

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 924 816**

51 Int. Cl.:

B60C 11/24 (2006.01)

B60C 19/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.05.2016** **PCT/EP2016/060625**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.03.2017** **WO17032467**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.05.2016** **E 16721826 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.07.2022** **EP 3341222**

54 Título: **Procedimiento para la determinación de una profundidad de perfil de un perfil de neumático, así como dispositivo de control para la realización del procedimiento**

30 Prioridad:

25.08.2015 DE 102015216212

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

11.10.2022

73 Titular/es:

CONTINENTAL REIFEN DEUTSCHLAND GMBH
(100.0%)

Vahrenwalder Str. 9
30165 Hannover, DE

72 Inventor/es:

CYLLIK, ADRIAN;
HAHN, CARSTEN;
LEHN, MICHAEL;
VOLK, HEINER;
WELSER, JOACHIM;
NEUBER, CORD-CHRISTIAN y
HUYNH, JENNY

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 924 816 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la determinación de una profundidad de perfil de un perfil de neumático, así como dispositivo de control para la realización del procedimiento

- 5 La invención se refiere a un procedimiento para la determinación de una profundidad de perfil de un perfil de neumático, así como a un dispositivo de control para la realización del procedimiento.

Se conoce la posibilidad de disponer en un lado interior de neumático de un neumático de vehículo un módulo sensor de neumático que puede determinar parámetros característicos del neumático de vehículo, por ejemplo, una presión de neumático o una temperatura de neumático, y transmitirlos a un dispositivo de control a través de una señal de radio. Además, un módulo sensor de neumático de este tipo también puede detectar una aceleración, siendo posible determinar especialmente una aceleración radial del lado interior de neumático. A partir de esta aceleración radial, además de un estado de movimiento del neumático de vehículo, también se pueden extraer conclusiones sobre una profundidad de perfil de un perfil de neumático del neumático de vehículo mediante la evaluación del desarrollo de la aceleración radial a lo largo de un período de tiempo o de un perímetro de rodadura recorrido. El inconveniente de los procedimientos de evaluación utilizados hasta ahora consiste en que la determinación de la profundidad de perfil es muy inexacta, especialmente en caso de un neumático de vehículo desgastado, es decir, con una profundidad de perfil reducida.

En el documento EP 2 172 759 A1, por ejemplo, se indica un procedimiento genérico para la determinación de la profundidad de perfil de un perfil de neumático. Los procedimientos de este tipo se conocen además por los documentos JP 2011 168211 A, JP 2007 153034 A y JP 2009 061917 A.

Por este motivo, el objetivo de la invención consiste en proponer un procedimiento para la determinación de una profundidad de perfil de un perfil de neumático, con el que se pueda determinar con una gran precisión y una alta fiabilidad la profundidad de perfil de un neumático de vehículo desgastado. El objetivo de la invención consiste además en poner a disposición un dispositivo de control para la realización del procedimiento.

- 25 Esta tarea se resuelve mediante un procedimiento según la reivindicación 1, así como mediante un dispositivo de control según la reivindicación 18. Las reivindicaciones dependientes indican formas de realización preferidas.

Por consiguiente, la invención prevé deducir un parámetro analítico que caracteriza el desarrollo de una aceleración detectada y asignar al parámetro analítico una profundidad de perfil a través de una curva de calibración, siendo la asignación preferiblemente inequívoca, es decir, la curva de calibración reproduce inequívocamente el parámetro analítico deducido en la profundidad de perfil, de manera que a cada valor del parámetro analítico se le pueda asignar exactamente un valor de la profundidad de perfil. Preferiblemente, también se puede prever una reproducción inequívoca. De este modo ya se obtiene la ventaja de que es posible llevar a cabo una determinación exacta de la profundidad de perfil con preferencia a lo largo de toda la zona, pero especialmente en caso de profundidades de perfil reducidas. Esto se debe a que el desarrollo de la curva de calibración permite asignar con precisión a una profundidad de perfil el parámetro analítico deducido de una medición.

Para la determinación del parámetro analítico se detecta en primer lugar una aceleración de un neumático de vehículo en un punto de medición, midiéndose la aceleración en un lado interior del neumático en una zona opuesta a una banda de rodadura del neumático de vehículo, preferiblemente en un centro de neumático o en un cenit de neumático, de manera que pueda determinarse un cambio en la aceleración del punto de medición causado por una deformación del neumático de vehículo durante el contacto con una calzada. Con esta finalidad puede utilizarse preferiblemente un módulo sensor de neumático dispuesto en el lado interior de neumático o integrado en el lado interior de neumático, de manera que la aceleración del neumático de vehículo pueda detectarse en un punto de medición en o dentro del neumático de vehículo.

En este caso, la aceleración se mide a lo largo de un período de tiempo, de manera que se pueda formar preferiblemente una curva característica a lo largo del tiempo para la determinación del parámetro analítico, deduciéndose de la misma el parámetro analítico a partir de consideraciones analíticas. Alternativamente, la curva característica también puede indicarse a través del perímetro de rodadura recorrido o a través del ángulo recorrido del módulo sensor de neumático o del punto de medición durante una rotación del neumático en un ángulo determinado. No obstante, alternativamente también es posible deducir el parámetro analítico directamente de la aceleración detectada, por ejemplo, en un circuito electrónico convertido en hardware, mediante, por ejemplo, la comparación de valores de la aceleración detectada, sin recurrir para ello a una curva característica.

El período de tiempo observado, el perímetro de rodadura recorrido y el ángulo recorrido se eligen de manera que mediante el punto de medición se detecte al menos una desviación en la aceleración en el lado interior de neumático producida por el contacto del neumático de vehículo con la calzada y la consiguiente deformación del neumático de vehículo. Así, la aceleración se detecta dentro de una ventana de observación en la que un radio de curvatura del lado interior de neumático de un neumático de vehículo en rotación se desvía de un radio de curvatura de un neumático de vehículo no deformado como consecuencia del contacto del neumático de vehículo con la calzada. Esta desviación en el radio de curvatura y, por consiguiente, en la aceleración, se produce especialmente desde una entrada del neumático de vehículo en el área de contacto de neumático hasta una salida del neumático de vehículo del área de

contacto de neumático, variando el radio de curvatura también en una zona de transición, poco antes de la entrada y poco después de la salida, en la que el neumático de vehículo no está en contacto con la calzada. En este caso, por el área de contacto de neumático se entiende una superficie de contacto con el suelo, por lo que se elige una zona ligeramente mayor que la superficie de contacto con el suelo. Toda la zona formada por el área de contacto de neumático o la superficie de contacto con el suelo y la zona de transición se denomina en lo sucesivo zona de área de contacto del neumático.

Aquí, la ventana de observación puede seleccionarse de manera que sólo se mida un determinado campo de la desviación en la aceleración o todo el campo de la desviación a lo largo de toda la zona del área de contacto de neumático.

De la aceleración detectada en la ventana de observación se deduce mediante consideraciones analíticas un parámetro analítico que caracteriza el desarrollo de la aceleración detectada. En el marco de la invención, por parámetro analítico se entiende, por ejemplo, un cambio en el desarrollo de la aceleración detectada dentro de la zona del área de contacto del neumático y, en este caso, preferiblemente un cambio máximo positivo o un cambio máximo negativo, es decir, una inclinación máxima positiva o una inclinación máxima negativa en la curva característica, es decir, la inclinación matemáticamente mínima. Además, por parámetro analítico puede entenderse una aceleración máxima o una aceleración mínima dentro de la zona del área de contacto del neumático, es decir, un valor de ordenada máximo (punto alto) o un valor de ordenada mínimo (punto bajo) en la curva característica, pero también una distancia en el tiempo o una distancia angular o una diferencia de recorrido a lo largo del perímetro de rodadura, es decir, un ángulo o un trayecto recorrido por el punto de medición en el perímetro de rodadura, es decir, una distancia de eje x entre dos puntos de observación en la curva característica.

