

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 583 143**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00	(2006.01) B21B 1/32	(2006.01)
C22C 38/02	(2006.01) B32B 15/01	(2006.01)
C22C 38/04	(2006.01)	
C22C 38/14	(2006.01)	
C22C 38/18	(2006.01)	
C22C 38/40	(2006.01)	
C22C 38/42	(2006.01)	
C22C 38/44	(2006.01)	
C22C 38/46	(2006.01)	
C21D 9/46	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.07.2007 E 07791394 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.06.2016 EP 2050532**

54 Título: **Acero de varias capas y procedimiento de producción de acero de varias capas**

30 Prioridad:

27.07.2006 JP 2006205283

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

19.09.2016

73 Titular/es:

**THE UNIVERSITY OF TOKYO (100.0%)
3-1, HONGO 7-CHOME, BUNKYO-KU
TOKYO 113-8654, JP**

72 Inventor/es:

**KOSEKI, TOSHIHIKO;
SUZUKI, TOSHIO;
YOSHIDA, TOYONOBU;
INOUE, JUNYA y
TANAKA, MITSUYUKI**

74 Agente/Representante:

DURÁN MOYA, Carlos

ES 2 583 143 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

Acero de varias capas y procedimiento de producción de acero de varias capas

5 **SECTOR TÉCNICO**

La presente invención se refiere a un acero de varias capas en el que dos propiedades de un acero que son incompatibles entre sí, tales como la alta resistencia y la alta ductilidad, pueden hacerse compatibles entre sí, y a un procedimiento para producir el mismo.

10 **TÉCNICA ANTERIOR**

15 En una unidad móvil, tal como un automóvil, se requiere la consecución de peso ligero del punto de vista del rendimiento y/o la respuesta ambiental. Por lo tanto, hasta ahora se han adoptado dos enfoques principales para obtener materiales estructurales que pueden satisfacer tales demandas. Un enfoque es fabricar un material de hierro y acero fino aumentando la resistencia del mismo y otro enfoque es la utilización de una aleación que tenga un peso específico pequeño en lugar del material de hierro y acero.

20 Sin embargo, cuando se fabrica un material de hierro y acero con mayor resistencia y menor grosor, surgen problemas, tales como la degradación de la ductilidad y de la resistencia a la fatiga y el incremento de la fragilidad por hidrógeno asociados con que el material se ha hecho más fuerte y más fino.

25 Además, cuando se utiliza la aleación de Al o Mg que tiene un peso específico bajo en lugar del material de hierro y acero, debido a la baja resistencia y tenacidad de la misma, es necesario aumentar su grosor de la plancha o complicar su forma de sección transversal con el fin de obtener la resistencia y la tenacidad iguales a las del material de hierro y acero. En consecuencia, surge otro problema, se hace imposible no solo lograr un efecto de peso ligero que pueda esperarse normalmente por las diferencias del peso específico, sino también evitar los problemas de degradación en la capacidad de conformado en prensa, la fragilidad causada por la unión de materiales distintos, la corrosión, y similares.

30 Por tanto, se espera con gran ansia la llegada de un material de hierro y acero que pueda alcanzar un peso ligero estructural del mismo y que simultáneamente pueda tener una resistencia elevada y, además, que pueda resolver el problema de la degradación de la ductilidad, la tenacidad, la capacidad de conformado, la resistencia a la fatiga, la resistencia a la corrosión, la resistencia a la fragilidad por hidrógeno y similares que vienen con el peso ligero y la resistencia elevada.

35 No obstante, dado que concretamente la resistencia y la ductilidad son incompatibles entre sí, es difícil conseguir la compatibilidad con los materiales de hierro y acero convencionales.

40 La figura 1 es un gráfico que muestra una correlación entre la resistencia y la ductilidad de los aceros convencionales. En la figura 1, la resistencia está representada por la resistencia a la tracción y la ductilidad está representada por la elongación. El acero mostrado como MART (martensita) de la figura 1 es acero martensítico con una resistencia ultra alta pero una ductilidad extremadamente baja. A partir de la figura 1 se puede entender que, en cualquiera de los aceros, cuanto mayor es la resistencia menor es la ductilidad.

45 Convencionalmente, como uno de los medios para mejorar las propiedades de un material, se está estudiando la utilización de varias capas del material mediante la utilización de diferentes materiales distintos cada uno de ellos con las propiedades requeridas.

50 El material obtenido mediante aceros u otros materiales con varias capas incluye una plancha chapada, plancha laminada, material compuesto o similares.

55 La plancha chapada es una plancha de acero o plancha de metal obtenida mediante chapado de la superficie de un acero altamente resistente a la corrosión o similar con el fin de impartir una función de anticorrosión. Como procedimiento de formación de la plancha chapada, se propone un procedimiento (por ejemplo, en el documento de patente 1) en la que aceros distintos se someten a laminación en frío y a continuación a recocido.

60 La plancha laminada es una plancha de acero o plancha de metal obtenida mediante la introducción de una resina o similar entre las mismas con el fin de impartir una función de amortiguación, una función de aislamiento térmico y similares. Como procedimiento de formación de la plancha laminada se propone un procedimiento (por ejemplo, en el documento de patente 2) en el que una resina unida entre dos planchas de metal se funde y las dos planchas de metal se moldean a presión.

65 El material compuesto es un material compuesto en forma de plancha producido mediante la utilización de un polímero, hoja de papel de aluminio laminada, tal como una lámina de metal, y material de carbono con el objetivo de dar a conocer al propio material una resistencia elevada. Como procedimiento de formación del material

compuesto hecho de materiales diferentes, se propone un procedimiento (por ejemplo, en el documento de patente 3) en el que piezas de material compuesto formadas por una hoja de material preimpregnado se moldean por compresión. Hay un informe sobre que la tenacidad y la característica de resistencia a la fatiga del propio material mejoran mediante la utilización del material compuesto en varias capas.

- 5 Documento de patente 1: Solicitud de patente japonesa abierta a inspección pública No. Hei 5-5190
- Documento de patente 2: Solicitud de patente japonesa abierta a inspección pública No. 2001-277271
- 10 Documento de patente 3: Solicitud de patente japonesa abierta a inspección pública No. 2005-306039

15 El documento JP 2005 298960 A da a conocer una plancha de acero inoxidable chapada de varias capas para el separador de una celda de combustible de tipo polímero sólido que se forma mediante la combinación de una capa interna hecha de acero inoxidable que comprende 0-0,3% en masa de B, con una capa externa hecha de acero inoxidable que comprende 0,3-2,5% en masa de B sobre una superficie o ambas superficies de la capa interna.

20 El documento JP H02 30712 A da a conocer un compuesto ensamblado que se forma con un material de chapado que comprende acero inoxidable austenítico y un tipo de aleación a base de Ni austenítico y un material de base que comprende el acero de carbono o acero de aleación baja que no contiene más de 0,2% en peso de C y, preferentemente, de 0,005 a 0,03% en peso de Ti.

25 El documento JP 62 016892 A se refiere a una plancha de acero chapado de acero inoxidable obtenido mediante laminación de una losa de ensamblaje obtenida mediante superposición de un material compuesto que comprende acero inoxidable, y un metal de base que comprende acero de carbono o acero de aleación baja y soldado de su periferia.

30 El documento JP 61 273277 A da a conocer un acero compuesto obtenido mediante laminación del metal chapado de el grosor prescrito a la superficie del acero que comprende, entre otros, el 5 - 12% en peso de Ni y el 0,6-1,5% en peso de Mn y, a continuación, calentando y laminando este tocho compuesto y, además, enfriándolo con agua y atemperándolo a una temperatura especificada.

CARACTERÍSTICAS DE LA PRESENTE INVENCION

35 Problemas que ha de resolver la presente invención

40 En la técnica convencional, la plancha chapada es la plancha de acero o la plancha de metal obtenida mediante laminación de aceros o planchas de metal distintos y la realización de un proceso de recocido o similar con el objetivo principal de impartir una función a la superficie o similar, no con el objetivo de hacer que el propio material estructural sea altamente funcional con la condición previa de que los materiales estén soldados. Asimismo, la plancha laminada es la plancha de acero o plancha de metal fundiendo la resina unida entre dos planchas de metal y realizando moldeo por presión con el objetivo de impartir una función de amortiguación, una función del aislamiento térmico y similares, no con el objetivo de hacer que el propio material estructural sea altamente funcional con la condición previa de que los materiales estén soldados.

45 El material compuesto es el material de tipo plancha obtenido realizando moldeo por compresión con los materiales con el objetivo de hacer que el propio material de varias capas con forma de plancha sea más fuerte. Existe un informe de que, mediante la formación de varias capas del material compuesto se mejoran la tenacidad y la resistencia a la fatiga de un material frágil, tal como una cerámica. Se ha indicado que estos hallazgos efectúan la presente invención, aunque no se han publicado estudios sobre un equilibrio entre la resistencia y la ductilidad, la tenacidad, la capacidad de conformado, la soldabilidad, la resistencia a la fatiga al que se está prestando atención en la presente invención.

50 El resultado es que, en los materiales convencionales de varias capas, todavía no se ha logrado ningún material estructural en el que las propiedades sean incompatibles entre sí, como en el caso de la resistencia y la ductilidad.

55 Con el fin de resolver los problemas anteriores, un objetivo de la presente invención es dar a conocer un acero de varias capas del tipo de acero/laminado de acero en el que dos propiedades de un acero que son incompatibles entre sí, como en el caso de la resistencia alta y la ductilidad alta se hagan compatibles entre sí y que tenga una resistencia, ductilidad, soldabilidad, tenacidad y resistencia a la fatiga excelentes, y un procedimiento para producir el acero de varias capas.

60 Medios para resolver los problemas

65 El objeto anterior se consigue mediante la presente invención tal como se define en las reivindicaciones independientes. Realizaciones ventajosas de la presente invención son el sujeto de reivindicaciones dependientes. Cabe indicar que todos los ejemplos que se proporcionan más adelante que no entran dentro del alcance de la

ES 2 583 143 T3

presente invención, tal como se expone en las reivindicaciones adjuntas, no deben considerarse realizaciones y ejemplos de la presente invención.

5 El acero de varias capas de la presente invención se forma mediante laminación, combinando dos tipos de aceros cada uno de ellos con una composición química y microestructura diferentes o propiedades mecánicas diferentes.

10 El acero de varias capas se forma mediante laminación, combinando una primera capa de un acero A que comprende, en % en masa, del 0,05 al 0,4 de C, del 0,05 al 3,0 de Si, del 0,05 al 3,0 de Mn, siendo el resto Fe e impurezas inevitables, y, opcionalmente, uno o más elementos del 0,001 al 0,1% en masa de Nb, del 0,001 a 0,1% en masa de Ti, del 0,001 al 0,5% en masa de V, del 0,01 al 16,0% en masa de Cr, del 0,01 al 12,0% en masa de Ni, del 0,01 al 3,0% en masa de Mo y del 0,01 al 1,0% en masa de Cu, y una segunda capa hecha de un acero E que comprende, en % en masa, del 0,001 al 0,15 de C, del 0,05 al 3,0 de Si, del 15,0 al 32,0 de Mn, siendo el resto Fe e impurezas inevitables.

15 El acero de varias capas indicado en un aspecto se caracteriza porque, el grosor de cada capa que constituye el acero de varias capas es igual o menor que 125 μm .

20 El acero de varias capas indicado en un segundo aspecto se caracteriza porque el número de capas que constituyen el acero de varias capas es igual o superior a 5.

El procedimiento para producir un acero de varias capas indicado en un aspecto es un proceso de laminación, en combinación de dos tipos de aceros cada uno con una composición química y microestructura diferentes o propiedades mecánicas diferentes para formar el acero de varias capas.

25 El procedimiento de producción un acero de varias capas según un aspecto es un proceso de laminación, en combinación de una primera capa hecha de acero A que comprende, en % en masa, del 0,05 al 0,4 de C, del 0,05 al 3,0 de Si, del 0,05 al 3,0 de Mn, siendo el resto Fe e impurezas inevitables, y, opcionalmente, uno o más elementos del 0,001 al 0,1% en masa de Nb, del 0,001 al 0,1% en masa de Ti, del 0,001 al 0,5% en masa de V, del 0,01 al 16,0% en masa de Cr, del 0,01 al 12,0% en masa de Ni, del 0,01 al 3,0% en masa de Mo, y del 0,01 al 1,0% en masa de Cu, y una segunda capa hecha de un acero E que comprende, en % en masa, del 0,001 al 0,15 de C, del 0,05 al 3,0 de Si, del 15,0 al 32,0 de Mn, siendo el resto Fe e impurezas.

