuerza inercial longitudinal (F_{I_x}).

10. Un método según una de las reivindicaciones 6 a 9, donde la velocidad longitudinal (V_x) de movimiento hacia delante y la posición (P) del vehículo (1) son medidas por un dispositivo de posicionamiento por satélite (4).

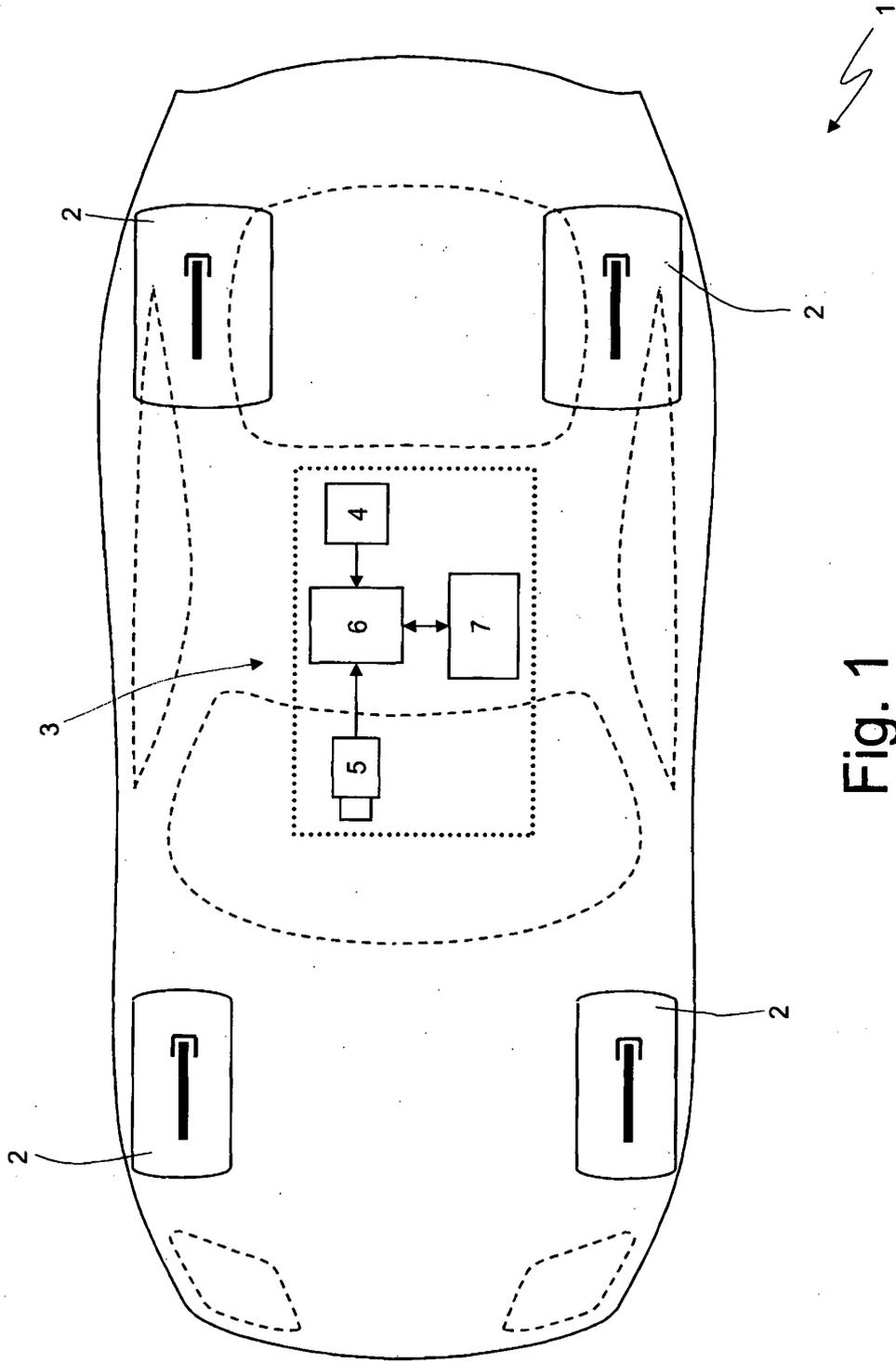


