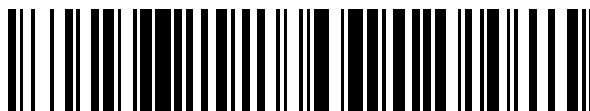


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 440 921**

51 Int. Cl.:

**E01C 11/24** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.04.2009 E 09734874 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2013 EP 2300665**

54 Título: **Firme de calzada y procedimiento para la fabricación del mismo**

30 Prioridad:

**21.04.2008 DE 102008019883**

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

**31.01.2014**

73 Titular/es:

**MÜLLER BBM GMBH (33.3%)  
Robert-Koch-Strasse 11  
82152 Planegg bei München, DE;  
KROPP, WOLFGANG (33.3%) y  
FINNVEDEN, SVANTE (33.3%)**

72 Inventor/es:

**BECKENBAUER, THOMAS**

74 Agente/Representante:

**PONTI SALES, Adelaida**

**ES 2 440 921 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

Firme de calzada y procedimiento para la fabricación del mismo

## 5 ESTADO DE LA TÉCNICA

**[0001]** La presente invención se refiere a las capas cobertoras de calzada para carreteras, designadas a continuación como "firmes de calzada", así como al procedimiento para la fabricación de las mismas. La presente invención se ocupa en particular de la forma geométrica de las superficies de los firmes de calzada, designada a continuación como "textura".

**[0002]** Como capa cobertora de calzada o firme de calzada se designa la capa superior de una superestructura de una carretera. Los firmes de calzada convencionales se componen en general de una mezcla escalonada de agregados minerales, un aglutinante, relleno y aditivos estabilizantes, como polímeros o goma. Una mezcla de agregados minerales contiene granos de roca de diferente tamaño, donde las diferentes fracciones de grano están contenidas con diferente frecuencia gracias a la determinación de una curva granulométrica y por consiguiente con porcentajes de peso diferentes en la mezcla de agregados minerales. Los granos mayores que aparecen típicamente en la mezcla tienen diámetros de, por ejemplo, 8, 11, 16 ó 22 mm. Como aglutinantes se usa betún en firmes de calzada de asfalto, cemento en firmes de calzada de hormigón. Los firmes de calzada de asfalto se realizan en general con un espesor de 4 cm.

**[0003]** A los firmes de calzada se les plantean diferentes requisitos respecto a sus propiedades de uso. Éstos son en particular: baja generación de ruidos de neumático / calzada, adherencia en estado seco así como en mojado, baja resistencia a la rodadura, resistencia al desgaste, estabilidad frente a grandes diferencias de temperatura superficial, así como estabilidad frente a sustancias químicas, como por ejemplo, aceite, gasolina, etc. Estas propiedades se determinan por las propiedades de los materiales usados, como agregados minerales, cemento, betún, aditivos sintéticos, como goma o polímeros, y sus compuestos, por la técnica de instalación a disposición en la obra y el cuidado puesto por el personal, así como influencias atmosféricas.

**[0004]** La generación de ruidos de neumático / calzada, adherencia, así como resistencia a la rodadura dependen esencialmente de las propiedades de la calzada. En este caso la textura del firme de calzada, es decir, la forma fina geométrica de la superficie de la calzada, tiene un porcentaje significativo. La textura del firme de calzada se puede caracterizar por la longitud de onda de las periodicidades en su extensión horizontal, la amplitud vertical de tales periodicidades, así la profundidad de rugosidad, y el factor de forma, véase por ejemplo DE 3 575 C.

**[0005]** La textura de la superficie de la calzada depende fuertemente del tipo, naturaleza y composición de los materiales de construcción utilizados y del procedimiento de fabricación. Los elementos que determinan la rugosidad del firme de calzada tienen diferentes formas, tamaños y distancias entre sí, que están determinados esencialmente por el tamaño de los granos de roca procesados en la mezcla y por el modo y manera en como se instala el firme de calzada. La textura está caracterizada por las distancias y profundidades de las elevaciones y depresiones que se alternan en la superficie de la calzada. La fig. 1 muestra a modo de ejemplo las texturas superficiales de diferentes firmes de calzada. La fig. 1A muestra la textura superficial del asfalto mástico de gravilla, la fig. 1B del hormigón asfáltico, la fig. 1C del hormigón lavado y la fig. 1D de asfalto poroso. En la fig. 1 la fila superior muestra respectivamente una representación tridimensional de la textura y la fila inferior fotografías de las superficies de los firmes de calzada conocidos.

**[0006]** Las texturas de las calzadas presentan una multiplicidad de diferentes longitudes de onda de rugosidad y profundidades de rugosidad. Además, la forma de la textura puede resultar diferente. Según el procedimiento de fabricación, es decir, según si la superficie se esparce para la producción de la adherencia o si se apisona, se originan superficies de tipo meseta con depresiones o elevaciones tupidas que se alternan con depresiones situadas entre ellas. Una medida para la forma de una textura superficial de la calzada es el así denominado factor de forma g, que se puede determinar mediante los perfiles de rugosidad medidos. Estas características de la textura de la calzada tienen una influencia considerable en la generación del ruido de neumático / calzada.

**[0007]** Las propiedades acústicas de un firme de calzada reaccionan entonces de forma muy sensible frente a las diferencias de la textura superficial. Si no se controlan suficientemente los materiales, composición de materiales y procesos de fabricación y no se puede llevar a cabo de forma uniforme e ininterrumpida el flujo de material no insignificante, así como el proceso de instalación en la obra durante la fabricación del firme de calzada, entonces produce inhomogeneidades e irregularidades en la estructura superficial. La disminución del ruido de rodadura a

esperar debido al modo constructivo seleccionado no se puede conseguir con frecuencia según las condiciones presentes.

5 **[0008]** Los firmes de calzada de asfalto y hormigón se diferencian claramente en el manejo de la calidad debido a una lámina de mortero no evitable sobre la superficie, a fin de fracturar la lámina de mortero lisa y garantizar la adherencia. No obstante, este tratamiento superficial también tiene consecuencias claras para las propiedades acústicas. El tratamiento superficial acontece por procesado mecánico de la superficie, típicamente por retirada con sacos ásperos mojados, por ejemplo, a partir de un paño de yute, con material de césped artificial o  
10 escobas, o por cepillado de la lámina de mortero superficial y descubrimiento de los granos de roca superficiales después del fraguado del hormigón de la carretera, por lo que se origina una superficie de hormigón lavado. Para garantizar una calidad acústica elevada se debe efectuar entonces un elevado gasto en tecnología de máquinas e instalación durante la construcción convencional de carreteras.

15 **[0009]** Debido a la considerable presión de tiempo y costes en la construcción de carreteras existe por consiguiente una necesidad de un firme de calzada con el que se puedan lograr buenas propiedades acústicas, y es un objetivo de la invención proporcionar un firme de calzada semejante. Gracias a otros aspectos de la invención se proporciona un firme de calzada que también presenta propiedades de uso ventajosas de otra manera, así adherencia en estado seco así como en mojado, resistencia a la rodadura, resistencia al desgaste y estabilidad.  
20

**[0010]** El objetivo arriba mencionado se resuelve según la invención por las características de la reivindicación 1.

**[0011]** Según una forma de realización del firme de calzada según la invención está previsto que su lado superior presente acanaladuras de un primer grupo que discurren aproximadamente en paralelo unas respecto a otras, y  
25 acanaladuras de un segundo grupo que discurren aproximadamente en paralelo unas respecto a otras y que cortan las acanaladuras del primer grupo, determinando respectivamente dos acanaladuras adyacentes del primer y dos acanaladuras adyacentes del segundo grupo una meseta aproximadamente en forma de paralelogramo, y estando dimensionadas al menos parcialmente diferentes las longitudes laterales de mesetas adyacentes aproximadamente en forma de paralelogramo.  
30

**[0012]** La idea que sirve de base a la invención es prever en la superficie de la calzada un patrón de acanaladuras en el que se varíe la distancia entre acanaladuras entre una distancia mínima y una distancia máxima. Las distancias entre acanaladuras no son periódicas por consiguiente en el rango de longitudes de onda relevante para la generación de ruido, de modo que se suprime ampliamente una excitación de vibraciones en el rango de  
35 longitudes de onda correspondiente. Con ello se consigue una disminución del ruido.

**[0013]** Las distancias de las primeras acanaladuras y las distancias de las segundas acanaladuras pueden estar distribuidas respectivamente entre una distancia de acanaladura mínima y una distancia de acanaladura máxima. "Distribuidas entre una distancia de acanaladura mínima y una distancia de acanaladura máxima" significa en este  
40 caso que las distancias entre las acanaladuras a lo largo del firme de calzada adoptan varios, por ejemplo, al menos 5 o al menos 7 valores diferentes, inclusive la distancia de acanaladura mínima y la máxima, apareciendo cada uno de estos valores de distancias con una frecuencia determinada.

**[0014]** Las distancias entre las primeras acanaladuras y las distancias entre las segundas acanaladuras pueden estar sometidas a una distribución aleatoria, es decir, estar randomizadas. Por consiguiente se puede garantizar la no periodicidad de las distancias entre acanaladuras. Además, las distancias entre las primeras acanaladuras y las distancias entre las siguientes acanaladuras pueden estar distribuidas uniformemente respectivamente entre la distancia de acanaladura mínima y la distancia de acanaladura máxima.

50 **[0015]** La distancia de acanaladura mínima puede ser, por ejemplo, al menos de 1 mm y la distancia de acanaladura máxima puede ser, por ejemplo, como máximo de 5 mm. En caso de un ángulo de corte de 60° entre las primeras acanaladuras y las segundas acanaladuras esto se corresponde con una longitud diagonal de las diagonales de las mesetas en forma de paralelogramo de al menos 2 mm y como máximo 10 mm. Este rango es especialmente relevante para la generación de ruido, de modo que una distribución de las distancias entre  
55 acanaladuras sobre este rango conduce a una reducción del ruido.

**[0016]** Las primeras acanaladuras y las segundas acanaladuras pueden formar un primer ángulo  $\alpha$  y un segundo ángulo  $\beta$ , para los que es válido:

$60^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ , y  
 $0^\circ \leq \beta \leq 120^\circ$ .

5 **[0017]** La anchura máxima de las acanaladuras en el lado superior puede ser de 1 mm a 5 mm. Además, la profundidad máxima de las acanaladuras puede ser de 2 mm a 10 mm. Por consiguiente se puede lograr un comportamiento de ruido especialmente ventajoso.

10 **[0018]** Las mesetas en forma de paralelogramo están dispuestas preferentemente a la misma altura en un plano, sin embargo, la superficie de las mesetas puede presentar una microestructura con una distribución de longitudes de onda distribuida aleatoriamente en el rango entre 10  $\mu\text{m}$  y 1000  $\mu\text{m}$  y una profundidad de textura o profundidad de rugosidad máxima de hasta 300  $\mu\text{m}$ .

15 **[0019]** Los bordes de las acanaladuras que delimitan las mesetas pueden estar redondeados. Además, las acanaladuras pueden presentar una forma esencialmente en V en sección transversal.

**[0020]** El firme de calzada puede estar fabricado, por ejemplo, de plástico enriquecido con un agregado mineral. Como plástico es apropiada, por ejemplo, la poliamida y como agregado mineral es apropiada, por ejemplo, la magnetita.

20 **[0021]** El firme de calzada puede estar configurado como elemento de firme de calzada en forma de placa o mercancía en rollo. Esto hace posible una prefabricación industrial del firme de calzada, la cual tiene lugar en un entorno definido con procesos definidos en base a un diseño definido del firme de calzada. Mediante la prefabricación se consigue la reproducibilidad y por consiguiente una calidad uniforme del firme de calzada. La prefabricación permite además la aplicación de sistemas automáticos de aseguramiento de la calidad y un envío del  
 25 firme de calzada con las propiedades definidas.

30 **[0022]** El elemento de firme de calzada puede ser romboidal, discurriendo respectivamente dos bordes laterales del elemento de firme de calzada en paralelo a las primeras acanaladuras o las segundas acanaladuras. Por consiguiente en el estado tendido las juntas entre los elementos de firme de calzada continúan el patrón de acanaladura y no influyen en el comportamiento acústico. En los bordes laterales del elemento de firme de calzada puede estar prevista respectivamente la mitad de una acanaladura. Al reunir los elementos de firme de calzada, en los puntos de las juntas se originan por consiguiente acanaladuras que continúan con ello el patrón de acanaladuras a lo largo de la superficie, de modo que se puede evitar una influencia acústica por parte de las juntas.

35 **[0023]** Un procedimiento para la fabricación de un elemento de firme de calzada semejante comprende el moldeo por inyección del elemento de firme de calzada con un útil de moldeo por inyección, que presenta una superficie de molde con primeros nervios que discurren en paralelo unos respecto a otros y segundos nervios que discurren en paralelo unos respecto a otros y cruzan los primeros nervios, determinando respectivamente dos primeros nervios adyacentes y dos segundos nervios adyacentes una depresión en forma de paralelogramo, y estando  
 40 dimensionadas al menos parcialmente diferentes las longitudes laterales de las depresiones adyacentes en forma de paralelogramo.

**[0024]** Este procedimiento permite una prefabricación industrial de los elementos de firme de calzada, lo que conlleva las ventajas descritas arriba.

45 **[0025]** Una calzada según la invención se puede fabricar con las etapas siguientes:

fabricación de al menos un elemento de firme de calzada con el procedimiento arriba descrito; y

50 pegado del al menos un elemento de firme de calzada sobre un sustrato de calzada.

**[0026]** Por consiguiente un firme de calzada se puede fabricar de manera sencilla a partir de los elementos de firme de calzada arriba descritos. En este caso es ventajoso que un grupo de diagonales de las mesetas esté orientado esencialmente en la dirección de marcha de la calzada.

55 **[0027]** Otro procedimiento para la fabricación del firme de calzada arriba descrito presenta las siguientes etapas:

aplicación de un material de moldeo sobre un sustrato; y

grabado del material de moldeo aplicado con un troquel de grabado que presenta una superficie de molde con primeros nervios que discurren en paralelo unos respecto a otros y segundos nervios que discurren en paralelo unos respecto a otros y cruzan los primeros nervios, determinando respectivamente dos primeros nervios adyacentes y dos segundos nervios adyacentes una depresión en forma de paralelogramo, y estando dimensionadas al menos 5 parcialmente diferentes las longitudes laterales de las depresiones adyacentes en forma de paralelogramo.

