



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 270 918**

51 Int. Cl.:

**C21D 6/00** (2006.01)

**C21D 8/02** (2006.01)

**C22C 38/42** (2006.01)

**C22C 38/44** (2006.01)

**C22C 38/58** (2006.01)

**C22C 38/60** (2006.01)

**C22C 38/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **01110998 .0**

86 Fecha de presentación : **07.05.2001**

87 Número de publicación de la solicitud: **1156125**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **21.11.2001**

54

Título: **Acero inoxidable austenítico excelente en la capacidad de troquelado fino.**

30

Prioridad: **16.05.2000 JP 2000-142644**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.04.2007**

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.04.2007**

73

Titular/es: **NISSHIN STEEL Co., Ltd.**  
**4-1 Marunouchi 3-chome**  
**Chiyoda-ku, Tokyo 100-8366, JP**

72

Inventor/es: **Suzuki, Satoshi;**  
**Fujimoto, Hiroshi;**  
**Igawa, Takashi y**  
**Hiramatsu, Naoto**

74

Agente: **García-Cabrerizo y del Santo, Pedro**

ES 2 270 918 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).

# ES 2 270 918 T3

## DESCRIPCIÓN

Acero inoxidable austenítico excelente en la capacidad de troquelado fino.

5 La presente invención se refiere a un método para la fabricación de un acero inoxidable austenítico excelente en la capacidad de troquelado, especialmente en la capacidad de troquelado fino.

10 Procedimientos de cizallamiento, especialmente de troquelado, se han aplicado a varios tipos de chapas de metal tales como acero común, acero inoxidable y metal no ferroso, ya que las chapas de metal pueden conformarse eficazmente para dar una forma objetivo. Sin embargo, una superficie plana formada por troquelado es resistente con escasa precisión dimensional, es probable que se incline una chapa de metal en su superficie más amplia, y se reduce el espesor de la chapa de metal en una parte cercana al plano de troquelado.

15 Cuando se adopta el troquelado para un procedimiento para la fabricación de un producto que necesita precisión dimensional alta, se pule un plano de troquelado mediante tratamiento posterior tal como el acabado en tambor giratorio. Tal tratamiento posterior es básicamente un procedimiento extra y ocasiona escasa productividad. A este respecto un método de troquelado fino se ha adoptado para la fabricación de un producto con precisión dimensional alta. En el método de troquelado fino, el huelgo se determina en un valor muy pequeño para suprimir la formación de un plano de fractura y la entrada de flujo del metal se suprime para reducir la generación de inclinación durante el troquelado.

20 Por otro lado, el acero inoxidable se ha usado hasta ahora para su uso expuesto a una atmósfera corrosiva o de alta temperatura. Especialmente, SUS304 es un acero inoxidable representativo adecuado para tal uso.

25 El acero inoxidable austenítico SUS304 es un material duro, de tal modo que se acorta la duración de las matrices de troquelado fino. También la dureza del acero inoxidable austenítico SUS304 ocasiona un aumento de una razón de un plano de fractura, que degrada la calidad de un plano de troquelado, así como también un aumento de la inclinación. Incluso si se forma un plano de cizallamiento con precisión dimensional alta mediante troquelado, el coste de trabajo es alto comparado con el coste de troquelado del acero común. Considerando estas desventajas, el acero inoxidable austenítico SUS304 se troquele mediante un método usual y entonces se pule para la fabricación de un producto que tendrá un plano de troquelado con precisión dimensional alta.

30 El documento de patente de los EE.UU. 5.571.343 describe un acero inoxidable austenítico y un procedimiento de fabricación respectivo, en el que la temperatura  $Md_{30}$  está en el intervalo de -10 a +15. El documento JP-A-08-109447 describe un acero inoxidable austenítico con alta deformabilidad en prensa y resistencia a la corrosión. El documento JP-A-10-121207 describe un acero inoxidable austenítico que es excelente en la trabajabilidad después del punzonado. El documento EP-A-0 594 866 describe una chapa de acero inoxidable de Cr-Ni producida mediante la colada de banda.

40 La presente invención tiene como objetivo proporcionar un acero inoxidable austenítico, en el que se controlan el ablandamiento y la estabilidad de una fase austerita de modo que aumente una razón de un plano de cizallamiento, especialmente adecuada para el troquelado fino. La presente invención propone un método de fabricación de un acero inoxidable austenítico que tiene una propiedad excelente en la capacidad de troquelado fino, comprendiendo dicho método las etapas de:

45 proporcionar una composición de acero que consiste en hasta el 0,060% en masa de (C + 1/2N), hasta el 1,0% en masa de Si, hasta el 5% en masa de Mn, hasta el 0,006% en masa de S, el 15-20% en masa de Cr, el 5-12% en masa de Ni, hasta el 5% en masa de Cu, opcionalmente hasta el 3,0% en masa de Mo y siendo el resto Fe excepto impurezas inevitables, con la condición de que un valor de  $Md_{30}$ , que representa una razón de una fase martensita inducida por deformación definida mediante la siguiente fórmula, esté dentro de un intervalo de -60 a -10;

laminar en caliente de manera convencional, recocer y decapar la composición de acero;

55 laminar en frío la chapa de acero de modo que produzca su estructura en bruto de laminación 1,2 veces más dura según la dureza de Vickers que su estructura en estado de recién recocido; y

realizar el recocido final de la chapa de acero laminada en frío de modo que minimice su estructura metalúrgica del nº 8 al nº 10 mediante el número de tamaño de grano regulado según la norma JIS G0551.

60

$$Md_{30} = 551 - 462 (C + N) - 9,2 Si - 29 (Ni + Cu) - 8,1 Mn - 13,7 Cr - 18,5 Mo.$$

65 La figura 1 es una vista esquemática para explicar la generación de la inclinación en una pieza troquelada y las posiciones para la detección de partes inclinadas.

## ES 2 270 918 T3

La figura 2 es una vista esquemática para explicar la formación de un plano de cizallamiento en un plano de troquelado de un producto y las posiciones para la medición del plano de cizallamiento.

La figura 3 es una gráfica que muestra una relación del valor  $Md_{30}$  con una razón de un plano de cizallamiento.

