(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 349 986**

(21) Número de solicitud: 200703269

(51) Int. Cl.:
B21C 1/00 (2006.01)
B21C 37/04 (2006.01)

(12) SOLICITUD DE PATENTE A1

(22) Fecha de presentación: **11.12.2007**

(43) Fecha de publicación de la solicitud: **14.01.2011**

(43) Fecha de publicación del folleto de la solicitud: **14.01.2011**

(71) Solicitante/s: **Universidad Pública de Navarra**
Campus de Arrosadia, s/n
(OTRI) Edificio Rectorado
31006 Pamplona, Navarra, ES

(72) Inventor/es: **Luis Pérez, Carmelo Javier;**
Luri Irigoyen, Rodrigo;
Puertas Arbizu, Ignacio y
León Iriarte, Javier

(74) Agente: **No consta**

(54) Título: **Rutas de procesado óptimo para la obtención de alambre de alta calidad mediante procesos de estirado en canal angular (ECAD).**

(57) Resumen:
Rutas de procesado óptimo para la obtención de alambre de alta calidad mediante procesos de estirado en canal angular (ECAD).
Rutas de procesado mediante estirado en canal angular (ECAD) para la obtención de materiales con propiedades mecánicas mejoradas, con un patrón de deformación que tiene simetría, aproximadamente, circunferencial y/o perimetral. Presenta la novedad, frente a otras rutas de proceso que se han considerado por la bibliografía existente, de que la distribución de deformación presenta simetría circunferencial y/o perimetral. Este tipo de simetría va acompañada de una dureza y resistencia del material así tratado muy superiores a las del material de partida, así como notablemente superiores a las obtenidas por las rutas de proceso conocidas, lo cual le confiere una gran aplicabilidad industrial, por ejemplo, en elementos mecánicos que precisen tener una mayor resistencia y dureza en la periferia, entre otras.

ES 2 349 986 A1

DESCRIPCIÓN

Rutas de procesado óptimo para la obtención de alambre de alta calidad mediante procesos de estirado en canal angular (ECAD).

Sector de la técnica al que se refiere la invención

La invención se refiere al sector metal-mecánico, específicamente a las áreas de estirado y trefilado de alambre y también podría emplearse en el estirado de chapa y de otros tipos de materiales.

Estado de la técnica anterior

El proceso denominado ECAD (*Equal Channel Angular Drawing*) o estirado de materiales en canal angular es un proceso en el que el material es estirado, obligándole a atravesar una matriz en ángulo con una sección transversal aproximadamente constante. El proceso también puede realizarse en una matriz poliangular si el material es lo suficientemente dúctil. Asimismo, puede emplearse una matriz de calibrado, situada a la salida de la matriz con canal angular o poliangular.

Dicho proceso ha sido estudiado por diversos autores, existiendo diversas publicaciones científicas relacionadas con el mismo, tales como: (C. J. Luis, P. A. González, Y. Garcés, C. Berlanga, J. Pérez-Ilzarbe, *International Conference on Advances in Materials and Processing Technologies*, Vol. 1, 2001) (Y. Garcés, C. J. Luis, C. Berlanga, P. A. González, *International Conference on Advances in Materials and Processing Technologies*, Vol 1, 2001), (U. Chakkingal, A. B. Suriadi and P.F. Thomson, *Scripta Materialia*, Vol. 39 (6), 1998; U. Chakkingal, A. B. Suriadi and P.F. Thomson, *Mater Sci. Eng*., A266, 1999); (C. J. Luis; Y. Garcés; P. González; C. Berlanga, *Materials and Manufacturing Processes*, Vol. 17 (2), 2002); (J. León, C. J. Luis; Determinación de tensiones y deformaciones en el proceso de estirado en canal angular, Congreso: CISIF 2005, Publicación: Actas del congreso Lugar celebración: Calatayud, España, Fecha: 19-21 Septiembre, 2005); (J. León, C. J. Luis, R. Luri, Título: *Strain analysis of Equal Channel Angular Drawing Processes by Upper Bound Limit*, 2006, Congreso: CIRP ICME '06, Publicación: Vol. 1, pp.9-13); (J. León, C.J. Luis, R. Luri, *Determinación del coeficiente de rozamiento en el proceso de estirado en canal angular (ECAD)*, 2007, Congreso: CISIF 07. Lugar de celebración: Madrid, Publicación: Actas del congreso). Cabe señalar que del proceso de estirado en canal angular (ECAD) sólo se ha encontrado una patente " (Luis, C. J; Pérez-Ilzarbe, J. *Proceso para el estirado de materiales metálicos en canal poliangular*, Pat. 200300496)".

Existe otro proceso, totalmente distinto del ECAD, que se denomina proceso de extrusión en canal angular, o en inglés, *Equal Channel Angular Extrusión (ECAE)*, del cual sí que existen patentes: US 6370930 B1 (Lee *et al*.); WO 03027337A1 (Monash University) y US 6571593 B1 (Chung *et al*.), entre otras. Sin embargo, el proceso de ECAD presenta como medio de conformación un estirado a la salida de la matriz, al contrario que el proceso de ECAE, en el que dicho medio de conformación es por compresión y se encuentra situado a la entrada de las matrices. Por otra parte, las geometrías de las matrices empleadas en ambos procesos son diferentes.

Explicación de la invención

La novedad de la presente invención radica en la selección de las rutas de proceso a emplear en el procesado de materiales mediante ECAD, de manera que la deformación obtenida sea homogénea y presente un patrón de deformación con simetría, aproximadamente, circunferencial y/o perimetral. Ello le confiere gran utilidad desde el punto de vista industrial, para aplicaciones en las que sea necesario tener una mayor dureza o resistencia en la periferia del material.

Mediante el empleo de las rutas de proceso que se quieren patentar, se tiene que el aumento mayor de dureza y resistencia se da en la periferia del material, estando localizados los menores valores de las mismas en la zona central.

