

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 743 417**

51 Int. Cl.:

<b>B21D 22/20</b>	(2006.01)
<b>C21D 1/18</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/14</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/38</b>	(2006.01)
<b>C21D 9/46</b>	(2006.01)
<b>C21D 8/02</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/02</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/04</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/06</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.12.2014 PCT/JP2014/083840**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **02.07.2015 WO15098799**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.12.2014 E 14873243 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2019 EP 3088549**

54 Título: **Chapa de acero para conformación en caliente y método de fabricación de elemento de acero conformado en prensa caliente**

30 Prioridad:

**25.12.2013 JP 2013267835**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**19.02.2020**

73 Titular/es:

**KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO (KOBE STEEL, LTD.) (100.0%)  
2-4, Wakinohama-Kaigandori 2-chome, Chuo-ku  
Kobe-shi, Hyogo 651-8585, JP**

72 Inventor/es:

**ASAI, TATSUYA;  
MIZUTA, NAOKI;  
OMORI, HIROYUKI y  
KOJIMA, TAKESHI**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 743 417 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

Chapa de acero para conformación en caliente y método de fabricación de elemento de acero conformado en prensa caliente

5 La presente invención se refiere a una chapa de acero para conformación en caliente y a un método para fabricar un elemento de acero conformado en prensa caliente utilizando la chapa de acero para conformación en caliente.

10 Por ejemplo, los materiales que componen las partes de acero para automóviles están diseñados para ser cada vez más resistentes, para conseguir chapas de acero que presenten tanto resistencia a las colisiones como un peso ligero. Para fabricar dichas partes de acero, se requiere que la chapa de acero que se utilice tenga una alta conformabilidad. Sin embargo, cuando se somete a trabajado en frío, por ejemplo, conformación en prensa en frío, una chapa de acero en la que se ha impartido una mejor resistencia, aumenta la fuerza de conformación en prensa y se degrada significativamente la precisión dimensional, lo cual es problemático.

15 Los métodos para resolver el problema mencionado incluyen la conformación por prensado en caliente en la que se conforma por prensado una chapa de acero, como material base, en un estado calentado, y se realizan simultáneamente la conformación e impartición de alta resistencia para conseguir un elemento de acero. Este método implica conformar una chapa de acero en un estado de alta temperatura, utilizando un punzón y/o un troquel, y mantener el enfriamiento en un punto muerto inferior de conformación, para provocar el templeado eliminando el calor de la chapa de acero al troquel, y endurecer así el material. Se puede obtener un producto conformado de buena precisión dimensional y alta resistencia recurriendo a dicho método de conformación. Por otra parte, se hace posible reducir la fuerza de conformación en comparación con el caso en el que se conforma un elemento de acero de clase de resistencia idéntica por conformación en frío.

20 Sin embargo, en el método mencionado, surge un problema de que la costra que se forma en la superficie de la chapa de acero se desprende durante la conformación en prensa caliente y se adhiere a los troqueles, que se contaminan de este modo; asimismo, la costra deprendida se presiona contra la superficie de la chapa de acero y se producen arañazos en la superficie del elemento de acero.

25 Como tecnología para resolver el problema mencionado, por ejemplo, la literatura de patente 1 divulga la característica de aumentar el contenido de Si y Al en una sección de capa de la superficie de chapa de acero para que sea más alto que el interior de la chapa de acero, como resultado de lo cual puede eliminar la generación de costra tras el calentamiento a alta temperatura durante el tratamiento térmico. La literatura de patente 1 indica que es mejor ajustar varias condiciones en una etapa de laminado en caliente y una etapa de recocido, para formar la sección de capa de la superficie de chapa de acero mencionada. La literatura de patente 2 divulga una característica en la que se elimina la generación de costra durante el calentamiento estableciendo el contenido de Cr en una chapa de acero que se somete a trabajado en caliente para que sea superior a 1,0 %, y se potencia dicha adhesión de costra durante el trabajado en caliente reduciendo el contenido de S en la chapa de acero a 0,001 % o menos, lo cual tiene como resultado que se reduce significativamente la cantidad de descamación de costra durante el trabajado.

30 La literatura de patente 3 divulga una composición de chapa de acero en la que se potencia la adhesión de la costra generada reduciendo el contenido de S a 0,001 % o menos e incorporando un elemento de tierras raras en un contenido de 0,0002 % o superior. La literatura de patente 4 divulga una composición de chapa de acero en la que se potencia la adhesión de la costra generada reduciendo el contenido de S a 0,001 % o menos, y se puede eliminar el crecimiento de costra mediante la incorporación de 0,2 % o más de Al, lo cual tiene como resultado que se reduce significativamente la cantidad de descamación de la costra durante el trabajado en caliente.

35 Entre los elementos de aleación, Si es eficaz por lo que respecta a aumentar la resistencia al mismo tiempo que se asegura la ductilidad. En consecuencia, las chapas de acero de mayor contenido de Si se utilizan como chapas de acero con un excelente equilibrio entre la resistencia y la ductilidad; además, Si es un elemento útil en la fabricación de un elemento de acero por prensado en caliente también por lo que respecta a la reducción de la variabilidad de la dureza en el elemento de acero, al provocar un efecto superior de supresión del auto-templado de martensita que tiene lugar durante el proceso de conformación. Sin embargo, la literatura de patente 1 a la literatura de patente 4 mencionadas es problemática en lo que se refiere a la estabilidad de la dureza del elemento fabricado, dado el bajo contenido de Si en la chapa de acero.

40 La literatura de patente 5 divulga la característica de rebajes de distribución, en una densidad de al menos 10 rebajes/10000  $\mu\text{m}^2$ , sobre la superficie de una chapa de acero, en una relación de área de 7 % o más. La literatura de patente 6 divulga la característica de prescribir la forma de la superficie de la chapa de acero para que tenga irregularidades que satisfagan una relación  $R = L1/L2 \times 100 \geq 110$  % entre una longitud de línea de superficie L1, una longitud de línea recta L2 y una relación de longitud de línea de superficie R, por observación transversal; la porción inferior de la costra penetra así en los rebajes de la superficie de la chapa de acero durante el prensado en caliente, por lo que la costra se adhiere intensamente al metal base, de modo que es posible evitar la descamación de la costra durante el prensado en caliente. La literatura de patente 5 y la literatura de patente 6 divulgan además

una característica en la que, para formar la superficie de chapa de acero mencionada, la cantidad de escarpeado por decapado se establece en 20 µm o menos, es decir se produce un estado de presencia residual de rebajes en la superficie de la superficie decapada, sin realizar un decapado suficiente hasta la disolución homogénea del metal base. Como resultado, se potencia la adhesión física de la costra. Las chapas de acero que se usan en los ejemplos de las Literaturas de Patente 5 y 6 tienen un bajo contenido de Si y/o un bajo contenido de Mn. Sin embargo, cuando el contenido de Mn es bajo, la variabilidad de la dureza del elemento después del prensado en caliente es grande, lo cual es problemático.

Las tecnologías divulgadas en las Literaturas de Patente 1 a 6 implican la eliminación del desprendimiento/descamación de la costra mediante la supresión de la generación de la costra durante el prensado en caliente. Sin embargo, en una operación real, la temperatura de calentamiento, el tiempo de calentamiento, etc. fluctúan durante la conformación en prensa caliente. En consecuencia, puede tener lugar en algunos casos el desprendimiento/descamación de costra dependiendo de las condiciones de conformación en prensa caliente. En particular, surge el problema de no poderse evitar de manera fiable el desprendimiento/descamación de costra recurriendo solamente a la tecnología mencionada, en ciertos sitios en los que debe controlarse rigurosamente las condiciones de conformación en prensa caliente.

La patente europea EP 2 551 359 A1 describe un método para producir un elemento de resistencia ultra alta y el uso del elemento de resistencia ultra alta.

[PTL 1] Publicación de patente japonesa no examinada No. 2011-099149

[PTL 2] Publicación de patente japonesa no examinada No. 2010-174302

[PTL 3] Publicación de patente Japonesa no examinada No. 2010-174306

[PTL 4] Publicación de patente japonesa no examinada No. 2010-174307

[PTL 5] Publicación de patente japonesa no examinada No. 2008-240046

[PTL 6] Publicación de patente japonesa no examinada No. 2008-240047

Un objeto de la presente invención, alcanzado a la luz de las consideraciones mencionadas, es proporcionar un método para fabricar un elemento de acero por conformación en prensa caliente utilizando una chapa de acero que tiene una cantidad comparativamente alta de Si, de modo que el método permite realizar la conformación en prensa caliente satisfactoriamente y permite fabricar un elemento de acero de características de aspecto superior, a través de una eliminación fiable del desprendimiento/descamación de la costra durante la conformación por prensado en caliente, incluso sin restringir las condiciones de conformación por prensado en caliente a un intervalo ajustado, y proporcionar una chapa de acero para la conformación en caliente que es útil en el método anterior.