La figura 4 es una gráfica que muestra una relación de  $(C + 1/2N)$  con una razón de un plano de cizallamiento.

La figura 5 es una gráfica que muestra una relación del contenido en S con una razón de un plano de cizallamiento en una razón de huelgo del 2%.

La figura 6 es una gráfica que muestra una relación del contenido en S con una razón de un plano de cizallamiento en una razón de huelgo del 5%.

La figura 7 es una gráfica que muestra una relación de la dureza de Vickers con una razón de un plano de cizallamiento.

La figura 8 es una gráfica que muestra una relación del aumento de la dureza ocasionado por la laminación en templado con una razón de la inclinación de cizallamiento.

La figura 9 es una gráfica que muestra una relación del número de tamaño de grano con una razón de un plano de cizallamiento.

La figura 10 es una gráfica que muestra una relación de un número de tamaño de grano con una razón de la inclinación de cizallamiento.

Los inventores han estudiado a partir de varios aspectos sobre la relación de la propiedades del material de acero inoxidable austenítico con un estado de un plano de troquelado formado mediante troquelado fino, y han descubierto que una razón de una martensita (fase  $\alpha'$ ) inducida por deformación pone una influencia significativa sobre una razón de un plano de cizallamiento para dar un plano de troquelado.

La martensita (fase  $\alpha'$ ) inducida por deformación es más dura e inferior en ductilidad, comparada con una matriz austenítica (fase  $\gamma$ ). La generación excesiva de la martensita (fase  $\alpha'$ ) inducida por deformación supone la degradación de la ductilidad, la aparición temprana de fractura en un plano de troquelado y la disminución de una razón del plano de cizallamiento. Si por el contrario, la generación de la martensita (fase  $\alpha'$ ) inducida por deformación es demasiado pequeña, el acero inoxidable austenítico se troquea como tal en la fase  $\gamma$  inferior de ductilidad, dando como resultado la aparición temprana de fractura en un plano de troquelado y la disminución de una razón del plano de cizallamiento.

El ablandamiento del acero inoxidable austenítico se equilibra bien con el efecto de la martensita (fase  $\alpha'$ ) inducida por deformación sobre la calidad del plano de fractura; de modo que suprime la aparición de la inclinación. Por tanto, un plano de troquelado se mejora en precisión dimensional, y se prolonga la duración del troquelado.

El acero inoxidable austenítico del método de la presente invención contiene varios componentes de aleación en razones predeterminadas tal como sigue:

*(C + 1/2N) hasta el 0,060% en masa*

C y N son componentes eficaces para ajustar la estabilidad de una fase austenita. Sin embargo, la adición excesiva de C y N hace que la fase austenita sea más dura debido al endurecimiento de la disolución, y también hace que sea más dura la fase martensita inducida por deformación. El endurecimiento ocasiona aumento de la carga de troquelado y duración corta de los troqueles. Por tanto, una razón de  $(C + 1/2N)$  se controla en el 0,060% en masa o menor.

*Si hasta el 1,0% en masa*

El Si es un componente de aleación añadido como un agente desoxidante en una etapa del afino del acero. La adición excesiva de Si hace que sea más dura la fase austenita debido al endurecimiento de la disolución, y degrada la capacidad de troquelado del acero inoxidable. A este respecto, se determina un límite superior del contenido en Si en el 1,0% en masa.

*Mn hasta el 5% en masa*

El Mn es un componente de aleación eficaz para estabilizar la fase austenita y mejorar la capacidad de troquelado del acero inoxidable. Estos efectos se vuelven aparentes a medida que aumenta el contenido en Mn. Pero la excesiva

## ES 2 270 918 T3

adición de Mn en más del 5% en masa provoca un aumento de las inclusiones no metálicas que ponen influencias perjudiciales sobre la resistencia a la corrosión y la trabajabilidad.

### 5 *S hasta el 0,006% en masa*

Una razón de un plano de cizallamiento con respecto a un plano de troquelado se reduce a medida que aumenta el contenido en S. El elemento S también pone influencias perjudiciales sobre la resistencia a la corrosión, que es la propiedad más importante del acero inoxidable. A este respecto, se determina un límite superior del contenido en S en el 0,006% en masa. Especialmente, para un producto de este tipo que tendrá un plano de troquelado con precisión dimensional alta, preferiblemente se controla el contenido en S hasta el 0,003% en masa o menos, de modo que aumenta una razón de un plano de cizallamiento.

### 15 *Cr: 15-20% en masa*

Es necesario el contenido en Cr del 15% en masa o más para garantizar la resistencia a la corrosión del acero inoxidable. Pero, la adición excesiva de Cr en más del 20% en masa hace que sea más duro el acero inoxidable y pone efectos perjudiciales sobre la duración del troquel.

### 20 *Ni: 5-12% en masa*

El Ni es un elemento de aleación para estabilizar la fase austenita. Un efecto de este tipo se realiza mediante la adición de Ni en una razón del 5% en masa o superior. También la capacidad de troquelado del acero inoxidable se mejora a medida que aumenta el contenido en Ni. Sin embargo, Ni es un elemento caro y eleva el coste del acero, de tal modo que se determina un límite superior del contenido en Ni en el 12% en masa.

### 30 *Cu hasta el 5% en masa*

El Cu es un elemento de aleación eficaz para la mejora de la capacidad de troquelado y también de la estabilización de la fase austenita. Sin embargo, la adición excesiva de Cu en más del 5% en masa pone influencias perjudiciales sobre la trabajabilidad en caliente.

### 35 *Mo: 0-3,0% en masa*

El Mo es un elemento de aleación opcional eficaz para la mejora de la resistencia a la corrosión. Pero la adición excesiva de Mo en más del 3,0% en masa hace que sea demasiado duro el acero inoxidable dando como resultado la degradación de la capacidad de troquelado fino.

### 45 *Un valor de $Md_{30}$ (que representa una razón de una martensita inducida por deformación): -60 a -10*

Un efecto de una martensita (fase  $\alpha'$ ) inducida por deformación sobre una razón de un plano de cizallamiento con respecto a un plano de troquelado es un resultado descubierto por los inventores a partir de varios experimentos. Puede calcularse una razón de la martensita (fase  $\alpha'$ ) inducida por deformación, a partir de los componentes y contenidos de un acero inoxidable austenítico. En el caso en el que el acero inoxidable austenítico se diseña para la composición que tiene el valor de  $Md_{30}$  controlado dentro del intervalo de -60 a -10, una razón de: un plano de cizallamiento es superior tal como se explica en los ejemplos mencionados a continuación, y se forma un plano de troquelado con precisión dimensional alta.

