

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 319 253**

51 Int. Cl.:

F01D 11/12

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA MODIFICADA
TRAS OPOSICIÓN

T5

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.11.2000 E 00811101 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea modificada tras oposición: **01.05.2013 EP 1111195**

54

Título: **Superficie perfilada, usada como capa de abrasión en turbomáquinas**

30

Prioridad:

20.12.1999 EP 99811170

45

Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente modificada:
30.07.2013

73

Titular/es:

**SULZER METCO AG (100.0%)
RIGACKERSTRASSE 16
5610 WOHLN, CH**

72

Inventor/es:

**GHASRIPOOR, FARSHAD, DR. y
MÜLLER, EDUARD**

74

Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

DESCRIPCIÓN

Superficie perfilada, usada como capa de abrasión en turbomáquinas

5 La invención se refiere a una superficie perfilada, usada como capa de abrasión en turbomáquinas de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 así como a una turbomáquina con una superficie de este tipo. La superficie perfilada, usada como capa de abrasión se denomina en lo sucesivo de forma resumida capa de abrasión.

10 En turbomáquinas como mecanismos de propulsión de aviones, turbinas de gas estacionarias, turbocompresores y bombas se requiere para un alto grado de eficacia que en la periferia de un rotor que lleva álabes de rodete, una hendidura de estanqueidad entre las puntas de los álabes y la cubierta sea muy estrecha durante el funcionamiento. Mediante el uso de capas de abrasión (en inglés abraderables) sobre la superficie interna de la cubierta, sobre la que se mueven las puntas de los álabes de rodete, se consigue producir hendiduras de estanqueidad mínimas sin que se dañen durante el proceso las puntas de los álabes. Para temperaturas de funcionamiento altas, que se sitúan por encima de aproximadamente 800°C, las capas de abrasión se tienen que producir con material cerámico, que se aplica mediante método de proyección térmica, proyección a la llama o proyección con plasma a presión atmosférica. Por adición de una fase calcinable (polvo polimérico) a un polvo de pulverización cerámico se puede generar una porosidad de la capa de abrasión, gracias a la cual por las puntas de los álabes del rotor giratorio se liberan partículas finas de la superficie de la capa de abrasión.

20 En capas de abrasión cerámicas con superficie no perfilada, las puntas de los álabes habitualmente tienen que estar blindadas, a modo de ejemplo, por refusión con láser con adición simultánea de partículas duras, para que no se dañen durante el rozamiento. Las partículas de abrasión liberadas tienen que poder salir sin resistencia considerable de la hendidura de estanqueidad. A partir del documento EP-A-0 935 009 se conoce una capa de abrasión con superficie perfilada. Para la misma se esperaba que las partículas de abrasión pudieran salir sin problemas de la hendidura de estanqueidad y que también se pudiera omitir un blindaje de las puntas de los álabes. Sin embargo, después los ensayos dieron como resultado que en las puntas no blindadas de los álabes durante el rozamiento se retiró material de un modo que condujo a un canto ondulado de las puntas de los álabes. Una retirada de este tipo de material en las puntas de los álabes no se puede tolerar.

30 Es objetivo de la invención proporcionar una capa de abrasión que sea adecuada para puntas no blindadas de álabes. Este objetivo se resuelve mediante la capa de abrasión definida en la reivindicación 1.

35 El documento US 4.594.053 describe una cubierta de una turbomáquina que contiene una pared de cubierta con una capa de abrasión con forma de panal de material cerámico, donde la capa de abrasión presenta además las características del preámbulo de la reivindicación 1.

40 La superficie perfilada se usa como capa de abrasión en turbomáquinas. En esta máquina, las puntas de los álabes se mueven en un sentido predefinido sobre la capa de abrasión perfilada. De este modo generan una superficie parcial formada por retirada de material, una superficie de abrasión. El perfilado de la superficie está formado por nervios, que rodean cavidades a modo de cámara. A los nervios se puede asignar respectivamente un sentido de nervio. La superficie de abrasión forma un patrón estructurado a partir de elementos con forma de franja, cuyos elementos se sitúan en los sentidos de los nervios sobre líneas de unión entre puntos de esquina de una red de referencia. Esencialmente en cada punto de la superficie de abrasión, es decir, en más del 80-95% de la superficie de abrasión, el sentido de los nervios se diferencia del sentido del movimiento de las puntas de los álabes. Para al menos dos tercios de la superficie de abrasión, el sentido del movimiento se desvía del sentido de los nervios más de 30°, preferiblemente más de 45°. Los elementos con forma de franja de la superficie de abrasión pueden ser franjas curvadas así como discretas y/o parcialmente unidas.

