



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 369 486**

51 Int. Cl.:  
**A44B 18/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07818891 .9**

96 Fecha de presentación : **10.10.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **2094123**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.09.2009**

54 Título: **Superficie estructurada con adhesividad conmutable.**

30 Prioridad: **25.10.2006 DE 10 2006 050 365**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**01.12.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**01.12.2011**

73 Titular/es: **MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR  
FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN E.V.  
Hofgartenstrasse 8  
80539 München, DE**

72 Inventor/es: **Campo Bècares, Aránzazu del y  
Arzt, Eduard**

74 Agente: **Espiell Volart, Eduardo María**

ES 2 369 486 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

Superficie estructurada con adhesividad conmutable.

5 La invención se refiere a una superficie estructurada de un sólido que presenta una pluralidad de salientes que forman un área de contacto con una adhesividad predeterminada. La invención se refiere asimismo a una pieza mecánica dotada de una superficie estructurada de este tipo y a procedimientos para la modificación de la superficie estructurada.

10 Es sabido que diversos animales, como, por ejemplo, los insectos o las lagartijas, poseen la capacidad de sostenerse o moverse sobre superficies orientadas en cualquier dirección. Esta capacidad se debe a una fina estructura en los pies de los animales. La fina estructura genera entre las plantas de las patas y una superficie adyacente unas fuerzas de adherencia relativamente grandes, que pueden superar el peso del animal.

15 De forma similar a la generación de fuerzas de adherencia en la naturaleza, es conocida la estructuración de superficies de sólidos para aumentar su adhesividad. En la patente WO 03/099951 A2 se describe un procedimiento para la modificación superficial de un objeto, en el que se forman sobre la superficie del objeto una pluralidad de salientes cuyas áreas frontales libres forman un área de contacto. El área de contacto se caracteriza por una mayor adhesividad en comparación con la superficie no estructurada.

20 Para la aplicación en la práctica de las superficies estructuradas con una mayor adhesividad, resulta interesante variar la adhesividad en función de los requisitos específicos de una aplicación concreta. Por ejemplo, se puede utilizar una herramienta con un elemento adherente para recoger primero una pieza de trabajo de una primera posición, mover después la pieza de trabajo a una segunda posición y soltar finalmente la pieza de trabajo en la segunda posición. La superación de las fuerzas de adherencia de la superficie estructurada requeriría hasta ahora ejercer fuerzas mecánicas adicionales, por ejemplo sobre el elemento adherente o la pieza de trabajo, bajo cuyo efecto se levanta la superficie estructurada del objeto adyacente. El ejercer las fuerzas de separación adicionales constituye, sin embargo, un esfuerzo adicional generalmente no deseado. Además, las fuerzas de separación pueden influir negativamente en las superficies estructuradas o en el objeto adyacente, por ejemplo dañarlos.

30 En la patente EP 1422439 A1 se describe un sistema velcro con una combinación de elementos de ganchos y ojales, en el que los elementos de gancho están formados por un elastómero magnetorreológico que experimenta un cambio en la orientación de la forma y/o en la flexibilidad en función de un campo magnético externo.

35 La presente invención se propone el objetivo de proporcionar una superficie estructurada mejorada con la que se superen los inconvenientes de las superficies estructuradas convencionales. La invención se propone igualmente el objetivo de proporcionar una pieza mecánica dotada de una superficie estructurada mejorada de esta manera y proponer un procedimiento mejorado para la modificación superficial.

40 Estos objetivos se alcanzan mediante una superficie estructurada, una pieza mecánica y un procedimiento con las características de las reivindicaciones independientes. De las reivindicaciones dependientes se desprenden modos de realización y aplicaciones ventajosas de la invención.

45 Con respecto al dispositivo, el objetivo se alcanza, de acuerdo con un primer aspecto de la invención, mediante la enseñanza técnica general según la cual se proporciona una superficie estructurada que comprende una capa de soporte y una pluralidad de salientes, y cuyas propiedades se pueden variar selectivamente de manera que para un área de contacto formada por los salientes se pueda ajustar una adhesividad predeterminada en relación con un entorno adyacente. De acuerdo con la invención, los salientes de la superficie estructurada se componen de un material variable. Mediante una variación del material en sí y/o de su forma exterior ventajosamente se puede ajustar directamente la adhesividad del área de contacto. La invención también comprende variantes en las que los salientes y la capa de soporte, o exclusivamente la capa de soporte, están formados por el material variable. El ajuste de la adhesividad por medio de una modificación de la capa de soporte puede resultar ventajoso para determinadas aplicaciones de la superficie estructurada, condiciones ambientales o materiales utilizados.

55 Las propiedades variables (propiedades del material, propiedades de la materia prima) del material utilizado de acuerdo con la invención comprenden propiedades físicas (incluidas las geométricas) y/o químicas del material en sí y/o de su forma exterior. Las propiedades se pueden variar selectivamente, es decir, variar de forma dirigida mediante una acción física y/o química. Al variar una propiedad de los salientes y/o de la capa de soporte, éstos pasan (conmutan) de un primer estado definido física y/o químicamente a un segundo estado modificado. La variabilidad de las propiedades también se denomina conmutabilidad.

60 El área de contacto, que está constituida por los extremos libres de los salientes de la superficie estructurada de acuerdo con la invención y está interrumpida de modo correspondiente por las distancias entre los extremos libres, presenta una adhesividad que se puede ajustar mediante la conmutación selectiva de las propiedades de los salientes y/o de la capa de soporte. El término "adhesividad" designa la intensidad de las fuerzas de interacción moleculares que puede generar el área de contacto respecto a un entorno adyacente, especialmente un sólido adyacente o un líquido adyacente. Mediante la adhesividad (adherencia) se determinan las fuerzas opuestas a las fuerzas mecánicas que se ejercen para el movimiento relativo del área de contacto y un objeto adyacente. La adherencia comprende

fuerzas opuestas con componentes perpendiculares y/o paralelos a la superficie del área de contacto. De una manera correspondiente, el término adhesividad comprende, en el marco de la presente descripción, tanto la capacidad de adhesión como la capacidad para generar una fuerza de fricción.

5 La superficie estructurada de acuerdo con la invención presenta la ventaja de que mediante la conmutación de la propiedad del material de los salientes y/o de la capa de soporte se puede conmutar la adhesividad del área de contacto de un estado de alta adherencia a un estado de baja adherencia (o viceversa). De modo correspondiente, la adhesividad del área de contacto se puede modificar en función de un requisito concreto, por ejemplo para coger una pieza de trabajo o depositar una pieza de trabajo, sin que se tengan que ejercer fuerzas de separación mecánicas externas sobre  
10 la superficie estructurada o la pieza de trabajo. El campo de aplicación de las superficies estructuradas se amplía así considerablemente, simplificándose notablemente las aplicaciones actuales de las superficies estructuradas puesto que se puede prescindir de las medidas necesarias para ejercer fuerzas de separación.

Según otro aspecto, la invención se basa en la enseñanza técnica general de proporcionar una pieza mecánica con  
15 adhesividad ajustable que presente la superficie estructurada de acuerdo con la invención conforme al primer aspecto. Ventajosamente, la capa de soporte de la superficie estructurada puede formar parte de la pieza mecánica, es decir, los salientes de la superficie estructurada pueden estar constituidos directamente del material de un cuerpo base de la pieza mecánica. De manera alternativa, la superficie estructurada puede estar dispuesta en capas sobre un cuerpo base de la pieza mecánica. Ventajosamente se puede equipar así con posterioridad un objeto existente con la superficie  
20 estructurada para dotar el objeto de una adhesividad ajustable.

Según otro aspecto, la invención se basa en la enseñanza técnica general de modificar una superficie estructurada mediante una variación selectiva de las propiedades de los salientes y/o de una capa de soporte de la superficie para  
ajustar una adhesividad predeterminada en un área de contacto constituida por los salientes. Mediante una acción  
25 externa predeterminada se varían propiedades físicas (incluidas las geométricas) y/o químicas de los salientes y/o de la capa de soporte. A diferencia de las superficies estructuradas convencionales, en las que la adherencia o desadherencia es provocada por una fuerza mecánica externa que actúa sobre el objeto adherido o la pieza mecánica con la superficie estructurada, en el procedimiento de acuerdo con la invención se influye directamente en la superficie estructurada como tal.

30 La superficie estructurada de acuerdo con la invención presenta una pluralidad de salientes que constituyen el área de contacto de la superficie. El término "saliente" designa estructuras alargadas, por ejemplo en forma de varillas o filamentos, que se encuentran en posición vertical sobre la capa de soporte. Dependiendo del procedimiento para la preparación de la superficie estructurada, la capa de soporte y los salientes pueden estar fabricados de un material común o de materiales diferentes. Los salientes forman una topografía micro- o nanoestructurada, es decir, los salientes presentan típicamente una longitud axial comprendida en el intervalo de 10 nm a varios mm, por ejemplo 5 mm, y una dimensión radial comprendida en el intervalo de unos pocos nm, por ejemplo 2 nm, a 1 mm. Los salientes forman una disposición en fibras cuya adhesividad se puede ajustar de un estado adhesivo a un estado no adhesivo (o viceversa) mediante una acción externa que provoca un cambio, especialmente en las propiedades geométricas, mecánicas o  
40 químicas de la disposición en fibras.