Una razón del aumento de la dureza de un acero inoxidable austenítico:

### 55 *El 20% o mayor según la dureza de Vickers*

Una chapa de acero inoxidable austenítico laminada en frío es más dura debido a la introducción de muchas transposiciones durante la laminación en frío, comparada con una lámina recocida que implica menos transposiciones. Cuando se ajusta un grado de endurecimiento provocado por la laminación en frío en una razón del 20% o mayor según la dureza de Vickers, se suprime el flujo de metal hacia una parte inferior de una pieza troquelada, dando como resultado la reducción de la inclinación.

La razón del aumento de la dureza se define mediante la fórmula de  $[(\text{dureza de Vickers de una chapa de acero laminada en frío}) - (\text{dureza de Vickers de una chapa de acero recocida})] / (\text{dureza de Vickers de una chapa de acero recocida}) \times 100(\%)$  en esta memoria descriptiva. La razón del aumento de la dureza del 20% o más es necesaria para suprimir la aparición de la inclinación ocasionada por el troquelado con respecto a una mitad o menos de la

## ES 2 270 918 T3

inclinación que se genera por el troquelado en una chapa en estado de recién recocido. Sin embargo una chapa de acero extremadamente dura provoca el aumento de la resistencia al cizallamiento durante el troquelado y promueve la abrasión de los troqueles. A este respecto, se determina preferiblemente un límite superior de la razón del aumento de la dureza en el 150%, lo que representa el efecto sobre la reducción de la inclinación en equilibrio con la duración del troquelado.

*Número de tamaño de grano: n° 8 a n° 10*

A medida que se aumenta el tamaño de grano de los granos del cristal, el acero inoxidable es más blando, y es superior una razón de un plano de cizallamiento con respecto a un plano de troquelado, pero la chapa de acero inoxidable troquelada se inclina en exceso. A este respecto, no son favorables los granos de cristal gruesos para la fabricación de un producto que tendrá una precisión dimensional en su plano de troquelado así como también la lisura. Por otro lado, el acero inoxidable austenítico propuesto se condiciona a una estructura metalúrgica compuesta de granos minimizados en un número de tamaño de grano dentro del intervalo del n° 8 al n° 10 en un estado de recocido final. Dicho número de tamaño de grano es más grande, comparado con un número de tamaño de grano ordinario del n° 6 al n° 8. Los granos minimizados se obtienen mediante la reducción de una energía de entrada, por ejemplo del recocido del acero inoxidable a una temperatura relativamente inferior o en un tiempo relativamente corto. Debido a un acondicionamiento de este tipo de los tamaños de grano, se suprime la aparición de la inclinación mientras se mantiene una razón de un plano de cizallamiento en el mismo nivel.

### Ejemplo 1

Se fundieron, colaron, remojaron a 1230°C, y se laminaron en caliente para dar un espesor de 10 mm, varios aceros inoxidables que tienen las composiciones mostradas en la tabla 1. Después de eso, se recoció la chapa de acero laminada en caliente durante 1 minuto a 1150°C, se decapó con un ácido, se laminó en frío para dar un espesor de 5 mm, se recoció durante 1 minuto a 1050°C y se decapó de nuevo con un ácido.

(Tabla pasa a página siguiente)

Tabla 1: ACEROS INOXIDABLES AUSTENÍTICOS USADOS EN EL EJEMPLO 1

N° de muestra	Componentes de aleación (% en masa)									Md <sub>30</sub>	nota
	C	Si	Mn	Ni	Cr	S	Cu	Mo	N		
1	0,01	0,5	1,0	10,75	18,25	0,001	0,10	0,08	0,01	-37,1	Ejemplos de
2	0,02	0,6	1,2	8,21	18,70	0,003	2,10	0,07	0,03	-43,8	la invención
3	0,03	0,5	1,0	8,32	18,10	0,002	1,92	0,07	0,03	-35,6	
4	0,04	0,4	1,0	10,23	17,16	0,001	0,10	0,06	0,05	-38,1	comparativo
5	0,02	0,3	1,7	8,01	17,10	0,001	3,21	0,07	0,01	-40,3	Ejemplos de
6	0,01	0,4	1,0	10,01	18,26	0,002	0,08	0,08	0,01	-14,3	la invención
7	0,02	0,5	0,8	11,15	18,42	0,002	0,08	0,05	0,02	-57,5	
8	0,01	0,4	1,2	11,20	19,10	0,001	0,10	0,08	0,01	-62,5	Ejemplos
9	0,02	0,6	0,5	11,82	18,33	0,001	0,10	0,08	0,02	-75,3	comparativos
10	0,01	0,5	0,7	9,83	18,25	0,001	0,10	0,08	0,01	-8,0	
11	0,03	0,6	0,7	8,21	18,25	0,001	0,10	0,08	0,04	15,0	
12	0,05	0,5	0,8	8,81	18,25	0,001	0,81	0,08	0,02	-22,9	Ejemplos de
13	0,03	0,6	1,0	10,27	18,91	0,004	0,10	0,09	0,02	-47,2	la invención
14	0,02	0,6	1,0	9,89	19,10	0,006	0,10	0,07	0,02	-33,8	
15	0,01	0,4	0,8	10,27	18,91	0,007	0,08	0,09	0,02	-33,9	Ejemplos
16	0,03	0,6	0,6	9,21	19,10	0,009	0,08	0,09	0,02	-15,2	comparativos

## ES 2 270 918 T3

Se examinó cada chapa de acero recocida mediante la prueba de troquelado mencionada a continuación para estudiar la resistencia al cizallamiento, una razón de un plano de cizallamiento con respecto a un plano de troquelado y una razón de la inclinación con respecto al espesor y se midió su dureza de Vickers según la dureza de Rockwell B regulada en la norma JIS Z2240.