35 El procedimiento de producción de un acero de varias capas indicado en un aspecto se caracteriza porque el grosor de cada capa que constituye el acero de varias capas es igual o menor que 125 μm .

El procedimiento de producción de un acero de varias capas indicado en un aspecto se caracteriza porque el número de capas que constituyen el acero de varias capas es igual o mayor que 5.

40 El procedimiento de producción de un acero de varias capas indicado en un aspecto se caracteriza porque el acero de varias capas se forma de un modo tal que el grosor final de cada capa que constituye el acero de varias capas obtenido a continuación de la laminación se convierte en menor o igual a la mitad de su grosor original de cada capa antes de la laminación.

45 El procedimiento de producción de un acero de varias capas indicado en un aspecto se caracteriza porque la laminación es laminación en caliente.

El procedimiento de producción de un acero de varias capas indicado en un aspecto se caracteriza porque la laminación es laminación en frío.

50 El procedimiento de producción de un acero de varias capas indicado en un aspecto se caracteriza porque la laminación es laminación templada.

55 El procedimiento de producción de un acero de varias capas indicado en un decimoquinto aspecto se caracteriza porque la laminación se debe realizar utilizando, como mínimo, dos tipos de laminación en caliente, laminación en frío y laminación templada, en combinación.

El procedimiento de producción de un acero de varias capas indicado en un decimosexto aspecto se caracteriza porque el tratamiento térmico se realiza a continuación de la laminación.

60 El procedimiento de producción de un acero de varias capas indicado en un aspecto se caracteriza porque la laminación en caliente se realiza a un intervalo de temperatura entre 200°C y 750°C.

65 El procedimiento de producción de un acero de varias capas indicado en un aspecto se caracteriza porque la laminación en frío se realiza una vez o más con una reducción del grosor del 30% o más.

El procedimiento de producción de un acero de varias capas indicado en un aspecto se caracteriza porque en el

tratamiento térmico el empapado se realiza a un intervalo de temperaturas entre 900°C y 1.250°C durante un segundo o más y, tras el tratamiento térmico, el acero se enfría a temperatura ambiente.

Efectos de la presente invención

5 De acuerdo con el acero de varias capas y el procedimiento de producción del acero de varias capas de la presente invención, por laminación, en combinación de dos tipos de aceros en capas, teniendo cada uno de ellos una composición química y una microestructura diferente o propiedades mecánicas diferentes, se puede producir un
10 acero de varias capas del tipo acero/acero laminado en el que dos propiedades de un acero que son incompatibles entre sí, tal como en el caso de la resistencia elevada y la ductilidad elevada, se pueden hacer compatibles entre sí y que tenga una resistencia, ductilidad, soldabilidad, tenacidad y resistencia a la fatiga excelentes.

Descripción breve de los dibujos

15 La figura 1 es un gráfico que muestra una correlación entre la resistencia y la ductilidad de los aceros convencionales.
La figura 2 es un gráfico utilizado para explicar la mejora de las propiedades obtenidas mediante multiestratificación de aceros según la presente invención.
20 La figura 3 es un diagrama que muestra un ejemplo de fractura por fragilidad de un acero de varias capas según el procedimiento de producción de la presente invención.
La figura 4 es un diagrama utilizado para explicar un estado de rotura por fragilidad de un acero de varias capas según el procedimiento de producción de la presente invención.
La figura 5 es un gráfico que muestra una condición para el acero de varias capas libre de grietas según el
25 procedimiento de producción de la presente invención.
La figura 6 es un diagrama que muestra un ejemplo de estrangulamiento de un acero de varias capas según el procedimiento de producción de la presente invención.
La figura 7 es una fotografía del acero de varias capas antes de su laminación según el procedimiento de producción de la presente invención.
La figura 8 es un diagrama que muestra esquemáticamente el procedimiento de laminación del acero de varias
30 capas utilizado según el procedimiento de producción de la presente invención.
La figura 9 es un gráfico que muestra una relación entre la temperatura del tratamiento térmico y la elongación.
La figura 10 es un gráfico que muestra una relación entre una reducción máxima de la pasada durante la laminación y la ductilidad del acero de varias capas.

35 MEJOR MODO PARA REALIZAR LA PRESENTE INVENCION

En el acero de varias capas de la presente invención, mediante multiestratificación, combinando dos o más tipos de aceros que tienen cada uno una composición química y microestructura diferentes o propiedades mecánicas diferentes, las propiedades del propio acero pueden mejorarse.

40 La figura 2 es un gráfico utilizado para explicar la mejora de las propiedades obtenidas mediante multiestratificación de aceros según la presente invención. La resistencia a la tracción se representa en el eje de abscisas y la ductilidad en el de ordenadas. Tal como se muestra en la figura 2, el acero I tiene una resistencia a la tracción comparativamente baja y una ductilidad comparativamente alta, mientras que el acero II tiene una resistencia a la
45 tracción comparativamente alta y una ductilidad comparativamente baja. Los inventores de la presente invención han encontrado que la resistencia a la tracción se determina por una media aritmética calculada utilizando una velocidad de laminación entre el acero I y el acero II, sin embargo, la ductilidad supera a la media aritmética mediante multiestratificación de aceros cuando se forma una interfaz entre los aceros (acero/acero) de un acero de varias capas. También se ha descubierto en estudios adicionales que la ductilidad se mejora notablemente mediante el
50 control de el grosor de las varias capas y del número de capas apiladas.

En realidad, el acero de varias capas -10- de la presente invención, tal como se muestra en la figura 2, está compuesto por la primera capa -12- que tiene una resistencia alta y ductilidad baja, y la segunda capa -11-, que tiene resistencia baja y ductilidad alta. La primera capa -12- sirve como capa de número par y la segunda capa -11-
55 sirve como capa de número impar y las piezas sueltas de las capas están apiladas de forma que la capa de número par -12- y la capa de número impar -11- se apilan de forma secuencial y alterna, y, apilando de esta forma, la segunda capa -11- que tiene una ductilidad alta está dispuesta sobre ambas superficies externas del acero de varias capas que se va a producir.

60 En el ejemplo de la presente invención se describe el ejemplo en el que se apilan 9 piezas de capas como los números impares de las capas, no obstante, la presente invención no está limitada a este caso, es decir, lo importante es que otras piezas impares de las capas, tales como 5 u 11 piezas de las capas, se puedan apilar de un modo tal que cada una de las primeras capas -12- que tiene una resistencia alta y una ductilidad baja se dispone en medio de cada una de las segundas capas -11- que tienen una resistencia baja y una ductilidad alta, y la segunda
65 capa -11- se dispone sobre las superficies externas de la multicapa.

El acero de varias capas -10- de la presente invención se produce mediante laminación, combinando dos tipos de aceros cada uno de ellos con una composición química y una microestructura diferentes o propiedades mecánicas diferentes.

5 En realidad, la primera capa -12- que compone el acero de varias capas -10- está compuesta por un acero que tiene una microestructura que comprende una fase de martensita como su propia fase y está compuesta por un acero compuesto solamente por martensita o un acero compuesto por martensita y bainita. Asimismo, la segunda capa -11- está hecha de un acero que tiene una microestructura que comprende, como fase principal, como mínimo, una de las fases de austenita y de ferrita.

10 Asimismo, el acero de varias capas -10- de la presente invención se produce mediante laminación, combinando la primera capa -12- hecha de un acero que comprende, en % en masa, del 0,05 al 0,4 de C, del 0,05 al 3,0 de Si, del 0,05 al 3,0 de Mn, siendo el resto Fe e impurezas inevitables (acero A), y, opcionalmente, uno o más elementos de 0,001 a 0,1% en masa de Nb, de 0,001 a 0,1% en masa de Ti, de 0,001 a 0,5% en masa de V, del 0,01 al 16,0% en masa de Cr, del 0,01 al 12,0% en masa de Ni, del 0,01 al 3,0% en masa de Mo, y del 0,01 al 1,0% en masa de Cu (acero B), y la segunda capa -11- hecha de un acero que comprende 0,001 a 0,15 de C, del 0,5 al 3,0 de Si, del 15,0 al 32,0 de Mn, siendo el resto Fe e impurezas inevitables (acero E).

20 El acero que se va a utilizar como la primera capa -12- de la presente invención no está limitado a uno específico siempre que el acero tenga una resistencia alta y se utilice un acero hecho de uno o más tipos de aceros de entre el acero A que comprende, en % en masa, de 0,05 a 0,4 de C, de 0,05 a 3,0 de Si, de 0,05 a 3,0 de Mn, siendo el resto Fe e impurezas inevitables, y el acero B que comprende, además del acero A, uno o más elementos de entre 0,001 a 0,1% en masa de Nb, de 0,001 a 0,1% en masa de Ti, de 0,001 a 0,5% en masa de V, de 0,01 a 16,0% en masa de Cr, de 0,01 a 12,0% en masa de Ni, de 0,01 a 3,0% en masa de Mo, y de 0,01 a 1,0% en masa de Cu.

25 El acero que se va a utilizar como la segunda capa -11- de la presente invención es acero E que comprende, en % en masa, de 0,001 a 0,15 de C, de 0,05 a 3,0 de Si, de 15,0 a 32,0 de Mn, siendo el resto Fe e impurezas inevitables.

30 El acero de varias capas de la presente invención está hecho de dos tipos de aceros que tienen cada uno una composición química y una microestructura diferentes o propiedades mecánicas diferentes. La primera capa -12- que constituye el acero de varias capas -10- está hecha de acero martensítico y la segunda capa -11- que constituye el acero de varias capas -10- está hecha de acero austenítico. Mediante laminación, combinando una serie de aceros que tiene cada uno propiedades mecánicas incompatibles entre sí, como en el caso de la resistencia alta mostrada por el acero II y la ductilidad alta mostrada por el acero I, se puede obtener un acero que tenga resistencia alta y ductilidad alta.

40 El grosor de cada capa que constituye el acero de varias capas -10- de la presente invención a continuación de la laminación es, preferentemente, 125 μm o menos. Formando el acero de varias capas -10- de manera que cada capa tenga el grosor de 125 μm o menos, se hace posible producir el acero de varias capas -10- libre de rotura causada por deslaminación, rotura por fragilidad, estrangulamiento local y similares.

45 Además, el número de capas que constituyen el acero de varias capas -10- de la presente invención en la dirección del grosor que se desea obtener a continuación de la laminación no está limitado por ningún número de capas, sin embargo, 5 o más capas son preferentes, lo que mejora las propiedades mecánicas y la soldabilidad de la totalidad del acero de varias capas -10-.

50 El grosor de cada capa que constituye el acero de varias capas -10-, a continuación de la laminación, se convierte preferentemente en la mitad o menos de el grosor original. La característica especificada que mejora el efecto se puede obtener mediante la mejora de la resistencia interfacial atribuible a la laminación.

55 El procedimiento de producción de acero de varias capas -10- de la presente invención se caracteriza porque el acero de varias capas -10- se produce mediante laminación, combinando, como mínimo, dos o más tipos de aceros cada uno de ellos con una composición química y una microestructura diferentes o propiedades mecánicas diferentes.

60 El procedimiento de producción del acero de varias capas -10- de la presente invención se caracteriza porque el acero de varias capas -10- se produce mediante laminación, combinando la primera capa -12- hecha de un acero que comprende, en % en masa, del 0,05 al 0,4 de C, del 0,05 al 3,0 de Si, del 0,05 al 3,0 de Mn, siendo el resto Fe e impurezas inevitables, y, opcionalmente, uno o más elementos del 0,001 al 0,1% en masa de Nb, del 0,001 al 0,1% en masa de Ti, del 0,001 al 0,5% en masa de V, del 0,01 al 16,0% en masa de Cr, del 0,01 al 12,0% en masa de Ni, del 0,01 al 3,0% en masa de Mo y del 0,01 al 1,0% en masa de Cu, y la segunda capa -11- hecha de un acero que comprende, en % en masa, del 0,001 al 0,15 de C, del 0,05 al 3,0 de Si, del 15,0 al 32,0 de Mn, siendo el resto Fe e impurezas inevitables.

