



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **2 229 882**

⑫ Número de solicitud: 200300496

⑮ Int. Cl.7: **B21C 23/00**

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A1

⑫ Fecha de presentación: **21.02.2003**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **16.04.2005**

⑬ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:
16.04.2005

⑰ Solicitante/s: **Universidad Publica de Navarra
Campus de Arrosadia - Otri (Edif. El Sario)
31003 Pamplona, Navarra, ES**

⑰ Inventor/es: **Luis Pérez, Carmelo Javier y
Pérez-Illzarbe Uriz, Javier**

⑰ Agente: **No consta**

⑮ Título: **Proceso para el estirado de materiales metálicos en canal poliangular.**

⑮ Resumen:

Proceso para el estirado de materiales metálicos en canal poliangular.

Proceso para el estirado de materiales metálicos en canal poliangular que, combinado con un proceso de calibrado, mejora las propiedades mecánicas del material. El proceso consiste en aplicar una fuerza de tracción, obligando al material a atravesar una matriz en canal angular o poliangular, y a atravesar una hilera o unos rodillos de calibrado con la finalidad de obtener una sección transversal uniforme. Como consecuencia de las deformaciones a las que es sometido el material, se obtiene un afinamiento del tamaño de grano del mismo y, por tanto, una mejora de sus propiedades mecánicas. Opcionalmente, el material puede someterse a un tratamiento térmico que mejora el resultado del proceso. El proceso se realiza en continuo y es aplicable a cualquier material metálico que posea la suficiente ductilidad para ser conformado en frío.

ES 2 229 882 A1

DESCRIPCIÓN

Proceso para el estirado de materiales metálicos en canal poliangular.

Sector de la técnica al que se refiere la invención

La invención se refiere al sector metal-mecánico, más específicamente a las áreas de estirado y trefilado de alambre y estirado de chapa.

Estado de la técnica anterior

El proceso denominado ECAE (*Equal Channel Angular Extrusion*) consiste en hacer atravesar una pieza de material a través de una matriz con canal angular, empleando generalmente para ello un vástago empujador, que ejerce una fuerza de compresión sobre el material, forzándole a atravesar la matriz. Las limitaciones del proceso ECAE son la longitud limitada del vástago empujador debido a efectos de pandeo, y que es necesario abrir y cerrar las matrices, en cada etapa del proceso, siendo por lo tanto un proceso discontinuo y lento.

Por el contrario, en el proceso denominado ECAD (*Equal Channel Angular Drawing*), al que se refiere la presente invención, el material es traccionado desde el extremo de salida. El proceso ECAD o estirado de materiales en canal angular es un proceso innovador de deformación plástica en el que el material es estirado, obligándole a atravesar una matriz con una sección transversal constante. En este proceso el material puede ser enrollado o estirado, a medida que atraviesa la matriz, siendo por lo tanto un proceso continuo, aunque no proporciona grandes deformaciones, las cuales son muy inferiores a las producidas por el proceso ECAE puesto que predomina el efecto de estirado sobre el de cortante. Sin embargo, la característica de que se puede realizar en continuo le confiere un gran interés industrial (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).

En el proceso de ECAD la sección transversal del material sufre un adelgazamiento durante el procesamiento. Esto es puesto de manifiesto tanto por los resultados experimentales obtenidos, como por la simulación del proceso por elementos finitos. Ambos motivos, es decir, menores deformaciones y disminución de la sección transversal, pueden haber ocasionado un menor estudio del proceso en relación al ECAE, siendo escasas las referencias al respecto (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). Además, la estructura resultante en los materiales procesados por ECAD no es homogénea en cuanto al tamaño de grano producido (C. J. Luis ; Y. Garcés ; P. González ; C. Berlanga, *Materials and Manufacturing Processes*, Vol. 17 (2), 2002).