Se troqueló un corte de pieza de prueba de cada chapa de acero recocida para dar una forma de disco con huelgo de 0,1 mm o 0,25 mm (una razón de huelgo calculada según huelgo/espesor de una pieza de prueba es del 2% o del 5%, respectivamente) a una velocidad de troquelado de 600 mm/minuto, usando un punzón de 50 mm de diámetro externo y un troquel de 50,2 mm o 50,5 mm de diámetro interno.

Se midió cada disco (una pieza troquelada) con un sensor de posición sin contacto de tipo láser en 8 puntos, es decir cada 2 puntos a lo largo de la dirección del laminación, una dirección transversal y una dirección inclinada en 45 grados con respecto a la dirección de laminación tal como se muestra en la figura 1, para detectar un grado de la inclinación Z en cada punto. Se promediaron los valores medidos, y se calculó una razón de la inclinación con respecto al espesor como una razón del valor medio con respecto al espesor de la pieza de prueba.

También se midió el espesor de un plano de cizallamiento S de cada disco (una pieza troquelada) en 8 puntos, es decir cada 2 puntos a lo largo de una dirección de laminación, una dirección transversal y una dirección de inclinada en 45 grados con respecto a la dirección del laminación, tal como se muestra en la figura 2. Se promediaron los valores medidos, y se calculó una razón de un plano de cizallamiento como una razón del valor medio con respecto al espesor de la pieza de prueba.

Se estudió la razón de un plano de cizallamiento formado mediante el troquelado de cada pieza de prueba con una razón de huelgo del 2% en relación con un valor de  $Md_{30}$  de cada pieza de prueba. Los resultados se muestran en la figura 3. Se observa que se obtuvo un plano de troquelado siendo una razón de un plano de cizallamiento del 100% a un valor de  $Md_{30}$  dentro de un intervalo de -60 a -10. Aunque los números de muestra 4, 15 y 16 tienen valores de  $Md_{30}$  dentro de un intervalo de -60 a -10, sus planos de troquelado fueron excepcionalmente escasos siendo las razones de un plano de cizallamiento del 85%, 95% y 71%, respectivamente.

Se estudió una relación de  $(C + 1/2N)$  con una razón del plano de cizallamiento, tal como por ejemplo los números de muestra 1-4 y 12 teniendo cada uno el valor de  $Md_{30}$  dentro del intervalo de -60 a -10. Los resultados se muestran en la figura 4. Se observa que se troquelaron los números de muestras 1-3 y 12 que contienen cada uno de  $(c + 1/2N)$  en menos del 0,06% en masa, siendo una razón de un plano de cizallamiento del 100%. Por otro lado, se troqueló la muestra número 4 que contiene de  $(C + 1/2N)$  más del 0,06% en masa, siendo una razón de un plano de cizallamiento del 85%.

Se troquelaron con una razón de huelgo del 2% los números de muestras 1-3 y 13-16, que tenían valores de  $Md_{30}$  dentro del intervalo de -60 a -10 y contenían de  $(C + 1/2N)$  menos del 0,06% en masa. Se estudió una razón de un plano de cizallamiento formado mediante el troquelado, en relación con el contenido en S de cada muestra. Los resultados se muestran en la figura 5. Se observa que se troquelaron los números de muestra 1-3, 13 y 14 que contienen de S en menos del 0,006% en masa, siendo una razón de un plano de cizallamiento del 100%, mientras que se troquelaron los números de muestra 15 y 16 que contienen de S en más del 0,006% en masa, siendo las razones de un plano de cizallamiento del 95% y 71%, respectivamente.

También se varía la relación del contenido en S con una razón de un plano de cizallamiento en respuesta a una razón de huelgo incluso en el caso del troquelado de la misma chapa de acero. Es decir, cuando se troquelaron los números de muestra 13 y 14 con una razón de huelgo del 2%, se formó un plano de troquelado siendo una razón de un plano de cizallamiento del 100%. Se redujo la razón de un plano de cizallamiento hasta el 92% y 88%, respectivamente, cuando se troquelaron los números de muestra 13 y 14 con una razón de huelgo del 5%, tal como se muestra en la figura 6. Los resultados demuestran que el control del contenido en S de menos del 0,003% en masa es eficaz para el troquelado de la chapa de acero con una razón de huelgo grande que ocasiona la reducción de una razón de un plano de cizallamiento.

### Ejemplo 2

Se fundieron, colaron, y laminaron en caliente para dar un espesor de 10 mm a una temperatura inicial de 1230°C, aceros inoxidables que tienen las composiciones mostradas en la tabla 2. Después de eso, se recoció cada chapa de acero laminada en caliente durante 1 minuto a 1150°C, se decapó con un ácido, se laminó en frío para dar un espesor intermedio de 5-8 mm, se recoció durante 1 minuto a 1050°C, y se decapó de nuevo con un ácido. Se proporcionaron algunas de las chapas de acero como chapas de acero recocidas (A1, B1) de 5 mm de espesor. Las otras chapas de acero recocidas de espesor intermedio se laminaron en frío adicionalmente para dar el espesor de 5 mm y se proporcionaron como chapas de acero laminadas en templado (A2-A6, B2-B3).

Tabla 2: ACEROS INOXIDABLES AUSTENÍTICOS USADOS EN EL EJEMPLO 2

Tipo de acero	Componentes de aleación (% en masa)								Md <sub>30</sub>	OBSERVACIÓN
	C	Si	Mn	Ni	Cr	S	Cu	Mo	N	
A	0,01	0,5	0,8	10,43	18,40	0,001	0,09	0,07	0,1	Un ejemplo de la invención
B	0,06	0,6	0,6	8,02	18,21	0,003	0,08	0,08	0,04	Un ejemplo comparativo



## ES 2 270 918 T3

Se cortó una pieza de prueba de cada una de las chapas de acero laminadas en templado y recocidas, y se troqueló con una razón de huelgo del 2% en las mismas condiciones que las del ejemplo 1. La figura 7 muestra una relación de la dureza de Vickers de cada una de las piezas de prueba con una razón de un plano de cizallamiento. Se observa que se troqueló cualquiera de los números de muestra laminados en templado o recocidos A1 a A6, siendo una razón de un plano de cizallamiento del 100%. Por otro lado, se troquelaron los números de muestra de B1 a B3 que corresponden a SUS304, con razones inferiores de un plano de cizallamiento de cerca del 45%.