65 El acero que se va a utilizar como la primera capa -12- de la presente invención no está limitado a uno específico

5 siempre que el acero tenga una resistencia alta y el acero esté hecho de acero A que comprende, en % en masa, del 0,05 al 0,4 de C, del 0,05 al 3,0 de Si, del 0,05 al 3,0 de Mn, siendo el resto Fe e impurezas inevitables, o acero B que comprende, además del acero A, uno o más elementos de entre 0,001 al 0,1% en masa de Nb, del 0,001 al 0,1% en masa de Ti, del 0,001 al 0,5% en masa de V, del 0,01 al 16,0% en masa de Cr, del 0,01 al 12,0% en masa de Ni, del 0,01 al 3,0% en masa de Mo, y del 0,01 al 1,0% en masa de Cu.

10 El acero que se va a utilizar como la segunda capa -11- de la presente invención es un acero E que comprende, en % en masa, de 0,001 a 0,15 de C, de 0,05 a 3,0 de Si, de 15,0 a 32,0 de Mn, siendo el resto Fe e impurezas inevitables.

15 El acero de varias capas -10- de la presente invención está hecho de dos tipos de aceros que tienen cada uno una composición química y una microestructura diferentes o propiedades mecánicas diferentes, respectivamente acero martensítico y acero austenítico. Mediante laminación, combinando una serie aceros que tiene cada uno propiedades mecánicas incompatibles entre sí, como en el caso de la resistencia alta mostrada por el acero II y la ductilidad alta mostrada por el acero I, se puede obtener un acero que tenga resistencia alta y ductilidad alta.

20 El grosor de cada capa que constituye el acero de varias capas -10- de la presente invención que se va a obtener a continuación de la laminación es, preferentemente, 125 µm o menos en la dirección del grosor que se debe obtener a continuación de la laminación. Mediante la laminación y el conformado del acero de varias capas -10- cada capa del cual tiene el grosor de 125 µm o menos, se hace posible producir el acero de varias capas -10- libre de rotura causada por deslaminación, rotura por fragilidad, estrangulamiento local y similares.

25 Asimismo, el número de capas que constituyen el acero de varias capas -10- es, preferentemente, 5 o más en la dirección del grosor del mismo. Mediante laminación para producir el acero de varias capas -10- que tiene 5 capas o más se pueden mejorar considerablemente las propiedades mecánicas y la soldabilidad de la totalidad del acero de varias capas -10-.

30 El grosor de cada capa que constituye el acero de varias capas -10-, a continuación de la laminación, se convierte preferentemente en la mitad o menos del grosor original. La mejora de la resistencia interfacial atribuible a la laminación proporciona el efecto potenciador especificado característico.

35 La laminación que se va a utilizar en la presente invención incluye, preferentemente, laminación en caliente, laminación en frío, laminación templada, laminación utilizando laminación en caliente y laminación en frío combinando y laminación utilizando laminación en caliente y laminación templada combinadas. Formando el acero de varias capas mediante laminación en caliente, laminación en frío, laminación templada, laminación utilizando laminación en caliente y laminación en frío combinadas y laminación utilizando laminación en caliente y laminación templada combinadas se puede conseguir resistencia interfacial.

40 En la práctica, en el caso de la laminación en caliente, por ejemplo calentando un rodillo de laminación utilizado para laminar el acero de varias capas -10- hasta una temperatura predeterminada, la laminación y el tratamiento térmico se realizan de forma simultánea en el acero de varias capas -10-.

45 Es decir, dos tipos de aceros que tienen cada uno composición química y microestructura o propiedades mecánicas diferentes se apilan primero en capas de forma secuencial y como alternativa para producir un acero en capas.

50 A continuación, mediante laminación del acero de varias capas -10- utilizando el rodillo de laminación precalentado hasta una temperatura predeterminada y mediante la realización del tratamiento térmico especificado, se forman la primera capa -12- hecha de un acero que tiene una microestructura que comprende fase de martensita como su fase principal y que tiene una resistencia alta y una ductilidad baja, y la segunda capa -11- hecha de un acero que tiene una microestructura que comprende, como fase principal, como mínimo, una de las fases de austenita y de ferrita, y que tiene una resistencia baja y una ductilidad alta.

55 Por lo tanto, estas primera y segunda capas se apilan de forma secuencial y alterna, y se puede producir el acero de varias capas -10-, en ambos lados del cual se disponen las segundas capas.

Por otro lado, en el caso de la laminación en frío y laminación templada, el acero de varias capas -10- anterior se lamina primero utilizando el rodillo de laminación para producir un acero laminado de varias capas.

60 A continuación, mediante la realización del tratamiento térmico en el acero laminado de varias capas, se forman la primera capa -12- hecha del acero que tiene una microestructura que comprende fase de martensita como su fase principal y que tiene una resistencia alta y una ductilidad baja y la segunda capa -11- hecha del acero que tiene una microestructura que comprende, como fase principal, como mínimo, una de las fases de austenita y de ferrita y que tiene una resistencia baja y una ductilidad alta.

65 Por lo tanto, estas primera -12- y segunda -11- capas se apilan de forma secuencial y alterna y se puede producir el acero de varias capas -10-, en ambos lados del cual se disponen las segundas capas.

5 Incidentalmente, en el caso de la laminación en caliente, si la laminación en caliente se realiza a una temperatura excesivamente alta, se producen movimientos de los átomos causados por difusión térmica entre la primera capa y las segundas capas, de modo que provocan cambios en las composiciones de las capas primera y segunda mediante lo cual se hace disminuir un efecto sinérgico esperado por el apilamiento de las capas.

10 Por otra parte, la laminación templada y la laminación en frío se realizan a una temperatura que es menor que la temperatura a la cual se realiza la laminación en caliente y, por lo tanto, no se producen movimientos de átomos se producen entre las capas primera y segunda y se hace posible evitar la disminución del efecto sinérgico esperado por el apilamiento de las capas.

15 En el caso en que se realiza principalmente laminación templada, es deseable, a continuación de calentar o de la laminación en caliente, iniciar el enfriamiento o calentamiento de los aceros estratificados a temperatura ambiente y que la mayor parte de los procesos de calentamiento y de laminación se realicen en el intervalo de temperaturas entre 200°C y 750°C. La razón de esto es que, si la laminación se realiza a una temperatura inferior a 200°C, la resistencia a la deformación del acero estratificado se convierte en alta y, si la temperatura es superior a 750°C, se hace cambiar la composición y se forma un acero no deseado.

20 Asimismo, cuando se lleva a cabo principalmente laminación en frío, es deseable utilizar un proceso de pasada que logre una reducción del grosor de 30% o más por pasada, como mínimo, una o más veces. Esto es porque, si el estirado es del 30% o menos, la ductilidad del acero de varias capas no se puede mejorar. De forma imprevista, el estirado indica una tasa decreciente del grosor de una capa obtenida a continuación de la laminación con respecto al grosor de la capa antes de la laminación.

25 Es deseable que el tratamiento térmico especificado se lleve a cabo a un intervalo de temperaturas de entre varios cientos de °C y varios miles de °C durante un período de tiempo de entre aproximadamente 1 segundo a varias horas (es decir, durante uno o más segundos). También es deseable que el tratamiento térmico se realice en un intervalo de temperaturas entre 900°C y 1.250°C, ya que, si el tratamiento térmico se realiza a una temperatura por debajo de 900°C o por encima de 1.250°C, la ductilidad no se puede mejorar hasta un nivel deseado. Además, el tratamiento térmico puede llevarse a cabo por separado, sin tratamiento simultáneo, de la laminación. Asimismo, a continuación del tratamiento térmico se puede realizar un proceso de enfriamiento mediante la utilización de procedimientos de enfriamiento con aire, enfriamiento con agua, o enfriamiento con vapor. Realizando el tratamiento térmico en el acero de varias capas a continuación de la laminación, sus propiedades mecánicas se pueden hacer uniformes en las direcciones tanto de longitud como de grosor del acero de varias capas.

35 En lo sucesivo, la presente invención se describe adicionalmente con detalle mediante ejemplos específicos, sin embargo, la presente invención no está limitada a los ejemplos y, por ejemplo, la laminación puede utilizar, como mínimo, dos o más procedimientos de laminación de entre laminación en caliente, laminación en frío y laminación templada.

40 Ejemplo I

45 Con el fin de producir el acero de varias capas de la presente invención pudiendo lograr la compatibilidad de sus propiedades que son incompatibles entre sí, tal como en el caso de la resistencia alta y la ductilidad alta, y que tenga una resistencia, ductilidad, soldabilidad, tenacidad y resistencia a la fatiga excelentes, es necesario formar acero de varias capas libre de fracturas por fragilidad y de estrangulamiento.

50 En el ejemplo I, a continuación de la determinación de las condiciones para la formación del acero de varias capas sin causar rotura por fragilidad se determinaron las condiciones para formar el acero de varias capas sin producir estrangulamiento. Además, basándose en las condiciones para formar el acero de varias capas sin causar rotura por fragilidad y estrangulamiento, se forma el acero de varias capas.

55 La figura 3 muestra ejemplos de la fractura por fragilidad como uno de los tipos de fractura de la capa de varias capas. La figura 3(A) es un ejemplo de rotura por fragilidad y la figura 3(B) es un ejemplo de la rotura producida por deslaminación. La rotura por fragilidad es un tipo de rotura producida por la satisfacción de las condiciones de rotura por fragilidad. La rotura por fragilidad es un estado en el que el grosor de una capa intermedia que constituye el acero de varias capas supera el de una capa crítica. La rotura causada por deslaminación es un estado en el que se satisfacen las condiciones de separación. La condición de separación es un estado en el que la resistencia interfacial entre la capa y una capa intermedia en el acero de varias capas se reduce por debajo de la resistencia a la separación entre capas (energía de separación entre capas) o menos.

60 La figura 4 es un diagrama utilizado para explicar una condición de progresión de una grieta que es una condición de fractura por fragilidad del acero de varias capas. Cuando la condición de progresión de grietas se cumple en la capa A que tiene el grosor de capa t_{II} en el acero de varias capas y se produce rotura por fragilidad, aparece una grieta denominada "grieta en túnel", tal como se muestra en la figura 4. La condición de progresión de grietas puede estar representada por la energía de inicio de grietas W_c y la energía de deformación liberada W_m .

La energía de inicio de grietas W_c está representada por la ecuación 1.

[Ecuación 1]

5

$$W_c = 2t_{II}\gamma_{II}$$

en la que t_{II} indica el grosor del acero II y γ_{II} indica la energía de superficie del acero II.

10 La energía de deformación liberada W_m está representada por la ecuación 2.

[Ecuación 2]

$$W_m = \int_0^{t_{II}} G(a) da = \frac{\pi a_{II}^2 \sigma_1^2}{E_{II}}$$

15

en la que t_{II} indica el grosor del acero II, E_{II} indica un módulo de Young del acero II, y σ_1 indica la carga de tracción por unidad de superficie.

20 La condición de progresión de grietas es que la energía de inicio de grietas $W_c \geq$ (mayor que o igual a) la energía de deformación liberada W_m . Cuando se satisface la condición de que la energía de inicio de grietas $W_c \geq$ la energía de deformación liberada W_m , la grieta progresa y se produce la rotura por fragilidad.

Por otro lado, cuando se satisface la condición de que la energía de inicio de grietas $W_c <$ la energía de deformación liberada W_m , la grieta no progresa y no se produce la rotura por fragilidad.

25

El grosor de la capa crítica t_{II}^{Cr} que se va a obtener cuando no se producen grietas y no se produce rotura por fragilidad en la capa II se puede representar mediante la ecuación 3.

[Ecuación 3]

30

$$t_{II}^{Cr} = \frac{2 \gamma_{II} E_{II}}{\pi \sigma_1^2}$$

en la que t_{II}^{Cr} indica el grosor de la capa crítica de la capa II. γ_{II} indica la resistencia de la capa II, E_{II} indica un módulo de Young del acero II y σ_1 indica la resistencia a la tracción.