Se han desarrollado algunas patentes relativas al proceso ECAE (M. Jarret, W. Dixon, May 1994, *US Patent n° 5309748*; V. Segal, R. Goforth, K. Hartwing, Mar 1995, *US Patent n° 5400633*; V. Segal, L. Segal, Feb 1997, *US Patent n° 5600989*; V. Segal, May 1996, *US Patent n° 5513512*; L. Semiatin, D. Delo, May 1999, *US Patent n° 5904062*), pero no se ha encontrado ninguna relativa al proceso ECAD (P. A. González, C. J. Luis J. Gil, Y. Garcés, *Revista de Metalurgia*,

Vol. 37 (6), 2001).

Recientemente se ha solicitado una patente relativa a un proceso de procesamiento continuo de materiales metálicos que combina algunas ventajas del ECAD con algunas ventajas del ECAE (C.J. Luis, P.A. González, J. Gil, J. Alkorta, número de solicitud de patente española ES200201163).

Descripción de la invención

La presente invención se refiere a un procesamiento continuo para el estirado de materiales metálicos a través de una o varias matrices en canal angular, aunque también puede realizarse en una matriz poliangular si el material es lo suficientemente dúctil, combinado con un proceso de deformación a través de una hilera de calibrado, o paso por rodillos, que puede estar situada a la salida de la matriz con canal angular o poliangular, o bien constituir un proceso independiente. El proceso comprende la aplicación de una fuerza de tracción a la salida del material que le obligue a atravesar la matriz en canal poliangular y, en caso de que el calibrado no se realice como proceso independiente, a atravesar también la hilera de calibrado o paso por los rodillos de calibrado. Un caso particular del proceso de calibrado puede ser un proceso de trefilado convencional, que reduce el diámetro del material hasta el valor deseado.

Mediante el proceso objeto de la presente invención es posible deformar plásticamente el material, lo cual conduce a un afinamiento de grano, que puede mejorarse mediante la aplicación de un recocido de recristalización, obteniéndose una mejora de las propiedades mecánicas del material. Ello presenta interés ya que el tamaño de grano de los metales tiene una gran influencia en las propiedades mecánicas de los mismos, por lo que su afinamiento proporciona importantes beneficios tecnológicos, mejorando entre otras propiedades la resistencia, la dureza, la tenacidad, el límite de fatiga del material y la conformabilidad o embutición.

El sistema de tracción del material arriba indicado puede estar formado por un monobloque, enrollando el material a medida que sale de la hilera de calibrado. Asimismo, dicho sistema de tracción del material también puede estar formado por un sistema de arrastre lineal, y puede comprender un sistema de enrollado o bobinado del material procesado.

El proceso objeto de la presente invención puede comprender un tratamiento térmico posterior a temperatura controlada, preferentemente entre 0,20 y 0,90 veces la temperatura de fusión del material en grados centígrados, con la finalidad de aliviar tensiones o conducir a una recristalización. Dicho tratamiento térmico produce un grano más fino y equiaxial, efectos que mejoran las propiedades mecánicas del material.

La matriz por la que se procesa el material contiene un canal angular de sección constante o variable que incluye uno o varios ángulos de cualquier valor eficaz para producir un efecto de tensión cortante al material metálico. Uno de los valores preferidos para uno o más de los ángulos comprendidos en dicho canal es de 90°, pero el proceso es también eficaz empleando canales angulares con ángulos de otros valores.

El proceso objeto de la presente invención comprende un proceso de deformación en canal angular o poliangular realizable en continuo, aplicable tanto a material enrollable como no enrollable, de sección circular de cualquier diámetro, así como a material

enrollable y no enrollable de secciones rectangulares y/o cuadradas. Asimismo puede aplicarse a materiales metálicos con secciones transversales diferentes de las anteriormente expuestas.

Su aplicación preferente es la obtención de materia prima de alta calidad, para su posterior estirado 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, por ejemplo, para la obtención de chapa empleada en carrocerías de automóviles. También puede emplearse para la obtención de producto acabado como por ejemplo alambre de alta calidad para procesos de espiralado.

Descripción de los dibujos

Para una mejor comprensión de la descripción, se acompañan dos dibujos en los que se representa, por una parte, el esquema del sistema de procesamiento objeto de la invención, y, por otra parte, los resultados obtenidos con un caso práctico de estirado en canal angular con una matriz de calibrado.

