



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 367 855**

51 Int. Cl.:  
**C22C 1/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08445035 .2**

96 Fecha de presentación : **17.12.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2206794**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **14.07.2010**

54 Título: **Restauración de la fuerza y de la resistencia al desgaste de un compuesto de matriz metálica (MMC).**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**10.11.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**10.11.2011**

73 Titular/es: **Saab AB.**  
**581 88 Linköping, SE**

72 Inventor/es: **Strömberg, Hakan**

74 Agente: **Durán Moya, Carlos**

**ES 2 367 855 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

Restauración de la fuerza y de la resistencia al desgaste de un compuesto de matriz metálica (MMC).

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para restaurar la fuerza y la resistencia al desgaste de un compuesto cerámico de matriz metálica (MMC), que comprende un aglutinante metálico y partículas de carga de cerámica, cuyo compuesto cerámico de matriz metálica se ha expuesto a ciclos de altas temperaturas y presiones de larga duración, por ejemplo, en una tobera de escape de gas, con lo que se han desarrollado microfisuras en la capa exterior del aglutinante metálico. La presente invención también se refiere a una disposición para restaurar la fuerza y la resistencia al desgaste del MMC.

### Definición del problema y antecedentes de la invención

15 Los compuestos de matriz metálica (MMC) han encontrado aplicación en muchas áreas después de haber sido desarrollado hace 50 años. Los MMC se desarrollaron principalmente para aplicaciones en bruto, tal como aplicaciones espaciales y para cohetes. Los requerimientos habituales son: capacidad de resistir altas temperaturas, alta conductividad térmica, bajo coeficiente de expansión térmica y una elevada rigidez y resistencia específicas.

20 Los MMC consisten en un aglutinante metálico y una carga de cerámica. Los aglutinantes metálicos proporcionan una elevada conductividad térmica y resistencia al MMC y la carga de cerámica proporciona resistencia, fuerza y resistencia al desgaste al MMC.

25 Los MMC se pueden preparar mediante muchas técnicas diferentes, procesos metalúrgicos de fundición, procesos metalúrgicos de polvos y prensado isostático en caliente. Al modificar el procedimiento de fabricación, el procesado y el acabado, así como por la forma de los componentes de refuerzo, es posible obtener diferentes características, aunque estén involucrados la misma composición y cantidades de los componentes.

30 Un tipo común de MMC comprende aluminio como aglutinante y carburo de silicio como material de carga. Las propiedades de fuerza y resistencia del MMC a base de aluminio se puede adaptar ajustando la forma y cantidad de las partículas de carburo de silicio.

35 Una de las aplicaciones en la que los MMC han sido aplicados con éxito es en los cañones. La utilización de propelentes en armas para disparar proyectiles de alta energía en ciclos de ráfaga rápida y larga genera temperaturas de llama muy elevadas, que causan una gran erosión de los materiales de acero convencionales. La erosión limitará la duración de los cañones de manera significativa hasta tiempos inaceptablemente cortos. La solicitud de Patente de EEUU. Núm. 2005268517 describe una solución en la que se cubre el interior de un barril con un revestimiento compuesto de cerámica con compuesto de matriz metálica.

40 Otra aplicación es en toberas de escape de gas. Las toberas de escape de gas deben soportar gases con alta velocidad con gradientes de temperatura y de presión muy elevados y, al mismo tiempo, cumplir con los objetivos económico, de peso y de ruido. La utilización de material avanzado, tales como los MMC, reducirá el peso y extenderá la vida útil de un componente de la tobera en comparación con un material de acero convencional. Además del flujo de los gases de escape a elevadas temperaturas en la tobera de gas, el aire ambiental, en algunas aplicaciones, se puede arrastrar para reducir las velocidades de salida del gas y suprimir el sonido. Esto dará lugar a gradientes de temperatura extremadamente elevados y, por tanto, un estrés térmico elevado. Además, los gases de escape son altamente oxidantes, la resistencia medioambiental del material será un factor importante para una larga duración.

50 Sin embargo, a pesar de las excelentes propiedades de los MMC, un problema es que se desarrollarán microfisuras o cavidades en el aglutinante, después de una exposición prolongada a altas temperaturas y presiones. Estas microfisuras o cavidades causan erosión y pérdida de material aglutinante en los MMC. Como se pierde cada vez más aglutinante, las partículas de cerámica en el aglutinante se liberan sucesivamente del aglutinante y la fuerza y la resistencia al desgaste del MMC, en consecuencia, disminuyen.