Se calculó una razón de la inclinación de cizallamiento como (una razón de la inclinación con respecto al espesor en una chapa de acero laminada en templado)/(una razón de la inclinación con respecto al espesor en una chapa de acero recocida), para estudiar en efecto del aumento de la dureza mediante el laminación en templado sobre la generación de la inclinación. Los resultados se muestran en la figura 8. Se observa que una razón de la inclinación de cizallamiento de cualquiera de las chapas de acero laminadas en templado A3 a A6 endurecidas en el 20% o más según la dureza de Vickers, fue menor del 50%, es decir menor de la mitad de la inclinación generada en la chapa de acero recocida. Por otro lado, una razón de la inclinación de cizallamiento de la chapa de acero laminada en templado A2 endurecida en una razón del aumento de dureza menor del 20%, fue aproximadamente del 70% comparada con la chapa de acero recocida A1. Los resultados demuestran que el aumento de dureza del 20% o más es eficaz para la reducción suficiente de la inclinación.

Se troqueló de manera continua cada pieza de prueba hasta el intercambio de los troqueles, para estudiar un efecto de las propiedades del material de las chapas de acero sobre la duración de los troqueles. Se evaluó la duración de los troqueles como ciclos de troquelado hasta el intercambio de los troqueles. Los resultados de muestran en la tabla 3. Se observa que puede troquelarse cualquiera de las chapas de acero de tipo A con ciclos mayores hasta el intercambio de los troqueles, en comparación con las chapas de acero de tipo B. Es decir, las chapas de acero de tipo A son eficaces para la extensión de duración del troquel. También se observa a partir de la comparación de cada una de las láminas de tipo A que el aumento de la dureza excesivo ocasiona la disminución de manera no favorable de los ciclos de troquelado. Por ejemplo, se redujeron algo los ciclos de troquelado hasta el intercambio de los troqueles en lo que respecta a la lámina de acero A6 endurecida en más del 150%.

TABLA 3

*Efectos de la propiedades del material de las chapas de acero sobre la duración del troquelado*

Número	Ciclos de troquelado hasta el intercambio de los troqueles	Evaluación	Observación
A1	302969	◎	Ejemplo de la invención
A2	323341	◎	
A3	309629	◎	
A4	314211	◎	
A5	354824	◎	
A6	248142	○	
B1	103288	×	Ejemplo comparativo
B2	52783	×	
B3	9879	×	

◎ : la duración del troquel igual o más larga, comparada con la chapa de acero A1

○ : duración del troquel inferior para la chapa de acero A1 pero superior para la chapa de acero B1

× : abrasión notable de los troqueles

## Ejemplo 3

Se fundieron, colaron, y laminaron en caliente para dar un espesor de 10 mm a una temperatura inicial, aceros inoxidables C, D que tienen las composiciones mostradas en la tabla 4. Después de eso, se recoció cada chapa de acero laminada en caliente durante 1 minuto a 1150°C, se decapó con un ácido, se laminó en frío para dar un espesor intermedio de 5-8 mm, se recoció durante 1 minuto a 800-1100°C, y entonces se decapó de nuevo con un ácido.

Tabla 4: ACEROS INOXIDABLES AUSTENÍTICOS USADOS EN EL EJEMPLO 3

Número de muestra	Componentes de aleación (% en masa)								Md <sub>30</sub>	Observación
	C	Si	Mn	Ni	Cr	S	Cu	Mo	N	
C	0,02	0,6	0,7	10,21	18,71	0,002	0,08	0,05	0,02	Un ejemplo de la invención
D	0,06	0,6	0,6	8,02	18,21	0,003	0,08	0,08	0,04	Un ejemplo comparativo

## ES 2 270 918 T3

Se cortó una pieza de prueba de cada chapa de acero decapada después de ser recocida, y se troqueló con una razón de huelgo del 2% en las mismas condiciones como en el ejemplo 1. Se calculó una razón de un plano de cizallamiento en la pieza de prueba troquelada para estudiar su relación con el número de tamaño de grano de la chapa de acero. Los resultados se muestran en la figura 9. Se observa que se troqueló cualquiera de las chapas de acero de tipo C según la presente invención, siendo una razón de un plano de cizallamiento del 100% pese a su número de tamaño de grano. Por otro lado, se troqueló cualquiera de las chapas de acero de tipo D que corresponden a SUS304 con una razón inferior de un plano de cizallamiento de cerca del 45%.

Se ilustra en la figura 10 una relación de una razón de la inclinación de cizallamiento con un número de tamaño de grano. La relación demuestra una mejora de una razón de la inclinación de cizallamiento de un número de tamaño de grano (es decir, estructura metalúrgica minimizada) pese a los tipos de chapas de acero. En lo que respecta a las chapas de acero de tipo C según la presente invención, se reduce a la mitad o menos una razón de la inclinación de cizallamiento de cualquier chapa de acero C3 a C6 que tiene un número de tamaño de grano mayor de nº 8, en comparación con las chapas de acero C1, C2 de número de tamaño de grano menor de nº 8.

Se troqueló de manera continua cada pieza de prueba hasta el intercambio de los troqueles, para evaluar la duración del troquel a partir de los ciclos de troquelado. Los resultados se muestran en la tabla 5. Se observa que puede troquelarse cualquier chapa de acero de tipo C con ciclos mayores hasta el intercambio de los troqueles, es decir adecuados para la prolongación de la duración del troquel, en comparación con las chapas de acero de tipo D. Sin embargo, se redujeron algo los ciclos de troquelado a medida que aumentó el número de tamaño de grano en más de nº 11, tal como se observa en la chapa de acero C6. Este resultado demuestra que la minimización excesiva de una estructura metalúrgica no es favorable para la duración del troquel.