La chapa de acero para la conformación en caliente de la presente invención que alcanza la meta mencionada incluye, en relación de masa,

C: 0,15 % en masa a 0,35 % en masa;

Si: 1,0 % en masa a 3,0 % en masa;

Mn: 1,0 % en masa a 3,0 % en masa;

Al: más de 0 % en masa hasta 0,10 % en masa;

Ti:  $([N] \times 48/14)$  % en masa a 0,10 % en masa (donde [N] representa la cantidad de N en la chapa de acero);

B: 5 ppm en masa a 50 ppm en masa;

P: más del 0 % en masa a menos del 0,015 % en masa;

S: más de 0 % en masa hasta 0,010 % en masa;

N: más del 0 % en masa hasta 0,010 % en masa, y

O: más de 0 % en masa hasta 0,010 % en masa,

opcionalmente, como otros elementos, en relación en masa:

uno o más elementos seleccionados del grupo que consiste en:

Cr: más de 0 % en masa hasta 1,0 % en masa;

Mo: más de 0 % en masa hasta 0,5 % en masa; y

uno o más entre V, Nb y W en una cantidad total de más de más de 0 % en masa hasta 0,5 % en masa, siendo el resto hierro e impurezas inevitables,

donde la concentración de oxígeno promedio desde una superficie más externa de la chapa de acero hasta una profundidad de 10 µm en una dirección de espesor de chapa es de 0,70 % en masa a 1,30 % en masa, tal como se mide por espectrometría de emisión óptica de descarga luminiscente, tal como se describe a continuación detalladamente.

En una realización preferente de la presente invención, la concentración de oxígeno promedio desde la superficie más externa de la chapa de acero hasta una profundidad de 10 µm en la dirección del espesor de la chapa es de 0,85 % en masa a 1,30 % en masa.

Preferentemente, la chapa de acero para conformación en caliente incluye los elementos opcionales mencionados, en una relación en masa: uno o más elementos seleccionados del grupo que consiste en:

Cr: más del 0 % hasta el 1,0 %;  
 Mo: más del 0 % hasta el 0,5 %; y  
 uno o más entre V, Nb y W: más del 0 % hasta el 0,5 %.

5 La presente invención abarca también un método para fabricar un elemento de acero conformado por prensado en caliente utilizando la chapa de acero mencionada para la conformación en caliente. El método de fabricación es un método para fabricar un elemento de acero conformado por prensado en caliente por calentamiento y conformación por prensado en caliente de la chapa de acero para el conformación en caliente, donde el calentamiento se realiza a una temperatura de calentamiento de 850 a 1100 °C, se establece un tiempo de residencia en una atmósfera oxidante y a 800 °C o más en 5 a 40 segundos dentro de un período de tiempo desde el inicio del calentamiento hasta la finalización de la conformación por prensado en caliente, y se establece la temperatura de partida de la conformación por prensado en caliente en 600 °C a 880 °C.

15 La presente invención permite eliminar de manera fiable el desprendimiento/descamación de costra durante la conformación por prensado en caliente mencionada, y permite una buena conformación en prensa caliente, sin restringir las condiciones de conformación por prensado en caliente en un intervalo ajustado, en conformación por prensado en caliente donde se utiliza una chapa de acero con un contenido comparativamente alto de Si. Como resultado, se obtiene un elemento de acero desprovisto de rasguños de prensa o similares, que presenta tanto un buen aspecto como una alta resistencia. Por otra parte, se elimina la contaminación de los troqueles, lo cual permite restringir significativamente el número de reparaciones de los troqueles.

25 Las Figuras 1A y 1B ilustran los resultados de las mediciones de espectrometría de emisión óptica de descarga luminiscente (GDOES) en ejemplos, donde la Figura. 1A ilustra los resultados para la chapa de acero No. 2 en la Tabla 2 y la Figura 1B ilustra los resultados para la chapa de acero No. 1 en la Tabla 2;

Las Figuras 2A y 2B son un conjunto de micrografías MEB (Microscopio electrónico de barrido) de secciones transversales en la dirección del espesor de la chapa, incluyendo una capa superficial, de una chapa de acero, donde la Figura 2A ilustra los resultados para la chapa de acero No. 2 en la Tabla 2 y la Figura 2B ilustra los resultados para la chapa de acero No. 1 en la Tabla 2;

30 La Figura 3 es un diagrama esquemático de vista lateral de un dispositivo de análisis de reproducción de trabajado en caliente utilizado en una prueba de conformación en caliente en ejemplos;

La Figura 4 es un diagrama que ilustra un patrón de calentamiento-enfriamiento en una prueba de conformación en caliente en ejemplos;

35 Las Figuras 5A y 5B son un conjunto de fotografías de superficies de elementos de acero en ejemplos, donde la Figura 5A ilustra una fotografía de un elemento de acero del Experimento No. 11B y la Figura 5B ilustra una fotografía de un elemento de acero del Experimento No. 11A en la Tabla 3-1; y

Las Figuras 6A a 6C son un conjunto de diagramas que ilustran la relación entre las condiciones de conformación en prensa caliente y la adhesión de costra en ejemplos, donde la Figura 6A ilustra un caso en el que se utiliza la chapa de acero No. 2, la Figura 6B ilustra un caso en el que se utiliza la chapa de acero No. 3, y la Figura 6C ilustra un caso en el que se utiliza la chapa de acero No. 1.

40 Para resolver los problemas mencionados, los autores de la invención llevaron a cabo en primer lugar una extensa investigación centrada en chapas de acero para la conformación en prensa en caliente. Como resultado, los autores de la invención conjeturaron que es suficiente provocar un estado donde está presente un óxido dentro de una chapa de acero, específicamente un estado donde está presente un óxido en una región desde la superficie más externa de la chapa de acero hasta una profundidad de 10 µm en la dirección del espesor de la chapa, es decir, un estado en el que hay una capa interna de óxido, específicamente, un estado en el que está presente un óxido en al menos uno entre los límites de grano y el interior de los granos, y perfeccionaron la presente invención sobre la base de dicha conjetura. La chapa de acero que se utiliza en la conformación en prensa caliente también se denomina también en adelante "blanco". En adelante, la región desde la superficie más exterior de una chapa de acero hasta una profundidad de 10 µm en la dirección del espesor de la chapa se denomina también "capa superficial".

55 Cuando se expone a alta temperatura una chapa de acero que tiene la capa de óxido interna mencionada en una atmósfera oxidante, por ejemplo, una atmósfera de aire, la capa superficial que incluye la capa interna de óxido se transforma completamente en una capa de costra de óxido. El óxido que compone la capa de óxido interna, específicamente partículas internas de óxido que contienen elementos como Si y Mn, se agrega en las interfaces con el metal base. Se considera que la adhesión entre el metal base y la costra de óxido se potencia por las partículas internas de óxido que se agregan en las interfaces con el metal base, como resultado de lo cual se puede eliminar el desprendimiento y la descamación de la costra de óxido durante la conformación por prensado en caliente, es decir, se puede potenciar la adhesión de costra a alta temperatura.

60 La concentración de oxígeno promedio desde la superficie más externa de la chapa de acero hasta una profundidad de 10 µm en la dirección del espesor de la chapa se ha utilizado en la presente invención como un indicador para captar la extensión del óxido interno. En adelante, la "concentración de oxígeno promedio desde la superficie más externa de la chapa de acero hasta una profundidad de 10 µm en la dirección del espesor de la chapa" se denominará "concentración de oxígeno en la capa superficial". La razón de utilizar la concentración de oxígeno de la capa superficial como indicador es que se ha determinado que la concentración de oxígeno en una región desde la

superficie más externa de la chapa de acero hasta una profundidad de 10 µm en la dirección del espesor de la chapa contribuye a potenciar la adhesión de la costra de óxido a alta temperatura, tal como se ilustra en los ejemplos que se describen más adelante.

5 En la presente realización, se llevó a cabo la conformación en prensa caliente utilizando chapas de acero con diversas concentraciones de oxígeno en la capa superficial, y se observaron a simple vista las características superficiales del elemento de acero obtenido, tal como se ilustra en los ejemplos que se describen a continuación, para evaluar una relación entre la concentración de oxígeno en la capa superficial de las chapas de acero y las características del elemento de acero obtenido. Como resultado, se observó que si la concentración de oxígeno de la capa superficial se establece en 0,70 % en masa o más, se elimina de manera fiable el desprendimiento/descamación de la superficie de la chapa de acero durante la conformación en prensa caliente, y el elemento de acero obtenido presenta un buen aspecto, incluso sin restringir las condiciones conformación en prensa caliente a un intervalo ajustado. La concentración de oxígeno en la capa superficial es preferentemente 0,80 % en masa o más, más preferentemente 0,85 % en masa o más, aún más preferentemente 0,85 % en masa e incluso aún más preferentemente 0,90 % en masa o más. Un elemento de acero en prensa caliente obtenido utilizando una chapa de acero que satisface la concentración de oxígeno de la capa superficial anterior permite eliminar la costra de óxido, después del prensado en caliente, de acuerdo con un método al que se recurre convencionalmente, como el granallado, y permite realizar después la soldadura y/o recubrimiento sin ningún problema.

10 Por otro lado, se perjudica la soldabilidad del elemento de acero en el caso de una chapa de acero en la que la concentración de oxígeno en la capa superficial es excesivamente alta. Siendo este el caso, el límite superior de la concentración de oxígeno de la capa superficial se establece preferentemente en aproximadamente 1,30 % en masa o inferior. El límite superior de la concentración de oxígeno en la capa superficial es más preferentemente 1,20 % en masa o inferior, aún más preferentemente 1,10 % en masa o inferior.

20 Incluso cuando la concentración de oxígeno en la capa superficial es inferior al 0,70 % en masa, en algunos casos se suprime el desprendimiento/descamación de costra al restringir, a un intervalo ajustado las condiciones de conformación en prensa caliente que incluyen, por ejemplo, la temperatura de calentamiento y el tiempo de residencia en una atmósfera oxidante y a alta temperatura. Sin embargo, tal como se ha descrito, la temperatura de calentamiento, el tiempo de calentamiento, etc. fluctúan durante la conformación en prensa caliente en una operación real, y es difícil restringir las condiciones al rango estrecho anterior. En consecuencia, el desprendimiento/descamación de la costra no se puede eliminar de manera fiable en caso de utilizar una chapa de acero que tenga una concentración de oxígeno en la capa superficial inferior al 0,70 % en masa.