Por lo tanto, el parámetro analítico que caracteriza el desarrollo de la aceleración detectada o el desarrollo de la curva característica se deduce, según la invención, del comportamiento no periódico de la aceleración detectada dentro de una zona del área de contacto del neumático, es decir, según la invención, en el cálculo de la profundidad de perfil no se tienen en cuenta las propiedades periódicas como, por ejemplo, las oscilaciones propias, las oscilaciones armónicas o las oscilaciones parásitas.

Para obtener una reproducción matemáticamente inequívoca, la curva de calibración, que asigna una profundidad de perfil al parámetro analítico deducido, se desarrolla según la invención de forma monótona. Según la invención, en este caso se prevé una curva de calibración lineal o aproximadamente lineal que puede resultar de una aproximación lineal o de una interpolación de valores de medición discretos previamente determinados. Aquí, por aproximadamente lineal se entiende que la curva de calibración considerada se desarrolla dentro de una banda de tolerancia con respecto a la aproximación lineal de la curva de calibración considerada. En este caso, la banda de tolerancia corresponde a una desviación inferior al 15%, preferiblemente el 5%, hacia arriba y hacia abajo de la curva de calibración linealmente aproximada. Así también se detecta especialmente una parábola muy abierta o un desarrollo exponencial débilmente ascendente que pueden aproximarse linealmente sin que se produzca una desviación superior al 15%, preferiblemente el 5%, del desarrollo original hacia arriba o hacia abajo en la zona considerada de la profundidad de perfil.

En dependencia de la curva de calibración se pueden determinar una profundidad de perfil absoluta o un cambio en la profundidad de perfil. En caso de una determinación absoluta de la profundidad de perfil, es relevante el desarrollo exacto de la curva de calibración, es decir, especialmente su inclinación y su punto de intersección con el eje y, así como, en su caso, una profundidad de perfil inicial que puede almacenarse en un dispositivo de control o en el módulo sensor de neumático, por ejemplo, durante un cambio de neumático, mientras que para la determinación de la modificación de la profundidad de perfil basta con conocer la inclinación de la curva de calibración.

Dado que se utiliza una curva de calibración lineal, o al menos aproximadamente lineal, la profundidad de perfil puede determinarse con la misma precisión en toda la zona. Así, en caso de un neumático de vehículo casi desgastado también es posible ventajosamente una determinación de la profundidad de perfil con una alta precisión, dado que a un cambio en el parámetro analítico se le puede asignar un cambio suficientemente resoluble en la profundidad de perfil, preferiblemente a lo largo de toda la zona de la profundidad de perfil, pero especialmente en caso de profundidades de perfil muy pequeñas que son relevantes, por ejemplo, en relación con aspectos legales de seguridad. De este modo, en caso de un neumático prácticamente desgastado se puede emitir un aviso dependiente de la profundidad de perfil con una precisión y fiabilidad muy elevadas.

La curva de calibración respectiva puede determinarse preferiblemente de antemano para cada tipo de neumático y almacenarse preferiblemente en un dispositivo de control, de manera que después de la determinación del parámetro analítico pueda tener lugar una conversión a la profundidad de perfil preferiblemente en el dispositivo de control. Sin embargo, también es posible determinar la curva de calibración sólo durante la marcha.

Para la determinación del parámetro analítico se pueden utilizar diferentes métodos, basándose cada método preferiblemente en al menos una curva de calibración de la que se deduce la relación entre el parámetro analítico determinado y la profundidad de perfil.

Según una primera forma de realización o método se prevé considerar el desarrollo de una aceleración radial detectada que puede especificarse preferiblemente en una curva característica que indica la aceleración radial medida en el punto de medición y trazada a lo largo del tiempo o del perímetro de rodadura recorrido o del ángulo recorrido del punto de medición. En el desarrollo de la aceleración radial detectada o en la curva característica que caracteriza este desarrollo, un punto de observación se sitúa preferiblemente en el punto de la curva característica con la inclinación

máxima positiva y/o con la inclinación máxima negativa dentro de la zona del área de contacto del neumático. En tal caso, la ventana de observación se elige de manera que se detecten al menos el cambio máximo positivo máximo y/o el cambio máximo negativo de la aceleración dentro de una zona del área de contacto del neumático.

El parámetro analítico se deduce, por lo tanto, del cambio de la aceleración o de la inclinación de la curva característica en el punto de observación, es decir, preferiblemente del cambio máximo positivo de la aceleración radial o de la inclinación de la curva característica o del cambio máximo negativo de la aceleración radial o de la inclinación de la curva característica dentro de la zona del área de contacto del neumático. Para obtener un valor positivo de la profundidad de perfil se tienen en cuenta el valor del cambio de la aceleración radial o de la inclinación de la curva característica o el valor de la profundidad de perfil calculada o bien la curva de calibración se elige de manera que se asigne un valor positivo para la profundidad de perfil a, por ejemplo, un cambio negativo de la aceleración radial o de la inclinación de la curva característica. El hecho de que como punto de observación se elija el punto con el cambio o inclinación máximo positivo o máximo negativo puede depender, por ejemplo, de la calidad de la señal o del desarrollo de la curva de calibración para un tipo de neumático determinado.

Para la determinación de la inclinación máxima positiva o de la inclinación máxima negativa puede formarse ventajosamente una derivada, por ejemplo, una derivada determinada numérica o analíticamente de la curva característica en función del tiempo o del perímetro de rodadura recorrido o del ángulo recorrido. El valor de la inclinación máxima positiva o máxima negativa de la curva característica se deduce del valor de ordenada del punto alto o del punto bajo de la desviación. En este caso, la desviación o el cambio de la aceleración radial también pueden analizarse directamente a partir de la aceleración radial detectada mediante, por ejemplo, circuitos electrónicos, sin formar una curva característica.

Como parámetro analítico se asigna al valor así determinado de la inclinación máxima positiva o de la inclinación máxima negativa o del cambio de la aceleración radial, una profundidad de perfil respectivamente por medio de una curva de calibración preferiblemente lineal o aproximadamente lineal. Es decir, para la inclinación máxima positiva y para la inclinación máxima negativa de la curva característica o del cambio de la aceleración radial se utiliza respectivamente una curva de calibración propia, mostrando ambas preferiblemente al menos un comportamiento aproximadamente lineal. En este caso, el desarrollo de las dos curvas de calibración respectivas también puede ser idéntico.

Alternativamente, el punto de observación también puede elegirse de manera que no se considere el punto del cambio máximo negativo o máximo positivo en la aceleración radial o en la inclinación de la curva característica, sino cualquier otro punto que esté, por ejemplo, ligeramente desplazado con respecto al cambio máximo negativo o máximo positivo o a la inclinación. En este caso, al asignar una profundidad de perfil pueden tenerse en cuenta otras influencias en la aceleración, por ejemplo, una carga de rueda.