De acuerdo con la invención, todos los salientes pueden presentar la misma forma y tamaño. De manera alternativa, los salientes pueden presentar una distribución jerárquica del tamaño, por ejemplo como se describe en la patente WO 03/099951 A2, gradientes de propiedades y/o anisotropías de las propiedades. Un gradiente de propiedades comprende, por ejemplo, un gradiente en el módulo de Young, con el que los salientes presentan en las partes adyacentes a la  
45 capa de soporte una mayor dureza que en sus partes superiores. Una anisotropía de propiedades se da, por ejemplo, cuando los salientes presentan diferentes módulos de Young en las direcciones longitudinal y transversal.

Los inventores han constatado que para el ajuste de la adhesividad son apropiadas ventajosamente muchas propiedades diferentes de la materia prima y se encuentran disponibles materiales correspondientes que se pueden variar selectivamente. Un primer grupo de propiedades que se pueden variar selectivamente comprende las propiedades físicas, en particular las propiedades mecánicas y/o geométricas de los salientes y/o de la capa de soporte.

Los salientes comprenden preferentemente materiales cuyo ángulo de inclinación con respecto a la capa de soporte se pueda variar. El ángulo de inclinación constituye ventajosamente una magnitud geométrica simple de los salientes con la que se puede variar directamente la adhesividad. Se puede prever, por ejemplo, que todos los salientes presenten el mismo ángulo de inclinación que se pueda variar entre un primer valor (estado de una adhesividad mayor) y un segundo valor (estado de una adhesividad menor en relación con el primer estado). De modo alternativo, se puede prever que los salientes presenten únicamente el mismo ángulo de inclinación en el estado de mayor adhesividad pero  
60 diferentes ángulos de inclinación en el estado de menor adhesividad. En este caso, la adhesividad de la superficie estructurada se ajusta mediante una variación de la distribución de los ángulos de inclinación de los salientes. Esta variante de la invención presenta ventajas especiales para un ajuste gradual de la adhesividad en función del ancho de la distribución de los ángulos de inclinación. La variación de la distribución de los ángulos de inclinación puede desembocar en un estado completamente desordenado de los salientes (el denominado colapso de la superficie estructurada).  
65 Preferentemente se prevé un colapso reversible de la superficie estructurada.

El ajuste de la adhesividad en función del ángulo de inclinación se puede elegir en cada caso de aplicación concreto, por ejemplo mediante ensayos. La adhesividad típicamente aumenta a medida que disminuye el ángulo de inclinación.

## ES 2 369 486 T3

De modo alternativo, se puede ajustar una adhesividad menor reduciendo el ángulo de inclinación, por ejemplo cuando los salientes con un ángulo de inclinación menor son especialmente blandos.

5 Asimismo puede estar prevista ventajosamente una variación de las distancias entre los salientes, en especial entre sus partes superiores, que constituyen directamente el área de contacto. Para esta variante de la invención se pueden utilizar, por ejemplo, materiales contraíbles o expandibles disponibles para la formación de los salientes y/o de la capa de soporte. La utilización de una capa de soporte contraíble o expandible posee la ventaja de que mediante una acción externa relativamente ligera, como, por ejemplo, un cambio de temperatura o un cambio de la humedad relativa, se puede lograr una fuerte variación de las distancias de los salientes. La adhesividad del área de contacto se puede  
10 ajustar con una sensibilidad especialmente elevada. Si se prevé un ajuste del módulo de elasticidad de los salientes y/o de su dependencia direccional, la adhesividad del área de contacto se puede variar ventajosamente sin que varíen sus propiedades ópticas, como, por ejemplo, la imagen visual.

15 En otras variantes ventajosas de la invención, puede estar prevista una variación selectiva de las propiedades químicas de los salientes y/o de la capa de soporte. Los inventores han constatado que se encuentran disponibles materiales orgánicos (en especial materiales poliméricos), materiales compuestos o metales en los que, mediante una acción externa, se pueden variar selectivamente la estructura molecular, la estructura del sólido (especialmente la estructura polimérica) y/o la composición química de tal manera que varíe la capacidad de los salientes para efectuar interacciones moleculares respecto a objetos directamente adyacentes, en particular la adsorción superficial.

20 Otra ventaja importante de la invención reside en que se dispone de numerosas acciones externas diferentes que se pueden utilizar para la modificación de la superficie estructurada y para el ajuste de la adhesividad. Una acción externa puede comprender, por ejemplo, un cambio de temperatura por calentamiento o enfriamiento. Un calentamiento se puede lograr ventajosamente mediante un dispositivo calentador que actúa desde fuera, por ejemplo mediante radiación térmica, o desde dentro, por ejemplo mediante calefacción por inducción. De manera alternativa o adicional se pueden utilizar como acción externa campos magnéticos y/o eléctricos estáticos o dinámicos o radiación electro-  
25 magnética. Esta variante presenta ventajas especialmente en las aplicaciones de la invención en las que la superficie estructurada, una pieza mecánica equipada con ésta o un objeto adyacente a ésta es sensible a la temperatura. Además, los campos magnéticos y/o eléctricos se pueden utilizar de modo especialmente ventajosa para un ajuste reversible de la adhesividad. Finalmente, la acción externa puede comprender una sollicitación de la superficie estructurada con al menos una sustancia química. En este caso se puede evitar ventajosamente un desajuste involuntario de la adhesividad, por ejemplo por campos perturbadores.

35 Los salientes y/o la capa de soporte de la superficie estructurada presentan un módulo de elasticidad preferentemente inferior a 10 GPa. La ventaja de ello reside, en especial, en la fácil adaptación de la superficie estructurada a superficies lisas o rugosas de un objeto adyacente adherido al área de contacto. Así, el área de contacto ventajosamente se puede formar, en el estado adherido, a la medida de la superficie del objeto adyacente. Un módulo de elasticidad suficientemente bajo lo presentan, por ejemplo, los materiales poliméricos orgánicos. De manera alternativa, los salientes y/o la capa de soporte pueden estar constituidos por un metal. Se pueden usar especialmente metales (los denominados  
40 metales con memoria de forma, por ejemplo níquel-titanio, véase Y. Zhang y col., en "Appl. Phys. Lett." vol. 89, 2006, pág. 041912).

45 Si los salientes presentan un gradiente de dureza, el módulo de elasticidad asciende, adyacente a la capa de soporte, a, por ejemplo, 10 GPa y en las partes superiores a, por ejemplo, 1 GPa. Si los salientes presentan módulos de Young anisotrópicos, el módulo de Young asciende en dirección longitudinal de los salientes a, por ejemplo, 1 GPa y en dirección transversal a, por ejemplo, 10 MPa.

50 Según otra alternativa, los salientes de la superficie estructurada de acuerdo con la invención pueden estar formados por un material con un módulo de elasticidad mayor, por ejemplo una cerámica o un material semiconductor, si la superficie estructurada está prevista para la adherencia a objetos con superficies lisas y/o si la capa de soporte está formada con un módulo de elasticidad inferior a 10 GPa. En este último caso, ventajosamente también se puede lograr una adherencia a superficies lisas o rugosas cuando los salientes están formados por un material más rígido.

55 Si de acuerdo con un modo de realización especialmente preferido de la invención los salientes y/o la capa de soporte están formados por un material polimérico, pueden resultar ventajas adicionales de los múltiples polímeros disponibles y de su capacidad para adaptarse a requisitos concretos de una aplicación de la superficie estructurada. En particular, se puede utilizar un material polimérico uniforme (homogéneo), una composición polimérica de diferentes polímeros o un polímero compuesto de al menos un polímero y una sustancia extraña, como, por ejemplo, partículas metálicas. Los polímeros compuestos presentan la ventaja adicional de que las composiciones adecuadas de los  
60 polímeros disponibles adecuados para la preparación de superficies estructuradas (para el procedimiento véase, por ejemplo, la patente WO 03/099961 A2) se pueden dotar de aditivos metálicos o magnéticos para lograr la ajustabilidad de acuerdo con la invención de la adhesividad.