### Objeto de la invención y sus características distintivas

60 Un primer objeto de la presente invención es dar a conocer un procedimiento sencillo y económico para la restauración de la fuerza y la resistencia al desgaste de un compuesto cerámico de matriz metálica, cuyo compuesto cerámico de matriz metálica ha sido expuesto a gases de escape con elevadas temperaturas y altas presiones durante un periodo prolongado, tal como en toberas de escape de gas.

Un segundo objeto de la presente invención es dar a conocer una disposición para la restauración fácil y económica de la fuerza y la resistencia al desgaste de un compuesto cerámico de matriz metálica.

65 Estos objetos, así como otros objetos no enumerados en el presente documento, se cumplen de manera satisfactoria en el alcance de las características que se especifican en las reivindicaciones independientes del

presente documento. En las reivindicaciones dependientes se especifican realizaciones de la presente invención.

5 Por lo tanto, según la presente invención, se ha llevado a cabo un procedimiento para restaurar la fuerza y la resistencia al desgaste de un compuesto cerámico de matriz metálica que comprende un aglutinante metálico y partículas de carga de cerámica, cuyo compuesto cerámico de matriz metálica ha sido expuesto a ciclos de elevadas temperaturas y presiones de larga duración, por ejemplo, en una tobera de escape de gas, con lo que se desarrollaron microfisuras en la capa exterior del aglutinante metálico, caracterizado porque el aglutinante metálico que contiene microfisuras es retirado, en parte o completamente, del compuesto cerámico de matriz metálica mediante una etapa química, en el que a continuación se comprime el compuesto cerámico de matriz metálica mediante una etapa de compresión para obtener una capa exterior densa, en la que las partículas de carga están cerca unas de otras.

De acuerdo con otros aspectos del procedimiento según la presente invención:

15 la etapa química es una etapa de ataque químico, cuya etapa de ataque químico comprende las siguientes etapas; añadir un disolvente químico a la superficie para disolver el aglutinante que contiene microfisuras, añadir un agente de neutralización y limpieza para la neutralización y limpieza de la capa exterior y añadir aire caliente para el secado de la capa exterior,

20 el disolvente químico comprende una solución ácida de cloruro de hierro,

la etapa de compresión es un procedimiento de limpieza por disparo ("shoot peening"),

25 las etapas química y de compresión se alternan en un número de ciclos, cuyo número de ciclos depende de la frecuencia y profundidad de las microfisuras,

se incluye una etapa intermedia para añadir material aglutinante nuevo a la capa exterior para reemplazar el material aglutinante perdido,

30 la etapa intermedia es una etapa de pulverización catódica ("sputtering").

Además, según la presente invención, se ha llevado a cabo una disposición para restaurar la fuerza y la resistencia al desgaste de un compuesto cerámico de matriz metálica que comprende un aglutinante metálico y partículas de carga de cerámica, cuyo compuesto cerámico de matriz metálica ha sido expuesto a ciclos de elevadas temperaturas y presiones de larga duración, por ejemplo, en una tobera de escape de gas, con lo que se desarrollaron microfisuras en la capa exterior del aglutinante metálico, caracterizada porque la disposición es una combinación de un primer dispositivo de tobera de pulverización con múltiples orificios para añadir un disolvente químico a la capa exterior, un segundo dispositivo de tobera de pulverización con múltiples orificios para añadir el fluido de limpieza y neutralización a la capa exterior y un dispositivo de tobera de chorreado con bolas ("ball blasting") para compactar la capa exterior de la cerámica de matriz metálica, en la que la primera y segunda toberas de pulverización y la tobera de chorreado con bolas están dispuestas juntas en una única entidad.

Según otros aspectos de la disposición de acuerdo con la presente invención:

45 la disposición se combina con un dispositivo de pulverización catódica para añadir materiales aglutinantes metálicos a la capa exterior del compuesto cerámico de matriz metálica para reemplazar el material aglutinante perdido, en la que el dispositivo de pulverización catódica, la primera y segunda toberas de pulverización y la tobera de chorreado con bolas están dispuestos juntos en una única entidad.

#### 50 Ventajas y efectos de la presente invención

La presente invención da a conocer un procedimiento sencillo y económico para restaurar la fuerza y la resistencia al desgaste de una parte de compuesto de cerámica de matriz metálica, por ejemplo, en una tobera de escape en un arma sin retroceso, cuya tobera de escape se ha expuesto a elevadas temperaturas y presiones. La presente invención da a conocer un procedimiento en el que una parte de MMC se puede restaurar en la aplicación mediante la utilización de dispositivos de recuperación portátiles, sin la necesidad de desmontaje.