35

En realidad, se calculó el grosor de la capa crítica que se va a obtener cuando se usa acero martensítico como la capa II que sirve como capa intermedia de entre las capas empleadas en el acero de varias capas. Se calculó que el grosor de la capa crítica t_{II}^{Cr} obtenida cuando la tenacidad a la fractura K_{IC} de la martensita es $20 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$, el módulo de Young E_{II} es 200 GPa , y la resistencia a la tracción σ_1 es 1 GPa era $125 \mu\text{m}$ utilizando la ecuación 4. Por tanto, se descubrió que, si el grosor de la capa es de $125 \mu\text{m}$ o menos, no se producen ni grietas ni rotura por fragilidad.

40

Por otro lado, la condición de separación del acero de varias capas puede estar representado por la resistencia interfacial γ_{int} y la resistencia a la separación entre capas (energía de separación entre capas) G_d . La resistencia a la separación entre capas G_d está representada por la ecuación 4.

45

[Ecuación 4]

$$G_d = 0,26G_p$$

50 en la que G_d indica la resistencia a la separación entre capas y G_p indica una velocidad de liberación de energía de una grieta que se produce en ángulo recto con la interfaz en el acero de varias capas.

Asimismo, la velocidad de liberación de energía G_p de la grieta que se produce en una dirección en ángulo recto con la interfaz en el acero de varias capas está representada por la ecuación 5.

55

[Ecuación 5]

$$G_p = \frac{\pi t_{II} \sigma_1^2}{E_{II}}$$

5 en la que G_p indica la velocidad de liberación de energía de la grieta que se produce en ángulo recto con una interfaz en la capa, t_{II} indica el grosor de la capa II, E_{II} indica un módulo de Young del acero II y σ_1 indica la resistencia a la tracción.

10 La condición de la fractura por separación es que la resistencia interfacial $\gamma_{int} <$ resistencia a la separación entre capas G_d . Cuando se satisface la condición de que la resistencia interfacial $\gamma_{int} <$ resistencia a la separación entre capas G_d , se produce fractura por separación.

15 Por otro lado, cuando se satisface la condición de que la resistencia interfacial $\gamma_{int} >$ resistencia a la separación entre capas G_d , no se produce fractura por separación.

20 En la práctica se calculó la resistencia interfacial γ_{int} obtenida cuando la capa II que usa el acero martensítico, de los aceros que se van a utilizar para el acero de varias capas, como capa intermedia. Se calculó que la resistencia interfacial γ_{int} obtenida cuando el módulo de Young E_{II} del acero martensítico era 200 GPa, su resistencia a la tracción σ_1 era 1 GPa y el grosor de la capa crítica t_{II}^{Cr} era 125 μm , era de 500 J/m^2 . Por tanto, se descubrió que si con las ecuaciones 4 y 5 se calculaba que la resistencia interfacial γ_{int} era 500 J/m^2 o más, no se producía la fractura por separación.

25 La figura 5 es un gráfico que muestra el intervalo en el que se puede obtener el acero de varias capas libre de rotura por fragilidad y de rotura por separación. La resistencia interfacial γ_{int} relativa a la resistencia γ_{II} se representa en el eje de abscisas y la resistencia a la separación entre capas G_d relativa a la resistencia γ_{II} en el eje de ordenadas. Las regiones 1 y 2 en el gráfico son regiones en las que se produce rotura causada deslaminación y la región 3 es una región en la que se produce rotura por fragilidad. Formando el acero de varias capas en la región 4 aparte de las regiones 1,2 y 3, se puede obtener el acero de varias capas libre de la rotura por fragilidad y la rotura causada por deslaminación.

30 En realidad, el acero de varias capas libre de rotura por fragilidad y rotura causada por deslaminación se puede obtener en las condiciones en las que, cuando el acero martensítico, elegido de entre los aceros que se van a utilizar para producir el acero de varias capas, se usa como la capa II que sirve como la capa intermedia, la tenacidad a la fractura K_{IC} de la martensita es 20 $\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$, el módulo de Young E_{II} del acero martensítico es 200 GPa, su resistencia a la tracción, σ_1 , es 1 GPa, el grosor de la capa crítica t_{II}^{Cr} es 125 μm o menor, la resistencia interfacial γ_{int} es 500 J/m^2 o más.

35 A continuación, se determina la condición para la formación de un acero de varias capas no solo libre de rotura por fragilidad y de rotura causada por deslaminación sino también libre de estrangulamiento, que es otro tipo de fractura de un acero.

40 La figura 6 muestra un ejemplo de estrangulamiento que es uno de los tipos de fractura del acero de varias capas. La figura 6(A) es un ejemplo de un estrangulamiento completo y la figura 6(B) es un ejemplo de estrangulamiento local. La aparición del estrangulamiento local provoca la inhibición de la ductilidad de un acero de varias capas. Si se postula la hipótesis de que la aparición de estrangulamiento sigue la condición de la tensión de von Mises, el estrangulamiento puede estar representado por la ecuación 6.

[Ecuación 6]

$$\begin{aligned} \frac{d\bar{\sigma}}{d\bar{\epsilon}} &= k_1 n_1 \bar{\epsilon}^{-n_1-1} + k_2 n_2 \bar{\epsilon}^{-n_2-1} \\ &= k_1 \bar{\epsilon}^{-n_1} + k_2 \bar{\epsilon}^{-n_2} \end{aligned}$$

50 en la que k_1 y k_2 son constantes, n_1 y n_2 indican un exponente de endurecimiento de trabajo y $\bar{\epsilon}$ indica la deformación. La condición de aparición para el estrangulamiento local puede estar representada por la ecuación 7.

[Ecuación 7]

$$\frac{d\bar{\sigma}}{d\bar{\varepsilon}} = \bar{\sigma} - \alpha \frac{t_{II}}{t_I} \frac{E_{II} l_{II}}{t_{II}} = n_1 \left(\frac{\bar{\sigma}}{\bar{\varepsilon}} \right)$$

$$\bar{\varepsilon}_u = n_1 \frac{\bar{\sigma}}{\bar{\sigma} - \alpha \frac{t_{II}}{t_I} \frac{E_{II} l_{II}}{t_{II}}}$$

- 5 en la que ε_u indica la elongación uniforme, n_1 indica un exponente de endurecimiento de trabajo, σ indica la resistencia a la tracción, α indica una constante, t_I indica el grosor de la capa del acero I, t_{II} indica el grosor de la capa del acero II, E_{II} indica un módulo de Young del acero II y L_{II} indica un diámetro de partícula del acero II.
- 10 Formando el acero de varias capas con la condición para la aparición de estrangulamiento completo o para la aparición de estrangulamiento local, se puede obtener el acero de varias capas libre de estrangulamiento completo y de estrangulamiento local.
- 15 Con el fin de producir el acero de varias capas de la presente invención pudiendo lograr la compatibilidad de sus propiedades que son incompatibles entre sí, tal como en el caso de la resistencia alta y la ductilidad alta, y que tenga una resistencia, ductilidad, soldabilidad, tenacidad y resistencia a la fatiga excelentes, se realizó la formación del acero de varias capas según las condiciones para formar el acero de varias capas libre de fractura por fragilidad y libre del estrangulamiento descrito anteriormente.
- 20 Mediante laminación, combinando, como mínimo, dos tipos de aceros que tienen cada uno composición química y microestructura diferentes o propiedades mecánicas diferentes y realizando el control de la heterointerfaz se produjo el acero de varias capas de la presente invención o de acuerdo con ejemplos comparativos. La resistencia y la elongación del acero utilizado para la combinación de los aceros en capas se muestran en la tabla 1, siendo el acero C, el acero D y el acero F ejemplos comparativos.

[Tabla 1]

MATERIAL	RESISTENCIA (MPa)	ELONGACIÓN (%)
ACERO A	1200	8
ACERO B	1400	5
ACERO C	700	60
ACERO D	800	50
ACERO E	700	50
ACERO F	800	40

- 30 Los aceros utilizados para la combinación de aceros estratificados no están limitados a los mostrados en la tabla 1 y el acero G y el acero H descritos más adelante también se utilizaron como ejemplos comparativos. La composición del acero utilizado para la combinación de aceros estratificados es del siguiente modo: el acero comprende uno o más aceros A que comprenden, en % en masa, del 0,05 al 0,4 de C, del 0,05 al 3,0 de Si, del 0,05 al 3,0 de Mn, y el resto Fe e impurezas inevitables, el acero B que comprende, además de los componentes del acero A, uno o más elementos de entre 0,001 al 0,1% en masa de Nb, del 0,001 al 0,1% en masa de Ti, del 0,001 al 0,5% en masa de V, del 0,01 al 16,0% en masa de Cr, del 0,01 al 12,0% en masa de Ni, del 0,01 al 3,0% en masa de Mo, y del 0,01 al 1,0% en masa de Cu, el acero C que comprende, en % en masa, de 0,01 a 0,15 de C, de 0,01 a 1,0 de Si, de 0,01 a 2,0 de Mn, del 12,0 al 24,0 de Cr, del 4,0 al 14,0 de Ni, y del 0,001 al 0,3 de N, e impurezas inevitables, el acero D que comprende, además del acero C, uno o más elementos del 0,001 al 0,1% en masa de Nb, del 0,001 al 0,1% en masa de Ti, del 0,001 al 0,5% en masa de V, del 0,01 al 3,0% en masa de Mo, y del 0,01 al 1,0% en masa de Cu, el acero E que comprende, en % en masa, del 0,001 al 0,15 de C, del 0,05 al 3,0 de Si, del 15,0 al 32,0 de Mn, y el resto Fe e impurezas inevitables, el acero F que comprende, además del acero E, uno o más elementos del 0,001 al 0,1% en masa de Nb, del 0,001 al 0,1% en masa de Ti, del 0,001 al 0,5% en masa de V, del 0,01 al 12,0% en masa de Cr, y del 0,01 al 12,0% en masa de Ni, del 0,01 al 3,0% en masa de Mo, del 0,01 al 1,0% en masa de Cu, y del 0,001 al 0,3% en masa de N, el acero G que comprende, en % en masa, del 0,0001 al 0,05 de C, del 0,01 al 1,0 de Si, del 0,01 al 2,0 de Mn, e impurezas inevitables, y el acero H que comprende, además del acero G, uno o más

elementos del 0,001 al 0,1% en masa de Nb, del 0,001 al 0,1% en masa de Ti, del 0,001 al 0,5% en masa de V, del 0,01 al 12,0% en masa de Cr, del 0,01 al 40,0% en masa de Ni, del 0,01 al 3,0% en masa de Mo, y del 0,01 al 1,0% en masa de Cu.

5 El acero de varias capas se produjo mediante la utilización de, como mínimo, dos aceros del acero A al acero H anteriores. Además, el acero de varias capas compuesto por la primera capa y la segunda capa se formaron utilizando del acero A al acero H anteriores.

10 La primera capa estaba compuesta por uno o más tipos de los aceros A y B según la presente invención, cada uno con una resistencia alta. Asimismo, la segunda capa estaba compuesta por uno o más aceros C, D, E, F, G y H, cada uno de ellos con una ductilidad alta, siendo los aceros C, D, F, G y H ejemplos comparativos. El acero en varias capas se produjo utilizando las capas primera y segunda.

15 Con el fin de obtener el acero de varias capas de la presente invención pudiendo lograr la compatibilidad de sus propiedades que son incompatibles entre sí, tal como en el caso de la resistencia alta y la ductilidad alta, y que tenga una resistencia, ductilidad, soldabilidad, tenacidad y resistencia a la fatiga excelentes, se produjo el acero de varias capas de un modo que se satisficieron las condiciones determinadas anteriormente para formar el acero de varias capas libre de fractura por fragilidad y de estrangulamiento.

20 La Figura 7 es una fotografía de una sección transversal del acero de varias capas formado tal como se ha descrito anteriormente. El acero utilizado para la combinación del acero de varias capas es el acero 0,15C-1,5Mn y el acero SUS316. El número de capas que constituyen el acero de varias capas es 11, su grosor de capa es de 125 μm y el grosor de cada capa que constituye el propio acero de varias capas es de 1 mm. En el ejemplo 1, la laminación en caliente se realizó en el acero de varias capas hasta que su espesor alcanza los 5 mm y la laminación en frío se realizó hasta que su grosor alcanza 1 mm a continuación de haber alcanzado 5 mm y a partir de entonces.