Asimismo, mediante dichas rutas de proceso se obtiene una simetría aproximadamente circunferencial y/o perimetral, en lo que respecta a los valores de dureza y resistencia, es decir, van aumentando la dureza y resistencia desde el centro del material hacia la periferia, con valores que presentan simetría aproximadamente circunferencial y/o perimetral, tal y como se ha mencionado anteriormente.

Cada vez que el material es procesado, mediante una fuerza de estirado a través de la matriz de ECAD, éste sufre una deformación plástica que introduce dislocaciones en dicho material, denominándose cada procesamiento del citado material con el término de pasada o etapa (que, de aquí en adelante, se designará con la letra N).

Tras la realización de cada pasada, la sección transversal del material procesado experimenta una pequeña reducción en área con respecto a la anterior. Por lo tanto, el material puede ser procesado sucesivas veces (donde el número de la pasada correspondiente, se indica a continuación de la letra N. Por ejemplo: N4 quiere decir que es la cuarta pasada que sufre él material). Con objeto de emplear un criterio similar al anterior, se ha designado al material de partida N0.

Además, al comienzo de cada pasada, el material se puede colocar en la misma posición que en la pasada anterior o, por el contrario, ser rotado un determinado ángulo alrededor de su eje longitudinal (donde el ángulo de rotación con respecto a la pasada anterior se designa a continuación del número de pasada, con la letra G, seguido del valor de dicho ángulo). El sentido de giro del material puede ser horario o antihorario, designándose dicho sentido con los signos - ó +, respectivamente (Por ejemplo: N3+G90º hace referencia a la tercera pasada de procesado, donde el material ha sido girado, en sentido antihorario, un valor de 90º con respecto a la pasada anterior, N2).

Al conjunto de las sucesivas pasadas y a sus respectivos giros se le denomina ruta de procesado (Por ejemplo: [N1; N2-G90º; N3+G180º] significa: realizar una primera pasada de procesado; girar al material en sentido horario un ángulo de 90º, respecto de la pasada anterior (N1), y realizar la segunda pasada; volver a girar el material en sentido antihorario un ángulo de 180º, respecto de la segunda pasada (N2), y realizar la tercera y, en este caso, última pasada).

La idea que se quiere patentar son rutas de procesado consistentes en estirar el material de partida en una matriz de ECAD, girando al material según las rutas de proceso que se muestran en las Figuras 1(a)-1(d) siendo posible, además, el impartir pasadas de calibrado, al final o tras cada etapa de ECAD, con objeto de obtener un material con una sección final más homogénea. Además, es posible el empleo de tratamientos térmicos tanto posteriores como de forma simultánea, con objeto de: obtener un afinamiento del tamaño de grano del material procesado, de eliminar tensiones, o de aumentar la ductilidad del material procesado. Los tratamientos térmicos empleados podrán, por ello, ser de recristalización completa o no, según sean los propiedades de resistencia y ductilidad que se pretendan obtener en los materiales procesados por ECAD.

Si el tratamiento térmico se realiza posteriormente a cada pasada, el procedimiento a seguir es el siguiente: en primer lugar, se selecciona en el horno el valor de la pendiente de la rampa de calentamiento (generalmente, expresado en ºC/min); una vez alcanzada la temperatura deseada (temperatura de mantenimiento), se mantiene dicha temperatura durante un determinado intervalo de tiempo (generalmente, expresado en h); finalmente, el enfriamiento del material se puede realizar dentro del horno, produciéndose éste de una manera lenta, o bien directamente al aire o en otro medio (agua, aceite, etc.) obteniéndose así un enfriamiento mucho más rápido. La temperatura de mantenimiento del tratamiento térmico depende, en cada caso, del material y de la ruta de procesado empleada para el mismo.

Por otro lado, si el tratamiento térmico se realiza de manera simultánea al proceso de estirado, éste se produce a través del calentamiento de las matrices de ECAD hasta una determinada temperatura. Dicha temperatura se selecciona en función del material que va a ser procesado. Una vez que se ha alcanzado, de manera uniforme la temperatura de las matrices, se lleva a cabo el proceso de estirado. El sistema de calentamiento de las matrices puede estar constituido por resistencias eléctricas, o bien puede realizarse por inducción.

Asimismo, es posible impartir otro tipo de tratamientos superficiales posteriores una vez que el material ha sido procesado, tales como de limpieza, de recubrimientos para evitar corrosión, etc.

En las Figuras 2(a)-2(f) se muestra la acumulación de deformación en el material según la ruta de proceso definida en la Figura 1(a), que emplea rotación de 90º (4 veces) y que se combina, posteriormente, con una pasada final de calibrado. La presente metodología tiene la novedad, frente a otras rutas de proceso, que se han considerado en la bibliografía consultada, de que la distribución de deformación presenta aproximadamente simetría circunferencial y/o perimetral. Este tipo de simetría va acompañada de una dureza y resistencia del material así tratado muy superiores a las del material de partida, así como notablemente superiores a las obtenidas por las rutas de proceso conocidas, lo cual le confiere una gran aplicabilidad industrial.

Con ello, es posible obtener material de partida, para otras aplicaciones posteriores, que tendrá una calidad mejorada. En concreto, cabe señalar que la deformación acumulada es superior a la que se tiene en el trefilado convencional, para la misma reducción de área.

En las Figuras 2(a)-2(f) se puede apreciar una rodaja de material en las diversas pasadas del proceso, donde el campo de deformaciones se ha analizado mediante elementos finitos. En la Figura 2(a) se observa la sección original del material de partida (N0). En la Figura 2(b) se aprecia la deformación plástica acumulada por el material en la primera pasada de ECAD (N1). Las Figuras 2(c), 2(d) y 2(e), muestran las sucesivas pasadas hasta N4, considerando la ruta definida por la Figura 1(a). Por último, se realiza una pasada de calibrado tal y como se muestra en la Figura 2 (f).

El objetivo de realizar estas nuevas rutas de proceso es conseguir deformar plásticamente al material y obtener una configuración de deformación que presente simetría circunferencial y/o perimetral, de forma aproximadamente homogénea, circunstancia que no es posible obtener las rutas de proceso que se han desarrollado en la bibliografía consultada.