65 Como materiales poliméricos han resultado especialmente ventajosos los polímeros con memoria de forma, los polímeros de cristal líquido, los compuestos con partículas metálicas no magnéticas o magnéticas, los polímeros sensibles a radiación y los polímeros sensibles a líquido. Los materiales poliméricos están constituidos, por ejemplo, por elastómeros o copolímeros de bloques. Los polímeros con memoria de forma son polímeros que muestran el efecto de memoria de forma (véanse, por ejemplo, A. Lendlein y col. en "Angewandte Chemie - International Edition",

volumen 41, 2002, pág. 2034-2057, R. Mohr y col., en "PNAS", volumen 103, 2006, pág. 3540-3545). Los polímeros de cristal líquido (véase, por ejemplo, K. Hiraoka y col., en "Macromolecules" volumen 38, 2005, pág. 7352-7357) se pueden utilizar ventajosamente para ajustar la adhesividad bajo la acción de campos eléctricos. Los polímeros sensibles a radiación comprenden, en particular, polímeros sensibles a la luz que varían su forma o estructura cuando son irradiados con luz (IR, VIS o UV) (véase A. Lendlein y col. en "Nature", volumen 434, 2005, pág. 879-882). Los materiales poliméricos utilizados de acuerdo con la invención pueden pertenecer a varios de los grupos mencionados.

Si las propiedades de los salientes y/o de la capa de soporte son, de acuerdo con un modo de realización preferido de la invención, reversibles y variables repetidas veces, la adhesividad de la superficie estructurada ventajosamente puede conmutar repetidas veces entre un estado de mayor adherencia y un estado de menor adherencia. En este caso resultan ventajas especiales para la aplicación de la superficie estructurada en procesos dinámicos en los que la adhesividad se debe adaptar en cada caso a los requisitos concretos de un procedimiento. Alternativamente, se puede prever un ajuste único irreversible de la adhesividad. Una única variación de los salientes y/o de la capa de soporte significa que la adhesividad de la superficie estructurada se ajusta posteriormente después de su preparación, con preferencia inmediatamente antes de la aplicación.

Otra ventaja de la invención reside en que los salientes pueden presentar en sus extremos libres (partes superiores) una o varias formas, que pueden ser diferentes dependiendo de la aplicación concreta de la superficie estructurada. Se pueden prever, por ejemplo, áreas frontales con una forma llana, esférica, abovedada o aplanada, o estructuras huecas o en forma de escudilla, tales como tubitos, ventosas o formas divididas en subestructuras.

Las aplicaciones preferidas de la invención se encuentran en la técnica del transporte, especialmente en la técnica de herramientas y la robótica, en la construcción, en la técnica textil, especialmente en la producción de cierres textiles, en la técnica médica, especialmente para aparatos médicos o material médico como, por ejemplo, material de vendaje, para artículos de deporte, como, por ejemplo, aparatos de deporte o zapatillas de deporte, o en la técnica doméstica, como, por ejemplo, en muebles.

A continuación se describen otros detalles y ventajas de la invención haciendo referencia a los dibujos adjuntos. Muestran:

la fig. 1 una primera variante de las superficies estructuradas de acuerdo con la invención, con una ilustración del ajuste de la adhesividad;

la fig. 2 vistas en sección esquemáticas de salientes de una superficie estructurada de acuerdo con la invención;

las figs. 3 a 7 otras variantes de las superficies estructuradas de acuerdo con la invención, con una ilustración del ajuste de la adhesividad; y

la fig. 8 una ilustración esquemática de una aplicación de la invención en la técnica del transporte.

A continuación se explican diferentes principios de acción del ajuste de acuerdo con la invención de la adhesividad, haciendo referencia a título de ejemplo a las figuras 1 a 7. Cabe señalar que las figuras sirven únicamente para la ilustración esquemática de la invención. La realización de la invención no está limitada a las formas geométricas y relaciones de tamaño mostradas de las superficies estructuradas representadas en detalles ampliados, sino que se puede realizar de forma correspondiente con relaciones geométricas modificadas (véase, por ejemplo, la descripción de la figura 2, véase también la patente WO 03/099951 A1). En las figuras se muestra en cada caso la superficie estructurada con la capa de soporte y los salientes. En la realización práctica (véase, por ejemplo, la figura 8) la superficie estructurada está dispuesta sobre un cuerpo base o está prevista como componente de éste. El cuerpo base puede presentar una forma superficial curvada o llana. De manera correspondiente, la superficie estructurada de acuerdo con la invención puede estar curvada o ser llana. Por motivos de claridad no se representa el cuerpo base en las figuras 2 a 6.

En la descripción siguiente se explican primero ejemplos de realización del cambio selectivo, permanente o temporal, de la superficie estructurada de acuerdo con la invención. A continuación se describen a título de ejemplo los materiales y procedimientos para la preparación de la superficie estructurada de acuerdo con la invención. Cabe señalar que, dependiendo de las condiciones concretas de la aplicación de la superficie estructurada, los distintos materiales se pueden utilizar para la realización de los diferentes principios de acción para ajustar selectivamente la adhesividad. Los principios de acción descritos se pueden utilizar para ajustar una adhesividad uniforme o formar un gradiente de adhesividad sobre una superficie.

La figura 1A muestra un primer modo de realización de la superficie estructurada 11 de acuerdo con la invención de un cuerpo base 10, que presenta una pluralidad de salientes 12 sobre una capa de soporte 13. Los salientes 12 forman una disposición regular con distancias comprendidas, por ejemplo, en el intervalo de 10 nm a 1 mm. Por la totalidad de los extremos libres (partes superiores) de los salientes 12 se extiende un área de contacto 14. El área de contacto 14 está configurada para generar fuerzas de interacción moleculares cuando entra en contacto con una superficie de un objeto adyacente. Dependiendo de la intensidad de la totalidad de las fuerzas de interacción moleculares, se puede formar una unión adherente con el objeto adyacente. La unión adherente se forma sin anclaje a la superficie del objeto ni engranaje de los salientes, sino que es mediada por fuerzas de van der Waals, reforzadas, dado el caso, por fuerzas capilares y/o de succión (véase la figura 2). Pueden contribuir adicionalmente fuerzas electrostáticas o fuerzas capilares. La figura

## ES 2 369 486 T3

2 muestra a modo de ejemplo diferentes variantes de los salientes 12 con partes superiores 12.1 que presentan, por ejemplo, una estructura llana (en particular plana, en forma de espátula, en forma de T o en forma de L), abovedada (en particular esférica), hueca o dividida.

5 Los salientes 12 de la superficie estructurada 11 de acuerdo con la invención se preparan preferentemente según uno de los procedimientos siguientes: micro- o nanolitografía de la capa de soporte, microimpresión, crecimiento de los salientes por organización propia, especialmente de copolímeros de bloque, microelectroerosión por chispas (en el caso de materiales metálicos), micromecanizado por descarga eléctrica, tratamiento superficial mediante haz iónico enfocado, conformación plástica, por ejemplo estampación en caliente o moldeo por inyección y/o el denominado prototipado rápido utilizando rayos láser (con materiales en polvo o poliméricos). Puesto que estos procedimientos son conocidos en sí, no se describirán aquí detalles de la técnica de procedimientos. Para la preparación de los salientes 12 de material polimérico se utilizan para los procedimientos mencionados polvos poliméricos, aglomerados poliméricos o materiales precursores poliméricos que, dado el caso, contienen un agente reticulante y/o un agente de refuerzo. El agente reticulante sirve para que se produzca una reticulación bajo la acción de sustancias químicas o bajo la acción de radiación, de manera que se puede mejorar la estabilidad mecánica de los salientes.

15 Las fuerzas de interacción moleculares que son generadas por el área de contacto 14 se pueden ajustar en función del ángulo de inclinación  $\alpha$  entre una dirección longitudinal de los salientes 12 y la capa de soporte 13. Por ejemplo, con los salientes poliméricos (material: PDMS, diámetro:  $10\ \mu\text{m}$ , longitud:  $50\ \mu\text{m}$ ) se obtiene con un ángulo de inclinación pequeño  $\alpha_1 = 30^\circ$  (figura 1A) un estado de adhesividad mayor y con un ángulo de inclinación  $\alpha_2 = 45^\circ$  (figura 1B), un estado modificado en comparación con el primer estado con una adhesividad menor. El ajuste de la adhesividad según la figura 1 se puede llevar a cabo alternativamente de manera que con el ángulo de inclinación más pequeño se dé una adhesividad menor y con el ángulo de inclinación mayor, una adhesividad mayor, o viceversa. La conmutación entre los estados adherido y no adherido se efectúa mediante una acción externa, que se simboliza mediante la flecha doble y comprende, por ejemplo, un aumento de temperatura, campos eléctricos, campos magnéticos, radiación electromagnética, en particular luz, una influencia mecánica (por ejemplo, una tensión previa aplicada con un rodillo) o la acción de sustancias químicas (véanse las figuras 5, 6).

20 De forma alternativa, con la acción externa se puede ajustar la adhesividad según las figuras 3A a 3C o 3D y 3E mediante un cambio selectivo de un estado ordenado de los salientes 12. El estado ordenado de los salientes 12 se puede caracterizar por el ancho de la distribución de los ángulos de inclinación en relación con la capa de soporte 13. Sólo en un estado en el que los salientes 13 constituyen una disposición con un patrón ordenado (por ejemplo, un patrón matricial) y apuntan todos en la misma dirección se da un estado de adhesividad mayor.