25 La Figura 8 es un diagrama que muestra esquemáticamente el procedimiento de laminación del acero de varias capas. De acuerdo con el procedimiento de laminación del ejemplo de la presente invención, mediante la realización de laminación en frío con el acero de varias capas -6- utilizando el rodillo para laminación -5- en las condiciones para formar el acero de varias capas determinado anteriormente sobre el que se puede evitar la aparición de fractura por fragilidad y/o estrangulamiento, se puede obtener el acero laminado de varias capas -7-. En el ejemplo 1, la laminación en caliente se realizó con el acero laminado de varias capas -7- hasta que su grosor alcanzó los 5 mm y la laminación en frío se realizó hasta que su grosor alcanzó 1 mm a continuación de haber alcanzado 5 mm y a partir de entonces.

30 El tratamiento térmico se realizó en el acero laminado de varias capas -7- que se produjo mediante laminación del acero estratificado -6- en el que el tratamiento de laminación y el tratamiento térmico no se realizaron en el mismo tiempo, sino por separado. Las condiciones para el tratamiento térmico fueron que el calentamiento se realizó a un intervalo de temperatura de entre 900°C a 1.250°C y durante un período de tiempo comprendido entre 1 segundo y 3.600 segundos. Mediante enfriamiento, a continuación de la finalización del tratamiento térmico, el acero laminado de varias capas -7- a temperatura ambiente mediante enfriamiento con agua o enfriamiento con aire se obtuvo el acero de varias capas. La resistencia a la tracción del acero de varias capas obtenido estaba en el intervalo entre 1000 MPa y 1100 MPa y la elongación fue de 40% a 50%.

35 Además, en el ejemplo 1 de la presente invención, se utilizó un tren de laminación típico como aparato de laminación, sin embargo, se puede utilizar el aparato de laminación, tal como un tren de laminación con cizalladura añadida, un tren de laminación reductor, un tren de laminación reductor con fuerza de tracción, un tren de laminación con estirado, un tren de laminación en fusión. Además, en el ejemplo, las condiciones para el tratamiento térmico son que el calentamiento se lleva a cabo a un intervalo de temperatura entre 900°C y 1.250°C, sin embargo, se puede realizar a un intervalo de temperatura entre varios cientos de °C y varios miles de °C. Además, las condiciones para el tratamiento térmico son que el calentamiento se continúa durante un período de tiempo entre 1 segundo a 3.600 segundos y el tiempo de retención es de 1 segundo a 3.600 segundos, sin embargo, el empapado se lleva a cabo durante uno o más segundos, el tiempo de retención puede estar en un intervalo de varios segundos a varias horas. El acero de varias capas puede formarse, en caso necesario, sin el tratamiento térmico a continuación de haberse laminado. Además, en el ejemplo 1, el enfriamiento con aire se realiza a continuación del tratamiento térmico, sin embargo también se pueden utilizar el enfriamiento con agua o el enfriamiento con vapor de agua.

40 Por tanto, se ha confirmado que el procedimiento de producción del acero de varias capas de la presente invención tiene el efecto de que, mediante laminación, combinando dos tipos de aceros cada uno de ellos con una composición química y una microestructura diferentes o propiedades mecánicas diferentes, es posible obtener el acero de varias capas del tipo acero/laminado de acero en el que propiedades que son incompatibles entre sí, tal como en el caso de la resistencia elevada y la ductilidad elevada, se pueden hacer compatibles entre sí y que tenga una resistencia, ductilidad, soldabilidad, tenacidad y resistencia a la fatiga excelentes.

65

Ejemplo 2 (demostrativo)

5 A continuación, con el fin de demostrar los hechos descritos anteriormente, se produjo una serie de tipos de acero de varias capas y se verificó su resistencia y su ductilidad. En primer lugar, tal como se muestra en la tabla 2, una serie de tipos de sustancias seleccionadas arbitrariamente de C, Si, Mn, Cu, Ni, Cr, Mo, V, Ti, y N se mezcla de manera que contenga el porcentaje especificado en masa para producir los aceros A, B1, B2, B3, C, D, E, F, G para utilizarlos como materiales, siendo los aceros C, D, F y G ejemplos comparativos.

[Tabla 2]

COMPOSICIÓN QUÍMICA (% EN PESO) DE LAS PIEZAS DE ENSAYO										
MATERIAL	C	Si	Mn	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Ti	N
ACERO A	0,25	0,25	1,40	-	-	-	-	-	-	0,008
ACERO B1	0,13	0,25	0,90	0,19	0,02	0,83	0,34	0,03	-	0,006
ACERO B2	0,06	0,49	0,40	-	0,10	12,20	-	-	-	0,01
ACERO B3	0,32	0,79	0,60	-	-	13,52	-	-	-	0,007
ACERO C	0,04	0,41	0,84	-	8,51	18,11	-	-	-	0,04
ACERO D	0,02	0,63	0,84	-	12,09	17,73	2,12	-	-	0,03
ACERO E	0,01	0,10	24,00	-	-	-	-	-	-	0,003
ACERO F	0,02	0,01	0,16	-	-	-	-	-	-	0,02
ACERO G	0,005	0,20	0,40	-	-	-	-	-	0,03	0,002

10 A continuación, tal como se muestra en la figura 3, los aceros de varias capas de 19 tipos en total, incluyendo los aceros de varias capas que se muestran en los ejemplos 1 a 16 y los ejemplos comparativos 1 a 3 de la tabla 3, se produjeron utilizando el material 1 que contenía un tipo de los aceros A, B1, B2, y B3, y el material 2 que contenía un tipo de los aceros C, D, E, F, y G en combinación para medir la resistencia y la ductilidad de estos aceros de varias capas.

15

[Tabla 3]

	MATERIAL 1 (CAPA DE NUMERO PAR)	MATERIAL 2 (CAPA DE NUMERO IMPAR)	GROSOR DEL MATERIAL 1 (mm)	GROSOR DEL MATERIAL 2 (mm)	GROSOR DE ACABADO (mm)	NUMERO DE CAPAS APILADAS	GROSOR POR CAPA (µm)	PROCESO	TEMPERATURA PARA LAMINACION EN CALENTE O LAMINACION TEMPLADA (°C)	REDUCCION MAXIMA DE PASADA PARA LAMINACION EN FRIO REALIZADO PRINCIPALMENTE (%)	TRATAMIENTO TERMICO	FASE CONSTITUYENTE DE LA CAPA DEL MATERIAL 1	FASE CONSTITUYENTE DE LA CAPA DEL MATERIAL 2	TS [Mpa]	EI [%]
EJEMPLO 1	ACERO A	ACERO C	5,0	5,0	1,0	9	111	LAMINACION EN CALENTE + LAMINACION EN FRIO	1000		1000°C/2 MIN ENFRIAMIENTO CON AGUA	MARTENSITA	AUSTENITA	1030	27
EJEMPLO 2	ACERO A	ACERO C	1,0	1,0	1,0	9	111	LAMINACION EN FRIO		50	1000°C/2 min ENFRIAMIENTO CON AGUA	MARTENSITA	AUSTENITA	1080	23
EJEMPLO 3	ACERO A	ACERO D	5,0	6,0	1,2	11	109	LAMINACION EN CALENTE + LAMINACION EN FRIO	1100		1000°C/2 min ENFRIAMIENTO CON AGUA	MARTENSITA	AUSTENITA	1000	28
EJEMPLO 4	ACERO A	ACERO D	1,0	1,0	0,8	11	73	LAMINACION EN FRIO		50	1050°C/2 MIN ENFRIAMIENTO CON AGUA	MARTENSITA	AUSTENITA	1060	28
EJEMPLO 5	ACERO A	ACERO E	5,0	4,5	1,2	11	109	LAMINACION EN CALENTE + LAMINACION EN FRIO	1150		1050°C/2 min ENFRIAMIENTO CON AGUA	MARTENSITA	AUSTENITA	1150	34
EJEMPLO 6	ACERO A	ACERO F	1,0	1,0	1,0	9	111	LAMINACION EN FRIO		50	1000°C/2 min ENFRIAMIENTO CON AIRE	MARTENSITA	FERRITA	980	26
EJEMPLO 7	ACERO A	ACERO G	1,0	1,0	0,8	11	73	LAMINACION EN FRIO		60	1000°C/2 min ENFRIAMIENTO CON AGUA	MARTENSITA	FERRITA	950	33
EJEMPLO 8	ACERO B1	ACERO C	5,0	5,0	1,0	13	77	LAMINACION EN CALENTE + LAMINACION EN FRIO	1150		1000°C/2 min ENFRIAMIENTO CON AGUA	MARTENSITA	AUSTENITA	1060	28
EJEMPLO 9	ACERO B1	ACERO C	1,2	1,0	1,0	11	91	LAMINACION EN FRIO		40	1000°C/2 min ENFRIAMIENTO CON AGUA	MARTENSITA	AUSTENITA	1080	27
EJEMPLO 10	ACERO B1	ACERO C	1,2	1,0	1,0	11	91	LAMINACION TEMPLADA	550		1000°C/2 min ENFRIAMIENTO CON AGUA	MARTENSITA	AUSTENITA	1080	27
EJEMPLO 11	ACERO B1	ACERO E	5,0	4,5	1,0	9	111	LAMINACION EN CALENTE + LAMINACION EN FRIO	1150		1000°C/2 min ENFRIAMIENTO CON AIRE	MARTENSITA	AUSTENITA	1050	30
EJEMPLO 12	ACERO B1	ACERO G	1,2	1,0	0,8	11	73	LAMINACION EN FRIO		50	1000°C/2 min ENFRIAMIENTO CON AGUA	MARTENSITA	FERRITA	1040	27
EJEMPLO 13	ACERO B2	ACERO C	1,2	1,0	1,0	11	91	LAMINACION TEMPLADA	550		1000°C/2 min ENFRIAMIENTO CON AGUA	MARTENSITA	AUSTENITA	1110	26
EJEMPLO 14	ACERO B2	ACERO G	1,2	1,0	1,0	11	91	LAMINACION TEMPLADA	550		1000°C/2 min ENFRIAMIENTO CON AGUA	MARTENSITA	FERRITA	1060	24
EJEMPLO 15	ACERO B3	ACERO C	1,2	1,0	1,0	11	91	LAMINACION TEMPLADA	550		1000°C/2 min ENFRIAMIENTO CON AGUA	MARTENSITA	AUSTENITA	1220	25
EJEMPLO 16	ACERO B3	ACERO G	1,2	1,0	1,0	11	91	LAMINACION TEMPLADA	550		1000°C/2 min ENFRIAMIENTO CON AGUA	MARTENSITA	FERRITA	1200	23
EJEMPLO COMPARATIVO 1	ACERO A	ACERO C	1,0	1,0	1,0	9	111	LAMINACION EN FRIO		50	800°C/2 min ENFRIAMIENTO CON AGUA	MARTENSITA	AUSTENITA	1080	6
EJEMPLO COMPARATIVO 2	ACERO B1	ACERO C	1,2	1,0	1,0	11	91	LAMINACION EN FRIO		20	1000°C/2 min ENFRIAMIENTO CON AGUA	FERRITA	AUSTENITA	950	4
EJEMPLO COMPARATIVO 3	ACERO B1	ACERO G	1,2	1,0	0,8	11	73	LAMINACION EN FRIO		50	1000°C/2 min ENFRIAMIENTO SUAVE (ENF. HORNO)	FERRITA	FERRITA	710	19

ES 2 583 143 T3

En la tabla 3, ejemplos 1-4, 6-10 y 12-16 en referencia al acero C, D, F y G son ejemplos comparativos.

En el ejemplo 1 en la tabla 3, por ejemplo, el acero A con forma de plancha que tiene el grosor de 5,00 mm (en lo sucesivo denominado "grosor del material 1") se utilizó como material 1. Asimismo, el acero C con forma de plancha que tiene el grosor de 5,00 mm (en lo sucesivo denominado "grosor del material 2") se utilizó como material 1.

A continuación, el material 1 se utilizó como una capa de número par y el material 2 se utilizó como una capa de número impar y en total se apilaron 9 capas de forma secuencial y alterna con el material 2 dispuesto encima de la superficie externa del acero de varias capas.

A continuación, en un proceso de laminación del acero de varias capas (en la tabla 3, simplemente denominado proceso), se utilizaron laminación en caliente y laminación en frío. En el caso de la laminación en caliente, el acero de varias capas se laminó mediante un rodillo de laminación a una temperatura de 1.000°C para producir el acero laminado de varias capas.