La matriz por la que el material es obligado a pasar contiene un canal angular que incluye uno o varios ángulos de cualquier valor eficaz, tal y como se muestra en las Figuras 3(a) y 3(b).

Las rutas de proceso que se muestran en las Figuras 1(a)-1(d) son aplicables a materiales de partida con sección circular de cualquier diámetro o también a materiales con cualquier tipo de sección transversal. Se empleará preferentemente como método para la obtención de materia prima de alta calidad, para su posterior empleo con la finalidad de obtener elementos mecánicos tales como: remaches, clavos, tornillería, preformados, conductores, etc. Asimismo, se puede emplear en la obtención de chapa de alta calidad empleada posteriormente en procesos de estampación o en el procesado de cualquier otro tipo de material.

Descripción de los dibujos

Para una mejor comprensión de la descripción, se acompañan cuatro Figuras en las que se representa: las rutas de procesado que se quieren patentar, las deformaciones que se tienen, con la ruta mencionada en la Figura 1(a), la geometría de las matrices empleadas y un modelo de aplicación del proceso ECAD.

Las Figuras 1(a)-1(d) consisten en las rutas óptimas de procesado para emplear el proceso de ECAD.

Las Figuras 2(a)-2(f) comprenden una simulación por elementos finitos de la deformación obtenida con la ruta de proceso mostrada por la Figura 1(a). El hecho emplear una matriz de calibrado tras la cuarta etapa, mostrada por la Figura 2(e), es para obtener una sección transversal más uniforme, como puede observarse en la Figura 2(f).

En la Figura 3 se muestra un ejemplo de posible configuración de las matrices de ECAD.

En la Figura 4 se muestra un ejemplo de aplicación práctica del proceso de ECAD, donde puede verse la matriz en canal angular y un proceso de estirado mediante el empleo de un sistema mecánico de arrastre.

Modo de realización de la invención

Ejemplo 1

Procesado de alambre de la aleación de aluminio 1370 para la obtención de materia prima de alta calidad empleando un equipo de estirado 5 de cuatro pasadas y ruta B, sin pasada final de calibrado. La velocidad de estirado final es de 240 mm/s

La Tabla 1 muestra la fuerza necesaria para llevar a cabo el proceso de estirado en cada pasada, para la aleación de aluminio AA 1370.

TABLA 1

Fuerza requerida al aplicar el proceso ECAD a la AA 1370, al emplear la ruta de proceso que se muestra en la Figura 1(a)

Pasada	Fuerza (N)
N1	2300
N2	1670
N3	1530
N4	1260

De la Tabla 1 se puede apreciar que, a medida que se le van realizando 5 pasadas al material, la fuerza requerida para llevar a cabo el proceso disminuye. Esto se debe a que la sección del material va disminuyendo tras cada pasada de ECAD, con lo que la fuerza requerida es menor.

En la Tabla 2 se muestran los valores de la tensión de fluencia (σ_{yp}) y de 3 la tensión máxima (σ_{UTS}) para el material de partida (N0), así como para sus sucesivas pasadas hasta N4.

TABLA 2

Tensión de fluencia (σ_{yp}) y de la tensión máxima (σ_{UTS}) del material en cada una de las pasadas, al emplear la ruta de proceso que se muestra en la Figura 1(a)

Pasada	σ_{yp} (MPa)	σ_{UTS} (MPa)
N0	39	65
N1	76	80
N2	84	89
N3	84	89
N4	92	97

A partir de la Tabla 2, se puede apreciar que tanto el valor de la tensión de fluencia como el de la tensión máxima aumentan con cada pasada, lo cual es consecuencia del endurecimiento del material, al ser procesado por ECAD.

Ejemplo 2

Procesado de alambre de la aleación de aluminio 3103 para la obtención de materia prima de alta calidad empleando un equipo de estirado de cuatro pasadas, con ruta B. sin pasada final de calibrado. La velocidad de estirado final es de 240 mm/s

La Tabla 3 muestra la fuerza necesaria para llevar a cabo el proceso de estirado en cada pasada, para la aleación de aluminio AA 3103.

TABLA 3

Fuerza requerida al aplicar el proceso ECAD a la AA 3103, al emplear la ruta de proceso que se muestra en la Figura 1(a)

Pasada	Fuerza (N)
N1	3578
N2	2815
N3	2377
N4	2100

De la Tabla 3 se puede apreciar que a medida que se le van realizando pasadas al material, la fuerza requerida para llevar a cabo el proceso disminuye. Esto se debe a que la sección del material va disminuyendo, con lo que la fuerza requerida es menor.

En la Tabla 4 se muestran los valores de la tensión de fluencia (σ_{yp}) y de la tensión máxima (σ_{UTS}) para el material de partida (N0), así como para sus sucesivas pasadas hasta N4.

TABLA 4

Tensión de fluencia (σ_{yp}) y de la tensión máxima (σ_{UTS}) del material en cada una de las pasadas, al emplear la ruta de proceso que se muestra en la Figura 1(a)

Pasada	σ_{yp} (MPa)	σ_{UTS} (MPa)
N0	125	152
N1	137	158
N2	140	157
N3	145	158
N4	150	165

A partir de la Tabla 4, se puede observar que tanto el valor de la tensión de fluencia como el de la tensión máxima aumentan con cada pasada, hasta alcanzar un valor entorno al cual se estabilizan. Aunque en las dos últimas pasadas apenas se produce aumento de resistencia, son necesarias para obtener un mayor grado de homogenización de las deformaciones a lo largo de la sección transversal del material.

Ejemplo 3

Procesado de alambre de la aleación de aluminio 5052 para la obtención de materia prima de alta calidad empleando un equipo de estirado de cuatro pasadas, con ruta B. sin pasada final de calibrado. La velocidad de estirado final es de 240 mm/s

La Tabla 5 muestra la fuerza necesaria para llevar a cabo el proceso de estirado en cada pasada, para la aleación de aluminio AA 5052.