25 Según la figura 3A, todos los salientes 12 presentan el mismo ángulo de inclinación, es decir, el ancho de la distribución de los ángulos de inclinación es extremadamente estrecho. Mediante una acción física y/o química selectiva se pueden variar los ángulos de inclinación de algunos (figura 3C) o todos (figura 3B) los salientes 12. A medida que aumenta el número de salientes que se desvían de la orientación homogénea según la figura 3A, disminuyen las fuerzas de interacción moleculares que son ejercidas por la totalidad de los salientes 12. Por consiguiente, la superficie estructurada 11 se puede conmutar, mediante una acción externa, del estado de mayor adhesividad (figura 3A) a un estado de menor adhesividad (figura 3B) pasando, dado el caso, por un estado intermedio (Figura 3C).

30 Según las figuras 3D y 3E, el estado ordenado de los salientes 12 se puede ajustar ventajosamente con polímeros compuestos con partículas magnéticas. Las partículas magnéticas 12.2 están dispuestas dentro o sobre las partes superiores 12.1 de los salientes 12. Mediante el campo de un imán 23 (imán permanente o electroimán conmutable) se orientan todos los salientes 12, ajustándose el estado adherente (figura 3D). Al retirar el imán 23 o desconectar el electroimán se elimina el campo magnético, de manera que los salientes se orientan distribuidos al azar y se ajusta el estado no adherente (figura 3E). El reajuste selectivo de la adhesividad ventajosamente se puede invertir repetidas veces (reversible).

35 Según otra alternativa, se pueden variar selectivamente las distancias entre las partes superiores 12.1 de los salientes 12 para ajustar la adhesividad de la superficie estructurada 11. Por ejemplo, puede estar previsto, según la figura 4A, que se dé una adhesividad reducida con distancias relativamente grandes entre las partes superiores 12.1 (por ejemplo, en el intervalo de 100 nm a 1 mm). Mediante una acción externa se puede aumentar el número de partes superiores 12.1 y, con ello, los contactos microscópicos por área, de manera que se alcanza primero, según la figura 4B, un estado de adhesividad mayor. A continuación se puede inducir, mediante la acción externa adicional, una adhesión lateral de los salientes 12, reduciéndose la adhesividad de la superficie estructurada 11 (figura 4C).

40 Las distancias entre las partes superiores 12.1 y, con ello, la adhesividad del área de contacto 14 se pueden ajustar, por ejemplo, mediante un calentamiento de la capa de soporte 13. Con el aumento de temperatura la capa de soporte se contrae, de manera que las distancias entre las partes superiores 12.1 se reducen. Ventajosamente, esto resulta posible sin que la capa de soporte se desprenda de un cuerpo base. A una distancia inferior a la crítica, los salientes 12 se adhieren lateralmente entre sí (figura 4C), de manera que la adhesividad se reduce o varía hasta obtener un efecto de repulsión. Una capa de soporte de un material contraíble se utiliza preferentemente en maneras de realización de la invención en las que el tamaño de la pieza mecánica que está dotada de la superficie estructurada de acuerdo con la invención varía durante la aplicación, por ejemplo mediante una dilatación o contracción como resultado de un cambio de temperatura. Mediante la adaptación de la capa de soporte al tamaño modificado se puede ajustar al mismo tiempo la adhesividad de la superficie.

Para reducir la adhesividad según la figura 4C, los salientes se forman preferentemente de un material polimérico con una fuerte adhesión lateral, en particular de un elastómero blando, por ejemplo PDMS. Partiendo del estado de adhesividad reducida se puede alcanzar, mediante un enfriamiento de la superficie estructurada, una disminución de la adhesión lateral de los salientes, de manera que los salientes individuales se separan unos de otros (transición a la disposición según la figura 4B). En este estado está ajustada una mayor adhesividad del área de contacto 14.

La figura 5 muestra la conmutación correspondiente entre un estado de mayor adhesividad (figura 5A) y un estado de menor adhesividad (figura 5B) mediante una sollicitación de la superficie estructurada 11 con una sustancia química 15 en forma de líquido o gas o vapor, por ejemplo con agua. Por la humedad del entorno los salientes 12 adsorben agua, de manera que la adhesividad varía, como se muestra, mediante una deformación de los salientes o, alternativa o adicionalmente, mediante una conversión química en el material de los salientes o sobre su superficie. Cuando actúa la sustancia química 15, el ángulo de inclinación de los salientes 12 puede, por ejemplo, permanecer constante, pero la capacidad de adsorción de sus superficies, en cambio, varía.

En la figura 6 se ilustran, de modo análogo a la figura 1, detalles del ajuste de la adhesividad mediante el ejemplo de la variación de los ángulos de inclinación de los salientes 12 utilizando salientes de elastómeros de cristal líquido. Los elastómeros de cristal líquido presentan en una transición de fase de una fase isotrópica a una nemática o esméctica una extensión o una contracción a lo largo del mesógeno en zonas de dominios. La extensión o contracción se produce espontánea y rápidamente durante la transición de fase, como se muestra en las representaciones parciales ampliadas esquemáticas de la figura 5. La transición de fase se puede provocar mediante una acción externa que comprende, por ejemplo, un cambio de temperatura o un campo eléctrico. Se prevé, por ejemplo, un cambio de temperatura de unos pocos grados, por ejemplo +/- 10° alrededor de la temperatura de transición a la que se produce la transición entre las fases nemática y esméctica o un isotropización, o la formación de un campo eléctrico con una intensidad de campo de unos V/μm, por ejemplo de 10 V/μm o 10<sup>7</sup> V/m.

Según otra alternativa, la adhesividad de la superficie estructurada 11 se puede ajustar con un material polimérico que esté configurado para la formación de una superficie estructurada en un campo eléctrico externo. El proceso de la estructuración inducida eléctricamente es reversible, de manera que la adhesividad es conmutable entre diferentes estados. Según la figura 7, la conmutación de la superficie estructurada bajo la acción de un campo eléctrico se puede combinar con un cambio de temperatura para conservar las propiedades de los salientes también después de desconectar el campo eléctrico. Según las figuras 7A y 7B, por ejemplo, se realiza la transición inducida eléctricamente del estado sin adhesividad (figura 7A) al estado con adhesividad (figura 7B) a una temperatura superior a la temperatura de transición vítrea o a la temperatura de fusión del material polimérico. El campo eléctrico inducido con una fuente de tensión 21 externa presenta, por ejemplo, una intensidad de campo de 10 V/cm. Al enfriarse la superficie estructurada 11 a por debajo de la temperatura de transición vítrea o de fusión (figura 7C), el estado de mayor adhesividad en principio también se puede mantener sin el campo eléctrico. Por calentamiento de la superficie estructurada 11 a una temperatura superior a la temperatura de transición vítrea o de fusión se puede ajustar la adhesividad a un valor reducido (figura 7D). El modo de realización de la invención ilustrada en la figura 7 se puede aplicar de manera particularmente ventajosa en la técnica del transporte, especialmente en la tecnología de los semiconductores y la microelectrónica.

Para la generación del campo eléctrico para los modos de realización de la invención mostrados, por ejemplo, en las figuras 1, 3 ó 7 la fuente de tensión 21 se conecta con un electrodo inferior por debajo de los salientes y con un electrodo superior por encima de los salientes. El electrodo inferior está constituido preferentemente por un componente electroconductor de la pieza mecánica que porta la superficie estructurada, por ejemplo por una capa electroconductora en una pieza mecánica electrónica. El electrodo superior está formado de preferencia por una parte de una herramienta adicional, tal como una herramienta de transporte según la figura 8. La posición del electrodo superior determina la dirección del campo eléctrico al que se expone la superficie estructurada. Preferentemente, ambos electrodos son planos y están dispuestos a una distancia constante, en particular paralela, a la superficie estructurada.

A continuación se describen materiales que son adecuados para la formación de las superficies estructuradas de acuerdo con la invención.

### 1. *Polímeros con memoria de forma*

Para ajustar las diferentes adhesividades de la superficie estructurada e inducir las transiciones entre las diferentes propiedades de los salientes 12 y/o las capas de soporte 13 se pueden utilizar polímeros con memoria de forma. Los salientes se exponen, por ejemplo, a una temperatura próxima o superior a la temperatura de transición vítrea o la temperatura de fusión a una tensión mecánica sin sobrepasar el límite de elasticidad del material. El patrón de los salientes, colapsado bajo la tensión mecánica (por ejemplo, figura 3B), se puede devolver a la disposición original (por ejemplo, figura 3A) por ejemplo mediante un calentamiento del material a por encima de la temperatura de transición vítrea o de fusión. Dependiendo de la asignación del estado permanente o transitorio a uno de los estados del material polimérico se pueden utilizar los siguientes materiales para la preparación de superficies estructuradas conmutables:

#### 1.1 *Materiales poliméricos con un estado permanente reticulado y un estado transitorio amorfo o vítreo*

De acuerdo con la invención se pueden utilizar polímeros lineales o ramificados, composiciones poliméricas o polímeros compuestos (por ejemplo basados en poli(metacrilato de metilo) (PMMA), poli(cloruro de vinilo) (PVC),

## ES 2 369 486 T3

poliuretano (PU), polinorborno) con una reticulación o refuerzo físico que permita una deformación elástica. Se prefieren especialmente los materiales elastoméricos reticulados puesto que permiten una mayor deformación elástica.