Según una segunda forma de realización o método se considera una anchura de pico de un pico en la curva característica en la que la aceleración radial del punto de medición se traza en función del tiempo o del perímetro de rodadura recorrido o del ángulo recorrido del punto de medición. Dentro de la zona del área de contacto de neumático resulta un pico, dado que la aceleración radial desciende en un caso ideal a cero en los puntos de medición en los que el neumático de vehículo se apoya en la calzada, desarrollándose, por consiguiente, aproximadamente de forma paralela a la calzada. A la anchura de pico del pico como parámetro analítico se le puede asignar una profundidad de perfil por medio de una curva de calibración asignada a este método que se desarrolla con preferencia de forma lineal o aproximadamente lineal.

La anchura de pico puede determinarse eligiendo un punto de observación en un flanco descendente del pico y otro punto de observación en un flanco ascendente del pico. La anchura de pico se deduce directamente de la diferencia de los valores de abscisa (valores x) de ambos puntos de observación, eligiéndose para los dos puntos de observación el mismo valor de ordenada (valor y). Así, según esta segunda forma de realización, el parámetro analítico es la distancia del eje x entre dos puntos de observación que corresponde a una distancia temporal o a una distancia angular o a una diferencia de recorrido a lo largo del perímetro de rodadura entre dos estados de aceleración, siendo la aceleración radial en ambos estados de aceleración aproximadamente idéntica. Por lo tanto, la ventana de observación se elige, según este método, de manera que en la curva característica se detecte dentro de una zona del área de contacto del neumático al menos el pico formado por la aceleración radial descendente y la aceleración radial ascendente.

Los dos puntos de observación se eligen ventajosamente de manera que ambos valores de ordenada se encuentren a una altura de pico inferior a aproximadamente el 25%, con preferencia entre el 5% y el 10%, o superior a aproximadamente el 75%, con preferencia el 100%, determinándose la altura de pico a partir de un desarrollo de la aceleración radial detectada promediado de forma ponderada a lo largo de varias revoluciones de neumático y/o suavizado conforme al principio del valor medio móvil, de modo que las oscilaciones propias o las señales de ruido no tengan una influencia importante en la determinación de la altura de pico. Es decir, la aceleración radial en los puntos de observación corresponde a menos del 25%, preferiblemente entre el 5% y el 10%, o a más del 75%, preferiblemente el 100% de la aceleración radial en el punto alto de la curva característica. En estos rangos, la anchura de pico varía de forma más significativa en dependencia de la profundidad de perfil, por lo que la determinación de la profundidad de perfil es más precisa en estos rangos y en este segundo método. En este caso, en función del valor de ordenada de los puntos de observación, la dependencia de la profundidad de perfil con respecto a la anchura de pico puede

variar, por lo que, según la elección del punto de observación, debe elegirse una curva de calibración correspondiente dependiente del valor de ordenada.

Según una tercera forma de realización o método se considera la aceleración tangencial. La curva característica indica, por consiguiente, la aceleración tangencial del punto de medición a lo largo del tiempo o a lo largo del perímetro de rodadura recorrido o del ángulo recorrido del punto de medición. Dentro de una zona del área de contacto del neumático, la aceleración tangencial pasa al menos por un punto alto, un punto de anulación, así como un punto bajo, pudiéndose asignar una profundidad de perfil tanto al valor de ordenada en el punto alto, como también al valor de ordenada en el punto bajo por medio de una curva de calibración respectiva.

Es decir, según esta forma de realización, como punto de observación se eligen el punto alto y/o el punto bajo de la curva característica, determinándose el punto alto y/o el punto bajo preferiblemente a partir de un desarrollo de la aceleración tangencial detectada promediado de forma ponderada a lo largo de varias revoluciones de neumático y/o suavizado según el principio del valor medio móvil, de manera que las oscilaciones propias o las señales de ruido no influyan de forma significativa en la determinación del punto alto y/o del punto bajo. De acuerdo con esta tercera forma de realización, el parámetro analítico se deduce, por consiguiente, del valor de ordenada de los puntos de observación, es decir, del valor de ordenada máximo (en el punto alto) o del valor de ordenada mínimo (en el punto bajo) de la curva característica dentro de la zona del área de contacto del neumático. A partir del valor de ordenada máximo o del valor de ordenada mínimo, se puede calcular una profundidad de perfil por medio de la curva de calibración respectiva para la tercera forma de realización, utilizándose una curva de calibración para el valor de ordenada del punto alto y otra curva de calibración del valor de ordenada mínimo en el punto bajo. Aquí, el desarrollo y, por lo tanto, la inclinación de las dos curvas de calibración respectivas, pueden ser, en su caso, idénticos. Para obtener un valor positivo de la profundidad de perfil se considera el valor de ordenada mínimo o el valor de la profundidad de perfil calculada o bien se elige la curva de calibración de modo que se asigne un valor positivo de la profundidad de perfil a un valor de ordenada mínimo negativo en el punto bajo.

Alternativamente también es posible determinar una aceleración tangencial máxima o mínima dentro de la zona del área de contacto del neumático directamente a partir de la aceleración tangencial detectada sin la formación de una curva característica, por ejemplo, con la ayuda de circuitos eléctricos, deduciéndose de la misma la profundidad de perfil a través de la curva de calibración.

Por consiguiente, la ventana de observación se elige de manera que en la curva característica se detecte al menos la aceleración tangencial máxima y/o mínima dentro de una zona del área de contacto del neumático.

Ventajosamente, los tres métodos también pueden llevarse a cabo en paralelo, por ejemplo, para poder comprobar la plausibilidad de la profundidad de perfil determinada con un método o para poder formar un valor medio ponderado a partir de las profundidades de perfil calculadas con diferentes métodos.

En las tres formas de realización, el desarrollo de la aceleración detectada o la curva característica pueden ventajosamente promediarse de forma ponderada. Es decir, se registran los desarrollos o las curvas características a lo largo de varias, por ejemplo, entre 10 y 10.000 revoluciones de neumático, y se promedian de forma ponderada. Los parámetros analíticos se determinan a continuación a partir del desarrollo promediado o de la curva característica promediada de acuerdo con el método. De este modo se pueden compensar ventajosamente durante la rotación de un neumático las señales de ruido o las irregularidades que falsean la señal; así aumenta la calidad de la señal y, por lo tanto, la precisión en la determinación de la profundidad de perfil a través de la curva de calibración correspondiente. Adicional o alternatively se puede aplicar un suavizado, por ejemplo, un valor medio móvil, a fin de poder separar las partes de frecuencia más altas de forma análoga a un filtro de paso bajo. Ventajosamente, de este modo se puede mejorar aún más la calidad de la señal, siendo más precisa una determinación de la profundidad de perfil.

De forma ventajosa se puede prever además considerar en la determinación de la profundidad de perfil según la primera o la tercera forma de realización respectivamente el cambio/inclinación máximo negativo, así como el cambio/inclinación máximo positivo o la aceleración tangencial máxima (punto alto) y la aceleración tangencial mínima (punto bajo). A continuación, a partir de éstos se forma respectivamente un valor medio ponderado, del que se deriva la profundidad de perfil a través de otra curva de calibración, por ejemplo, promediada. Así se pueden evitar durante la evaluación los errores sistemáticos que puedan estar presentes en el punto extremo respectivo.