**[0028]** Por consiguiente se puede fabricar in situ un firme de calzada según la invención sin prefabricación industrial.

10 **[0029]** El material de moldeo puede ser, por ejemplo, hormigón o un plástico enriquecido con un agregado mineral.

**[0030]** Además, se proporciona un útil de moldeo por inyección para la fabricación de un elemento de firme de calzada, en particular de un elemento de firme de calzada según se ha descrito arriba, presentando el útil de moldeo por inyección una superficie de molde con primeros nervios que discurren en paralelo unos respecto a otros y 15 segundos nervios que discurren en paralelo unos respecto a otros y que cruzan los primeros nervios, y determinando respectivamente dos primeros nervios adyacentes y dos segundos nervios adyacentes una depresión en forma de paralelogramo, y estando dimensionadas al menos parcialmente diferentes las longitudes laterales de las depresiones adyacentes en forma de paralelogramo.

20 **[0031]** Además, se proporciona un troquel para la fabricación de un firme de calzada, en particular de un firme de calzada según se ha descrito arriba, presentando el troquel una superficie de molde con primeros nervios que discurren en paralelo unos respecto a otros y segundos nervios que discurren en paralelo unos respecto a otros y cruzan los primeros nervios, y determinando respectivamente dos primeros nervios adyacentes y dos segundos 25 nervios adyacentes una depresión en forma de paralelogramo, y estando dimensionadas al menos parcialmente diferentes las longitudes laterales de las depresiones adyacentes en forma de paralelogramo.

#### DIBUJOS

**[0032]** La invención se explica más en detalle a continuación mediante los ejemplos de realización indicados en 30 las figuras esquemáticas de los dibujos. En este caso muestra:

Fig. 1 una representación tridimensional de la textura (fila superior) y fotografías (fila inferior) de las superficies de asfalto mástico de gravilla (fig. 1A), hormigón asfáltico (fig. 1B), hormigón lavado (fig. 1C) y asfalto poroso (fig. 1D),

35 Fig. 2 una representación esquemática de la macrotextura del elemento de firme de calzada,

Fig. 3 una representación ampliada de un detalle del elemento de firma de calzada que ilustra la distribución randomizada de las acanaladuras,

40 Fig. 4 un diagrama que representa esquemáticamente la forma de las acanaladuras 1 y 2 según un ejemplo de realización según la invención,

Fig. 5 una gráfica del espectro de texturas de un firme de calzada según la invención en la dirección de marcha  $F$  en forma de profundidad de rugosidad efectiva  $R_t$  en función de la longitud de onda  $\lambda$ ,

45

Fig. 6 una gráfica de la así denominada curva de superficie portante o curva de Abbot del firme de calzada según la invención,

50 Fig. 7a una vista en planta esquemática de un recorte de un elemento de firme de calzada según un ejemplo de realización alternativo de la primera forma de realización,

Fig. 7b una vista en planta esquemática de un recorte de un elemento de firma de calzada según otra modificación de la primera forma de realización,

55 Fig. 8 una vista esquemática ampliada en sección transversal a través de una superficie de molde de la cavidad de un útil de moldeo por inyección para la fabricación de un firme de calzada según la invención,

Fig. 9 una fotografía de un elemento de firme de calzada según un ejemplo de realización según la invención,

Fig. 10 una fotografía de un elemento de firme de calzada según una ejemplo de realización según la invención,

Fig. 11 gráficas de los espectros de frecuencia de los ruidos de paso para tres velocidades diferentes que se han medido sobre una calzada con un firme de calzada a partir de los elementos de firme de calzada según la invención,

5

Fig. 12 gráficas de los espectros de frecuencia de los ruidos de paso para tres velocidades diferentes que se han medido sobre una calzada con un firme de calzada a partir de los elementos de firme de calzada según la invención en comparación con cuatros firmes de calzada convencionales diferentes.

## 10 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

**[0033]** Según ya se ha expuesto arriba, la textura de un firme de calzada tiene efectos inmediatos sobre sus propiedades acústicas. Así las estructuras superficiales de tipo meseta, que se originan en caso de firmes de calzada apisonados en caliente, como asfalto mástico de gravilla u hormigón asfáltico, conducen con igual diámetro máximo de grano de la mezcla de agregados minerales en general a niveles de ruido de rodadura de los turismos menores en 3 dB a 5 dB que las estructuras montañosas, tal y como se originan por esparcimiento, por ejemplo, en firmes de asfalto colado. Además, se ha mostrado que las características de la textura de la calzada en el rango de milímetros o micrómetros son especialmente relevantes para el ruido de la calzada.

**[0034]** Las ondulaciones de la superficie de la calzada, que varían, por ejemplo, entre 3 mm a 10 mm, conducen con profundidad de rugosidad uniforme a una modificación del nivel de ruido de rodadura de turismos de 5 dB. En caso de un cambio de la profundidad de rugosidad de la superficie de la calzada de sólo 0,5 mm se producen, según la longitud de onda en la que esto sucede, igualmente diferencias de nivel de hasta 5 dB.

### 25 *Primera forma de realización*

**[0035]** Según una primera forma de realización se produce un firme de calzada en forma de un elemento de firme de calzada en forma de placa, que presenta una estructura superficial o textura definidas. El elemento de firme de calzada en forma de placa está configurado en forma de rombo con una longitud de borde de, por ejemplo, 35 cm y una altura de, por ejemplo, 8 mm.

**[0036]** El lado superior del elemento de firme de calzada está estructurado por una macrotextura y una microtextura. La fig. 2 ilustra esquemáticamente la macrotextura del elemento de firme de calzada. En el lado superior del elemento de firme de calzada están configuradas una multiplicidad de primeras acanaladuras 1 y segundas acanaladuras 2 que cruzan las primeras acanaladuras 1, de las que las primeras acanaladuras 1 discurren respectivamente en paralelo unas respecto a otras y las segundas acanaladuras 2 discurren igualmente en paralelo unas respecto a otras. Respectivamente dos primeras acanaladuras 1 adyacentes y dos segundas acanaladuras adyacentes encierran una meseta 3 cuadrangular. Sobre el lado superior del elemento de firme de calzada están distribuidas por consiguiente una multiplicidad de mesetas 3 semejantes. Como mesetas 3 se deben entender en este caso superficies cuadrangulares, en particular en forma de paralelogramo, que están separadas unas de otras por acanaladuras 1 y 2 y están provistas dentro de un plano unas junta a otras o adyacentes entre sí en el firme de calzada.

**[0037]** Cada una de estas mesetas 3 está caracterizada por la distancia de las acanaladuras 1 y 2, así como por el ángulo de corte de las acanaladuras 1, 2. Las acanaladuras 1 y 2 cortan unas con otras con un ángulo  $\alpha$ . Para los ángulos interiores  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  y  $\delta$  de la meseta 3 cuadrangular, mostrados en la fig. 2, es válido por lo tanto  $\alpha = \gamma$  y  $\beta = \delta$ . Cada una de las mesetas 3 tiene entonces la forma de un paralelogramo. Las longitudes laterales de paralelogramos adyacentes son al menos parcialmente diferentes en tamaño. Para los ángulos mencionados son válidas además las siguientes relaciones:

50

$$60^\circ \leq \alpha, \gamma \leq 180^\circ$$

$$0^\circ \leq \beta, \delta \leq 120^\circ$$

$$\alpha + \delta = 180^\circ$$

$$\beta + \gamma = 180^\circ$$

55

**[0038]** Las longitudes laterales de la meseta 3 dependen de las distancias A y B entre las acanaladuras 1, 2. La longitud lateral media de los lados de la meseta 3 dispuestos entre las primeras acanaladuras 1 es de a y la longitud lateral de los lados de la meseta 3 dispuestos entre las primeras acanaladuras 2 es de b.

**[0039]** Las longitudes laterales están distribuidas aleatoriamente preferentemente sobre varias acanaladuras en los rangos  $a \pm \Delta a$  y  $b \pm \Delta b$ , es decir randomizadas. La distancia máxima entre las primeras acanaladuras 1 es preferentemente  $a \pm \Delta a$  y la distancia mínima entre las primeras acanaladuras 1 es preferentemente  $a - \Delta a$ . La distancia máxima entre las segundas acanaladuras 2 es de  $b \pm \Delta b$  y la distancia mínima entre las segundas acanaladuras es  $b - \Delta b$ . Las líneas a trazos en la fig. 2 representan esquemáticamente el decalado máximo posible de las acanaladuras 1 y 2, es decir, la extensión máxima y mínima de una meseta 3. Mediante esta randomización de las acanaladuras 1 y 2 se evitan ruidos de rodadura periódicos y por consiguiente tonales. Como distancia de acanaladura se entiende aquí la distancia ortogonal entre los respectivos puntos más profundos de dos acanaladuras adyacentes. Mediante la randomización de las longitudes laterales de las mesetas 3 adyacentes se evitan fracciones de ruido de rodadura periódicas tonales al atravesar el firme de calzada.

**[0040]** Las acanaladuras 1 y 2 presentan una anchura máxima  $C$  entre 1 mm y 5 mm. Además, la profundidad máxima  $T_{max}$  de las acanaladuras 1 y 2 varía entre 2 mm y 5 mm. Por consiguiente se garantiza la adherencia en el estado mojado de la calzada.

**[0041]** La longitud  $D$  de las diagonales en la dirección de marcha  $F$  varía preferentemente en un rango entre 2 y 10 mm. En este caso "Diagonal  $D$ " designa la distancia entre dos esquinas opuestas del paralelogramo encerrado por las acanaladuras 1, 2 en la dirección de marcha. La longitud  $D$  de las diagonales de las mesetas 3 no debe variar necesariamente sobre todo el rango de 2 a 10 mm. El efecto según la invención también se puede conseguir si sólo varía sobre un rango parcial de este rango, así por ejemplo, entre 4 mm y 7 mm o entre 5 y 8 mm.

**[0042]** En una configuración las distancias  $A$  entre las primeras acanaladuras 1 y las distancias  $B$  entre las segundas acanaladuras 2 pueden estar distribuidas uniformemente respectivamente sobre un rango de distancias predeterminado. Con otras palabras, las distancias de acanaladuras máximas  $A_{max}$  o  $B_{max}$ , las distancias de acanaladuras mínimas  $A_{min}$  o  $B_{min}$  y las distancias de acanaladuras medias, por ejemplo,  $(A_{max} + A_{min})/2$ , están distribuidas con respectivamente aproximadamente la misma frecuencia sobre el firme de calzada. Las distancias de acanaladuras exactas dependen en este caso del ángulo de corte entre las primeras y segundas acanaladuras. Si la longitud de las diagonales  $D$  en la dirección de marcha  $F$  varía entre 2 y 10 mm, luego es  $A_{min} = 1$  y  $A_{max} = 5$  mm con un ángulo de corte de  $\alpha = 60^\circ$ .

**[0043]** En otra configuración las acanaladuras 1 y 2 están dispuestas de manera que la variación de distancia perpendicular de las acanaladuras  $\Delta a$  o  $\Delta b$  es como máximo del 20% de la longitud diagonal  $D$ . La distancia de acanaladuras depende en este caso respectivamente de las distancias de acanaladuras adyacentes. Según esta configuración las distancias de acanaladuras no están distribuidas uniformemente, sino que están sometidas aproximadamente a una distribución normal.

**[0044]** La fig. 3 muestra esquemáticamente una representación ampliada de un recorte de un elemento de firme de calzada que ilustra la disposición randomizada de las acanaladuras, así como la randomización del tamaño de mesetas 3 adyacentes. Según se puede distinguir en la fig. 3, las distancias entre las acanaladuras 1 y 2 están distribuidas respectivamente aleatoriamente en el rango relevante para la generación de ruido. Las mesetas 3 tienen forma de paralelogramo y se sitúan respectivamente a la misma altura en un plano. En este caso las longitudes de las diagonales de las mesetas, que están orientadas en la dirección de marcha  $F$ , varían aproximadamente entre 3 y 6 mm y las diagonales en la dirección transversalmente a la dirección de marcha  $F$  aproximadamente entre 5 y 7 mm.

**[0045]** La fig. 4 muestra esquemáticamente la forma de las acanaladuras 1 y 2 según este ejemplo de realización. Según se puede distinguir en la fig. 4, los bordes de las mesetas no son angulares, sino que presentan una forma redondeada, lo que conduce a una baja excitación de vibraciones y una baja fracción de bombeo de aire (*air-pumping*) de un neumático que rueda sobre las acanaladuras. El desarrollo de borde está redondeado entre mesetas 3 adyacentes y es esencialmente en forma de V. La fig. 4 muestra la forma de borde a modo de ejemplo para una acanaladura de la anchura  $C$  de 1,5 mm y de la profundidad máxima  $T_{max}$  de 2 mm, marcando el eje  $Y$  la profundidad de la acanaladura o la altura de las mesetas, siendo válido  $T = 0$  mm en el punto más profundo de la acanaladura e indicando el eje  $X$  el lugar, siendo válido  $x = 1$  mm en el punto más profundo de la acanaladura. Descrito matemáticamente la forma de borde sigue el desarrollo siguiente:

$$T(x) = T \max \left( 1 - \left( \sin \left( 2\pi \frac{1}{0,004} x \right) \right)^{10} \right) \quad (\text{Ec. 1})$$

[0046] En la ecuación 1  $T(x)$  indica la profundidad de textura en  $m$ ,  $T_{max}$  designa la profundidad de textura máxima en  $m$  y  $x$  designa la posición en la dirección  $x$  en  $m$ , discurriendo  $x$  en paralelo a la dirección de la acanaladura (véase fig. 2). Con esta forma de borde se consigue una excitación de vibraciones mínima y una baja fracción de bombeo de aire en el ruido de neumático / cazada del neumático.

[0047] El lado superior del elemento de firme de calzada está provisto preferentemente de una microtextura para garantizar la adherencia junto a la macrotextura descrita arriba. Esta microtextura presenta una distribución de longitudes de onda distribuida aleatoriamente en el rango entre  $10 \mu$  y  $1000 \mu m$  con una profundidad de textura máxima de hasta  $300 \mu m$ .

