

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 776 826**

51 Int. Cl.:

**C22C 21/00** (2006.01)

**C22F 1/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.12.2016 PCT/US2016/065083**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.06.2017 WO17105916**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.12.2016 E 16819768 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.02.2020 EP 3350354**

54 Título: **Microestructura de aluminio para productos altamente conformados y métodos asociados**

30 Prioridad:

**17.12.2015 US 201514972839**

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

**03.08.2020**

73 Titular/es:

**NOVELIS, INC. (100.0%)  
3560 Lenox Road, Suite 2000  
Atlanta, GA 30326, US**

72 Inventor/es:

**WANG, YI;  
WEN, WEI y  
GO, JOHNSON**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

ES 2 776 826 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**

Microestructura de aluminio para productos altamente conformados y métodos asociados

5 **Campo técnico**

La presente solicitud se refiere a aluminio o aleaciones de aluminio que tienen una microestructura y más particularmente a aluminio o aleaciones de aluminio que tienen microestructuras específicamente adaptadas para productos de aluminio altamente formados y métodos asociados.

10

**Antecedentes**

Se fabrican productos de aluminio altamente conformados, que incluyen, entre otros, latas de aluminio y/o botellas de aluminio para bebidas, a partir de piezas en bruto que se cortan de chapas de aluminio. Cada pieza en bruto, que tiene generalmente forma circular, se forma entonces para dar una copa con una base circular y una pared vertical. Durante la transición de una chapa circular relativamente bidimensional a una copa tridimensional, el metal de la pieza en bruto puede distorsionarse. La ondulación resultante alrededor del borde de la copa puede denominarse estiramiento en pliegue, y el grosor variable del material alrededor del borde puede denominarse arrugamiento. Esta distorsión puede pasar a ser más pronunciada a medida que la copa se mueve a través de procesos de producción adicionales, como el embutido y estirado (DWI) a alta velocidad convencional, para convertirse en una preforma.

15

20

Estiramiento en pliegue, arrugamiento y otras distorsiones de la copa de aluminio y/o preforma, particularmente para la producción de botellas de aluminio que requieren la formación de un cuello, pueden provocar que los productos finales altamente conformados requieran etapas de procesamiento adicionales, el recorte de los bordes distorsionados de la copa y/o preforma, y pueden conducir a una tendencia a fracturar la preforma. Las propiedades inconsistentes del metal alrededor de la circunferencia de la abertura de la copa, preforma, y/o cuello de una botella provocan un mayor desperdicio y una reducción en la eficiencia de producción al requerir etapas de recorte y procesamiento adicionales.

25

30

Engler *et al.*, Materials Science and Engineering: A vol. 452 - 453, 15 de abril de 2007, páginas 640-651, se refiere a la simulación de plasticidad de policristal de seis y ocho pliegues en copas de aluminio profundamente estiradas, en particular se simula la formación de pliegues durante el estiramiento profundo de copa a partir de la textura cristalográfica por medio de un modelo de plasticidad de policristal.

35

**Sumario**

La presente invención se refiere a aluminio o a una aleación de aluminio que tiene una microestructura tal como se define en las reivindicaciones.

40

Se dan a conocer composiciones de microestructura para aluminio y aleaciones de aluminio que facilitan el conformado y la formación de chapas de aluminio en productos complejos. Microestructuras de aluminio con relaciones reducidas de fibras alfa, particularmente fibras alfa de gama baja, con respecto a fibras beta muestran una calidad y consistencia mejoradas en la producción de productos altamente conformados como latas de aluminio, botellas de aluminio y otros recipientes. La mayor proporción de fibras beta mejora la conformabilidad del aluminio o de la aleación de aluminio y reduce la distorsión del aluminio a través del proceso de fabricación. De manera similar, niveles reducidos de Goss, Goss rotado y latón en comparación con componentes de textura S y de cobre también promueven la mejora del funcionamiento y la viabilidad de la fabricación a alta velocidad. Las microestructuras dadas a conocer pueden mejorar la eficiencia, la velocidad de fabricación y reducir la tasa de deterioro de productos de aluminio que experimentan diversos procesos de conformación y formación.

45

50

**Breve descripción de los dibujos**

A continuación, se describen en detalle ejemplos ilustrativos de la presente divulgación con referencia a las siguientes figuras de dibujo:

55

La figura 1 es una vista superior esquemática del borde de una pieza en bruto de aluminio después de haberse estirado para formar una copa.

60

La figura 2 es un gráfico que muestra un patrón de estiramiento en pliegue generalizado de una copa estirada a partir de una pieza en bruto de aluminio.

La figura 3A es un gráfico de la intensidad de fibras alfa para una microestructura de aluminio con propiedades de formación mejoradas.

65

La figura 3B es un gráfico de la intensidad de fibras beta para una microestructura de aluminio con propiedades de formación mejoradas.

### Descripción detallada

5 Como se usa en el presente documento, los términos Goss, Goss rotado, latón, S y cobre se refieren a diferentes componentes de textura de la microestructura de una aleación de aluminio. Estos componentes de textura se conocen en la técnica para referirse a orientaciones específicas de redes cristalinas o policristales dentro del espacio de Euler de la aleación de aluminio en volumen tal como se describe mediante la Convención de Bunge. En virtud de la Convención de Bunge, la orientación de una red cristalina o policristal dentro del espacio de Euler puede describirse en relación con ejes de referencia con tres ángulos de Euler ( $\varphi_1$ ,  $\Phi$ ,  $\varphi_2$ ) que representan las siguientes rotaciones: una  
10 primera rotación  $\varphi_1$  alrededor del eje Z; una segunda rotación  $\Phi$  alrededor del eje X rotado; y una tercera rotación de  $\varphi_2$  alrededor del eje Z rotado. Con respecto al laminado de una placa o chapa de metal, la dirección de laminado (DL) es paralela al eje X, la dirección transversal (DT) es paralela al eje Y, y la dirección normal (DN) es paralela al eje Z. Cada componente de textura nombrada puede definirse por su conjunto particular de ángulos de Euler ( $\varphi_1$ ,  $\Phi$ ,  $\varphi_2$ ) o rango de ángulos de Euler ( $\varphi_1$ ,  $\Phi$ ,  $\varphi_2$ ) en el espacio de Euler. El ángulo de Euler y el índice de Miller para componentes  
15 de textura de Goss, Goss rotado, latón, S y cobre se enumeran en la tabla 1.

Nombre	Índice	Ángulo de Bunge ( $\varphi_1$ , $\Phi$ , $\varphi_2$ )		
		$\varphi_1$	$\Phi$	$\varphi_2$
Goss	{110}<001>	0	45	0
Goss rotado	{110}<16 16 1>	5	45	0
Latón	{110}<112>	35	45	0
S	{123}<634>	59	37	27
Cobre	{112}<111>	90	35	45

20 Además, la textura cristalina de una aleación de aluminio también puede caracterizarse por diferentes fibras que pasan a través del material en volumen. Por ejemplo, la textura cristalina de la aleación de aluminio puede describirse por una fibra alfa, que puede estar compuesta por las componentes de textura Goss, Goss rotado y latón. La fibra alfa puede definirse además como una fibra alfa de gama baja, en la que el ángulo de Euler  $\varphi_1$  es menor que o igual a  $15^\circ$ , o una fibra alfa de gama alta en la que el ángulo de Euler  $\varphi_1$  se encuentra en el intervalo de  $15^\circ$  a  $35^\circ$ .

