

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 376 545**

51 Int. Cl.:
G02B 5/122 (2006.01)
G02B 5/124 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **03816749 .0**
96 Fecha de presentación: **04.12.2003**
97 Número de publicación de la solicitud: **1570301**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **07.09.2005**

54 Título: **RETROREFLECTOR CON DIVERGENCIA CONTROLADA FABRICADO POR EL PROCEDIMIENTO DE ESFUERZO LOCALIZADO DEL SUSTRATO.**

30 Prioridad:
12.12.2002 US 317812

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
14.03.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
14.03.2012

73 Titular/es:
**AVERY DENNISON CORPORATION
150 NORTH ORANGE GROVE BOULEVARD
PASADENA, CA 91103, US**

72 Inventor/es:
**COUZIN, Dennis, I.;
CHAPMAN, Steven R. y
HUANG, Kejian**

74 Agente/Representante:
de Elzaburu Márquez, Alberto

ES 2 376 545 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

Retrorreflector con divergencia controlada fabricado por el procedimiento de esfuerzo localizado del sustrato.

Antecedentes de la invención

5 Esta invención se refiere a un procedimiento para fabricar un objeto retro-reflectante que tiene divergencia controlada, y a objetos fabricados mediante el procedimiento.

Es bien conocido que los objetos retrorreflectantes se pueden fabricar de un conjunto de elementos de aristas de microcubos. Dicho conjunto de elementos de aristas de microcubos se pueden fabricar trazando una matriz de aristas de cubos "macho" en una superficie plana de una placa. Esto se describe de modo general en la patente de EE.UU. 3.712.706 de Stamm. También se describe en detalle la patente de EE.UU. 4.478.769 de Pricone, cedida al cesionario común e incorporada a este documento como referencia en su totalidad.

La patente de EE.UU. 4.478.769 describe un procedimiento bien conocido para fabricar elementos de aristas de cubos triangulares, en el que la superficie plana de una placa matriz se traza con una herramienta de corte de diamante que corta una serie de acanaladuras en V paralelas precisas. Para trazar aristas de cubos triangulares equiláteros, se realizan tres conjuntos de acanaladuras paralelas en direcciones que se intersecan entre sí en ángulos de 60°; cada acanaladura tendrá también un ángulo añadido de sustancialmente 70,53° simétricamente dispuesto, y se trazará a una profundidad de acanaladura determinada por la altura deseada de las aristas de cubos. Este procedimiento automáticamente da como resultado un conjunto de pares de microcubos triangulares equiláteros opuestamente orientados sobre la cara de la matriz. Para trazar las aristas de cubos de triángulos no equiláteros, las acanaladuras dentro de los conjuntos paralelos tendrán ángulos distintos de 70,53°, y se intersecarán en ángulos distintos de 60°, según se describe, por ejemplo, en la patente EE.UU. 3.684.348 de Rowland. Los procedimientos para trazar las aristas de cubos no triangulares por lo general no utilizan tres conjuntos de acanaladuras en V paralelas dispuestas simétricamente, sino que las caras de las aristas de los cubos se forman no obstante a partir de las paredes de las acanaladuras, según se describe, por ejemplo, en la patente EE.UU. 4 938.563 de Nelson. Procedimientos para crear conjuntos de aristas de cubos que son diferentes al trazado de una sola placa se han descrito en la patente de EE.UU. 6.015.214. La presente invención se aplica a todos los conjuntos de aristas de microtubos, con independencia de cómo hayan sido originados.

Una matriz de elementos de aristas de cubos "macho" o "hembra" se puede utilizar para fabricar una secuencia de copias, de género alternativo, como por electroconformación. En cualquier etapa, las copias se pueden ensamblar juntas, y los montajes se pueden utilizar para fabricar más copias. Después de una serie de etapas de ensamblajes y copiado, se puede formar una "maestra" única. La "maestra" se puede utilizar en la fabricación de herramientas de producción, como por electroconformación, herramientas que se pueden utilizar para formar elementos retrorreflectantes de microcubos sobre un superficie de material de laminado plástico, como por estampado, fundido, moldeado por compresión u otros procedimientos conocidos en la técnica.

El laminado retrorreflectante de aristas de microcubos como los fabricados por el procedimiento descrito anteriormente se utiliza en aplicaciones de seguridad en autopistas como las señales de autopistas y marcadores de pavimento. En dichas aplicaciones, los elementos de aristas de microcubos reflejan luz de los faros delanteros de un vehículo de vuelta a los ojos del conductor del vehículo. Esta es una retrorreflexión inexacta en la que el ángulo de divergencia, α , está en el intervalo entre aproximadamente 0° y más de 3°. El valor de α operativo en cualquier situación dada depende de la geometría del vehículo y del conductor, y la distancia desde el vehículo al material retrorreflectante. Por ejemplo, el ángulo de divergencia α para el faro delantero derecho de un camión grande y su conductor a una distancia de aproximadamente 40 metros desde una señal de la carretera será aproximadamente de 3°, al tiempo que el ángulo α de divergencia para un faro delantero izquierdo de un automóvil y su conductor a una distancia de alrededor de 600 metros desde una señal de carretera será de aproximadamente 0,05°.

También asociado con el ángulo de divergencia, α , se encuentra un ángulo de rotación, ϵ , el cual es una medida de la dirección de la divergencia. El valor de ϵ será diferente para los faros derecho e izquierdo de un vehículo, y también dependerá de la geometría del vehículo y del conductor y la posición de la señal de carretera. Para el laminado que se instalará orientado al azar en señales de carretera, se requiere retrorreflectancia para cada uno de los valores de ϵ . Los ángulos α y ϵ se definen en la ASTM E808, Standard Practice for Describing Retroreflection, documento que se refiere al ángulo α de divergencia como "ángulo de observación".

Idealmente, el laminado retrorreflectante de aristas de microcubos utilizado en señales de carretera producirá un patrón de luz retrorreflejada que tiene suficiente intensidad en un intervalo de valores del ángulo de divergencia y valores del ángulo de rotación. Por ejemplo, incluso una señal de autopista no urbana retrorreflectante debería retrorreflejar la luz a través de un ángulo divergencia α de alrededor de 1°, que corresponde al valor de α desde un faro delantero derecho de un camión grande de nuevo hasta su conductor a una distancia de alrededor de 120 metros desde la señal de carretera.

Las mejoras en la precisión con la cual se pueden trazar los elementos de aristas de microcubos en una placa matriz y se pueden duplicar, particularmente mediante estampado, han dado lugar a preocupaciones sobre si dicho laminado retrorreflectante de aristas de microcubos puede ser adecuadamente retrorreflectante sólo sobre un intervalo muy estrecho de ángulo de divergencia, como alrededor de 0,0-0,5 grados. Sería preferible proporcionar un conjunto de aristas de cubos que produzcan el intervalo completo deseado de divergencia y dentro de distancias muy cortas en el conjunto de modo que un observador humano del objeto lo verá como retrorrefletantemente uniforme.

La luz que es retrorreflejada por elementos de aristas de cubos microdimensionados experimentará una cierta cantidad de difracción debido al tamaño muy pequeño de los microcubos. Dicha difracción dará por resultado una retrorreflexión sobre intervalos más amplios tanto del ángulo de divergencia como del de rotación. Los intervalos particulares de α y ε dependerán del patrón particular de difracción de un microcubo determinado, que dependerá a su vez del tamaño del cubo, la forma del cubo, el índice de refracción del material del cubo, y de si las caras del cubo se han metalizado o no. Sin embargo, la difracción no es un procedimiento deseado para aumentar la retrorreflexión a través de un ángulo de divergencia y de rotación más amplio, debido a que los microcubos muy pequeños que logran alcanzar mayor difracción también hacen que una cantidad sustancial de luz sea retrorreflejada con un ángulo de divergencia α mayor que alrededor de 3°, en cuyo caso la luz no es útil para el conductor del vehículo. También la difracción puede dar por resultado patrones idiosincrásicos de difracción que es improbable que distribuyan la luz retrorreflejada de un modo que resultará útil a un conductor del vehículo.

Se conoce en la técnica la producción de la retrorreflectancia divergente mediante elementos de aristas de cubos que tienen aberraciones intencionadas con respecto a sus ángulos diedros que se desvían ligeramente de 90°. El documento clásico "Study of Light Deviation Errors in Triple Mirrors and Tetrahedral Prisms" J. Optical Soc. Amer., vol. 48, no. 7, p. 496-499, julio, 1958, de P.R. Yoder, Jr., describe los patrones de puntos bien conocidos que resultan de dichas aberraciones.

La patente de EE.UU. 3.833.285 concedida a Heenan, cedida al cesionario común e incorporada en este documento a modo de referencia en su totalidad, describe que tener un ángulo diedro de un elemento de aristas de cubos de macrotamaño mayor que los otros dos da como resultado una angularidad de observación ampliada en los microcubos, y específicamente que la luz retrorreflejada diverge en un patrón alargado.

Cuando se traza un conjunto de aristas de cubos, los errores del ángulo diedro se pueden producir ya sea haciendo que los ángulos laterales de las acanaladuras sean ligeramente diferentes de los ángulos de diseño, según se ha descrito por Stamm en la patente de EE.UU. 3.712.706, o haciendo que los ángulos de los cruzamientos del fondo de la acanaladura sean diferentes de los ángulos de diseño, o por la combinación de estos procedimientos.