[0048] La fig. 5 muestra el espectro de texturas en la dirección de marcha  $F$  del firme de calzada en forma de la profundidad de rugosidad efectiva  $R_t$  en función de la longitud de onda  $\lambda$ . En la figura 5 se puede distinguir que son muy bajas las fracciones de longitudes de onda con una longitud de onda mayor de  $12,5 \text{ mm}$ , que contribuyen fuertemente a la generación de ruido en el espectro audible. Mejor dicho, la fracción predominante de las fracciones del espectro se sitúa de forma distribuida entre  $1 \text{ mm}$  y  $10 \text{ mm}$ . La fig. 5 muestra así que el firme de calzada según el presente ejemplo de realización es muy silencioso. La fig. 6 es una representación de la así denominada curva del superficie portante o curva de Abbot. Según se puede distinguir de la fig. 6, el factor de forma  $g$  es del 82% en el presente ejemplo de realización.

[0049] La fig. 7a es una vista en planta esquemática de un recorte de un elemento de firme de calzada según un ejemplo de realización alternativo de la primera forma de realización. También según este ejemplo de realización, las distancias de las acanaladuras están sometidas a una distribución predeterminada, no obstante, no estando dispuestas de forma randomizada sobre el firme de calzada. Las distancias de las primeras acanaladuras 1 varían entre una distancia mínima  $A_{min}$  y una distancia máxima  $A_{max}$ . También las distancias de las segundas acanaladuras 2 varían entre una distancia mínima  $B_{min}$  y una distancia máxima  $B_{max}$ . Las distancias  $a_{max}$  y  $b_{max}$  están dimensionadas preferentemente de nuevo de modo que la longitud diagonal  $D$  en la dirección de marcha no es más de  $10 \text{ mm}$ , dado que en caso de una longitud diagonal  $D$  mayor de  $10 \text{ mm}$  sólo se obtiene de forma insuficiente el efecto de la disminución de ruido. Además, la longitud diagonal  $D$  en la dirección de marcha está dimensionada de modo que es al menos de  $2 \text{ mm}$ , dado que una longitud diagonal  $D$  menor de  $2 \text{ mm}$  conduce igualmente a un ruido de rodadura más alto debido al así denominado efecto de "airpumping".

[0050] El recorte mostrado en la fig. 7a se puede repetir en forma de baldosa sobre todo el elemento de firme de calzada o toda la calzada (véase también la fig. 8). Partiendo de acanaladuras paralelas con distancia de acanaladura máxima  $A_{max}$  o  $B_{max}$  que es, por ejemplo, aproximadamente de  $7,0 \text{ mm}$ , la distancia de acanaladura del firme de calzada se reduce gradualmente en un valor determinado (por ejemplo, aproximadamente  $0,7 \text{ mm}$ ) hasta una distancia mínima  $A_{min}$  o  $B_{min}$  de aproximadamente  $1,4 \text{ mm}$ , y luego crece de nuevo a  $A_{max}$  o  $B_{max}$ . En función de la dirección  $x$  o  $y$  la distancia de acanaladura sigue así una curva de dientes de sierra, cuyas puntas se producen por  $A_{max}$ ,  $B_{max}$  o  $A_{min}$ ,  $B_{min}$ .

[0051] En el ejemplo representado se da un número predeterminado de distancias de acanaladuras diferentes, a saber nueve, con los valores  $1,4 \text{ mm}$ ,  $2,1 \text{ mm}$  ...  $6,3 \text{ mm}$ ,  $7 \text{ mm}$ . Las distancias de acanaladuras están distribuidas esencialmente uniformemente sobre este rango de distancias, es decir, casi cada una de estas distancias de acanaladuras aparece con aproximadamente la misma frecuencia. En sentido estricto existe una distribución uniforme de las distancias de acanaladuras en la dirección  $x$  y en la dirección  $y$  en el rango de  $1,4 \text{ mm}$  a  $6,3 \text{ mm}$ , ya que las distancias máximas de  $7 \text{ mm}$  en el rango de tipo azulejo representado en la fig. 7a sólo aparece una vez y todas las otras distancias aparecen por el contrario dos veces.

[0052] Para la obtención de una reducción del ruido pueden estar previstas diferentes distancias de acanaladuras entre  $4$  a  $20$ , en particular  $7$  a  $15$ , y estar dispuestas del modo representado en la fig. 7a. En el caso de menos de  $4$  distancias de acanaladuras diferentes aparecen fácilmente periodicidades que conducen a un ruido de rodadura tonal.

[0053] Para la obtención de una reducción del ruido las distancias de acanaladuras diferentes pueden estar distribuidas uniformemente esencialmente sobre el rango de distancias  $A_{min}$  a  $A_{max}$  o  $B_{min}$  a  $B_{max}$ , sin embargo, no es obligatoria una distribución uniforme semejante. Sólo es importante que un tipo de distancias de acanaladuras o longitudes diagonales o un tipo de mesetas en forma de paralelogramo no aparezca tan frecuentemente que se produzca una excitación dominante con la frecuencia que se corresponde a esta distancia de acanaladura o esta longitud diagonal.



**[0054]** La fig. 7b muestra una forma de realización modificada de un elemento de firme de calzada o segmento de firme de calzada, en el que las acanaladuras 1 del primer grupo y las acanaladuras 2 del segundo grupo están dispuestas aproximadamente en paralelo unas respecto a otras, es decir, que se selecciona el ángulo  $\gamma$  y  $\alpha = 180^\circ$ , debido a ello el primer grupo y el segundo grupo de las acanaladuras 1, 2 se sitúan en paralelo o al menos aproximadamente en paralelo unos respecto a otros y las distancias de las acanaladuras adyacentes entre sí están randomizadas al menos parcialmente.

**[0055]** De la representación parcial según la fig. 7b se desprende que las acanaladuras 1, 2 discurren en paralelo o al menos ampliamente en paralelo unas respecto a otras, teniendo diferentes tamaños las distancias entre las acanaladuras 1, 2 y las otras acanaladuras ya no designadas en la fig. 7b, y teniendo preferentemente secciones superficiales adyacentes, que están designadas en la fig. 7b con 3a, 3b, 3c, tamaños de superficie diferentes entre sí.

**[0056]** En principio se debe tener en cuenta que bajo "secciones superficiales" se deben entender mesetas que están separadas unas de otras por las acanaladuras 1, 2.

**[0057]** En principio según la presente invención, las secciones superficiales 3 o mesetas pueden presentar la forma de paralelogramos de diferente tamaño, asimismo como la forma de secciones superficiales poligonales, estando definidas todas las mesetas por las acanaladuras 1, 2 y presentando preferentemente mesetas adyacentes diferentes tamaños.

**[0058]** Las acanaladuras 1 del primer grupo cortan preferiblemente las acanaladuras 2 del segundo grupo, según está representado anteriormente en referencia a la fig. 7a, no estando limitado el número de grupos a dos grupos, en particular, cuando las mesetas están definidas por una forma superficial poligonal.

**[0059]** A continuación se describe un procedimiento para la fabricación del elemento de firme de calzada arriba descrito. El elemento de firme de calzada se puede fabricar ventajosamente por la técnica de moldeo por inyección. Para ello en primer lugar se proporciona una máquina de moldeo por inyección, la cual presenta una unidad de inyección y un útil de moldeo por inyección con una cavidad. En la unidad de inyección se plastifica un material de moldeo de plástico enriquecido con un agregado mineral, calentándose el material de moldeo granulado por encima de la temperatura de fusión del plástico. En este caso se puede usar, por ejemplo, un granulado de poliamida al que se le mezcla como agregado mineral, por ejemplo, magnetita.

**[0060]** Luego el material de moldeo fundido se inyecta en la cavidad del útil de moldeo por inyección. La superficie de la cavidad determina la forma y estructura superficial del elemento de firme de calzada fabricado. En consecuencia está prevista una superficie de molde de la cavidad en un lado con una estructura de nervios que se cruzan, la cual se corresponde a un negativo de la macroestructura y microestructura arriba descrita del elemento de firme de calzada. El útil de moldeo por inyección hace posible en este caso una elevada exactitud de la figura en todo el rango de longitudes de onda de la microtextura y macrotectura.

**[0061]** La fig. 8 es una vista esquemática ampliada en sección transversal a través de una superficie de molde 80 de la cavidad del útil de moldeo por inyección. Según se representa en la fig. 8, la superficie de molde 80 presenta respectivamente primeros nervios 81 que discurren en paralelo unos respecto a otros y segundos nervios 82 que los cruzan. Respectivamente dos primeros nervios y dos segundos nervios encierran una depresión 83 en forma de paralelogramo en vista en planta. También las distancias entre los primeros nervios 81 y las distancias entre los segundos nervios 82 están sometidas a una de las distribuciones arriba descritas, de modo que con el útil de moldeo por inyección se puede fabricar el elemento de firme de calzada arriba descrito. Frente a la superficie de molde 80 está dispuesta una superficie de molde 84 que está indicada a trazos en la fig. 8, no reproduciéndose a escala la distancia entre las superficies de molde 80 y 84. Esta superficie de molde 84, con la que se moldea el lado inferior del elemento de firme de calzada, está provista preferentemente con la misma estructura que el lado superior, es decir, con primeros y segundos nervios que se cruzan. Frente a las acanaladuras 1, 2 y mesetas 3 en el lado superior están dispuestas así acanaladuras y mesetas correspondientes en el lado inferior. Con ello se puede impedir que al enfriarse el elemento de firme de calzada después del proceso de moldeo por inyección aparezcan tensiones por las que se deforme y doble u ondule la pieza fabricada.

**[0062]** Después de la inyección del material de moldeo plastificado en la cavidad del útil de moldeo por inyección se difunde el material de moldeo en la cavidad y la llena completamente bajo alta presión. Después el enfriamiento del material de moldeo se retira el elemento de firme de calzada terminado del útil de moleo por inyección.

**[0063]** La fig. 9 es una foto de un elemento de firme de calzada fabricado a modo de ejemplo, en el que se puede distinguir claramente la macroestructura del lado superior del elemento de firme de calzada. La fig. 10 es una foto del elemento de firme de calzada en la fig. 9 y junto a la macroestructura muestra claramente la microestructura del lado superior del elemento de firme de calzada.

**[0064]** El procedimiento arriba descrito para la fabricación del elemento de firme de calzada arriba descrito tiene la ventaja de que hace posible la prefabricación industrial de elementos de firme de calzada. Por consiguiente los elementos de firme de calzada se pueden fabricar bajo condiciones básicas claramente definibles, como por ejemplo, temperatura, humedad del aire, microestructura y macroestructura predeterminada por el útil de moldeo por inyección, etc. y no están sometidos a condiciones climáticas u otras influencias que pueden influir en la naturaleza superficial en caso de una fabricación del firme de calzada in situ. Con otras palabras, las propiedades de los elementos de calzada fabricados están definidas y se pueden reproducir.

**[0065]** Para fabricar una calzada se disponen una multiplicidad de elementos de firme de calzada fabricados según se describe arriba sobre un sustrato preparado correspondientemente. Para sustituir cubiertas asfaltadas ya existentes por el firme de calzada según la invención se retira para ello la capa asfáltica superior mediante fresado, originándose una estructura de acanaladuras longitudinales en la superficie del sustrato y eliminándose desniveles bastos.

**[0066]** Pero también es posible aplicar los elementos de firme de calzada sobre hormigón, sobre una superficie asfaltada existente o una multiplicidad de otros sustratos.

**[0067]** La fijación de los elementos de firme de calzada se puede realizar por pegado sencillo. Para ello se pueden usar, por ejemplo, adhesivos basados en poliuretano, que se aplican sobre el lado inferior de los elementos de firme de calzada y/o el sustrato, después de lo cual los elementos de firme de calzada se presanan sobre el sustrato. En este caso los elementos de firme de calzada se orientan de manera que la dirección representada en las fig. 2 y 3 por la flecha F coincide con la dirección de marcha. Después del endurecimiento del adhesivo se termina con ello el firme de calzada silencioso.

**[0068]** La naturaleza modular de los elementos de firme de calzada ofrece diferentes ventajas. Así la aplicación de los elementos de firme de calzada para la configuración de la calzada se puede interrumpir en todo momento y comenzar de nuevo, mientras que una interrupción de la aplicación de la calzada en los firmes de calzada convencionales es esencialmente más costosa.

**[0069]** Dado que los elementos de firme de calzada pueden estar hechos, por ejemplo, de plástico, existe además un mayor grado de libertad en referencia a la coloración e influencia de la reflectividad. Entonces el color de los elementos de firme de calzada se puede configurar a voluntad por adición de colorantes o pigmentos correspondientes en la materia prima para el material de moldeo. Además, la reflectividad de los elementos de firme de calzada se puede influir por la adición de microesferas de vidrio en el material de moldeo de plástico. Con ello el firme de calzada se puede adaptar óptimamente a las condiciones ambientales.

**[0070]** Otra ventaja de los elementos de firme de calzada arriba descritos es que hacen posible una reducción del espesor del firme de calzada de varios centímetros a algunos milímetros.

**[0071]** La fig. 11 muestra gráficas de los espectros de frecuencias de los ruidos de paso para tres velocidades diferentes que se han medido sobre una calzada con un firme de calzada a partir de los elementos de firme de calzada según la invención. Los ruidos de paso se han registrado a una distancia de 7,5 m respecto al centro de la calzada y una altura de 1,2 m sobre el borde superior de la calzada. Para los ensayos de conducción se ha equipado el vehículo de test (Volkswagen Passat) con neumáticos de tamaño 195/65 R 15. El vehículo se ha desplazado cada sin accionamiento, es decir, con motor desconectado y transmisión desembragada sobre el firme de calzada. Los ensayos de conducción se han realizado con velocidades nominales de 50 km/h, 80 km/h y 120 km/h. La fig. 11A muestra el espectro en tercios de octava medido para 50 km/h, la fig. 11B para 80 km/h y la fig. 11C para 120 km/h.

**[0072]** La velocidad de marcha real se ha determinado y registrado con una pistola de radar. Para los ensayos de conducción se han usado juegos de neumáticos con diferentes tipos de neumáticos representativos, a saber Michelin Energy, Continental Premium Contact, Vredestein Snowtrac 2 y AVON ZV1. Los recorridos medidos se han repetido al menos cuatro veces para cada combinación de neumáticos / velocidad. Para cada recorrido medido se ha determinado el nivel de paso máximo y el espectro en tercios de octava en el instante del nivel de paso máximo.

Los espectros en tercios de octava representados en la fig. 11 reproducen el resultado del análisis de regresión de los datos medidos para las velocidades nominales de 50 km/h, 80 km/h y 120 km/h como valores medios sobre los cuatro neumáticos. En el borde izquierdo de los diagramas está inscrito respectivamente el nivel máximo ponderado A.