25 De manera similar, la combinación de componentes de textura de latón, S y cobre se conoce comúnmente como fibra beta. Las cantidades relativas de la fibra alfa, la fibra beta o cualquiera de sus componentes de textura constituyentes en el material en volumen pueden expresarse como una fracción de volumen del material en porcentaje, o como una intensidad. La intensidad es una medida adimensional de la cantidad relativa de una componente de textura en comparación con una distribución aleatoria o uniforme de componentes de textura en la microestructura de un material en volumen. Por ejemplo, si una componente de textura tiene un valor de intensidad de 1, esto indica que los policristales de la componente de textura se encuentran en el material en volumen con la misma tasa que para un  
30 material en volumen con una distribución aleatoria de componentes de textura. Una componente de textura con un valor de intensidad de 3 indica que los policristales de la componente de textura se encuentran en el material en volumen tres veces más frecuentemente de lo que se esperaría para una distribución aleatoria o uniforme de las orientaciones.

35 Determinados aspectos y características de la presente divulgación se refieren a texturas cristalográficas y/o microestructuras de aleaciones de aluminio que son particularmente adecuadas para la producción de productos altamente conformados. La textura cristalográfica de la chapa de aluminio, que incluye las fracciones de volumen particulares de las componentes de textura y la relación entre diferentes fibras en el material en volumen, influye en la conformabilidad de la aleación de aluminio ya que se procesa a partir de una pieza en bruto para formar una copa, una preforma y/o un producto terminado. La textura cristalográfica correcta puede proporcionar una deformación más uniforme de la chapa de aluminio, ya que se deforma a partir de una pieza en bruto relativamente plana y bidimensional para formar una copa tridimensional. Específicamente, la uniformidad del grosor del material, las propiedades del material y la uniformidad del borde de la copa, el borde de la preforma y/o la abertura del cuello pueden mejorarse proporcionando chapa de metal y las piezas en bruto asociadas que tienen una microestructura que está compuesta por combinaciones particulares de componentes de textura.  
40

45 Aluminio o aleaciones de aluminio con una microestructura que tiene una proporción relativamente baja de fibras alfa, y particularmente fibras alfa de gama baja, mejora la conformabilidad en productos complejos y altamente conformados. La mayor proporción resultante de fibras beta también tiende a mejorar el rendimiento de una pieza en bruto de aleación de aluminio o aluminio cuando se forma para dar una copa, una preforma, y/o un producto terminado. Pueden utilizarse microestructuras a medida con cualquier aleación de aluminio o aluminio para mejorar la conformabilidad sin reducir la resistencia o, de otro modo, debilitar el material. En algunos casos, especialmente en la producción de latas o botellas de aluminio, las aleaciones de aluminio de la serie 3xxx y/o de alto contenido reciclado pueden beneficiarse de las composiciones de microestructura mejoradas dadas a conocer en el presente documento.  
50

55 La figura 1 es una vista superior esquemática del borde 100 de una copa de aluminio o aleación de aluminio que se

ha formado a partir de una pieza en bruto circular. El borde 100 está recubierto con una altura normalizada 102 que representa un borde idealizado con una altura y grosor del material uniformes (es decir, un borde 100 sin estiramiento en pliegue) y ejes con la dirección de laminado DL situada a cero grados. Como se muestra, el borde 100 tiene una apariencia generalmente ondulada con partes que se desvían por encima o por debajo de la altura normalizada 102. El borde 100 puede tener pliegues primarios relativamente grandes 104 en las posiciones de 0° y 180°. El borde 100 también puede tener pliegues secundarios relativamente más pequeños 106 en posiciones de repetición de 45° alrededor de la circunferencia del borde 100. Aunque el patrón ilustrado de pliegues 104, 106 puede ser típico de la mayoría de las copas formadas a partir de piezas en bruto circulares, pueden ser posibles otros patrones de estiramiento en pliegue o distorsión.

Puesto que una copa tridimensional se forma a partir de una pieza en bruto relativamente bidimensional de chapa de aluminio, no es posible formar una copa con un borde 100 que está a la altura normalizada 102 en cada punto alrededor de su circunferencia. Más bien, las distorsiones de la chapa metálica durante la formación de la copa provocan estiramiento en pliegue, variaciones en el grosor de material y/o arrugamiento de la copa. Si bien estas distorsiones no pueden eliminarse completamente, pueden reducirse o minimizarse con microestructuras que son más adecuadas para el estampado, el embutido y estirado, la estricción, y/u otros procesos de formación utilizados en la fabricación de productos de aluminio altamente conformados. Aluminio o aleaciones de aluminio con microestructuras compuestas por partes más altas de componentes de textura S y cobre con partes reducidas de latón, Goss y Goss rotado pueden producir bordes 100 con uniformidad mejorada y estiramiento en pliegue, arrugamiento, y/o variación del material reducidos. La uniformidad del borde mejorado 100 puede ser el resultado de reducir la magnitud de los pliegues primarios 104, aumentando la magnitud de los pliegues secundarios 106, o ambas.

La figura 2 es una representación gráfica de un borde de una copa formada a partir de una pieza en bruto circular. En este gráfico, el eje vertical representa desviaciones de la altura normalizada del borde, mientras que el eje horizontal representa la posición angular alrededor del borde de la copa. El borde de la copa muestra grandes pliegues primarios 204 en las posiciones de 0° y 180° con pliegues secundarios más pequeños 206 en las posiciones de repetición de 45°. Composiciones de microestructura mejoradas pueden mejorar la uniformidad del borde reduciendo la magnitud de los pliegues primarios 204, aumentando la magnitud de los pliegues secundarios 206, tanto disminuyendo la magnitud de los pliegues primarios 204 como aumentando la magnitud de los pliegues secundarios 206, y/o mejorando la simetría de pliegue alrededor de la circunferencia del borde.

Las figuras 3A y 3B muestran datos experimentales que registran la intensidad de las componentes de textura en la fibra alfa alineada con ángulos variables de  $\varphi_1$  (figura 3A) y la intensidad de las componentes de textura en la fibra beta alineada con ángulos variables de  $\varphi_2$  (figura 3B), respectivamente, para una chapa de aluminio con una conformabilidad muy mejorada y una uniformidad de borde muy mejorada. Esta chapa muestra una mayor resistencia a estiramiento en pliegue asimétrico y grande, y una resistencia mejorada al agrietamiento u otros defectos de producción. La figura 3A proporciona datos de intensidad para ángulos de  $\varphi_1$  de 0° a 35° que definen la fibra alfa. La figura 3B proporciona datos de intensidad para ángulos de  $\varphi_2$  de 45° a 90°, que representan la fibra beta. En la figura 3A, se representarían componentes de textura Goss y Goss rotado en el lado izquierdo del gráfico (valores bajos de  $\varphi_1$ ), pasando a componentes de textura de latón en el lado derecho del gráfico (valores más altos de  $\varphi_1$ ). De manera similar, en la figura 3B, se representarían componentes de textura de cobre en el lado izquierdo del gráfico (valores bajos de  $\varphi_2$ ), pasando por componentes de textura S y luego a componentes de textura de latón hacia la derecha (valores altos de  $\varphi_2$ ).