TABLA 5

*Relación de la duración del troquel con las propiedades del material de las chapas de acero*

Número	Ciclos de troquelado hasta el intercambio de los troqueles	Evaluación	Observación
C1	321962	⊗	Ejemplo de la invención
C2	339672	⊗	
C3	321111	⊗	
C4	342632	⊗	
C5	315522	⊗	
C6	236981	○	
D1	112011	×	Ejemplo comparativo
D2	49876	×	
D3	5621	×	

⊗ : la duración del troquel igual o más larga, comparada con la chapa de acero A1

○ : duración del troquel inferior para la chapa de acero A1 pero superior para la chapa de acero B1

× : abrasión notable de los troqueles

## ES 2 270 918 T3

Un acero inoxidable austenítico fabricado mediante el método según la invención puede troquelarse para dar un producto con precisión dimensional alta, debido a la excelente capacidad de troquelado, especialmente la capacidad de troquelado fino. Incluso si se troquela la chapa de acero con una razón de huelgo pequeña, puede mantenerse una razón de un plano de cizallamiento con respecto a un plano de troquelado en un nivel mayor sin la aparición de la inclinación sustancial. También es ventajosa la chapa de acero inoxidable para la prolongación de la duración del troquel, comparada con las chapas de acero inoxidable austenítico convencionales tales como SUS304. En consecuencia, se obtienen productos troquelados con precisión dimensional alta a partir de la chapa de acero inoxidable austenítico sin aumentar el coste de la fabricación.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

## ES 2 270 918 T3

### REIVINDICACIONES

1. Método de fabricación de un acero inoxidable austenítico que tiene una propiedad excelente en la capacidad de troquelado fino, comprendiendo dicho método las etapas de:

proporcionar una composición de acero que consiste en hasta el 0,060% en masa de (C + 1/2N), hasta el 1,0% en masa de Si, hasta el 5% en masa de Mn, hasta el 0,006% en masa de S, el 15-20% en masa de Cr, el 5-12% en masa de Ni, hasta el 5% en masa de Cu, opcionalmente hasta el 3,0% en masa de Mo y siendo el resto Fe excepto impurezas inevitables, con la condición de que un valor de  $Md_{30}$ , que representa una razón de una fase martensita inducida por deformación definida mediante la siguiente fórmula, está dentro de un intervalo de -60 a -10;

laminar en caliente de manera convencional, recocer y decapar la composición de acero;

laminar en frío la chapa de acero de modo que produzca su estructura en bruto de laminación 1,2 veces más dura según la dureza de Vickers que su estructura en estado de recién recocido; y

realizar el recocido final de la chapa de acero laminada en frío de modo que minimice su estructura metalúrgica a del n° 8 al n° 10 mediante el número de tamaño de grano regulado según la norma JIS G0551.

$$Md_{30} = 551 - 462 (C + N) - 9,2 Si - 29 (Ni + Cu) - 8,1 Mn - 13,7 Cr - 18,5 Mo.$$