#### Lista de figuras

60 La presente invención se describe con mayor detalle a continuación en referencia a las figuras adjuntas, en las que:

La figura 1 muestra una vista esquemática de un arma sin retroceso que comprende una tobera de escape de gas, fabricada de MMC

65 La figura 2 muestra una vista esquemática de la tobera de escape de gas de la figura 1,

La figura 3 muestra una vista esquemática de una parte de la capa exterior de la tobera de escape de gas de la figura 2,

5 La figura 4 muestra una vista detallada de la capa exterior de la tobera de escape de gas de la figura 3, en la que se muestran microfisuras en la fase aglutinante,

La figura 5 muestra una vista detallada de la capa exterior de la tobera de la figura 4 después de que la capa exterior ha sido tratada con una primera etapa de ataque químico.

10 La figura 6 muestra una vista detallada de la capa exterior de la tobera de la figura 5 después de que la capa exterior ha sido tratada con una primera etapa de limpieza por disparo

15 La figura 7 muestra una vista detallada de la capa exterior de la tobera de la figura 6 después de que la capa exterior ha sido tratada con una segunda etapa de ataque químico

La figura 8 muestra una vista detallada de la capa exterior de la tobera de la figura 6 después de una segunda etapa de limpieza por disparo.

#### 20 Descripción detallada de las realizaciones

25 Las figuras 4 a 8 muestran un procedimiento, de acuerdo con la presente invención, para restaurar la fuerza y la resistencia al desgaste de la parte -1- de compuesto cerámico de matriz metálica (MMC). La parte -1- de MMC comprende un aglutinante metálico -2- y partículas de carga de cerámica -3-, en la que se desarrollaron una pluralidad de microfisuras -4- en una capa exterior -5- del aglutinante -2-, debido a ciclos de elevadas temperaturas y presiones de larga duración. El número y tamaño de las microfisuras -4- depende de hasta que grado la parte -1- de MMC ha estado expuesta a altas temperaturas y presiones. La exposición de larga duración en una tobera de escape de gas -6- de un arma sin retroceso -7-, figuras 1 y 2, provocará un gran número de microfisuras de gran tamaño -4- en la parte -1- de MMC, ubicadas principalmente en la capa exterior -5- de la parte -1- de MMC, figura 3, donde la temperatura y la presión son las más elevadas. Las microfisuras -4- causan la erosión y pérdida de aglutinante -2- en la parte -1- de MMC. Como se pierde cada vez más aglutinante -2-, las partículas de cerámica -3- en el aglutinante -2- se liberan sucesivamente del aglutinante -2- y la fuerza y la resistencia al desgaste de la parte -1- de MMC, en consecuencia, disminuyen.

35 Los partículas de cerámica -3-, preferentemente, son del tipo de carburo de silicio. La cantidad de partículas de cerámica -3-, preferentemente, está en el intervalo de 15-70% en volumen.

El aglutinante metálico -2-, preferentemente, consiste en aluminio, pero puede contener otros metales, tales como acero o aleaciones de metales.

40 En una realización preferente de la presente invención, las figuras 4 a 8, el procedimiento comprende dos etapas principales, también denominadas procesos; una primera etapa para eliminar la parte de la capa exterior -5- del aglutinante metálico -2-, que contiene microfisuras -4-, y una segunda etapa para comprimir la capa exterior -5- de la parte -1- de MMC, de manera que todas las partículas de cerámica -3- superficiales se comprimen más cerca unas de otras en la capa exterior -5-, para lograr una capa exterior -5- más densa.

45 Las dos etapas principales se pueden alterar y repetir de diferentes maneras, en la que el número está determinado por la frecuencia y el tamaño de las microfisuras -4-. Una frecuencia alta y gran tamaño de las microfisuras -4- requiere de un alto número de repeticiones, mientras que una frecuencia baja y pequeño tamaño de las microfisuras -4- requiere menos repeticiones.

50 Preferentemente, la etapa de eliminación es una etapa de ataque químico, cuya etapa de ataque químico comprende las siguientes etapas, añadir un disolvente químico a la capa exterior para disolver el aglutinante -2- que contiene todas o parte de las microfisuras -4-, lavar la capa exterior -5- para la neutralización y limpieza de la capa exterior -5- del aglutinante -2- disuelto y los residuos del disolvente, y, finalmente, una etapa de secado para el secado de la capa exterior -5-.

