

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 717 295**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00	(2006.01)	C22C 38/44	(2006.01)
C22C 38/60	(2006.01)	C22C 38/46	(2006.01)
F16C 7/02	(2006.01)		
C21D 6/00	(2006.01)		
C21D 8/00	(2006.01)		
C21D 9/00	(2006.01)		
C22C 38/02	(2006.01)		
C22C 38/04	(2006.01)		
C22C 38/06	(2006.01)		
C22C 38/42	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.03.2014 PCT/JP2014/057223**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **25.09.2014 WO14148456**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.03.2014 E 14769461 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.02.2019 EP 2977482**

54 Título: **Parte forjada, método para producir la misma y biela**

30 Prioridad:

20.03.2013 JP 2013057444

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

20.06.2019

73 Titular/es:

**TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA (100.0%)
1, Toyota-cho,
Toyota-shi, Aichi 471-8571, JP**

72 Inventor/es:

**UENISHI, TAKEYUKI;
OWAKI, SUSUMU;
KOMA, HISANORI;
KITANO, TOMOYASU;
TANAHASHI, KAZUHIRO y
SHINOHARA, NOBUYUKI**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 717 295 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Parte forjada, método para producir la misma y biela

Campo técnico

La presente invención se refiere a un componente forjado, un método para fabricar el mismo, y una biela.

5 Antecedentes de la técnica

Se requiere el ahorro de peso para la mejora en el consumo de combustible para un componente forjado utilizado para vehículos de motor, tal como una biela. Es efectivo en ahorro de peso aumentar la resistencia de un material de acero para reducir su espesor. Sin embargo, un aumento de la resistencia del acero generalmente conduce al deterioro de la maquinabilidad. Por esta razón, se desea el desarrollo de acero que satisfaga tanto el aumento de la resistencia como el mantenimiento de la maquinabilidad.

Además, se ha investigado que cuando se forma un conjunto de componentes combinando dos componentes, los dos componentes se moldean primero en un estado donde los dos componentes están acoplados, y luego el componente acoplado finalmente se divide por fractura para producir los dos componentes. Cuando se emplea este método de fabricación, se puede lograr la racionalización de un proceso de fabricación, y se mejora la capacidad de ensamblaje de los dos componentes después de la división por fractura. Para hacer posible tal método de fabricación, se requiere acero que pueda al menos ser fácilmente dividido por fractura.

Por ejemplo, el Documento de Patente 1 describe acero que se ha desarrollado para el propósito de aumentar la resistencia y reducir el coste. Además, por ejemplo, el Documento de Patente 2 describe acero que se ha desarrollado para el propósito de aumentar la resistencia y mejorar la maquinabilidad. El Documento de Patente 3 describe un método para producir una biela de craqueo. El Documento de Patente 4 describe un método para fabricar un componente forjado no templado de tipo ferrita-perlita. El Documento de Patente 5 describe un acero no refinado para la excelencia de la forja en caliente en la maquinabilidad.

Documentos de la técnica anterior

Documentos de Patente

25 Documento de Patente 1: JP-A-2011-32545

Documento de Patente 2: JP-A-2011-195862

Documento de Patente 3: JP-A-2011-084767

Documento de Patente 4: JP-A-2013-000790

Documento de Patente 5: JP-A-H11-350065

30 Compendio de la invención

Problema a resolver por la invención

El acero descrito en el Documento de Patente 1 ha logrado un aumento de la resistencia y una reducción en el coste en cierta medida, pero la divisibilidad por fractura descrita anteriormente no se toma en consideración en absoluto. Además, el acero descrito en el Documento de Patente 2 ha logrado un aumento de la resistencia en cierta medida y tiene una propiedad que permite la división por fractura. Sin embargo, aunque la maquinabilidad de este acero se mejora más que antes, la maquinabilidad todavía no puede decirse que sea suficiente. Además, aunque la divisibilidad por fractura se evalúa por la deformación mediante un porcentaje de fractura por fragilidad, las astillas que se producen por ser demasiado frágil no se toman en consideración en absoluto. Por lo tanto, el acero del Documento de Patente 1 tiene un problema en la deformación y las astillas que se producen durante la división por fractura.

40 Además, un valor de impacto Charpy extremadamente bajo es un problema no solo en términos de divisibilidad por fractura sino también en términos de utilizar el acero como un componente estable durante un periodo de tiempo largo. Por tanto, es necesario asegurar un valor de impacto Charpy mínimo requerido para la durabilidad.

45 La presente invención pretende proporcionar, en base a tales antecedentes, un componente forjado divisible por fractura hecho de un material de acero que puede lograr una mejora en todas las tres propiedades de resistencia, maquinabilidad y divisibilidad por fractura, y proporcionar un método para fabricar el mismo. Obsérvese que aunque un componente forjado que se pretende obtener en la presente invención es divisible por fractura, el componente forjado se puede utilizar de manera natural sin división por fractura dependiendo de las aplicaciones.

Medios para resolver el problema

Un aspecto de la presente invención residía en un componente forjado con una composición química compuesta por, por % en masa: C: 0.30 a 0.45%, Si: 0.05 a 0.35%, Mn: 0.50 a 0.90%, P: 0.030 a 0.070%, S: 0.040 a 0.070%, Cr: 0.01 a 0.50%, Al: 0.001 a 0.050%, V: 0.25 a 0.35%, Ca: 0 a 0.0100%, N: 0.0150% o menos, y siendo el resto Fe e impurezas inevitables que incluyen Cu, Ni y Mo, y que satisface la siguiente fórmula 1:

Fórmula 1: $[C] - 4 \times [S] + [V] - 25 \times [Ca] < 0.44$ (en donde [X] significa un valor del contenido (% en masa) de un elemento X), en donde:

la estructura metálica es una estructura de ferrita perlita, y una proporción de área de ferrita es del 30% o más;

la dureza Vickers está en el rango de 320 a 380 HV;

el límite elástico de 0.2% es de 800 MPa o más; y

un valor de impacto Charpy de muesca en V está en el rango de 7 a 15 J/cm².

Otro aspecto de la presente invención reside en un método para fabricar un componente forjado, teniendo el componente forjado:

una estructura metálica que es una estructura de ferrita perlita en la que una proporción de área de ferrita es del 30% o más;

una dureza Vickers en el rango de 320 a 380 HV;

un límite elástico de 0.2% de 800 MPa o más; y

un valor de impacto Charpy de muesca en V en el rango de 7 a 15 J/cm²,

comprendiendo dicho método:

un paso de preparar un material de acero para forja con una composición química compuesta por, por % en masa, C: 0.30 a 0.45%, Si: 0.05 a 0.35%, Mn: 0.50 a 0.90%, P: 0.030 a 0.070%, S: 0.040 a 0.070%, Cr: 0.01 a 0.50%, Al: 0.001 a 0.050%, V: 0.25 a 0.35%, Ca: 0 a 0.0100%, N: 0.0090% o menos, y siendo el resto Fe e impurezas inevitables que incluyen Cu, Ni y Mo, y que satisface la siguiente fórmula 1:

Fórmula 1: $[C] - 4 \times [S] + [V] - 25 \times [Ca] < 0.44$ (en donde [X] significa un valor del contenido (% en masa) de un elemento X);

un paso de someter el material de acero para forja a forja en caliente a una temperatura de forja en caliente de 1150°C a 1300°C para obtener un componente forjado; y un paso de enfriamiento para enfriar el componente forjado después de la forja en caliente de modo que una tasa de enfriamiento promedio de 800 a 600°C pueda ser de 150 a 250°C/min.

Efectos de la invención

El componente forjado anterior tiene la composición química específica anterior, y todas las propiedades representadas por la dureza Vickers, límite elástico de 0.2%, estructura metálica, y valor de impacto Charpy están dentro del rango específico descrito anteriormente. De este modo, se mantiene el logro de excelentes propiedades con alta resistencia, mientras la maquinabilidad es buena, y no se producen astillas y deformación durante la división por fractura, es decir, la mejora en todas las tres propiedades de resistencia, maquinabilidad, y divisibilidad por fractura, se puede lograr en un alto nivel. Obsérvese que el componente forjado anterior se puede fabricar sin realizar división por fractura dependiendo de las aplicaciones. Además, el componente forjado anterior se puede utilizar sin preocupación durante un periodo de tiempo largo ya que el componente forjado tiene propiedades aseguradas tales como el valor de impacto Charpy anterior independientemente de ser sometido a separación por fractura o no.

Breve descripción de los dibujos

[Figura 1] La Figura 1(a) muestra una vista en planta de una pieza de prueba para evaluar la divisibilidad por fractura en el Ejemplo 1 y la Figura 1(b) muestra una vista frontal de la misma pieza de prueba.

[Figura 2] La Figura 2 es una vista explicativa que muestra la relación entre el contenido de P y un valor de impacto Charpy en el Ejemplo 1.

[Figura 3] La Figura 3 es una vista explicativa que muestra la relación entre la dureza y un valor de impacto Charpy en el Ejemplo 1.

[Figura 4] La Figura 4 es una vista explicativa que muestra la relación entre la dureza y el límite elástico de 0.2% en el Ejemplo 1.

[Figura 5] La Figura 5 es una vista explicativa que muestra la relación entre la dureza y un índice de maquinabilidad en el Ejemplo 1.

5 [Figura 6] La Figura 6 es una vista explicativa que muestra la relación entre un valor de la fórmula 1 y un índice de maquinabilidad en el Ejemplo 1.

[Figura 7] La Figura 7 es una vista explicativa que muestra la relación entre el contenido de N y la temperatura de calentamiento y el límite elástico de 0.2% en el Ejemplo 2.