50 Gracias a la configuración de acuerdo con la invención del perfilado de la capa de abrasión, que se realiza teniendo en cuenta el sentido del movimiento de las puntas de los álabes, se obtiene una menor retirada de material en las puntas no blindadas de los álabes y, además, una retirada de material que se distribuye uniformemente sobre todo el canto de una punta. Para seguir disminuyendo la retirada de material en las puntas de los álabes también puede estar previsto blindar las puntas de los álabes.

55 Las reivindicaciones dependientes 2 a 7 se refieren a realizaciones ventajosas de la capa de abrasión de acuerdo con la invención. Es objeto de las reivindicaciones 8 a 9 una turbomáquina con una capa de abrasión de este tipo.

A continuación se explica la invención mediante los dibujos. Se muestra:

60 En la Figura 1, un corte transversal por una capa de abrasión con punta de álabe que pasa sobre una superficie de abrasión,
 En la Figura 2, una vista oblicua de la capa de abrasión,
 En la Figura 3, un primer patrón de la superficie de abrasión de una capa de abrasión de acuerdo con la invención,
 En las Figuras 4, 5, modificaciones del primer patrón,

En las Figuras 6-10,
En la Figura 11,

patrones de otras superficies de abrasión de acuerdo con la invención,
una red de referencia con una estructura de "Penrose", que comprende
pentágonos uniformes y rombos,
un patrón correspondiente de una superficie de abrasión y
una punta de álabe con banda de cubrición.

En la Figura 12,
En la Figura 13,

La capa de abrasión 1 representada como corte transversal en la Figura 1 presenta una superficie perfilada, sobre la que se mueve sobre un plano 20 una punta de álabe 2 en un sentido predefinido v. Los nervios 15 forman el perfilado de la superficie; rodean cavidades a modo de cámara 11. Una superficie original 10" de la capa de abrasión 1 se indica con un trazo de rayas y puntos. Una superficie de abrasión 10 en un plano 10' se ha formado por retirada de material por la punta de álabe 2. Un hueco estrecho entre el plano 20 y la superficie de abrasión 10 es una junta de estanqueidad generada por la retirada de material. La superficie de abrasión 10 forma un patrón que se puede considerar estructurado a partir de elementos con forma de franja 5. La capa de abrasión 1 con la superficie de abrasión 10 y cavidades 11 se representa como vista oblicua en la Figura 2. Las siguientes Figuras 3 a 12 muestran diversos patrones de la superficie de abrasión 10, como se obtienen por retirada de material a partir de capas de abrasión 1 de acuerdo con la invención. Los elementos con forma de franja 5 de la superficie de abrasión 10 pueden estar curvados; también pueden estar presentes como franjas discretas y/o parcialmente unidas.

La capa de abrasión 1 se aplica por proyección térmica sobre un sustrato metálico 3, para lo que se usa un material que, para la utilización a temperaturas altas contiene, a modo de ejemplo, material cerámico y que ya puede conocerse para el uso en capas de abrasión no perfiladas (véase, por ejemplo, el documento US-A-5 434 210). El sustrato 3 tiene una superficie perfilada, que presenta travesaños 35. El perfilado puede estar presente en diversas formas: como perfilado moldeado de un cuerpo de moldeo; como perfilado producido mediante avellanado mediante electroerosión o mediante un método mecánico, con desprendimiento de virutas sobre un cuerpo metálico originalmente plano; como un perfilado a partir de alambres metálicos tejidos o individuales, que se aplican por soldadura indirecta o mediante soldadura con láser o por difusión sobre un cuerpo metálico; o como un perfilado en forma de nervios, que se aplican a modo de micro-moldeo por una soldadura de aplicación con láser.

Para que durante la proyección térmica sobre los travesaños 35 sea posible una aplicación de nervios 15, tiene que estar previsto que las anchuras de los elementos con forma de franja 5 sea mayor a aproximadamente 1 mm. Para que durante la retirada de material de la capa de abrasión 1 no se produzcan daños, estas anchuras tienen que ser del mismo orden de magnitudes que la anchura del corte transversal de la punta del álabe (anchura en el sentido de avance v): no debe sobrepasar de una a tres veces esta anchura de corte transversal.