5

**[0073]** Para la comparación en la fig. 12 están representados los espectros en tercios de octava del nivel de paso máximo ponderado A como valores medios para un colectivo de neumáticos representativos del tamaño 195/65 R15 para cinco firmes de calzada convencionales diferentes, a saber Novachip, asfalto mástico de gravilla 0/8, asfalto mástico de gravilla 0/11, asfalto colado con dispersión 5/8 y asfalto colado con dispersión 2/3. En este caso la fig. 12A muestra de nuevo los espectros en tercios de octava medidos para 50 km/h, la fig. 12B para 80 km/h y la fig. 12C para 120 km/h.

10

**[0074]** Bajo los firmes de calzada también está el asfalto mástico de gravilla tomado aquí por base como firme de referencia con la distribución de tamaño de grano 0-8 mm (SMA 0/8). Sobre este asfalto mástico de gravilla 0/8 se han alcanzado de media los niveles de paso siguientes:

15

50 km/h:	68,9 dB(A)
80 km/h:	74,9 dB(A)
120 km/h:	80,1 dB(A)

20

**[0075]** Los niveles de paso obtenidos con el ejemplo de realización del firme de calzada aquí descrito presentan por consiguiente de media las siguientes diferencias de nivel (redondeado) frente al asfalto de referencia:

25

50 km/h:	-2,7 dB(A)
80 km/h:	-1,3 dB(A)
120 km/h:	-0,1 dB(A)

**[0076]** Por consiguiente el ejemplo de realización arriba descrito proporciona un firme de calzada reproducible industrialmente de forma definida, que produce un nivel de paso menor que un firme SMA 0/8 convencional.

30

**[0077]** Con el firme de calzada aquí descrito es posible construir sobre firmes de calzada existentes para sanearlos o mejorarlos acústicamente. Además, es posible proveer modos constructivos, que no presentan propiedades acústicas favorables, como por ejemplo, firmes de calzada de hormigón, de una capa de desgaste que reduce el ruido. Por consiguiente las propiedades funcionales favorables de los firmes de calzada de hormigón, como por ejemplo, elevada capacidad de carga y longevidad se pueden combinar con un firme de calzada eficaz acústicamente.

35

#### *Segunda forma de realización*

40

**[0078]** Según la primera forma de realización el firme de calzada se aplica en forma de elementos de firme de calzada sobre la cubierta de la calzada. No obstante, también es posible estructurar el firme de calzada in situ. Esto se explica mediante una segunda forma de realización.

45

**[0079]** Para ello en primer lugar se prepara y plastifica un material de moldeo a aplicar sobre un sustrato. Este material de moldeo puede estar hecho del mismo material que para el primer ejemplo de realización arriba explicado. El material de moldeo plastificado o calentado se inyecta con una máquina de inyección sobre un sustrato preparado correspondientemente. Como en el primer ejemplo de realización una cubierta asfáltica existente se puede sustituir por el firme de calzada según la invención; pero también es posible aplicar el material de moldeo sobre hormigón, sobre una superficie asfaltada existente u otro sustrato.

50

**[0080]** Para ello el material de moldeo a partir de plástico y agregados minerales se produce en una extrusionadora, sale a presión de la extrusionadora a través de una boquilla de inyección amplia de alta presión, y se distribuye de forma uniforme sobre la superficie de la calzada con una altura de aproximadamente 8 mm hasta 12 mm. Mientras que el plástico todavía no se ha endurecido completamente y por consiguiente todavía se puede moldear, se graban la macrotextura y la microtextura en el lado superior del plástico con uno o varios troqueles.

55

**[0081]** Similar a la superficie de molde del útil de inyección arriba descrito, también la superficie de molde del troquel se provee de una estructura de nervios que se cruzan entre sí, la cual se corresponde con un negativo de la macroestructura y microestructura arriba descrita del firme de calzada. Por consiguiente el troquel hace posible una

elevada exactitud de imagen en todo el rango de longitudes de onda de la microtextura y macrotextura. Dicho más exactamente, también el troquel presenta primeros nervios que discurren en paralelo unos respecto a otros y segundos nervios que discurren en paralelo unos respecto a otros y cortan los primeros nervios, encerrando respectivamente dos primeros nervios adyacentes y dos segundos nervios adyacentes una depresión en forma de paralelogramo en vista en planta. Los nervios están configurados de manera que por aplicación perpendicular del troquel sobre el material de moldeo se obtiene un firme de calzada con la macroestructura o microestructura arriba descrita.

5  
10 **[0082]** Para el grabado de la estructura superficial se pueden prever varios troqueles unos tras otros, colocándose el respectivo sello posterior en la dirección de aplicación después del proceso de grabado delante del sello frontal en la dirección de aplicación. Por consiguiente se puede acelerar el proceso de grabado ya que siempre se graba al menos una sección de la calzada.

15 **[0083]** La aplicación directa del material de moldeo sobre la calzada y grabado de la estructura superficial in situ tiene la ventaja, en comparación a la primera forma de realización, de que se suprime la prefabricación industrial de los elementos de firme de calzada, lo que simplifica la logística necesaria para la fabricación de la calzada. Así no se deben prefabricar elementos de firme de calzada en cantidad y calidad suficientes, transportarse al lugar de uso y mantenerse allí. Además, también es posible adaptar el plástico por adición de aditivos correspondientes in situ exactamente a las condiciones y requisitos locales.

20 **[0084]** Aunque las formas de realización arriba mencionadas se han descrito anteriormente mediante ejemplos de realización preferidos, no se limitan a ellos, sino que se pueden modificar de múltiples modos y maneras. En particular se pueden combinar entre sí diferentes características de las configuraciones arriba descritas.

25 **[0085]** Así es posible, por ejemplo, configurar elementos de firme de calzada según la primera forma de realización de gran superficie con dimensiones de varios metros de largo y enrollarlos. Los rollos de firme de calzada semejantes se pueden desenrollar luego de forma sencilla, tras la aplicación de un adhesivo apropiado sobre el sustrato, lo que simplifica en extremo el proceso de tendido.

30 **[0086]** Además, en el procedimiento de fabricación según la segunda forma de realización también es posible grabar la estructura superficial en el firme de calzada en lugar de un troquel con un rodillo.

35 **[0087]** En adelante es posible grabar la estructura superficial directamente en el hormigón en el procedimiento de fabricación según la segunda forma de realización, en lugar de plástico o de una mezcla de plástico y agregados minerales. Para ello en primer lugar se aplica hormigón como material de moldeo sobre el sustrato de la calzada, el hormigón se graba de la manera arriba descrita con troqueles o similares y por consiguiente se provee de la macroestructura arriba descrita. Esto tiene la ventaja de que las propiedades del ruido de una superficie de calzada de hormigón se pueden mejorar esencialmente de manera sencilla.

40 **[0088]** Por consiguiente el material para el firme de calzada no está limitado a un plástico enriquecido con agregados minerales, sino que asimismo es posible usar metal o agregados minerales bituminosos, ligados por cemento o resina sintética.

**REIVINDICACIONES**

1. Firme de calzada con secciones superficiales (3) determinadas sobre su superficie por acanaladuras (1, 2) impresas en la superficie
- 5 en el que las acanaladuras (1, 2) comprenden un primer grupo de acanaladuras (1) que discurren aproximadamente en paralelo unas respecto a otras, así como al menos un segundo grupo de acanaladuras (2) que discurren aproximadamente en paralelo unas respecto a otras y cruzan el primer grupo de acanaladuras (2), de modo que respectivamente dos acanaladuras adyacentes del primer y del segundo grupo (1, 2) determinan respectivamente
- 10 una sección superficial (3) aproximadamente en forma de paralelogramo,
- caracterizado porque** tanto dentro del primer grupo de acanaladuras (1) como también dentro del segundo grupo de acanaladuras (2) están previstas respectivamente distancias diferentes entre las acanaladuras, de modo que se reduce el ruido de neumático / calzada que se origina al atravesar el firme de calzada.
- 15
2. Firme de calzada según la reivindicación 1, **caracterizado porque** las secciones superficiales (3) presentan un longitud de cómo máximo 10 mm en la dirección de marcha.
3. Firme de calzada según la reivindicación 1, **caracterizado porque** las distancias (A, B) de las
- 20 acanaladuras (1) del primer grupo y las distancias de las acanaladuras (2) del segundo grupo están distribuidas respectivamente entre una distancia de acanaladura mínima (Amin, Bmin) y una distancia de acanaladura máxima (Amax, Bmax).
4. Firme de calzada según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** las distancias (A)
- 25 entre las acanaladuras (1) del primer grupo y las distancias (B) entre las acanaladuras (2) del segundo grupo están sometidas a una distribución aleatoria.
5. Firme de calzada según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** las distancias (A) entre las acanaladuras (1) del primer grupo y las distancias (B) entre las acanaladuras (2) del segundo
- 30 grupo cada vez están distribuidas uniformemente entre la distancia de acanaladura mínima (Amin, Bmin) y la distancia de acanaladura máxima (Amax, Bmax).
6. Firme de calzada según la reivindicación 5, **caracterizado porque** la distancia de acanaladura mínima (Amin, Bmin) es al menos de 1 mm y la distancia de acanaladura máxima (Amax, Bmax) es al menos de 5 mm.
- 35
7. Firme de calzada según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** las acanaladuras (1) del primer grupo y las acanaladuras (2) del segundo grupo forman un primer ángulo  $\alpha$  y un segundo ángulo  $\beta$ , para los que es válido:
- 40  $60^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ , y  
 $0^\circ \leq \beta \leq 120^\circ$ .
8. Firme de calzada según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la anchura máximas (C) de las acanaladuras (1, 2) en el lado superior es de 1 mm a 5 mm.
- 45
9. Firme de calzada según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la profundidad máxima (Tmax) de las acanaladuras (1, 2) es de 2 mm a 10 mm.
10. Firme de calzada según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** las
- 50 secciones superficiales (3) en forma de paralelogramo están dispuestas a la misma altura en un plano.
11. Firme de calzada según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** las longitudes laterales de las secciones superficiales (3) en forma de paralelogramo están dimensionadas respectivamente diferentes respecto a las longitudes laterales de las secciones superficiales (3) adyacentes en
- 55 forma de paralelogramo.
12. Firme de calzada según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** las longitudes de las diagonales (D) de las secciones superficiales (3) en forma de paralelogramo son al menos de 2 mm y como máximo de 10 mm.

13. Firme de calzada según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** están redondeados los bordes de las acanaladuras (1, 2) que delimitan las secciones superficiales (3).
- 5 14. Firme de calzada según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** las acanaladuras (1, 2) presentan una forma esencialmente en V en sección transversal.
15. Firme de calzada según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la superficie de las secciones superficiales (3) presenta una microestructura con una distribución de longitudes de onda distribuida aleatoriamente en el rango entre 10  $\mu\text{m}$  y 1000  $\mu\text{m}$  y una profundidad de textura máxima de hasta 300  $\mu\text{m}$ .
- 10 16. Firme de calzada según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el firme de calzada está configurado como elemento de firme de calzada en forma de placa.
- 15 17. Firme de calzada según la reivindicación 16, **caracterizado porque** el elemento de firme de calzada es romboidal y **porque** respectivamente dos bordes laterales del elemento de firme de calzada discurren en paralelo a las primeras acanaladuras (1) o las segundas acanaladuras (2).
18. Firme de calzada según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el firme de calzada está fabricado de plástico enriquecido con un agregado mineral.
- 20 19. Firme de calzada según la reivindicación 18, **caracterizado porque** el plástico es poliéster o poliamida.
- 25 20. Firme de calzada según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el firme de calzada está fabricado de metal.
21. Procedimiento para la fabricación de un elemento de firme de calzada, en particular de un elemento de firme de calzada según una de las reivindicaciones 1 a 19, con:
- 30 moldeo por inyección del elemento de firme de calzada con un útil de moldeo por inyección que presenta una superficie de molde (80) con un primer grupo de primeros nervios (81) que discurren en paralelo unos respecto a otros y un segundo grupo de segundos nervios (82) que discurren en paralelo unos respecto a otros y cruzan los primeros nervios, en el que respectivamente dos primeros nervios (81) adyacentes y dos segundos nervios (82) adyacentes determinan una depresión (83) en forma de paralelogramo,
- 35 **caracterizado porque** tanto dentro del primer grupo de nervios (81) como también dentro del segundo grupo de nervios (82) están previstas respectivamente distancias diferentes entre los nervios, de modo que se reduce el ruido de neumático / calzada que se origina al atravesar el firme de calzada fabricado.
- 40 22. Procedimiento para la fabricación de una calzada, con las etapas siguientes:
- fabricación al menos de un elemento de firme de calzada con el procedimiento según la reivindicación 21, y
- 45 pegado de los elementos de firme de calzada sobre un sustrato de calzada en una secuencia sucesiva o unos junto a otros.
23. Procedimiento según la reivindicación 21 ó 22, **caracterizado porque** un grupo de diagonales (D) de las secciones superficiales (3) está orientado esencialmente en la dirección de marcha (F) de la calzada.
- 50 24. Procedimiento para la fabricación de un firme de calzada, en particular de un firme de calzada según una de las reivindicaciones 1 a 19, con las etapas siguientes:
- aplicación de un material de moldeo sobre un sustrato de calzada;
- 55 grabado del material de moldeo aplicado con un troquel de grabado que presenta una superficie de molde (80) con un primer grupo de primeros nervios (81) que discurren en paralelo unos respecto a otros y un segundo grupo de segundos nervios (82) que discurren en paralelo unos respecto a otros y cruzan los primeros nervios, en el que respectivamente dos primeros nervios (81) adyacentes y dos segundos nervios (82) adyacentes determinan una

depresión (83) en forma de paralelogramo,

**caracterizado porque** tanto dentro del primer grupo de nervios (81) como también dentro del segundo grupo de nervios (82) están previstas respectivamente distancias diferentes entre los nervios, de modo que se reduce el ruido de neumático / calzada que se origina al atravesar el firme de calzada fabricado.

25. Procedimiento según la reivindicación 24, **caracterizado porque** el material de moldeo es un plástico enriquecido con un agregado mineral.

10 26. Procedimiento según la reivindicación 24, **caracterizado porque** el material de moldeo es hormigón.