Modo de llevar a cabo la invención

10 Se describirá la razón para limitar la composición química en el componente forjado anterior.

C: 0.30 a 0.45%,

C (carbono) es un elemento básico para asegurar la resistencia. Para obtener una resistencia, dureza y un valor de impacto Charpy apropiados y para asegurar una maquinabilidad apropiada, es importante establecer el contenido de C en el rango anterior. Cuando el contenido de C es menor que el límite inferior, es difícil asegurar la resistencia y similares, y se puede producir una deformación durante la división por fractura. Cuando el contenido de C excede el límite superior, puede haber problemas tales como deterioro de la maquinabilidad y astillado durante la división por fractura. Obsérvese que para obtener una resistencia a la tracción de más de 1100 MPa, C está contenido preferiblemente en una cantidad de 0.35% o más.

15 Si: 0.05 a 0.35%,

20 Si (silicio) es un elemento que no solo es efectivo como un desoxidante durante la fabricación de acero sino que también es efectivo para la mejora de la resistencia y divisibilidad por fractura. Para obtener estos efectos, se necesita añadir Si en una cantidad del límite inferior o más. Por otro lado, cuando el contenido de Si es demasiado alto, puede aumentar la descarbonización, y se puede producir una influencia adversa en la resistencia a la fatiga. Por lo tanto, el contenido de Si se establece al límite superior o menos.

25 Mn: 0.50 a 0.90%,

Mn (manganeso) es un elemento efectivo para la desoxidación durante la fabricación de acero y para el ajuste del equilibrio de resistencia y tenacidad del acero. Para optimizar la estructura metálica y mejorar la maquinabilidad y divisibilidad por fractura además del ajuste del equilibrio de resistencia y tenacidad, es necesario establecer el contenido de Mn dentro del rango anterior. Cuando el contenido de Mn es menor que el límite inferior, se puede producir deterioro de la resistencia y deformación durante la división por fractura. Cuando el contenido de Mn excede el límite superior, se puede deteriorar la maquinabilidad por un aumento de perlita o precipitación de bainita.

30 P: 0.030 a 0.070%,

P (fósforo) es un elemento que afecta a la divisibilidad por fractura. Por lo tanto, limitando el contenido de P al rango anterior, se obtiene fácilmente un valor de impacto Charpy apropiado, y se puede lograr la supresión de la deformación y el astillado durante la división por fractura. Cuando el contenido de P es menor que el límite inferior, se puede producir un problema de deformación durante la división por fractura. Por otro lado, cuando el contenido de P excede el límite superior, se puede producir un problema de astillado durante la división por fractura.

35 S: 0.040 a 0.070%,

40 S (azufre) es un elemento efectivo para mejorar la maquinabilidad. Para obtener este efecto, S está contenido en una cantidad igual al límite inferior o más. Por otro lado, dado que es probable que se produzca un craqueo durante la forja cuando el contenido de S es demasiado alto, el contenido de S está limitado al límite superior o menos.

Cr: 0.01 a 0.50%,

45 Dado que Cr (cromo) es un elemento efectivo para ajustar el balance de resistencia y tenacidad del acero similar a Mn, se añade Cr en una cantidad igual al límite inferior o más. Por otro lado, cuando se aumenta el contenido de Cr a un nivel excesivamente alto, la maquinabilidad se puede deteriorar por un aumento de perlita o precipitación de bainita de la misma manera que en el caso de Mn. Por lo tanto, el contenido de Cr está limitado al límite superior o menos.

Al: 0.001 a 0.050%

50 Dado que Al (aluminio) es un elemento efectivo para el tratamiento de desoxidación, se añade Al en una cantidad igual al límite inferior o más. Por otro lado, dado que un aumento de Al puede causar el deterioro de la maquinabilidad debido a un aumento de la inclusión a base de alúmina, el contenido de Al está limitado al límite superior o menos.

V: 0.25 a 0.35%

5 V (vanadio) es un elemento que se precipita finamente en ferrita como carbonitruro durante el enfriamiento después de la forja en caliente y mejora la resistencia por el fortalecimiento de la precipitación. Por lo tanto, se añade V en una cantidad igual al límite inferior o más. Por otro lado, dado que V influye enormemente en el coste, el contenido de V está limitado al límite superior o menos.

Ca: 0 a 0.0100% (incluyendo el caso de 0%)

10 Dado que Ca (calcio) es efectivo para mejorar la maquinabilidad, se puede añadir opcionalmente Ca. Cuando Ca no está contenido sustancialmente, no se obtiene de manera natural el efecto de mejora de la maquinabilidad por Ca. Sin embargo, se puede asegurar la maquinabilidad necesaria siempre que se satisfaga la fórmula 1. Por lo tanto, Ca no es un elemento esencial sino un elemento opcional. Por otro lado, dado que el efecto de mejora de la maquinabilidad añadiendo Ca está saturado incluso cuando la cantidad de Ca añadida es demasiado alta, la cantidad de Ca añadida está limitada al límite superior o menos.

N: 0.0150% o menos,

15 N (nitrógeno) es un elemento que está contenido en la mayor cantidad en el aire, y N está inevitablemente contenido como una impureza cuando se realiza la fabricación por fusión en el aire. Sin embargo, si el contenido de N excede el límite superior, N se combina con V en el acero para formar una gran cantidad de carbonitruro relativamente grande que no contribuye a la mejora de la resistencia y puede suprimir el efecto de mejora de la resistencia añadiendo V. Por lo tanto, el contenido de N está limitado al límite superior o menos. Obsérvese que incluso cuando el contenido de N está dentro del rango anterior, el carbonitruro relativamente grueso que no contribuye a la mejora de la resistencia se puede aumentar en el acero a medida que aumenta el contenido de N. Para evitar este fenómeno para asegurar la resistencia después de la forja, se prefiere calentar el acero a una temperatura más alta durante la forja en caliente para disolver el carbonitruro relativamente grueso.

20

Como se muestra también en la tabla 1 a ser descrita a continuación, las impurezas inevitables en la composición química anterior incluyen Cu, Ni, y Mo.

25 Además de limitar el rango de contenido de cada elemento como se describió anteriormente, la composición química anterior necesita además satisfacer la fórmula 1: $[C] - 4 \times [S] + [V] - 25 \times [Ca] < 0.44$. Obsérvese que [X] significa el valor de % en masa de un elemento X. Por ejemplo, [C] significa el valor del contenido (% en masa) de C. Lo mismo se puede decir en el caso de otros elementos. Además, lo mismo se puede decir en la fórmula 2 que se describirá a continuación.

30 Como se describió anteriormente, la adición de Ca es efectiva en la mejora de la maquinabilidad. Por otro lado, cuando el contenido de los elementos distintos de Ca está en el rango anterior y se satisface la fórmula 1 anterior, se puede obtener buena maquinabilidad independientemente de la adición de Ca. Es decir, cuando se satisface la fórmula 1, se puede asegurar buena maquinabilidad de manera natural cuando Ca está contenido en una cantidad de 0.0005% o más, y se puede asegurar buena maquinabilidad incluso cuando no se añade Ca. Por lo tanto, es posible aumentar el rango aceptable de la cantidad de Ca añadido estableciendo la fórmula 1 como un requerimiento esencial.

35

Obsérvese que, con respecto a la fórmula 1, la expresión relacional de la fórmula 1 se derivó como sigue. Se preparó un gran número de materiales de acero con diversos componentes químicos para adquirir los datos del índice de maquinabilidad. La relación entre estos datos y el contenido de los elementos de C, S, V y Ca se analizó mediante análisis de regresión lineal múltiple. La expresión relacional de la fórmula 1 se derivó de un valor de umbral a partir de cual se obtuvo una maquinabilidad sustancialmente igual o superior a la de un material de referencia. La razón de haber seleccionado los elementos específicos de C, S, V y Ca se basa en hallazgos anteriores de que los cuatro elementos anteriores tienen una gran influencia en la maquinabilidad en comparación con otros elementos. Después de derivar la fórmula 1 incluyendo los cuatro elementos anteriores, se verificó la validez de la fórmula.

40

Además, el acero que forma el componente forjado anterior tiene una dureza Vickers en el rango de 320 a 380 HV. De este modo, se pueden lograr tanto la propiedad de alta resistencia como la excelente maquinabilidad mediante el ajuste de los componentes descritos anteriormente. Cuando la dureza Vickers es menor que el límite inferior, es difícil lograr un aumento suficiente de la resistencia. Por otro lado, cuando la dureza Vickers excede el límite superior, se puede deteriorar la maquinabilidad.

45

Además, el acero que forma el componente forjado anterior tiene un límite elástico de 0.2% de 800 MPa o más. Esto permite que se logre un aumento suficiente de la resistencia y puede contribuir al ahorro de peso de un miembro.

50

Además, el valor de impacto Charpy de muesca en V está en el rango de 7 a 15 J/cm². De este modo, se puede lograr la supresión de la deformación y el astillado durante la división por fractura, y se puede obtener excelente divisibilidad por fractura. Cuando el valor de impacto Charpy anterior es menor que el límite inferior, se puede producir astillado durante la división por fractura. Por otro lado, cuando el valor de impacto Charpy anterior es mayor que el límite superior, puede aumentar la deformación durante la división por fractura.

55

Además, la estructura metálica del acero que forma el componente forjado anterior es una estructura de ferrita perlita, y la proporción de área de ferrita es del 30% o más. De este modo, se puede obtener una muy excelente maquinabilidad.