Por ejemplo, un área de contacto adhesiva de manera regular (figura 3A) se puede deformar mediante fuerzas mecánicas para obtener el estado colapsado no adhesivo (figura 3B) y enfriar a una temperatura inferior a la temperatura de transición vítrea para fijar el estado no adhesivo con la disposición colapsada de los salientes 12. En el caso de una deformación elástica, la tensión se libera cuando la temperatura se aumenta a por encima de la temperatura de transición vítrea, y la disposición colapsada pasará a la disposición ordenada original. De una manera correspondiente se puede restablecer, mediante el aumento de temperatura, la mayor adhesividad en el área de contacto.

### 1.2 Materiales poliméricos con un estado permanente reticulado y un estado transitorio semicristalino

De acuerdo con la invención se pueden utilizar polímeros, composiciones poliméricas o polímeros compuestos que presentan una capacidad de cristalización parcial, como, por ejemplo, trans-poliimida (PI), polietileno reticulado (PE) o elastómeros termoplásticos.

Se forma, por ejemplo, una disposición ordenada de los salientes 12 con el polímero reticulado según la figura 3A. Mediante la reticulación se memoriza la forma de los salientes (estado con adhesividad mayor). Para pasar al estado de menor adhesividad (figura 3B) se realiza una deformación mecánica (elástica) a una temperatura superior a la temperatura de fusión de la proporción reticulada de los salientes 12. Para polímeros tales como, por ejemplo, trans-PI o PE reticulados, la deformación se realiza a una temperatura de, por ejemplo, 80°C. El estado de menor adhesividad es en este caso el estado transitorio, que se fija mediante las partes microcristalinas que se forman en el polímero durante el proceso de enfriamiento. Para ajustar la mayor adhesividad (figura 3A), la superficie estructurada se calienta a una temperatura superior a la temperatura de fusión de la proporción reticulada del polímero. El aumento de temperatura se lleva a cabo por debajo de un límite superior que supondría el riesgo de colapso lateral de los salientes.

### 1.3 Composiciones poliméricas mixtas o copolímeros de bloque de fases separadas con un componente vítreo y otro semicristalino

De acuerdo con la invención se pueden utilizar copolímeros de bloque lineales, como, por ejemplo, poliestireno-poli(1-buteno) (PS-PB) o PU, con componentes rígidos y blandos, o poli(tereftalato de etileno)-poli(óxido de etileno) (PET-PEO), para la formación de los salientes 12. El estado permanente (por ejemplo, figura 3A) es memorizado por el estado vítreo de uno de los componentes (por ejemplo PS, o el componente rígido de PU, o PET). El estado transitorio (figura 3B) se alcanza mediante una deformación a una temperatura superior a la temperatura de fusión del segundo componente y un enfriamiento siguiente, de tal modo que los cristales fijan una estructura microcristalina. De una manera correspondiente se ajusta una menor adhesividad. La temperatura de fusión de los copolímeros de bloque de fases separadas se encuentra, por ejemplo, en el intervalo de 40°C a 60°C. Un suministro de calor para el aumento de la temperatura provoca la fusión de las zonas microcristalinas, de manera que se ajusta el estado original de mayor adhesividad (figura 3A).

### 1.4 Composiciones poliméricas mixtas o copolímeros de bloque de fases separadas con dos componentes vítreos

De acuerdo con otra alternativa, se pueden utilizar copolímeros de bloque o mezclas de polímeros que contienen dos componentes vítreos para ajustar diferentes formas de los salientes y, con ello, diferentes adhesividades. Los salientes 12 pueden componerse, por ejemplo, de PU con componentes rígidos y blandos, como, por ejemplo, metilénbis(4-fenilisocianato) o bisfenol A como componente rígido y cadenas metilénicas u oximetilénicas como componente blando. En este caso, el estado permanente (figura 3A) es memorizado por el estado vítreo de uno de los componentes (por ejemplo el componente rígido de PU). El estado transitorio (figura 3B) se alcanza mediante una deformación a una temperatura superior a la temperatura de transición vítrea del segundo componente y un enfriamiento final de tal manera que se fije el estado vítreo del segundo componente. La temperatura de transición vítrea del segundo componente se encuentra, por ejemplo, en el intervalo de 15°C a 60°C. La mayor adhesividad se ajusta mediante un calentamiento de la superficie estructurada a por encima de la temperatura de transición vítrea del segundo componente (blando).

## 2. Elastómeros de cristal líquido

De acuerdo con la invención se pueden utilizar elastómeros de cristal líquido nemáticos o esmécticos para la formación de los salientes 12 de la superficie estructurada 11 de acuerdo con la invención. El ajuste de la adhesividad mediante la utilización de este grupo de polímeros se ilustra en la figura 6 mediante el ejemplo de la variación del ángulo de inclinación de los salientes 12. Ejemplos de este tipo de polímeros que presentan una memoria de forma biaxial son descritos, por ejemplo, por K. Hiraoka y col. en "Macromolecules" volumen 38, 2005, págs. 7352-7357.

## 3. Materiales poliméricos contraíbles y expansibles

Para ajustar la adhesividad de la superficie estructurada 11 según la variante mostrada en las figuras 4A y 4B se puede utilizar un material polimérico contraíble y expansible, por ejemplo basado en polietileno, o un material de múltiples capas, por ejemplo de PE orientado biaxialmente, PP, fluoropolímeros o de varias capas de PE de baja densidad. Los materiales poliméricos adecuados se conocen, por ejemplo, de la técnica de embalajes.

#### 4. *Polímeros compuestos que contienen partículas metálicas no magnéticas*

Si se prevé un ajuste de la adhesividad mediante un aumento de temperatura y la pieza mecánica dotada de la superficie estructurada 11 o un objeto adyacente no son adecuados para un calentamiento directo, se utilizan materiales poliméricos, por ejemplo según los puntos 1 a 3, que están cargados con partículas metálicas no magnéticas. Estos polímeros compuestos admiten un calentamiento inductivo que ventajosamente está localizado directamente en la superficie estructurada 11 y evita daños en la pieza mecánica o en el objeto adyacente. El calentamiento inductivo de composiciones poliméricas lo describen, por ejemplo, Mohr y col. en "PNAS", volumen 103, 2006, pág. 3540-3545.

#### 5. *Materiales poliméricos magnéticos*

Otra variante para el ajuste de la adhesividad, especialmente en sistemas sensibles a la temperatura, consiste en la utilización de polímeros compuestos con partículas magnéticas o polímeros o composiciones poliméricas magnéticas para la formación de los salientes. Se pueden utilizar, por ejemplo, polímeros a los que se han añadido partículas magnéticas, por ejemplo de magnetita o complejos de óxidos metálicos, o, como material polimérico inherentemente magnético, poliacetileno o composiciones con unidades repetitivas alternantes de polienos y arenos acoplados en posición meta.

De acuerdo con la invención puede estar previsto, por ejemplo, que el material polimérico con propiedades magnéticas presente, en el estado sin campo, la forma permanente de mayor adhesividad. Para ajustar una adhesividad menor se puede conectar un campo magnético, bajo cuya acción varía, por ejemplo, el ángulo de inclinación de los salientes 12 (figura 1). De manera alternativa, el estado permanente se puede ajustar bajo la acción de un campo magnético presente, variándose en este caso el campo magnético presente en relación con la intensidad y/o la dirección para ajustar la adhesividad.

Según otra alternativa, la acción del campo magnético puede estar acoplada a una transición térmica, como se ha descrito anteriormente en el punto 1.1. En este caso, el ajuste de la adhesividad no sólo se puede realizar en función de la intensidad y/o la dirección del campo magnético, sino también en función de la temperatura de los salientes.

Para la generación del campo magnético para las formas de realización de la invención mostradas, por ejemplo, en las figuras 1, 3 ó 7 se utiliza, por ejemplo, un imán permanente como parte de una herramienta adicional, tal como una herramienta de transporte según la figura 8.

#### 6. *Materiales poliméricos polares*

De acuerdo con la invención, los salientes 12 y/o la capa de soporte 13 de la superficie estructurada 11 se pueden componer de un material polimérico que está configurado para orientar las cadenas poliméricas en respuesta a un campo eléctrico externo (material polimérico polar). El material polimérico contiene, por ejemplo, dipolos que se pueden orientar en el campo eléctrico externo. Con los materiales poliméricos polares se pueden realizar, por ejemplo, las siguientes variantes.