Los travesaños 35 presentan cortes transversales que se estrechan hacia un cuerpo 30 del sustrato 3. También pueden formar huecos con respecto al cuerpo 30, como se conoce a partir del documento que se ha mencionado anteriormente EP-A-0 935 009. Debido a esta conformación, el material que forma la capa de abrasión 1 se ancla en cavidades 31 entre los travesaños 35.

A los nervios 15 se puede asignar respectivamente un sentido de nervio. De acuerdo con la invención, el sentido de nervio se tiene que diferenciar esencialmente en cada punto de la superficie de abrasión 10 del sentido de movimiento v de la punta de álabe 2. Se tiene que entender por "esencialmente" que para como máximo el 5-15% o el 20% de la superficie de abrasión 10 haya una misma orientación del movimiento del álabe y de los nervios. Hasta qué alcance estas orientaciones pueden ser iguales se tiene que determinar empíricamente. Para al menos dos tercios de la superficie de abrasión 10, de acuerdo con la invención, el sentido del movimiento v tiene que desviarse del sentido de los nervios más de 30°, preferiblemente más de 45°. Si se mantienen estas condiciones se puede usar una punta de álabe 2 no blindada.

En la Figura 3 se muestra un primer patrón de la superficie de abrasión 10 de una capa de abrasión 1 de acuerdo con la invención. El patrón se estructura a partir de los elementos con forma de franja 5. Estos elementos 5 se sitúan en los sentidos de los nervios 15 sobre líneas de unión 45 entre puntos de esquina 41, 42 de una red de referencia 40. A cada punto de esquina 41 ó 42 de la red de referencia 40 se pueden asignar tres ejes x_1 , x_2 e y. Entre estos ejes se incluyen ángulos α_{12} , α_2 o α_1 . Los nervios 15, que se indican con a_1 , a_2 , b se sitúan sobre los ejes x_1 , x_2 o y. Los nervios a_1 y a_2 son un factor, que es mayor de 2, más largos que el nervio b. Los ángulos α_1 , α_2 , α_{12} son respectivamente mayores de 100° y menores de 150° (suma total 360°). El patrón mostrado tiene una estructura de panal generalizada: a los nervios 15 de las cavidades 11 a modo de cámara se pueden asignar líneas de unión 45 entre respectivamente seis puntos de esquina de la red de referencia 40, de hecho, tres puntos de esquina 41 y tres puntos de esquina 42.

Cada eje y es al menos aproximadamente paralelo con respecto a un único sentido y. El sentido del movimiento v de la punta del álabe 2 se desvía del sentido y un pequeño ángulo, que es como máximo 30°. Preferiblemente, el nervio b es mucho menor en comparación con los nervios a_1 , a_2 , de hecho, en un factor que es mayor de 3. Los puntos de esquina 41 y 42 asignados al nervio b se pueden disponer tan próximos entre sí que prácticamente se puede despreciar el nervio b, es decir, no existe.

Las Figuras 4 y 5 muestran modificaciones del primer factor (Figura 3). En la Figura 4, el patrón tiene una estructura que es igual a una cubrición con escamas de pez. Los nervios 15 están curvados. En la Figura 5, el patrón está compuesto por elementos separados 5. Solamente existen nervios a_1 y a_2 ; en vez de los nervios b existen huecos.

La Figura 6 muestra de nuevo un patrón de la superficie de abrasión 10, que tiene de forma de panal. En las cavidades individuales 11 se disponen elementos 5' como islas. En la Figura 7, los elementos con forma de franja 5 se disponen unidos sobre líneas en zigzag. Los ángulos entre los sentidos de los nervios y el sentido del movimiento v es preferiblemente 45° o incluso ligeramente mayor. Los límites de las cavidades a modo de cámara 11 no se pueden indicar claramente en este documento; se pueden considerar, a modo de ejemplo, los rectángulos 11' dibujados con un trazo de rayas y puntos. La Figura 8 muestra de nuevo, como la Figura 5, un patrón con elementos separados 5. Este patrón tiene una cierta similitud con el patrón de zigzag de la Figura 7, ya que en este patrón se retira cada segundo elemento 5 de la franja en zigzag y los elementos 5 que quedan se prolongan respectivamente por ambos extremos. La Figura 9 muestra un patrón con cavidades 11, que son rectangulares y se disponen con desplazamiento entre sí. En la Figura 10 se ilustra un patrón de rombo, en el que un sentido de nervio es perpendicular al sentido del movimiento v y el otro sentido del nervio incluye con el sentido del movimiento v un ángulo de aproximadamente 45° .