Preferiblemente, la evaluación de los parámetros analíticos y, por lo tanto, la determinación de la profundidad de perfil según los tres ejemplos de realización, tienen lugar fuera del módulo sensor de neumático. Para ello, el módulo sensor de neumático sólo envía los parámetros analíticos determinados en el módulo sensor de neumático por medio de los valores de aceleración medidos, es decir, especialmente la aceleración tangencial y/o la aceleración radial, al dispositivo de control, en el que tienen lugar las conversiones a través de las curvas de calibración según las tres formas de realización, por ejemplo, a través de un software correspondiente. En este caso, la determinación de los puntos alto y bajo, de las distancias o de las inclinaciones o cambios se llevan a cabo mediante sencillas operaciones informáticas implementadas por software o hardware en el módulo sensor de neumático.

Para ahorrar recursos, resulta ventajoso detectar la aceleración sólo durante el período de tiempo o la ventana de observación y procesarla en el módulo sensor de neumático que sea relevante para el método respectivo. De este modo, el cálculo puede realizarse de forma más eficiente en el módulo sensor de neumático, dado que la aceleración fuera de la ventana de observación no tiene ninguna influencia en el cálculo de los parámetros analíticos ni en la profundidad de perfil.

Ventajosamente pueden tenerse en cuenta además una temperatura de neumático, una presión de neumático, una carga de rueda y/o una velocidad de rueda que pueden transmitirse al dispositivo de control o determinarse en el mismo. Estos factores tienen al menos una pequeña influencia en las aceleraciones utilizadas en las distintas formas de realización y, por lo tanto, en el desarrollo de las curvas características, pudiéndose determinar los mismos también por medio de las señales transmitidas por el módulo sensor de neumático. El dispositivo de control puede compensar adecuadamente la influencia de estos factores, a fin de permitir una determinación más precisa de la profundidad de perfil.

La invención se explica a continuación más detalladamente a la vista de los ejemplos de realización. Se muestra en la:

Figura 1 un neumático de vehículo con un módulo sensor de neumático;

Figura 2 una curva característica para la aceleración radial;

Figura 2a una desviación de la curva característica según la figura 2 para la determinación de la profundidad de perfil según una primera forma de realización;

Figura 2b una sección de la curva característica según la figura 2 para la determinación de la profundidad de perfil según una segunda forma de realización;

Figura 3 una curva característica para una aceleración tangencial para la determinación de la profundidad de perfil según una tercera forma de realización; y

Figura 4 una curva de calibración para la determinación de la profundidad de perfil según la primera forma de realización.

En la figura 1 se representa un neumático de vehículo 1, en cuyo lado interior de neumático 2 se dispone un módulo sensor de neumático 3. El módulo sensor de neumático 3 se dispone de manera que a través del módulo sensor de neumático 3 se pueda determinar especialmente una aceleración de un punto de medición MP influida por una deformación del neumático de vehículo 1. La aceleración puede ser especialmente una aceleración radial a_r o una aceleración tangencial a_t del punto de medición MP. El módulo sensor de neumático 3 puede en especial transmitir parámetros analíticos que pueden deducirse de la aceleración medida a_r , a_t , por ejemplo, a través de una señal de radio 20, a un dispositivo de control 4 que puede procesar las señales de radio 20 de forma correspondiente.

Según una primera y una segunda forma de realización, que se muestran en las figuras 2, 2a y 2b, en primer lugar se considera la aceleración radial a_r . Con esta finalidad, en la figura 2 se representa a modo de ejemplo una curva característica K_1 en la que se representa la aceleración radial a_r medida por el módulo sensor de neumático 3 a lo largo del tiempo t . Fuera de una ventana de observación 5, la aceleración radial a_r es aproximadamente constante. Dentro de la ventana de observación 5, la aceleración radial a_r se eleva inicialmente hasta un punto alto, a continuación presenta un flanco descendente 6, que posteriormente cae hasta aproximadamente cero, y acto seguido se transforma en un flanco ascendente 7 que se eleva hasta un segundo punto alto. Para tiempos más prolongados t , la aceleración radial a_r desciende de nuevo a un valor constante fuera de la ventana de observación 5, dependiendo el desarrollo exacto de la orientación del módulo sensor de neumático 3 en el interior del neumático de vehículo 1. Así, según este ejemplo, la ventana de observación 5 corresponde a una zona del área de contacto del neumático L, en la que una curvatura del lado interior de neumático 2 cambia debido a la deformación del neumático de vehículo 1, de manera que la aceleración radial a_r también cambie visto en el lado interior de neumático 2.

La aceleración radial a_r se vuelve mínima, es decir, en un caso ideal es de cero, si el punto de medición MP se encuentra en la zona de una superficie de contacto con el suelo 9 del neumático de vehículo 1, dentro de la cual el neumático de vehículo 1 entra en contacto con una calzada 8. El neumático de vehículo 1 se deforma en la zona de la superficie de contacto con el suelo 9 de manera que el lado interior de neumático 2 se desarrolle en un caso ideal paralelamente a la calzada 8 en una zona que es opuesta a una banda de rodadura 12 del neumático de vehículo 1 apoyada en la calzada 8; en estos puntos, la aceleración radial a_r asciende, en un caso ideal, a cero.

Según una primera forma de realización, para la determinación de una profundidad de perfil D del neumático de vehículo 1 se determina en primer lugar una inclinación negativa máxima S_1 y/o una inclinación positiva máxima S_2 de la curva característica K_1 dentro de la ventana de observación 5, asignándose la inclinación negativa máxima S_1 al flanco descendente 6 y asignándose la inclinación positiva máxima S_2 al flanco ascendente 7. Para ello se puede formar preferiblemente una derivada K_2 de la curva característica K_1 después del tiempo t que se representa en la figura 2a. La inclinación máxima negativa S_1 o la inclinación máxima positiva S_2 se deducen a continuación de un valor de ordenada (valor y) de un punto bajo o de un punto alto de la derivada K_2 .

Para la posterior evaluación, como primer punto de observación P_{A1} se elige el punto de la curva característica K_1 al que se le asigna el valor de ordenada más bajo en la derivada K_2 y/o como segundo punto de observación P_{B1} se elige el punto de la curva característica K_1 al que se le asigna el valor de ordenada más alto en la derivada K_2 . Como parámetros analíticos, las inclinaciones S_1 o S_2 del primer punto de observación P_{A1} o del segundo punto de observación P_{B2} se transmiten a continuación desde el módulo sensor de neumático 3 al dispositivo de control 4 a través de la señal de radio 20 y se convierten en el dispositivo de control 4 en la profundidad de perfil D a través de curvas de calibración lineales o aproximadamente lineales 10a, 10b, considerándose según este ejemplo el valor de la inclinación S_1 para obtener un valor positivo de la profundidad de perfil D.

Alternativamente es posible determinar un cambio máximo positivo o un cambio máximo negativo S_1 , S_2 en el desarrollo de la aceleración radial a_r detectada correspondiente a la inclinación S_1 , S_2 de la curva característica K_1 en los puntos respectivos, sin formar una curva característica K_1 y una derivada K_2 , por ejemplo, mediante un circuito electrónico que compara las aceleraciones radiales a_r sucesivas en un intervalo. La profundidad de perfil D también se deduce del cambio S_1 , S_2 a través de la curva de calibración 10a, 10b.