FIG.1

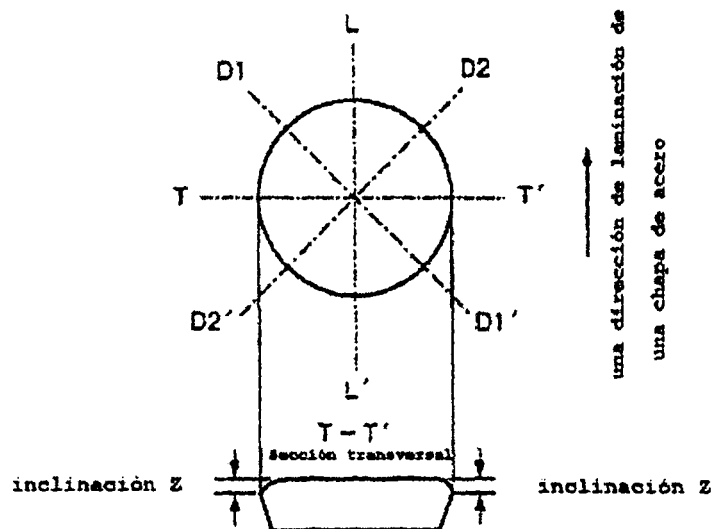


FIG.2

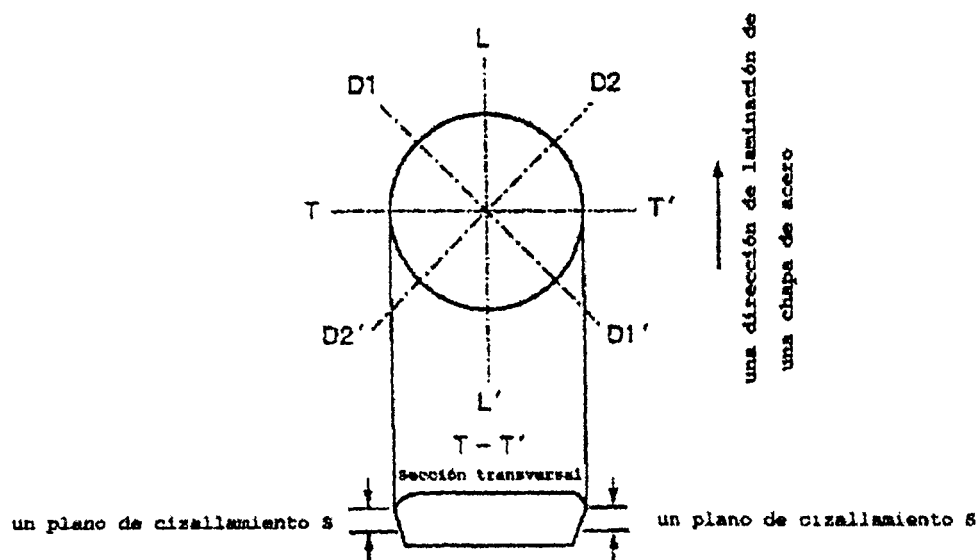


FIG.3

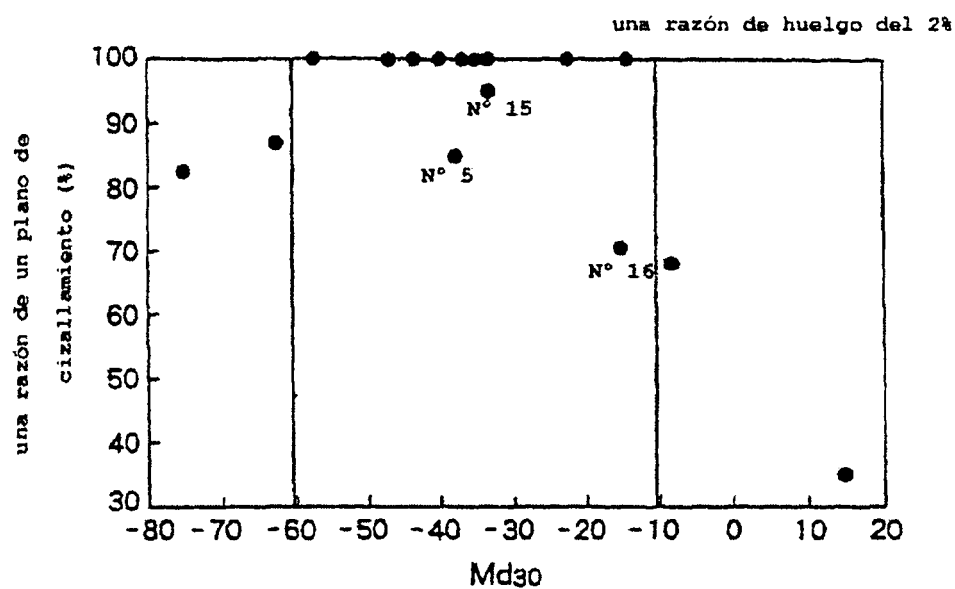


FIG.4

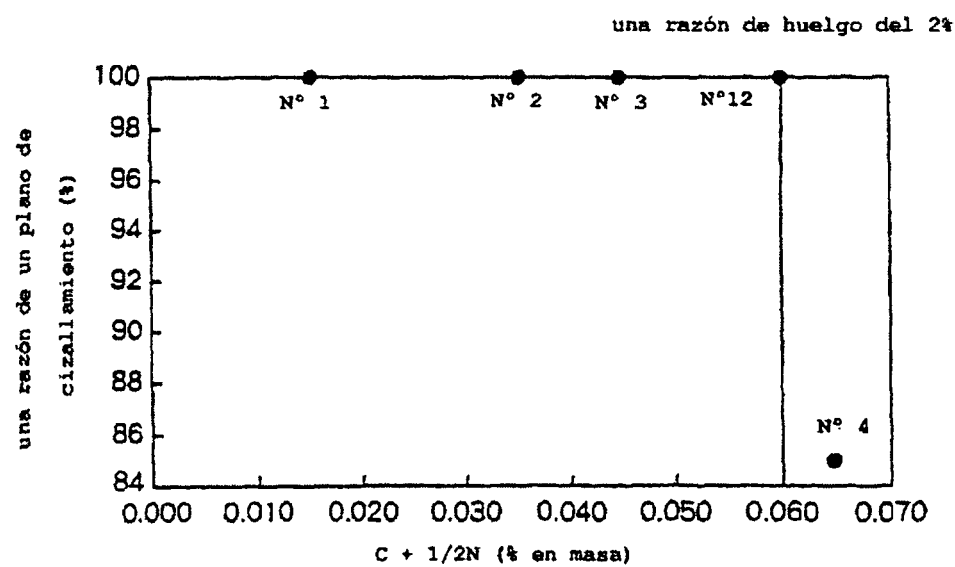


FIG.5

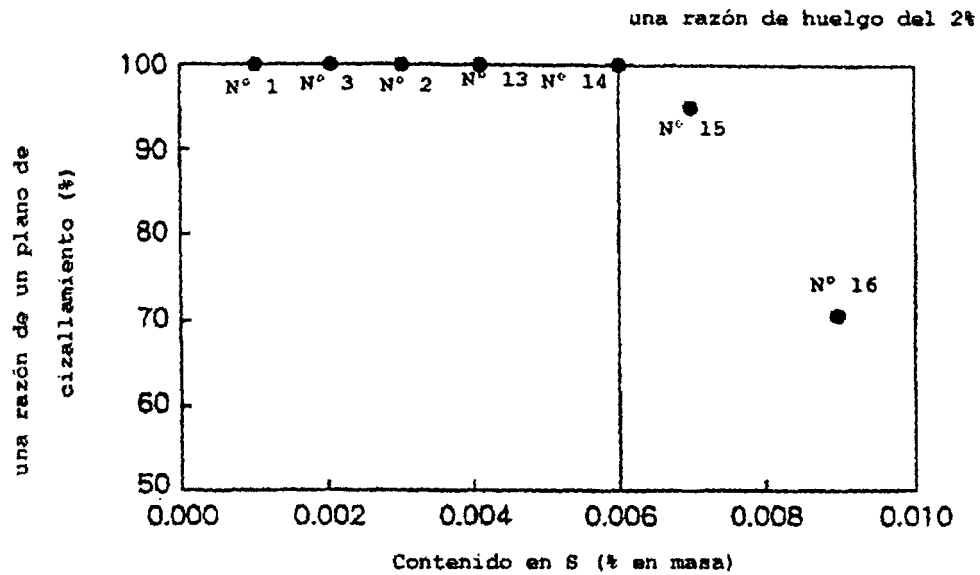