55 Preferentemente, el disolvente químico comprende una solución ácida de cloruro de hierro o, de forma alternativa, una solución de ácido clorhídrico, pero también puede comprender una solución de ácido sulfúrico o una solución de ácido nítrico o mezclas de las mismas.

60 La etapa de eliminación, en una realización alternativa, puede ser una etapa de sinterización.

65 Preferentemente, el disolvente químico se añade a la capa exterior -5- mediante un dispositivo de tobera de pulverización móvil con múltiples orificios. El dispositivo de tobera de pulverización comprende una parte de tobera de pulverización con múltiples orificios unida a una tubería de fluido. El extremo opuesto de la tubería de fluido se conecta a un recipiente del fluido que contiene un fluido, por lo que la tobera de pulverización está en contacto fluido

con el recipiente del fluido. El recipiente del fluido es presurizado con un gas inerte y se conecta a una válvula de fluido a fin de facilitar la regulación de la presión del fluido hacia la parte de tobera de pulverización.

5 El recipiente del fluido puede contener diferentes tipos de fluidos, tales como un disolvente químico para llevar a cabo la etapa de disolución del aglutinante -2-, o un fluido de neutralización y limpieza para llevar a cabo la etapa de neutralización y limpieza. De forma alternativa, se pueden alternar dos recipientes diferentes, que contienen el disolvente químico y el fluido de limpieza y neutralización, respectivamente.

10 Preferentemente, la etapa de secado se lleva a cabo mediante la utilización de un dispositivo de soplado de aire caliente. El dispositivo de soplado de aire caliente se puede disponer de forma similar a un secador de pelo. De forma alternativa, la tobera de pulverización con múltiples agujeros también se puede disponer de manera que pueda ser utilizada para soplar aire caliente.

15 La compresión de la capa exterior de la parte -1- de MMC se puede llevar a cabo mediante diferentes técnicas, tales como laminado, prensado o limpieza por disparo. En la realización preferente de la presente invención, la técnica preferente es la limpieza por disparo. La limpieza por disparo es una técnica bien conocida para su utilización en diferentes aplicaciones, especialmente en la reparación de aeronaves para producir una superficie de tensiones residuales de compresión y modificar las propiedades mecánicas de materiales compuestos a base de metal.

20 Esto implica hacer impactar una parte de la superficie con perdigones (partículas redondas de metal, de vidrio o de cerámica ) con fuerza suficiente para crear deformación plástica, funcionando cada partícula como un martillo de bola. Dependiendo de la geometría de la parte, del material de la parte, del material disparado, de la calidad del disparo, de la intensidad del disparo, la cobertura de tiro, la limpieza por disparo puede aumentar sustancialmente la resistencia a la fatiga. El dispositivo de limpieza por disparo se dispone de una manera similar a la tobera de  
25 pulverización con múltiples agujeros.

La figura 5 muestra la capa exterior -5- de la MMC -1- después que se ha eliminado una parte del aglutinante metálico -2-, que comprende microfisuras -4-, preferentemente mediante ataque químico, y después que la capa exterior -5- ha sido limpiada y secada. La figura 6 muestra la capa exterior -5- de la figura 5 después de la compactación, las figura 7 y la figura 8 muestran la capa exterior -5- después que se ha repetido una vez más las etapas mostradas en las figuras 5 y 6, y todo el aglutinante metálico -2- que contiene microfisuras -4- ha sido  
30 eliminado.

35 En una segunda realización, no mostrada, el procedimiento también incluye una etapa intermedia, en la que se añade material aglutinante -2- nuevo a la capa exterior -5- para reemplazar el material aglutinante perdido en la cerámica de matriz metálica -1-. El nuevo material aglutinante -2-, preferentemente, se añade mediante una etapa de pulverización catódica. La deposición por pulverización catódica es un procedimiento físico de deposición por vapor en el que se depositan películas delgadas mediante pulverización, expulsando material desde una fuente, que a continuación se deposita sobre un sustrato, por ejemplo, la capa exterior de la parte -1- de MMC. Como las técnicas de pulverización catódicas son bien conocidas en el estado de la técnica, no se explicará de forma adicional en el presente documento.