- 5 Para obtener esta estructura de ferrita perlita con una proporción de área de ferrita del 30% o más, se prefiere que se satisfaga el rango de cada componente en la composición química específica anterior, y además, se satisfaga adicionalmente la siguiente fórmula 2:

$$\text{Fórmula 2: } 2.15 \leq 4 \times [\text{C}] - [\text{Si}] + (1/5) \times [\text{Mn}] + 7 \times [\text{Cr}] - [\text{V}] \leq 2.61$$

- 10 Incluso en el caso donde se satisface el rango de cada componente en la composición química específica anterior, se puede producir un caso donde la proporción de área de ferrita es inferior al 30% cuando no se satisface la fórmula 2. Por lo tanto, es efectivo ajustar la combinación de cada componente químico de modo que se satisfaga la fórmula 2 anterior. Obsérvese que la proporción de área de ferrita también está influenciada por las condiciones de fabricación tales como las condiciones de forja en caliente y una tasa de enfriamiento después de la forja en caliente. Las condiciones de forja en caliente y las condiciones de enfriamiento después de la forja en caliente se describirán a continuación. Además de estas condiciones, si la fórmula 2 anterior se satisface o no influye enormemente en el control de la proporción de área de ferrita. Consecuentemente, es importante que se satisfaga la fórmula 2 anterior.

- 15 Obsérvese que, con respecto a la fórmula 2, la expresión relacional de la fórmula 2 se derivó como sigue. Se preparó un gran número de materiales de acero con diversos componentes químicos para adquirir los datos de la proporción de área de ferrita. La relación entre estos datos y el contenido de los elementos de C, Si, Mn, Cr, y V se analizó mediante análisis de regresión lineal múltiple. La expresión relacional de la fórmula 2 se derivó de modo que la proporción de área de ferrita pudiera ser del 30% o más. La razón de haber seleccionado los elementos específicos C, Si, Mn, Cr, y V se basa en hallazgos anteriores de que los cinco elementos anteriores tienen una gran influencia en la estructura metálica después de la forja en comparación con otros elementos. Después de derivar la fórmula 2 incluyendo los cinco elementos anteriores, se verificó la validez de la fórmula.

- 25 Además, un componente forjado con las excelentes propiedades anteriores se puede aplicar a diversos miembros. Particularmente, un método de fabricación que utiliza división por fractura se puede aplicar a una biela, y el acero anterior se aplica de manera muy efectiva a la biela.

- 30 Además, en la fabricación del componente forjado anterior, se realizan al menos los siguientes pasos: un paso de fundir una materia prima en un horno eléctrico o similar para producir una pieza de fundición con los componentes químicos específicos anteriores y someter la pieza de fundición a trabajo en caliente tal como laminado en caliente para preparar un material de acero para forja; un paso de someter el material de acero para forja a forja en caliente; y un paso de enfriamiento para enfriar un producto forjado después de la forja en caliente. En este momento, si el contenido de N es alto, carbonitruro de V relativamente grueso se precipitará en cantidades mayores en un material de acero para forja. Por lo tanto, para precipitar carbonitruro fino que contribuya a la mejora de la resistencia en el curso del enfriamiento del producto forjado después de la forja en caliente, es necesario ajustar la temperatura de forja en caliente a un nivel más alto a medida que se aumenta el contenido de N, disolviendo así el carbonitruro relativamente grueso como se describió anteriormente.

- 35 Específicamente, cuando el contenido de N es de 0.0090% o menos, la temperatura de forja en caliente puede ser de 1150°C o superior, que no es particularmente diferente de la temperatura de forja en caliente en la forja en caliente convencional. Por otro lado, cuando el contenido de N excede el 0.0090%, se prefiere establecer la temperatura de forja en caliente a un nivel más alto de 1230°C o superior de modo que el carbonitruro de V en un material de acero para forja se pueda disolver en cantidades mayores. Obsérvese que incluso cuando el contenido de N es del 0.0090% o menos, no es un problema que la temperatura de forja en caliente se establezca a 1230°C o superior. Sin embargo, la temperatura de límite superior es preferiblemente de 1300°C ya que si la temperatura de forja en caliente se aumenta demasiado, los granos de cristal serán gruesos, afectando negativamente a las propiedades mecánicas.

- 45 Además, para lograr una alta resistencia y dureza objetivo, y un valor de impacto adecuados para la división por fractura, se requiere una precaución también para la tasa de enfriamiento después de la forja en caliente. Específicamente, el enfriamiento se realiza preferiblemente de modo que la tasa de enfriamiento promedio de 800 a 600°C sea de 150 a 250 °C/min. El límite inferior de la tasa de enfriamiento promedio se establece a 150 °C/min ya que, si la tasa de enfriamiento es lenta, será difícil lograr una alta resistencia, dureza, y valor de impacto objetivo. Además, el límite superior de la tasa de enfriamiento promedio se establece a 250°C/min ya que, si la tasa de enfriamiento es mayor que el límite superior, se puede producir una estructura de bainita, que también evita que se logren las propiedades mecánicas objetivo. El rango de la tasa de enfriamiento se estableció en el rango de temperatura de 800 a 600°C ya que la tasa de enfriamiento en este rango de temperatura tiene la mayor influencia en las propiedades mecánicas.

55 Ejemplos

(Ejemplo 1)

Se describirán ejemplos del componente forjado anterior. Como se muestra en la Tabla 1, se prepararon en este ejemplo varios tipos de muestras cada una con una composición química diferente, y estas muestras se sometieron a procesamiento suponiendo el caso donde se produce una biela, y las muestras resultantes se sometieron a diversas evaluaciones. Obsérvese que el método de fabricación de cada muestra se puede cambiar a cualquiera de los diversos métodos conocidos.

5

(Tabla 1)

Muestra Nº	Composición química (% en masa)														Fórmula 1	Fórmula 2
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Al	V	Ca	N	Fe		
E1	0.31	0.22	0.75	0.037	0.059	0.09	0.05	0.19	0.027	0.012	0.33	0.0035	0.0071	ba1	0.317	2.17
E2	0.30	0.25	0.75	0.040	0.060	0.10	0.05	0.20	0.025	0.008	0.31	0.0020	0.0060	ba1	0.320	2.19
E3	0.31	0.22	0.75	0.036	0.054	0.09	0.06	0.19	0.027	0.008	0.34	0.0033	0.0068	ba1	0.352	2.16
E4	0.33	0.24	0.74	0.038	0.059	0.10	0.05	0.18	0.022	0.005	0.30	0.0018	0.0058	ba1	0.349	2.19
E5	0.31	0.22	0.68	0.059	0.057	0.10	0.05	0.20	0.021	0.007	0.33	0.0018	0.0055	ba1	0.367	2.23
E6	0.32	0.25	0.61	0.059	0.057	0.10	0.05	0.20	0.021	0.007	0.30	0.0018	0.0086	ba1	0.347	2.25
E7	0.34	0.23	0.73	0.059	0.062	0.11	0.05	0.20	0.022	0.012	0.34	0.0026	0.0060	ba1	0.367	2.34
E8	0.38	0.08	0.74	0.032	0.056	0.10	0.04	0.19	0.027	0.009	0.32	0.0029	0.0065	ba1	0.404	2.60
E9	0.43	0.15	0.65	0.052	0.051	0.10	0.05	0.15	0.028	0.003	0.27	0.0023	0.0054	ba1	0.439	2.48
E10	0.39	0.34	0.52	0.042	0.050	0.10	0.04	0.20	0.023	0.004	0.30	0.0031	0.0056	ba1	0.413	2.42
E11	0.45	0.23	0.58	0.065	0.065	0.10	0.05	0.12	0.025	0.005	0.25	0.0015	0.0078	ba1	0.403	2.28
E12	0.38	0.23	0.88	0.047	0.061	0.10	0.05	0.20	0.028	0.003	0.26	0.0022	0.0071	ba1	0.341	2.61
E13	0.37	0.24	0.72	0.056	0.059	0.10	0.05	0.20	0.022	0.005	0.33	0.0034	0.0064	ba1	0.379	2.45
E14	0.31	0.27	0.71	0.052	0.056	0.11	0.05	0.22	0.024	0.004	0.34	0.0002	0.0074	ba1	0.421	2.31
E15	0.35	0.30	0.65	0.045	0.058	0.10	0.04	0.23	0.014	0.005	0.32	0.0002	0.0065	ba1	0.433	2.52
E16	0.40	0.15	0.60	0.054	0.065	0.10	0.05	0.15	0.042	0.008	0.28	0.0001	0.0077	ba1	0.418	2.34
E17	0.33	0.25	0.78	0.050	0.048	0.09	0.06	0.18	0.031	0.010	0.30	0.0001	0.0059	ba1	0.436	2.19
C1	0.29	0.22	0.71	0.042	0.052	0.09	0.05	0.19	0.027	0.006	0.29	0.0028	0.0065	ba1	0.302	2.12
C2	0.35	0.25	0.45	0.048	0.052	0.02	0.05	0.03	0.040	0.007	0.31	0.0031	0.0044	ba1	0.375	1.14
C3	0.35	0.25	0.55	0.034	0.060	0.10	0.05	0.55	0.025	0.008	0.34	0.0018	0.0050	ba1	0.405	4.77
C4	0.32	0.10	0.75	0.027	0.060	0.10	0.05	0.20	0.025	0.005	0.30	0.0020	0.0060	ba1	0.330	2.43
C5	0.33	0.24	1.04	0.037	0.053	0.10	0.05	0.15	0.025	0.010	0.27	0.0011	0.0053	ba1	0.361	2.07
C6	0.32	0.33	0.65	0.075	0.054	0.10	0.05	0.12	0.032	0.005	0.32	0.0018	0.0079	ba1	0.379	1.60
C7	0.47	0.27	0.54	0.054	0.062	0.05	0.05	0.02	0.050	0.011	0.27	0.0024	0.0065	ba1	0.432	1.59
C8	0.36	0.25	0.68	0.062	0.035	0.01	0.05	0.04	0.030	0.004	0.32	0.0028	0.0058	ba1	0.470	1.29
C9	0.37	0.27	0.70	0.057	0.049	0.12	0.06	0.14	0.024	0.008	0.29	0.0003	0.0075	ba1	0.457	2.04
C10	0.38	0.32	0.68	0.049	0.052	0.10	0.05	0.42	0.032	0.006	0.21	0.0023	0.0078	ba1	0.325	4.07
C11	0.36	0.24	0.73	0.045	0.057	0.09	0.04	0.36	0.006	0.004	0.38	0.0032	0.0085	ba1	0.432	3.49
C12	0.40	0.25	0.53	0.055	0.057	0.10	0.05	0.21	0.039	0.006	0.29	0.0027	0.0070	ba1	0.395	2.64