30 La concentración de oxígeno en la capa superficial puede calcularse mediante la medición de un perfil de concentración de oxígeno en la dirección de profundidad del espesor de la chapa, por espectrometría de emisión óptica de descarga luminiscente ilustrada en los ejemplos que se describen a continuación.

40 La composición química de la chapa de acero se establece tal como se describe a continuación, con el fin de realizar la conformación en prensa caliente de forma satisfactoria y para asegurar características tales como la resistencia y la soldabilidad en el elemento de acero que se obtiene por conformación en prensa caliente. En las composiciones químicas que se describen a continuación, "%" representa "% en masa" y "ppm" representa "ppm en masa".

C: 0,15 % a 0,35 %

45 La cantidad de C en la chapa de acero se establece en 0,15 % o más para obtener un elemento de acero de alta resistencia, por ejemplo, un elemento de acero que tiene una resistencia a la tracción de 1180 MPa o superior. La cantidad de C es preferentemente 0,17 % o superior, más preferentemente 0,20 % o superior. El límite superior de la cantidad de C es 0,35 % o inferior, desde el punto de vista de la soldabilidad del elemento de acero. La cantidad de C es preferentemente 0,30 % o inferior, más preferentemente 0,25 % o inferior.

Si: 1,0 % a 3,0 %

55 En el presente documento, Si es un elemento necesario para mejorar la resistencia al ablandamiento por revenido y asegurar una alta resistencia. Asimismo, Si tiene el efecto de aumentar la ductilidad sin incurrir en una caída en la resistencia, tal como se ha descrito, y es un elemento eficaz por lo que respecta a la reducción de la variabilidad en la dureza del elemento, a través de la supresión del ablandamiento por revenido de la martensita. Si la cantidad de Si es pequeña, no se genera suficientemente la capa interna de óxido y no se obtiene la concentración necesaria de oxígeno en la capa superficial. Para provocar estos efectos, la cantidad de Si se establece en 1,0 % o superior. La cantidad de Si es preferentemente de 1,05 % o superior, más preferentemente 1,10 % o superior, y aún más preferentemente de 1,14 % o superior. Cuando la cantidad de Si es excesiva, la concentración de oxígeno en la capa superficial de la chapa de acero resulta igualmente excesiva y se deteriora la soldabilidad del elemento de acero obtenido. En consecuencia, la cantidad de Si se establece en 3,0 % o menos. La cantidad de Si es preferentemente 2,5 % o inferior, más preferentemente 2,0 % o inferior.

Mn: 1,0 % a 3,0 %

En el presente documento, Mn es un elemento necesario para mejorar la templabilidad de la chapa de acero y obtener un elemento de alta resistencia. Siendo ese el caso, la cantidad de Mn se establece en 1,0 % o superior. La cantidad de Mn es preferentemente 1,1 % o superior, más preferentemente 1,3 % o superior, aún más preferentemente 1,5 % o superior, e incluso aún más preferentemente 1,8 % o superior. Sin embargo, incluso cuando la cantidad de Mn excede 3,0 %, se estabiliza el efecto de Mn al tiempo que da lugar a un aumento del coste. En consecuencia, la cantidad de Mn en la presente invención se establece en 3,0 % o menos. La cantidad de Mn es preferentemente 2,8 % o inferior, más preferentemente 2,5 % o inferior.

Al: más de 0 % hasta 0,10 %

En el presente documento, Al es un elemento utilizado con fines de desoxidación, y el contenido de Al puede ser 0,01 % o superior. Sin embargo, aumentar la cantidad de Al se traduce en un efecto más pronunciado de elevación del punto  $A_{c3}$ . Como resultado, se hace necesario aumentar la temperatura de calentamiento durante el prensado en caliente y se forman óxidos más fácilmente en la superficie de la chapa de acero. La eficiencia de producción se vuelve igualmente más escasa. En consecuencia, la cantidad de Al se establece en 0,10 % o inferior, preferentemente 0,050 % o inferior.

Ti:  $([N] \times 48/14) \%$  a 0,10 % (donde [N] representa la cantidad de N en la chapa de acero; en adelante se aplica lo mismo)

En el presente documento, Ti es un elemento eficaz por lo que respecta a asegurar la templabilidad a través de la fijación de N en forma de TiN, y mediando la presencia de B en un estado de solución sólida. Desde ese punto de vista, el contenido de Ti es  $([N] \times 48/14) \%$  o superior. El contenido de Ti es preferentemente del 0,015 % o superior, teniendo en cuenta el nivel de N en el acero en los procesos ordinarios de fabricación de acero. Cuando la cantidad de Ti es excesiva, por otro lado, la resistencia de la chapa de acero resulta mayor de lo necesario y la vida útil de las herramientas de corte y troquelado es más corta, lo cual se traduce en un mayor coste. En consecuencia, la cantidad de Ti se establece en 0,10 % o inferior. La cantidad de Ti es preferentemente 0,07 % o inferior, más preferentemente del 0,05 % o inferior.

B: 5 ppm a 50 ppm

En el presente documento, B es un elemento que potencia la templabilidad del material de acero y contribuye a aumentar la resistencia del elemento de acero. Para provocar el efecto m3ndionqueo, se incorpora B en una cantidad de 5 ppm o superior mediante la incorporación de Ti en las cantidades indicadas anteriormente. La cantidad de B es preferentemente 15 ppm o superior, más preferentemente 20 ppm o superior. Cuando el contenido de B es excesivo, se forma BN en exceso y puede perjudicar a la tenacidad. En consecuencia, la cantidad de B se mantiene a 50 ppm o menos. La cantidad de B es preferentemente 40 ppm o inferior, más preferentemente 35 ppm o inferior.

Los componentes en el material de acero, es decir, el blanco o el elemento de acero de acuerdo con la presente invención son como se han descrito y el resto es hierro e impurezas inevitables tales como P, S, N, O y similares. Con respecto a P y S entre las impurezas inevitables, P se reduce preferentemente para que sea inferior al 0,015 %, más preferentemente para que sea 0,013 % o menos, y aún más preferentemente 0,010 % o menos, por lo que respecta a asegurar, por ejemplo, la soldabilidad. Asimismo, preferentemente se reduce S a 0,010 % o menos, más preferentemente 0,008 % o menos, y aún más preferentemente 0,005 % o menos. Cuando la cantidad de N es excesiva, la tenacidad después del conformación en caliente resulta más escasa y puede perjudicarse la soldabilidad y similares. Por consiguiente, la cantidad de N se mantiene preferentemente en 0,010 % o menos, más preferentemente 0,0080 % o menos, y aún más preferentemente 0,0050 % o menos. Asimismo, O da lugar a defectos superficiales y por tanto se mantiene en 0,010 % o menos, más preferentemente 0,008 % o menos.

Los elementos descritos a continuación pueden incorporarse adicionalmente, como otros elementos, en cantidades que no afecten el efecto de la presente invención.

Uno o más elementos seleccionados del grupo que consiste en: Cr: más del 0 % hasta el 1,0 %; Mo: más del 0 % hasta el 0,5 %; y uno o más entre V, Nb y W: más del 0 % hasta el 0,5 %.

En el presente documento, Cr es un elemento eficaz para mejorar la templabilidad de la chapa de acero. Asimismo, Cr es un elemento eficaz por lo que respecta a asegurar una resistencia a la oxidación superior por que no se forma costra fácilmente durante el calentamiento antes del prensado. El contenido de Cr se establece preferentemente en 0,1 % o más para provocar estos efectos. Más preferentemente, el contenido de Cr se establece en 0,2 % o más. Sin embargo, si la cantidad de Cr es excesiva, se estabiliza el efecto de Cr al mismo tiempo que se produce un aumento del coste. Por lo tanto, la cantidad de Cr se establece preferentemente en 1,0 % o menos. La cantidad de Cr es más preferentemente 0,8 % o inferior, aún más preferentemente 0,5 % o inferior.

En el presente documento, Mo es un elemento eficaz para mejorar la templabilidad de la chapa de acero. El contenido de Mo se establece preferentemente en 0,05 % o superior para provocar este efecto. Más preferentemente, el contenido de Mo se establece en 0,10 % o superior. Sin embargo, si la cantidad de Mo es

excesiva, se estabiliza el efecto del Mo al mismo tiempo que se produce un aumento del coste. Por lo tanto, la cantidad de Mo se establece preferentemente en 0,5 % o menos. La cantidad de Mo es más preferentemente 0,4 % o inferior, aún más preferentemente 0,3 % o inferior.

5 Al estar presentes en forma de carburos en la chapa de acero, V, Nb y W provocan el efecto de eliminar el engrosamiento de la microestructura de la chapa de acero durante el calentamiento para el prensado en caliente y, por lo tanto, son útiles por lo que respecta a potenciar la tenacidad del elemento de acero. Los elementos anteriores se pueden incorporar individualmente o en combinaciones de dos o más elementos. La cantidad total de los elementos anteriores se establece preferentemente en 0,01 % o superior, con el fin de producir suficientemente el efecto mencionado. Más preferentemente, la cantidad total anterior es 0,03 % o superior. Sin embargo, si el contenido de los elementos anteriores es excesivo, se estabiliza el efecto de los elementos al mismo tiempo que se produce un aumento del coste. En consecuencia, la cantidad total de los elementos anteriores es preferentemente 0,5 % o inferior. Más preferentemente, la cantidad total anterior es 0,3 % o inferior, todavía más preferentemente, 0,2 % o inferior, incluso aún más preferentemente 0,1 % o inferior.