FIG.6

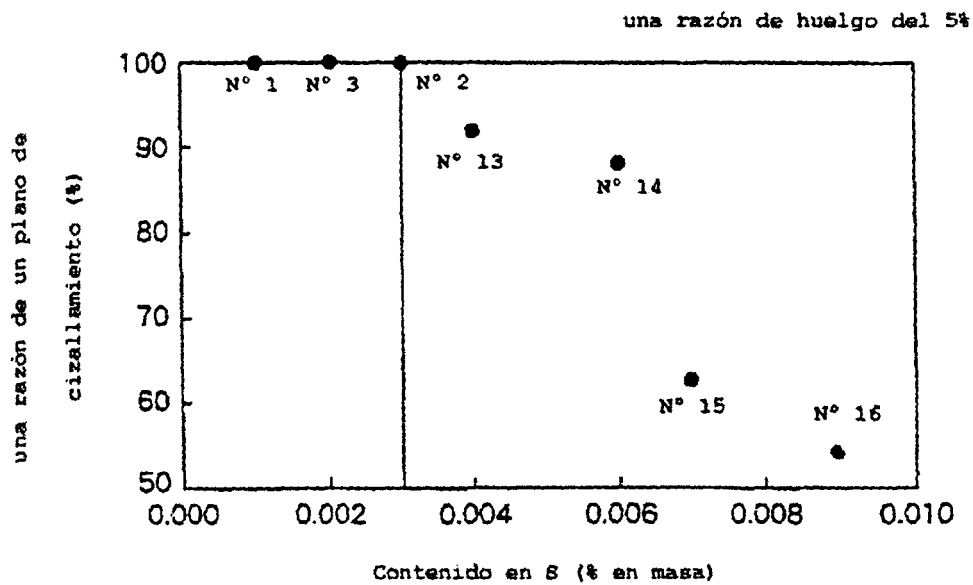




FIG.7

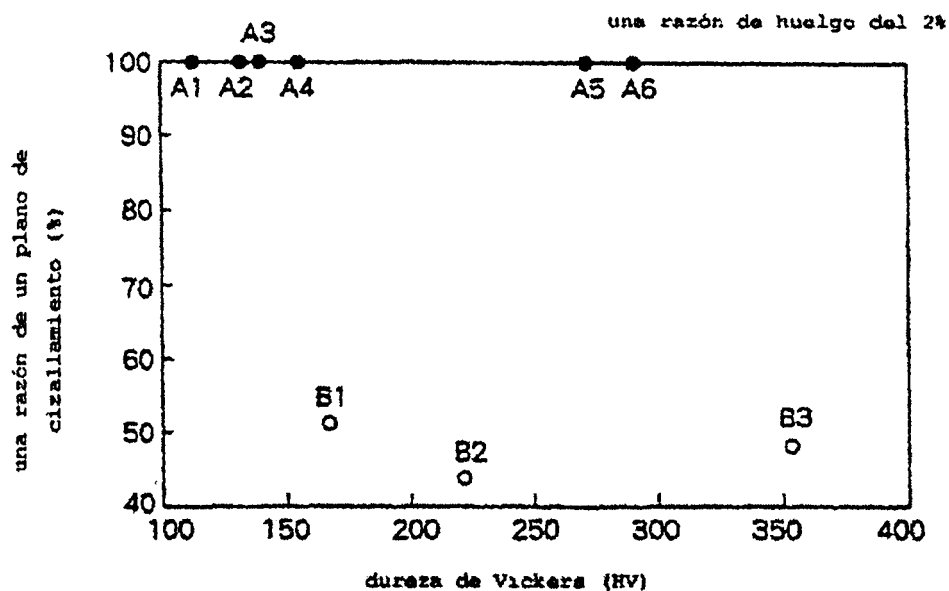


FIG.8

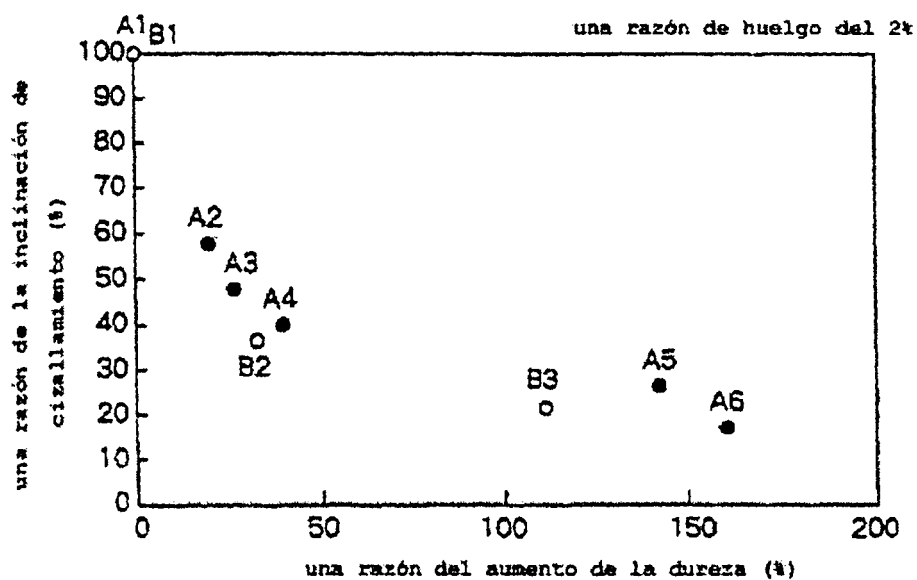


FIG.9

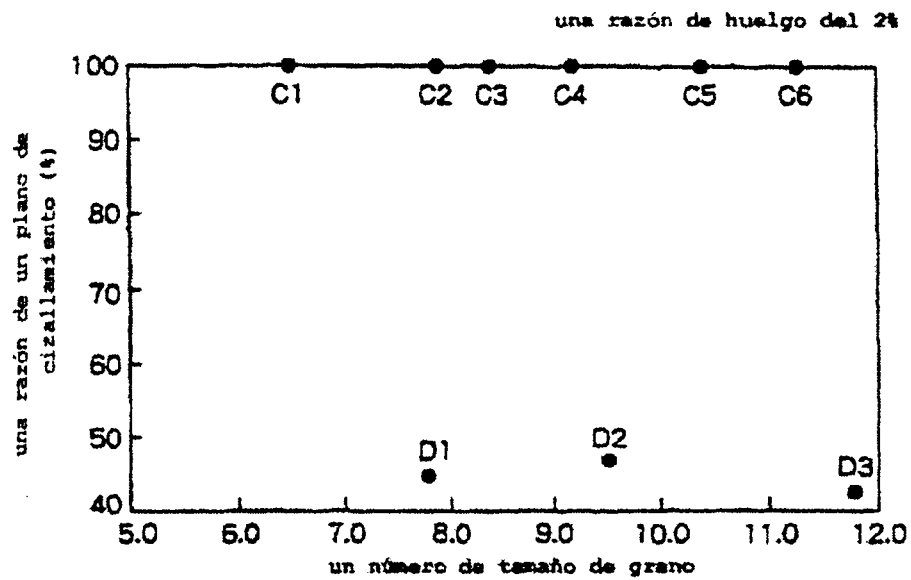


FIG.10