A continuación se realizó el tratamiento térmico en el acero laminado de varias capas a temperatura de 1.000°C durante aproximadamente 2 minutos y se enfrió mediante un procedimiento enfriamiento con agua para producir el acero de varias capas del ejemplo 1 en la tabla 3.

El grosor por capa que constituye el acero de varias capas del ejemplo 1 fue de 111 μm , incluyendo el grosor de 1,0 mm como el grosor de acabado.

Cuando se observó cada capa del acero de varias capas del ejemplo de 2 en la tabla 3 producido como anteriormente o se midió la dureza de la misma mediante un microscopio óptico, se confirmó que la fase constituyente del material 1 (es decir, la capa formada por el material 1) que servía como la primera capa era martensita y la fase constituyente del material 2 (es decir, la capa formada por el material 2) que servía como la segunda capa era austenita.

A continuación, cuando se midieron la resistencia y la ductilidad del acero de varias capas del ejemplo 1 en la tabla 3, se confirmó que la resistencia a la tracción (en la figura 3, mostrada como TS) era 1.030 MPa y la ductilidad de elongación (en la figura 3, mostrada como EL) era del 27%

Por lo tanto, en el ejemplo 1 en la tabla 3 se confirmó mediante los resultados de la medición de la resistencia y la ductilidad y mediante la verificación mostrada en la figura 2 que se pudo obtener el acero de varias capas que fue capaz de lograr la compatibilidad de sus propiedades que eran incompatibles entre sí, como en el caso de la resistencia alta y la ductilidad alta y que tenía resistencia, ductilidad, soldabilidad, tenacidad y resistencia a la fatiga excelentes.

También en el ejemplo 2 en la tabla 3, por ejemplo, el acero A en forma de plancha que tenía el grosor de la capa de 1,0 mm se utilizó como el material 1 y el acero C en forma de plancha que tiene el grosor de la capa de 1,0 mm se utilizó como el material 2.

A continuación, en el proceso de laminación del acero de varias capas, a diferencia del ejemplo 1 en la tabla 3, solo se utilizó enfriamiento en frío. Aquí, se llevó a cabo laminación en frío una serie de veces y una de las veces de la laminación en frío, la laminación se realizó con el estirado máximo del 50% para producir el acero laminado de varias capas.

A continuación se realizó el tratamiento térmico en el acero laminado de varias capas calentando a una temperatura de 1.000°C durante aproximadamente 2 minutos y a continuación un proceso de enfriamiento mediante enfriamiento con agua para producir el acero de varias capas del ejemplo 2 (demostrativo).

Cuando se observó cada capa constituyente del acero de varias capas del ejemplo 2 en la tabla 3 producido de este modo o se midió la dureza del mismo mediante un microscopio óptico, se confirmó que la fase constituyente del material 1 que sirve como la primera capa era martensita y la fase constituyente del material 2 que sirve como la segunda capa era austenita.

A continuación, cuando se midieron la resistencia y la ductilidad del acero de varias capas del ejemplo 2 en la tabla 3, se confirmó que la resistencia era de 1.030 MPa y la elongación era 27%. También se confirmó, mediante los resultados de la medición de la resistencia y la ductilidad y mediante la verificación mostrada en la figura 2, que el acero de varias capas podía alcanzar la compatibilidad de sus propiedades que son incompatibles entre sí, como en el caso de la resistencia alta y la ductilidad alta, y que tenía una resistencia, ductilidad, soldabilidad, tenacidad y resistencia a la fatiga excelentes.

Por otro lado, en el ejemplo comparativo 1 en la tabla 3 en el que solo la condición de temperatura para el tratamiento térmico era diferente de la del ejemplo 2 en la tabla 3 y la temperatura del tratamiento térmico se reduce a 800°C, aunque la fase constituyente de la capa del material 1 era martensita y la fase constituyente de la capa del

material 2 era austenita, la ductilidad se redujo al 6%. Es decir, la verificación en la figura 2 muestra que el acero del ejemplo comparativo 1 en la tabla 3 no puede alcanzar la compatibilidad de las propiedades que son incompatibles entre sí.

5 A partir de esta verificación se confirmó que la disminución de las condiciones de temperatura para el tratamiento térmico produjo la degradación de la ductilidad. La elongación (es decir, la ductilidad) del acero que tiene las mismas configuraciones que en el ejemplo 2 anterior o en el ejemplo comparativo 1 se midió cambiando únicamente las condiciones de temperatura en el tratamiento térmico.

10 A partir de lo anterior, se obtuvieron los resultados tal como se muestra en la figura 9 y cuando se realizó el tratamiento térmico a 900°C, por encima de 800°C la ductilidad pasó a ser del 22%.

Por tanto, se confirmó que era necesario que la temperatura que se va a utilizar para el tratamiento térmico fuera la temperatura que mejoraba la ductilidad y se prefería la temperatura en el intervalo de entre 900°C y 1.250°C.

15 Asimismo, en el ejemplo 2 en la tabla 3, el acero B1 en forma de plancha que tiene el grosor de la capa de 1,2 mm se utilizó como el material 1. El acero C en forma de plancha que tiene el grosor de la capa de 1,0 mm se utilizó como el material 2.

20 A continuación, se produjo el acero de varias en el que el material 1 se utilizó como una capa de número par y el material 2 se utilizó como una capa de número impar y se apilaron 11 piezas de capas de forma secuencial y alterna y el material 2 se dispuso encima de las superficies externas del mismo.

25 A continuación, en el proceso de la laminación del acero de varias capas, solo se utilizó enfriamiento en frío. Una vez en el enfriamiento en frío en una serie de veces de laminación en frío, se realizó la laminación al estirado máximo de 40% sobre el acero de varias capas para producir el acero laminado de varias capas.

30 A continuación, después de realizar el tratamiento térmico en el acero laminado de varias capas calentando a una temperatura de 1.000°C durante aproximadamente 2 minutos se realizó un proceso de enfriamiento mediante enfriamiento con agua para producir el acero de varias capas.

El grosor por capa constituyente del acero de varias capas del ejemplo 9 en la tabla 3 fue de 1,0 mm en el grosor de acabado, incluido el grosor de cada capa de 1,0µm.

35 Cuando se observó cada capa del acero de varias capas del ejemplo 9 en la tabla 3 producido como anteriormente o se midió la dureza de la capa mediante un microscopio óptico, se confirmó que la fase constituyente del material 1 era martensita y la fase constituyente del material 2 era austenita.

40 A continuación, cuando se midieron la resistencia y la ductilidad del acero de varias capas del ejemplo 9 en la tabla 3, se confirmó que la resistencia era de 1.090 MPa y la ductilidad era del 27%.

45 Por tanto, se confirmó que, en el ejemplo 9 de la tabla 3, cuando se verificaron los resultados de la medición de la resistencia y la elongación según los datos de la figura 2, se pudo obtener el acero de varias capas que podía alcanzar compatibilidad de las propiedades que eran incompatibles entre sí, como en el caso de la resistencia y la ductilidad, y que tenía una resistencia, ductilidad, soldabilidad, tenacidad y resistencia a la fatiga excelentes.

50 Por otro lado, en el caso del ejemplo comparativo 2 de la tabla 3 en el que el estirado máximo en una pasada para la laminación en frío era diferente del ejemplo 9 de la tabla 3 y el estirado máximo obtenido en la laminación en frío una vez de una serie de veces de la laminación en frío se redujo al 20% y, aunque la fase constituyente de la capa del material 1 era martensita y la fase constituyente de la capa del material 2 era austenita, la resistencia se redujo a 950 MPa y la ductilidad se redujo al 6%.

55 A partir de la anterior se confirmó que cuando se redujo el estirado máximo (denominado "estirado máximo de la pasada") en la laminación en frío, la resistencia y la ductilidad también se redujeron. En este caso, la elongación (es decir, la ductilidad) del acero que tenía la misma microestructura que en el ejemplo 9 de la tabla 3 o en el ejemplo comparativo 2 de la tabla 3 se midió cambiando únicamente el estirado máximo de la pasada en la laminación en frío.

60 Mediante la medición anterior se obtuvieron dichos resultados tal como se muestra en la figura 10 y, cuando el estirado máximo en la pasada se elevó hasta 20% o más, por ejemplo, hasta aproximadamente 30%, y la ductilidad fue 20%.

65 Por tanto, se confirmó que el estirado máximo en la pasada en la laminación en frío tenía que ser el estirado que pueda mejorar la ductilidad y que, más específicamente, era preferente el estirado de aproximadamente 30%.

Además, en el ejemplo 12 en la tabla 3, el acero B en forma de plancha que tiene el grosor de la capa de 1,2 mm se

utilizó como el material 1. El acero G en forma de plancha que tiene el grosor de la capa de 1,0 mm se utilizó como el material 2.

5 Utilizando el material 1 como las capas de número par y utilizando el material 2 como las capas de número impar y apilando en total 11 piezas de las capas de forma secuencial y alterna, y disponiendo el material 2 sobre ambas superficies externas del mismo, se produjo el acero de varias capas.

10 A continuación, en el proceso de laminación del acero de varias capas, solo se realizó laminación en frío y, mediante la laminación del acero de varias capas al estirado máximo en la pasada del 50% en la laminación en frío una vez de una serie de veces de la laminación en frío, se produjo el acero laminado de varias capas.

15 A continuación, el acero laminado de varias capas se calentó como el proceso térmico a 100°C durante aproximadamente 2 minutos y a continuación se enfrió con agua para producir el acero de varias capas del ejemplo 2 de la tabla 3.

En el caso del acero de varias capas del ejemplo 12 de la tabla 3, su grosor de acabado fue de 0,8 mm, incluyendo el grosor de cada capa de 73 µm.

20 Cuando se observó cada una de las capas constituyentes del acero de varias capas del ejemplo 12 de la tabla 3 producido como anteriormente mediante microscopio óptico o se midió la dureza del mismo, se pudo confirmar que la fase constituyente del material 1 era martensita y la fase constituyente de la fase 2 era ferrita.

25 A continuación, se realizó la medición de la resistencia y la ductilidad del acero de varias capas del ejemplo 12, a través de lo cual se confirmó que la resistencia era de 1.040 MPa y la ductilidad era de 27%.

30 Por lo tanto, en el ejemplo 12 se confirmó mediante los resultados de la medición de la resistencia y la ductilidad y mediante la verificación mostrada en la figura 2 que se podía obtener el acero de varias capas que es capaz de hacer que sus propiedades inicialmente mutuamente incompatibles, tales como la resistencia alta y la ductilidad alta, fueran compatibles entre sí, teniendo una resistencia, ductilidad, soldabilidad, tenacidad y resistencia a la fatiga excelentes.

35 Por otro lado, en el ejemplo comparativo 3, en el que el procedimiento de enfriamiento a realizar a continuación del tratamiento térmico era diferente del ejemplo 12, es decir, se utilizó un procedimiento de enfriamiento suave en lugar de enfriamiento con agua, la fase constituyente de la capa del material 2 pasó a ser ferrita, aunque la fase constituyente de la capa del material 1 también pasó a ser ferrita y su resistencia se redujo a 710 MPa y su ductilidad se redujo a 19%.

40 Esto confirmó que cuando se realizaba el enfriamiento suave a continuación del tratamiento térmico, la fase constituyente de la capa del material 1 no era martensita y su resistencia se reducía.

Por tanto, también se confirmó a partir de los resultados descritos anteriormente y los elementos del tratamiento térmico de otros ejemplos en la tabla 3 que el enfriamiento con agua o el enfriamiento con aire era preferente como procedimiento de enfriamiento a continuación del tratamiento térmico.

45 Por lo tanto, en cualquiera de los ejemplos 1 a 6 de la tabla 3 se confirmó mediante los resultados de la medición de la resistencia y la ductilidad y mediante la verificación mostrada en la figura 2 que se podía obtener el acero de varias capas que es capaz de hacer que sus propiedades inicialmente incompatibles mutuamente, tales como la resistencia alta y la ductilidad alta, fueran compatibles entre sí, teniendo una resistencia, ductilidad, soldabilidad, tenacidad y resistencia a la fatiga excelentes.