En los ejemplos de realización de las Figuras 3 a 10, las superficies de abrasión 10 tienen respectivamente un perfilado, cuya red de referencia 40 se puede estructurar a partir de celdas elementales dispuestas periódicamente (hexágonos o rectángulos). También es posible un perfilado no periódico, cuya red de referencia 40 presente, a modo de ejemplo, una "estructura de Penrose" de acuerdo con la Figura 11. La Figura 12 muestra un patrón correspondiente de una superficie de abrasión 10 con cavidades 11' y 11", que tienen forma de pentágono o de rombo. Esta red de referencia 40 comprende pentágonos uniformes (ángulo entre lados adyacentes: 108°) y rombos (ángulo: 36° y 144°). Mientras que en las redes periódicas existen dos o tres sentidos principales, son cinco sentidos principales en la "estructura de Penrose". El sentido del movimiento v de las puntas de los álabes 2 se desvía ventajosamente aproximadamente 18° de uno de estos sentidos principales.

Para una red de referencia 40, que tiene al menos aproximadamente una "estructura de Penrose", se aplica lo siguiente (compárese con las Figuras 11, 12): a cada punto de esquina 43 ó 44 de la red de referencia 40 se pueden asignar tres ejes x_1 , x_2 , y . Entre estos ejes se incluyen ángulos α_{12} , α_2 o α_1 . Los nervios a_1 , a_2 se sitúan sobre los ejes x_1 , x_2 . Los nervios a_1 y a_2 tienen esencialmente la misma longitud. Los ángulos α_1 , α_2 , α_{12} son respectivamente mayores de 100° y menores de 150° (suma total 360°). Para una parte de los puntos de esquina, de hecho, los puntos de esquina 43, existe un nervio b sobre el eje y . Para los demás puntos de esquina 44 existe respectivamente una bifurcación alrededor del eje y con dos nervios b_1 , b_2 . Los nervios b o b_1 y b_2 son esencialmente de la misma longitud que a_1 o a_2 . Un ángulo β_{12} entre b_1 y b_2 es mayor de 30° y menor de 45° . El sentido del movimiento v de la punta de los álabes 2 es esencialmente paralelo con respecto al eje y de una de las bifurcaciones.

Las capas de abrasión que se han descrito anteriormente se pueden aplicar en vez de sobre una pared de cubierta también sobre una pieza móvil de máquina, de hecho, cuando el álabe se dispone de forma estacionaria, particularmente cuando es un álabe director, y la hendidura de estanqueidad se sitúa entre la punta del álabe en reposo y la parte móvil de la máquina, donde la parte de la máquina es particularmente un árbol de rotor. Las capas de abrasión también se pueden aplicar sobre bandas de cubrición en las puntas de álabes estacionarios. El movimiento que se ha mencionado en la reivindicación 1 de la punta del álabe, por tanto, se tiene que considerar un movimiento relativo.

Una turbomáquina con una capa de abrasión 1 de acuerdo con la invención también puede contener álabes, cuyas puntas 2 se configuran respectivamente como banda de cubrición 21 (en inglés "shrouded blade"): véase la Figura 13. La banda de cubrición 21 presenta una o varias láminas 22, 22', que se extienden en el sentido del movimiento v de la punta del álabe 2. Cuando existe una pluralidad, las láminas 22, 22' forman una junta laberíntica.