La microestructura y las proporciones relativas de las componentes de textura individuales determinan el rendimiento del metal cuando se forma para dar una copa, una preforma y/o un producto terminado. Las microestructuras que tienen proporciones relativamente más altas de fibra beta en comparación con fibra alfa muestran un rendimiento mejorado. Cantidades relativas más altas de fibras alfa tienden a promover pliegues grandes a 0° y 180° y alta asimetría de pliegues entre 0° y 90°. Por el contrario, la fibra beta tiende a promover pliegues de 45° y pliegues simétricos bajos a 0° y 90°. Los ensayos para formar latas de aluminio, botellas y otros productos de aluminio altamente conformados han mostrado que los pliegues altos de 45° y los pliegues asimétricos más bajos de 0° y 180° han mejorado el rendimiento durante la producción. Estas características de conformabilidad mejoradas proporcionan una mejor consistencia de producción y una menor tasa de deterioro para productos de aluminio altamente conformados en las etapas de fabricación de acopación, fabricación de cuerpos, conformación y estricción. Las mejoras resultantes en calidad, consistencia y eficiencia hacen que la fabricación comercial a alta velocidad sea más fiable y económicamente viable. En particular, la presencia de pliegues de 0° y 180° se reduce y la presencia de pliegues de 45° aumenta, también se reducen las arrugas superficiales y otras perturbaciones que provocan inestabilidad durante la deformación a alta velocidad. El resultado es una inestabilidad menor y menores concentraciones de estrés que pueden conducir a un fallo prematuro del material.

La combinación apropiada de diversas componentes de textura tal como se describe en el presente documento puede reducir la variación del parámetro de Lankford, o valor R, de 0° a 90° con respecto a la dirección de laminado (DL) de la chapa o placa de metal. Esto, a su vez, puede reducir la variación de grosor en la pared superior y/o la variación de altura de la copa.

Las microestructuras dadas a conocer y sus componentes de textura relativas permiten que el metal se deforme más favorablemente en direcciones específicas bajo trayectorias de alargamiento complejas. La microestructura y/o granos del metal reaccionarán de manera diferente a tensiones que se aplican desde diferentes direcciones y/u orientaciones. Por ejemplo, la elongación puede no ser la misma cuando los granos de metal se deforman en la dirección de laminado (0°) en comparación con la dirección transversal (90°). Esta diferencia de comportamiento se debe a la diferencia en la orientación cristalográfica de los granos (es decir, la microtextura). Puesto que los granos están orientados de manera diferente en toda la microestructura, diferentes sistemas de deslizamiento cristalográfico, que pueden consistir en diversas combinaciones de planos de deslizamiento y/o direcciones, influirán en la deformación general del metal. Para que los granos den cabida colectivamente al alargamiento y/o la deformación sin pérdida de continuidad, pueden generarse nuevas dislocaciones. Estas dislocaciones solo pueden moverse a través del cristal en planos de deslizamiento específicos y en direcciones específicas. Cuando hay disponible un número menor de sistemas de deslizamiento, se reduce la capacidad de alargamiento del material. Por el contrario, cuando se activa un número mayor de sistemas de deslizamiento, se incrementa la capacidad de alargamiento del material. Por tanto, mediante el control de la fracción de volumen de diferentes componentes de textura, el comportamiento de formación anisotrópica del metal puede optimizarse para métodos de procesamiento particulares o conformaciones de producto. Por ejemplo, la microestructura de un metal puede optimizarse para rendir favorablemente en un modo compresivo, lo que es favorable para las operaciones de estricción (por ejemplo, reducciones de diámetro) durante la producción de latas, botellas u otros artículos altamente conformados. En algunos casos, la microestructura puede optimizarse para rendir favorablemente en otros modos de deformación, como doblado, tensión o cualquier otro modo de deformación deseado o requerido para una aplicación particular.

La relación de fibra alfa con respecto a fibra beta está directamente relacionada con las fracciones de volumen de las componentes de textura. Las fracciones de mayor volumen de las componentes de textura S y cobre, y cualquier componente de textura entre estos dos, elevan la intensidad relativa de las fibras beta, mientras que las fracciones de volumen relativamente más bajas de Goss y Goss rotado pueden disminuir la intensidad relativa de las fibras alfa. En la figura 3B, el nivel de intensidad cerca de la parte derecha del gráfico es relativamente bajo para esta microestructura a modo de ejemplo. Las pruebas han demostrado que los niveles más bajos de latón en la fibra beta mejoran significativamente el rendimiento de las piezas en bruto de aleación de aluminio. Las microestructuras con una relación de la intensidad de fibra alfa con respecto a la intensidad de fibra beta a o por debajo de aproximadamente 0,15 mostraron un rendimiento mejorado durante las operaciones acopación y embutido y estirado, lo que también mejoró el rendimiento durante los procesos de estricción. Este rendimiento mejorado puede ser particularmente valioso para la producción de productos altamente conformados, como botellas o latas de aluminio. En algunos casos, las microestructuras con una relación de la intensidad de fibra alfa con respecto a la intensidad de fibra beta a o por debajo de aproximadamente 0,10 mostraron un mejor rendimiento de acopación y embutido y estirado, así como un rendimiento mejorado durante las operaciones de estricción.

La relación de la intensidad de la fibra alfa con respecto a la intensidad de la fibra beta puede calcularse hallando primero el área bajo las curvas de intensidad para las fibras alfa y beta, respectivamente. En algunos casos, una simple suma de los datos de intensidad recogidos proporcionará información adecuada acerca de la relación de la intensidad de la fibra alfa con respecto a la intensidad de la fibra beta. La relación de las intensidades de fibra alfa con respecto a fibra beta puede hallarse utilizando la siguiente fórmula:

$$\frac{\sum_{i=0}^{15} I_{\text{alfa}}(i)}{\sum_{i=0}^{45} I_{\text{beta}}(i)} \leq 0,15$$

donde  $I_{\text{alfa}}(i)$  es la intensidad en el espacio de Euler ( $\varphi_1, \Phi, \varphi_2$ ) para  $I_{\text{alfa}}(i) = I_{\text{alfa}}(i, 45^\circ, 0^\circ)$ ,  $i = 0, 1, 2, \dots, 15$  e  $I_{\text{beta}}(i)$ ,  $i = 0, 1, 2, \dots, 45$  es la intensidad en el espacio de Euler ( $\varphi_1, \Phi, \varphi_2$ ) que aparece en la tabla 2 a continuación.