La patente de EE.UU. 4.775.219 concedida a Appeldorn describe objetos retrorreflectantes que tienen perfiles de divergencia hechos a la medida, en los que los elementos de las aristas de cubos se forman por tres series de acanaladuras en V paralelas que se intersecan, y en los que al menos una de las series incluye, en un patrón repetitivo, al menos dos ángulos laterales de acanaladuras que difieren entre sí. La patente de EE.UU. 4.938.563 de Nelson amplió el procedimiento de la patente de EE.UU. 4.775.219 a patrones no repetitivos de las diferencias de los ángulos laterales de las acanaladuras.

La patente de EE.UU. 6.015.214 concedida a Heenan et al., cedida al cesionario común, describe procedimientos para formar microcubos trazando acanaladuras en V en los bordes de una diversidad de placas planas, y describe que el ángulo de inclinación de una herramienta de corte con respecto a los bordes de la placa que están siendo trazados puede ser ajustado de forma continua a medida que cada acanaladura se corta como una función de la distancia recorrida por la herramienta de corte a través de los bordes de la placa.

La solicitud de patente de EE.UU. S.N. 10/167.135, presentada el 11 de junio, 2002, en trámite junto con la presente, que reivindica el beneficio de la S.N. 60/297.394, presentada el 11 de junio, 2001, describe objetos retrorrefletantes y un procedimiento para fabricar objetos retrorreflectantes que tienen divergencia más amplia controlada producida trazando tres series que se intersecan de acanaladuras en V paralelas en las que se introducen intencionadamente desviaciones no uniformes de trazado de los ángulos diedros de los cubos de exactamente 90°, haciendo que la herramienta de corte y la superficie del sustrato oscilen una con respecto a la otra de una manera controlada durante el trazado de al menos una de las acanaladuras en V.

Por tanto, es un objeto de la invención proporcionar un objeto que comprenda un conjunto de elementos de aristas de microcubos retrorreflectantes que tienen una divergencia controlada más amplia.

Es otro objeto de la invención proporcionar un procedimiento para fabricar dicho objeto.

Resumen de la invención

Según la invención, el problema se resuelve mediante un procedimiento según se define en la reivindicación 1. Las realizaciones preferidas se definen en las reivindicaciones dependientes.

Según el procedimiento de la invención, se proporciona un sustrato que tiene una primera y segunda superficies opuestas, teniendo dicha primera superficie un conjunto de elementos de aristas de cubos. El sustrato es trabajado de una manera controlada en una o más regiones localizadas sobre la segunda superficie para crear un cambio localizado en el esfuerzo del material del sustrato. El grado de trabajo y la disposición de las localizaciones pueden ser sustancialmente regulares o pueden tener irregularidad controlada. El sustrato es suficientemente delgado de modo que el cambio de esfuerzo inducido por el trabajo en la segunda superficie ocasione un cambio en uno o más ángulos diedros de uno o más de los elementos de las aristas de cubos sobre la primera superficie opuesta a la zona de trabajo. Los cambios en los ángulos diedros de los elementos afectados de las aristas de cubos serán del orden de una fracción de un grado. Este cambio es suficiente para crear una aberración en el elemento de aristas de cubos que afectará la divergencia de la luz retrorreflejada por la arista del cubo. El conjunto con uno o más elementos de aristas de cubos aberrados puede ser copiado, ensamblado y copiado de nuevo, tan a menudo como se desee, y se puede utilizar para formar una herramienta adecuada para uso en la fabricación de laminado microprismático, mediante fundido, estampado, moldeado por compresión u otros procedimientos. El laminado de aristas de cubos fabricado a partir de dicha herramienta tendrá un intervalo más amplio de divergencia que el laminado de aristas de cubos fabricado a partir de conjuntos que tienen elementos de aristas de cubos no aberrados o elementos de aristas de cubos sustancialmente aberrados de forma idéntica mediante las desviaciones de ángulos fijos. En una realización preferida, la retrorreflectancia total del conjunto se conserva sustancialmente.

Descripción de las figuras

Las siguientes y otras nuevas características y ventajas de la invención serán comprendidas mejor al leer la siguiente descripción en detalle considerando en su conjunto los dibujos que se acompañan en los que:

La fig. 1A es una vista en planta desde arriba de un sustrato que tiene un patrón estándar de elementos de aristas de cubos retrorreflectantes triangulares formados en él, como se conoce en la técnica.

La fig. 1B es una vista de frente del sustrato de la fig. 1A cuando los elementos de aristas de cubos son machos.

La fig. 1C es una vista de frente del sustrato de la fig. 1A cuando los elementos de aristas de cubos son hembras.

La fig. 2 es una fotomicrografía de una sección transversal de un sustrato de metal que tiene una diversidad de elementos de aristas de cubos sobre una superficie del mismo, y que está sometido a energía de láser en tres localizaciones distintas sobre la superficie opuesta.

La fig. 3A es una vista esquemática en planta desde arriba de un conjunto experimental de elementos de aristas de cubos triangulares en los que se ha introducido un esfuerzo en el elemento de aristas de cubos central.

La fig. 3B es una vista esquemática en planta desde arriba de un conjunto experimental de elementos de aristas de cubos triangulares en los que se ha introducido un esfuerzo en una zona entre dos elementos de aristas de cubos.

La fig. 3C es una vista esquemática en planta desde arriba de un conjunto experimental de elementos de aristas de cubos triangulares en los que se ha introducido un esfuerzo en una zona entre seis elementos de aristas de cubos.

La fig. 4A es un gráfico que muestra los valores R_A calculados un laminado de aristas de cubos no aberrados de la técnica anterior hipotético sobre un intervalo de un ángulo de divergencia de 2° , y para tres ángulos diferentes de rotación.

La fig. 4B es un gráfico que muestra los valores R_A un laminado de aristas de cubos no aberrados de la técnica anterior hipotético fabricado según una matriz aberrada durante el trazado según la técnica anterior, calculándose los valores R_A sobre un intervalo de ángulo de divergencia de 2° , y para tres ángulos diferentes de rotación.

La fig. 4C es un gráfico que muestra los valores R_A calculados de una muestra hipotética de un laminado de aristas de cubos fabricado según la actual invención, en la que se introduce un esfuerzo una vez por cada 12 elementos de aristas de cubos, calculándose los valores R_A sobre un intervalo de ángulo de divergencia de 2° , y para tres ángulos diferentes de rotación.

La fig. 4D es un gráfico que compara el promedio de las tres curvas de la fig. 4A, el promedio de las tres curvas de la fig. 4B, y el promedio de las tres curvas de la fig. 4C.

Descripción de la realización preferida

El término "elementos de aristas de cubos" como se utiliza en este documento incluye aquellos elementos que consisten en tres caras que se intersecan mutuamente, cuyos ángulos diedros por lo general son del orden de 90° , aunque no necesariamente 90° exactamente.

El término "sustrato" según se utiliza en este documento significa un grosor de un material que tiene un conjunto de elementos de aristas de cubos ya sean machos o hembras formados sobre una primera superficie del mismo.

La segunda superficie puede ser plana, o puede ser algo irregular en un patrón que corresponde generalmente al conjunto de elementos de aristas de cubos sobre la superficie frontal. Para los elementos de aristas de cubos machos, la expresión “grosor del sustrato” significa el grosor de material sobre el cual descansan los elementos de aristas de cubos. Para los elementos de aristas de cubos hembras, la expresión “grosor del sustrato” significa el grosor total de material dentro del cual forman cavidades los elementos de aristas de cubos hembra.

Los términos “divergencia” y “ángulo de divergencia” según se utilizan en este documento significan el ángulo entre la dirección de la luz que entra en un elemento retrorreflectante (por ejemplo, una arista del cubo) y la dirección de la luz que sale de ese elemento. En el contexto de la fotometría de los retrorreflectores, este ángulo es comúnmente denominado “ángulo de observación”. Una arista de cubo macho no retrorreflectante se describe convencionalmente por tener la divergencia de la arista de cubo hembra asociada que es el complemento geométrico del macho y está fabricada del mismo material.

La luz se retrorrefleja en un patrón de intensidad bidimensional, y el ángulo de divergencia mide la distancia desde el centro de este patrón. La expresión “intervalo de divergencia” según se utiliza en este documento significa el intervalo de ángulos de divergencia por el cual el patrón de retrorreflectancia es relativamente intenso para ser útil para el propósito pretendido del objeto retrorreflectante.

La expresión “copia de orden enésimo” de alguna entidad según se utiliza en este documento se refiere a la resultante de una cadena de copias de la primera entidad, conteniendo exactamente dicha cadena $n-1$ copias intermedias. Una copia directa se denomina copia de 1^{er} orden. Copiar se refiere a copiar la geometría de la superficie conjunta de las aristas de los cubos de las entidades, y se comprende que la mayoría de los procedimientos de copiado producen conjuntos hembra a partir de conjuntos macho, y conjuntos macho a partir de conjuntos hembra. Además se comprende que sólo alguna porción de la última entidad necesita ser una copia de orden enésimo de sólo alguna porción de la primera entidad para que se aplique el término. Si ha habido fases de montaje en la cadena de copiado, muchas porciones de la última entidad pueden ser copias de orden enésimo de la misma primera entidad. Si una porción de la última entidad es una copia de orden enésimo, mientras otra porción de la última entidad es una copia de orden emésimo, de la misma primera entidad, entonces la última entidad es tanto una copia de orden enésimo como una copia de orden emésimo de la primera entidad. El copiado se puede lograr mediante electroconformación, fundido, moldeado, estampado y otros procedimientos que reproducen la geometría de la superficie en una exactitud deseada.

El término “aberración” según se utiliza en este documento significa un cambio pequeño en uno o más de los ángulos diedros de un elemento de aristas de cubos, suficiente para producir un cambio en la divergencia de la luz retrorreflejada por el elemento.