La figura 1 es una simulación del proceso, mediante elementos finitos, en la que F es la fuerza ejercida por el accionamiento a la salida de la hilera de calibrado, que se encuentra situada a continuación de la matriz en canal poliangular, que para el caso representado en la figura sólo posee un ángulo de 90°. El hecho de situar la hilera de calibrado a la salida de la matriz en ángulo es para obtener una sección transversal más regular, como puede observarse, a la vez que para deformar al material a medida que va atravesando dicha hilera.

En la figura 2 se muestra la evolución de las deformaciones en el material al atravesar el ángulo de la matriz y la hilera de calibrado, para tres puntos correspondientes a una misma sección transversal. Como puede observarse, los valores de deformación obtenidos (ϵ) se encuentran entre 0,55 y 1,2. La simulación mostrada en la figura 1 y los valores que se muestran en la figura 2 se han obtenido considerando una aleación de aluminio 1370, que ha sido ensayada para determinar sus características mecánicas, con diámetro de partida de 10 mm y diámetro final de 7 mm, lo que equivale a una reducción del 50%. En la figura 2 se muestra que los valores de deformación (ϵ) que se obtienen son de 0,55 y 1,2, que son equivalentes a reducciones comprendidas entre el 42% y 69%, respectivamente.

Ejemplos de realización de la invención

A continuación se muestran algunos ejemplos a modo ilustrativo no limitativo de la invención.

Ejemplo 1

Procesado de alambre de la aleación de aluminio 5154 para la obtención de materia prima de alta calidad

Se parte de alambro fabricado por procedimiento Properzi o similar de la aleación 5154, con diámetro de 12,0 mm. Dicho material se procesa hasta un diámetro de 10,0 mm, mediante el procedimiento descrito anteriormente, empleando una matriz en canal angular de diámetro de entrada ($12,5 \pm 0,1$) mm que mantiene constante hasta la salida de la misma y con un radio interior del canal angular de la matriz igual a la mitad del diámetro del alambre. Para dicho proceso, se empleará un monobloque de 50 kW, que irá enrollando el material a medida que sale de la matriz en canal angular. Una vez que el alambre ha sido

estirado por el procedimiento anterior, se le hace pasar a través de una hilera de calibrado con ángulo de reducción de 182, empleando, para ello, un monobloque de 25 kW de potencia, que irá enrollando el cable a medida que va atravesando la hilera de calibrado. El alambre podrá someterse a procesos de limpieza previa a su inserción en la matriz e hilera de calibrado. El alambre obtenido se someterá a un tratamiento térmico a una temperatura que podrá estar comprendida entre 200°C y 400°C. El material obtenido, tras este tratamiento térmico, se empleará, por ejemplo, como materia prima para la obtención de remaches, siendo, para ello, trefilado al diámetro correspondiente.

Ejemplo 2

Procesado de alambre de acero al carbono para la obtención de material prima para la fabricación de clavos

Se parte de alambro laminado en caliente de acero inoxidable, con enfriamiento controlado, con diámetro de 10,0 mm. Dicho material se procesa hasta un diámetro de 8,0 mm, mediante el procedimiento descrito anteriormente, empleando dos matrices en canal angular de diámetro de entrada ($10,5 \pm 0,1$) mm y ($9,5 \pm 0,1$) mm, respectivamente, que mantienen constante hasta la salida de las mismas, siendo el radio interior del canal angular igual al diámetro del alambre. El alambre podrá someterse a procesos de limpieza previa a su inserción en las matrices. Una vez introducido el alambre dentro de las matrices se procederá a su estirado empleando, para ello, un motor de 60 kW de potencia, que irá enrollando el cable a medida que va atravesando las matrices. Posteriormente, se le someterá a un proceso de calibrado, empleando una hilera con ángulo de reducción de 12° y diámetro ($8,0 \pm 0,1$) mm, a la salida de la anterior. Dicho alambre se someterá a un tratamiento térmico a una temperatura que podrá estar comprendida entre 600°C y 900°C. El material obtenido, tras este tratamiento, se empleará como materia prima para la obtención de clavos, siendo, para ello, trefilado al diámetro correspondiente.