27. Útil de moldeo por inyección para la fabricación de un elemento de firme de calzada, en particular de un elemento de firme de calzada según una de las reivindicaciones 1 a 19, en el que el útil de moldeo por inyección presenta una superficie de molde (80) con un primer grupo de primeros nervios (81) que discurren en paralelo unos respecto a otros y un segundo grupo de segundos nervios (82) que discurren en paralelo unos respecto a otros y cruzan los primeros nervios, y en el que respectivamente dos primeros nervios (81) adyacentes y dos segundos nervios (82) adyacentes determinan una depresión (83) en forma de paralelogramo,

20 **caracterizado porque** tanto dentro del primer grupo de nervios (81) como también dentro del segundo grupo de nervios (82) están previstas respectivamente distancias diferentes entre los nervios, de modo que se reduce el ruido de neumático / calzada que se origina al atravesar el firme de calzada fabricado.

28. Troquel para la fabricación de un firme de calzada, en particular de un elemento de firme de calzada según una de las reivindicaciones 1 a 20, en el que el troquel presenta una superficie de molde (80) con un primer grupo de primeros nervios (81) que discurren en paralelo unos respecto a otros y un segundo grupo de segundos nervios (82) que discurren en paralelo unos respecto a otros y cruzan los primeros nervios, y en el que respectivamente dos primeros nervios (81) adyacentes y dos segundos nervios (82) adyacentes determinan una depresión (83) en forma de paralelogramo,

30 **caracterizado porque** tanto dentro del primer grupo de nervios (81) como también dentro del segundo grupo de nervios (82) están previstas respectivamente distancias diferentes entre los nervios, de modo que se reduce el ruido de neumático / calzada que se origina al atravesar el firme de calzada fabricado.

Fig. 1B

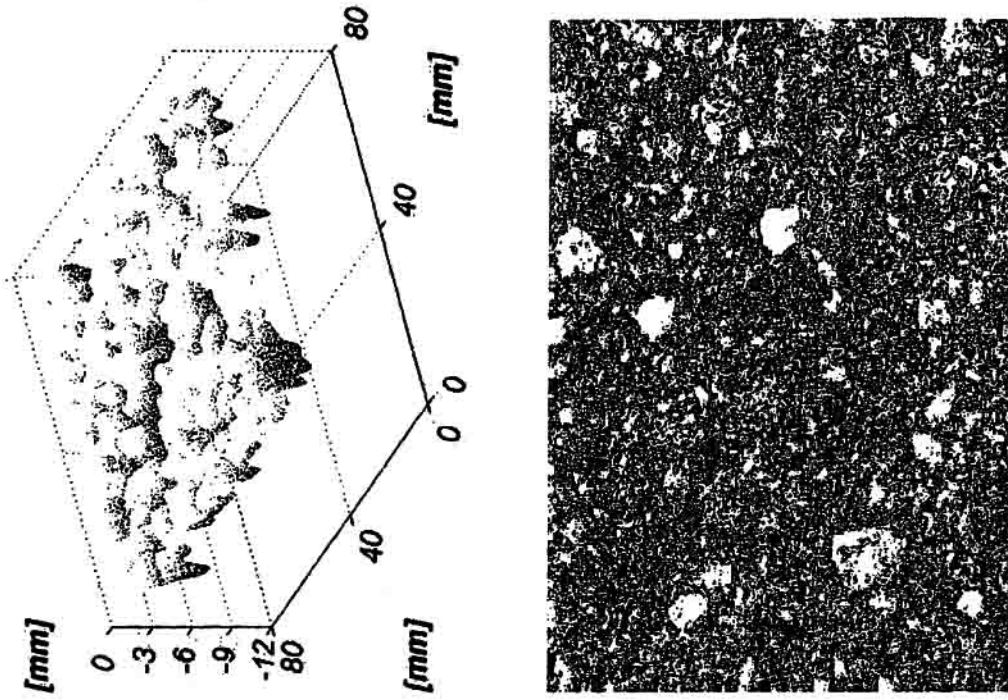


Fig. 1A

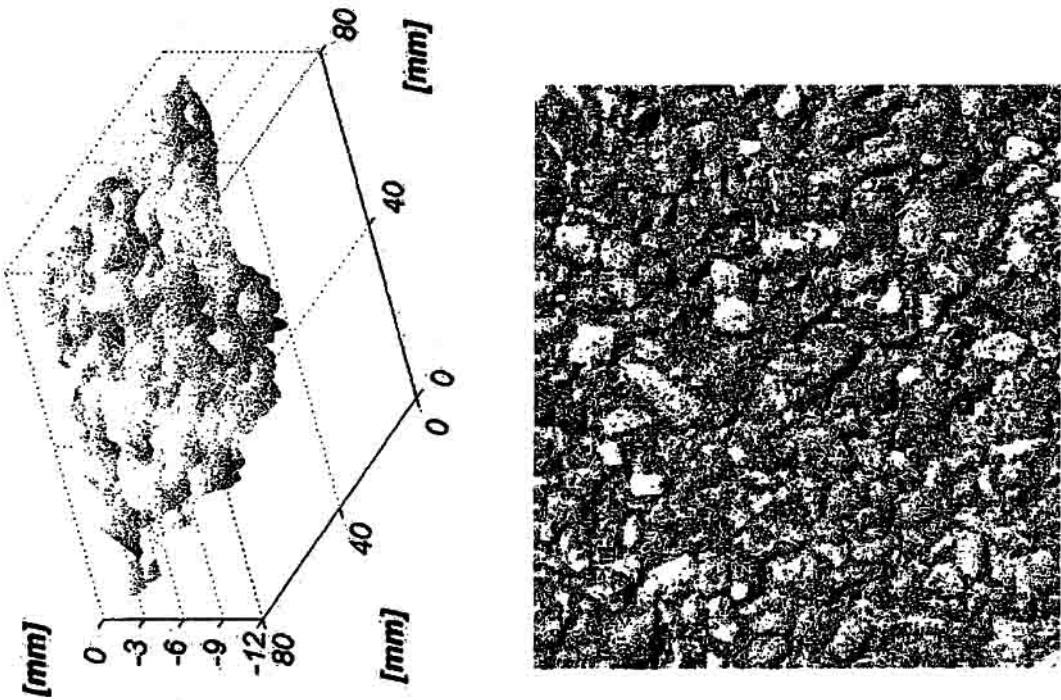




Fig. 1D

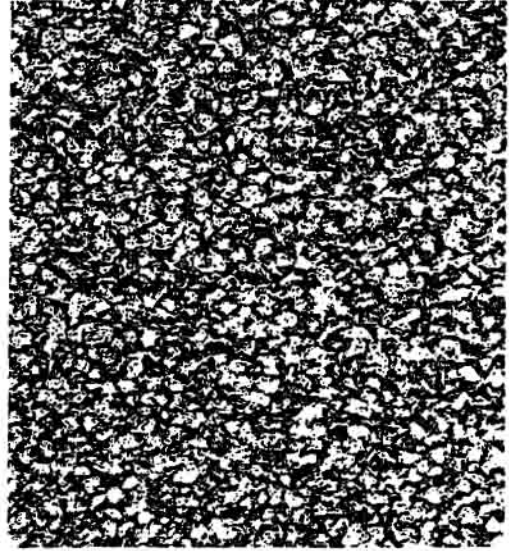
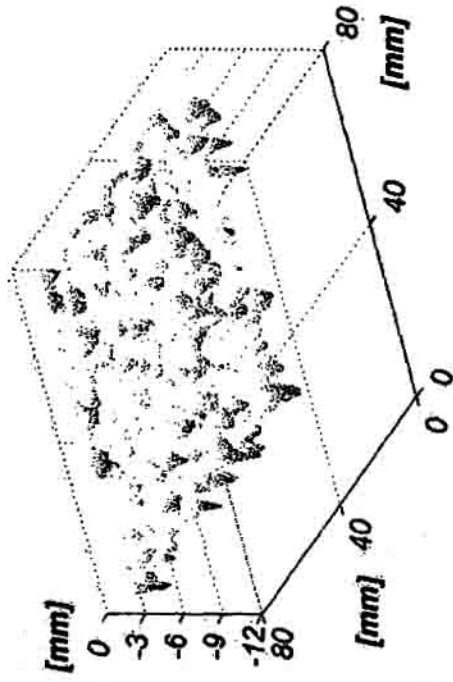
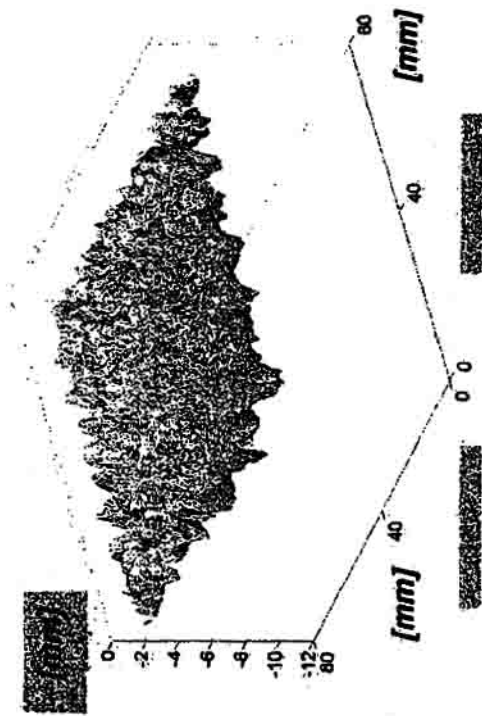