El término “retrorreflectancia total” según se utiliza en este documento significa la cantidad de flujo de luz retrorreflejada dentro de un ángulo de divergencia de 4 grados, con relación al flujo de luz incidente. El ángulo de incidencia es casi normal. La luz incidente se acerca aproximadamente al CIE del Iluminante A y la detección es aproximadamente CIE $V(\lambda)$. Cuando se determina si la retrorreflectancia total se conserva mediante un proceso que modifica un retrorreflector, se realiza una compensación de cualquier decoloración del retrorreflector. Cuando se determina si la retrorreflectancia total se conserva mediante un proceso que modifica una etapa macho, la determinación se basa en la retrorreflectancia de las copias hembra hechas a partir de dicho macho.

El término “divergencia geométrica media” según se utiliza en este documento significa el ángulo de divergencia promedio para todos los rayos retrorreflejados por una arista de un cubo como el que se encontraría mediante el seguimiento de las radiaciones de un gran número de rayos.

La fig. 1A muestra una vista en planta desde arriba de un sustrato 12 que tiene una primera superficie 13 y una segunda superficie (no mostrada) opuesta a dicha primera superficie 13, teniendo formada dicha superficie 13 sobre ella un conjunto de elementos 14 retrorreflectantes del tipo aristas de cubos triangulares. Las aristas de cubos son machos o hembras, dependiendo de cómo se observe la figura.

La fig. 1B muestra una vista de frente del sustrato ilustrado en la fig. 1A cuando los cubos son machos. La fig. 1C muestra una vista de frente del sustrato ilustrado en la fig. 1A cuando los cubos son hembras. En la fig. 1C, todos los detalles de las aristas de cubos están en líneas ocultas. Una convención que se cumple en este documento hace que el grosor del sustrato sea igual a la dimensión “t” indicada en las figs. 1B y 1C.

El elemento 14 de aristas de cubos está formado por tres caras 16 mutuamente perpendiculares que se encuentran en el vértice 19. Las caras 16 mutuamente perpendiculares se intersecan entre sí en los bordes 18 diedros. Los ángulos en los bordes 18 diedros, entre las caras 16 que se intersecan mutuamente, se denominan ángulos diedros. En un elemento de aristas de cubos geoméricamente perfecto, cada uno de los tres ángulos diedros es exactamente 90° .

Por lo general, para utilizar el procedimiento de la actual invención, el grosor preferido de sustrato 12 dependerá del material del que se ha fabricado el sustrato. Para níquel electroconformado, el grosor del sustrato 12 estará por

lo general en el intervalo de aproximadamente 0,1 mm a aproximadamente 2,0 mm, más preferiblemente en el intervalo de aproximadamente 0,2 mm a aproximadamente 1 mm, y en una realización preferida en un intervalo de aproximadamente 0,3 mm a aproximadamente 0,6 mm. Los materiales adecuados de los que se puede fabricar el sustrato 12 incluyen metales y plásticos. El sustrato 12 puede ser una matriz trazada, si dicha matriz no es demasiado gruesa. Preferiblemente, el sustrato 12 es una copia de orden enésimo de una matriz en la cual se forman los elementos de aristas de cubos tal como mediante trazado, o por cualquiera de los procedimientos descritos en las antes mencionadas patentes de EE.UU. 6.015.214 o 10/167.135.

El sustrato 12 se trabaja después de manera controlada en una o más regiones localizadas de su segunda superficie, siendo suficiente el trabajo para crear un cambio localizado en el esfuerzo en el material de sustrato, cambio de esfuerzo que produce un cambio en uno o más de los ángulos diedros de uno o más de los elementos de aristas de cubos en la primera superficie opuestos al lugar de trabajo. El trabajo de la segunda superficie está destinado a añadir, retirar, o modificar material en las regiones localizadas sobre la segunda superficie, o simplemente aplicar presión local, temperatura, u otra perturbación. El trabajo es de un grado suficiente para producir un cambio en el esfuerzo del material que comprenden las aristas 14 de cubos al otro lado de la región localizada del trabajo, dando lugar a un cambio mínimo de uno o más ángulos 18 diedros, aberrando de ese modo el elemento de aristas de cubos. Este cambio mínimo de los ángulos diedros será por lo general del orden de una fracción de un grado. Para las caras de cubos ligeramente curvadas, los ángulos diedros se definen entre los planos que mejor encajan en las caras. El grado de curvatura de la cara producido por este procedimiento puede ser ópticamente insignificante.

En una realización preferida de la invención, el trabajo en la segunda superficie será de una magnitud suficientemente pequeña que no dañará la lisura de las caras de los cubos ni el afilado de los bordes de los cubos en la primera superficie. Además, no se necesita realizar ningún trabajo en la primera superficie que afecte adversamente la lisura de la superficie o el afilado de los bordes de los elementos de aristas de cubos. Por lo tanto, en una realización preferida de la invención, la retroreflectancia total de cada elemento de aristas de cubos se conserva en gran parte.

El trabajo controlado de la segunda superficie que introduce el cambio en el esfuerzo se puede realizar por una diversidad de medios, incluyendo la aplicación de energía, sustancias químicas, maquinado o presión a la segunda superficie.

La energía se puede aplicar, por ejemplo, como energía eléctrica o calor concentrado, como por medio de un láser infrarrojo o un soplete de punta de lápiz. Por ejemplo, la energía de láser concentrada puede fundir una cantidad muy pequeña de material en una zona localizada sobre la segunda superficie. Después, el material fundido se puede evaporar, dispersar, o volver a solidificar, de tal manera que cualquiera de estos cambios en el material del sustrato aumentará o disminuirá el esfuerzo del material en las regiones localizadas. Se puede aplicar pulsos de láser en aproximadamente 150-700 puntos por cm^2 de la superficie, afectando cada pulso a los ángulos diedros de aproximadamente 1-10 elementos de aristas de cubos en la primera superficie; se pueden utilizar otros valores del número de pulsos de láser por unidad de área, dependiendo del efecto óptico deseado.

Las sustancias químicas pueden ser especialmente útiles cuando el sustrato 12 es un material de plástico. En dichos casos, la aplicación de una gota de disolvente sobre la segunda superficie del sustrato hace que el sustrato se arrugue ligeramente, afectando por lo tanto a los ángulos diedros de al menos algunos de los elementos de aristas de cubos en la primera superficie.

Los procedimientos de maquinado pueden incluir, por ejemplo, microtaladrado. El taladrado implica la retirada de material, con mínima perturbación directa del material circundante. El taladrado se utiliza preferiblemente en el procedimiento de la actual invención en el que el sustrato que está siendo trabajado tiene ya algún esfuerzo interno; el taladrado proporciona una liberación localizada del esfuerzo, y el esfuerzo diferencial resultante crea la mínima distorsión de los ángulos diedros en los elementos de aristas de cubos sobre la primera superficie opuestos al taladrado.

La presión puede producir distensión localizada que implica el movimiento de material, como por contacto de la segunda superficie contra dedos romos que sobresalen. Dicha distensión localizada conserva la masa del material al tiempo que crea esfuerzo. Dicha distensión localizada se puede proporcionar por medios mecánicos, como por un rodillo de uñas que puede hacerse rodar contra la segunda superficie del sustrato. Las uñas que sobresalen se pueden disponer sobre el rodillo a aproximadamente 2-10 uñas/ cm^2 , afectando cada punta de uña a los ángulos diedros de aproximadamente 75 elementos de las aristas de los cubos; dichos rodillos de uñas se encuentran disponibles en el comercio. El trabajo de la segunda superficie se lleva a cabo pasando la segunda superficie (plana) del laminado sobre el rodillo de uñas para crear en el laminado una distensión localizada suficiente para producir cambios en los ángulos diedros de los elementos de aristas de cubos opuestos a las distensiones localizadas. Se pueden realizar copias del objeto trabajado, o el sustrato puede ser el objeto laminado final.

El grado de cada trabajo del sustrato en cada localización puede ser uniforme o variable. La variación del grado de trabajo puede estar configurada geoméricamente o puede ser semialeatoria. Las localizaciones de los trabajos

también pueden estar configuradas geoméricamente o ser semialeatorias. "Semialeatoria" se refiere a una distribución que está bajo control estadístico, aunque no controlada con máximo detalle.

Una realización de la invención se ilustra en la fig. 2, la cual es una fotomicrografía de un sustrato de níquel de electroconformación que tiene una primera superficie y una segunda superficie, con un patrón de elementos de aristas de cubos hembra sobre la primera superficie del mismo, teniendo el sustrato un grosor de 0,45 mm. Tres regiones localizadas previamente determinadas en la segunda superficie, indicadas mediante flechas, espaciadas la una de la otra 0,5 mm, se sometieron cada una de ellas a la aplicación de un láser enfocado pulsado que tiene una longitud de onda de 1064 nm y una duración de pulso de 4,0 minutos y que suministra una energía de 1,35 J. Se pulió la superficie en sección transversal de la muestra y después se sometió a ataque ácido para revelar la estructura de grano en la fotomicrografía. Se puede observar a partir de la estructura de grano expuesta en la fig. 2 que los pulsos de láser producían pequeños esfuerzos en el material del sustrato. Estos pequeños esfuerzos ejercen un efecto a través del sustrato 12 para producir una aberración del elemento de aristas de cubos en la primera superficie. El efecto sobre los ángulos diedros es demasiado pequeño para ser observado incluso con la fotomicrografía, aunque tendrá un efecto ópticamente significativo sobre la divergencia de las aristas de cubos, y por lo tanto de los productos retrorreflectantes que son una copia de orden enésimo del sustrato trabajado de este modo.