##### 6.1 *Elastómero con propiedades de cristal líquido*

Bajo la acción de un campo eléctrico, los elastómeros de cristal líquido o los elastómeros con un aditivo de cristal líquido que presentan mesofases nemáticas o esmécticas pueden presentar, como se ilustra a título de ejemplo en la figura 6, una reorientación e inclinación mesogénica dependiente del campo eléctrico. Los materiales poliméricos adecuados son, por ejemplo, polímeros basados en siloxano, acrilato o éter metilénico con cadenas laterales de cristal líquido o polímeros en forma de cadena con un aditivo de cristal líquido de bajo peso molecular. Con monodominios de tamaño adecuado (preferentemente conforme a la sección transversal de los salientes, por ejemplo en el intervalo de 10 nm<sup>3</sup> a unos μm<sup>3</sup>), una reorientación de las cadenas se manifiesta en un cambio en la geometría exterior del material polimérico. Ventajosamente, este proceso es reversible y se puede activar o regular con la intensidad y/o la dirección del campo eléctrico.

##### 6.2 *Capas poliméricas autoorganizadoras*

La adhesividad de la superficie estructurada 11 se puede ajustar, según la figura 7, con un material polimérico que esté configurado para la formación espontánea de una superficie estructurada en función de un campo eléctrico externo (material polimérico autoorganizador). T. Thurn-Albrecht y col. en "Macromolecules", volumen 33, 2000, pág. 3250-3253, por ejemplo, describen materiales poliméricos adecuados.

#### 7. *Materiales poliméricos sensibles a radiación*

La variación de acuerdo con la invención de los salientes de una superficie estructurada puede comprender un cambio geométrico inducido por radiación, en particular inducido por luz, de la estructura de un elastómero o de un elastómero de cristal líquido o de un polímero con un aditivo sensible a radiación. Con la irradiación se pueden variar propiedades químicas o físicas del material polimérico. Este tipo de variaciones comprenden, por ejemplo, una activación o liberación de moléculas reticulantes sensibles a la luz en el material polimérico, un cambio en los

momentos dipolares, cambios conformacionales, cambios en las interacciones intermoleculares o reacciones químicas (por ejemplo, reticulación). Con la irradiación puede cambiar la geometría de los salientes, por ejemplo mediante una contracción/dilatación, una deformación o torsión de los salientes.

#### 5 7.1 *Polímeros con fotoisómeros*

Una variación de acuerdo con la invención de los salientes de la superficie estructurada puede comprender una isomerización. Con una irradiación se pueden inducir, por ejemplo, cambios conformacionales de unidades reticulantes que se pueden fotoisomerizar. La irradiación se efectúa a una longitud de onda que se elige en función del comportamiento de absorción del polímero, por ejemplo en la región UV, VIS o IR. Se puede prever, por ejemplo, una fotoisomerización cis-trans de azobencenos por irradiación a 365 nm o 436 nm. El proceso de isomerización provoca una reducción en la longitud de las cadenas poliméricas. Por ejemplo, en la unidad de azobenceno se produce una reducción de la longitud de las cadenas de 0,9 nm a 0,55 nm. De manera alternativa pueden estar previstos cambios conformacionales en espirooxazinas o cromenos. Mediante el cambio conformacional se generan reticulaciones entre cadenas por medio de las cuales se puede inducir, dependiendo de la irradiación, una dilatación o una contracción del polímero.

#### 7.2 *Materiales poliméricos con fotodímeros*

20 De modo análogo al punto 7.1, se puede provocar una contracción mediante una dimerización inducida por radiación. Por ejemplo, una irradiación puede inducir una dimerización o reticulación en un polímero que contiene grupos cinámicos que forman parte de la cadena polimérica.

#### 7.3 *Polímeros con generación de carga inducida por luz*

25 De acuerdo con la invención, los salientes de la superficie estructurada se pueden componer de un material polimérico que contiene un aditivo que está configurado para separar cargas bajo irradiación. El aditivo comprende, por ejemplo, leucoderivados de trifenilmetano que, bajo irradiación con luz UV, se disocian en pares iónicos. Por las cargas inducidas por la irradiación puede producirse en los salientes una repulsión electrostática que causa una dilatación o contracción macroscópica del material. De manera correspondiente, una irradiación puede variar la forma o la orientación de los salientes (véanse, por ejemplo, las figuras 1 ó 3), y de modo correspondiente se puede ajustar la adhesividad de la superficie estructurada de acuerdo con la invención.

#### 7.4 *Polímeros con memoria de forma*

35 Según otra variante, los salientes de la superficie estructurada se pueden componer de polímeros con memoria de forma inducida por luz, tal como los describe, por ejemplo, A. Lendlein y col. en "Nature", volumen 434, 2005, pág. 879-882, o en "Adv. Mat.", volumen 18, 2006, pág. 1471-1475.

#### 40 8. *Materiales poliméricos con elasticidad variable*

La adhesividad de la superficie estructurada de acuerdo con la invención se puede modular mediante un cambio en el módulo de Young del material de los salientes y/o de la capa de soporte. Por variación de la elasticidad se puede ajustar una adhesividad variada. La adhesividad aumenta con la blandura del material de los salientes y/o de la capa de soporte. El módulo de Young se puede variar (aumentar o reducir), por ejemplo, mediante un cambio de temperatura o la presencia de una sustancia química, como, por ejemplo, un disolvente o agua. Mediante la presencia de un disolvente o de humedad del aire se puede variar, por ejemplo, el módulo de Young de polímeros o geles higroscópicos, por ejemplo poli(acrilamida) o poliéter (figura 5).

#### 50 9. *Materiales poliméricos con energía superficial variable*

Mediante la presencia de disolventes o agua o mediante un cambio de temperatura se pueden variar las propiedades físicas o químicas de polímeros con energía superficial variable, como, por ejemplo, polímeros de fases separadas (polímeros de bloque, mezclas de polímeros). Las cadenas poliméricas que se encuentran en la superficie del material se modifican en función de la temperatura, un disolvente o agua al cambiar la compatibilidad de fases de los componentes de estos polímeros. Como resultado puede aumentar o disminuir la adhesividad de la superficie. Estos cambios se pueden combinar con cambios mecánicos, por ejemplo mediante un cambio de la microestructura del material polimérico.

#### 60 **Aplicaciones de la invención**

La figura 8 ilustra a título de ejemplo una aplicación de la invención en la técnica del transporte. Una pieza mecánica 10 de acuerdo con la invención con una superficie estructurada 11 está dispuesta en una herramienta de transporte 20. La herramienta de transporte 20 está equipada con un dispositivo de conmutación 22 con el que se pueden provocar cambios físicos y/o químicos en la superficie estructurada 11. Con el dispositivo de transporte 20 se pueden transportar objetos, como, por ejemplo, piezas de trabajo 31, desde una primera estación de trabajo 32 hasta una segunda estación de trabajo 33.

## ES 2 369 486 T3

El proceso de transporte comprende, por ejemplo, los pasos siguientes. Primero se mueve la herramienta de transporte 20 a la primera estación de trabajo 32. Con el dispositivo de conmutación 22 se ajusta una adhesividad mayor de la superficie estructurada 11. La pieza mecánica 10 se aproxima al objeto 31 hasta que el área de contacto de la superficie estructurada 11 toque la superficie del objeto 31. Mediante fuerzas de interacción moleculares se genera una unión adherente entre la superficie estructurada 11 y el objeto 31. Con la herramienta de transporte 20 se mueve el objeto 31 a la segunda estación de trabajo 33. En ésta se acciona el dispositivo de conmutación 22 de manera que se ajuste la adhesividad menor de la superficie estructurada 11. Como resultado se suelta el objeto 31. La herramienta de transporte 20 se puede volver a mover a la primera estación de trabajo para realizar otros traslados según el procedimiento.

Otras posibilidades de aplicación se encuentran, por ejemplo, en la técnica de la construcción, en la técnica médica y en la técnica de los artículos domésticos.

Las características de la invención dadas a conocer en la descripción anterior, los dibujos y las reivindicaciones pueden ser importantes tanto individualmente como en combinación para la realización de la invención en sus diversas configuraciones.

### Documentos indicados en la descripción

En la lista de documentos indicados por el solicitante se ha recogido exclusivamente para información del lector, y no es parte constituyente del documento de patente europeo. Ha sido recopilada en el mayor cuidado; sin embargo, la EPA no asume ninguna responsabilidad por posibles errores u omisiones.