Las curvas de calibración 10a, 10b pueden guardarse en el dispositivo de control 4 para diferentes tipos de neumáticos, almacenándose una curva de calibración 10a, 10b para cada parámetro analítico S_1 , S_2 , es decir, se prevén una curva de calibración 10a para la inclinación S_1 en el primer punto de observación P_{A1} y una curva de calibración 10b para la inclinación S_2 en el segundo punto de observación P_{B1} ; en la figura 4 se representan curvas de calibración 10a, 10b a modo de ejemplo. En este caso, las curvas de calibración 10a, 10b asignan de forma inequívoca respectivamente una profundidad de perfil D al parámetro analítico derivado, es decir, a las inclinaciones S_1 y S_2 , siendo: $D = F_a \times S_1 + C_a$ o $D = F_b \times S_2 + C_b$, indicando los factores F_a o F_b la inclinación de la respectiva curva de calibración 10a o 10b que se encuentra dentro de una ventana de tolerancia F_{Ta} o F_{Tb} y siendo C_a o C_b constantes dependientes del tipo de neumático.

Para evitar imprecisiones en la medición, también se puede determinar un valor medio a partir del valor de ordenada S_1 en el punto bajo de la derivada K_2 y del valor de ordenada S_2 en el punto alto de la derivada K_2 , así como de los factores F_a , F_b , C_a , C_b , siendo: $D = (F_a \times |S_1| + F_b \times S_2)/2 + (C_a + C_b)/2$.

Según una segunda forma de realización se considera el pico 11 formado por el flanco descendente 6 y el flanco ascendente 7, deduciéndose la profundidad de perfil D de una anchura de pico B del pico 11, representada en la figura 2b, utilizando una curva de calibración 10c almacenada para este ejemplo de realización. Según este ejemplo de realización, la anchura de pico B se determina a una altura de aproximadamente el 5% de la altura de pico H , determinándose la altura de pico a partir de un desarrollo de la aceleración radial detectada promediado de forma ponderada a lo largo de varias revoluciones del neumático y/o suavizada conforme al principio del valor medio móvil, de manera que las oscilaciones propias o las señales de ruido no influyan significativamente en la determinación de la altura de pico del 5%. Esto significa que entre un primer punto de observación P_{A2} y un segundo punto de observación P_{B2} se forma una distancia de eje x , es decir, una distancia en el tiempo, correspondiendo los valores de ordenada de ambos puntos de observación P_{A2} , P_{B2} a un valor que es aproximadamente el 5% de la altura de pico H ; es decir, la aceleración radial a_r en estos puntos ha descendido a aproximadamente el 5% de la aceleración radial a_r en los puntos altos de la curva característica K_1 . De la anchura de pico B se deduce la profundidad de perfil D a partir de: $D = F_c \times B + C_c$, indicando el factor F_c la inclinación de la curva de calibración 10c que se encuentra dentro de una ventana de tolerancia F_{Tc} e indicando C_c una constante típica de los neumáticos. Es decir, la curva de calibración 10c asigna de forma inequívoca una profundidad de perfil D a la anchura de pico B .

Según una tercera forma de realización representada en la figura 3, la aceleración tangencial a_t se considera a lo largo del tiempo t y se traza como curva característica K_3 . Ésta pasa en primer lugar dentro de la ventana de observación 5 por un punto alto, tiene un paso por cero y se convierte en un punto bajo, dependiendo el desarrollo exacto de la orientación del módulo sensor de neumático 3 relativamente con respecto a la dirección de giro del neumático de vehículo 1. Para la determinación de la profundidad de perfil D se elige inicialmente como primer punto de observación P_{A3} el punto con la mayor aceleración tangencial $a_{t,1}$, es decir, el punto alto de la curva característica K_3 , y como segundo punto de observación P_{B3} el punto con la menor aceleración tangencial $a_{t,2}$, es decir el punto bajo de la curva característica K_3 , determinándose el punto alto y el punto bajo a partir de un desarrollo de la aceleración tangencial detectada a_t promediado de forma ponderada a lo largo de varias revoluciones del neumático y/o suavizado conforme al principio del valor medio móvil, de manera que las oscilaciones propias o las señales de ruido no tengan ninguna influencia significativa en la determinación del punto alto y/o del punto bajo. Al valor de ordenada del primer punto de observación P_{A3} , así como al valor del valor de ordenada del segundo punto de observación P_{B3} se les puede asignar de forma inequívoca una profundidad de perfil D mediante la curva de calibración 10d, 10e, aplicándose: $D = F_d \times a_{t,1} + C_d$ o $D = F_e \times a_{t,2} + C_e$, indicando F_d y F_e las inclinaciones de las curvas de calibración 10d, 10e para la aceleración tangencial a_t puestas a disposición para esta tercera forma de realización y situadas dentro de la ventana de tolerancia F_{Td} , F_{Te} , y siendo C_d y C_e constantes típicas de los neumáticos.

Alternativamente también es posible determinar una aceleración tangencial máxima y/o mínima $a_{t,1}$, $a_{t,2}$ directamente a partir de la aceleración tangencial detectada a_t sin que se forme una curva característica K_3 , por ejemplo, mediante un circuito electrónico que compara varias aceleraciones tangenciales sucesivas a_t . De la aceleración tangencial máxima y/o mínima $a_{t,1}$, $a_{t,2}$ se deduce también la profundidad de perfil D a través de la curva de calibración 10d, 10e.

Alternativamente, como un primer punto de observación P_{A3} se puede elegir el punto alto y como un segundo punto de observación P_{B3} se puede elegir el punto bajo de la curva característica K_3 , pudiéndose formar un valor medio en términos de magnitud a partir de ambos valores de ordenada, del que se deriva la profundidad de perfil D , es decir, $D = (F_d \times a_{t,1} + F_e \times |a_{t,2}|)/2 + (C_d + C_e)/2$.

Para mejorar la calidad de la señal se puede prever adicionalmente un promedio ponderado de las curvas características K_1 , K_3 a lo largo de varias revoluciones del neumático de vehículo 1. En este caso, la misma ventana de observación 5 se promedia de forma ponderada, por ejemplo, durante diez revoluciones y la profundidad de perfil D se determina a partir de la curva característica promediada K_1 , K_3 según el ejemplo de realización correspondiente. De este modo se pueden suprimir el ruido, así como las irregularidades en el desarrollo de la señal. Adicionalmente también se puede aplicar un valor medio móvil para suavizar las curvas características K_1 , K_3 .

De forma complementaria se pueden compensar otras influencias en las curvas características K_1 , K_3 para mejorar la precisión. Por ejemplo, una presión de neumático p , una temperatura de neumáticos T_R , una velocidad de rueda v_R , así como una carga de rueda F_z , que actúa sobre el neumático de vehículo 1, influyen en la aceleración radial a_r y en la aceleración tangencial a_t . Si se conocen las respectivas variables de influencia, el dispositivo de control 4 puede compensar dichas influencias por medio de las dependencias almacenadas en el dispositivo de control 4 que describen la influencia de la presión de neumático p , de la temperatura de neumático T_R , de la velocidad de rueda v_R y de la carga de rueda F_z .