Una ventaja de la actual invención es que, a diferencia de los procedimientos que se basan en la acanaladura para impartir errores diedros, por ejemplo la patente de Appeldorn '219 antes citada y la solicitud 10/167.135 en trámite, el procedimiento actual puede colocar aristas de cubos individuales, fuertemente aberrados, en cualquier lugar en el conjunto rodeadas por aristas de cubos relativamente no aberrados. No obstante, otra ventaja del procedimiento descrito es que, si el trabajo siempre se enfoca sobre los puntos en la segunda superficie opuestos a los vértices de las aristas de los cubos, el resultado puede ser una población de aristas de cubos fuertemente aberrados que tienen errores casi iguales en sus tres ángulos diedros, como es algunas veces deseable. No obstante, otra ventaja del procedimiento descrito es que se puede utilizar para regular las características de divergencia de una matriz de aristas de cubos fabricada previamente, o de una copia de orden enésimo de una matriz fabricada previamente.

El sustrato trabajado se puede utilizar para fabricar productos retrorreflectantes según los procedimientos conocidos en la técnica. Por ejemplo, después de terminar el trabajo localizado, se pueden fabricar varias copias de la primera superficie 13 del sustrato 12 y estas copias se pueden montar juntas con o sin copias de conjuntos de aristas de cubos que incluyen elementos de aristas de cubos no aberrados, o conjuntos de aristas de cubos que tienen otras aberraciones obtenidas de otros sustratos trabajados. Se pueden realizar copias sin costura del montaje tal como por medio de electrodeposición de níquel. Una copia puede ser una herramienta. Se pueden utilizar herramientas fabricadas de dichos conjuntos de elementos de aristas de cubos que incluyen uno o más elementos de aristas de cubos aberrados para fabricar productos retrorreflectantes como los laminados. Dichos procedimientos de fabricación se conocen en la técnica e incluyen, por ejemplo, estampado, fundido, y moldeado por compresión. Se puede utilizar una herramienta de la invención actual en cada uno de estos procedimientos de fabricación y las variaciones de los mismos. Por ejemplo, un procedimiento para fabricar una herramienta se describe en la patente de EE.UU. 4.478.769, y un procedimiento para estampar el laminado utilizando dicha herramienta se describe en la patente de EE.UU. 4.486.363, incorporadas ambas al presente documento como referencia en su totalidad.

La aberración se puede aplicar en una o más etapas en el proceso de copiado, a un sustrato que tiene aristas de cubos macho o hembra. Un conjunto que ha sido aberrado por el procedimiento de trabajo localizado puede ser aberrado adicionalmente por la nueva aplicación del mismo procedimiento al mismo sustrato portador del conjunto original. Un conjunto que ha sido aberrado por el procedimiento de trabajo localizado puede ser copiado una o más veces, y dicha copia se puede aberrar adicionalmente por el mismo procedimiento. Sea cual sea el programa, en la producción de un objeto hay una aplicación final del procedimiento de trabajo localizado. El objeto es una copia de orden enésimo del sustrato que recibió la última aplicación del procedimiento, o el objeto propiamente dicho recibió dicha última aplicación del procedimiento.

Ejemplo 1

Una electroforma de níquel de 0,38 mm de grosor que tiene un conjunto de elementos de aristas de cubos triangulares hembra de aproximadamente 0,1 mm de altura sobre su primera superficie se trabajó según la actual invención utilizando energía de láser aplicada a la segunda superficie directamente opuesta al vértice de un elemento de aristas de cubos. El láser produjo radiación infrarroja que tiene una longitud de onda de 1064 nm, con una duración de pulso de 4,0 minutos, suministrando 1,4 J de energía. El pulso sobre la segunda superficie indujo un esfuerzo en la electroforma, dando lugar a una distorsión de algunos de los ángulos diedros sobre la primera superficie. En la fig. 3A, la forma triangular de cada elemento es según se muestra. El pequeño símbolo "o" en el interior de cada triángulo localiza el vértice de las aristas del cubo. El número en cada arista de cada microcubo triangular indica la desviación medida en minutos desde los 90° del ángulo diedro correspondiente, en donde 1° es igual a 60 minutos. El elemento de aristas de cubos opuesto al láser aplicado está justo por encima del centro de la figura. Dicho elemento de aristas de cubos más próximo al foco del láser tuvo aberraciones en sus ángulos diedros que van desde aproximadamente un tercio a aproximadamente medio grado. Se puede observar en la fig.

3A que los elementos de aristas de cubos cerca del elemento opuesto al pulso de energía del láser también experimentaron aberraciones de sus ángulos diedros, aunque dichas aberraciones no eran tan grandes como las experimentadas por el cubo central más próximo al foco del pulso del láser. Por lo general, las aberraciones del ángulo diedro son mayores en esos elementos de aristas de cubos que están más próximos al foco del pulso del láser, y son más pequeñas en los elementos de aristas de cubos que están más lejos del foco del pulso del láser.

Se estima en el presente que un sustrato más delgado requeriría un pulso de láser de menor energía u otros medios de trabajo para producir una aberración en un elemento de aristas de cubos como se muestra en la fig. 3A, lo que daría lugar a menores aberraciones en los cubos contiguos. Igualmente, se cree que un sustrato más grueso requeriría un pulso de láser de energía más alta u otros medios de trabajo. Por lo tanto, se disiparía más energía a los cubos contiguos dando lugar a mayores cambios de los ángulos diedros de elementos adyacentes de aristas de cubos.

Ejemplo 2

En otra localización sobre la misma electroforma de níquel utilizada en el Ejemplo 1, la segunda superficie se trabajó de la misma manera que en el Ejemplo 1, excepto que el foco del pulso de energía del láser se dirigió a una porción de la segunda superficie directamente opuesta a la línea entre las dos aristas del cubo en la primera superficie. Estas dos aristas del cubo se muestran más próximas al centro en la fig. 3B, cuya figura ilustra aberraciones de la misma manera que se ilustraron aberraciones en la fig. 3A. Las dos aristas del cubo central tenían la mayor aberración medida de sus ángulos diedros, aunque la aberración no era tan grande como para el cubo único en el centro de la fig. 3A.

Ejemplo 3

Todavía en otra localización en la misma electroforma de níquel utilizada en los Ejemplos 1 y 2, la segunda superficie se trabajó de la misma manera que en los Ejemplos 1 y 2, a excepción de que el foco del pulso de energía del láser se dirigió a una porción de la segunda superficie directamente al otro lado del punto sobre la primera superficie donde se encuentran seis aristas del cubo. Este punto se muestra justo a la derecha del centro de la fig. 3C, cuya figura ilustra aberraciones de la misma manera que se ilustraron las aberraciones en la figura 3A. Cada ángulo diedro que emana de dicho punto mostró una aberración medida importante.

Cálculos comparativos

Las propiedades de retroreflectancia predichas de dos laminados hipotéticos de aristas de cubos acrílicos no metalizados de la técnica anterior se ilustran en las figs. 4A-B, para comparar con las propiedades de retroreflectancia predichas de laminados hipotéticos de aristas de cubos acrílicos no metalizados fabricados según la actual invención que se ilustra en la fig. 4C. La fig. 4A representa la retroreflectancia calculada de un laminado acrílico hipotético de la técnica anterior, y que está siendo estampado en relieve con herramientas que tienen una configuración de elementos de aristas de cubos triangulares inclinados 7° en el borde más paralelo, 0,1 mm de profundidad, y que no tienen aberración. La divergencia geométrica media de los cubos acrílicos es cero. Las tres curvas de la fig. 4A representan valores R_A calculados para tres ángulos de rotación diferentes 0° , 45° y 90° del laminado.

La fig. 4B representa la retroreflectancia calculada de un laminado acrílico hipotético de la técnica anterior estampado en relieve con herramientas que difieren de las utilizadas para fabricar el laminado del ejemplo de la fig. 4^a, por tener aberraciones introducidas durante el trazado de la matriz. Estas aberraciones tienen forma de errores de ángulo diedro iguales a +9,5 minutos en los dos bordes diedros más cortos y +7,0 minutos en el borde diedro más largo de cada arista del cubo triangular. Estos ángulos diedros desiguales se eligieron para producir la mayor parte del equilibrio casi simétrico de la divergencia geométrica para el laminado de aristas de cubos triangulares inclinados de la fig. 4A. Cuando se fabrican en material acrílico, la divergencia geométrica media de las aristas de cubos con estas aberraciones trazadas en sus ángulos diedros es igual a 41,5 minutos de arco. Las tres curvas de la fig. 4B representan valores R_A para tres ángulos de rotación diferentes 0° , 45° y 90° del laminado.

La figura 4C representa una retroreflectancia calculada de un laminado acrílico hipotético estampado en relieve con una herramienta de la presente invención. La herramienta difiere de la herramienta del ejemplo de la fig. 4A por tener una configuración de aberraciones introducidas mediante el trabajo con el láser sobre la segunda superficie al modo del EJEMPLO 1 y según se muestra en la fig. 3A, a excepción de que (1) en lugar de trabajar la segunda superficie en un único punto opuesto a un cubo único, el trabajo se realiza al otro lado de uno de cada doce elementos de aristas de cubos, (2) las aberraciones se multiplican por 1,2, para predecir el efecto de la aplicación de un pulso del láser ligeramente más fuerte, y (3) se supone que cada uno de los elementos de las aristas de cubos tiene un error positivo de +2 minutos de arco en cada ángulo diedro antes de la aplicación de la energía del láser. El error de ángulo diedro medio de esta herramienta de la invención es entonces -0,3 minutos de arco, y la desviación estándar del error de ángulo diedro es 11,7 minutos de arco. La divergencia geométrica media de un laminado acrílico de aristas de cubos producido por dicha herramienta es 41,5 minutos de arco, idéntica al ejemplo de la fig. 4B. Específicamente, la fig. 4C muestra tres curvas que corresponden a los valores R_A

calculados a partir del conjunto hipotético de aristas de cubos descrito inmediatamente antes medido para tres ángulos de rotación diferentes, a saber, 0°, 45° y 90°.