15 Método para fabricar una chapa de acero

Los medios a los que se puede recurrir para obtener una chapa de acero que satisfaga una concentración de oxígeno en la capa superficial prescrita haciendo que esté presente en oxígeno activamente en al menos en uno entre los límites de grano y el interior del grano de la capa superficial de chapa de acero, incluyen (i) recoger la chapa de acero a alta temperatura tras el laminado en caliente, y (ii) acortar el tiempo de decapado durante el decapado. A continuación, se explican los medios (i) y (ii).

25 En relación con (i)

Una vez terminado el laminado en caliente a una temperatura de laminado de acabado que oscila por ejemplo entre 850 y 950 °C, se enrolla la chapa de acero a una temperatura de enrollamiento de 600 °C o superior. A través de dicho enrollamiento a alta temperatura se obtiene una chapa de acero que tiene una capa interna de óxido. Más preferentemente, la temperatura de enrollamiento es de 620 °C o superior, aún más preferentemente de 630 °C o superior, e incluso aún más preferentemente de 650 °C o superior. Por otro lado, la capa interna de óxido de la chapa de acero es excesivamente espesa cuando la temperatura de enrollamiento es excesivamente alta. La fabricación de un elemento de acero utilizando una chapa de acero de este tipo da como resultado una capacidad de soldadura del elemento de acero deteriorada. Por consiguiente, el límite superior de la temperatura de enrollamiento se establece preferentemente a aproximadamente 800 °C o inferior.

35 En relación con (ii)

En el caso de una chapa de acero que contiene una gran cantidad de Si, el decapado que se realiza después del enrollamiento implica normalmente aumentar la cantidad de disolución, por ejemplo, estableciendo un tiempo de decapado más prolongado, para eliminar no solo la superficie de la chapa de acero sino también la capa interna de óxido, incluyendo el óxido del límite de grano y similares, por ejemplo, como se divulga en la publicación de patente japonesa no examinada nº 2012-219366. Sin embargo, en la presente invención, el decapado se mantiene en el mínimo necesario, desde el punto de vista de dejar activamente una capa interna de óxido que se forma como resultado del enrollamiento a alta temperatura mencionado. La presente invención difiere de los casos convencionales en lo que se refiere a la característica de acortar de este modo el tiempo de decapado.

Las condiciones de decapado incluyen, por ejemplo, el tipo de ácido de la solución de decapado: ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, ácido nítrico o un ácido mixto que contiene ácido nítrico; la concentración del ácido: 5 a 30 % en masa; y la temperatura de la solución de decapado: de 50 a 100 °C. Para establecer las condiciones de decapado es preferente determinar de antemano la relación entre la cantidad residual de la capa interna de óxido tras el decapado y las condiciones del decapado, específicamente, el tipo de ácido de la solución de decapado, la concentración de ácido, la temperatura de la solución de decapado, el tiempo de decapado, etc., para captar el intervalo de las condiciones de decapado en las que no se elimina la capa interna de óxido.

Los métodos concebibles para eliminar la disolución/eliminación de la capa interna de óxido incluyen por ejemplo agregar a la solución de decapado un inhibidor, que es una sustancia que se adsorbe sobre la superficie de la chapa de acero y elimina el exceso de decapado. Sin embargo, este método es ineficaz en el caso de que la chapa de acero tenga una capa interna de óxido, tal como se explica a continuación. En los procesos de decapado habituales, se agrega el inhibidor para eliminar únicamente la capa de costra de óxido de la superficie de la chapa de acero, al mismo tiempo que se minimiza la disolución del metal base en la medida de lo posible. En caso de utilizar una solución de decapado que contenga inhibidor para decapar una chapa de acero que no tiene una capa interna de óxido, por ejemplo, una chapa de acero que se obtiene reduciendo la temperatura de enrollamiento, el inhibidor se adsorbe sobre la superficie del metal base tras la eliminación de la capa de costra de óxido de la superficie de la chapa de acero y, como resultado, se suprime la disolución del metal base. Cuando, por el contrario, se decapa una chapa de acero que tiene una capa interna de óxido utilizando una solución de decapado a la que se agrega un inhibidor, los límites de grano con el metal base son erosionados fácilmente por el ácido, a pesar del hecho de la

adición del inhibidor, debido a la presencia de partículas de óxido en los límites del grano. Por lo tanto, la capa interna de óxido útil también se disuelve y elimina cuando se sumerge la chapa de acero en la solución de decapado y se deja en ese estado durante más tiempo del necesario. Un método que implica agregar un inhibidor que se emplea normalmente para eliminar el decapado excesivo es insuficiente como método para suprimir la disolución y eliminar la capa interna de óxido. Tal como se describió anteriormente, es mejor establecer las condiciones de decapado después de haber captado previamente una relación entre las condiciones de decapado y la cantidad residual de capa interna de óxido después del decapado.

La chapa de acero de la presente invención incluye una chapa de acero laminada en caliente que se obtiene por decapado, una chapa de acero laminada en frío que se obtiene además por laminación en frío y una chapa de acero que se obtiene además por recocido de la chapa de acero laminada en frío.

Método para fabricar un elemento de acero

El desprendimiento/descamación de la costra se suprime mediante el uso, para la conformación por prensado en caliente, de una chapa de acero con concentración controlada de oxígeno en la capa superficial. Sin embargo, las condiciones durante la conformación en prensa caliente deben controlarse tal como se describe a continuación para suprimir de manera fiable el desprendimiento/descamación de costra.

Temperatura de calentamiento T1: 850 °C a 1100 ° C

La costra se forma fácilmente cuando la temperatura de calentamiento T1 antes de la conformación en prensa caliente es excesivamente alta y la costra se desprende fácilmente como resultado, incluso cuando se utiliza una chapa de acero prescrita. En la presente invención, por lo tanto, se establece la temperatura de calentamiento T1 en 850 °C a 1100 °C. Preferentemente, la temperatura de calentamiento T1 es 1050 °C o inferior, más preferentemente 1000 °C o inferior, aún más preferentemente 980 °C o inferior e incluso aún más preferentemente 950 °C o inferior. Para unificar la estructura en martensita y asegurar una alta resistencia en el elemento de acero, por otro lado, se establece la temperatura de calentamiento preferentemente en 850 °C o superior, más preferentemente 880 °C o superior.

La atmósfera de calentamiento puede ser una atmósfera oxidante, una atmósfera reductora o una atmósfera no oxidante. La chapa de acero no necesita mantenerse por encima de la temperatura de calentamiento pero, en el caso de que la atmósfera de calentamiento sea una atmósfera oxidante, la chapa de acero puede mantenerse dentro de un intervalo para que el "tiempo de residencia en una atmósfera oxidante y a 800 ° C o superior" que se describe a continuación sea de 5 a 40 segundos. En el caso en el que la atmósfera durante el calentamiento es una atmósfera reductora o una atmósfera no oxidante, puede mantenerse la chapa de acero dentro del intervalo de 15 minutos o menos, independientemente de la limitación de tiempo de residencia mencionado. La velocidad de calentamiento en la que asciende la temperatura desde la temperatura ambiente hasta por encima de la temperatura de calentamiento no está limitada en particular siempre y cuando el tiempo de residencia sea de 5 a 40 segundos en el caso en el que la atmósfera de calentamiento es una atmósfera oxidante, y no está limitada en particular en el caso en el que la atmósfera de calentamiento es una atmósfera reductora o una atmósfera no oxidante.

El tiempo de residencia en una atmósfera oxidante y a 800 °C o superior desde el inicio del calentamiento hasta la finalización de la conformación en prensa caliente es de 5 a 40 segundos.

Se considera que cuando el tiempo de residencia en la atmósfera oxidante a alta temperatura es excesivamente largo, la costra de óxido se hace más espesa, se generan grietas dentro de la costra y ésta se desprende fácilmente, incluso aunque la adhesión entre el metal base y la costra sea alta. En consecuencia, en la presente invención, el tiempo de residencia en una atmósfera oxidante y a 800 °C o superior se ha establecido en 5 a 40 segundos dentro de un período de tiempo comprendido entre el inicio del calentamiento y la finalización de la conformación en prensa caliente. El tiempo de residencia es preferentemente 35 segundos o menos, más preferentemente, 32 segundos o menos y aún mejor 30 segundos o menos, 25 segundos o menos, 22 segundos o menos y, particularmente preferentemente, 20 segundos o menos. El límite inferior del tiempo de residencia se establece en aproximadamente 5 segundos, desde el punto de vista de la agregación de la capa interna de óxido en la interfaz.

La limitación del tiempo de residencia se aplica en el caso en el que la atmósfera es una atmósfera oxidante, pero no en los casos en los que la atmósfera es una atmósfera no oxidante o una atmósfera reductora. Esto se debe a que prácticamente no se produce la generación de costra de óxido a gran escala durante el calentamiento en el caso de una atmósfera no oxidante o una atmósfera reductora. En consecuencia, en un caso en el que, por ejemplo, la atmósfera en la que se mantiene la chapa de acero desde el inicio del calentamiento hasta alcanzar la temperatura de calentamiento mencionada y mientras se mantiene a esa temperatura de calentamiento, es una atmósfera no oxidante o una atmósfera reductora, tras lo cual se expone la chapa de acero a una atmósfera de aire, entonces el punto en el tiempo en el que se expone la chapa de acero a la atmósfera de aire, es decir, el punto en el tiempo en el que se expone la chapa de acero a la atmósfera de acero se toma en el presente documento como el inicio del tiempo de residencia.