Prueba de evaluación de la resistencia

Se preparó una pieza de prueba para la evaluación de la resistencia de la siguiente manera. Una pieza de fundición producida por fusión en un horno eléctrico se sometió a laminado en caliente para preparar una barra de acero. La barra de acero se sometió a extender la forja para producir una barra redonda con un diámetro de 20 mm como material de acero para forja. Posteriormente, la barra redonda se calentó a 1200 °C correspondientes a una temperatura de tratamiento estándar en la forja en caliente real y se mantuvo a esta temperatura durante 30 minutos. La barra redonda caliente se enfrió luego mediante enfriamiento por ventilador a temperatura ambiente bajo la condición de que la tasa de enfriamiento promedio de 800 a 600°C es aproximadamente de 190°C/min.

La evaluación de la resistencia se realizó sobre los siguientes elementos.

- 10 - Medición de la dureza: se midió la dureza Vickers según JIS Z 2244.
- Medición de la resistencia a la tracción y el límite elástico de 0.2%: se determinaron la resistencia a la tracción y el límite elástico de 0.2% realizando una prueba de tracción según JIS Z 2241.
- Proporción de área de ferrita: una sección de una pieza de prueba fue sometida a corrosión de Nital y observada luego con un microscopio óptico. La proporción de área se determinó por conteo de puntos según JIS G0551.
- 15 - Valor de impacto Charpy: se determinó el valor de impacto Charpy realizando la prueba de impacto Charpy de muesca en V según JIS Z 2242.

Cuando la dureza Vickers estaba en el rango de 320 a 380 HV, se determinó que la dureza era buena, y de lo contrario se determinó que la dureza era mala. Cuando el límite elástico de 0.2% era de 800 MPa o más, se determinó que el límite elástico de 0.2% era bueno, y de lo contrario se determinó que el límite elástico de 0.2% era malo. Cuando un valor de impacto Charpy de muesca en V estaba en el rango de 7 a 15 J/cm², se determinó que el valor de impacto Charpy de muesca en V era bueno, y de lo contrario se determinó que el valor de impacto Charpy de muesca en V era malo.

Prueba de evaluación de la maquinabilidad

Se preparó una pieza de prueba para la evaluación de la maquinabilidad de la siguiente manera. Una pieza de fundición producida por fusión en un horno eléctrico se sometió a laminado en caliente para preparar una barra de acero. La barra de acero se sometió a extender la forja para producir una barra cuadrada con una sección transversal cuadrada de 25 mm de lado como material de acero para forja. Posteriormente, la barra cuadrada se calentó a 1200 °C correspondientes a una temperatura de tratamiento estándar en la forja en caliente real y se mantuvo a esta temperatura durante 30 minutos. La barra cuadrada caliente se enfrió luego mediante enfriamiento por ventilador a temperatura ambiente bajo la condición de que la tasa de enfriamiento promedio de 800 a 600°C es aproximadamente de 190°C/min. La barra cuadrada enfriada se mecanizó en una barra cuadrada con una sección transversal cuadrada de 20 mm de lado, que se utilizó como una pieza de prueba para la evaluación de la maquinabilidad.

La prueba de maquinabilidad se realizó mediante perforación con un taladro. Las condiciones de prueba son como sigue.

- 35 - El taladro utilizado: un taladro de acero de alta velocidad con un diámetro de 8 mm
- Número de revoluciones del taladro: 800 rpm
- Alimentación: 0.20 mm/rev
- Profundidad de mecanizado: 11 mm
- El número de agujeros mecanizados: 300 agujeros (no cortados a través)
- 40 Se realizó la medición de una pérdida de abrasión de perforación en una parte de esquina de flanco del taladro después de mecanizar 300 agujeros. Se calculó el índice de maquinabilidad estableciendo la pérdida de abrasión de perforación un material de referencia a 1 y determinando la proporción de la pérdida de abrasión de perforación de cada muestra en comparación con la del material de referencia. Como el material de referencia se utilizó acero al carbono JIS convencional para maquinaria (dureza: 250 HV) con una composición química de C: 0.23%, Si: 0.25%, Mn: 0.80%, Cr: 0.2%, y siendo el resto Fe e impurezas inevitables. Este acero convencional se utilizó como un material de referencia ya que este acero convencional tenía una dureza significativamente baja en comparación con el acero según la presente aplicación y tenía una maquinabilidad satisfactoria en la fabricación incluso si no se añade un elemento para mejorar la maquinabilidad tal como S. Entonces, cuando el índice de maquinabilidad era de 1.20 o menos, se determinó que la maquinabilidad era buena, y cuando el índice de maquinabilidad era de más de 1.20, se determinó que la maquinabilidad era mala.
- 50

Prueba de evaluación de la divisibilidad por fractura

5 Se produjo una pieza de prueba para la evaluación de la divisibilidad por fractura. Primero, una pieza de fundición producida por fundido en un horno eléctrico se sometió a laminado en caliente para preparar una barra de acero. La barra de acero se sometió a extender la forja para producir un material de placa con un tamaño de 75 mm de longitud x 75 mm de anchura x 25 mm de espesor como material de acero para forja. Posteriormente, el material de placa se calentó a 1200 °C correspondientes a una temperatura de tratamiento estándar en la forja en caliente real y se mantuvo a esta temperatura durante 30 minutos. El material de placa caliente se enfrió luego mediante enfriamiento por ventilador a temperatura ambiente bajo la condición de que la tasa de enfriamiento promedio de 800 a 600°C es aproximadamente de 190°C/min. Posteriormente, como se muestra en la Figura 1, se obtuvo una pieza de prueba 8 para la evaluación de la divisibilidad por fractura procesando el material de placa anterior de modo que la pieza de prueba tuviera una forma con una dimensión exterior de 70 mm de longitud L x 70 mm de anchura W x 20 mm de espesor T y un agujero pasante 81 con un diámetro D1 = 45 mm que atraviesa la pieza de prueba en la dirección del espesor en el centro, suponiendo el extremo grande de una biela. Como se muestra en la Figura 1, en la pieza de prueba 8 para la evaluación de la divisibilidad por fractura, se proporcionó un par de agujeros pasantes 82 paralelos cada uno con un diámetro D2 = 8 mm que atraviesa en la dirección longitudinal a lo largo de un par de contornos paralelos, y se proporcionó un par de muescas 83 en la pared circunferencial interior del agujero pasante 81. La muesca 83 fue cortada con láser y tenía una profundidad d de 1 mm. Además, las muescas 83 se proporcionaron en dos posiciones que estaban situadas a 90 grados con relación a la dirección longitudinal, es decir, dos posiciones más cercanas al agujero pasante 82 anterior.

20 La división por fractura (craqueo) se realizó por un método que incluye insertar una plantilla (no mostrada) en el agujero pasante 81 y aplicar una carga de impacto en la dirección de la flecha F, como se muestra en la Figura 1.

25 La divisibilidad por fractura se evaluó combinando las piezas de prueba divididas por fractura en el estado no dividido después de la división por fractura, sujetando las piezas de prueba divididas por fractura con pernos utilizando los agujeros pasantes 82 anteriores, y midiendo la dimensión de diámetro interior del agujero pasante 81 antes y después de la división por fractura para determinar la cantidad de cambio dimensional. Para cada muestra, se realizaron diez pruebas (n=10), respectivamente. Cuando el cambio dimensional era de 10 µm o menos y no se produjeron astillas en la superficie de fractura en todas las pruebas, se determinó que la divisibilidad por fractura era buena, y de lo contrario se determinó que la divisibilidad por fractura era mala.

Cada resultado de la evaluación se muestra en la Tabla 2.