$I_{\text{beta}}(i)$	$\varphi_1$	$\Phi$	$\varphi_2$
$I_{\text{beta}}(0)$	90,0	30,0	45,0
$I_{\text{beta}}(1)$	88,5	30,1	46,0
$I_{\text{beta}}(2)$	86,9	30,2	47,0
$I_{\text{beta}}(3)$	85,4	30,3	48,0
$I_{\text{beta}}(4)$	83,8	30,4	49,0
$I_{\text{beta}}(5)$	82,3	30,5	50,0
$I_{\text{beta}}(6)$	80,7	30,6	51,0
$I_{\text{beta}}(7)$	79,2	30,7	52,0
$I_{\text{beta}}(8)$	77,6	30,8	53,0
$I_{\text{beta}}(9)$	76,1	30,9	54,0
$I_{\text{beta}}(10)$	74,5	31,0	55,0
$I_{\text{beta}}(11)$	73,0	31,1	56,0
$I_{\text{beta}}(12)$	71,4	31,2	57,0

$I_{beta}(13)$	69,9	31,3	58,0
$I_{beta}(14)$	68,3	31,4	59,0
$I_{beta}(15)$	66,8	31,5	60,0
$I_{beta}(16)$	65,2	31,6	61,0
$I_{beta}(17)$	63,7	31,7	62,0
$I_{beta}(18)$	62,1	31,8	63,0
$I_{beta}(19)$	60,6	31,9	64,0
$I_{beta}(20)$	59,0	32,0	65,0
$I_{beta}(21)$	58,0	32,5	66,0
$I_{beta}(22)$	57,1	33,0	67,0
$I_{beta}(23)$	56,1	33,6	68,0
$I_{beta}(24)$	55,2	34,1	69,0
$I_{beta}(25)$	54,2	34,6	70,0
$I_{beta}(26)$	53,2	35,1	71,0
$I_{beta}(27)$	52,3	35,6	72,0
$I_{beta}(28)$	51,3	36,2	73,0
$I_{beta}(29)$	50,4	36,7	74,0
$I_{beta}(30)$	49,4	37,2	75,0
$I_{beta}(31)$	48,4	37,7	76,0
$I_{beta}(32)$	47,5	38,2	77,0
$I_{beta}(33)$	46,5	38,8	78,0
$I_{beta}(34)$	45,6	39,3	79,0
$I_{beta}(35)$	44,6	39,8	80,0
$I_{beta}(36)$	43,6	40,3	81,0
$I_{beta}(37)$	42,7	40,8	82,0
$I_{beta}(38)$	41,7	41,4	83,0
$I_{beta}(39)$	40,8	41,9	84,0
$I_{beta}(40)$	39,8	42,4	85,0
$I_{beta}(41)$	38,8	42,9	86,0
$I_{beta}(42)$	37,9	43,4	87,0
$I_{beta}(43)$	36,9	44,0	88,0
$I_{beta}(44)$	36,0	44,5	89,0
$I_{beta}(45)$	35,0	45,0	90,0

El rendimiento de la chapa de aluminio también depende de la distribución de intensidades dentro de la propia fibra alfa. La relación de la intensidad de fibra alfa de gama baja ( $\varphi_1 \leq 15^\circ$ ) con respecto a la intensidad de fibra alfa de gama alta ( $15^\circ \leq \varphi_1 \leq 35^\circ$ ) también afecta la conformabilidad y el rendimiento de la chapa de aluminio. Como se muestra en la figura 3A, la fibra alfa se pondera más fuertemente hacia valores más altos de  $\varphi_1$ . Durante las pruebas, las microestructuras con una relación de la intensidad de fibra alfa de gama baja con respecto a la intensidad de fibra alfa de gama alta por debajo de 0,40 mostraron un rendimiento mejorado en los procesos de producción de acopación y embutido y estirado. La relación de las intensidades de fibra alfa de gama baja con respecto a fibra alfa de gama alta puede hallarse utilizando la siguiente fórmula:

$$\frac{\sum_{i=0}^{i=15} I_{\text{alfa}}(i)}{\sum_{i=15}^{i=35} I_{\text{alfa}}(i)} \leq 0,40$$

donde  $I_{\text{alfa}}(i)$  es la intensidad en el espacio de Euler ( $\varphi_1, \Phi, \varphi_2$ ) para  $I_{\text{alfa}}(i) = I_{\text{alfa}}(1, 45^\circ, 0^\circ)$ ,  $i = 0, 1, 2, \dots, 45$ .

Debido a la interrelación de las fracciones de volumen de las componentes de textura y las proporciones de las fibras alfa y beta, la microestructura de aluminio o una aleación de aluminio puede describirse por la relación de las intensidades de las fibras alfa de gama baja con respecto a las intensidades de las fibras alfa de gama alta y la relación de las intensidades de las fibras alfa con respecto a las intensidades de las fibras beta, por las fracciones de volumen de las componentes de textura individuales, o ambas. Los siguientes ejemplos de microestructuras se describen utilizando tanto las relaciones de intensidades como las fracciones de volumen de las componentes de textura. Los siguientes ejemplos se proporcionan para fines ilustrativos y no constituyen de ninguna manera un listado exhaustivo.

La fabricación de chapas de aluminio o de aleación de aluminio o piezas en bruto con las siguientes microestructuras puede lograrse de diferentes maneras. Por ejemplo, puede lograrse una microestructura deseada mediante técnicas de aleación y producción de metal fundido inicial, tratamientos térmicos, técnicas de laminado especializadas, medición de la alineación y direccionalidad de la microestructura metálica o policristales y compensación durante la producción, o cualquier combinación de las mismas. Por ejemplo, en algunos casos, puede requerirse una temperatura de salida específica del tren de acabado para lograr la combinación apropiada de componentes de textura. Además,

también puede ser necesario optimizar la relación de la reducción de laminado en caliente con respecto a la reducción de laminado en frío. En determinados casos, lograr la combinación apropiada de componentes de textura puede necesitar optimizar la relación de la reducción de soportes individuales dentro de un tren de laminado en caliente y/o tren de laminado en frío.

- 5 En algunos casos, la microestructura del aluminio utilizado en un producto altamente conformado puede tener las siguientes componentes de textura tal como se proporcionan en la tabla 3.

Componente de textura	Relación o fracción de volumen
Goss o Goss rotado	≤10 %
Latón	≤20 %
S y cobre	≥10 %
Relación de $\alpha$ de gama baja con respecto a $\alpha$ de gama alta	≤0,40
Relación de $\alpha$ con respecto a $\beta$ de gama baja	≤0,15
Orientaciones aleatorias o minoritarias	Equilibrio

- 10 En algunos casos, la microestructura del aluminio utilizado en un producto altamente conformado puede tener las siguientes componentes de textura tal como se proporcionan en la tabla 4.

Componente de textura	Relación o fracción de volumen
Goss o Goss rotado	≤5 %
Latón	≤10 %
S y cobre	≥15 %
Relación de $\alpha$ de gama baja y $\alpha$ de gama alta	≤0,40
Relación de $\alpha$ y $\beta$ de gama baja	≤0,15
Orientaciones aleatorias o minoritarias	Equilibrio

- 15 En determinados casos, la microestructura del aluminio utilizado en un producto altamente conformado puede tener las siguientes componentes de textura tal como se indica en la tabla 5.