Temperatura de inicio de la conformación en prensa caliente: de 600 °C a 800 °C

5 Se considera que cuando la temperatura de inicio de la conformación en prensa caliente es excesivamente baja, es decir, cuando la temperatura del blanco en el momento en que parte del blanco entra en contacto con un troquel por primera vez es excesivamente baja, la ductilidad de la costra en sí es escasa y se produce el desprendimiento de la costra durante la conformación también en este caso. En adelante, se puede hacer referencia también a la temperatura de inicio de la conformación en prensa caliente como "temperatura de inicio de conformación". En la presente invención, se establece la temperatura de inicio de conformación entre 600 °C y 800 °C. La temperatura de inicio de conformación es preferentemente 650 °C o superior, más preferentemente 680 °C o superior. El límite superior de la temperatura de inicio de conformación puede establecerse en 800 °C o menos.

15 Por lo demás, las condiciones en la conformación de prensado en caliente no están particularmente limitadas. La conformación en prensa caliente se puede realizar solo una vez o varias veces. Desde el punto de vista de la productividad de la prensa, el punto muerto inferior durante la conformación puede mantenerse durante 15 segundos o menos, siendo un intervalo que incluye 0 segundos, es decir, sin mantener el punto muerto inferior. El enfriamiento después de la liberación del troquel no está particularmente restringido y puede implicar, por ejemplo, un enfriamiento natural.

20 La presente solicitud reivindica el derecho de prioridad basado en la Solicitud de Patente Japonesa No. 2013-267835, presentada el 25 de diciembre de 2013.

### Ejemplos

25 A continuación se explicará la presente invención de forma más específica mediante ejemplos, si bien la invención no queda limitada con los ejemplos a continuación.

#### Ejemplo 1

30 En el Ejemplo 1, se evaluaron las chapas de acero tal como se expone a continuación. Se fundió un material de acero con la composición química indicada en la Tabla 1 en un convertidor, y se produjo una plancha de 230 mm de espesor por colada continua. Se laminó en caliente la plancha. El laminado en caliente implicó el calentamiento de la plancha a 1250 °C en un horno de calentamiento seguido de un laminado en bruto y laminación de acabado, para conseguir un espesor de la plancha a 2,3 mm. A continuación, se enfrió la plancha a la temperatura de enrollamiento ilustrada en la Tabla 2 y se enrolló en forma de bobina. A continuación, se sometió la bobina a decapado. En todos los casos, la solución de decapado que se utilizó fue ácido clorhídrico a una concentración del 10 % en masa y una temperatura de la solución de 83 °C, tal como se ilustra en la Tabla 2.

40 Como experimento preliminar en el proceso de decapado, primero se cortaron piezas de ensayo de 50 mm<sup>2</sup> de la chapa de acero después del laminado en caliente. En el laboratorio, se trataron las piezas de ensayo con una solución de decapado en forma de ácido clorhídrico a una concentración de 10 % en masa y una temperatura de solución de 83 °C, al mismo tiempo que se modificaba el tiempo de decapado para las correspondientes piezas de ensayo para calcular así la relación entre el tiempo de decapado y el grado de presencia residual de la capa interna de óxido. Se verificó el grado de presencia residual de la capa interna de óxido sobre la base de la masa antes del decapado y después del decapado, y sobre la base de observaciones de sección transversal. Los resultados revelaron que la costra de óxido se elimina sola en un tiempo de decapado de 30 segundos, al tiempo que se elimina, no solo la costra de óxido, sino también la capa interna de óxido por completo en un tiempo de decapado de 86 segundos. A la luz de estas observaciones, se cambió el tiempo de decapado tal como se indica en la Tabla 2 para modificar así el grado de presencia residual de la capa interna de óxido que acompaña a la costra de óxido generada en la superficie de la chapa de acero.

50 Después del decapado, se laminó en frío cada chapa de acero, como tal, hasta un espesor de 1,4 mm, para producir la chapa de acero laminada en frío correspondiente.

55 Utilizando las chapas de acero laminadas en frío, se midió la concentración de oxígeno en la capa superficial y se realizó una prueba de conformación en caliente para evaluar la adhesión de la costra de la siguiente manera.

#### Medición de la concentración de oxígeno en la capa superficial

60 Se midió la concentración de oxígeno en la capa superficial, es decir, la "concentración de oxígeno promedio desde la superficie más externa de la chapa de acero hasta una profundidad de 10 µm en la dirección del espesor de la chapa" por espectrometría de emisión óptica de descarga luminiscente. El análisis se realizó utilizando el instrumento GDA 750 de SPECTRUMA ANALYTIK GmbH. Las condiciones de medición incluyeron un objetivo de medición en forma de una región que tenía un diámetro de 4 mm dentro de la superficie de la chapa de acero, una potencia de 50 W, gas argón a una presión de 2,5 hectopascalas y el uso de una fuente de descarga luminiscente (GDS en seco, espectrometría de descarga luminiscente en seco) modelo Spectruma Analytik-Grimm, con el pulso de medición establecido en 50 %.

En términos más detallados, se calculó la concentración de oxígeno en la capa superficial elaborando un perfil de concentración de oxígeno en la dirección de profundidad de una pieza de prueba que se había cortado de la porción central del ancho de cada chapa de acero laminada en frío, integrando la concentración de oxígeno en una región desde la superficie más externa, es decir, desde una profundidad de 0 µm, a una profundidad de 10 µm, y dividiendo el valor de la integral por 10 µm. Se realizó esta medición en un sitio de las correspondientes piezas de ensayo que se prepararon a partir de los números de chapa de acero indicados en la Tabla 2. Los resultados se dan en la Tabla 2.

Tabla 1

Composición química * ( % en masa)											[N] × 48/14
C	Si	Mn	Cr	N	Ti	B	P	S	Al	O	
0,22	1,14	2,22	—	0,0041	0,029	0,0025	0,011	0,001	0,046	0,006	0,014
*Resto: hierro e impurezas inevitables distintas a P, S, N y O											

Tabla 2

Nº de Chapa de acero	Temperatura de enfriamiento (°C)	Tiempo de decapado (s)	Temperatura de solución (°C)	Concentración de ácido clorhídrico (% en mas)	Concentración de oxígeno en capa superficial (% en masa)
1	650	30	83	10	0,95
2	650	86	83	10	0,63
3	650	40	83	10	0,85

La Tabla 2 revela lo siguiente. El tiempo de decapado de la chapa de acero No. 2 en la Tabla 2 fue excesivamente largo y, en consecuencia, la concentración de oxígeno en la capa superficial fue baja. En la chapa de acero N° 1, por el contrario, se enrolló la chapa de acero a alta temperatura después del laminado en caliente y el tiempo de decapado fue corto; por lo tanto, se obtuvo una chapa de acero de concentración de oxígeno en la capa superficial suficientemente alta. En la chapa de acero N° 3, el tiempo de decapado fue ligeramente mayor que en la chapa de acero N° 1 y, por lo tanto, la concentración de oxígeno en la capa superficial fue ligeramente menor que la de la chapa de acero N° 1, dentro del intervalo prescrito de la presente invención.

La Figura 1A y la Figura 1B representan la medición GDOES de las chapas de acero N° 2 y N° 1 en la Tabla 2, respectivamente. La Figura. 2A y la Figura. 2B ilustran, respectivamente, micrografías MEB de una sección transversal, en la dirección del espesor de la chapa, de las chapas de acero de las chapas de acero N° 2 y N° 1 de la Tabla 2, incluyendo las capas superficiales. El símbolo X en la Figura 2 representa el resultado de observación de la sección transversal de la capa interna de óxido. Los gráficos en las figuras. 1A y 1B ilustran también un perfil de concentración de Si, como referencia, además del perfil de concentración de oxígeno.

Una comparación entre los resultados de medición de GDOES de la chapa de acero N° 2, que es un ejemplo en el que la concentración de oxígeno en la capa superficial fue insuficiente y prácticamente no se formó una capa interna de óxido, y la chapa de acero N° 1 que es un ejemplo en el que la concentración de oxígeno en la capa superficial fue igual o superior que la concentración dada y hubo una capa interna de óxido, revela que en la chapa de acero N° 2 ilustrada en la Figura. 1ª la concentración de oxígeno disminuye bruscamente desde la superficie más externa de la chapa de acero a una profundidad de aproximadamente 2 a 3 µm, y es sustancialmente idéntica a la concentración de oxígeno dentro de la chapa de acero, es decir, prácticamente no se forma una capa interna de oxígeno. Esto se puede comparar con la Figura 2ª por el hecho de que prácticamente no se genera óxido interno en una región por encima de la línea de puntos.

En la chapa de acero N° 1 que se ilustra en la Figura 1B, en cambio, se observa que el perfil de concentración de oxígeno desde la superficie más externa de la chapa de acero hasta una profundidad de 10 µm presenta una curva suave, y el oxígeno está suficientemente presente desde la superficie más externa de la chapa de acero hasta una profundidad de 10 µm, es decir, se forma una capa interna de óxido. Esto se puede captar en la Figura 2B por el hecho de que una capa interna de óxido está presente en una región desde la superficie más externa de la chapa de acero hasta una profundidad de aproximadamente 10 µm, es decir, en una región por encima de la línea de puntos.