La fig. 4D compara el promedio de las tres curvas de la fig. 4A, el promedio de las tres curvas de la fig. 4B, y el promedio de las tres curvas de la fig. 4C. Se puede observar que mientras el laminado de la técnica anterior de la fig. 4A produce una intensidad mucho mayor en un intervalo muy estrecho de los ángulos de divergencia, se predice que los valores de retrorreflectancia para el conjunto de aristas de cubos en el que se han introducido aberraciones por el procedimiento de la actual invención según se ha descrito e ilustrado en conexión con la realización de la fig. 4C tienen ampliada su intensidad sobre un intervalo útil más grande de ángulos de divergencia, hasta aproximadamente 2°. También se puede observar que mientras el laminado de la técnica anterior aberrado en el trazado según se ilustra en la fig. 4B produce una intensidad similar a la del ejemplo de la invención a lo largo del intervalo de ángulos de divergencia de aproximadamente 0,5° a 2,0°, el ejemplo de la fig. 4B tiene intensidad deficiente en los ángulos de divergencia más pequeños, haciendo que sea menos deseable para aplicaciones típicas como las señales de carretera.

En una realización preferida de la invención, el trabajo realizado en la segunda superficie no perturbará indebidamente los elementos de aristas de cubos ni impactará indebidamente la lisura de la primera superficie óptica, de tal manera que la retrorreflectancia total del conjunto se conserva sustancialmente. Aunque el porcentaje deseado de retrorreflectancia conservada variará dependiendo de la retrorreflectancia total del conjunto original y el empleo final del objeto retrorreflectante, la retrorreflectancia total conservada es convenientemente al menos 90%, preferiblemente 94% o superior, y muy preferiblemente 98% o superior. Cuando utilizamos por primera vez un láser enfocado sobre la segunda superficie de electroformas de níquel delgadas, parece que ocurrió cierta degradación de la lisura de la primera superficie óptica. En un caso, la retrorreflectancia total de la electrodeposición hembra se redujo aproximadamente 6%. Esto implicaría una pérdida similar de objetos producidos con la herramienta. Hasta la fecha de esta solicitud, se cree que dichas pérdidas se eliminan prácticamente por el trabajo en un entorno no oxidante, o depositando primero por electroformación catiónica sobre la electroforma un recubrimiento no oxidante, tal como de oro. Actualmente, se estima que las pérdidas observadas se debían a un fenómeno de degradación de la superficie desde fuera, y no se debían a fenómenos internos o a una curvatura excesiva introducida en las caras o bordes de los cubos.

Actualmente, al utilizar un láser enfocado sobre la segunda superficie de electroformas delgadas, las electroformas se dejan unidas a los mandriles rígidos sobre los que se formaron. Esto excluye aire y proporciona soporte rígido. Se ha encontrado que la retrorreflectancia total de dichas electroformas se reduce en no más de aproximadamente 2% mediante el tratamiento con láser. Además, puede ser útil el maquinado de la segunda superficie de la electroforma delgada soportada hasta un grosor de un sustrato uniforme exacto antes del tratamiento con láser, puesto que el efecto sobre los ángulos diedros de una energía de pulso dada está en función del grosor del sustrato.

Obsérvese que al comparar la retrorreflectancia total de electroformas antes y después del tratamiento con láser, la decoloración de la superficie óptica puede influir en las mediciones. Hemos medido copias de plástico formadas a partir de la electroforma antes y después del tratamiento para determinar su retrorreflectancia total, y hemos utilizado esto para calibrar el cambio de la electroforma.

Cuando la técnica de la invención se pone en práctica utilizando la retirada mecánica de material, por ejemplo mediante microperforación o micromaquinado, es preferible que el sustrato tenga inicialmente un esfuerzo interno. La retirada de material logra después la liberación localizada del esfuerzo del sustrato sometido inicialmente a esfuerzo uniforme. La sustracción del esfuerzo local y la adición de esfuerzo local son intercambiables a fin de alcanzar el objetivo de la técnica de la invención. Para un sustrato electroconformado, el esfuerzo inicial uniforme se puede alcanzar durante su formación, por procedimientos de galvanoplastia bien conocidos de control del esfuerzo. La invención puede tener varias modificaciones y alteraciones sin apartarse del espíritu y alcance de la misma. La invención será muy útil para estructuras fabricadas mediante operaciones globales como el trazado. Por ejemplo, aunque la invención se ha ilustrado aquí utilizando patrones de elementos de aristas de cubos triangulares, también se pueden utilizar elementos de aristas de cubos que sean cuadrados, rectangulares, pentagonales o hexagonales. La invención también se puede utilizar con sistemas microópticos diferentes al de las aristas de cubos. Por consiguiente, se ha de comprender que el alcance de esta invención no se ha de limitar a los ejemplos antes descritos, sino que se ha de controlar mediante las limitaciones expuestas en las reivindicaciones siguientes y cualesquiera equivalentes de las mismas.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para producir un conjunto de aristas de cubos que tienen divergencia controlada, comprendiendo el procedimiento
5 proporcionar un sustrato que tiene una primera y segunda superficies opuestas, teniendo dicha primera superficie un conjunto de elementos de aristas de cubos formados en ella, y
trabajar de forma controlada en una o más regiones localizadas sobre la segunda superficie del sustrato, siendo el trabajo controlado de una magnitud suficiente para cambiar uno o más de los ángulos diedros entre las caras que se intersecan mutuamente de uno o más de los elementos de aristas de cubos opuestos al lugar de trabajo, con lo cual dichos uno o más elementos de aristas de cubos estarán aberrados para crear un conjunto de elementos de
10 aristas de cubos que tienen su intensidad de retroreflexión extendida sobre un mayor intervalo de ángulos de divergencia, hasta aproximadamente 2°, que las aristas de cubos no aberrados, al tiempo que preservan la intensidad a ángulos de divergencia más pequeños.
2. Un procedimiento según lo establecido en la reivindicación 1, en el que el trabajo controlado se alcanza mediante la aplicación de presión, la aplicación de energía, la aplicación de sustancias químicas, o el maquinado.
- 15 3. Un procedimiento según lo establecido en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la retroreflectancia total del conjunto trabajado es al menos 90% de la del conjunto antes del trabajo.
4. Un procedimiento según lo establecido en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el trabajo controlado no perturba el conjunto, a excepción de cambios de aberración dentro de elementos individuales de los elementos microópticos o elementos de aristas de cubos del conjunto.
- 20 5. Un procedimiento según lo establecido en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la magnitud del trabajo es suficientemente pequeña de tal manera que la lisura de las caras de los elementos microópticos o de los elementos de aristas de cubos no se dañe sustancialmente.
6. Un procedimiento según lo establecido en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la magnitud del trabajo es suficientemente pequeña de tal manera que el afilado de los bordes de los elementos microópticos
25 no se dañe sustancialmente.
7. Un procedimiento según lo establecido en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dicho sustrato es una electroforma producida sobre un mandril, y dicho trabajo controlado sobre la segunda superficie se realiza mientras dicha electroforma se encuentra unida todavía a dicho mandril.
8. Un objeto fabricado mediante el procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1-7.
- 30 9. Un objeto retroreflectante fabricado mediante el procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1-7.