(Tabla 2)

Muestra Nº	Dureza HV	Resistencia a la tracción MPa	Límite elástico de 0.2% MPa	Proporción de fluencia	Proporción de área de ferrita %	Valor de impacto Charpy J/cm ²	Divisibilidad por fractura	Índice de maquinabilidad
E1	344	1080	862	0.799	68	11.89	Buena	0.96
E2	333	1130	907	0.803	73	10.28	Buena	0.87
E3	356	1105	872	0.789	69	9.86	Buena	0.99
E4	334	1070	860	0.804	58	8.09	Buena	0.90
E5	328	1048	827	0.789	68	11.80	Buena	0.96
E6	325	1032	807	0.782	63	10.86	Buena	0.91
E7	352	1055	840	0.796	53	7.95	Buena	0.85
E8	370	1274	968	0.760	30	7.45	Buena	1.18
E9	370	1263	971	0.769	33	8.15	Buena	1.15
E10	358	1153	915	0.794	39	9.34	Buena	0.99
E11	369	1202	910	0.757	32	8.19	Buena	1.08
E12	364	1148	913	0.795	30	7.35	Buena	1.06
E13	357	1119	872	0.779	48	9.85	Buena	0.95
E14	352	1157	936	0.809	66	7.10	Buena	1.17
E15	363	1169	936	0.801	50	8.57	Buena	1.19
E16	348	1153	865	0.750	44	9.07	Buena	1.10
E17	345	1141	916	0.803	58	7.75	Buena	1.15
C1	305	1002	756	0.754	74	25.53	Gran deformación	0.89
C2	307	1040	796	0.765	87	16.45	Gran deformación	0.86
C3	375	1282	1019	0.795	18	5.38	Aparición de virutas	1.58
C4	328	1068	842	0.788	73	15.46	Gran deformación	0.92
C5	355	1145	808	0.706	27	6.47	Aparición de virutas	1.43
C6	338	1129	877	0.777	69	5.06	Aparición de virutas	0.93
C7	371	1205	877	0.728	24	4.81	Aparición de virutas	1.42
C8	349	1139	902	0.792	62	7.39	Buena	1.27
C9	354	1170	890	0.761	49	8.79	Buena	1.31
C10	334	1091	782	0.717	31	9.18	Buena	0.83
C11	396	1334	1098	0.823	36	6.41	Aparición de virutas	1.65
C12	355	1178	905	0.768	27	5.28	Aparición de virutas	1.44

La Tabla 2 revela que las muestras E1 a E17 proporcionan buenos resultados para todos los elementos de evaluación y son excelentes en todas las tres propiedades de resistencia, maquinabilidad, y divisibilidad por fractura. Entre estas muestras, las muestras E14 a E17 contienen Ca solo como una impureza pero se halla que satisfacen la maquinabilidad necesaria ya que los componentes han sido ajustados de modo que se satisface la fórmula 1 optimizando los componentes distintos de Ca.

Además, las muestras E1 a E17 no solo son excelentes en la divisibilidad por fractura sino que también son excelentes en todas las otras propiedades, y cada una tiene un valor de impacto Charpy de 7 J/cm² o más. Por lo tanto, estas muestras se pueden utilizar sin preocupación durante un periodo de tiempo largo independientemente de ser sometidas a división por fractura o no. Por lo tanto, estas muestras se pueden utilizar adecuadamente no solo para componentes que requieren separación por fractura sino también para componentes que no requieren separación por fractura.

Por otro lado, dado que la muestra C1 tenía un contenido de C demasiado bajo, las propiedades de resistencia tales como la dureza y el límite elástico de 0.2% eran bajas, y el valor de impacto Charpy era alto. Esto resultó en una gran deformación en la evaluación de la divisibilidad por fractura.

Similarmente, dado que la muestra C2 tenía un contenido de Mn demasiado bajo, las propiedades de resistencia tales como la dureza y el límite elástico de 0.2% eran bajas, y el valor de impacto Charpy era alto. Esto resultó en una gran deformación en la evaluación de la divisibilidad por fractura.

5 Dado que la muestra C3 tenía un contenido de Cr demasiado alto, la proporción de área de ferrita en la estructura metálica se redujo para reducir así el valor de impacto Charpy. Esto resultó en la aparición de astillas en la evaluación de la divisibilidad por fractura y baja maquinabilidad.

Dado que la muestra C4 tenía un contenido de P demasiado bajo, el valor de impacto aumentó. Esto resultó en una gran deformación en la evaluación de la divisibilidad por fractura.

10 Dato que la muestra C5 tenía un contenido de Mn demasiado alto, la proporción de área de ferrita en la estructura metálica se redujo para reducir así el valor de impacto Charpy. Esto resultó en la aparición de astillas en la evaluación de la divisibilidad por fractura y baja maquinabilidad.

Dato que la muestra C6 tenía un contenido de P demasiado alto, el valor de impacto Charpy se redujo, conduciendo a la aparición de astillas en la evaluación de la divisibilidad por fractura.

15 Dado que la muestra C7 tenía un contenido de C demasiado alto, el valor de impacto Charpy se redujo, conduciendo a la aparición de astillas en la evaluación de la divisibilidad por fractura, y la proporción de área de ferrita en la estructura metálica se redujo, resultando en baja maquinabilidad.

La muestra C8 tenía un contenido de S demasiado bajo y no satisfacía la fórmula 1, resultando así en baja maquinabilidad.

La muestra C9 no satisfacía la fórmula 1, resultando así en baja maquinabilidad.

20 La muestra C10 tenía un contenido de V demasiado bajo, resultando así en un límite elástico de 0.2% bajo.

Dado que la muestra C11 tenía un contenido de V demasiado alto, el valor de impacto Charpy se redujo, conduciendo a la aparición de astillas en la evaluación de la divisibilidad por fractura, y la dureza aumentó demasiado, resultando en baja maquinabilidad.

25 En la muestra C12, cada componente químico está dentro del rango de la presente invención pero no satisface la relación de la fórmula 2. Por lo tanto, la proporción de área de ferrita era inferior al 30%. Esto resultó en el deterioro de la maquinabilidad y un valor de impacto Charpy bajo, conduciendo a la aparición de chips en la evaluación de la divisibilidad por fractura. Este resultado revela que cuando se emplea al menos el método de fabricación de este ejemplo, es efectivo optimizar la proporción de área de ferrita que no solo se limita cada componente químico, sino también se satisface la relación de la fórmula 2.

30 A continuación, se muestra en la Figura 2 la relación entre el contenido de P y el valor de impacto Charpy. En la Figura 2, el eje de abscisas denota el contenido de P (% en masa), y el eje de ordenadas denota un valor de impacto Charpy (J/cm^2). Entonces, se representaron los datos de las muestras E1 a E17 y las muestras C4 a C6. La Figura 2 revela que, para limitar el valor de impacto Charpy anterior dentro del rango de 7 a $15 J/cm^2$, es efectivo limitar al menos el contenido de P dentro del rango de 0.030 a 0.070%.

35 La Figura 3 muestra la relación entre la dureza y un valor de impacto Charpy. En la Figura 3, el eje de abscisas denota la dureza (HV10), y el eje de ordenadas denota un valor de impacto Charpy (J/cm^2). Entonces, se representaron los datos de las muestras E1 a E17 y las muestras C1 a C7 y C11. La Figura 3 revela que es difícil limitar el valor de impacto Charpy anterior dentro del rango de 7 a $15 J/cm^2$ solo limitando la dureza, y la muestra C1 muestra la necesidad de optimizar el contenido de C; la muestra C2 muestra la necesidad de optimizar el contenido de Mn; la muestra C4 y la muestra C6 muestran la necesidad de optimizar el contenido de P; las muestras C3, C5, y C7 muestran la necesidad de optimizar la proporción de área de ferrita; y la muestra C11 muestra la necesidad de optimizar el contenido de V.

45 La Figura 4 muestra la relación entre la dureza y el límite elástico de 0.2%. En la Figura 4, el eje de abscisas denota la dureza (HV10), y el eje de ordenadas denota el límite elástico de 0.2% (MPa). Entonces, se representaron los datos de las muestras E1 a E17 y las muestras C1 a C3, C5, C7, y C10. La Figura 4 revela que, en el caso donde la dureza es inferior a 320 HV, el límite elástico de 0.2% es inferior a 800 MPa; por otro lado, incluso en el caso donde la dureza es de 320 HV o más, el límite elástico de 0.2% es inferior a 800 MPa cuando el contenido de V es inferior a 0.25%, y el límite elástico de 0.2% es inferior a 800 MPa cuando el contenido de N es superior a 0.0090%.

50 La Figura 5 muestra la relación entre la dureza y un índice de maquinabilidad. En la Figura 5, el eje de abscisas denota la dureza (HV10), y el eje de ordenadas denota un índice de maquinabilidad. Entonces, se representaron los datos de las muestras E1 a E17 y las muestras C3, C5, C7 a C9, y C11. La Figura 5 revela que la maquinabilidad se reduce en el caso donde la dureza es superior a 380 HV; por otro lado, incluso en el caso donde la dureza es de 380 HV o menos, la maquinabilidad se reduce cuando la proporción de área de ferrita es inferior al 30%, y la maquinabilidad se reduce también cuando el contenido de S es inferior al 0.040%.

La Figura 6 muestra la relación entre un valor de la fórmula 1 y un índice de maquinabilidad. En la Figura 6, el eje de abscisas denota un valor de la fórmula 1, y el eje de ordenadas denota un índice de maquinabilidad. Entonces, se representaron los datos de las muestras E14 a E17 y la muestra C9. Es decir, para verificar que se satisface la maquinabilidad cuando se satisface la fórmula 1 incluso si el contenido de Ca es bajo, solo se representaron las muestras en las que el contenido de Ca era inferior al 0.0005% y el rango de contenido de cada componente era apropiado entre las muestras sometidas a experimento en este ejemplo. Entre los datos representados, solo la muestra C9 no satisfacía la fórmula 1, y otras muestras satisfacían la fórmula 1. La Figura 6 revela que incluso cuando el contenido de Ca es inferior al 0.0005%, se puede asegurar la maquinabilidad cuando se satisface la fórmula 1.