Lista de referencias

10	1	Neumático de vehículo
	2	Lado interior de neumático
	3	Módulo sensor de neumático
	4	Dispositivo de control
	5	Ventana de observación
15	6	Flanco descendente
	7	Flanco ascendente
	8	Calzada
	9	Superficie de contacto con el suelo
	10a, 10b, 10c, 10d, 10e	Curva de calibración
20	11	Pico
	12	Banda de rodadura
	20	Señal de radio
	a_r	Aceleración radial
25	a_t	Aceleración tangencial
	$a_{t,1}$	Aceleración tangencial mínima
	$a_{t,2}$	Aceleración tangencial máxima
	B	Anchura de pico/Distancia en el tiempo/Distancia angular/Diferencia de recorrido
	C_a , C_b , C_c , C_d , C_e	Constantes características del neumático
30	D	Profundidad de perfil
	F_a , F_b , F_c , F_d , F_e	Inclinación de 10a, 10b, 10c, 10d, 10e
	F_{Ta} , F_{Tb} , F_{Tc} , F_{Td} , F_{Te}	Banda de tolerancia de 10a, 10b, 10c, 10d, 10e
	F_z	Carga de rueda
	H	Altura de pico
35	K_1 , K_3	Curva característica
	K_2	Derivada de K_1
	L	Zona del área de contacto del neumático
	MP	Punto de medición
	p	Presión de neumático
40	$P_{A1,2,3}$, $P_{B1,2,3}$	Punto de observación
	S_1 / S_2	Cambio o inclinación de la aceleración radial en el flanco descendente/ascendente 6/7
	t	Tiempo
	T_R	Temperatura de neumático
	v_R	Velocidad de rueda

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la determinación de una profundidad de perfil (D) de un perfil de neumático, con al menos los siguientes pasos:

a) detección de una aceleración (a_r , a_t) de un punto de medición (MP) en un lado interior de neumático (2) de un neumático de vehículo (1), detectándose dentro de una ventana de observación (5) una desviación de la aceleración (a_r , a_t) del punto de medición (MP) causada por un contacto del neumático de vehículo (1) con una calzada (8),

b) deducción de al menos un parámetro analítico (S_1 , S_2 , $a_{t,1}$, $a_{t,2}$, B) que caracteriza el desarrollo de la aceleración detectada (a_r , a_t), caracterizando el al menos un parámetro analítico (S_1 , S_2 , $a_{t,1}$, $a_{t,2}$, B) el desarrollo no periódico de la aceleración detectada (a_r , a_t) dentro de una revolución de neumático,

c) determinación de la profundidad de perfil (D) en dependencia del al menos un parámetro analítico (S_1 , S_2 , $a_{t,1}$, $a_{t,2}$, B), deduciéndose la dependencia entre el parámetro analítico (S_1 , S_2 , $a_{t,1}$, $a_{t,2}$, B) y la profundidad de perfil (D) de una curva de calibración (10a, 10b, 10c, 10d, 10e) y asignando la curva de calibración (10a, 10b, 10c, 10d, 10e) una profundidad de perfil (D) al parámetro analítico deducido (S_1 , S_2 , $a_{t,1}$, $a_{t,2}$, B), caracterizado por que

para la determinación de la profundidad de perfil (D) se utiliza una curva de calibración (10a, 10b, 10c, 10d, 10e) que se desarrolla dentro de una banda de tolerancia lineal (F_{Ta} , F_{Tb} , F_{Tc} , F_{Td} , F_{Te}), desarrollándose la banda de tolerancia (F_{Ta} , F_{Tb} , F_{Tc} , F_{Td} , F_{Te}) con una desviación inferior al 15% con respecto a una aproximación lineal de la curva de calibración (10a, 10b, 10c, 10d, 10e), utilizándose una curva de calibración monótona (10a, 10b, 10c, 10d, 10e) que se desarrolla de forma lineal, determinándose la profundidad de perfil (D) a partir de una multiplicación del al menos un parámetro analítico (S_1 , S_2 , $a_{t,1}$, $a_{t,2}$, B) con una inclinación (F_a , F_b , F_c , F_d , F_e) de la curva de calibración (10a, 10b, 10c, 10d, 10e) teniendo en cuenta una constante característica del neumático (C_a , C_b , C_c , C_d , C_e).

2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que para la determinación de la profundidad de perfil (D) se utiliza una curva de calibración (10a, 10b, 10c, 10d, 10e) que reproduce el parámetro analítico (S_1 , S_2 , $a_{t,1}$, $a_{t,2}$, B) de forma inequívoca en la profundidad de perfil (D), de manera que a cada valor del al menos un parámetro analítico (S_1 , S_2 , $a_{t,1}$, $a_{t,2}$, B) se le asigna exactamente un valor de la profundidad de perfil (D).

3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que para la determinación de la profundidad de perfil (D) se utiliza una curva de calibración (10a, 10b, 10c, 10d, 10e) que se desarrolla dentro de una banda de tolerancia lineal (F_{Ta} , F_{Tb} , F_{Tc} , F_{Td} , F_{Te}), desarrollándose la banda de tolerancia (F_{Ta} , F_{Tb} , F_{Tc} , F_{Td} , F_{Te}) con una desviación inferior al 5% con respecto a una aproximación lineal de la curva de calibración (10a, 10b, 10c, 10d, 10e).

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que a cada parámetro analítico (S_1 , S_2 , $a_{t,1}$, $a_{t,2}$, B) se le asigna respectivamente una curva de calibración (10a, 10b, 10c, 10d, 10e).

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el al menos un parámetro analítico se deduce de un cambio (S_1 , S_2) de una aceleración radial (a_r) a lo largo de un tiempo (t) o del perímetro de rodadura recorrido o de un ángulo recorrido del punto de medición (MP) en el neumático de vehículo (1).

6. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado por que como al menos un parámetro analítico se deducen un cambio máximo negativo (S_1) dentro de una zona del área de contacto del neumático (L) o un cambio máximo positivo (S_2) de la aceleración radial (a_r) dentro de una zona del área de contacto del neumático (L) a lo largo del tiempo (t) o del perímetro de rodadura recorrido o del ángulo recorrido del punto de medición (MP) en el neumático de vehículo (1).

7. Procedimiento según la reivindicación 5 o 6, caracterizado por que como al menos un parámetro analítico se deduce un valor medio ponderado a partir de un cambio máximo negativo (S_1) dentro de una zona del área de contacto del neumático (L) y de un cambio máximo positivo (S_2) de la aceleración radial (a_r) dentro de una zona del área de contacto del neumático (L) a lo largo del tiempo (t) o del perímetro de rodadura recorrido o del ángulo recorrido del punto de medición (MP) en el neumático de vehículo (1).

8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 a 7, caracterizado por que para la deducción del al menos un parámetro analítico a partir del cambio (S_1 , S_2) en la aceleración radial (a_r)

- se forma una curva característica (K_1 , K_2) a partir de la aceleración radial detectada (a_r),

- se selecciona al menos un punto de observación (P_{A1} , P_{B1}) en la curva característica (K_1 , K_2) y se deduce el cambio (S_1 , S_2) en la aceleración radial (a_r) a partir del al menos un punto de observación (P_{A1} , P_{B1}).

9. Procedimiento según la reivindicación 8, caracterizado por que para la deducción del cambio (S_1 , S_2) de la aceleración radial (a_r) se forma una derivada (K_2) de la curva característica (K_1) formada por la aceleración radial (a_r) a lo largo del tiempo (t) o del perímetro de rodadura recorrido o del ángulo recorrido del punto de medición (MP) en el neumático de vehículo (1).

10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el al menos un parámetro analítico se deduce de una aceleración tangencial (a_t , $a_{t,1}$, $a_{t,2}$) en el punto de medición (MP).

11. Procedimiento según la reivindicación 10, caracterizado por que como al menos un parámetro analítico se deducen una aceleración tangencial máxima ($a_{t,1}$) dentro de una zona del área de contacto del neumático (L) o una aceleración tangencial mínima ($a_{t,2}$) dentro de la zona del área de contacto del neumático (L), determinándose la aceleración tangencial máxima y mínima ($a_{t,1}$, $a_{t,2}$) a partir de un desarrollo de la aceleración tangencial detectada (a_t) promediado de forma ponderada a través de varias revoluciones de neumático y/o suavizado conforme al principio del valor medio móvil.