REIVINDICACIONES

1. Capa de abrasión (1) con superficie perfilada para turbomáquinas, en las que puntas de álabes (2) se pueden mover en un sentido predefinido (v) sobre la superficie perfilada de la capa de abrasión (1) y, de este modo, se puede generar una superficie parcial formada por retirada de material -una superficie de abrasión (10)-, donde el perfilado de la capa de abrasión (1) se forma por nervios, a los nervios (15) se puede asignar respectivamente un sentido de nervio y la superficie de abrasión (10) forma un patrón estructurado a partir de elementos con forma franja (5), cuyos elementos (5) se sitúan en los sentidos de los nervios sobre líneas de unión (45) entre puntos de esquina (41, 42; 43, 44) de una red de referencia (40), donde en al menos el 80% de la superficie de abrasión (10), el sentido de los nervios se diferencia del sentido del movimiento (v) de las puntas de los álabes (2), por que para al menos dos tercios de la superficie de abrasión (10), el sentido del movimiento (v) se desvía más de 30° del sentido de los nervios y a cada punto de esquina (41, 42, 43, 44) de la red de referencia (40) se pueden asignar tres ejes x_1 , x_2 , y y entre estos ejes se incluyen ángulos α_{12} , α_2 o α_1 y los ángulos α_1 , α_2 , α_{12} son respectivamente mayores de 100° y menores de 150°,
- 15 **caracterizada porque**
los elementos con forma de franja (5) de la superficie de abrasión (10) son franjas curvadas o separadas y/o unidas o parcialmente unidas, donde
- (i) se sitúan nervios a_1 , a_2 , b sobre los ejes x_1 , x_2 o y y a_1 y a_2 en comparación con b son más largos en un factor 2 o más y todos los ejes y están orientados al menos aproximadamente de forma paralela entre sí, es decir, en un único sentido, y por que el sentido del movimiento (v) de la punta de álabe (2) se desvía del sentido y un ángulo pequeño, que es como máximo 30°,
- 20 o
- (ii) se sitúan nervios a_1 , a_2 sobre los ejes x_1 , x_2 , donde los nervios a_1 y a_2 tienen esencialmente la misma longitud, por que para una parte de los puntos de esquina (43), un nervio b se sitúa sobre el eje y y para los demás puntos de esquina (44) se produce respectivamente una bifurcación alrededor del eje y con dos nervios b_1 , b_2 , donde b o b_1 y b_2 tienen esencialmente la misma longitud que a_1 o a_2 , un ángulo β_{12} entre b_1 y b_2 es mayor de 30° y menor de 45° y el sentido del movimiento de la punta del álabe (2) es esencialmente paralelo con respecto al eje y de una de las bifurcaciones.
- 25
2. Capa de abrasión de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada por que en más del 95% de la superficie de abrasión (10), el sentido de los nervios se diferencia del sentido de movimiento (v) de las puntas de los álabes (2).
3. Capa de abrasión de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, caracterizada por que para al menos dos tercios de la superficie de abrasión (10), el sentido del movimiento (v) se desvía del sentido de los nervios más de 45°.
- 35
4. Capa de abrasión de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada por que los nervios (15) rodean cavidades a modo de cámara (11) y por que en la configuración de acuerdo con (i), a los nervios (15) de una cavidad a modo de cámara (11) se pueden asignar líneas de unión (45) entre respectivamente seis puntos de esquina (41, 42) de la red de referencia (40).
- 40
5. Capa de abrasión de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizada por que en vez del nervio b existe un hueco; o por que los nervios a_1 , a_2 son un factor 3 o más largos que el nervio b; o por que la longitud del nervio b prácticamente se puede despreciar.
- 45
6. Capa de abrasión de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizada por que las anchuras de los elementos con forma de franja (5) son mayores de aproximadamente 1 mm y se sitúan en el mismo orden de magnitudes que la anchura del corte transversal de la punta de álabe (2), son particularmente de una a tres veces esta anchura menores.
- 50
7. Capa de abrasión de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizada por que se produce por proyección térmica sobre un sustrato metálico (3) con un material, que es adecuado para capas de abrasión conocidas, no perfiladas y que contiene particularmente material cerámico, donde el sustrato tiene una superficie perfilada, que presenta travesaños (35) y el perfilado puede estar presente en diferentes formas: como perfilado moldeado de un cuerpo de moldeo; como perfilado producido mediante avellanado por electroerosión o mediante un proceso mecánico, con desprendimiento de virutas sobre un cuerpo metálico originalmente plano; como un perfilado a partir de alambres metálicos tejidos o individuales, que se aplican por soldadura indirecta o mediante una soldadura con láser o por difusión sobre un cuerpo metálico; o como un perfilado en forma de nervios, que se aplican a modo de micro-moldeo por una soldadura de aplicación con láser.
- 55
8. Turbomáquina, particularmente turbina de gas, con una capa de abrasión (1) con superficie perfilada de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizada por que la punta de álabe (2) es parte de un álabe de rodete.
- 60
9. Turbomáquina de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizada por que una banda de cubrición forma la punta de álabe (2), que presenta una o varias láminas, que se extienden en el sentido de movimiento (v) de la punta de álabe y están configuradas particularmente como bordes de estanqueidad de una junta laberíntica.
- 65