TABLA 5

Fuerza requerida al aplicar el proceso ECAD a la AA 5052, al emplear la ruta de proceso que se muestra en la Figura 1(a)

Pasadas	Fuerza (N)
N1	4540
N2	4324
N3	3880
N4	3700

De la Tabla 5 se puede apreciar que a medida que se le van realizando pasadas al material, la fuerza requerida para llevar a cabo el proceso disminuye. Esto se debe a que la sección del material va disminuyendo, con lo que la fuerza requerida es menor.

En la Tabla 6 se muestran los valores de la tensión de fluencia (σ_{yp}) y de la tensión máxima (σ_{UTS}) para el material de partida (N0), así como para sus sucesivas pasadas hasta N4.

TABLA 6

Tensión de fluencia (σ_{yp}) y de la tensión máxima (σ_{UTS}) del material en cada una de las pasadas, al emplear la ruta de proceso que se muestra en la Figura 1(a)

Pasada	σ_{yp} (MPa)	σ_{UTS} (MPa)
N0	115	209
N1	209	273
N2	246	270
N3	246	274
N4	267	285

A partir de la Tabla 6, se puede apreciar que tanto el valor de la tensión de fluencia como el de la tensión máxima aumentan con cada pasada.

REIVINDICACIONES

1. Ruta de procesado en ECAD que conduce a la obtención de material que presenta en su sección transversal un patrón de deformación con simetría aproximadamente circunferencial y/o perimetral consistente en efectuar cuatro pasadas según la secuencia [N1; N2-G90º; N3-G90º; N4-G90º], donde Nj hace referencia al número de pasada en la matriz de ECAD, G90º representa un giro de noventa grados, y el signo "-" corresponde al sentido horario, tal y como se muestra en las Figuras 1(a)-1(d).

2. Ruta de procesado en ECAD que conduce a la obtención de material que presenta en su sección transversal un patrón de deformación con simetría aproximadamente circunferencial y/o perimetral consistente en efectuar cuatro pasadas según la secuencia [N1; N2+G90º; N3+G90º; N4+G90º], donde Nj hace referencia al número de pasada en la matriz de ECAD, G90º representa un giro de noventa grados, y el signo "+" corresponde al sentido antihorario, tal y como se muestra en las Figuras 1(a)-1(d).

3. Ruta de procesado en ECAD que conduce a la obtención de material que presenta en su sección transversal un patrón de deformación con simetría aproximadamente circunferencial y/o perimetral consistente en efectuar cuatro pasadas según la secuencia [N1; N2+G180º; N3-G90º; N4+G180º], donde Nj hace referencia al número de pasada en la matriz de ECAD, G90º representa un giro de noventa grados, G180º un giro de ciento ochenta grados, el signo "+" corresponde al sentido antihorario y el signo "-" al sentido horario; tal y como se muestra en las Figuras 1(a)-1(d).

4. Ruta de procesado en ECAD que conduce a la obtención de material que presenta en su sección transversal un patrón de deformación con simetría aproximadamente circunferencial y/o perimetral consistente en efectuar cuatro pasadas según la secuencia [N1; N2-G90º; N3+G180º; N4+G90º], donde Nj hace referencia al número de pasada en la matriz de ECAD; G90º representa un giro de noventa grados, G180º un giro de ciento ochenta grados, el signo "+" corresponde al sentido antihorario y el signo "-" al sentido horario, tal y como se muestra en las Figuras 1(a)-1(d).

5. Rutas de procesado en ECAD que conducen a la obtención de material que presenta en su sección transversal un patrón de deformación con simetría aproximadamente circunferencial y/o perimetral según cualquiera de las reivindicaciones anteriores (1, 2, 3 ó 4) **caracterizadas** por que emplean una pasada de calibrado final.

6. Rutas de procesado en ECAD que conducen a la obtención de material que presenta en su sección transversal un patrón de deformación con simetría aproximadamente circunferencial y/o perimetral según cualquiera de las reivindicaciones anteriores (1, 2, 3, 4 ó 5) **caracterizadas** por que emplean una pasada de calibrado intermedia.

7. Rutas de procesado en ECAD que conducen a la obtención de material que presenta en su sección transversal un patrón de deformación con simetría aproximadamente circunferencial y/o perimetral según cualquiera de las reivindicaciones anteriores (1, 2, 3, 4, 5 ó 6) **caracterizadas** por que durante el proceso, las matrices se encuentran calentadas a temperatura inferior a la temperatura de fusión del material que va a ser procesado.

8. Rutas de procesado en ECAD que conducen a la obtención de material que presenta en su sección transversal un patrón de deformación con simetría aproximadamente circunferencial y/o perimetral según cualquiera de las reivindicaciones anteriores (1, 2, 3, 4, 5, 6 ó 7) **caracterizadas** por que aplican un tratamiento superficial de limpieza previo al proceso de ECAD.

9. Rutas de procesado en ECAD que conducen a la obtención de material que presenta en su sección transversal un patrón de deformación con simetría aproximadamente circunferencial y/o perimetral según cualquiera de las reivindicaciones anteriores (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ó 8) **caracterizadas** por que aplican un tratamiento superficial de limpieza posterior al proceso de ECAD.

10. Rutas de procesado en ECAD que conducen a la obtención de material que presenta en su sección transversal un patrón de deformación con simetría aproximadamente circunferencial y/o perimetral según cualquiera de las reivindicaciones anteriores (1 a 9) **caracterizadas** por que, una vez realizado el proceso, se aplica un tratamiento superficial consistente en recubrimientos para evitar la corrosión.

11. Rutas de procesado en ECAD que conducen a la obtención de material que presenta en su sección transversal un patrón de deformación con simetría aproximadamente circunferencial y/o perimetral según cualquiera de las reivindicaciones anteriores (1 a 10) **caracterizadas** por que aplican tratamientos térmicos de recristalización completa posteriores, una vez que se ha procesado completamente el material.