12. Procedimiento según la reivindicación 10 u 11, caracterizado por que como al menos un parámetro analítico se deduce un valor medio ponderado de una aceleración tangencial máxima ($a_{t,1}$) dentro de la zona del área de contacto del neumático (L) y de una aceleración tangencial mínima ($a_{t,2}$) dentro de la zona del área de contacto del neumático (L).

13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 10 a 12, caracterizado por que para la deducción del al menos un parámetro analítico a partir de la aceleración tangencial (a_t , $a_{t,1}$, $a_{t,2}$)

- se forma a partir de la aceleración tangencial detectada (a_t) una curva característica (K_3) a lo largo del tiempo (t) o del perímetro de rodadura recorrido o del ángulo recorrido del punto de medición (MP) en el neumático de vehículo (1),
- se selecciona en la curva característica (K_3) al menos un punto de observación (P_{A3} , P_{B3}), determinándose la aceleración tangencial (a_t , $a_{t,1}$, $a_{t,2}$) a partir de un valor de ordenada del al menos un punto de observación (P_{A3} , P_{B3}).

14. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que como al menos un parámetro analítico se deduce a partir de la aceleración radial (a_r) una distancia en el tiempo o una distancia angular o una diferencia de recorrido a lo largo del perímetro de rodadura entre dos estados de aceleración del punto de medición (MP), siendo la aceleración radial (a_r) en ambos estados de aceleración aproximadamente idéntica y correspondiendo la aceleración radial (a_r) en ambos estados de aceleración a un valor que corresponde a menos del 25%, preferiblemente el 5%, o a más del 75%, preferiblemente el 100%, de la aceleración radial máxima (a_r) dentro de la zona del área de contacto del neumático (L), determinándose la aceleración radial máxima (a_r) a partir de un desarrollo de la aceleración radial detectada (a_r) promediado de forma ponderada a lo largo de varias revoluciones del neumático y/o suavizado conforme al principio del valor medio móvil.

15. Procedimiento según la reivindicación 14, caracterizado por que para la deducción del al menos un parámetro analítico a partir de la distancia en el tiempo o de la distancia angular o de la diferencia de recorrido a lo largo del perímetro de rodadura

- se forma a partir de la aceleración radial detectada (a_r) una curva característica (K_1) a lo largo del tiempo (t) o del perímetro de rodadura recorrido o del ángulo recorrido del punto de medición (MP) en el neumático de vehículo (1),
- se seleccionan dos puntos de observación (P_{A2} , P_{B2}) en la curva característica (K_1) y se deduce una anchura de pico (B) de un pico (11) en la curva característica (K_1) a partir de una distancia de abscisa de dos puntos de observación (P_{A2} , P_{B2}),

presentando ambos puntos de observación (P_{A2} , P_{B2}) el mismo valor de ordenada y correspondiendo el valor de ordenada de los puntos de observación (P_{A2} , P_{B2}) a una proporción de una altura de pico (H) inferior al 25%, preferiblemente de entre un 5% y un 10%, o superior al 75%, preferiblemente del 100%.

16. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el desarrollo de la aceleración detectada (a_r , a_t) se promedia de forma ponderada a lo largo de varias revoluciones del neumático y/o tiene lugar una suavización del desarrollo de la aceleración detectada conforme al principio del valor medio móvil.

17. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que en la determinación de la profundidad de perfil (D) se compensa una influencia de una presión de neumático (p) y/o de una temperatura de neumático (T_R) y/o de una carga de rueda (F_z) y/o de una velocidad de rueda (v_R) en la aceleración detectada (a_r , a_t) del punto de medición (MP).

18. Dispositivo de control (4), configurado para determinar una profundidad de perfil (D) del neumático de vehículo (1) a partir de al menos un parámetro analítico (S_1 , S_2 , $a_{t,1}$, $a_{t,2}$, B), transmitido al dispositivo de control (4), en dependencia de una curva de calibración (10a, 10b, 10c, 10d, 10e), siendo posible llevar a cabo en el dispositivo de control (4) una asignación del parámetro analítico deducido (S_1 , S_2 , $a_{t,1}$, $a_{t,2}$, B) a una profundidad de perfil (D) a través de la curva de calibración (10a, 10b, 10c, 10d, 10e), caracterizado por que para la determinación de la profundidad de perfil (D) se utiliza una curva de calibración (10a, 10b, 10c, 10d, 10e) que se desarrolla dentro de una banda de tolerancia lineal (F_{Ta} , F_{Tb} , F_{Tc} , F_{Td} , F_{Te}), desarrollándose la banda de tolerancia (F_{Ta} , F_{Tb} , F_{Tc} , F_{Td} , F_{Te}) con una desviación inferior al 15% con respecto a una aproximación lineal de la curva de calibración (10a, 10b, 10c, 10d, 10e), utilizándose una curva de calibración monótona (10a, 10b, 10c, 10d, 10e) que se desarrolla de forma lineal, determinándose la profundidad de perfil (D) a partir de una multiplicación del al menos un parámetro analítico (S_1 , S_2 , $a_{t,1}$, $a_{t,2}$, B) con una inclinación (F_a , F_b , F_c , F_d , F_e) de la curva de calibración (10a, 10b, 10c, 10d, 10e) teniendo en cuenta una constante característica del neumático (C_a , C_b , C_c , C_d , C_e).