### Ejemplo 2

En el Ejemplo 2, se evaluó un método para fabricar un elemento de acero. En términos más detallados, se realizó una prueba de conformación en caliente, tal como se describe a continuación para evaluar la adhesión de la costra de óxido caliente.

#### 50 Prueba de conformación en caliente

Se cortaron las chapas de acero laminadas en frío anteriores a un tamaño de 1,4 mm (t) x 150 mm (w) x 50 mm (L), y se desengrasaron, para obtener las correspondientes piezas de ensayo. Se realizó una prueba de conformación en caliente utilizando las piezas de ensayo. El dispositivo de ensayo utilizado en la prueba fue un dispositivo de

prueba de reproducción de trabajado en caliente "Thermomaster Z" con calentador eléctrico, por Fuji Electronic Industrial Co., Ltd. Tal como se ilustra en la Figura 3, se instalaron herramientas para conformación de estiramiento-expansión consistentes en un troquel superior fijo 2 y un troquel inferior 3 con un resorte prensador 8 y una pieza de ensayo 4 dentro del dispositivo de ensayo 1 y se llevó a cabo el calentamiento por conducción eléctrica utilizando electrodos 5. A continuación, se elevó primero el troquel inferior 3, para emparejar la pieza de ensayo 4 entre el troquel inferior 3 y el troquel superior fijo 2, y después se llevó a cabo la conformación en caliente moviendo el punzón 7 de conformación de expansión por estiramiento hacia arriba. Se pudo aprender la temperatura de la chapa de acero, como la pieza de ensayo, utilizando un termopar 6. Las condiciones de conformación en caliente fueron las siguientes.

Condiciones de conformación en caliente  
 Atmósfera de calentamiento: atmósfera de aire  
 Altura de conformación: 8 mm.  
 Velocidad de conformación: 13 mm/s

Tiempo de mantenimiento del punto muerto inferior de conformación: 0,1 s  
 Diámetro del punzón saliente: 20 mm.  
 Punta R del punzón saliente: 10 mm

La Figura. 4 ilustra un patrón de calentamiento y enfriamiento realizado en el presente ejemplo. En la Figura 4, el símbolo Z representa el tiempo de conformación de la prensa caliente. Tal como se ilustra en la Figura 4, se estableció la velocidad de calentamiento promedio en la que asciende la temperatura desde la temperatura ambiente, que es la temperatura de inicio de calentamiento, hasta la temperatura de calentamiento, es decir, T1: 900 ° C, que es la "temperatura máxima alcanzada" en el presente ejemplo, a una velocidad de calentamiento promedio: 25 °C/s. Una vez que se alcanzó la temperatura máxima alcanzada T1, se interrumpió el calentamiento inmediatamente, es decir, se ajustó el tiempo de mantenimiento t1 en t1 = 0 segundos a la temperatura máxima alcanzada y se inició el enfriamiento natural. La Figura. 4 ilustra un estado t1>0 para explicar el tiempo de mantenimiento t1 a la temperatura máxima alcanzada. La conformación en prensa caliente se inició en el momento en el que la temperatura de la chapa de acero alcanzó la temperatura de inicio de conformación indicada en la Tabla 3-1 o la Tabla 3-2. Durante la conformación, el punto muerto inferior se mantuvo durante 0,1 segundos, tras lo cual se retrajo el troquel y luego se dejó que el enfriamiento natural descendiera a temperatura ambiente.

En el presente ejemplo, la atmósfera desde el inicio del calentamiento hasta la finalización de la conformación de la prensa caliente fue una atmósfera oxidante. En consecuencia, se calculó el "tiempo de residencia en una atmósfera oxidante y a 800 ° C o superior" como una suma total ( $t_h + t_1 + t_c$ ) de un tiempo  $t_h$  que se requiere para que la temperatura alcance la temperatura máxima alcanzada T1 desde 800 °C, en un proceso de aumento de temperatura, un tiempo de mantenimiento t1 a la temperatura máxima alcanzada y un tiempo  $t_c$  requerido para alcanzar 800 ° C desde la temperatura máxima alcanzada T1, en un proceso de enfriamiento, tal como se ilustra en el patrón de calentamiento y enfriamiento de la Figura 4.

Evaluación de la adhesión de costra

Se observó a simple vista la superficie de cada elemento de acero obtenido en la conformación en prensa caliente, es decir, el elemento de acero en un estado de haber sido enfriado a temperatura normal, por enfriamiento natural, desde un estado provocado por la retracción del troquel después de la conformación en prensa caliente para evaluar la presencia o ausencia de descamación de costra. Los casos en los que no se observó descamación de la costra se calificaron como OK, que indica una buena adhesión a costra, mientras que los casos en los que se observó la descamación de la costra se evaluaron como NG, que indica una escasa adhesión de costra. Los resultados se indican en la Tabla 3-1 y la Tabla 3-2.

Las Figuras 5A y 5B ilustrar fotografías de ejemplos de la superficie de los elementos de acero. La Figura 5A es una fotografía de un elemento de acero obtenida en un ejemplo en el que se utilizó la chapa de acero del Experimento N° 11B en la Tabla 3-1, es decir, la chapa de acero N° 2. La Figura 5A muestra la descamación de la superficie del elemento de acero. La Figura 5B es una fotografía de un elemento de acero obtenido en un ejemplo en el que se utilizó la chapa de acero del Experimento N° 11A en la Tabla 3-1, es decir, la chapa de acero N° 1. La Figura 5B representa un elemento de acero obtenido de buen aspecto, sin descamación de la superficie del elemento de acero. Se evaluaron otros ejemplos de la Tabla 3-1 y los ejemplos en la Tabla 3-2 observando la superficie como como en las Figuras 5A y 5B.

Tabla 3-1

Nº Experimento	Nº chapa de acero	Temperatura máxima alcanzada (T1) (°C)	Velocidad de calentamiento promedio en la región de temperatura de 800 °C o superior (°C/s)	Tiempo (th) desde 800 °C a T1 en el proceso de elevación de temperatura	Tiempo de retención (t1) en T1 (s)	Tiempo desde 800 °C a T1 a tc en proceso de enfriamiento	Tiempo de retención (tr)+(t1)+(tc) (s)	Enfriamiento tras retención de temperatura	Temperatura de inicio de conformación (°C)	Adhesión de costra
1A	1	900	100	1	0	8	9	Enfriamiento natural	750	Ok
1B	2									Ok
2A	1	900	25	4	0	8	12	Enfriamiento natural	750	Ok
2B	2									Ok
3A	1	900	25	4	0	8	12	Enfriamiento natural	650	Ok
3B	2									Ok
4A	1	900	25	4	0	8	12	Enfriamiento natural	550	NG
5A	1									
5B	2	900	25	4	10	8	22	Enfriamiento natural	750	Ok
6A	1									Ok
6B	2	900	25	4	10	8	22	Enfriamiento natural	650	Ok
7A	1	900	25	4	10	8	22	Enfriamiento natural	550	NG
8A	1	900	25	4	20	8	32	Enfriamiento natural	750	NG
8B	2									
9A	1									
9B	2	900	25	4	20	8	32	Enfriamiento natural	650	Ok
									550	NG
10 A	1	900	25	4	20	8	32	Enfriamiento natural		Ok
11A	1									
11B	2	900	25	4	30	8	42	Enfriamiento natural	750	NG
12A	1									NG
12B	2	900	25	4	30	8	42	Enfriamiento natural	60	Ok

\* Tiempo de residencia en atmósfera oxidante y a 800 °C o superior.

Tabla 3-2

Nº Experimento	Nº chapa de acero	Temperatura máxima alcanzada (T1) (°C)	Velocidad de calentamiento promedio en la región de temperatura de 800 °C superior (°C/s)	Tiempo (th) desde 800 °C a T1 en el proceso de elevación de temperatura	Tiempo de retención (t1) en T1 (s)	Tiempo (tc) desde T1 a 800 °C en proceso de enfriamiento	Tiempo de retención (t <sub>n</sub> )+(t1)+(t <sub>c</sub> ) (s)	Enfriamiento tras retención de temperatura	Temperatura de inicio de conformación (°C)	Adhesión de costra
13A	1	900	25	4	30	8	42	Enfriamiento natural	550	NG
14A	1	900	25	4	50	8	62	Enfriamiento natural	750	NG
15A	1	900	25	4	50	8	62	Enfriamiento natural	650	NG
16A	1	900	25	4	100	8	112	Enfriamiento natural	750	NG
17A	1	900	25	4	100	8	112	Enfriamiento natural	650	NG
18A	1	900	25	4	300	8	312	Enfriamiento natural	750	NG
1C	3	900	100	1	0	8	9	Enfriamiento natural	750	Ok
2C	3	900	25	4	0	8	12	Enfriamiento natural	750	Ok
3C	3	900	25	4	0	8	12	Enfriamiento natural	650	Ok
5C	3	900	25	4	10	8	22	Enfriamiento natural	750	Ok
6C	3	900	25	4	10	8	22	Enfriamiento natural	650	Ok
8C	3	900	25	4	20	8	32	Enfriamiento natural	750	Ok
9C	3	900	25	4	20	8	32	Enfriamiento natural	650	Ok
11C	3	900	25	4	30	8	42	Enfriamiento natural	750	Ok
12C	3	900	25	4	30	8	42	Enfriamiento natural	650	NG

\* Tiempo de residencia en atmósfera oxidante y a 800 °C o superior.