50

REIVINDICACIONES

1. Acero de varias capas (10) que comprende una combinación de dos tipos de aceros laminados y tratados con calor, teniendo cada uno de ellos una composición química y una microestructura diferentes o propiedades mecánicas diferentes,
 5 **caracterizado porque** el acero de varias capas (10) está formado por una primera capa (12) y una segunda capa (11),
 y porque la primera capa (12) comprende un primer acero con forma de plancha que comprende, en % en masa, de 0,05 a 0,4 de C, de 0,05 a 3,0 de Si, de 0,05 a 3,0 de Mn, siendo el resto Fe e impurezas evitables y, opcionalmente,
 10 uno o más elementos del 0,001 al 0,1% en masa de Nb, del 0,001 al 0,1% en masa de Ti, de 0,001 a 0,5% en masa de V, de 0,01 a 16,0% en masa de Cr, de 0,01 a 12,0% en masa de Ni, de 0,01 a 3,0% en masa de Mo, y de 0,01 a 1,0% en masa de Cu, y sirve como una capa de número par,
 y porque la segunda capa (11) comprende un segundo acero con forma de plancha que comprende, en % en masa, de 0,001 a 0,15 de C, de 0,05 a 3,0 de Si, de 15,0 a 32,0 de Mn, siendo el resto Fe e impurezas inevitables, y sirve
 15 como capa de número impar,
 y porque el acero de varias capas (10) está comprendido por números impares de la primera capa (12) y la segunda capa (11) que están apiladas de forma secuencial y alterna, estando cada primera capa (12) en medio de las segundas capas (11) estando la segunda capa (11) dispuesta sobre ambas superficies externas del acero de varias capas (10),
 20 y porque el primer acero con forma de plancha tiene una microestructura que comprende, como fase principal, la fase de martensita que tiene una resistencia alta y una ductilidad baja,
 y porque el segundo acero con forma de plancha tiene una microestructura que comprende, como fase principal, como mínimo, una de las fases de austenita y de ferrita que tienen una resistencia baja y una ductilidad alta.
2. Acero de varias capas (10), según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el grosor de cada capa que constituye el acero de varias capas es igual a o menor que 125 μm .
3. Acero de varias capas (10), según la reivindicación 1 ó 2, en el que el número de capas que constituyen el acero de varias capas es igual o superior a 5.
4. Procedimiento de producción de un acero de varias capas (10), que comprende una etapa de laminación, combinando dos tipos de aceros, cada uno de ellos con una composición química y microestructura diferentes o propiedades mecánicas diferentes para formar el acero de varias capas (10), apilando los números impares de una primera capa (12) y una segunda capa (11) de forma secuencial y alterna con cada primera capa (12) en medio de las segundas capas (11), de forma que las segundas capas (11) están dispuestas sobre ambas superficies del acero de varias capas (10) para formar un acero estratificado,
 35 laminando el acero estratificado y realizando un tratamiento térmico en el acero estratificado, en el que la primera capa (12) comprende un primer acero con forma de plancha que comprende, en % en masa, de 0,05 al 0,4 del C, del 0,05 al 3,0 de Si, del 0,05 al 3,0 de Mn, siendo el resto Fe e impurezas inevitables y, opcionalmente, uno o más elementos de entre 0,001 al 0,1% en masa de Nb, del 0,001 al 0,1% en masa de Ti, del 0,001 al 0,5% en masa de V, del 0,01 al 16,0% en masa de Cr, del 0,01 al 12,0% en masa de Ni, del 0,01 al 3,0% en masa de Mo, y del 0,01 al 1,0% en masa de Cu, y sirve como una capa de número par,
 40 la segunda capa (11) comprende un segundo acero con forma de plancha que comprende, en % en masa, del 0,001 al 0,15 de C, del 0,05 al 3,0 de Si, del 15,0 al 32,0 de Mn, siendo el resto Fe e impurezas inevitables, y sirve como capa de número impar,
 el primer acero con forma de plancha tiene una microestructura que comprende, como fase principal, la fase de martensita que tiene resistencia elevada y ductilidad baja, y
 45 el segundo acero con forma de plancha tiene una microestructura que comprende, como fase principal, como mínimo, una de las fases de austenita y ferrita que tienen resistencia baja y ductilidad alta.
5. Procedimiento de producción del acero de varias capas (10), según la reivindicación 4, **caracterizado porque** el grosor de cada capa que constituye el acero de varias capas es igual a o menor que 125 μm .
6. Procedimiento de producción del acero de varias capas (10), según la reivindicación 4, **caracterizado porque** el número de capas que constituyen el acero de varias capas (10) es igual a o mayor que 5.
7. Procedimiento de producción del acero de varias capas (10), según la reivindicación 4, **caracterizado porque** el acero de varias capas (10) se lamina hasta el grosor final de cada capa constituyente del acero de varias capas de menos de o igual a la mitad de su grosor original de cada capa antes de la laminación.
8. Procedimiento de producción del acero de varias capas (10), según la reivindicación 4, **caracterizado porque** la laminación es laminación en caliente.
9. Procedimiento de producción del acero de varias capas (10), según la reivindicación 4, **caracterizado porque** la laminación es laminación en frío.

10. Procedimiento de producción del acero de varias capas (10), según la reivindicación 4, **caracterizado porque** la laminación es laminación templada.
- 5 11. Procedimiento de producción del acero de varias capas (10), según la reivindicación 4, **caracterizado porque** la laminación se debe realizar utilizando, como mínimo, dos tipos de laminación en caliente, laminación en frío, laminación templada en combinación.
- 10 12. Procedimiento de producción del acero de varias capas (10), según la reivindicación 4, **caracterizado porque** el tratamiento térmico se realiza a continuación de la laminación.
13. Procedimiento de producción del acero de varias capas (10), según la reivindicación 10 u 11, **caracterizado porque** la laminación templada se realiza a un intervalo de temperaturas entre 200°C y 750°C.
- 15 14. Procedimiento de producción del acero de varias capas (10), según la reivindicación 9 u 11, **caracterizado porque** la laminación en frío se realiza una o más veces con una reducción del grosor del 30% o más.
- 20 15. Procedimiento de producción del acero de varias capas (10), según la reivindicación 12, **caracterizado porque** en el tratamiento térmico, el empapado se realiza a un intervalo de temperaturas entre 900°C y 1.250°C durante uno o más segundos y, a continuación del tratamiento térmico, el acero de varias capas (10) se enfría hasta temperatura ambiente.