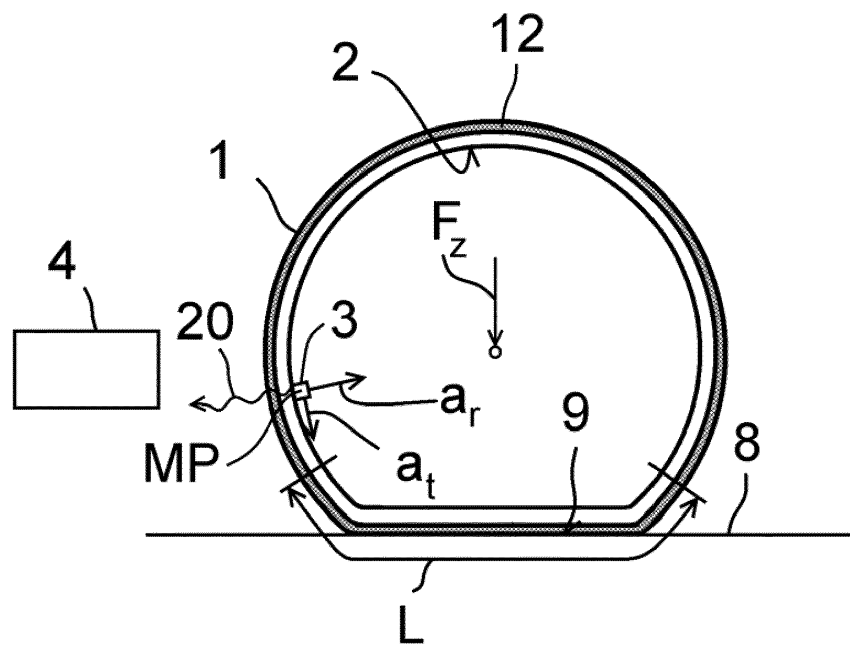


Fig. 1

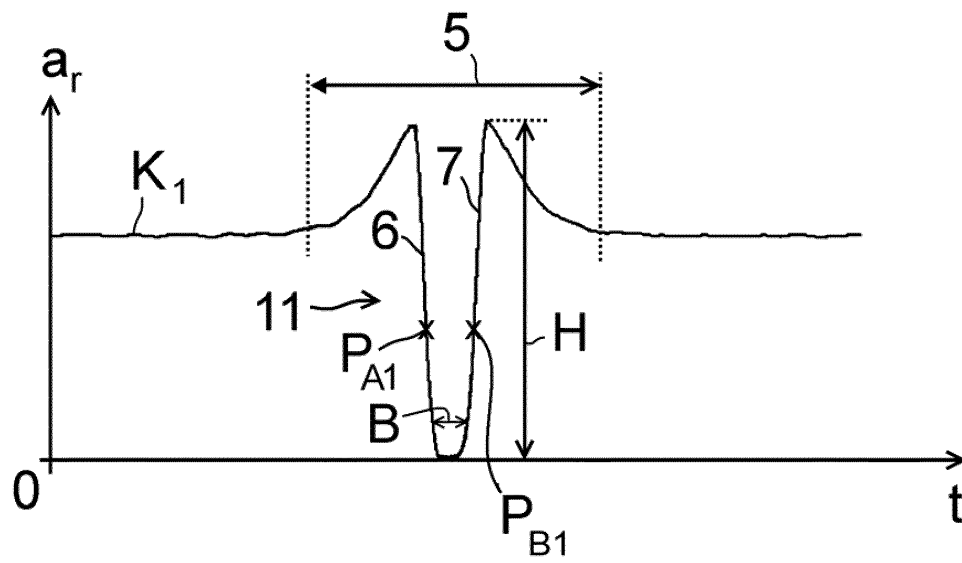


Fig. 2

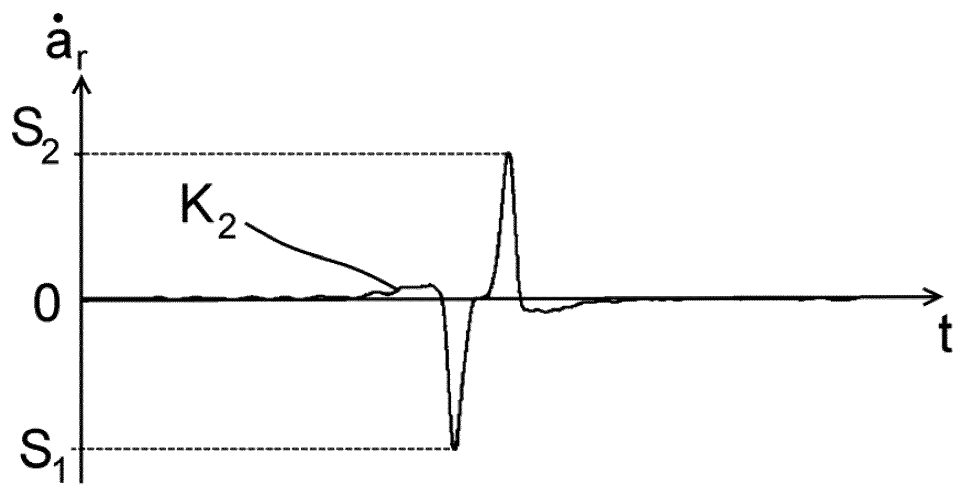


Fig. 2a

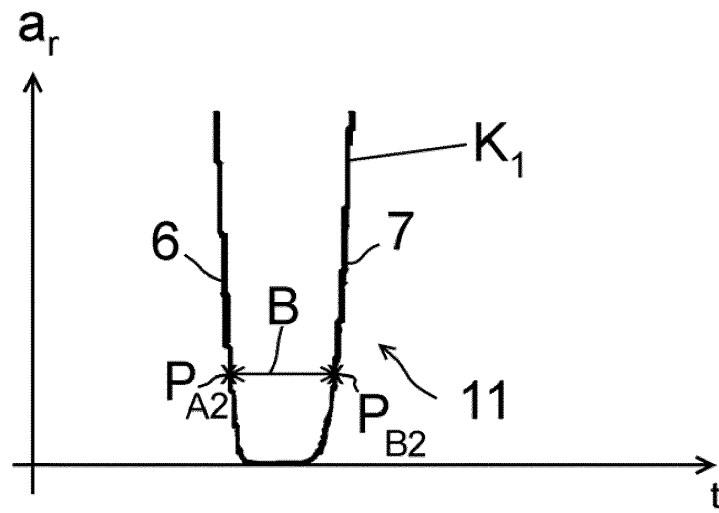


Fig. 2b

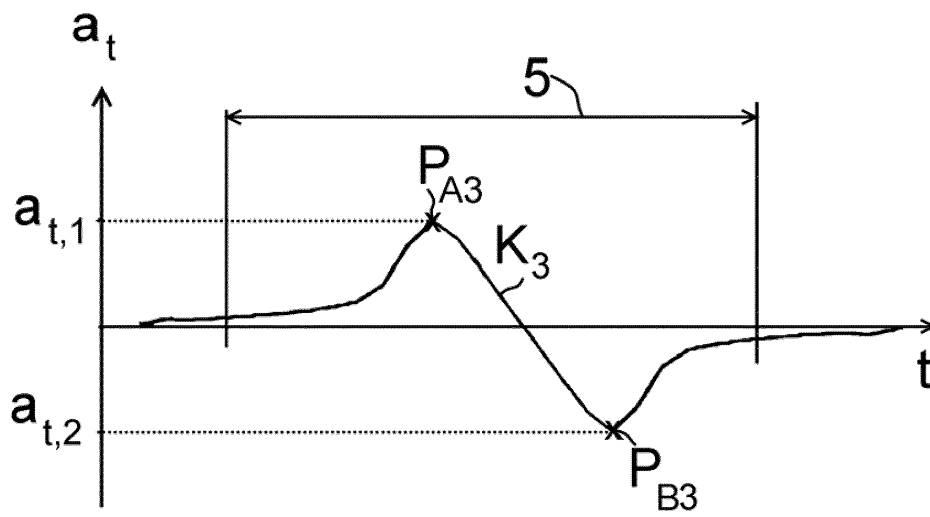


Fig. 3

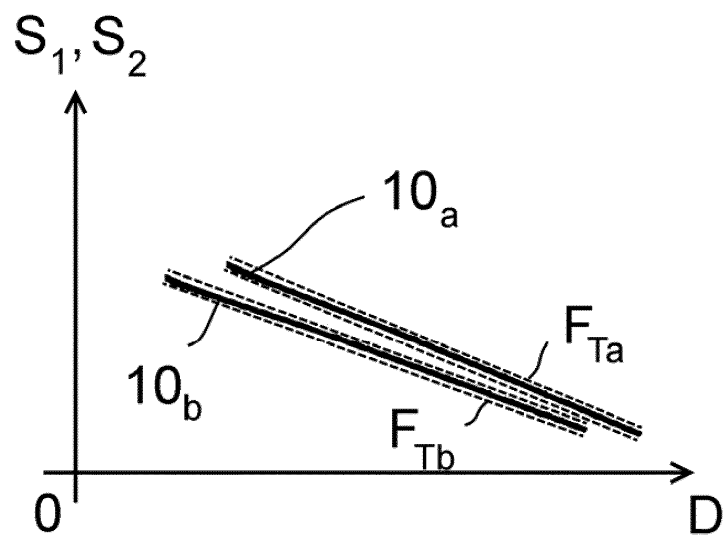


Fig. 4