Fig.1

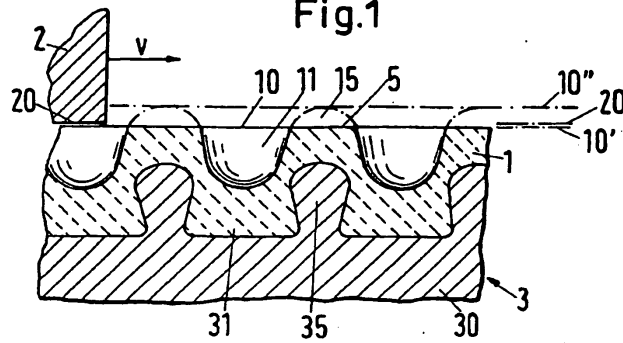


Fig.2

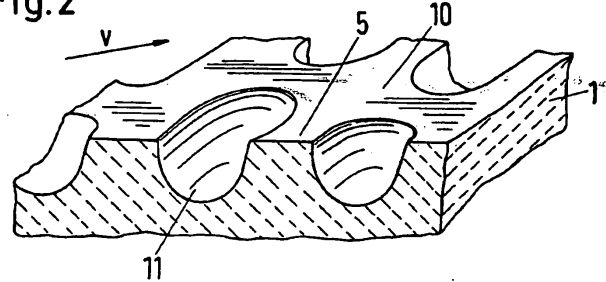
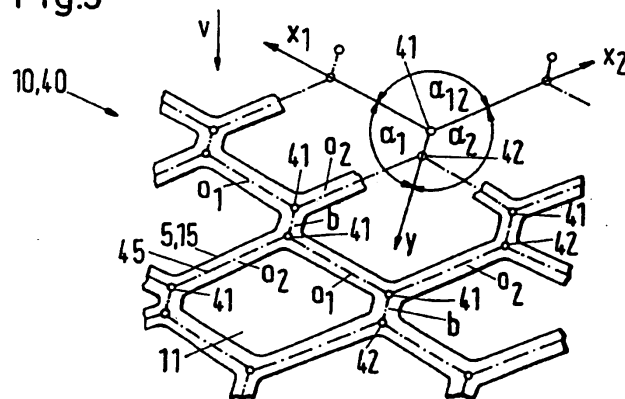
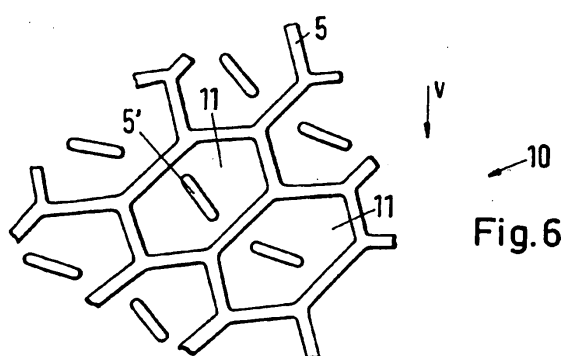
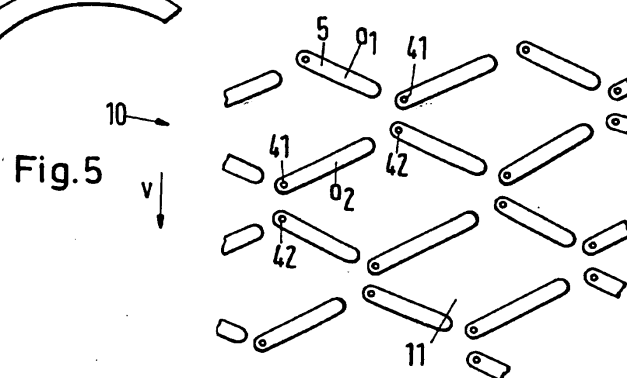
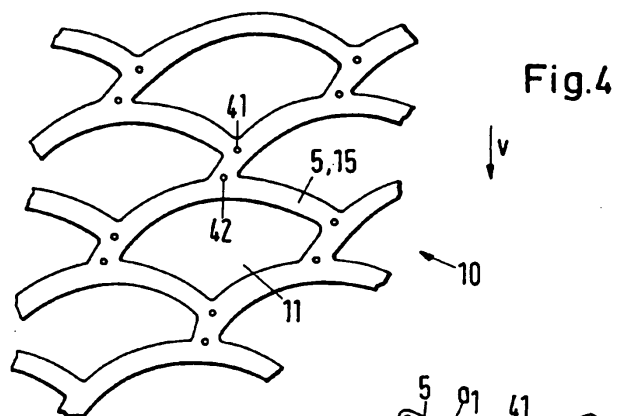