12. Rutas de procesado en ECAD que conducen a la obtención de material que presenta en su sección transversal un patrón de deformación con simetría aproximadamente circunferencial y/o perimetral según cualquiera de las reivindicaciones anteriores (1 a 11) **caracterizadas** por que aplican tratamientos térmicos de recristalización completa posteriores, una vez que se ha procesado el material, en cualquier pasada.

13. Rutas de procesado en ECAD que conducen a la obtención de material que presenta en su sección transversal un patrón de deformación con simetría aproximadamente circunferencial y/o perimetral según cualquiera de las reivin-

dicaciones anteriores (1 a 12) **caracterizadas** por que aplican tratamientos térmicos de recocido parcial posteriores, una vez que se ha procesado completamente el material.

14. Rutas de procesado en ECAD que conducen a la obtención de material que presenta en su sección transversal un patrón de deformación con simetría aproximadamente circunferencial y/o perimetral según cualquiera de las reivindicaciones anteriores (1 a 13) **caracterizadas** porque aplican tratamientos térmicos de recocido parcial posteriores, una vez que se ha procesado el material, en cualquier pasada.

15. Rutas de procesado en ECAD que conducen a la obtención de material que presenta en su sección transversal un patrón de deformación con simetría aproximadamente circunferencial y/o perimetral según cualquiera de las reivindicaciones anteriores (1 a 14) **caracterizadas** por que se aplican a un material metálico.

16. Rutas de procesado en ECAD que conducen a la obtención de material que presenta en su sección transversal un patrón de deformación con simetría aproximadamente circunferencial y/o perimetral según la reivindicación anterior número 15 **caracterizadas** por que se aplican a un material metálico consistente en cualquier aleación de aluminio.

17. Rutas de procesado en ECAD que conducen a la obtención de material que presenta en su sección transversal un patrón de deformación con simetría aproximadamente circunferencial y/o perimetral según la reivindicación número 16 **caracterizada** por que la aleación de aluminio es cualquiera de las incluidas dentro de la serie 1000.

18. Rutas de procesado en ECAD que conducen a la obtención de material que presenta en su sección transversal un patrón de deformación con simetría aproximadamente circunferencial y/o perimetral según la reivindicación número 16 **caracterizada** por que la aleación de aluminio es cualquiera de las incluidas dentro de la serie 2000.

19. Rutas de procesado en ECAD que conducen a la obtención de material que presenta en su sección transversal un patrón de deformación con simetría aproximadamente circunferencial y/o perimetral según la reivindicación número 16 **caracterizada** por que la aleación de aluminio es cualquiera de las incluidas dentro de la serie 3000.

20. Rutas de procesado en ECAD que conducen a la obtención de material que presenta en su sección transversal un patrón de deformación con simetría aproximadamente circunferencial y/o perimetral según la reivindicación número 16 **caracterizada** por que la aleación de aluminio es cualquiera de las incluidas dentro de la serie 4000.

21. Rutas de procesado en ECAD que conducen a la obtención de material que presenta en su sección transversal un patrón de deformación con simetría aproximadamente circunferencial y/o perimetral según la reivindicación número 16 **caracterizada** por que la aleación de aluminio es cualquiera de las incluidas dentro de la serie 5000.

22. Rutas de procesado en ECAD que conducen a la obtención de material que presenta en su sección transversal un patrón de deformación con simetría aproximadamente circunferencial y/o perimetral según la reivindicación número 16 **caracterizada** por que la aleación de aluminio es cualquiera de las incluidas dentro de la serie 6000.

23. Rutas de procesado en ECAD que conducen a la obtención de material que presenta en su sección transversal un patrón de deformación con simetría aproximadamente circunferencial y/o perimetral según la reivindicación número 16 **caracterizada** por que la aleación de aluminio es cualquiera de las incluidas dentro de la serie 7000.

24. Rutas de procesado en ECAD que conducen a la obtención de material que presenta en su sección transversal un patrón de deformación con simetría aproximadamente circunferencial y/o perimetral según la reivindicación número 16 **caracterizada** por que la aleación de aluminio es cualquiera de las incluidas dentro de la serie 8000.

25. Rutas de procesado en ECAD que conducen a la obtención de material que presenta en su sección transversal un patrón de deformación con simetría aproximadamente circunferencial y/o perimetral según la reivindicación anterior número 15 **caracterizadas** por que se aplican a un material metálico consistente en cualquier acero, de los recogidos en la norma UNE-EN 10020:2001.

26. Rutas de procesado en ECAD que conducen a la obtención de material que presenta en su sección transversal un patrón de deformación con simetría aproximadamente circunferencial y/o perimetral según la reivindicación anterior número 25 **caracterizadas** por que se aplican a un material metálico consistente en cualquier acero al carbono.

27. Rutas de procesado en ECAD que conducen a la obtención de material que presenta en su sección transversal un patrón de deformación con simetría aproximadamente circunferencial y/o perimetral según la reivindicación anterior número 25 **caracterizadas** por que se aplican a un material metálico consistente en cualquier acero aleado.

28. Rutas de procesado en ECAD que conducen a la obtención de material que presenta en su sección transversal un patrón de deformación con simetría aproximadamente circunferencial y/o perimetral según la reivindicación anterior número 25 **caracterizadas** por que se aplican a un material metálico consistente en cualquier acero de fácil mecanización.

29. Rutas de procesado en ECAD que conducen a la obtención de material que presenta en su sección transversal un patrón de deformación con simetría aproximadamente circunferencial y/o perimetral según la reivindicación anterior número 25 **caracterizadas** por que se aplican a un material metálico consistente en cualquier acero inoxidable.

30. Material metálico procesado de dureza y resistencia superiores a las del material de partida **caracterizado** porque el incremento de su dureza y resistencia se ha obtenido mediante el tratamiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 15 a 29.

31. Aleación de aluminio procesada de dureza y resistencia superiores a las del material de partida **caracterizada** porque el incremento de su dureza y resistencia se ha obtenido mediante el tratamiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 15 a 24.