45 La presente invención no se limita a las realizaciones descritas anteriormente a modo de ejemplo, sino más bien una serie de realizaciones alternativas se encuentran en el alcance de las reivindicaciones anexas.

50 Por lo tanto, las etapas descritas en el presente documento, incluyendo la adición de material aglutinante nuevo, para recuperar la fuerza y la resistencia al desgaste, se pueden combinar de manera diferente y varias veces. El alcance de la presente invención es principalmente llevar a cabo y combinar dichas etapas respecto a la pérdida de resistencia y de las propiedades de desgaste de una parte de MMC.

55

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento para restaurar la fuerza y la resistencia al desgaste de un compuesto cerámico de matriz metálica (1) que comprende un aglutinante metálico (2) y partículas de carga de cerámica (3), cuyo compuesto cerámico de matriz metálica (1) ha estado expuesto a ciclos de altas temperaturas y presiones de larga duración, por ejemplo, en una tobera de escape de gas (6), por lo que se han desarrollado microfisuras (4) en la capa exterior (5) del aglutinante metálico (2), caracterizado porque el aglutinante metálico (2) que contiene microfisuras (4), es retirado, en parte o completamente, del compuesto cerámico de matriz metálica (1) mediante una etapa química, en el que a continuación se comprime el compuesto cerámico de matriz metálica mediante una etapa de compresión para obtener una capa exterior densa, en la que las partículas de carga de cerámica (3) están cerca unas de otras.
- 10
- 15 2. Procedimiento, según la reivindicación 1, caracterizado porque la etapa química es una etapa de ataque químico, cuya etapa de ataque químico comprende las siguientes etapas; añadir un disolvente químico a la capa exterior (5) para disolver el aglutinante que contiene microfisuras (4), añadir un agente de neutralización y limpieza para la neutralización y limpieza de la capa exterior (5) y añadir aire caliente para el secado de la capa exterior (5).
- 20 3. Procedimiento, según la reivindicación 2, caracterizado porque el disolvente químico comprende una solución ácida de cloruro de hierro.
- 25 4. Procedimiento, según la reivindicación 1, caracterizado porque la etapa de compresión es una etapa de limpieza por disparo.
5. Procedimiento, según la reivindicación 1, caracterizado porque las etapas química y de compresión se alternan en un número de ciclos, cuyo número de ciclos depende de la frecuencia y la profundidad de las microfisuras (4).
- 30 6. Procedimiento, según la reivindicación 1, caracterizado porque se incluye una etapa intermedia para añadir material aglutinante nuevo a la capa exterior (5) para reemplazar el material aglutinante perdido.
- 35 7. Procedimiento, según la reivindicación 6, caracterizado porque la etapa intermedia es una etapa de pulverización catódica.
- 40 8. Disposición para restaurar la fuerza y la resistencia al desgaste de un compuesto cerámico de matriz metálica (1) que comprende un aglutinante metálico (2) y partículas de carga de cerámica (3), cuyo compuesto cerámico de matriz metálica (1) ha estado expuesto a ciclos de altas temperaturas y presiones de larga duración, por ejemplo, en una tobera de escape de gas (6), por lo que se han desarrollado microfisuras (4) en la capa exterior (5) del aglutinante metálico (2), caracterizada porque la disposición es una combinación de: un primer dispositivo de tobera de pulverización con múltiples orificios para añadir un disolvente químico a la capa exterior (5), un segundo dispositivo de tobera de pulverización con múltiples orificios para añadir el fluido de limpieza y neutralización a la capa exterior (5) y un dispositivo de tobera de chorreado con bolas para compactar la capa exterior (5) de la cerámica de matriz metálica (1), en la que la primera y segunda toberas de pulverización y la tobera de chorreado con bolas están dispuestas juntas en una única entidad.
- 45 9. Disposición, según la reivindicación 8, caracterizada porque la disposición se combina con un dispositivo de pulverización catódica para añadir materiales aglutinantes metálicos (2) a la capa exterior (5) del compuesto cerámico de matriz metálica (1) para reemplazar el material aglutinante perdido, en la que el dispositivo de pulverización catódica, la primera y segunda toberas de pulverización y la tobera de chorreado con bolas están dispuestas juntas en una única entidad.