Fig. 1C



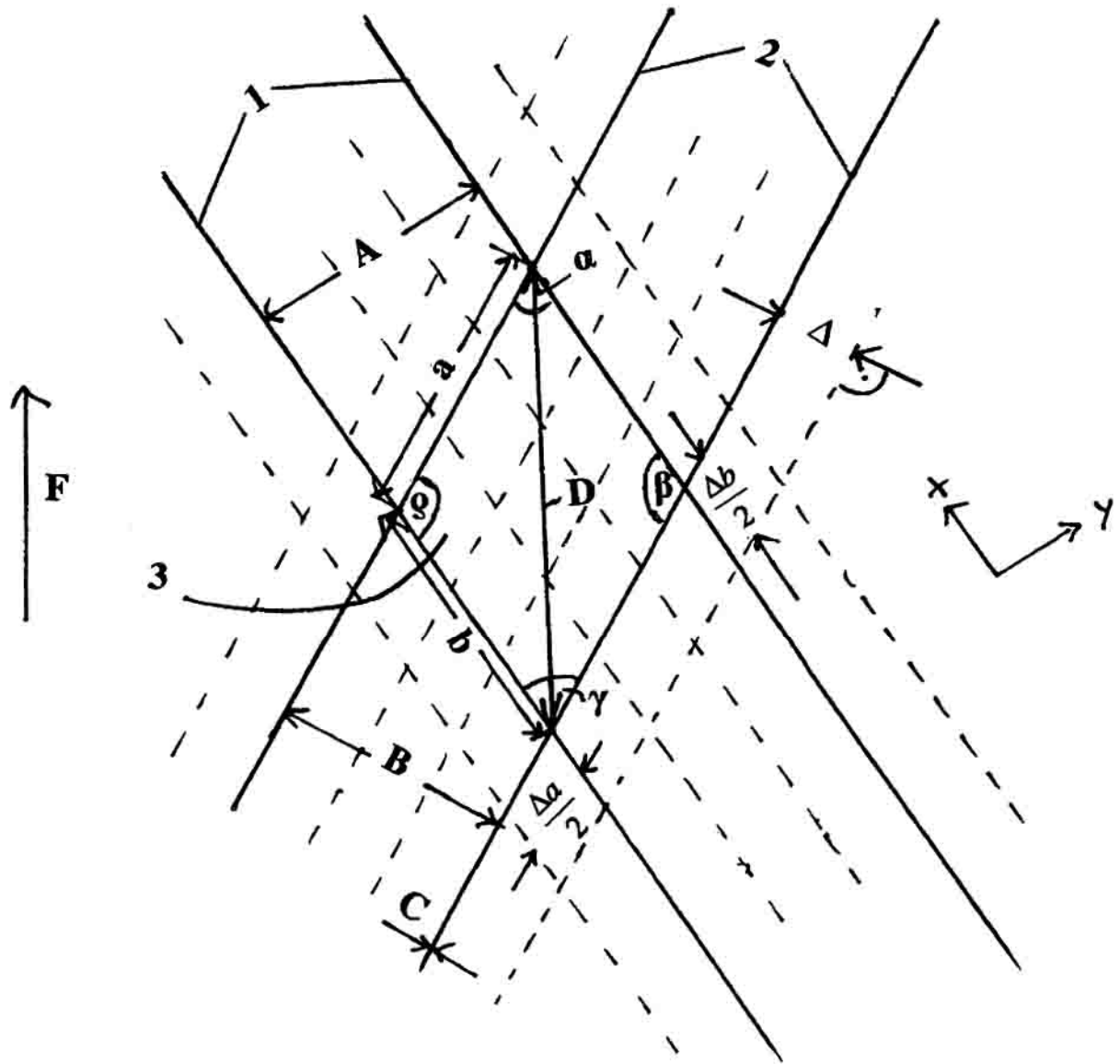


Fig. 2

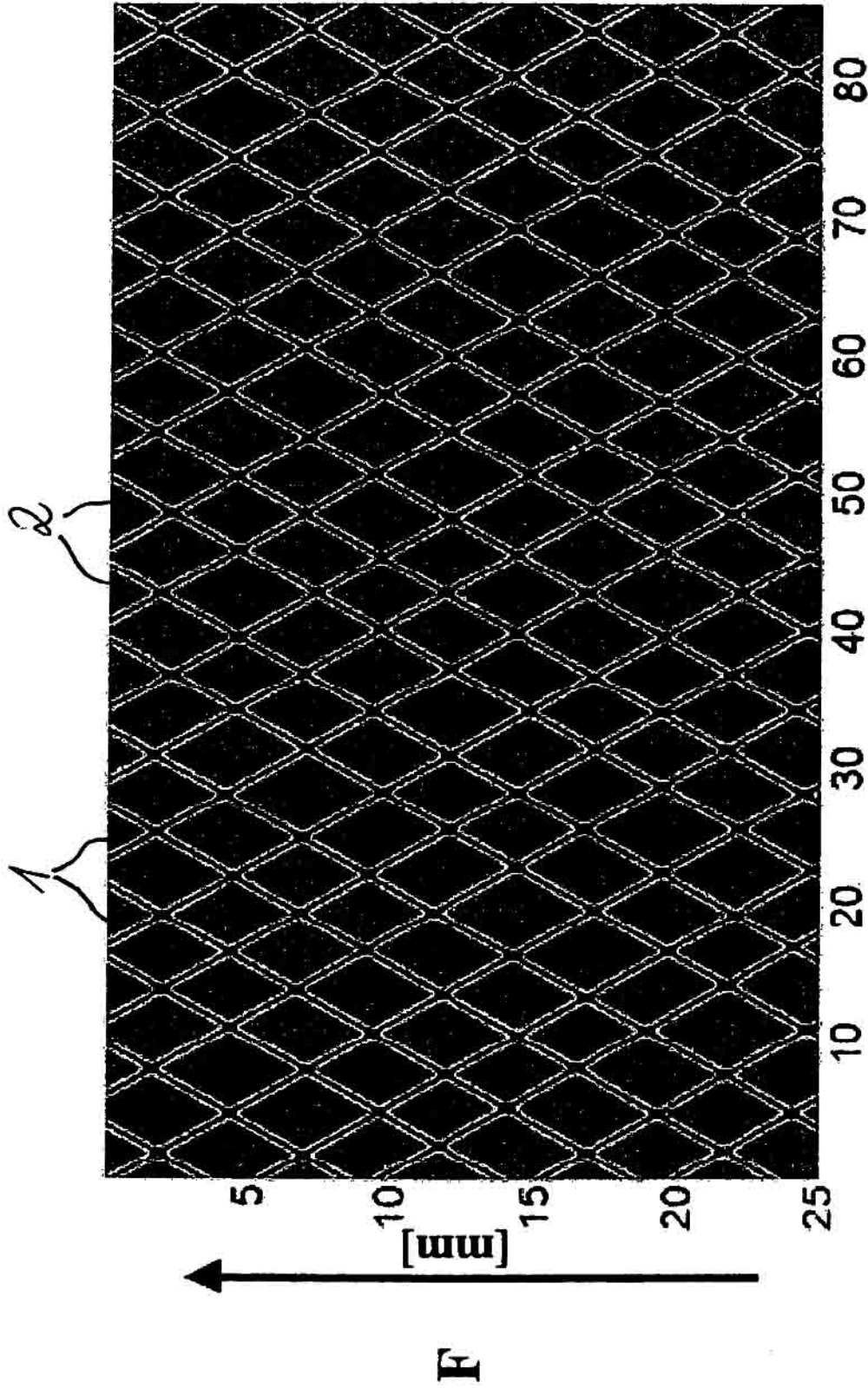
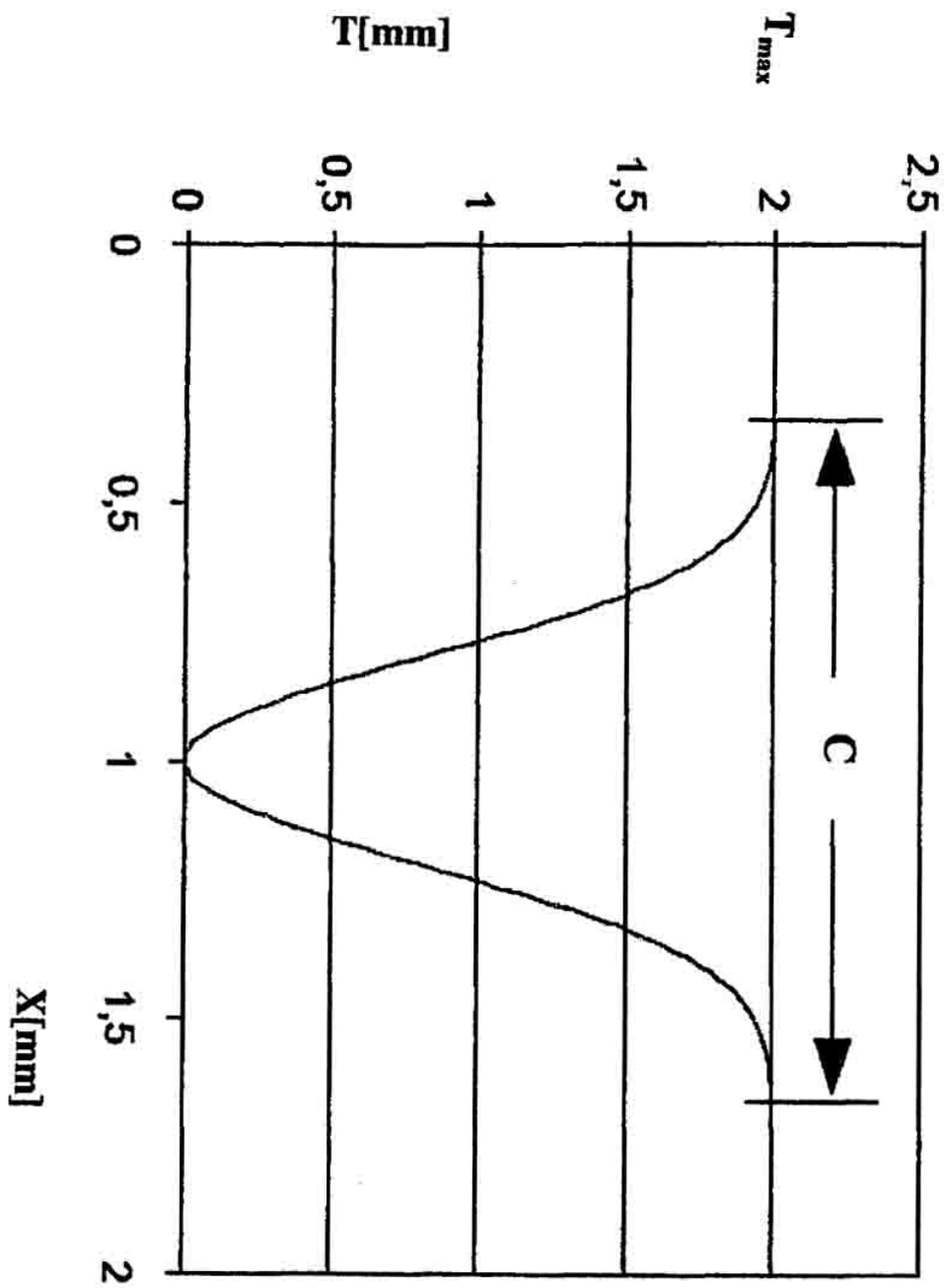
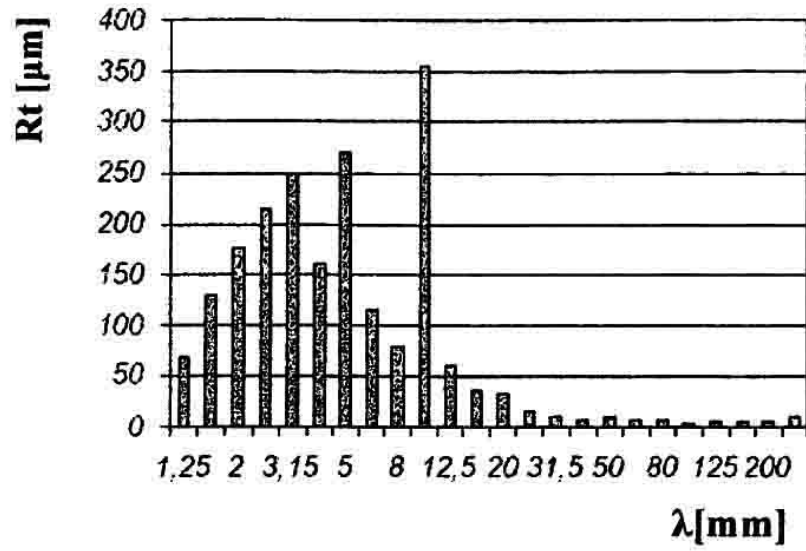


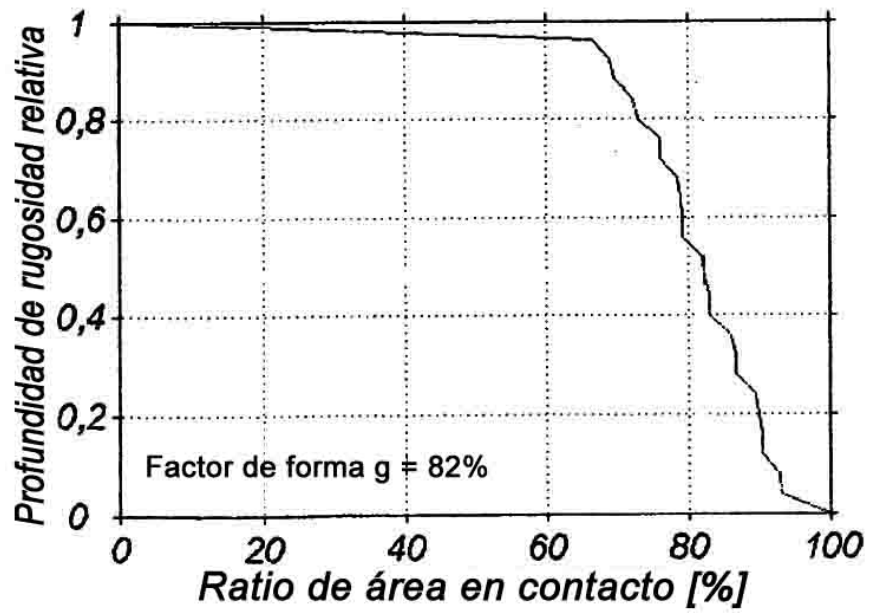
Fig. 3 [mm]