32. Aleación de acero procesada de dureza y resistencia superiores a las del material de partida **caracterizada** porque el incremento de su dureza y resistencia se ha obtenido mediante el tratamiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 25 a 29.

Figura 1.

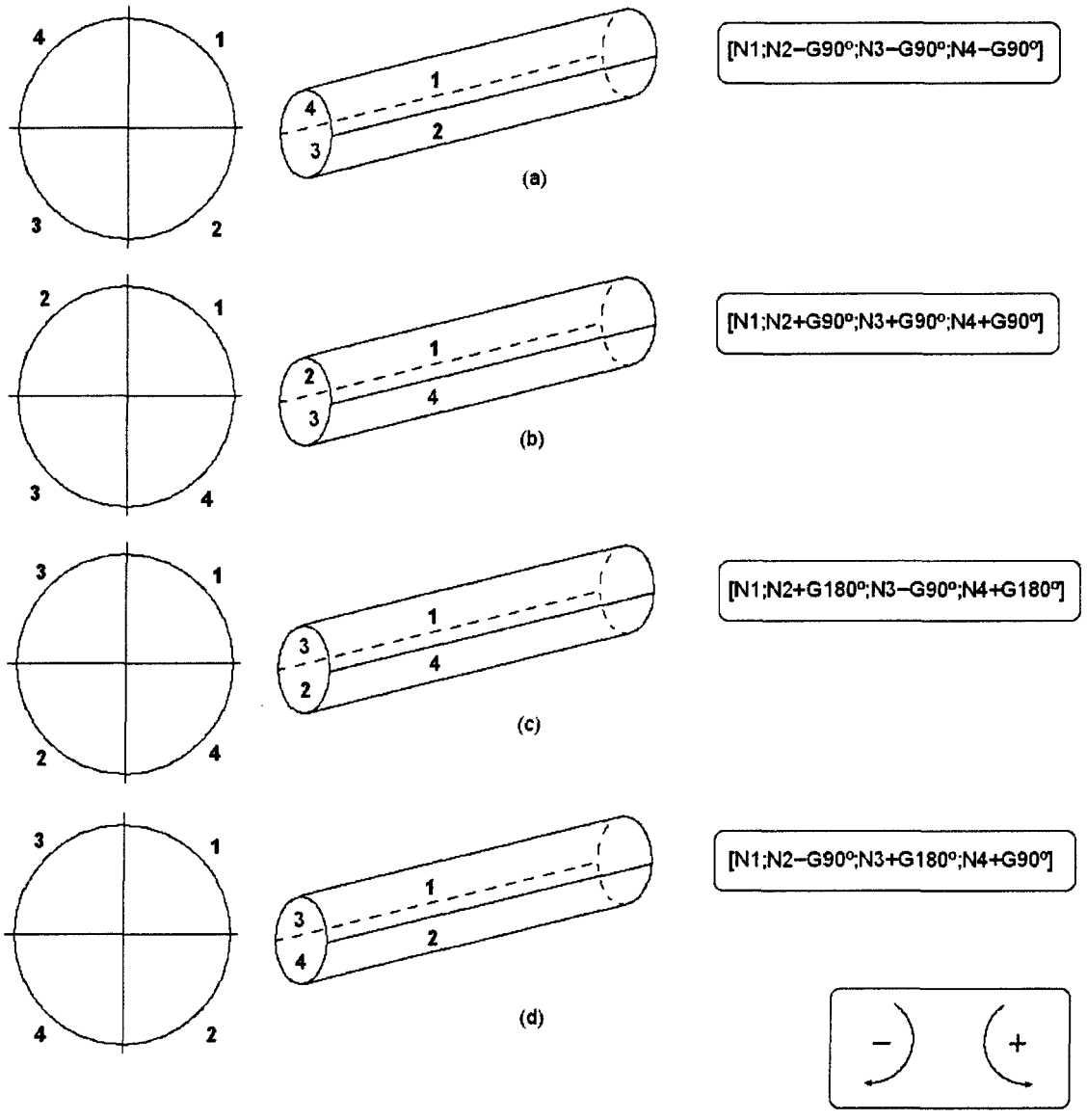

Figura 1. Rutas óptimas de procesado para emplear el proceso de ECAD

Figuras 2(a)-2(f)

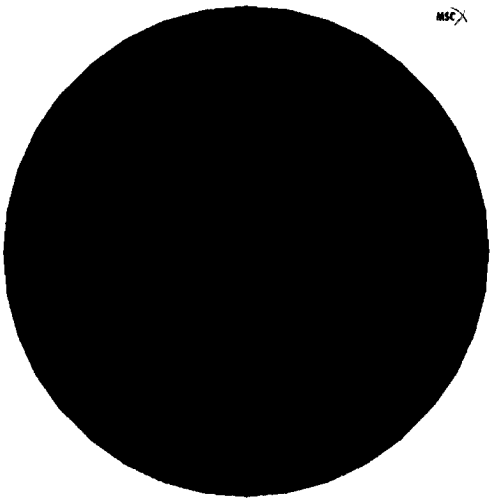

Figura 2(a).- Sección inicial del alambre de partida (material sin deformación).

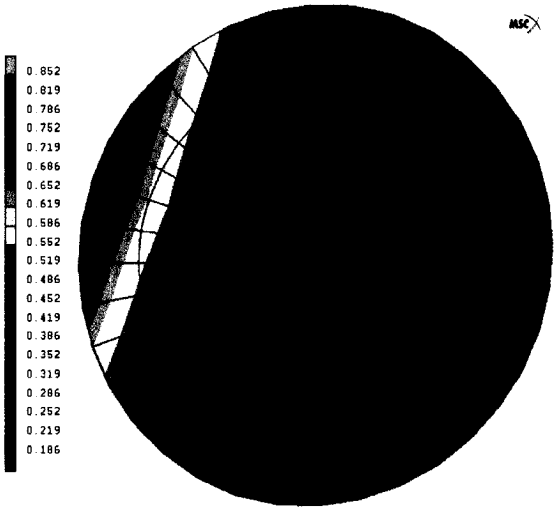

Figura 2(b).- Primera etapa (N1).- Deformación plástica acumulada en el material de partida tras la primera etapa de procesado en la matriz de ECAD.