Componente de textura	Relación o fracción de volumen
Goss o Goss rotado	≤5 %
Latón	≤10 %
S y cobre	≥15 %
Relación de $\alpha$ de gama baja y $\alpha$ de gama alta	≤0,30
Relación de $\alpha$ y $\beta$ de gama baja	≤0,10
Orientaciones aleatorias o minoritarias	Equilibrio

- 20 En algunos casos, la microestructura de aluminio tiene una textura de hasta el 10 % de Goss y de componentes de textura de Goss rotado combinadas (por ejemplo, del 0 % al 5 %, del 5 % al 10 %, del 3 % al 7 %, etc.) según se mide por fracción de volumen. Por ejemplo, la microestructura puede incluir el 0 %, el 0,1 %, el 0,2 %, el 0,3 %, el 0,4 %, el 0,5 %, el 0,6 %, el 0,7 %, el 0,8 %, el 0,9 %, el 1,0 %, el 1,1 %, el 1,2 %, el 1,3 %, el 1,4 %, el 1,5 %, el 1,6 %, el 1,7 %, el 1,8 %, el 1,9 %, el 2,0 %, el 2,1 %, el 2,2 %, el 2,3 %, el 2,4 %, el 2,5 %, el 2,6 %, el 2,7 %, el 2,8 %, el 2,9 %, el 3,0 %, el 3,1 %, el 3,2 %, el 3,3 %, el 3,4 %, el 3,5 %, el 3,6 %, el 3,7 %, el 3,8 %, el 3,9 %, el 4,0 %, el 4,1 %, el 4,2 %, el 4,3 %, el 4,4 %, el 4,5 %, el 4,6 %, el 4,7 %, el 4,8 %, el 4,9 %, el 5,0 %, el 5,1 %, el 5,2 %, el 5,3 %, el 5,4 %, el 5,5 %, el 5,6 %, el 5,7 %, el 5,8 %, el 5,9 %, el 6,0 %, el 6,1 %, el 6,2 %, el 6,3 %, el 6,4 %, el 6,5 %, el 6,6 %, el 6,7 %, el 6,8 %, el 6,9 %, el 7,0 %, el 7,1 %, el 7,2 %, el 7,3 %, el 7,4 %, el 7,5 %, el 7,8 %, el 7,9 %, el 8,0 %, el 8,1 %, el 8,2 %, el 8,3 %, el 8,4 %, el 8,5 %, el 8,6 %, el 8,7 %, el 8,8 %, el 8,9 %, el 9,0 %, el 9,1 %, el 9,2 %, el 9,3 %, el 9,4 %, el 9,5 %, el 9,6 %, el 9,7 %, el 9,8 %, el 9,9 % o el 10,0 % de componentes de textura de Goss y Goss rotado combinadas. Todas las mediciones se expresan en % en fracción de volumen.

- 35 En algunos casos, la microestructura de aluminio incluye una textura de hasta un 20 % de componentes de textura de latón (por ejemplo, del 0 % al 10 %, del 10 % al 15 %, o del 15 % al 20 %, etc.) según se mide por fracción de volumen. Por ejemplo, la microestructura puede incluir el 0 %, el 0,1 %, el 0,2 %, el 0,3 %, el 0,4 %, el 0,5 %, el 0,6 %, el 0,7 %, el 0,8 %, el 0,9 %, el 1,0 %, el 1,1 %, el 1,2 %, el 1,3 %, el 1,4 %, el 1,5 %, el 1,6 %, el 1,7 %, el 1,8 %, el 1,9 %, el 2,0 %, el 2,1 %, el 2,2 %, el 2,3 %, el 2,4 %, el 2,5 %, el 2,6 %, el 2,7 %, el 2,8 %, el 2,9 %, el 3,0 %, el 3,1 %, el 3,2 %, el 3,3 %, el 3,4 %, el 3,5 %, el 3,6 %, el 3,7 %, el 3,8 %, el 3,9 %, el 4,0 %, el 4,1 %, el 4,2 %, el 4,3 %, el 4,4 %, el 4,5 %, el 4,6 %, el 4,7 %, el 4,8 %, el 4,9 %, el 5,0 %, el 5,1 %, el 5,2 %, el 5,3 %, el 5,4 %, el 5,5 %, el 5,6 %, el 5,7 %, el 5,8 %, el 5,9 %, el 6,0 %, el 6,1 %, el 6,2 %, el 6,3 %, el 6,4 %, el 6,5 %, el 6,6 %, el 6,7 %, el 6,8 %, el 6,9 %, el

7,0 %, el 7,1 %, el 7,2 %, el 7,3 %, el 7,4 %, el 7,5 %, el 7,8 %, el 7,9 %, el 8,0 %, el 8,1 %, el 8,2 %, el 8,3 %, el 8,4 %, el 8,5 %, el 8,6 %, el 8,7 %, el 8,8 %, el 8,9 %, el 9,0 %, el 9,1 %, el 9,2 %, el 9,3 %, el 9,4 %, el 9,5 %, el 9,6 %, el 9,7 %, el 9,8 %, el 9,9 %, el 10,0 %, el 10,1 %, el 10,2 %, el 10,3 %, el 10,4 %, el 10,5 %, el 10,6 %, el 10,7 %, el 10,8 %, el 10,9 %, el 11,0 %, el 11,1 %, el 11,2 %, el 11,3 %, el 11,4 %, el 11,5 %, el 11,6 %, el 11,7 %, el 11,8 %, el 11,9 %, el 12,0 %, el 12,1 %, el 12,2 %, el 12,3 %, el 12,4 %, el 12,5 %, el 12,6 %, el 12,7 %, el 12,8 %, el 12,9 %, el 13,0 %, el 13,1 %, el 13,2 %, el 13,3 %, el 13,4 %, el 13,5 %, el 13,6 %, el 13,7 %, el 13,8 %, el 13,9 %, el 14,0 %, el 14,1 %, el 14,2 %, el 14,3 %, el 14,4 %, el 14,5 %, el 14,6 %, el 14,7 %, el 14,8 %, el 14,9 %, el 15,0 %, el 15,1 %, el 15,2 %, el 15,3 %, el 15,4 %, el 15,5 %, el 15,6 %, el 15,7 %, el 15,8 %, el 15,9 %, el 16,0 %, el 16,1 %, el 16,2 %, el 16,3 %, el 16,4 %, el 16,5 %, el 16,6 %, el 16,7 %, el 16,8 %, el 16,9 %, el 17,0 %, el 17,1 %, el 17,2 %, el 17,3 %, el 17,4 %, el 17,5 %, el 17,6 %, el 17,7 %, el 17,8 %, el 17,9 %, el 18,0 %, el 18,1 %, el 18,2 %, el 18,3 %, el 18,4 %, el 18,5 %, el 18,6 %, el 18,7 %, el 18,8 %, el 18,9 %, el 19,0 %, el 19,1 %, el 19,2 %, el 19,3 %, el 19,4 %, el 19,5 %, el 19,6 %, el 19,7 %, el 19,8 %, el 19,9 % o el 20,0 % de componentes de textura de latón. Todas las mediciones se expresan en % en fracción de volumen.