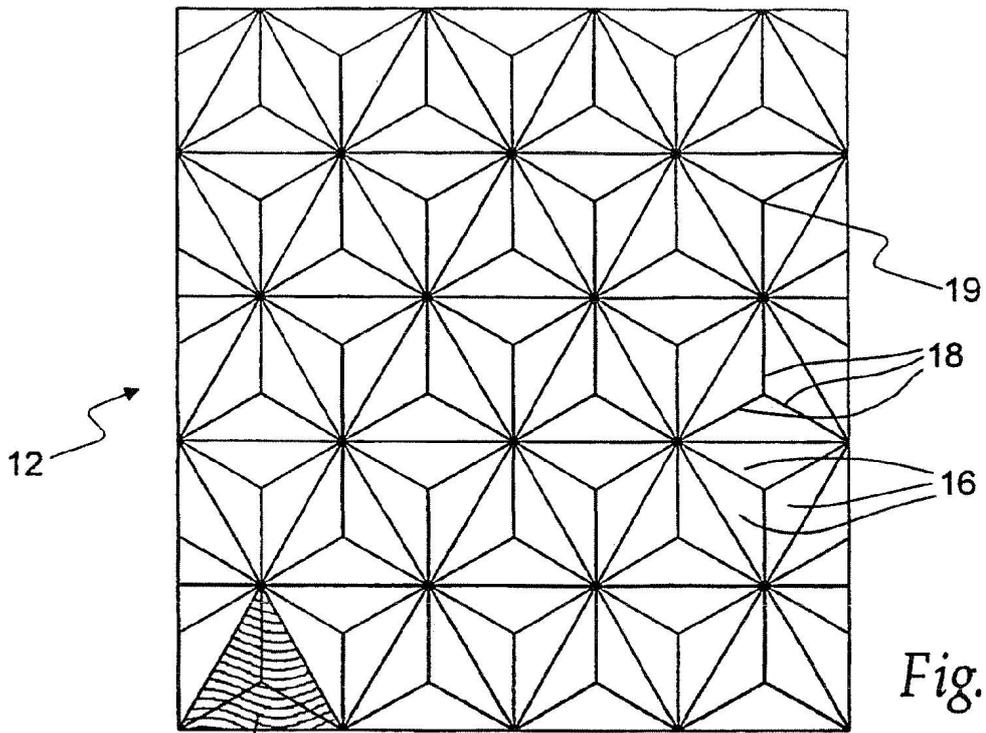


Fig. 1A

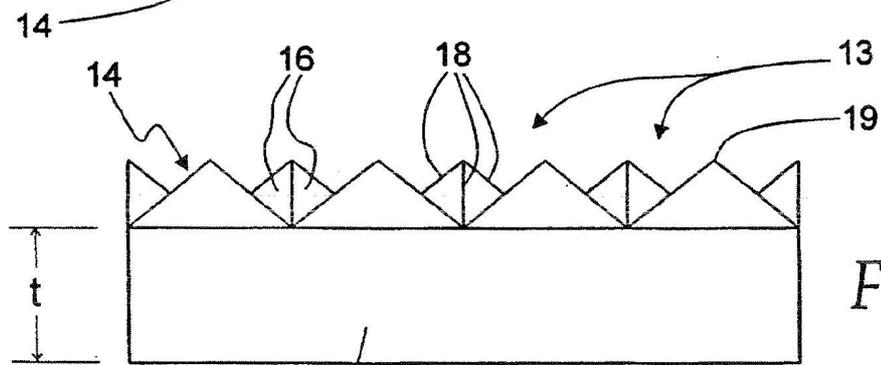


Fig. 1B

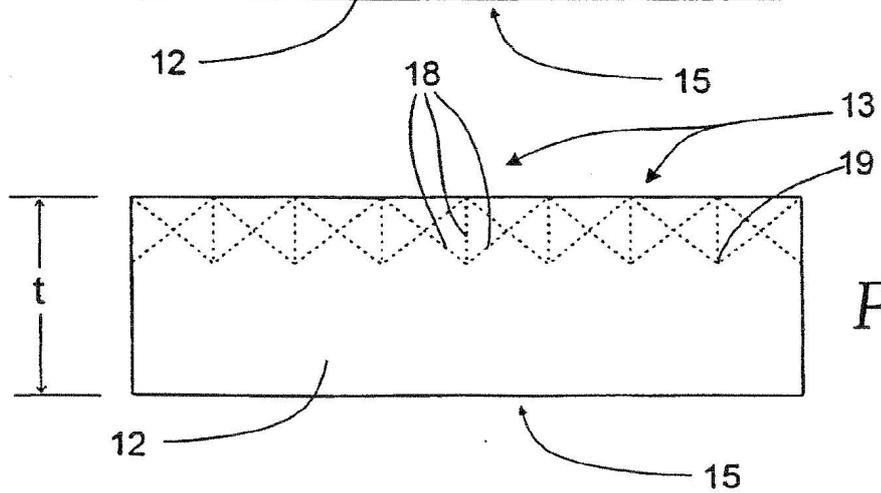


Fig. 1C

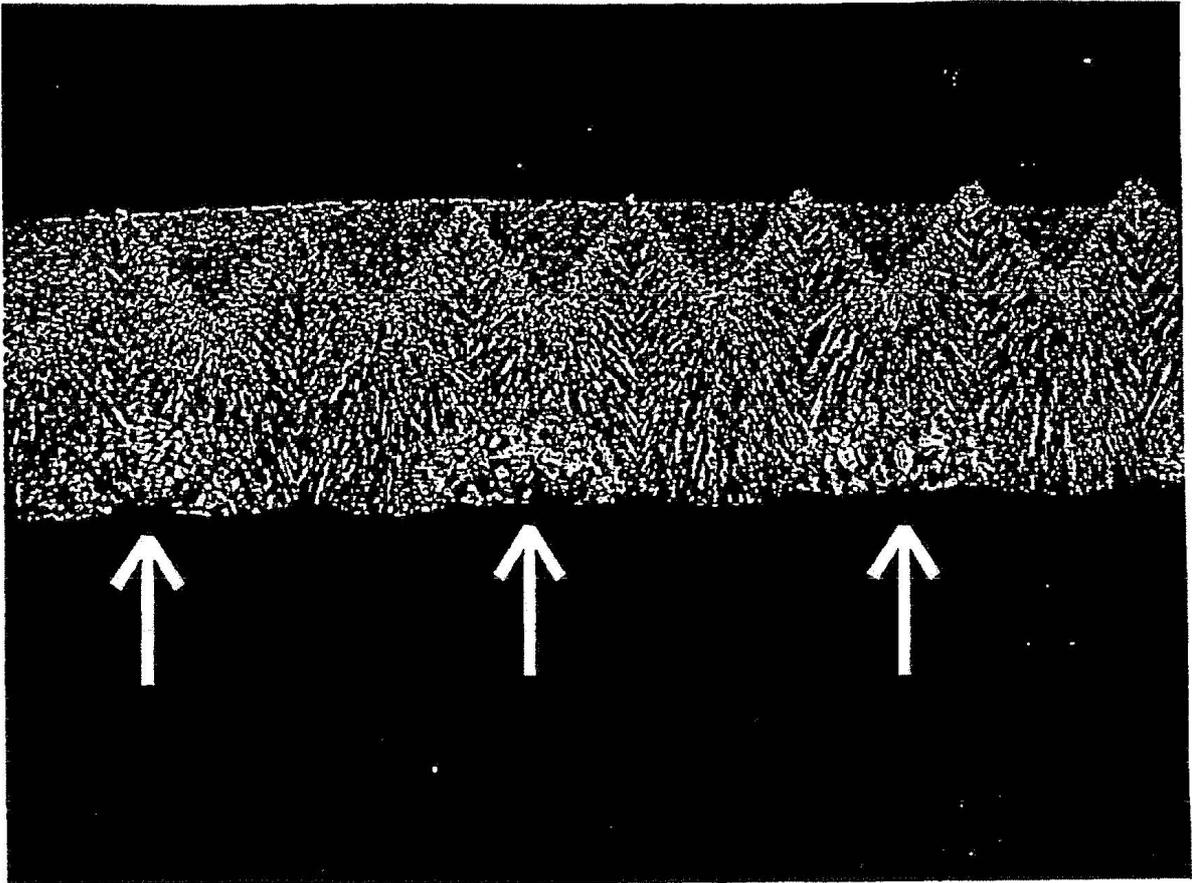


Fig. 2

Mancha directamente bajo un cambio del ángulo diedro de los cubos (en minutos)

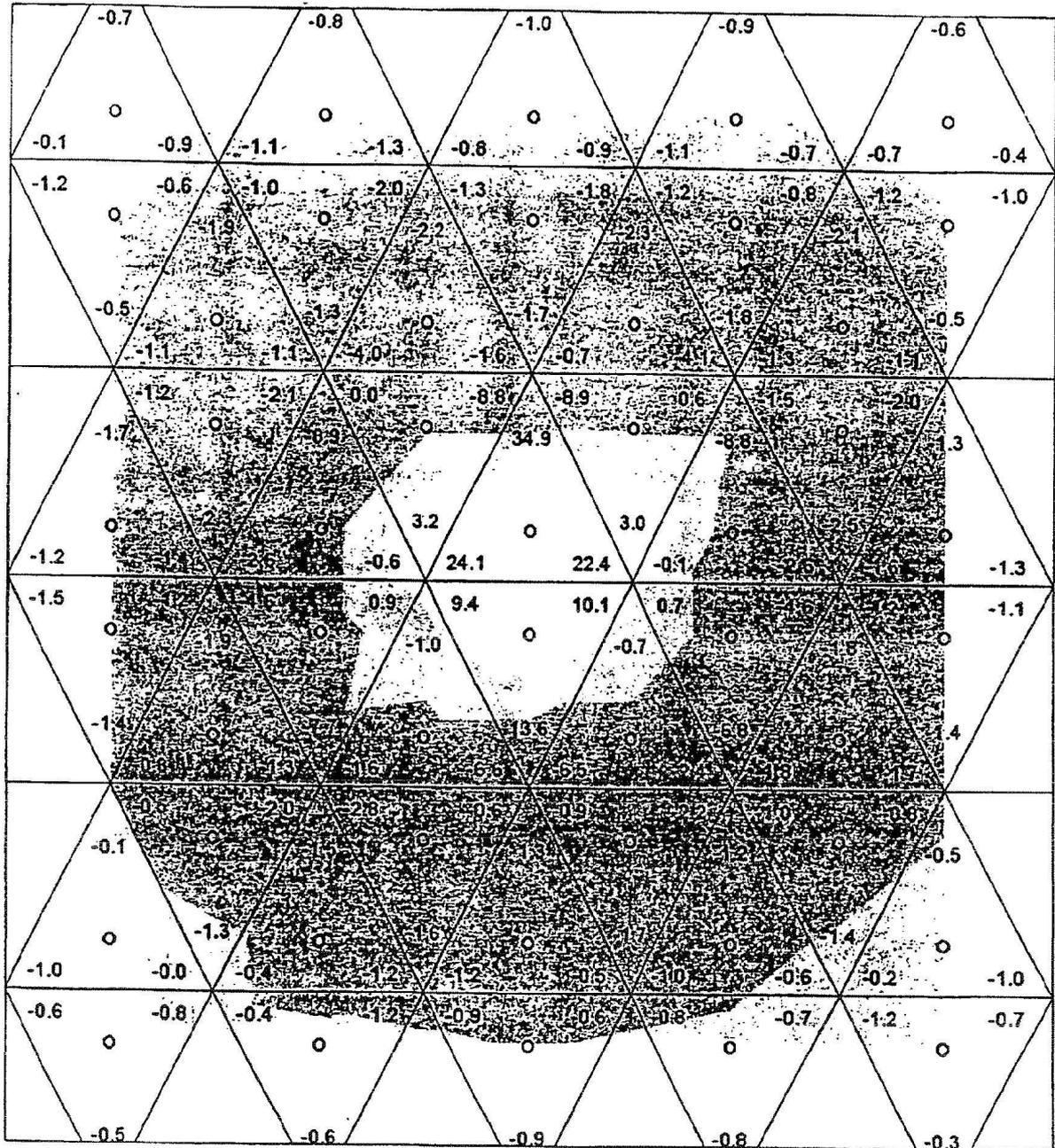


Fig. 3A

Mancha entre un cambio del ángulo diedro de dos cubos (en minutos)