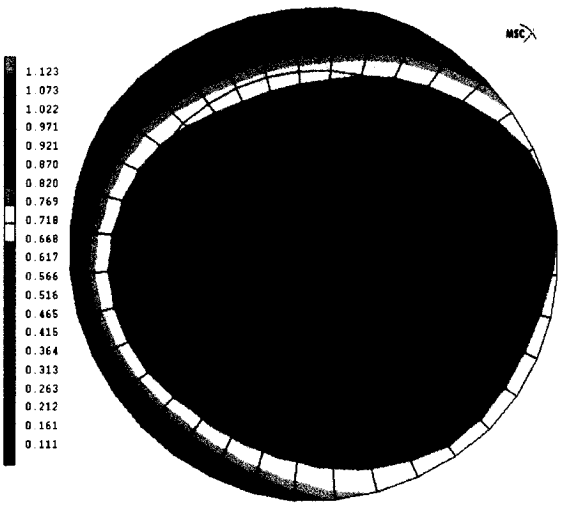

Figura 2(c).- N2 (Deformación plástica acumulada tras la segunda pasada de ECAD, rotando 90º al alambre en relación a la posición que se tiene en la etapa N1, que aparece mostrada en la Figura 2(b).

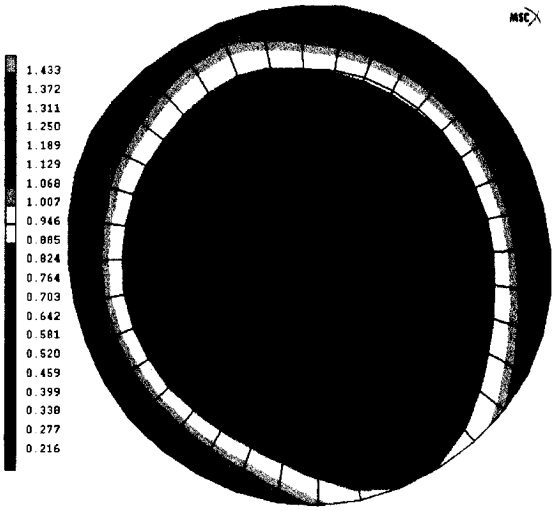

Figura 2(d).- N3 (Deformación plástica acumulada tras la tercera pasada de ECAD, rotando 90º al alambre en relación a la posición que se tiene en la etapa N2, que aparece mostrada en la Figura 2(c).

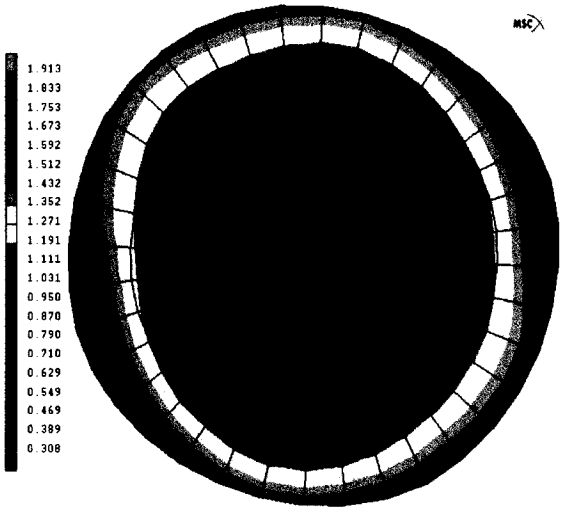

Figura 2(e).- N4 (Deformación plástica acumulada tras la cuarta pasada de ECAD, rotando 90º al alambre en relación a la posición que se tiene en la etapa N3, que aparece mostrada en la Figura 2(d).

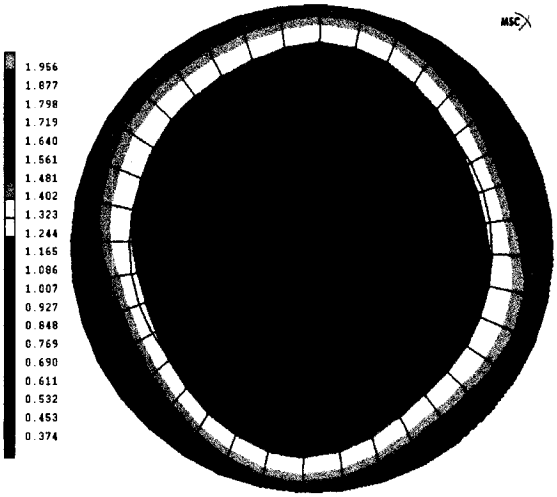

Figura 2(f).- Deformación plástica acumulada tras la pasada de calibrado, después de la etapa N4, que aparece mostrada en la Figura 2(e).

Figura 1. Simulación por elementos finitos de la deformación plástica equivalente que se acumula en la sección transversal del material al ser procesado por ECAD hasta N=4 veces, con rotación de 90º entre pasadas (Figuras 2(b)-2(e), y tras la pasada final de calibrado (Figura 2(f)).