Fig. 1

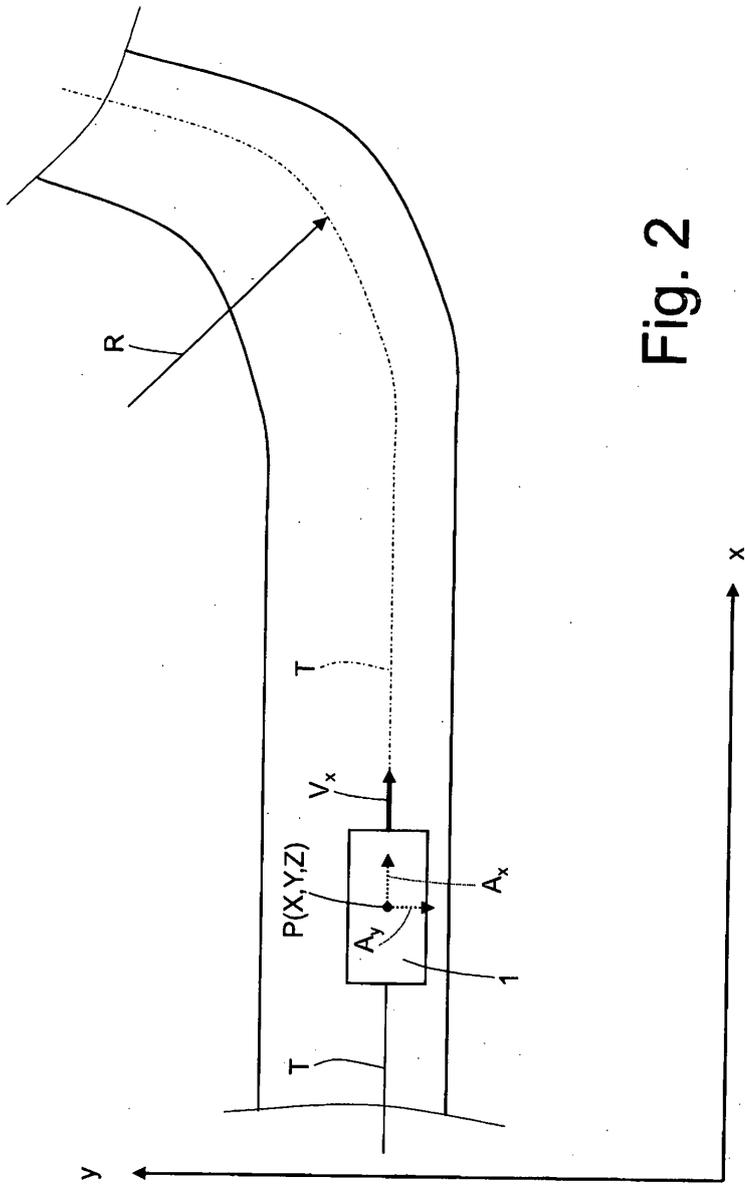


Fig. 2

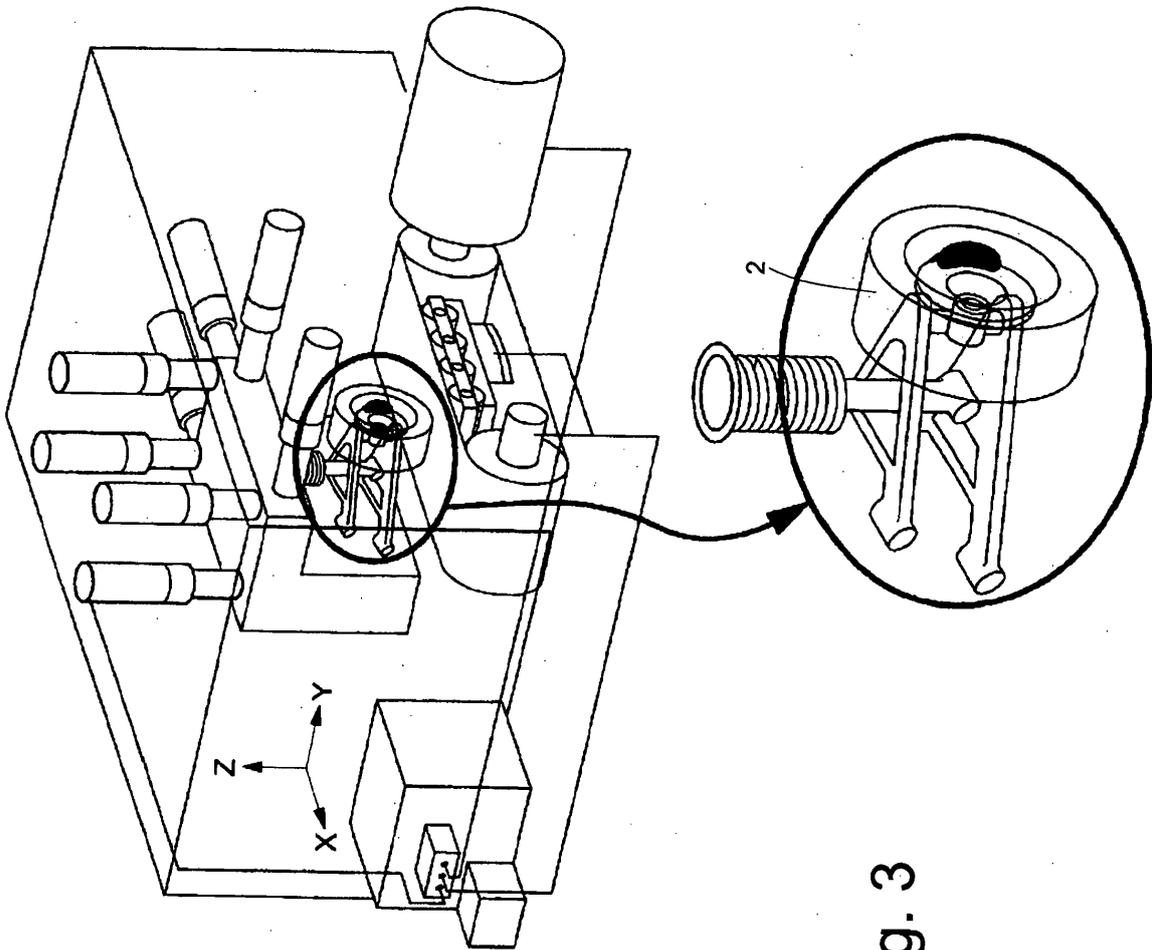


Fig. 3

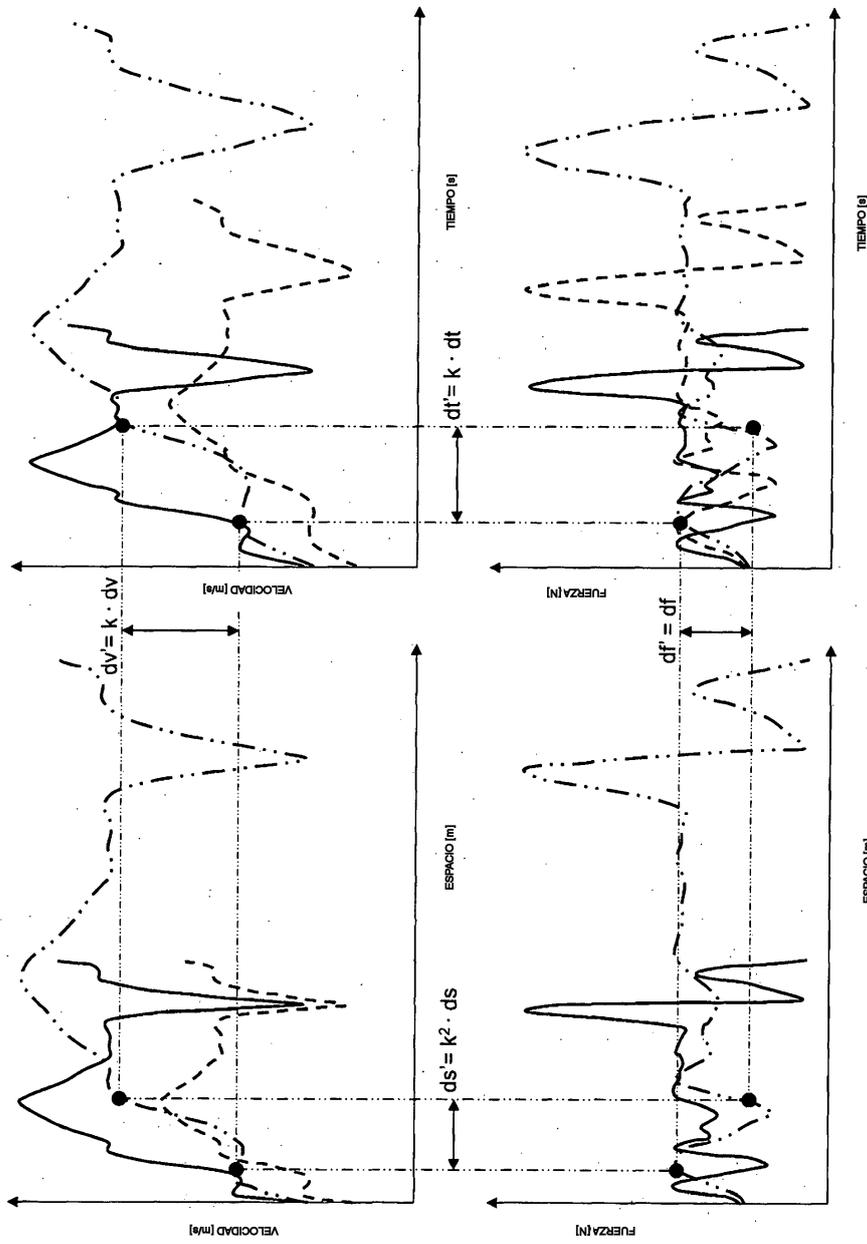


Fig. 4