### Documentos de patente indicados en la descripción

- WO 03099951 A2 [0003][0015][0025]
- WO 03099951 A1 [0031]
- EP 1422439 A1 [0005]

### Literatura de patentes no citadas en la descripción

- Y. Zhang *et al. Appl Phys Lett.*, 2006, vol. 89, 041912 [0022]
- A. Lendlein *et al. Angewandte Chemie - International Edition*, 2002, vol. 41, 2034-2057 [0026]
- R. Mohr *et al. PNAS*, 2006, vol. 38, 7352-7357 [0026]
- K. Hiraoka *et al. Macromolecules*, 2005, vol. 38, 7352-7357 [0026]
- A. Lendlein *et al. Nature*, 2005, vol. 434, 879-882 [0026]
- von K. Hiraoka *et al. Macromolecules*, 2005, vol. 38, 7352-7357 [0054]
- von Mohr *et al. PNAS*, 2006, vol. 103 3540-3545 [0056]
- von T. Thurn-Albrecht *et al. Macromolecules*, 2000, vol. 33, 3250-3253 [0063]
- von A. Lendlein *et al. Nature*, 2005, vol. 434, 879-882 [0068]
- *Adv. Mat.*, 2006, vol. 18, 1471-1475 [0068]

## REIVINDICACIONES

1. Superficie estructurada (11) de un sólido (10) que comprende:

- una pluralidad de salientes (12) que constituyen un área de contacto (14) con una adhesividad respecto a un entorno adyacente y
- una capa de soporte (13) sobre la que están dispuestos los salientes (12),
- pudiéndose variar selectivamente las propiedades de los salientes (12) y/o de la capa de soporte (13) de tal manera que se pueda ajustar la adhesividad del área de contacto (14),

**caracterizada** porque

- la adhesividad se genera mediante fuerzas de interacción moleculares ejercidas por el área de contacto sobre el entorno adyacente y
- la adhesividad del área de contacto (14) se puede conmutar mediante una variación dirigida de al menos una de las propiedades químicas que comprenden una estructura molecular, una estructura polimérica, una composición química y una adsorción superficial del material de los salientes (12), y/o de al menos una de las propiedades físicas que comprenden un ángulo de inclinación de los salientes (12), una distribución de los ángulos de inclinación de los salientes (12), una distancia entre las partes superiores de los salientes (12), un módulo de elasticidad de los salientes (12), una dependencia direccional de un módulo de elasticidad de los salientes (12) y un grado de contracción de la capa de soporte (13).

2. Superficie estructurada según la reivindicación 1, en la que los salientes (12) y/o la capa de soporte (13) se componen de un material que puede variar mediante un cambio de temperatura, un campo magnético, un campo eléctrico, radiación electromagnética, una fuerza mecánica y/o sustancias químicas.

3. Superficie estructurada según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en la que los salientes (12) o la capa de soporte (13) se componen de un material polimérico o un metal.

4. Superficie estructurada según la reivindicación 3, en la que el material polimérico comprende un polímero con memoria de forma, un polímero de cristal líquido, un polímero compuesto con partículas metálicas no magnéticas, un polímero compuesto con partículas magnéticas, un polímero sensible a radiación y/o un polímero sensible a líquido.

5. Superficie estructurada según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en la que las propiedades de los salientes (12) y/o de la capa de soporte (13)

- se pueden variar de manera reversible y repetidas veces o
- se pueden variar irreversiblemente.

6. Superficie estructurada según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en la que los salientes (12)

- presentan áreas frontales (13) que en un estado adhesivo del área de contacto (14) presentan la misma distancia vertical de la capa de soporte (11),
- presentan una estructura hueca o en forma de escudilla que en un estado adhesivo del área de contacto (14) genera un efecto de succión.

7. Superficie estructurada según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en la que la adhesividad del área de contacto (14) forma un gradiente.

8. Pieza mecánica que está dotada de una superficie estructurada según al menos una de las reivindicaciones anteriores.

9. Pieza mecánica según la reivindicación 8, en la que la capa de soporte de la superficie estructurada es componente integral de un cuerpo de base de la pieza mecánica o está dispuesta en forma de capa sobre el cuerpo base.

10. Uso de una superficie estructurada o de una pieza mecánica según al menos una de las reivindicaciones anteriores:

- en la técnica del transporte,
- en la técnica de la construcción,

## ES 2 369 486 T3

- en la técnica médica,
- en la técnica textil,
- 5 - en la técnica de artículos deportivos, o
- en la técnica de artículos domésticos.

10 11. Procedimiento para la modificación de una superficie estructurada (11) de un sólido (10) que presenta una pluralidad de salientes (12) que constituyen un área de contacto (14) con una adhesividad respecto a un entorno adyacente y una capa de soporte (13) sobre la cual están dispuestos los salientes (12), en el que

- está prevista una variación selectiva de las propiedades de los salientes (12) y/o de la capa de soporte (13) de tal manera que se ajuste una adhesividad predeterminada del área de contacto (14),

15 **caracterizado** porque

- la adhesividad se genera mediante fuerzas de interacción moleculares ejercidas por el área de contacto sobre el entorno adyacente, y
- 20 - la adhesividad del área de contacto (14) se conmuta mediante una variación dirigida de al menos una de las propiedades químicas que comprenden una estructura molecular, una estructura polimérica, una composición química y una adsorción superficial del material de los salientes (12), y/o de al menos una de las propiedades físicas que comprenden un ángulo de inclinación de los salientes (12), una distribución de los
- 25 ángulos de inclinación de los salientes (12), una distancia entre las partes superiores de los salientes (12), un módulo de elasticidad de los salientes (12), una dependencia direccional de un módulo de elasticidad de los salientes (12) y un grado de contracción de la capa de soporte (13).

30 12. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que

- los salientes (12) y/o la capa de soporte (13) se exponen a un cambio de temperatura, un campo magnético, un campo eléctrico, radiación electromagnética, una fuerza mecánica y/o una sustancia química.

35 13. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 11 a 12, en el que la variación de las propiedades de los salientes (12) y/o de la capa de soporte (13)

- es reversible y se repite, o
- 40 - es irreversible.

14. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 11 a 13, en el que se prevé ajustar un gradiente de adhesividad en el área de contacto (14).