Fig. 1

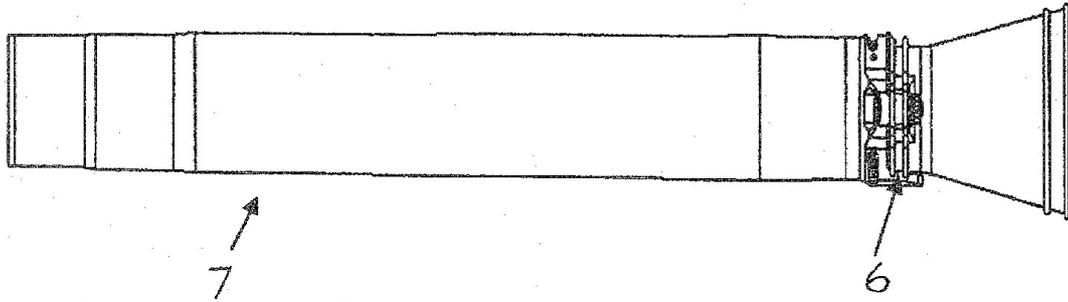


Fig. 2

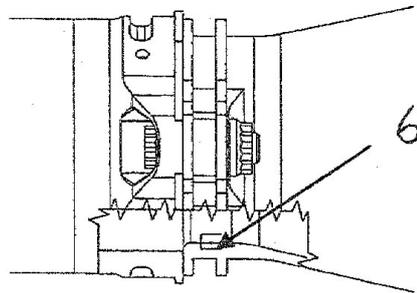


Fig. 3

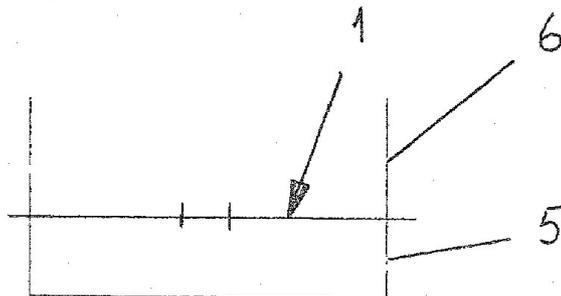


Fig. 4

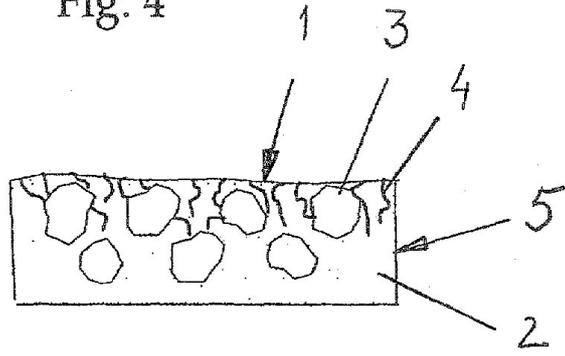


Fig. 5

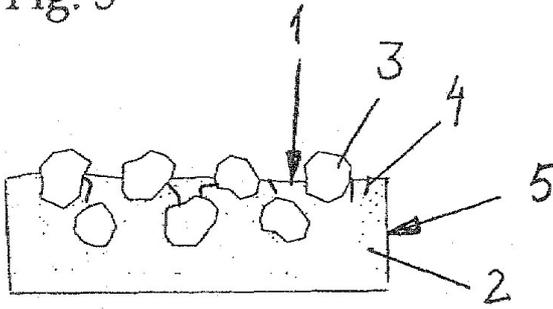


Fig. 6

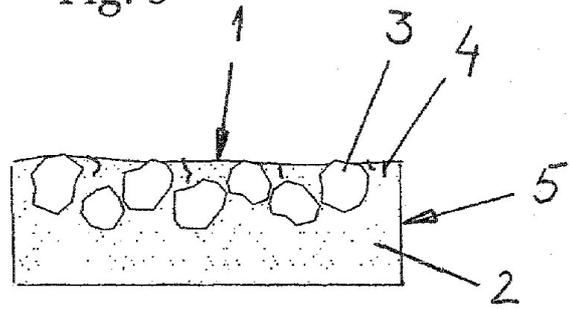


Fig. 7

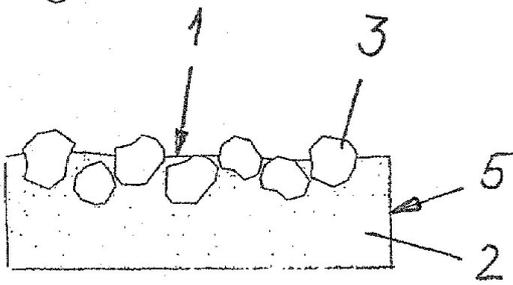


Fig. 8