En algunos casos, la microestructura de aluminio incluye una textura con componentes de textura S y de cobre combinadas superiores a o iguales al 10 % (por ejemplo, del 10 % al 15 %, del 15 % al 20 %, o del 20 % al 25 %, etc.) según se mide por fracción de volumen. Por ejemplo, la microestructura puede incluir el 10,0 %, el 10,1 %, el 10,2 %, el 10,3 %, el 10,4 %, el 10,5 %, el 10,6 %, el 10,7 %, el 10,8 %, el 10,9 %, el 11,0 %, el 11,1 %, el 11,2 %, el 11,3 %, el 11,4 %, el 11,5 %, el 11,6 %, el 11,7 %, el 11,8 %, el 11,9 %, el 12,0 %, el 12,1 %, el 12,2 %, el 12,3 %, el 12,4 %, el 12,5 %, el 12,6 %, el 12,7 %, el 12,8 %, el 12,9 %, el 12,8 %, el 12,9 %, el 13,0 %, el 13,1 %, el 13,2 %, el 13,3 %, el 13,4 %, el 13,5 %, el 13,6 %, el 13,7 %, el 13,8 %, el 13,8 %, el 13,9 %, el 14,0 %, el 14,1 %, el 14,2 %, el 14,3 %, el 14,4 %, el 14,5 %, el 14,6 %, el 14,7 %, el 14,8 %, el 14,9 %, el 15,0 %, el 15,1 %, el 15,2 %, el 15,3 %, el 15,4 %, el 15,5 %, el 15,6 %, el 15,7 %, el 15,8 %, el 15,9 %, el 16,0 %, el 16,1 %, el 16,2 %, el 16,3 %, el 16,4 %, el 16,5 %, el 16,6 %, el 16,7 %, el 16,8 %, el 16,9 %, el 17,0 %, el 17,1 %, el 17,2 %, el 17,3 %, el 17,4 %, el 17,5 %, el 17,6 %, el 17,7 %, el 17,8 %, el 17,9 %, el 18,0 %, el 18,1 %, el 18,2 %, el 18,3 %, el 18,4 %, el 18,5 %, el 18,6 %, el 18,7 %, el 18,8 %, el 18,9 %, el 19,0 %, el 19,1 %, el 19,2 %, el 19,3 %, el 19,4 %, el 19,5 %, el 19,6 %, el 19,7 %, el 19,8 %, el 19,9 %, el 20,0 %, el 20,1 %, el 20,2 %, el 20,3 %, el 20,4 %, el 20,5 %, el 20,6 %, el 20,7 %, el 20,8 %, el 20,9 %, el 21,0 %, el 21,1 %, el 21,2 %, el 21,3 %, el 21,4 %, el 21,5 %, el 21,6 %, el 21,7 %, el 21,8 %, el 21,9 %, el 22,0 %, el 22,1 %, el 22,2 %, el 22,3 %, el 22,4 %, el 22,5 %, el 22,6 %, el 22,7 %, el 22,8 %, el 22,9 %, el 23,0 %, el 23,1 %, el 23,2 %, el 23,3 %, el 23,4 %, el 23,5 %, el 23,6 %, el 23,7 %, el 23,8 %, el 23,9 %, el 24,0 %, el 24,1 %, el 24,2 %, el 24,3 %, el 24,4 %, el 24,5 %, el 24,6 %, el 24,7 %, el 24,8 %, el 24,9 %, el 25,0 %, o más componentes de textura S y de cobre combinadas. Todas las mediciones se expresan en % en fracción de volumen.

En determinados casos, la microestructura de aluminio puede incluir una textura con una relación de la intensidad de fibras alfa de gama baja con respecto a la intensidad de fibras alfa de gama alta por debajo de 0,40 (por ejemplo, de 0,30 a 0,40, de 0,25 a 0,30, o de 0,20 a 0,25, etc.) según se mide por la relación de las dos intensidades. Por ejemplo, la microestructura puede tener una relación de la intensidad de las fibras alfa de gama baja con respecto a la intensidad de las fibras alfa de gama alta de 0,00, 0,01, 0,02, 0,03, 0,04, 0,05, 0,06, 0,07, 0,08, 0,09, 0,10, 0,11, 0,12, 0,13, 0,14, 0,15, 0,16, 0,17, 0,18, 0,19, 0,20, 0,21, 0,22, 0,23, 0,24, 0,25, 0,26, 0,27, 0,28, 0,29, 0,30, 0,31, 0,32, 0,33, 0,34, 0,35, 0,36, 0,37, 0,38, 0,39 o 0,40. Todas las relaciones se expresan en una relación adimensional de la intensidad de fibra alfa de gama baja con respecto a la intensidad de fibra alfa de gama alta.

En algunos casos, la microestructura de aluminio puede incluir una textura con una relación de la intensidad de fibras alfa de gama baja con respecto a la intensidad de fibras beta por debajo de 0,15 (por ejemplo, de 0,10 a 0,15, de 0,05 a 0,10, o de 0,01 a 0,05, etc.) según se mide por la relación de las dos intensidades. Por ejemplo, la microestructura puede tener una relación de la intensidad de fibras alfa de gama baja con respecto a la intensidad de fibras beta de 0,00, 0,01, 0,02, 0,03, 0,04, 0,05, 0,06, 0,07, 0,08, 0,09, 0,10, 0,11, 0,12, 0,13, 0,14 o 0,15. Todas las relaciones se expresan en una relación adimensional de la intensidad de fibra alfa de gama baja con respecto a la intensidad de fibra beta.

En determinados casos, la microestructura de aluminio puede tener la siguiente composición de microestructura:  $\leq 10$  % en volumen de componentes de textura de Goss y Goss rotado combinadas,  $\leq 20$  % en volumen de componentes de textura de latón,  $\geq 10$  % en volumen de componentes de textura S y de cobre combinadas, con una relación de la intensidad de fibra alfa de gama baja con respecto a la intensidad de fibra alfa de gama alta de  $\leq 0,40$ , y una relación de la intensidad de fibra alfa de gama baja con respecto a la intensidad de fibra beta de  $\leq 0,15$ .

En algunos casos, la microestructura de aluminio puede tener la siguiente composición de microestructura:  $\leq 10$  % en volumen de componentes de textura de Goss y Goss rotado combinadas,  $\leq 20$  % en volumen de componentes de textura de latón,  $\geq 10$  % en volumen de componentes de textura S y de cobre combinadas, con una relación de la intensidad de fibra alfa de gama baja con respecto a la intensidad de fibra alfa de gama alta de  $\leq 0,30$ , y una relación de la intensidad de fibra alfa de gama baja con respecto a la intensidad de fibra beta de  $\leq 0,10$ .

En determinados casos, la microestructura de aluminio puede tener la siguiente composición de microestructura:  $\leq 5$  % en volumen de componentes de textura de Goss y Goss rotado combinadas,  $\leq 10$  % en volumen de componentes de textura de latón,  $\geq 15$  % en volumen de componentes de textura S y de cobre combinadas, con una relación de la intensidad de fibra alfa de gama baja con respecto a la intensidad de fibra alfa de gama alta de  $\leq 0,40$ , y una relación

de la intensidad de fibra alfa de gama baja con respecto a la intensidad de fibra beta de  $\leq 0,15$ .

5 En algunos casos, la microestructura de aluminio puede tener la siguiente composición de microestructura:  $\leq 5\%$  en volumen de componentes de textura de Goss y Goss rotado combinadas,  $\leq 10\%$  en volumen de componentes de textura de latón,  $\geq 15\%$  en volumen de componentes de textura S y de cobre combinadas, con una relación de la intensidad de fibra alfa de gama baja con respecto a la intensidad de fibra alfa de gama alta de  $\leq 0,30$ , y una relación de la intensidad de fibra alfa de gama baja con respecto a la intensidad de fibra beta de  $\leq 0,10$ .

10 En determinados casos, la microestructura de aluminio puede tener la siguiente composición de microestructura:  $\leq 7,5\%$  en volumen de componentes de textura de Goss y Goss rotado combinadas,  $\leq 15\%$  en volumen de componentes de textura de latón,  $\geq 12,5\%$  en volumen de componentes de textura S y de cobre combinadas, con una relación de la intensidad de fibra alfa de gama baja con respecto a la intensidad de fibra alfa de gama alta de  $\leq 0,40$ , y una relación de la intensidad de fibra alfa de gama baja con respecto a la intensidad de fibra beta de  $\leq 0,15$ .