(Ejemplo 2)

10 En este ejemplo, se preparó e investigó una pluralidad de muestras mostradas en la Tabla 3 para determinar la influencia del contenido de N y el contenido de V en las propiedades del acero. Además, se investigó también la influencia de la temperatura de calentamiento durante la forja en caliente. Como se muestra en la Tabla 3, las muestras E21, E22, y C21 tienen cada una un contenido de V del 0.32% y un contenido de N diferente entre sí. Las muestras E31, E32, y C31 tienen cada una un contenido de V del 0.28% y un contenido de N diferente entre sí. Obsérvese que

15 los componentes distintos de V y N se han ajustado de modo que el contenido de estos componentes puede estar sustancialmente al mismo nivel entre las tres muestras de E21, E22, y C21 y las tres muestras de E31, E32, y C31.

(Tabla 3)

Muestra Nº	Composición química (% en masa)													
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Al	V	Ca	N	Fe
E21	0.33	0.22	0.73	0.043	0.058	0.09	0.06	0.21	0.031	0.009	0.32	0.0023	0.0088	bal
E22	0.34	0.22	0.79	0.036	0.061	0.09	0.06	0.20	0.028	0.007	0.32	0.0031	0.0120	bal
C21	0.34	0.22	0.74	0.047	0.053	0.09	0.06	0.20	0.033	0.010	0.32	0.0026	0.0160	bal
E31	0.38	0.23	0.72	0.050	0.055	0.09	0.06	0.20	0.035	0.008	0.28	0.0034	0.0082	bal
E32	0.38	0.25	0.70	0.048	0.052	0.10	0.05	0.21	0.033	0.011	0.28	0.0014	0.0145	bal
C31	0.37	0.23	0.68	0.046	0.056	0.10	0.05	0.21	0.033	0.010	0.28	0.0022	0.0164	bal

5 El método de fabricación de cada muestra es básicamente el mismo que en el caso del Ejemplo 1 descrito anteriormente, y la temperatura de calentamiento durante la forja en caliente se estableció a la temperatura mostrada en la Tabla 4. El método de prueba de las muestras obtenidas era también el mismo que en el caso del Ejemplo 1 descrito anteriormente. Los resultados de las pruebas se muestran en la Tabla 4. Además, la Figura 7 muestra la relación entre el contenido de N y la temperatura de calentamiento y el límite elástico de 0.2%.

[Tabla 4]

(Tabla 4)

Muestra N°	Temperatura de calentamiento durante la forja en caliente	Dureza HV	Resistencia a la tracción HV	Límite elástico de 0.2% MPa	Proporción de fluencia	Proporción de área de ferrita %	Valor de impacto Charpy J/cm ²
E21	1250°C	334	1089	861	0.790	54	7.52
	1230°C	333	1081	851	0.787	54	7.75
	1200°C	332	1068	835	0.782	55	8.10
E22	1250°C	335	1093	836	0.765	47	8.39
	1230°C	336	1092	817	0.748	45	8.59
	1200°C	338	1092	788	0.722	43	8.88
C21	1250°C	330	1067	794	0.740	51	9.59
	1230°C	329	1071	785	0.733	52	10.52
	1200°C	327	1054	772	0.723	53	11.91
E31	1250°C	332	1065	826	0.783	33	10.64
	1230°C	329	1055	823	0.780	35	11.75
	1200°C	325	1055	818	0.775	38	13.41
E32	1250°C	329	1049	804	0.777	34	9.98
	1230°C	326	1047	802	0.766	35	11.68
	1200°C	321	1038	782	0.749	37	14.22
C31	1250°C	328	1068	788	0.745	40	10.39
	1230°C	325	1057	782	0.740	41	11.44
	1200°C	321	1049	772	0.732	42	13.02

Como resulta evidente a partir de la Tabla 4 y la Figura 7, en el caso donde el contenido de N es de 0.0090% o menos, se puede asegurar un límite elástico de 0.2% de 800 MPa o más incluso cuando la temperatura de forja en caliente es de 1200°C, pero en el caso donde el contenido de N es superior al 0.0090%, no se puede asegurar un límite elástico de 0.2% de 800 MPa o más. Sin embargo, se halla que incluso en el caso donde el contenido de N es superior al 0.0090%, el límite elástico de 0.2% puede ser de 800 MPa o más estableciendo la temperatura de forja en caliente a 1230°C o más. Por otro lado, en el caso donde el contenido de N es superior al 0.015% (en el caso de las muestras C21 y C31), fue imposible obtener un límite elástico de 0.2% de 800 MPa o más incluso cuando se aumentó la temperatura de forja en caliente a 1250°C.

5

10 (Ejemplo 3)

En los ejemplos descritos anteriormente, se realizó el paso de enfriamiento después de la forja en caliente bajo la condición de que la tasa de enfriamiento promedio de 800 a 600°C era de 190°C/min. Para captar la influencia de la tasa de enfriamiento en más detalle, se realizaron experimentos en este ejemplo utilizando la muestra E1 a una tasa de enfriamiento promedio de 800 a 600°C de 100°C/min y 300°C/min ajustando la resistencia de un ventilador en el enfriamiento por ventilador. Las condiciones distintas de la tasa de enfriamiento se establecieron a las mismas condiciones que en el Ejemplo 1.

15

Como resultado de los experimentos, cuando se estableció la tasa de enfriamiento a 100°C/min, se halló que tanto la dureza como el límite elástico eran valores relativamente bajos de 312 HV y 769 MPa, respectivamente, mientras que

se halló que el valor de impacto era un valor excesivamente alto de 17.65 J/cm², resultando en el deterioro de la divisibilidad por fractura y una gran deformación.

5 Además, cuando la tasa de enfriamiento se estableció a 300°C/min, se produjo una estructura de bainita; la proporción de fluencia que era de 0.799 cuando la tasa de enfriamiento era de 100°C/min se deterioró a 0.732; y el valor de impacto se deterioró a 6.44 J/cm², resultando en la aparición de astillas durante la división por fractura.

Los resultados experimentales anteriores muestran que también es importante ajustar la tasa de enfriamiento después de la forja en caliente.

REIVINDICACIONES

1. Un componente forjado con una composición química compuesta por, por % en masa, C: 0.30 a 0.45%, Si: 0.05 a 0.35%, Mn: 0.50 a 0.90%, P: 0.030 a 0.070%, S: 0.040 a 0.070%, Cr: 0.01 a 0.50%, Al: 0.001 a 0.050%, V: 0.25 a 0.35%, Ca: 0 a 0.0100%, N: 0.0150% o menos, y siendo el resto Fe e impurezas inevitables que incluyen Cu, Ni y Mo, y que satisface la siguiente fórmula 1:
- 5 Fórmula 1: $[C] - 4 \times [S] + [V] - 25 \times [Ca] < 0.44$ en donde [X] significa un valor del contenido en % en masa de un elemento X, en donde
- la estructura metálica es una estructura de ferrita perlita, y una proporción de área de ferrita es del 30% o más;
- la dureza Vickers está en el rango de 320 a 380 HV;
- 10 el límite elástico de 0.2% es de 800 MPa o más; y
- un valor de impacto Charpy de muesca en V está en el rango de 7 a 15 J/cm².
2. El componente forjado según la reivindicación 1 que satisface la siguiente fórmula 2:
- Fórmula 2: $2.15 \leq 4 \times [C] - [Si] + (1/5) \times [Mn] + 7 \times [Cr] - [V] \leq 2.61$
3. Una biela que comprende el componente forjado según la reivindicación 1 o 2.
- 15 4. Un método para fabricar un componente forjado, teniendo el componente forjado
- una estructura metálica que es una estructura de ferrita perlita en la que una proporción de área de ferrita es del 30% o más;
- una dureza Vickers en el rango de 320 a 380 HV;
- un límite elástico de 0.2% de 800 MPa o más; y
- 20 un valor de impacto Charpy de muesca en V en el rango de 7 a 15 J/cm²,
- comprendiendo dicho método:
- un paso de preparar un material de acero para forja con una composición química compuesta por, por % en masa, C: 0.30 a 0.45%, Si: 0.05 a 0.35%, Mn: 0.50 a 0.90%, P: 0.030 a 0.070%, S: 0.040 a 0.070%, Cr: 0.01 a 0.50%, Al: 0.001 a 0.050%, V: 0.25 a 0.35%, Ca: 0 a 0.0100%, N: 0.0090% o menos, y siendo el resto Fe e impurezas inevitables que incluyen Cu, Ni y Mo, y que satisface la siguiente fórmula 1:
- 25 Fórmula 1: $[C] - 4 \times [S] + [V] - 25 \times [Ca] < 0.44$ en donde [X] significa un valor del contenido en % en masa de un elemento X;
- un paso de someter el material de acero para forja a forja en caliente a una temperatura de forja en caliente de 1150°C a 1300°C para obtener un componente forjado; y
- 30 un paso de enfriamiento para enfriar el componente forjado después de la forja en caliente de modo que una tasa de enfriamiento promedio de 800 a 600°C pueda ser de 150 a 250°C/min.
5. El método según la reivindicación 4, en donde la temperatura de forja en caliente es de 1230°C a 1300°C.