Ejemplo 3

Procesado de lámina de acero

Se parte de lámina de acero al carbono enrollada en frío, para troquelado profundo de 500 mm de ancho y 2 mm de espesor, destinada a la fabricación de piezas en las que se aplica el troquelado o conformado severo, como por ejemplo en piezas para la industria del automóvil. Dicho material se estira mediante un sistema de arrastre, obligándole a atravesar una matriz en canal angular con sección rectangular, el proceso de calibrado puede hacerse en este caso mediante el empleo de rodillos de laminación.

Ejemplo 4

Procesado de alambre de la aleación aluminio 5052 para la obtención de alambre empleado en la fabricación de remaches, mediante dos matrices en canal angular e hilera de calibrado

Se parte de alambre de la aleación de aluminio 5052, fabricado por procedimiento Properzi, o similar, con diámetro de partida de 12,5 mm. Se le hace pasar a través de dos matrices en canal angular, empleando cabrestantes sincronizados que le reducen el diámetro a 11,0 mm y 9,5 mm, respectivamente. Las matrices poseen diámetros del canal de valor ($11,5 \pm 0,1$) mm y ($10 \pm 0,1$) mm, respectivamente, siendo los radios de doblado interior del canal iguales a 5,5 y 4,5 mm, respectivamente. La hilera de cali-

brado presenta un ángulo de reducción de 15°, obteniéndose un alambre de 9 mm a su salida. Posteriormente, el material podrá someterse a un tratamiento

térmico comprendido entre 200 y 400°C. Caso de ser necesario, el alambre podrá someterse a procesos de limpieza previa a su inserción en las matrices

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Procesado continuo para el estirado de materiales metálicos a través de una matriz en canal angular o poliangular, **caracterizado** por que se combina con un proceso de calibrado, por hilera o por rodillos, que pueden estar situados a la salida de la matriz con canal angular o poliangular, o bien constituir un proceso independiente.

2. Procesado continuo para el estirado de materiales metálicos a través de una matriz en canal angular o poliangular según la reivindicación anterior, **caracterizado** por que el sistema de tracción del material está formado por un monobloque, enrollándose el material a medida que sale de la hilera o rodillos de calibrado.

3. Procesado continuo para el estirado de materiales metálicos a través de una matriz en canal angular o poliangular según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que el sistema de tracción del material está formado por un sistema de arrastre lineal.

4. Procesado continuo para el estirado de materiales metálicos a través de una matriz en canal angular o poliangular según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que la matriz por la que se procesa el material contiene un canal de sección constante o variable que comprende uno o varios ángulos de cualquier valor eficaz para producir una

tensión cortante sobre el material procesado.

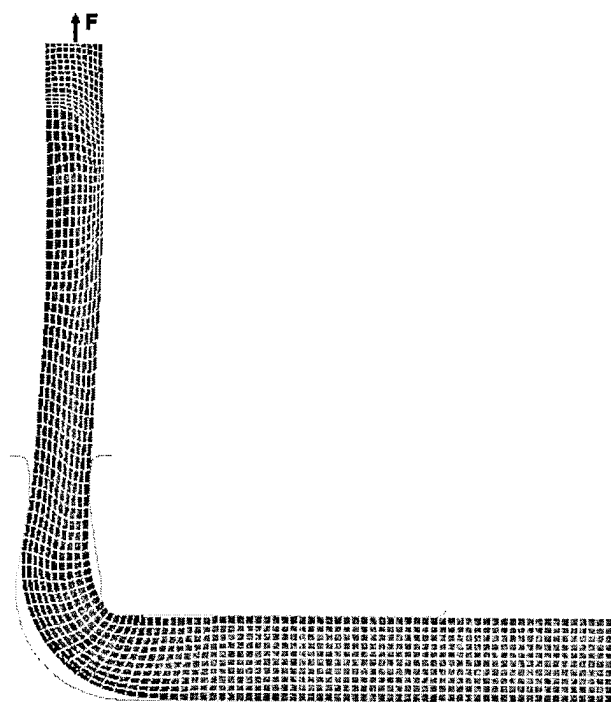
5. Procesado continuo para el estirado de materiales metálicos a través de una matriz en canal angular o poliangular según la reivindicación 4, **caracterizado** por que preferiblemente uno o más de los ángulos comprendidos en el canal es de 90°.