15 En determinados casos, la microestructura de aluminio puede tener la siguiente composición de microestructura:  $\leq 7,5\%$  en volumen de componentes de textura de Goss y Goss rotado combinadas,  $\leq 15\%$  en volumen de componentes de textura de latón,  $\geq 12,5\%$  en volumen de componentes de textura S y de cobre combinadas, con una relación de la intensidad de fibra alfa de gama baja con respecto a la intensidad de fibra alfa de gama alta de  $\leq 0,30$ , y una relación de la intensidad de fibra alfa de gama baja con respecto a la intensidad de fibra beta de  $\leq 0,10$ .

20

**REIVINDICACIONES**

1. Aluminio o aleación de aluminio que tiene una microestructura que comprende
  - 5 una relación de una intensidad de fibras alfa de gama baja con respecto a una intensidad de fibras alfa de gama alta menor que o igual a 0,40 y
    - 10 una relación de la intensidad de fibras alfa de gama baja con respecto a una intensidad de fibras beta menor que o igual a 0,15.
  2. El aluminio o la aleación de aluminio que tiene la microestructura según la reivindicación 1, que comprende además menos del o igual al 10 % en volumen de componentes de textura de Goss y Goss rotado combinadas y/o,
    - 15 que comprende además menos del o igual al 20 % en volumen de componentes de textura de latón y/o,
      - que comprende además más del o igual al 10 % en volumen de componentes de textura S y de cobre combinadas.
  3. El aluminio o la aleación de aluminio que tiene la microestructura según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, que comprende:
    - 20 menos del o igual al 10 % en volumen de componentes de textura de Goss y Goss rotado combinadas;
      - 25 menos del o igual al 20 % en volumen de componentes de textura de latón;
        - 30 más del o igual al 10 % en volumen de componentes de textura S y de cobre combinadas;
          - una relación de una intensidad de fibras alfa de gama baja con respecto a una intensidad de fibras alfa de gama alta menor que o igual a 0,40; y
          - una relación de la intensidad de fibras alfa de gama baja con respecto a una intensidad de fibras beta menor que o igual a 0,15, con un resto de la microestructura de aluminio en orientaciones aleatorias o minoritarias.
    4. El aluminio o la aleación de aluminio que tiene la microestructura según la reivindicación 3, que comprende menos del o igual al 5 % en volumen de componentes de textura de Goss y Goss rotado combinadas.
    5. El aluminio o la aleación de aluminio que tiene la microestructura según las reivindicaciones 3 o 4, que comprende menos del o igual al 10 % en volumen de componentes de textura de latón y/o, que comprende más del o igual al 15 % en volumen de componentes de textura S y de cobre combinadas.
    6. El aluminio o la aleación de aluminio que tiene la microestructura según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la relación de la intensidad de las fibras alfa de gama baja con respecto a la intensidad de fibras alfa de gama alta es menor que o igual a 0,30 y/o, en el que la relación de la intensidad de fibras alfa de gama baja con respecto a la intensidad de fibras beta es menor que o igual a 0,10.
    7. El aluminio o la aleación de aluminio que tiene la microestructura según cualquiera de las reivindicaciones 3 o 6, que comprende menos del o igual al 5 % en volumen de componentes de textura de Goss y Goss rotado combinadas, menos del o igual al 10 % en volumen de componentes de textura de latón, y más del o igual al 15 % en volumen de componentes de textura S y de cobre combinadas.
    8. El aluminio o la aleación de aluminio que tiene la microestructura según la reivindicación 3, que comprende:
      - 55 menos del o igual al 5 % en volumen de componentes de textura de Goss y Goss rotado combinadas;
        - 60 menos del o igual al 10 % en volumen de componentes de textura de latón; y
          - 65 más del o igual al 15 % en volumen de componentes de textura S y de cobre combinadas,
            - en el que la relación de la intensidad de fibras alfa de gama baja con respecto a la intensidad de fibras alfa de gama alta es menor que o igual a 0,30, y la relación de la intensidad de fibras alfa de gama baja con respecto a la intensidad de fibras beta es menor que o igual a 0,10.
      9. La aleación de aluminio que tiene la microestructura según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende además una aleación de aluminio de la serie 3xxx.

## ES 2 776 826 T3

10. La aleación de aluminio que tiene la microestructura según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende además una aleación de aluminio de alto contenido reciclado.
- 5 11. Un producto de aluminio altamente conformado que comprende una microestructura de aluminio según cualquiera de las reivindicaciones 1-10.
12. El producto de aluminio altamente conformado según la reivindicación 11, en el que el producto de aluminio altamente conformado es una lata o una botella.
- 10 13. El producto de aluminio altamente conformado según la reivindicación 11, en el que la microestructura comprende menos del o igual al 5 % en volumen de componentes de textura de Goss y Goss rotado combinadas, menos del o igual al 10 % en volumen de componentes de textura de latón, y más del o igual al 15 % en volumen de componentes de textura S y de cobre combinadas.
- 15 14. El producto de aluminio altamente conformado según la reivindicación 13, en el que el producto de aluminio altamente conformado es una lata o una botella.
- 20 15. El producto de aluminio altamente conformado según la reivindicación 14, en el que la relación de la intensidad de fibras alfa de gama baja con respecto a la intensidad de fibras alfa de gama alta es menor que o igual a 0,30, y la relación de la intensidad de fibras alfa de gama baja con respecto a la intensidad de fibras beta es menor que o igual a 0,10.