FIG.1
TÉCNICA ANTERIOR

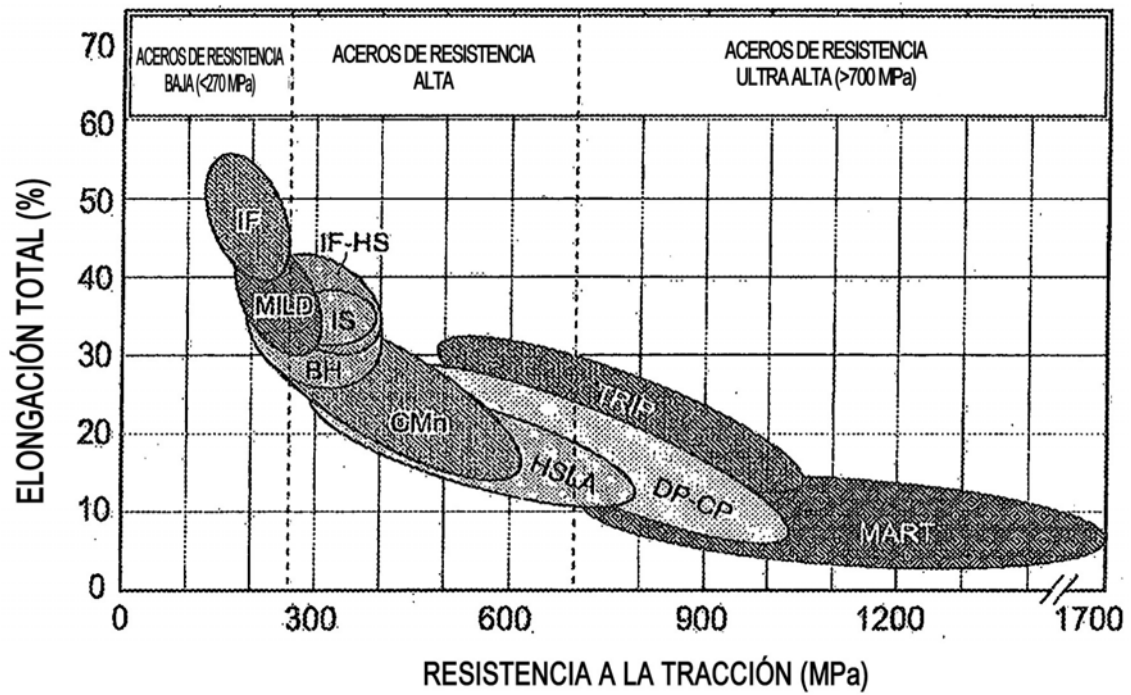


FIG.2

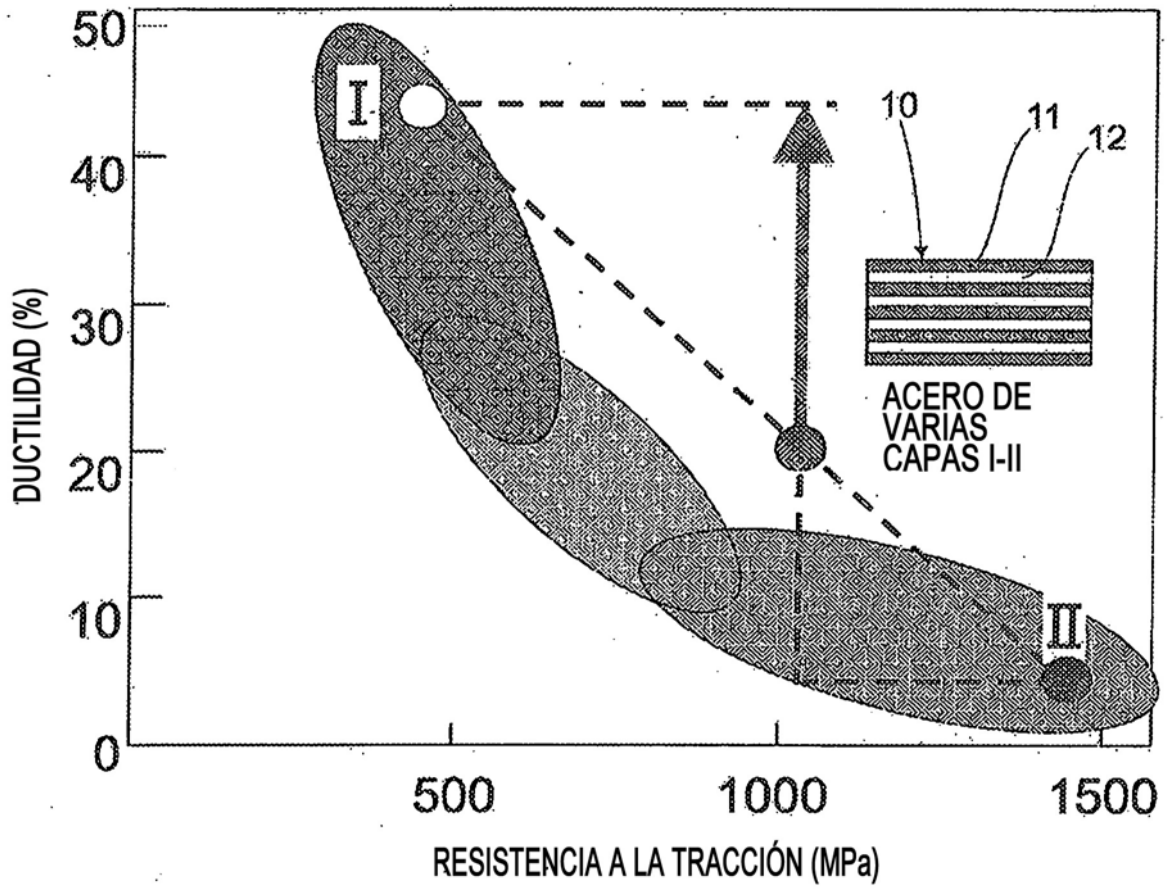


FIG.3A

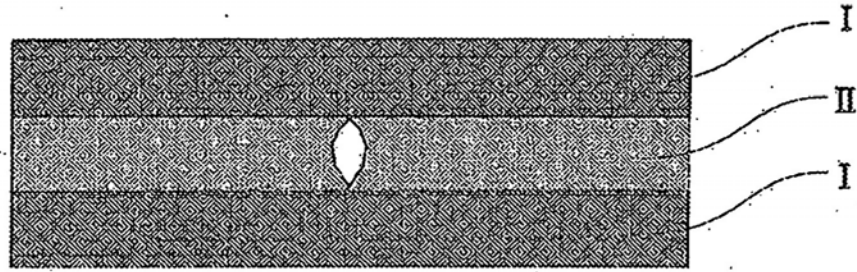


FIG.3B

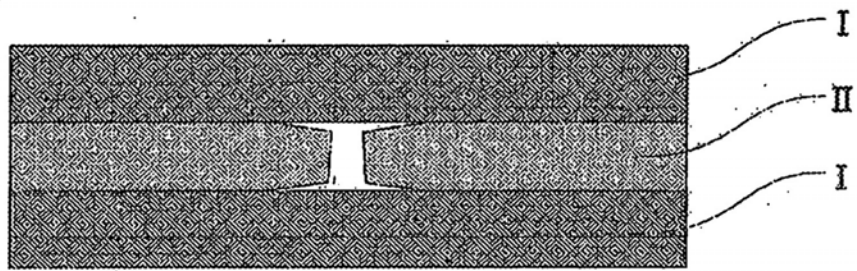


FIG.4

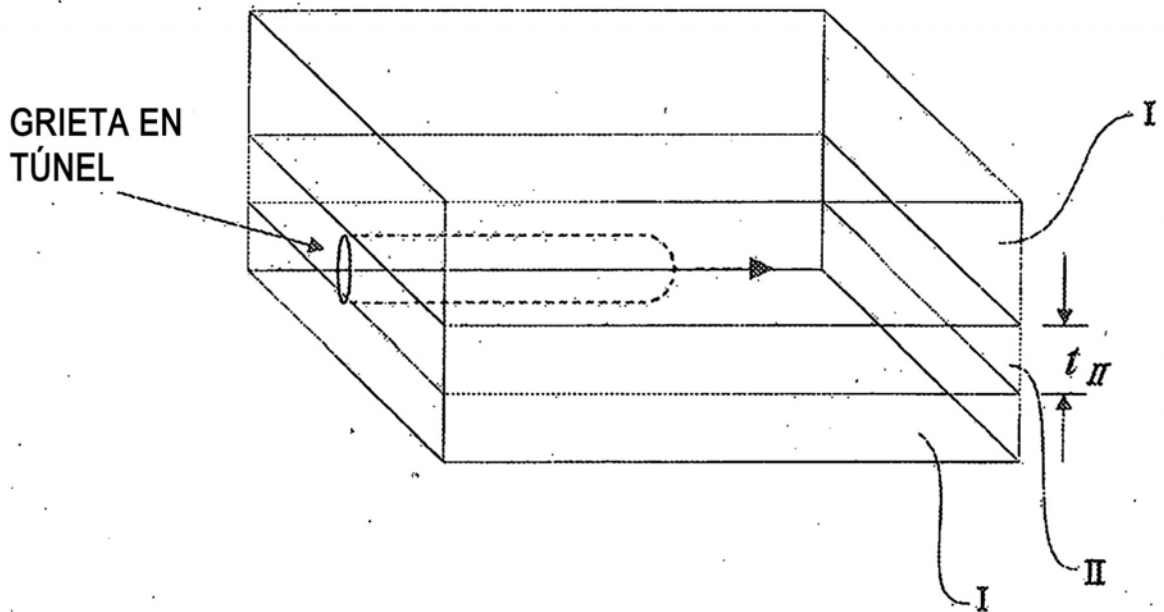


FIG.5

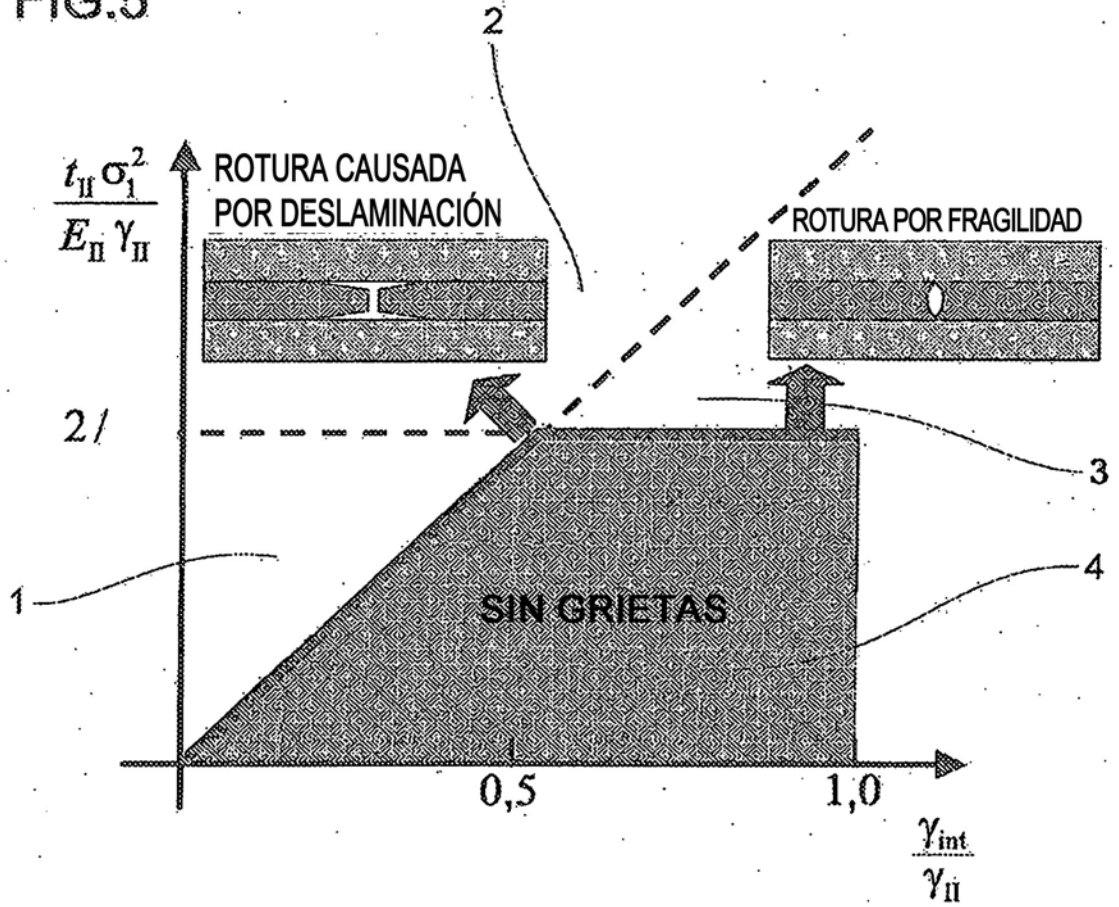


FIG.6A

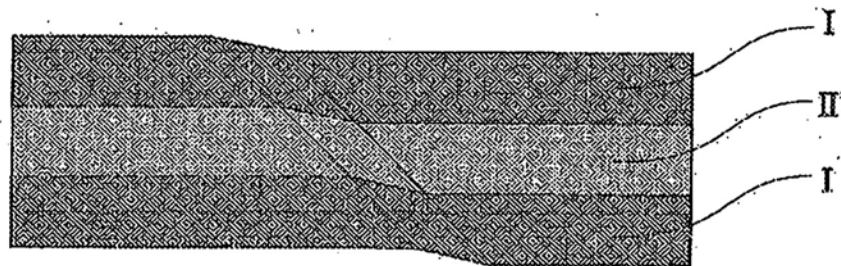


FIG.6B

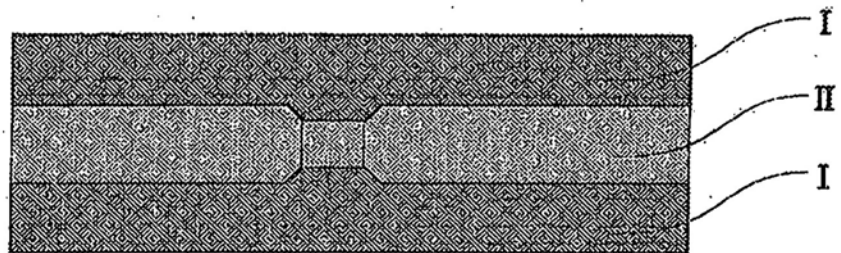


FIG.7

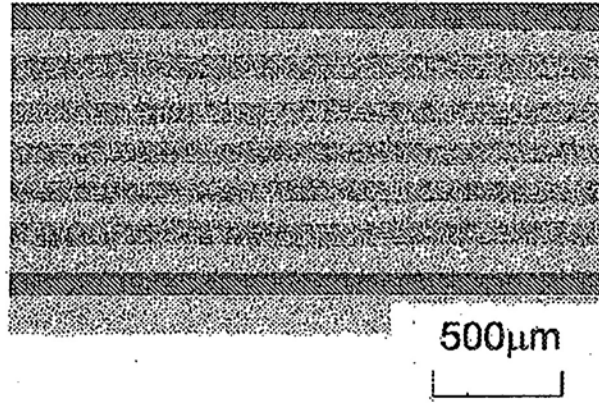


FIG.8

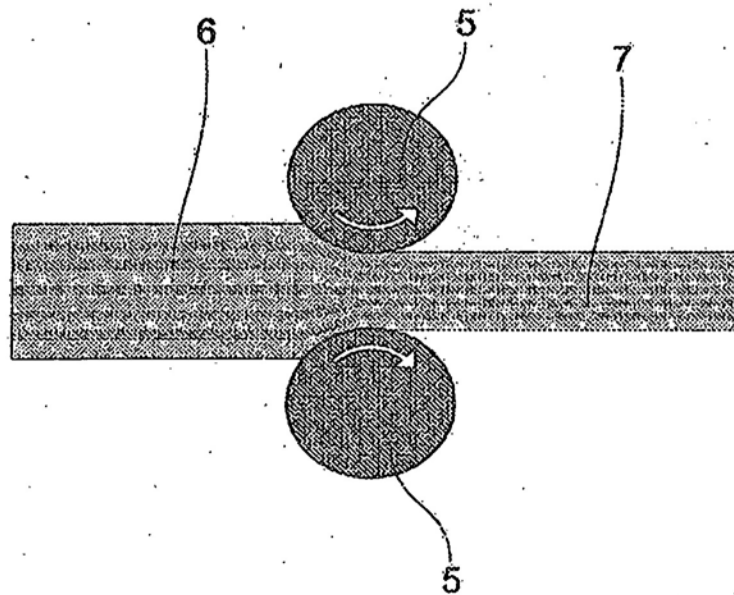


FIG.9

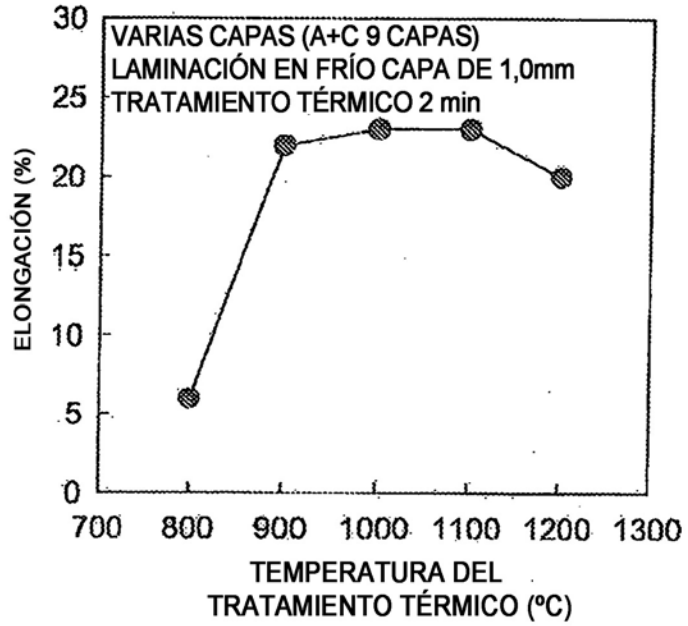


FIG.10