- Las Figuras 6A a 6C ilustran diagramas en los que se recopiló la relación entre las condiciones de conformación en prensa caliente prescritas en la presente invención y la adhesión de costra utilizando los resultados de la Tabla 3-1 y la Tabla 3-2. De acuerdo con la Figura 6A, cuando se utilizó la chapa de acero N° 2, es decir, una chapa de acero con una concentración de oxígeno en la capa superficial de 0,63 % en masa para la conformación en prensa caliente, la adhesión de costra fue escasa y no se consiguió una adhesión de costra de manera fiable dentro del intervalo de condiciones de prensado por calor prescrito, dependiendo de las combinaciones de esas condiciones, específicamente temperatura de calentamiento: 1100 °C o inferior; tiempo de residencia en una atmósfera oxidante y a 800 ° C o superior dentro de un período de tiempo desde el inicio del calentamiento hasta la finalización de la conformación en prensa caliente: 40 segundos o menos; y temperatura de inicio de conformación en prensa caliente: 600 °C o superior. En cambio, se obtuvo una excelente adhesión de costra de manera fiable, dentro de los intervalos de las condiciones de conformación en prensa caliente, cuando se utilizó la chapa de acero N° 3 prescrita en la presente invención, es decir, una chapa de acero con una concentración de oxígeno en la capa superficial de 0,85 % en masa en la conformación en prensa caliente, tal como se ilustra en la Figura 6B, y cuando se utilizó en la conformación en prensa caliente la chapa de acero N° 1, es decir, una chapa de acero con una concentración de oxígeno en la capa superficial de 0,95 % en masa, tal como se ilustra la Figura. 6C. Las Figuras 6A a 6C revelan que la presente invención permite suprimir la descamación de costra durante la conformación en prensa caliente y obtener de manera fiable un elemento de acero de buen aspecto, incluso cuando el tiempo de residencia prescrito es de 22 segundos o más, en particular 32 segundos.
- La costra se desprendió fácilmente durante la conformación en prensa caliente y no se pudo conseguir una adhesión de costra superior de manera fiable cuando la temperatura de inicio de la conformación fue excesivamente baja, tal como se ilustra en los Experimentos N° 4A, 7A, 10A y 13A en la Tabla 3-1 y Tabla 3-2, y cuando el tiempo de residencia a 800 °C o superior en la conformación en prensa caliente fue excesivamente largo, tal como se ilustra en los Experimentos N° 14A a 18A en la Tabla 3-2, incluso cuando se utilizó para la conformación en prensa caliente chapa de acero N° 1 en la que la concentración de oxígeno en la capa superficial fue 0,95 % en masa.
- 1 dispositivo de ensayo de reproducción de trabajado en caliente
  - 2 troquel prensador superior de tipo fijo
  - 3 troquel prensador baja
  - 4 pieza de ensayo
  - 5 electrodo calefactor [0122]
  - 6 termopar
  - 7 punzón saliente
  - 8 resorte prensador
  - X capa interna de óxido
  - Z Conformación en prensa caliente

**REIVINDICACIONES**

1. Una chapa de acero para conformación en caliente que consiste en relación en masa en:

- 5 C: 0,15 % en masa a 0,35 % en masa;  
 Si: 1,0 % en masa a 3,0 % en masa;  
 Mn: 1,0 % en masa a 3,0 % en masa;  
 Al: más de 0 % en masa hasta 0,10 % en masa;  
 Ti:  $([N] \times 48/14)$  % en masa a 0,10 % en masa (donde [N] representa la cantidad de N en la chapa de acero);
- 10 B: 5 ppm en masa a 50 ppm en masa;  
 P: más de 0 % en masa a menos de 0,015 % en masa;  
 S: más de 0 % en masa hasta 0,010 % en masa;  
 N: más de 0 % en masa hasta 0,010 % en masa; y  
 O: más de 0 % en masa hasta 0,010 % en masa,
- 15 opcionalmente, como otros elementos, en relación en masa:  
 uno o más elementos seleccionados del grupo que consiste en Cr: más de 0 % en masa hasta 1,0 % en masa;  
 Mo: más de 0 % en masa hasta 0,5 % en masa; y
- 20 uno o más entre V, Nb and W en una cantidad total de más de 0 % en masa hasta 0.5 % en masa, siendo el resto hierro e impurezas inevitables,  
 donde la concentración de oxígeno promedio desde la superficie más exterior de la chapa de acero hasta una profundidad de 10  $\mu\text{m}$  en una dirección de espesor de la chapa es 0,70 % en masa a 1,30 % en masa, tal como se mide por espectrometría de emisión óptica de descarga luminiscente,
- 25 donde las condiciones de medición incluyen un objetivo de medición en forma de una región que tiene un diámetro de 4 mm dentro de la superficie de chapa de acero, una potencia de 50 W, gas argón a una presión de 2,5 hectopascuales y el uso de un modelo de espectrometría de descarga luminiscente en seco, con el pulso de medición establecido en un 50 %, y
- 30 donde la concentración de oxígeno promedio se calcula elaborando un perfil de oxígeno en la dirección de profundidad de una pieza de ensayo que ha sido cortada desde la porción central del ancho de una chapa de acero laminada en frío que tiene la composición química indicada, integrando la concentración de oxígeno en una región desde la profundidad de 0  $\mu\text{m}$  a una profundidad de 10  $\mu\text{m}$ , y dividiendo el valor de la integral por 10  $\mu\text{m}$ .
- 35 2. La chapa de acero para conformación en caliente de la reivindicación 1, donde la concentración de oxígeno promedio desde la superficie más exterior de la chapa de acero hasta una profundidad de 10  $\mu\text{m}$  en una dirección de espesor de la chapa es 0,85 % en masa a 1,30 % en masa.
- 40 3. Un método para fabricar un elemento de acero conformado en prensa caliente por calentamiento y conformación en prensa caliente de la chapa de acero para conformar en caliente de la reivindicación 1 o 2, donde el calentamiento se realiza a una temperatura de calentamiento de 850 a 1100 °C, un tiempo de residencia en una atmósfera oxidante y a 800 °C o superior se establece en 5 a 40 segundos dentro del periodo de tiempo desde el inicio del calentamiento hasta completar la conformación en prensa caliente y se establece la temperatura de inicio de la conformación en prensa caliente en 600 a 800 °C.
- 45