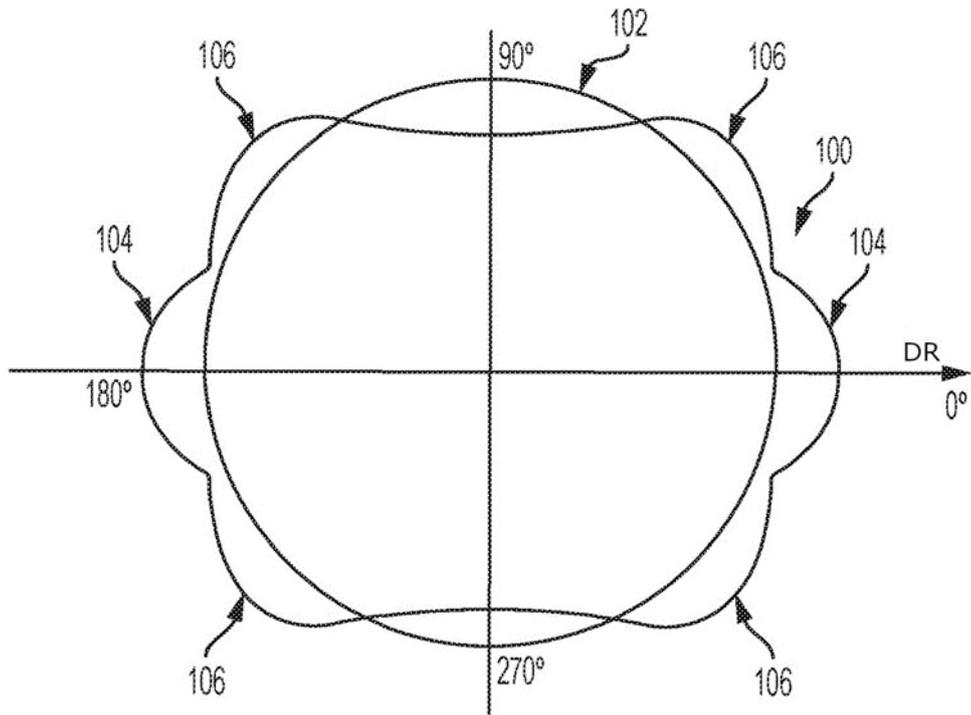


FIG. 1

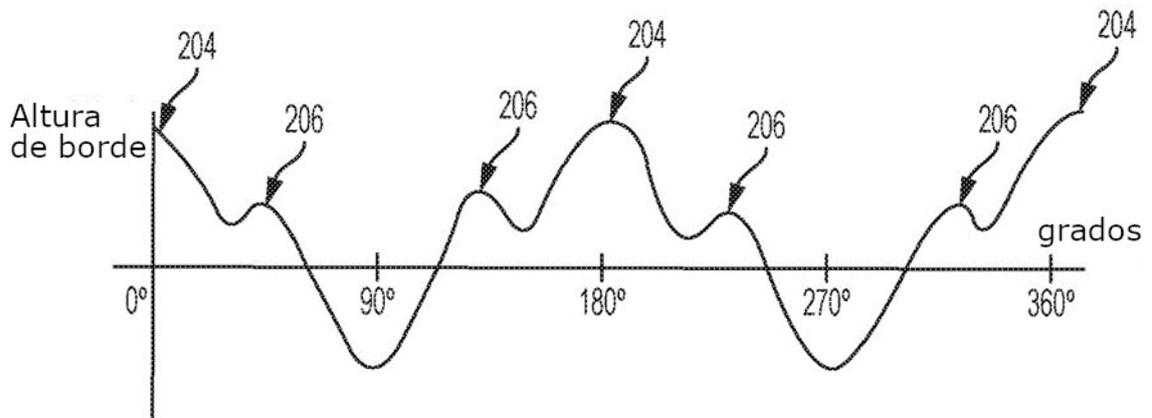


FIG. 2

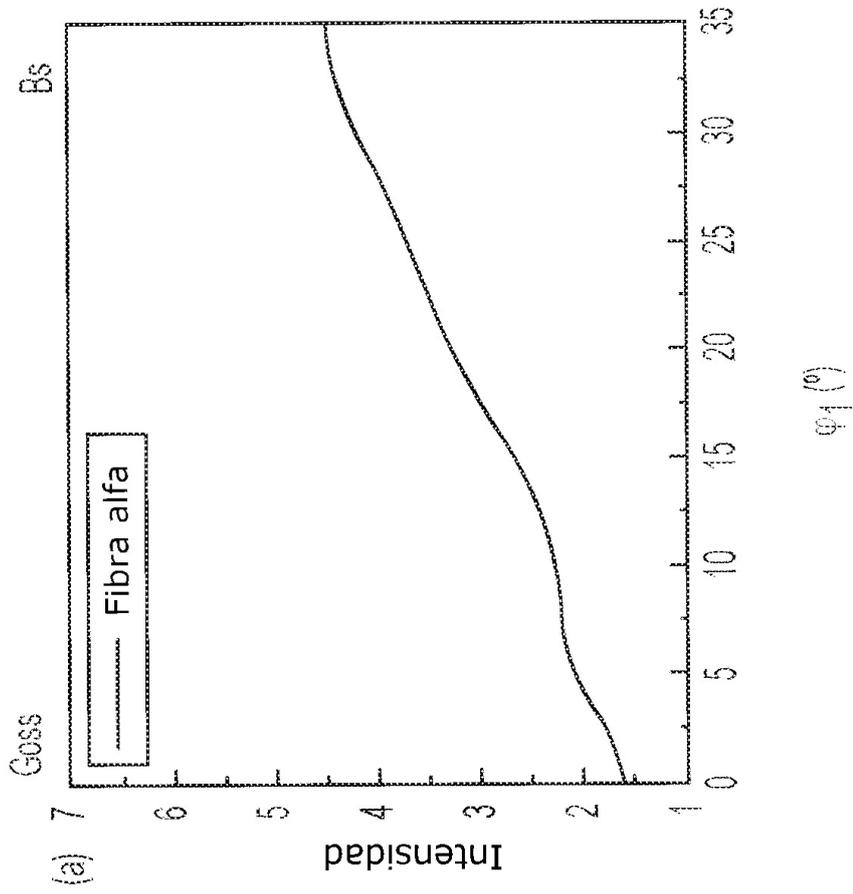


FIG. 3A

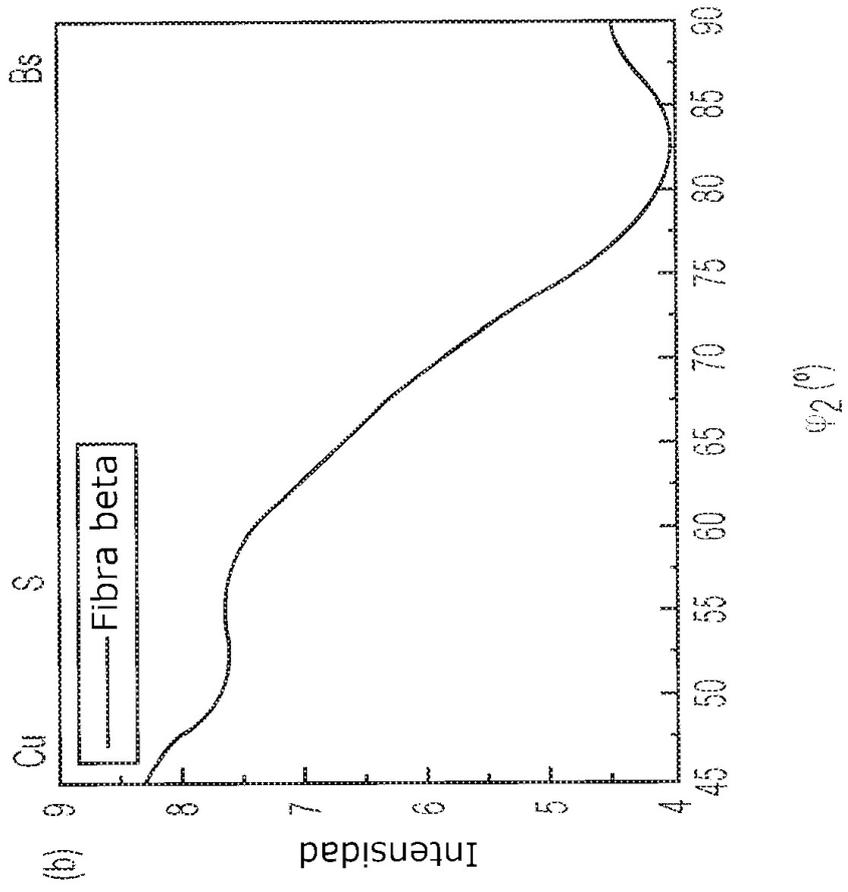


FIG. 3B