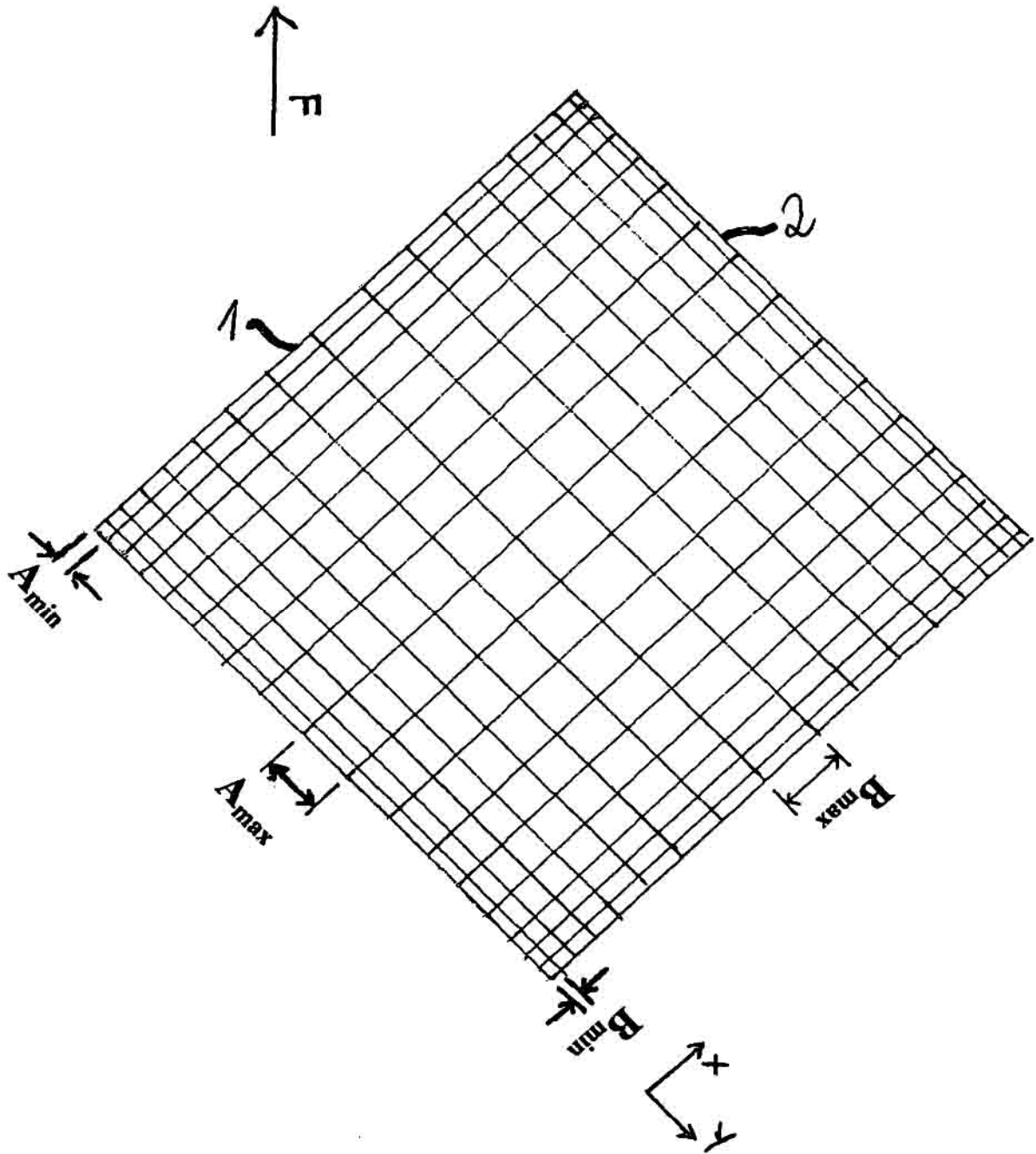
**Fig. 4**



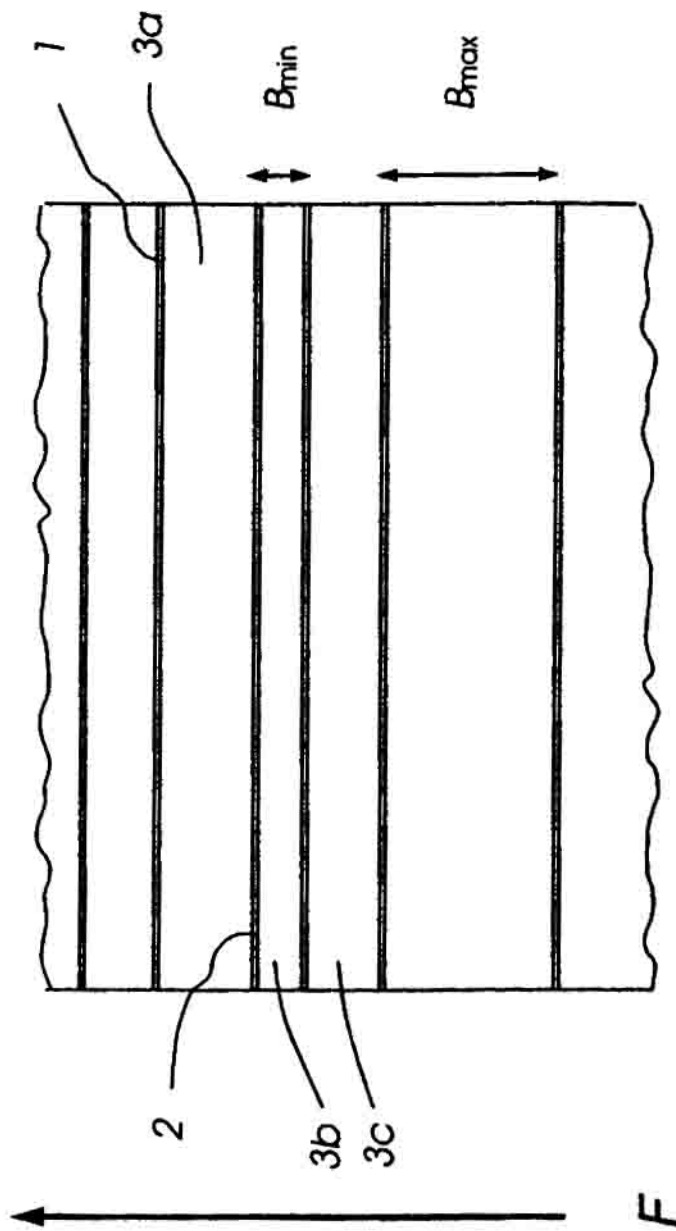
**Fig. 5**



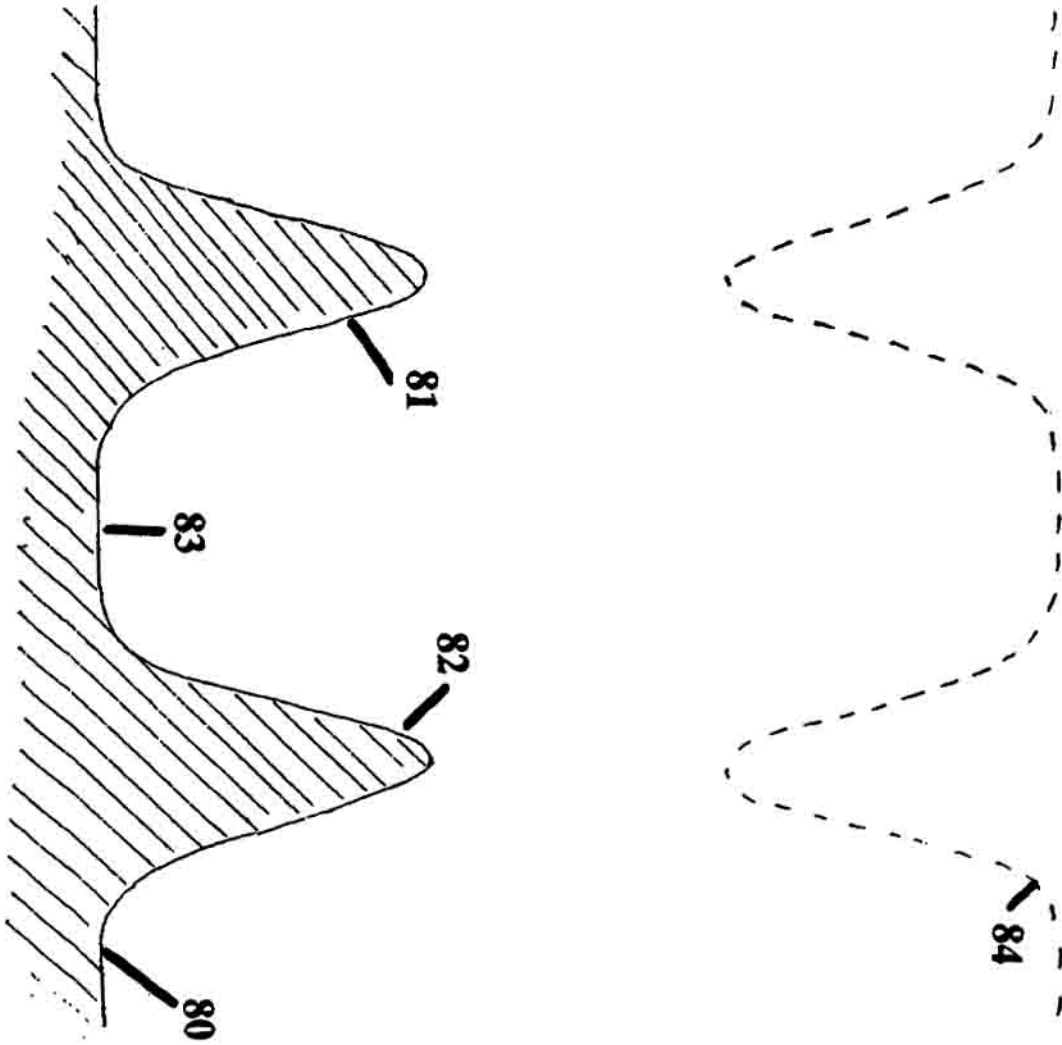
**Fig. 6**



**Fig. 7a**

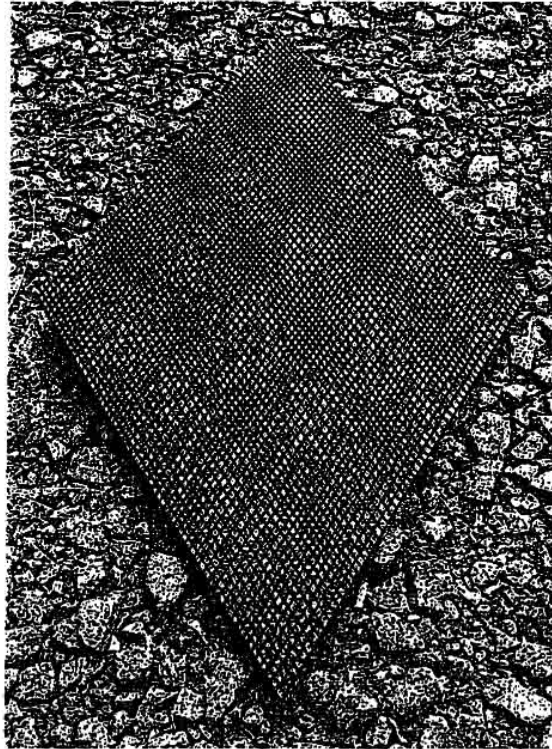


**Fig. 7b**

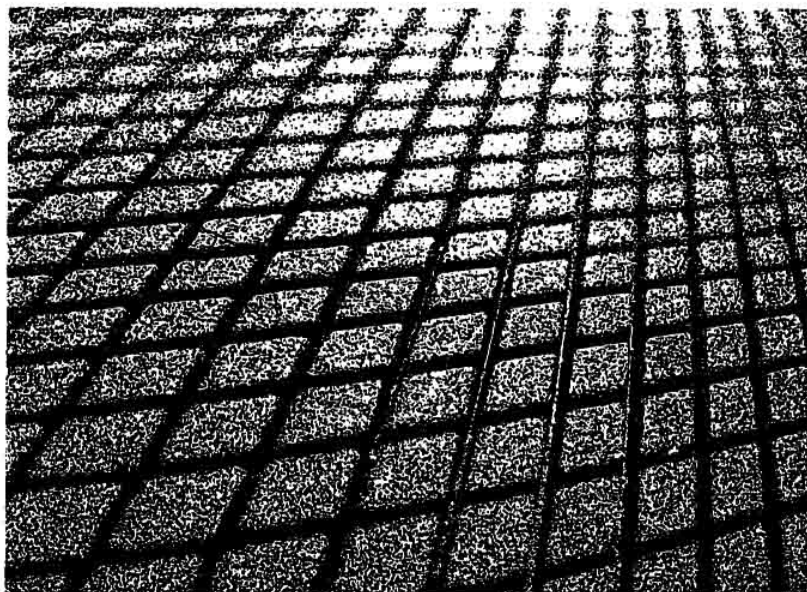


**Fig. 8**

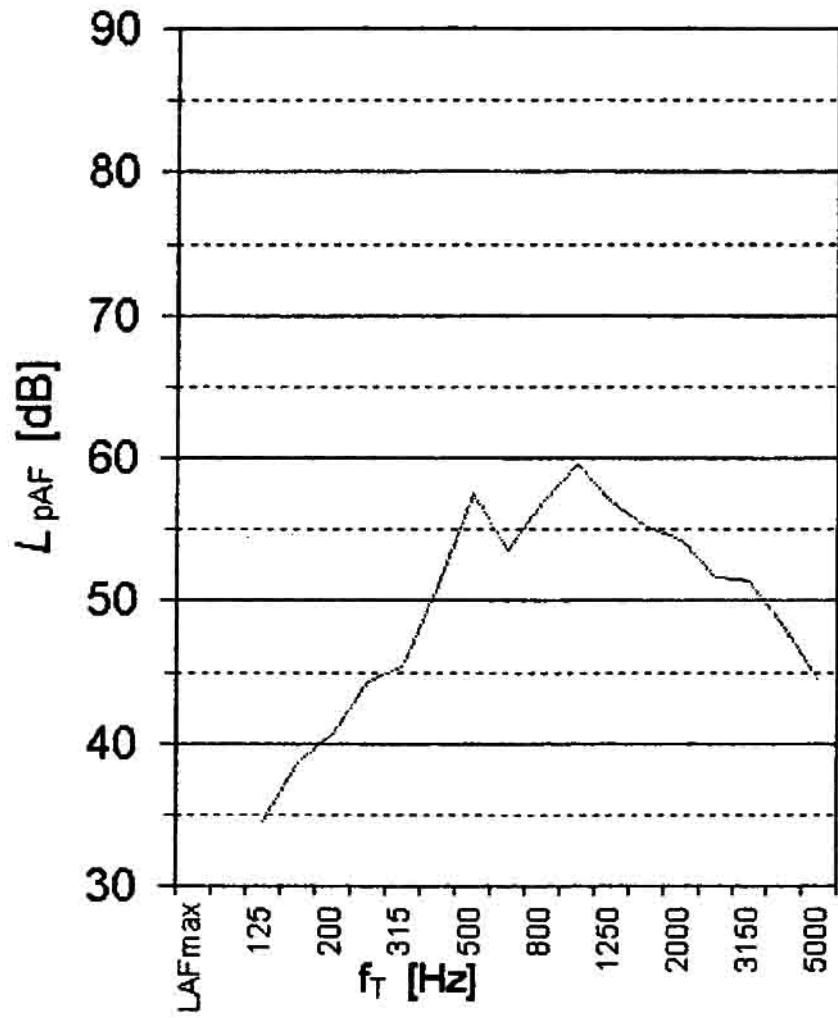




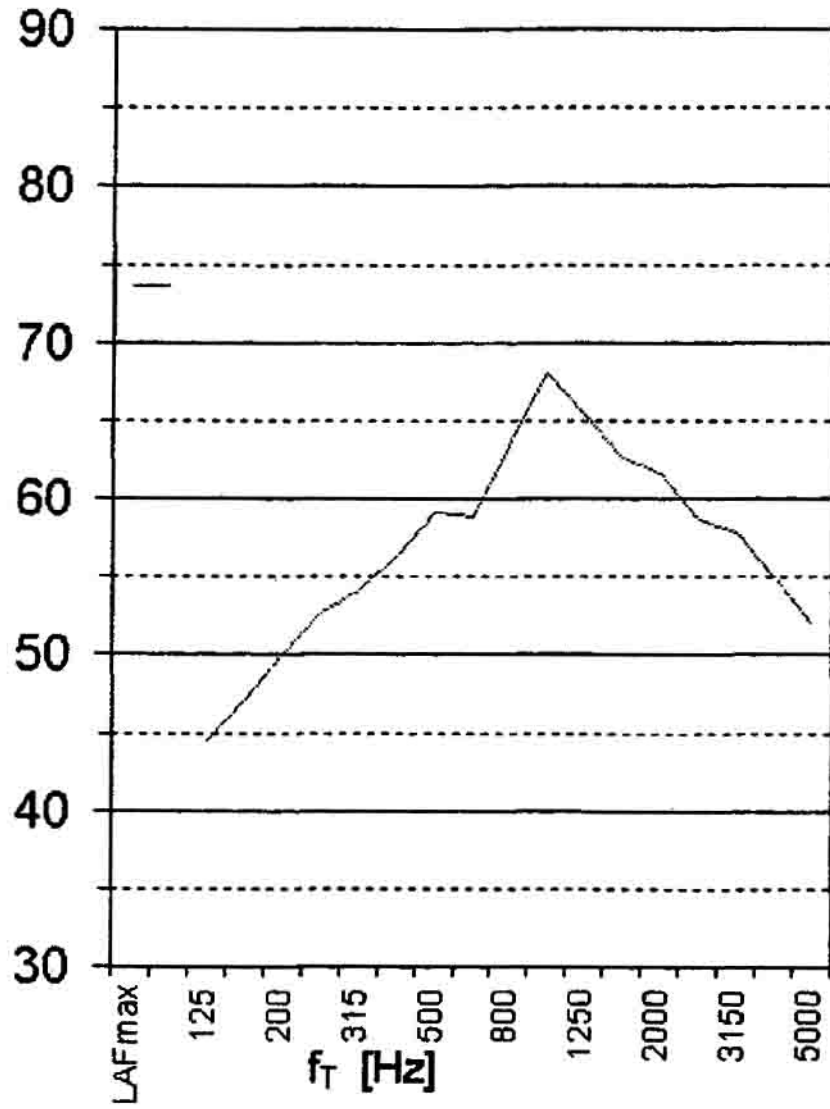
**Fig. 9**



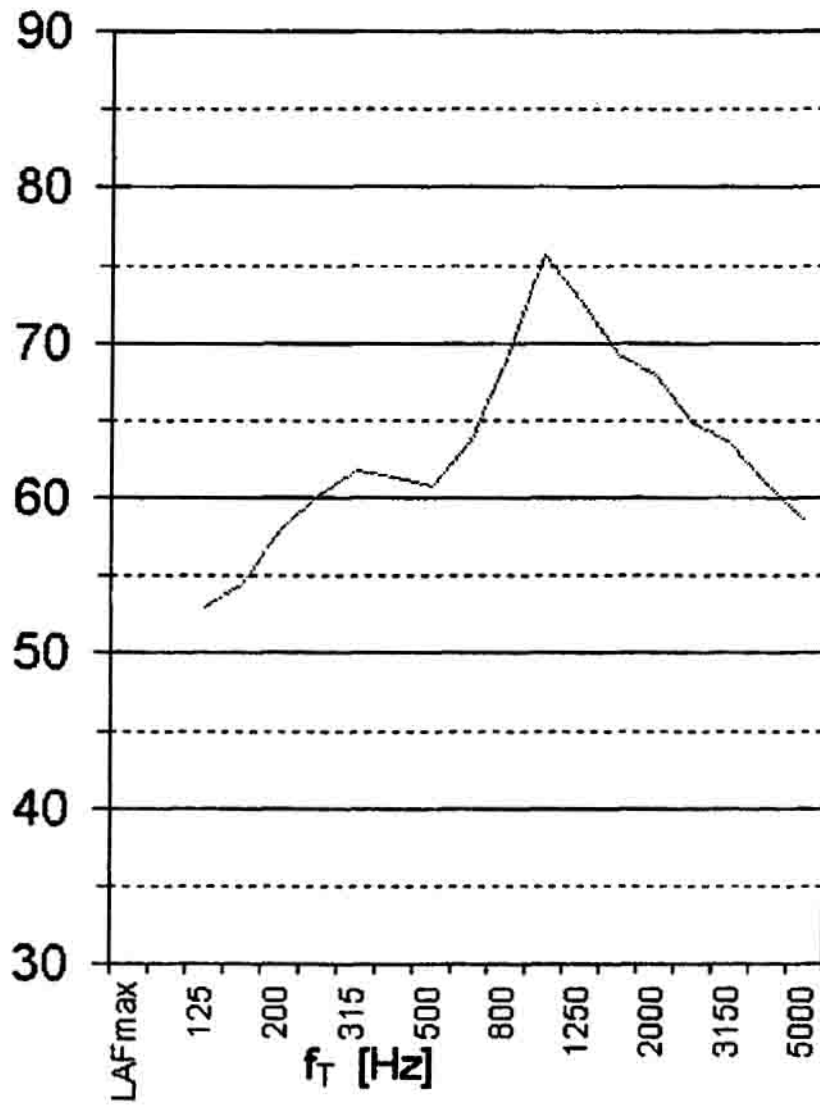