FIG. 1 (a)

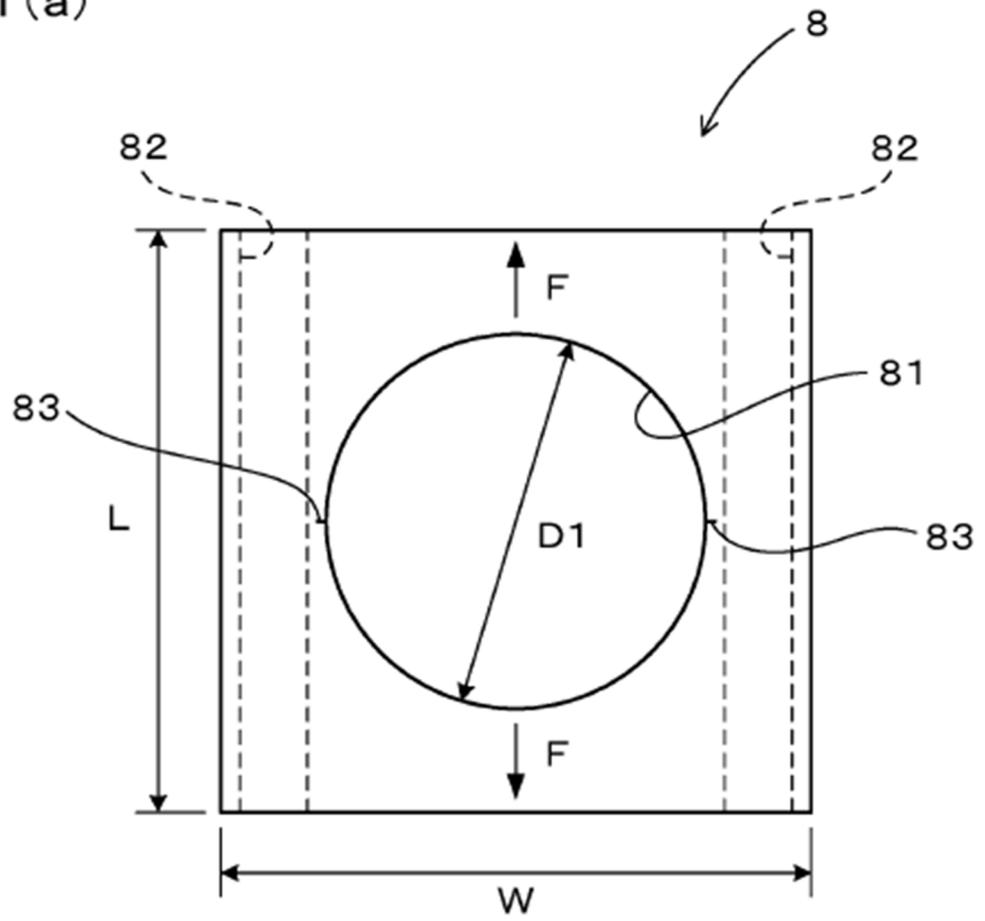


FIG. 1 (b)