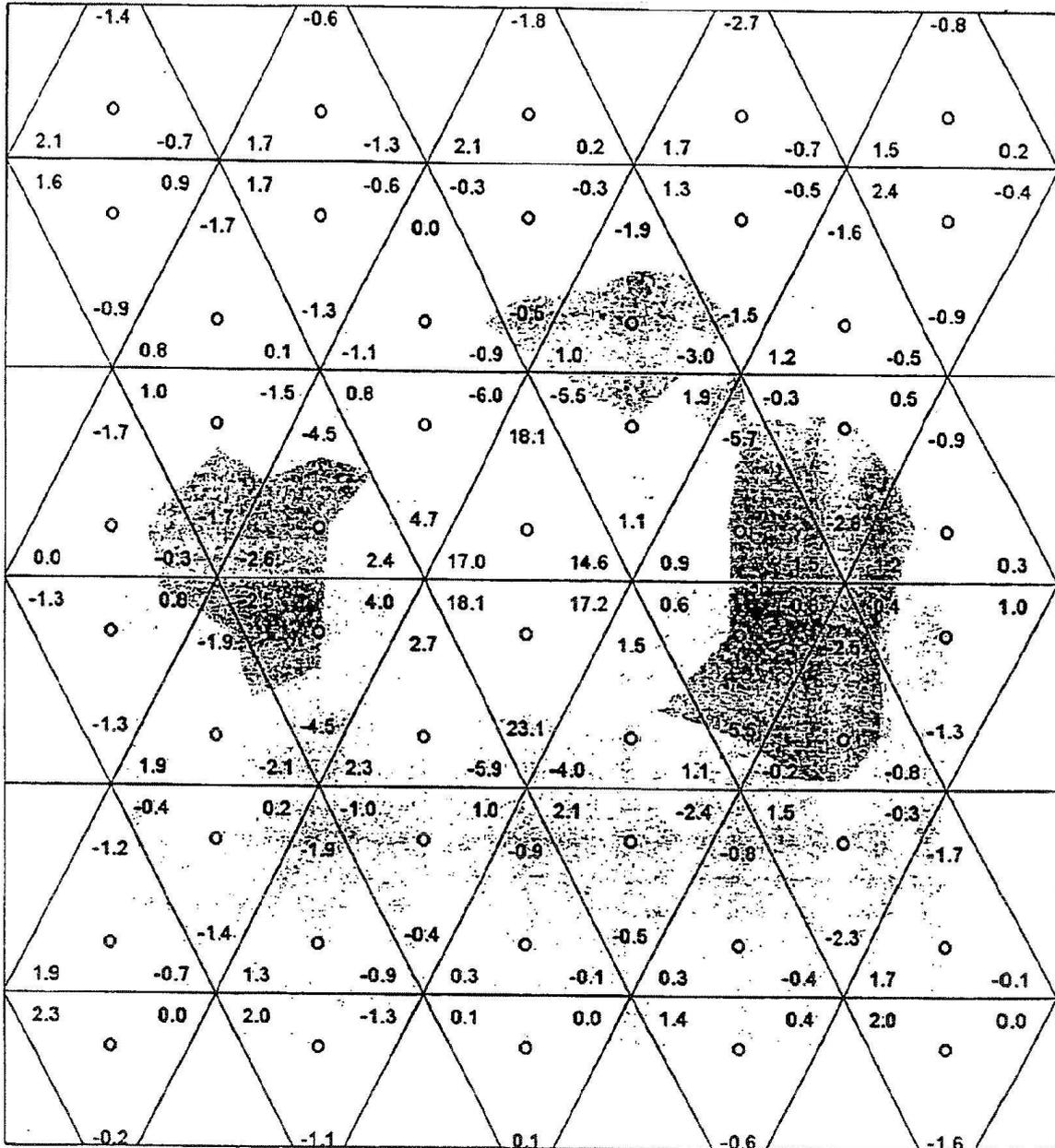


Fig. 3B

Mancha entre un cambio del ángulo diedro de seis cubos (en minutos)