Figuras 3(a)-3(b)

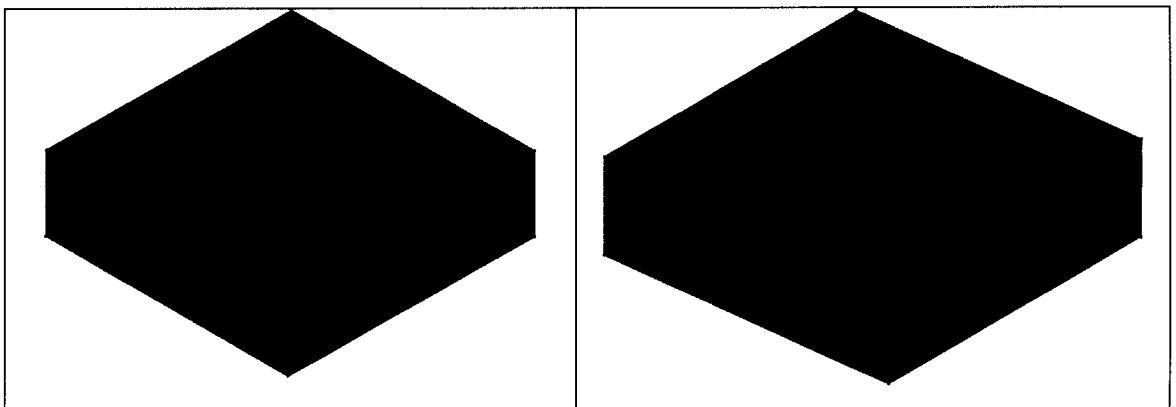

Figura 3 (a).- Matriz inferior para el proceso de ECAD, con sección circular. La matriz superior es simétrica.	Figura 3 (b). Matriz superior para el proceso de ECAD con sección rectangular. La matriz superior es simétrica.

Figuras 3(a) y (3b) Matrices de ECAD con sección circular y sección cuadrada

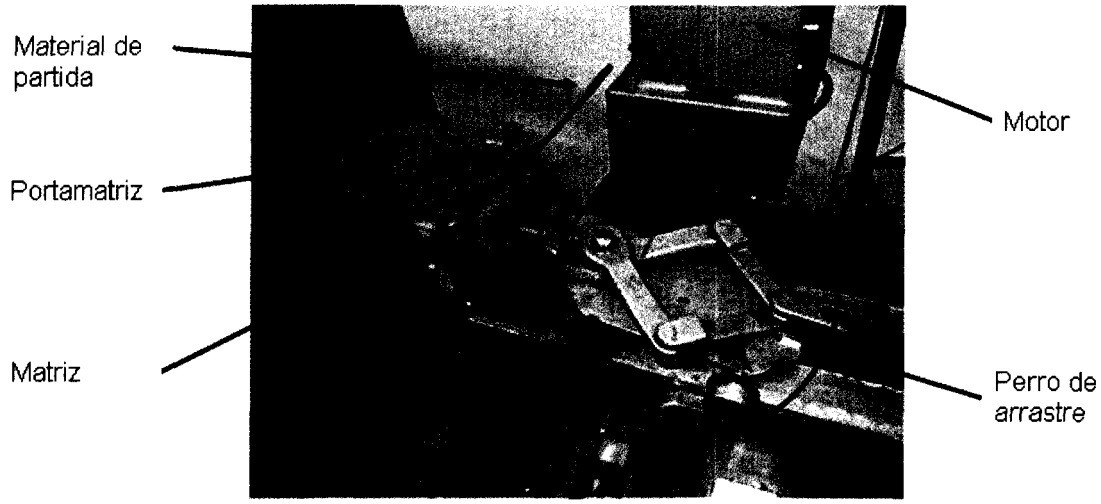

Figura 4. Elementos de la máquina para llevar a cabo el proceso ECAD empleando un banco de estirado.

RESUMEN

En la presente patente se proponen rutas de procesado mediante estirado en canal angular (ECAD) para la obtención de materiales con propiedades mecánicas mejoradas, con un patrón de deformación que tiene simetría, aproximadamente, circunferencial y/o perimetral. Presenta la novedad, frente a otras rutas de proceso que se han considerado por la bibliografía existente, de que la distribución de deformación presenta simetría circunferencial y/o perimetral. Este tipo de simetría va acompañada de una dureza y resistencia del material así tratado muy superiores a las del material de partida, así como notablemente superiores a las obtenidas por las rutas de proceso conocidas, lo cual le confiere una gran aplicabilidad industrial, por ejemplo, en elementos mecánicos que precisen tener una mayor resistencia y dureza en la periferia, entre otras.

OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(21) N.º solicitud:200703269

(22) Fecha de presentación de la solicitud: 11.12.2007

(32) Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

(51) **Int. Cl. :** ***B21C1/00*** (2006.01)
B21C37/04 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	WO 2005080623 A1 (NAKAMURA KATSUAKI) 01.09.2005, todo el documento.	1-4
A	US 6571593 B1 (CHUNG YOUNG-HOON et al.) 03.06.2003, todo el documento.	1-4
A	ES 2229882 A1 (UNIV NAVARRA PÚBLICA) 16.04.2005, todo el documento.	1-4

Categoría de los documentos citados
X: de particular relevancia
Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
A: refleja el estado de la técnica
O: referido a divulgación no escrita
P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones ☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe	Examinador	Página
26.11.2010	A. Gómez Sánchez	1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

B21C

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 26.11.2010

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	1-32	**SI**
	Reivindicaciones		**NO**
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	1-32	**SI**
	Reivindicaciones		**NO**

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	WO 2005080623 A1 (NAKAMURA KATSUAKI)	01.09.2005
D02	US 6571593 B1 (CHUNG YOUNG-HOON ET AL.)	03.06.2003
D03	ES 2229882 A1 (UNIV NAVARRA PUBLICA)	16.04.2005

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

La solicitud de invención presentada contiene cuatro variaciones de lo que puede considerarse como la reivindicación principal o independiente para una ruta o secuencia de procesado ECAD (*Equal Channel Angular Drawing*) y 28 reivindicaciones de alguna manera dependientes de éstas.

El objeto de la invención es por tanto una ruta de procesado que pretende conducir a un material que presenta en su sección transversal una cierta simetría perimetral consistente en efectuar cuatro pasadas en las que se va variando la posición angular del material en cantidades angulares múltiplos de 90º.

Los documentos D01, D02 y D03 que presentan diferentes dispositivos de deformación por cortadura tan sólo representan el estado de la técnica y no se les considera relevantes. El objeto de la invención parece pues, nuevo e implicar actividad inventiva.