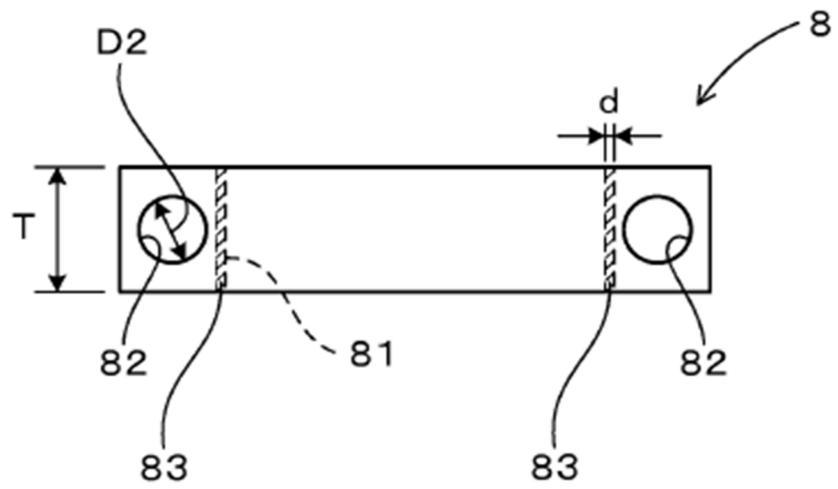


FIG. 2

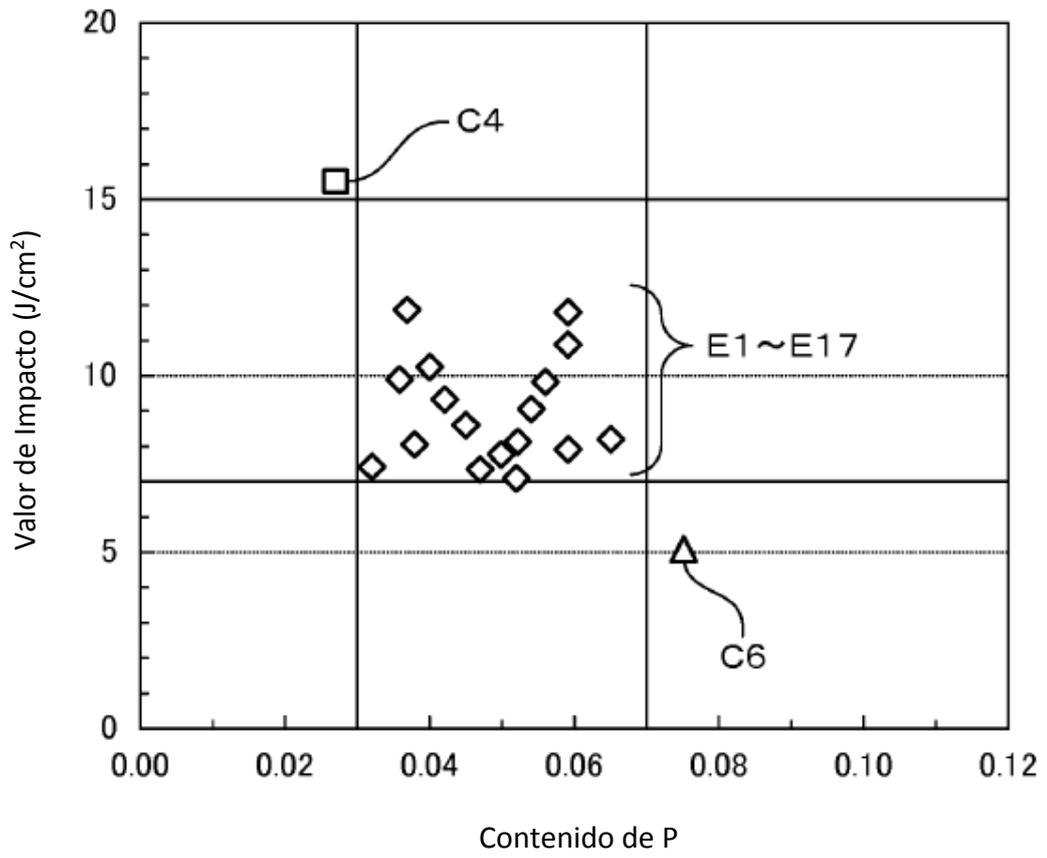


FIG. 3

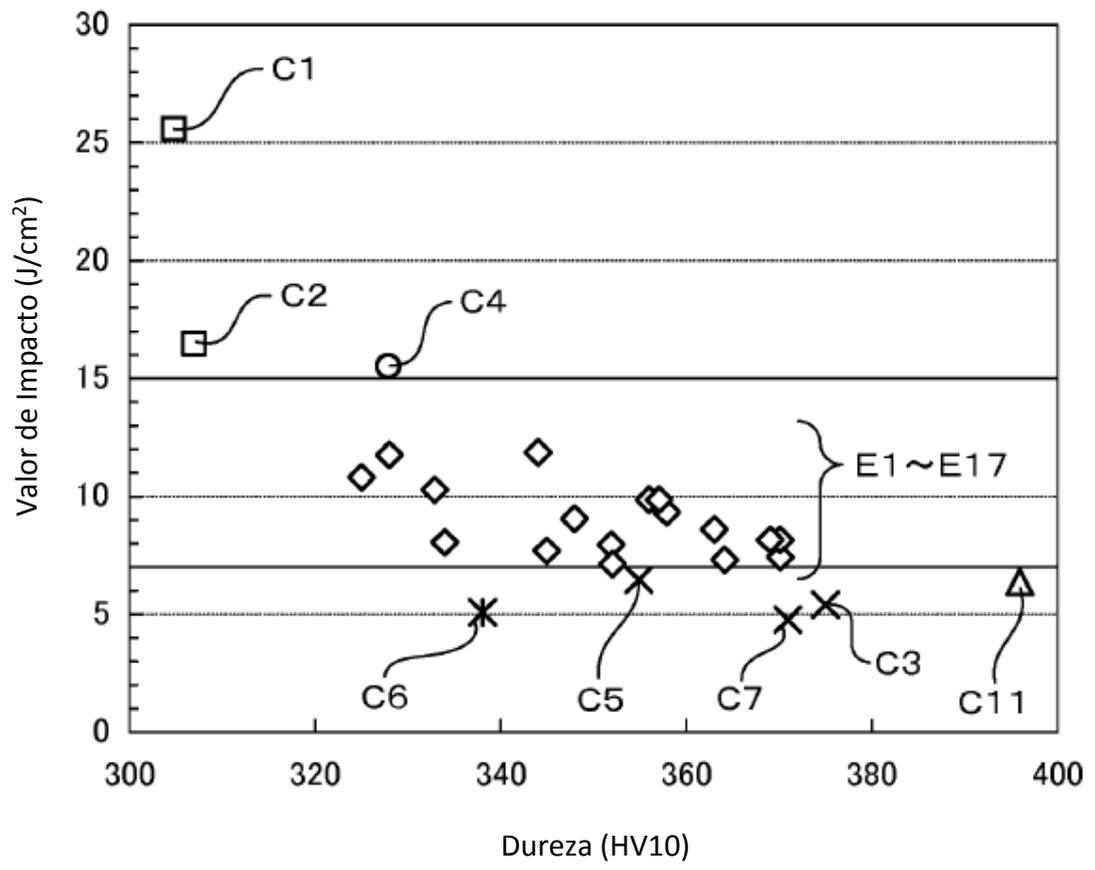


FIG. 4

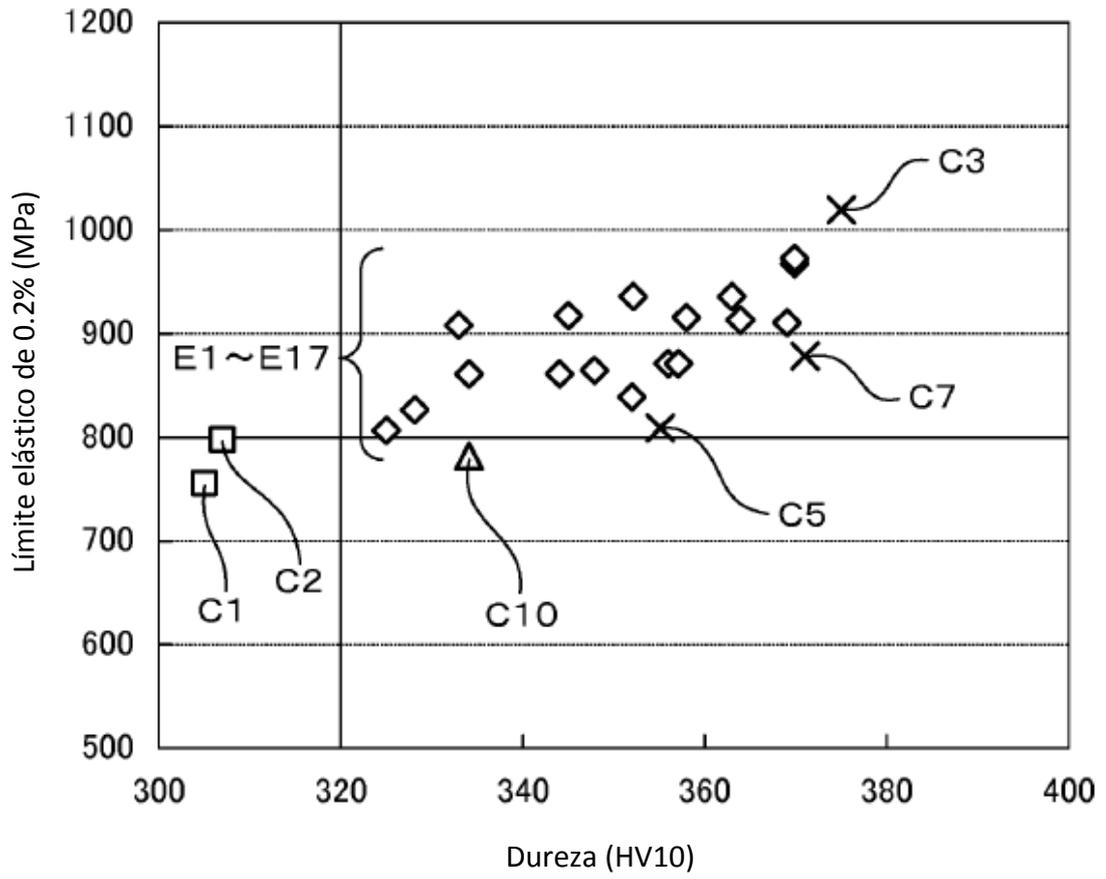


FIG. 5

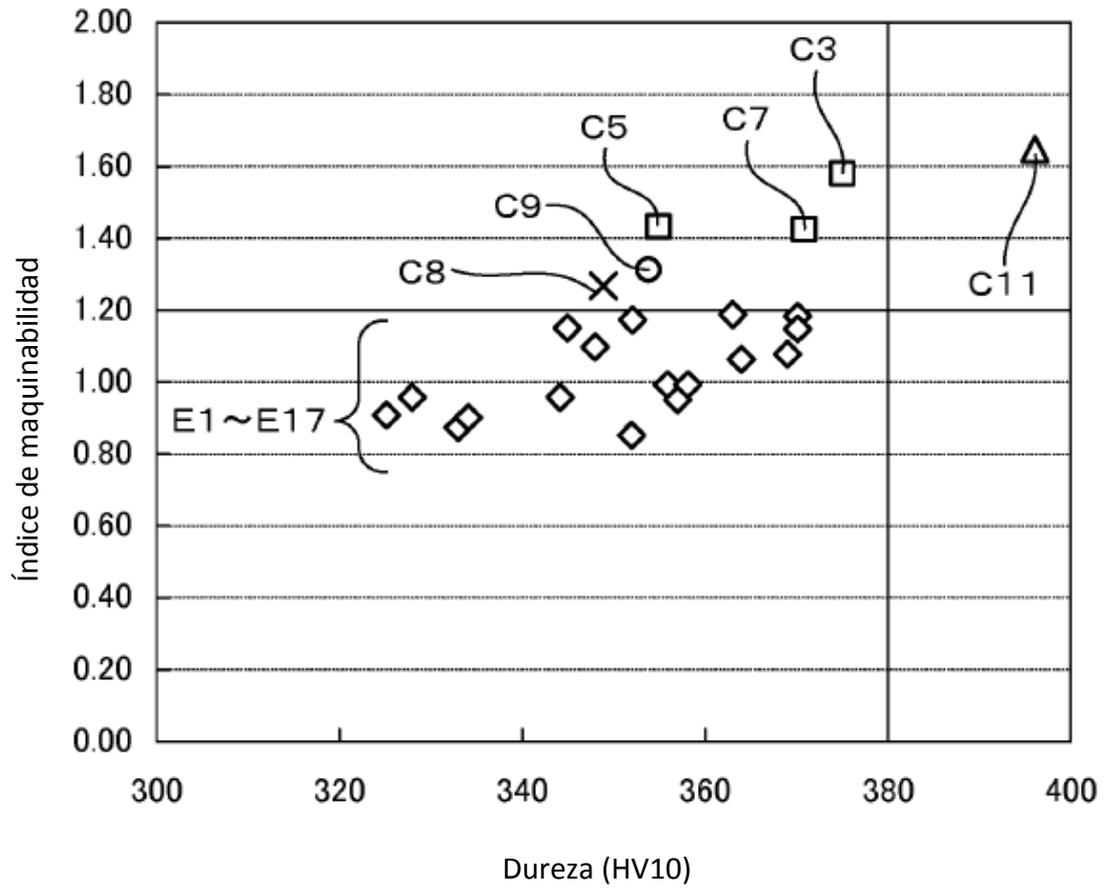


FIG. 6

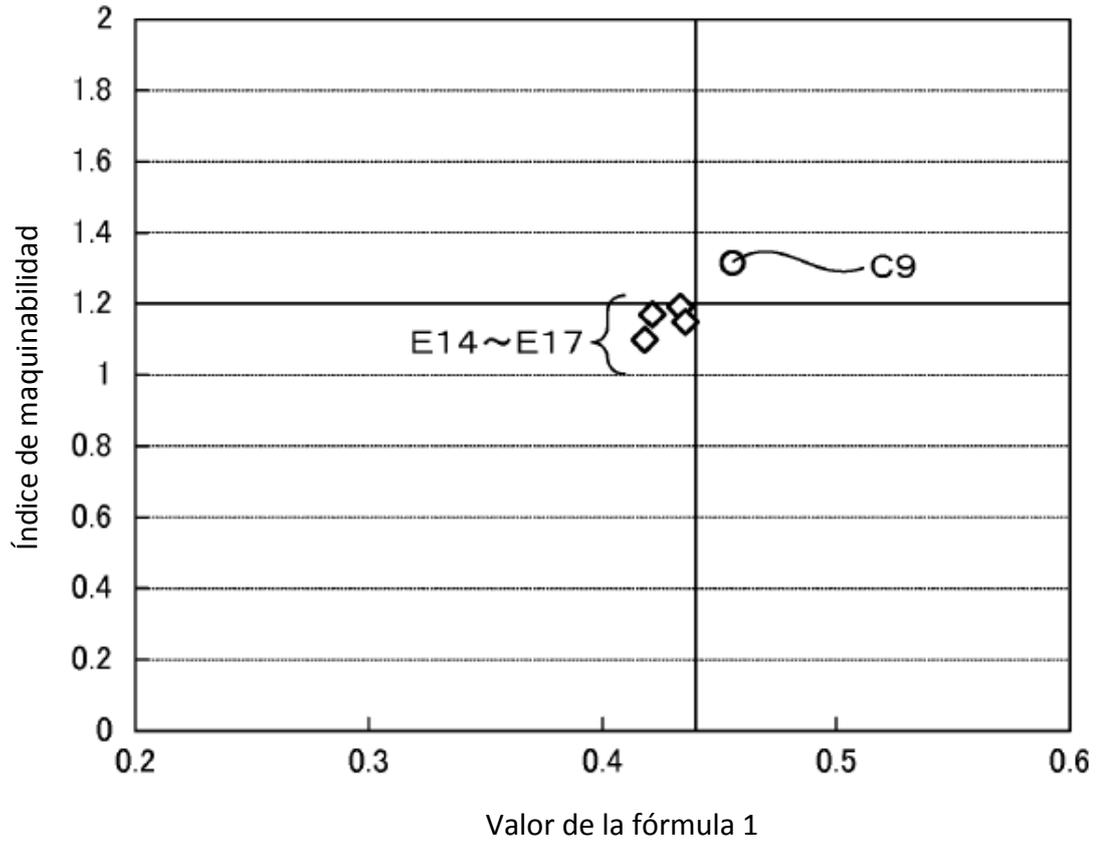


FIG. 7