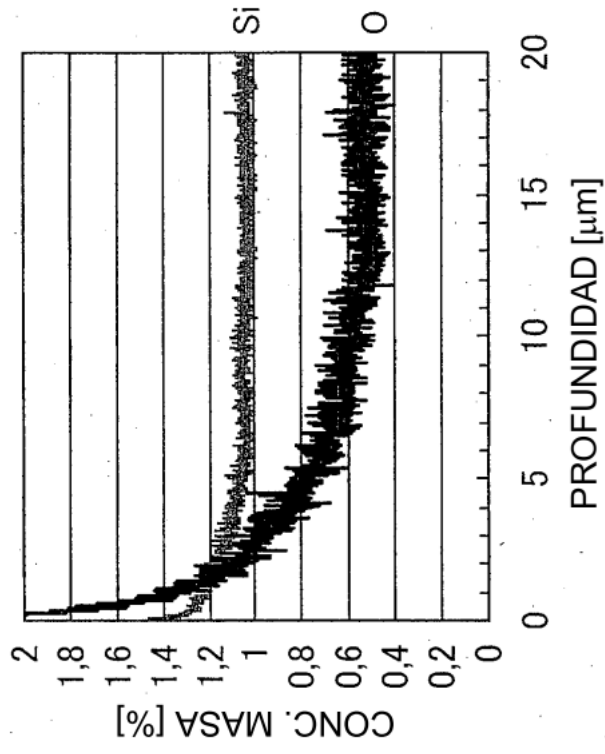


FIG.1B

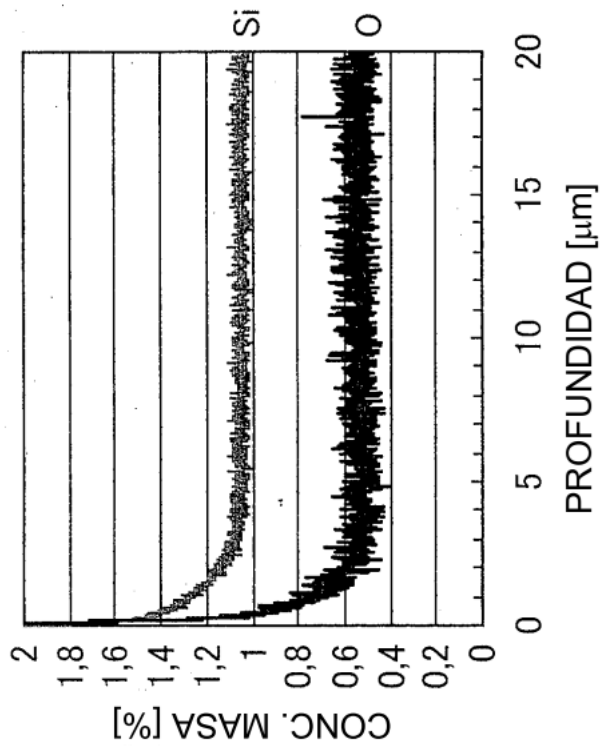


FIG.1A



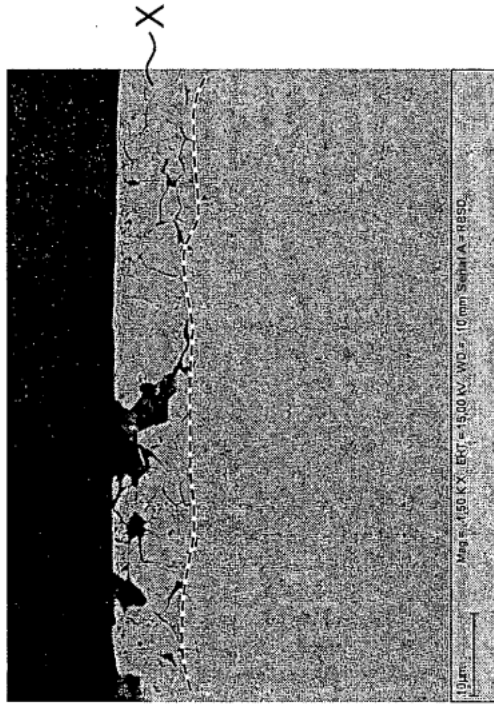


FIG.2B

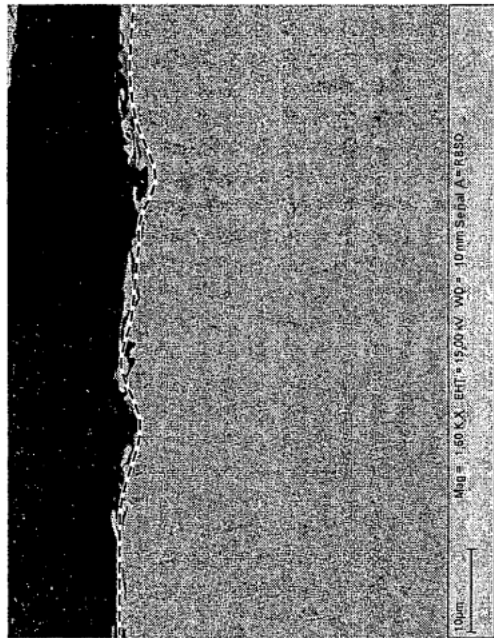


FIG.2A

FIG.3

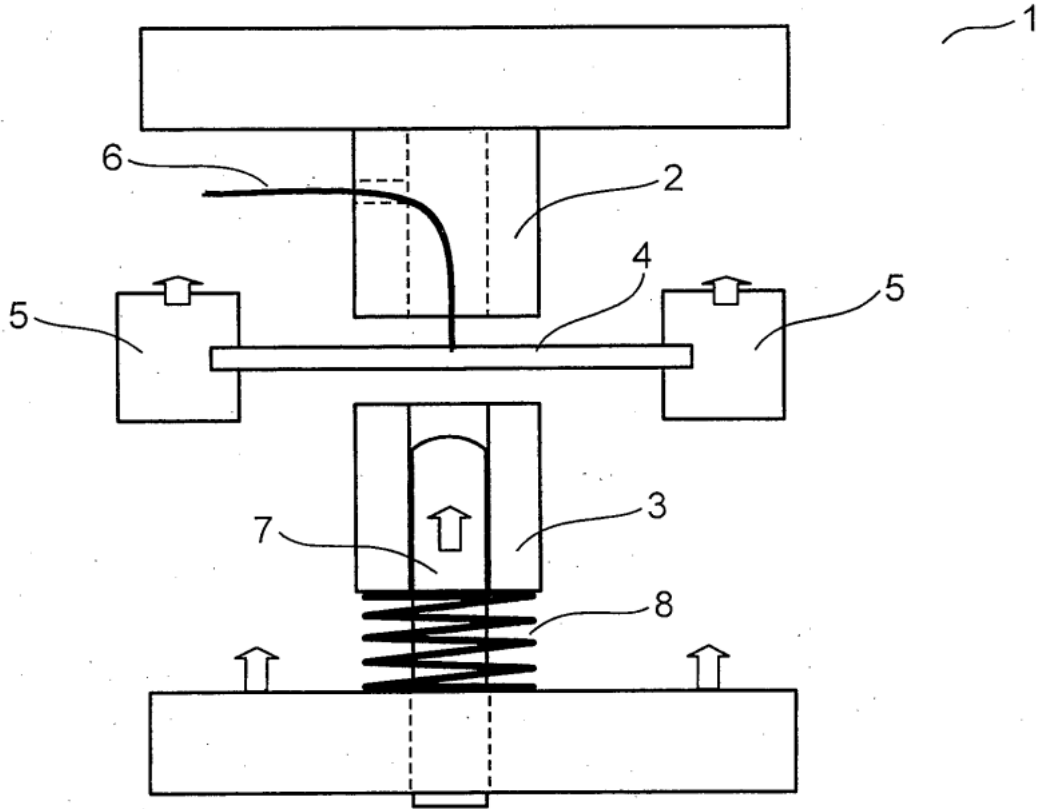


FIG.4

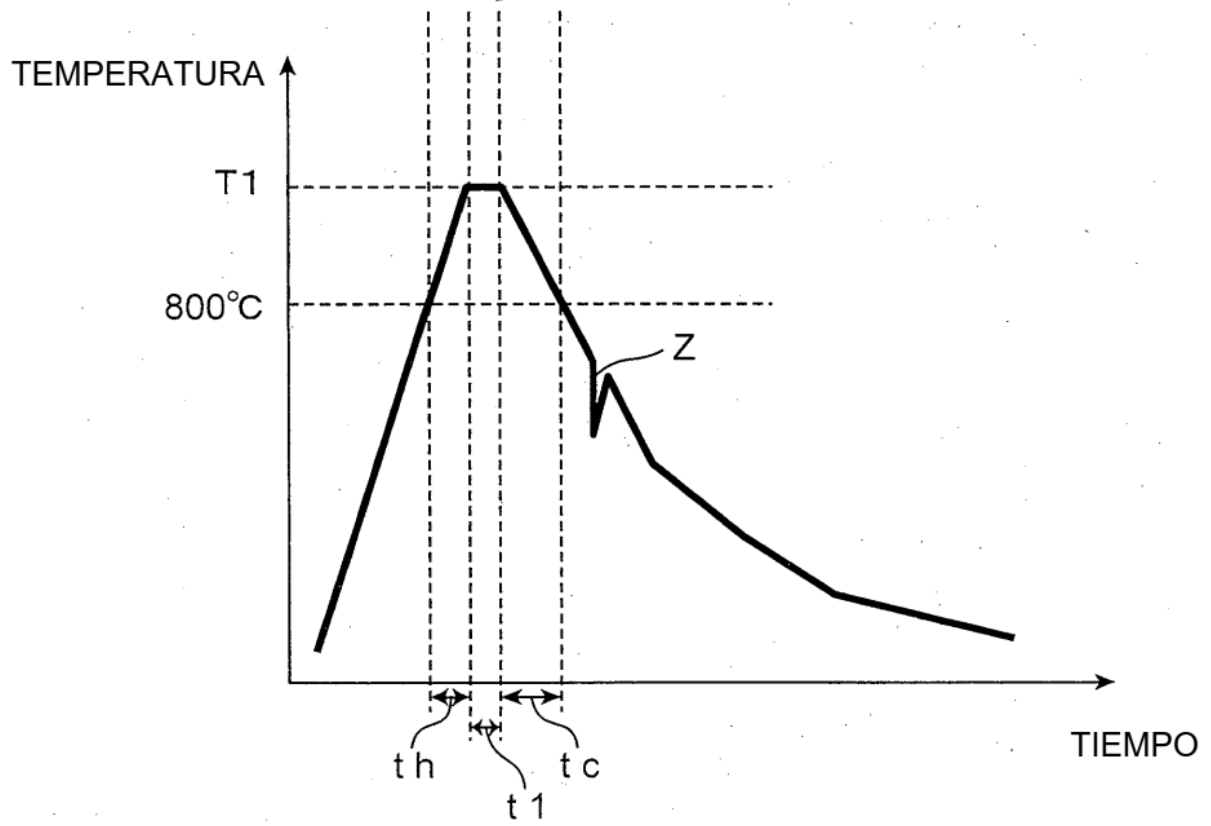




FIG.5B

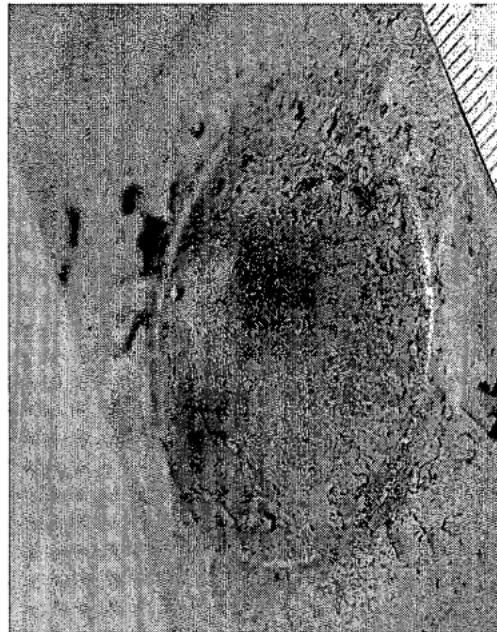


FIG.5A

900°C CALEN- TAMIENTO	TEMPERATURA DE INICIO DE CONFORMACIÓN (°C)	
	750	650
9	OK	-
12	OK	OK
22	OK	OK
32	OK	OK
42	OK	OK

FIG.6C

900°C CALEN- TAMIENTO	TEMPERATURA DE INICIO DE CONFORMACIÓN (°C)	
	750	650
9	OK	-
12	OK	OK
22	OK	OK
32	OK	OK
42	OK	NG

FIG.6B

900°C CALEN- TAMIENTO	TEMPERATURA DE INICIO DE CONFORMACIÓN (°C)	
	750	650
9	OK	-
12	OK	OK
22	OK	NG
32	NG	NG
42	NG	NG

FIG.6A