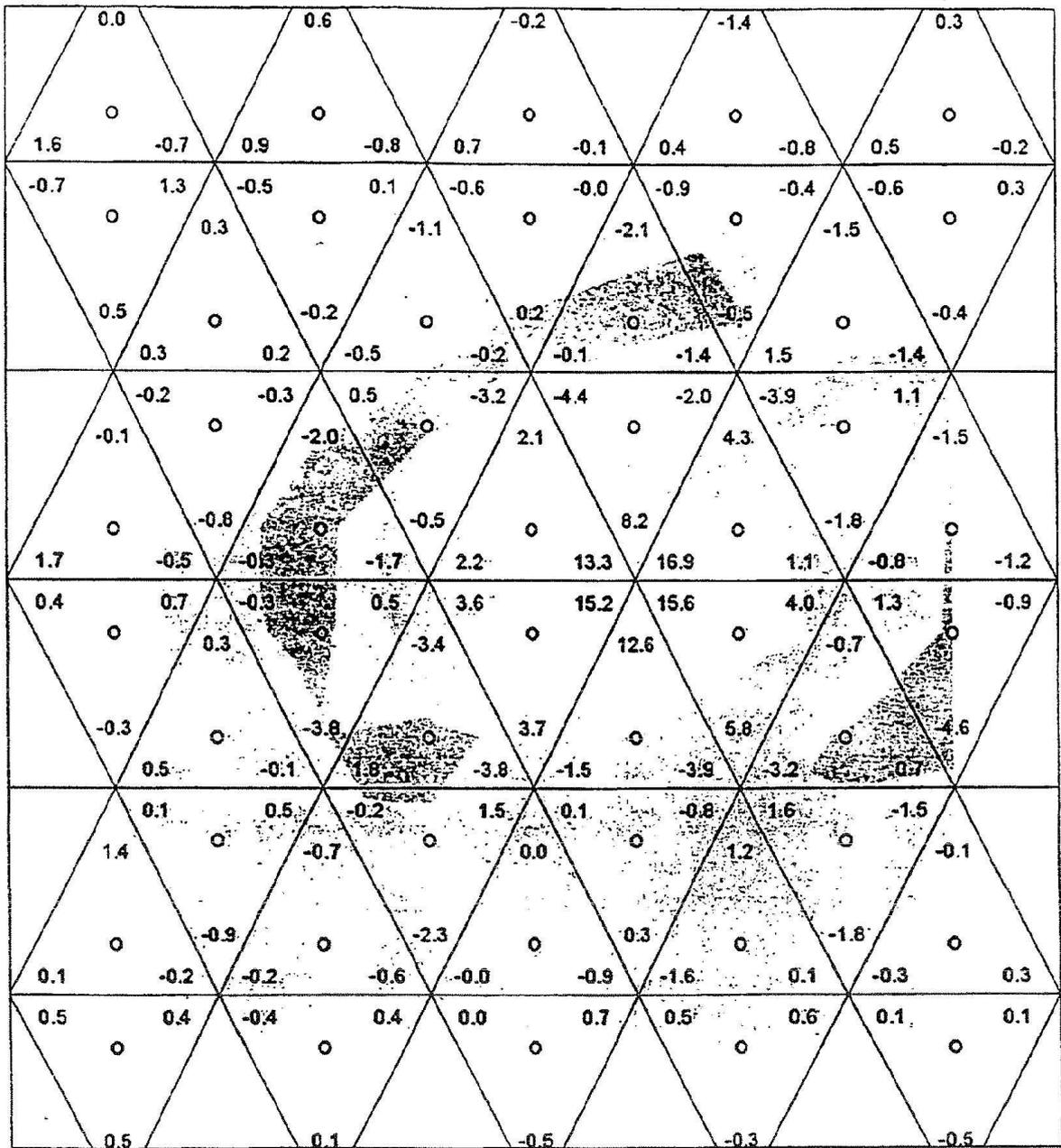


Fig 3C

no aberrado

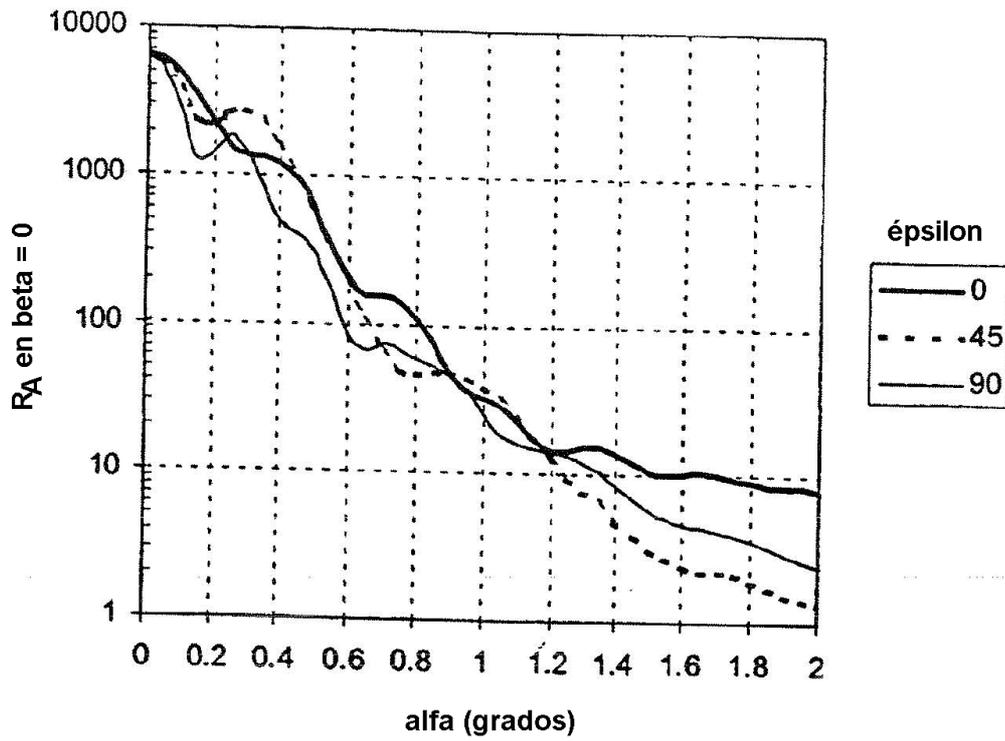


Fig.4A (técnica anterior)

aberrado al trazar

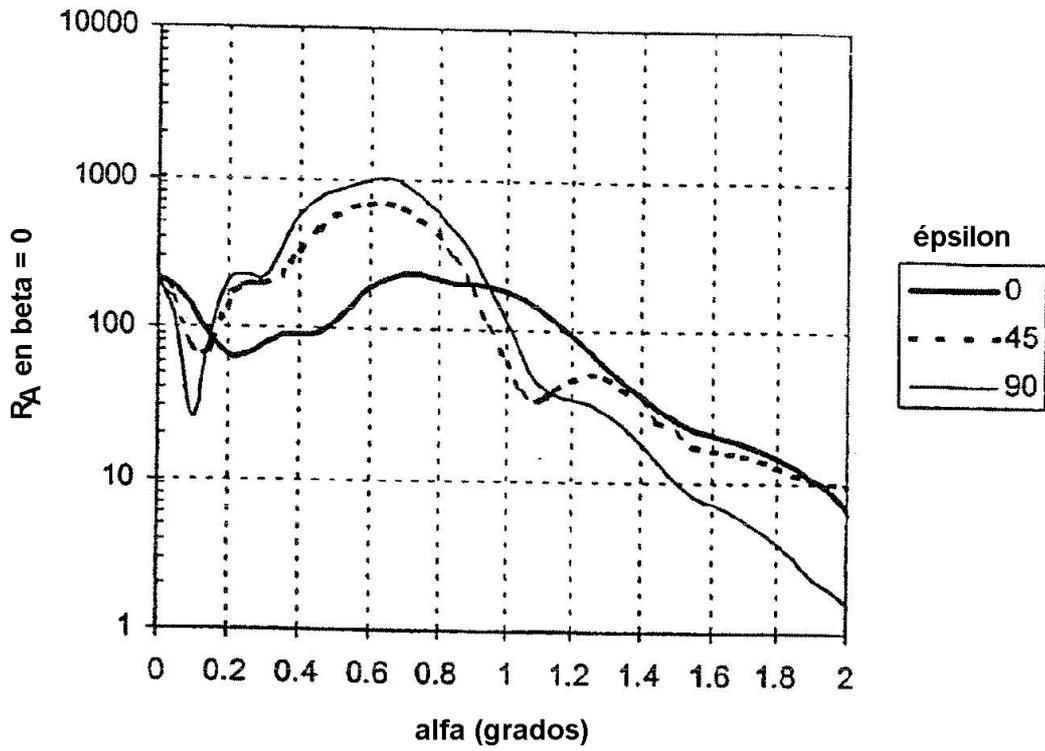


Fig.4B (técnica anterior)

1 mancha por cada 12 cubos
 mancha aumentada hasta $1,2e+2'$

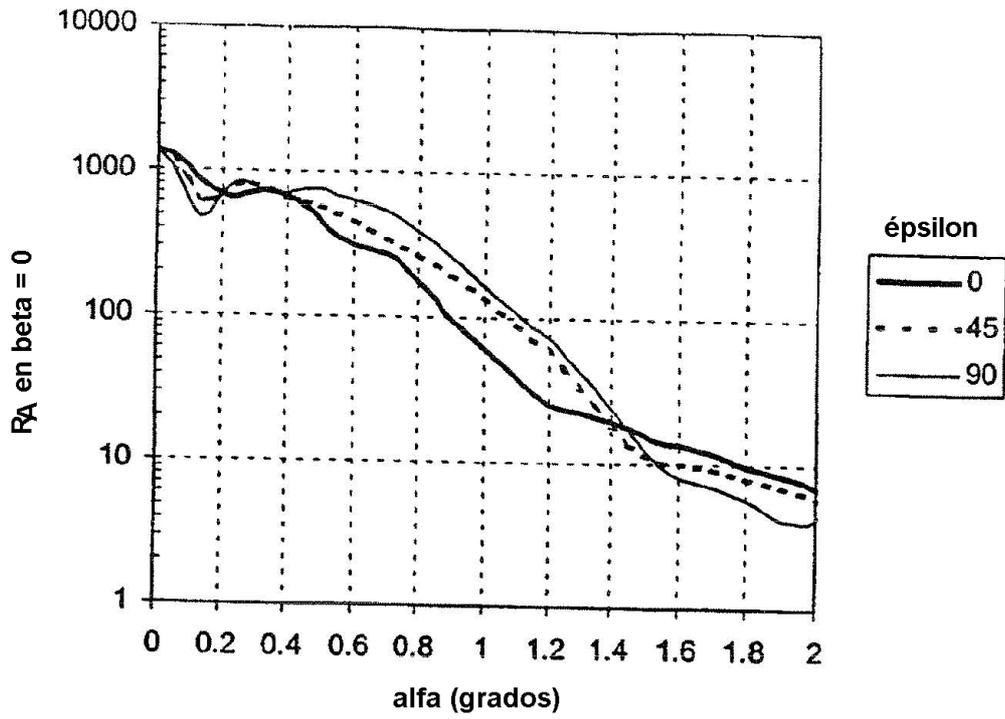


Fig. 4C

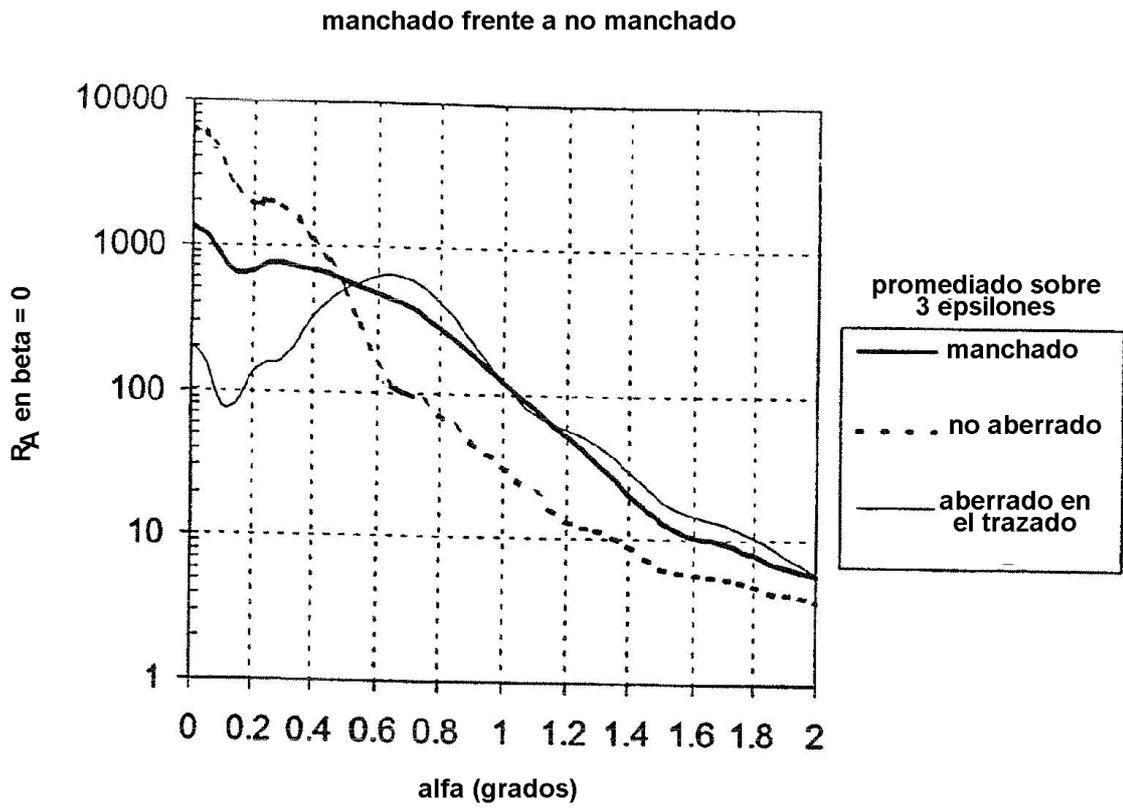


Fig. 4D