Fig.3





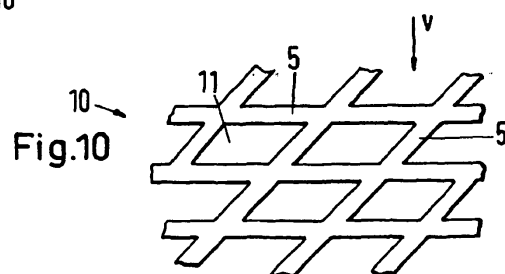
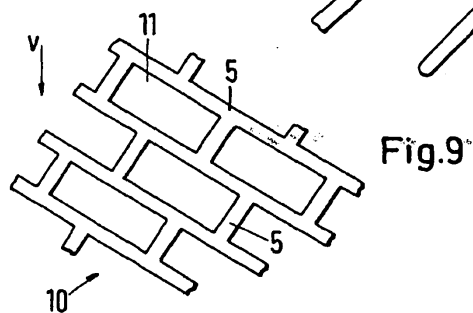
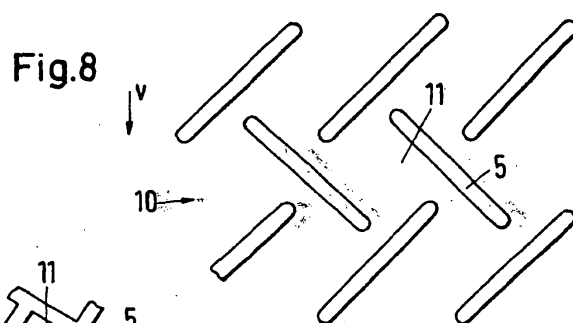
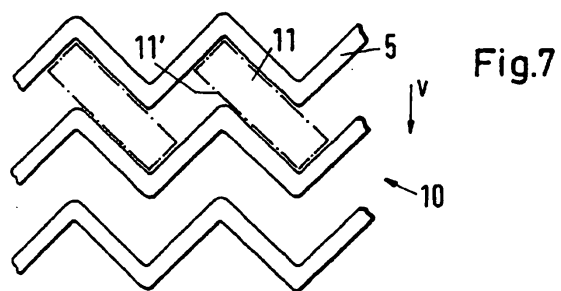


Fig.11

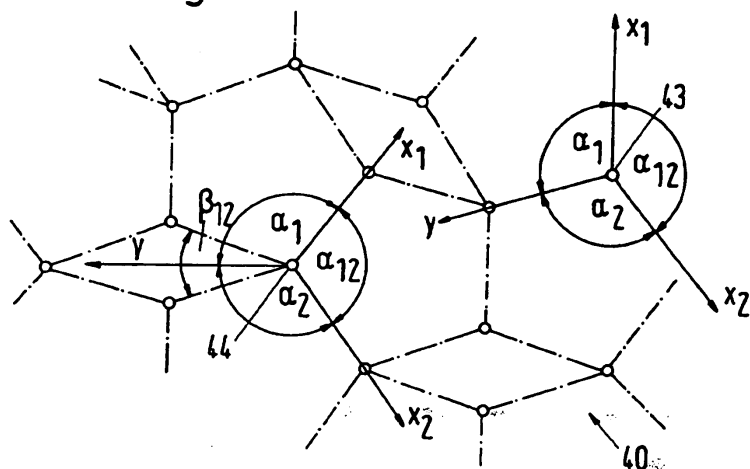


Fig.12

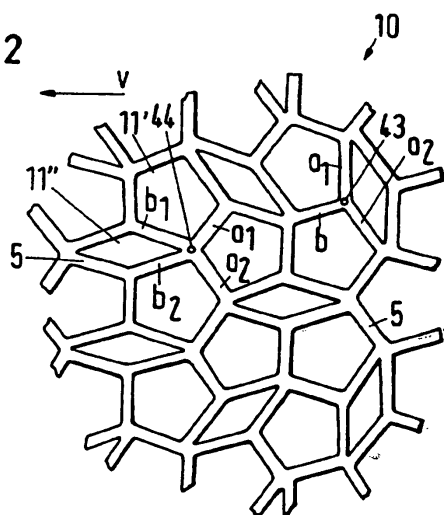


Fig.13