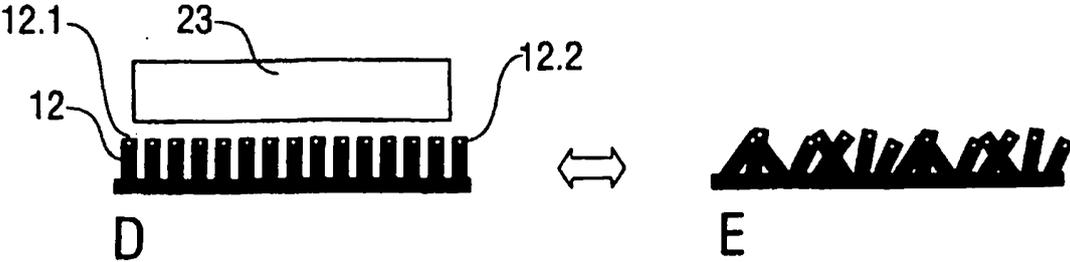
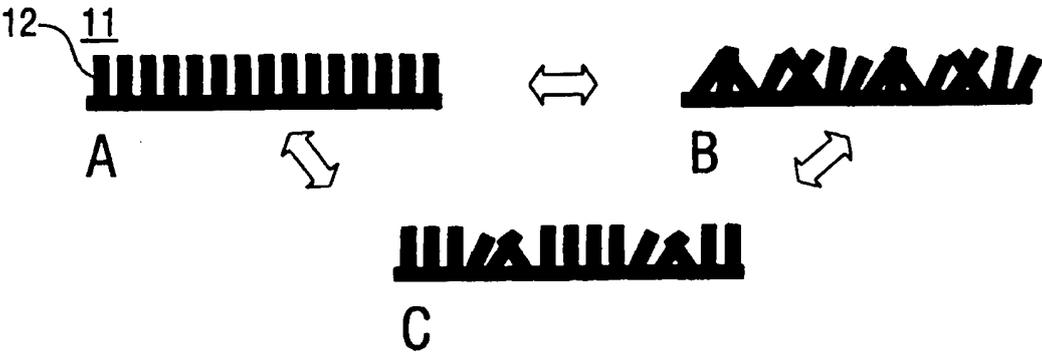
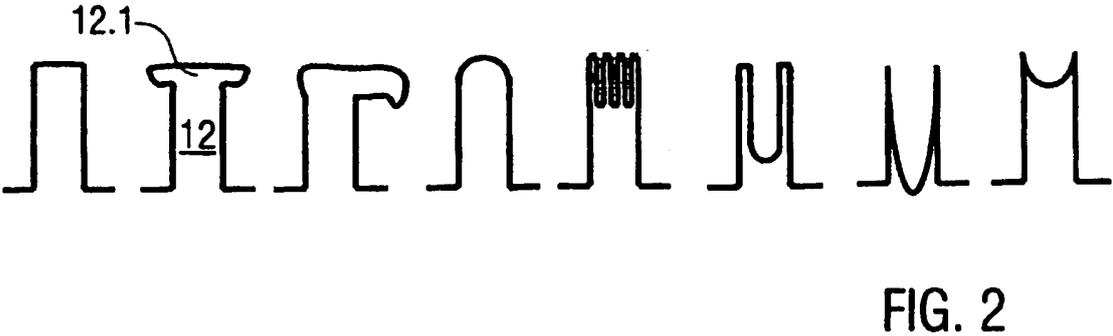
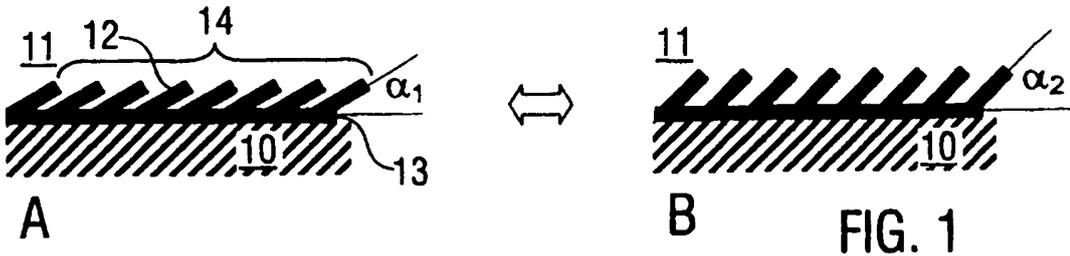
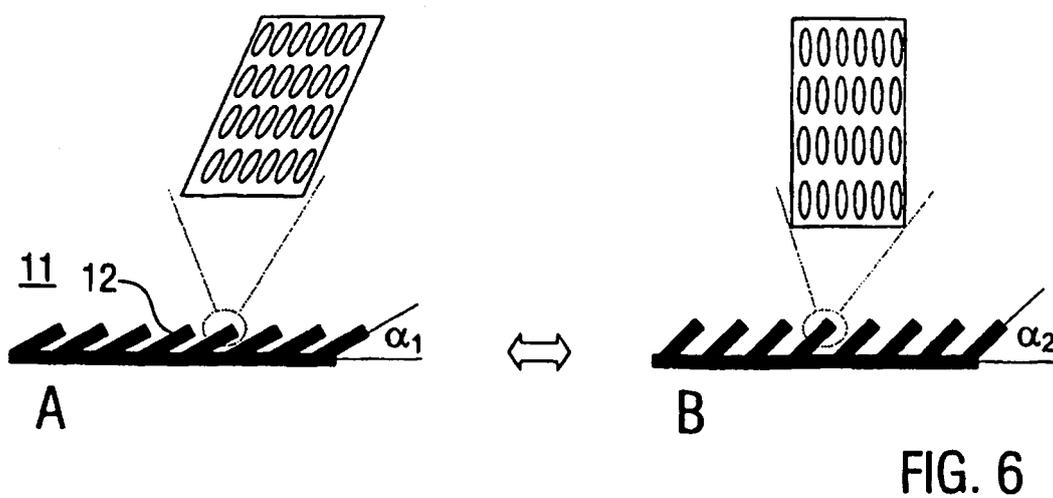
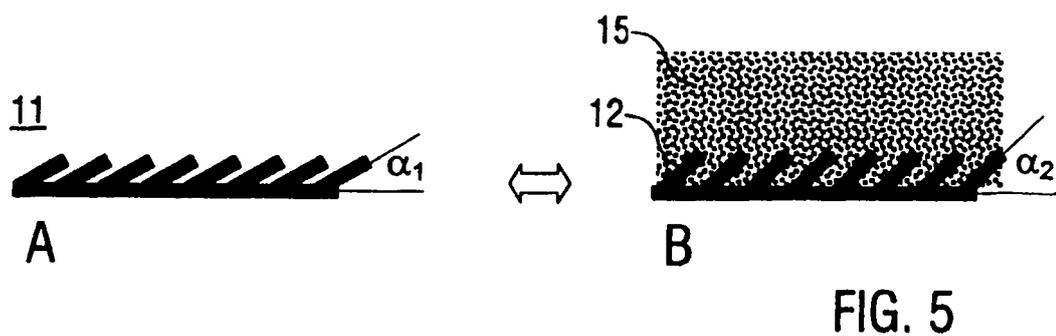
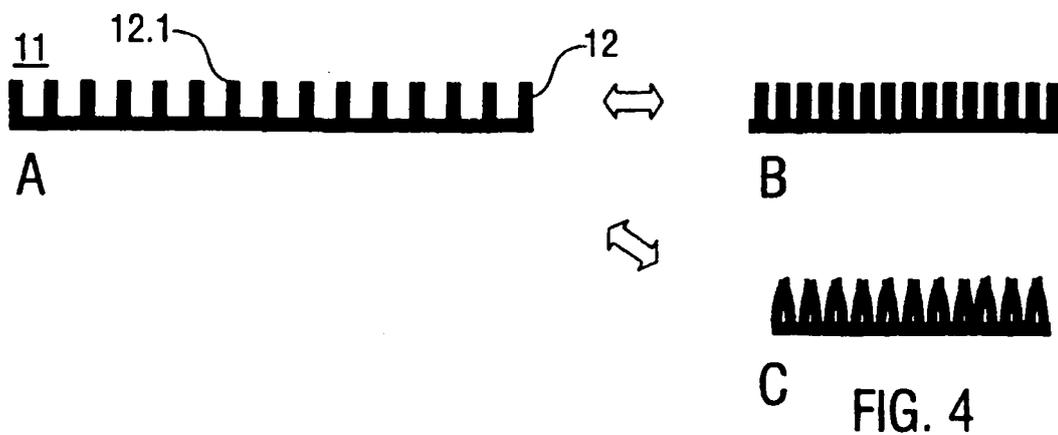


FIG. 3



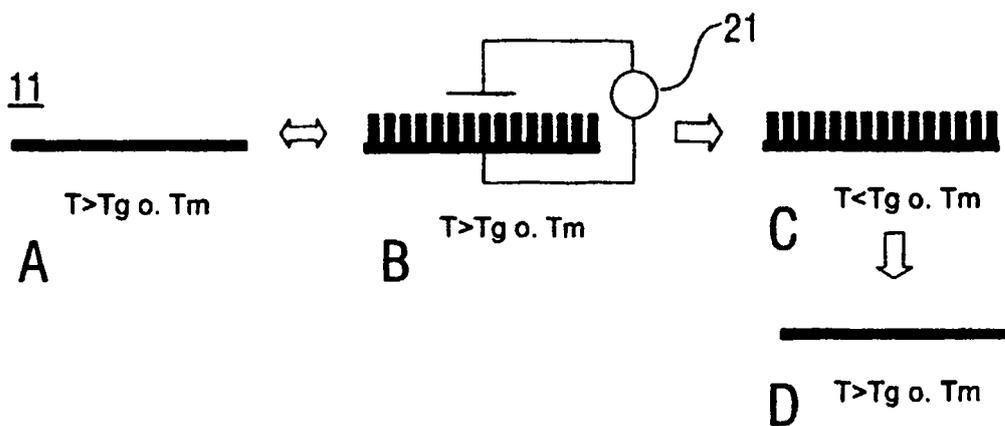


FIG. 7

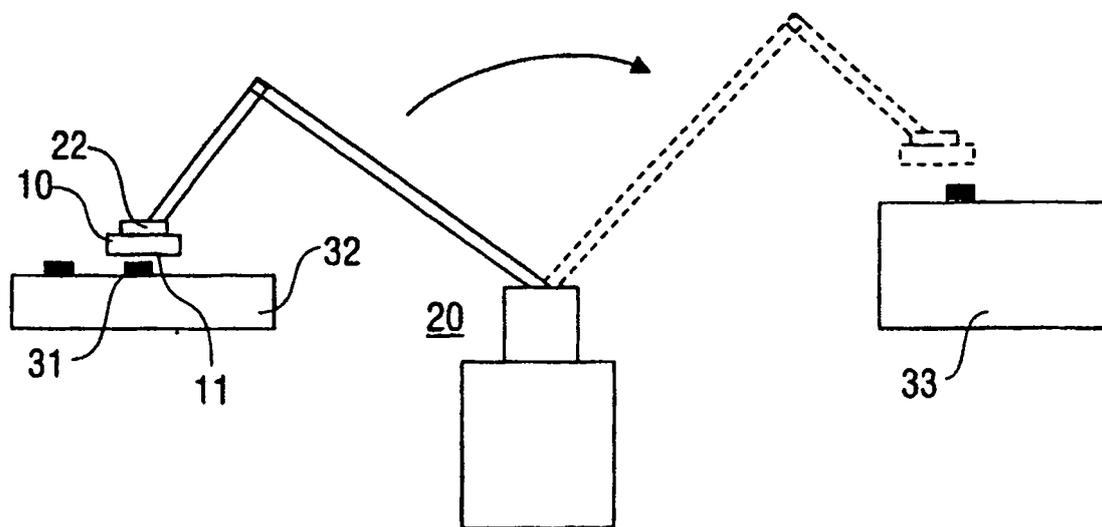


FIG. 8