**Fig. 10**



**Fig. 11A**



**Fig. 11B**



**Fig. 11C**

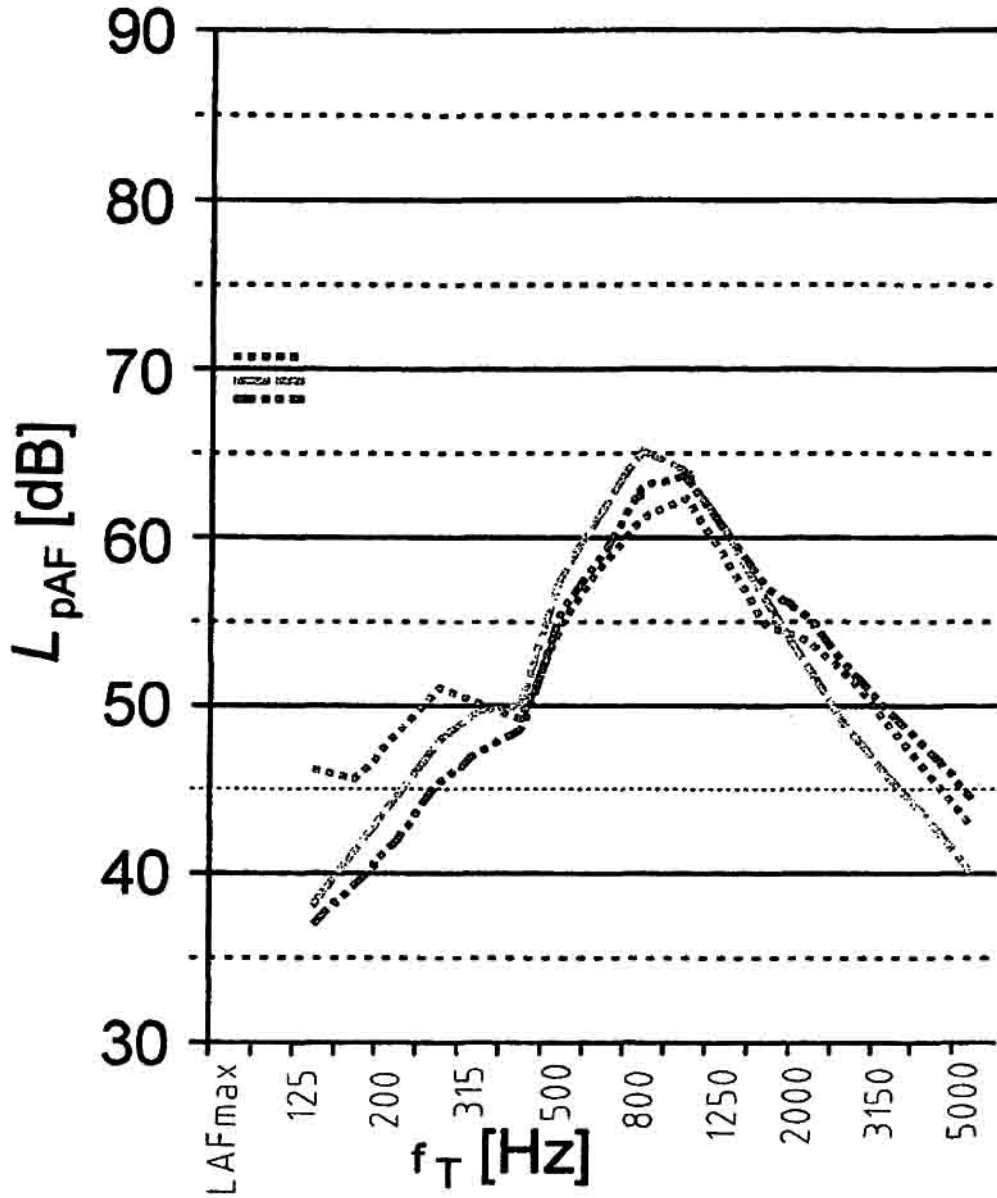


Fig. 12A

- ■ ■ ■ ■ ■ Asfalto colado con esparcido 2/3
- — — — — SMA 0/11
- - - - - SMA 0/8 truncado

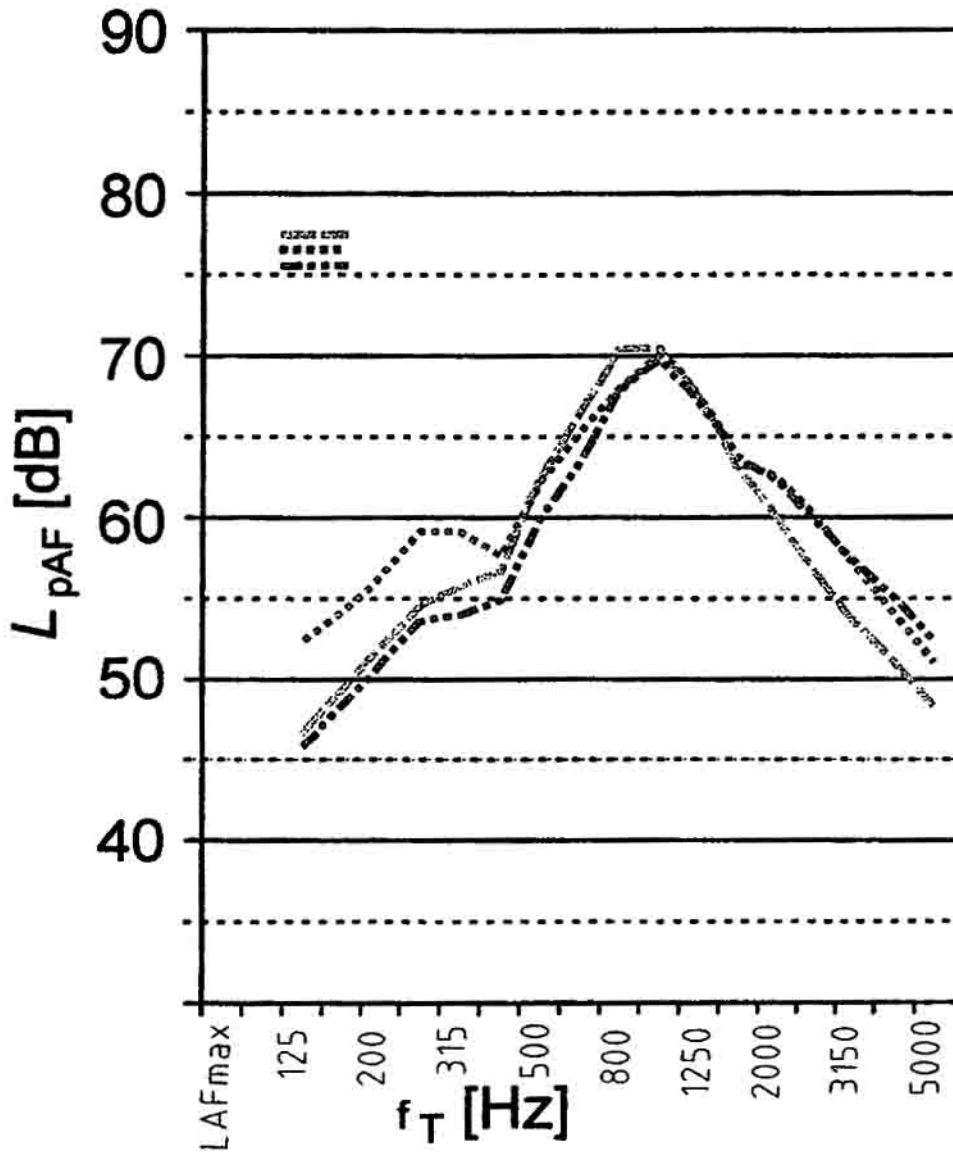


Fig. 12B

- ■ ■ ■ ■ Asfalto colado con esparcido 2/3
- ■ ■ ■ ■ SMA 0/11
- ■ ■ ■ ■ SMA 0/8 truncado

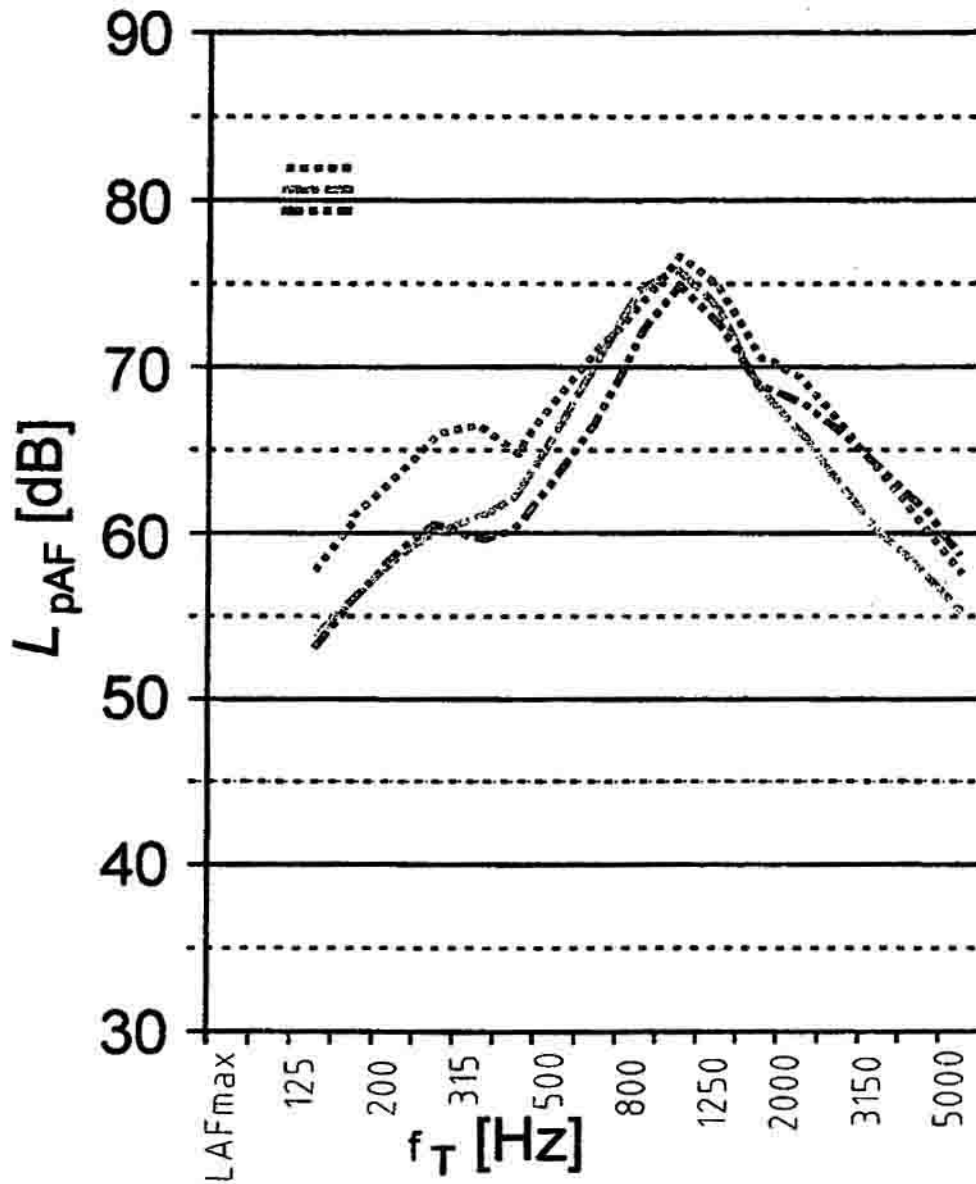


Fig. 12C

- ■ ■ ■ ■ Asfalto colado con esparcido 2/3
- ■ ■ ■ ■ SMA 0/11
- ■ ■ ■ ■ SMA 0/8 truncado