6. Procesado continuo para el estirado de materiales metálicos a través de una matriz en canal angular o poliangular según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que el sistema de tracción del material continuo a la salida del canal poliangular comprende un sistema de enrollado o bobinado del material procesado.

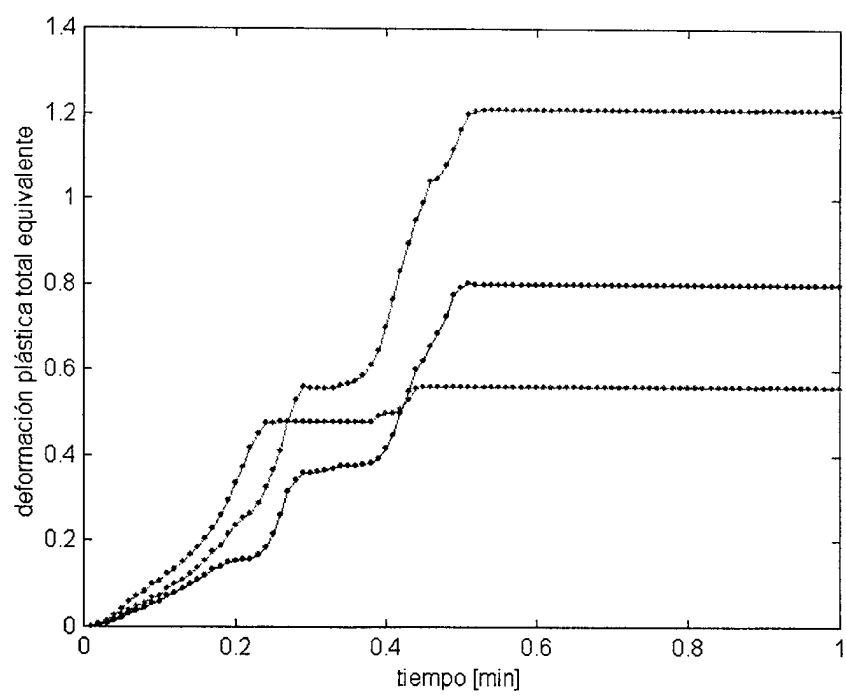
7. Procesado continuo para el estirado de materiales metálicos a través de una matriz en canal angular o poliangular según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado** por que el proceso de calibrado en él comprendido consiste en un proceso de trefilado convencional.

8. Procesado continuo para el estirado de materiales metálicos a través de una matriz en canal angular o poliangular según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado** por que comprende un posterior tratamiento térmico a temperatura controlada, preferentemente entre 0,2 y 0,9 veces la temperatura de fusión del material expresada en grados centígrados, con la finalidad de aliviar tensiones y producir un tamaño de grano más fino y de forma más equiaxial.

Figura 1



5 Figura 2





OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ ES 2 229 882

⑫ Nº de solicitud: 200300496

⑬ Fecha de presentación de la solicitud: 21.02.2003

⑭ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑮ Int. Cl.7: B21C 23/00

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 6370930 B1 (LEE et al.) 16.04.2002, columna 5, líneas 41-55; columna 6, línea 62 - columna 7, línea 40; figuras 1,2,5.	1-6
E	WO 03027337 A1 (MONASH UNIVERSITY) 03.04.2003, página 7, líneas 14-27; página 9, líneas 17-26; página 10, líneas 4-18; página 11, línea 27 - página 12, línea 11; figuras 1,2.	1,4,5,8

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

28.03.2005

Examinador

M. Bescós Corral

Página

1/1