

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 745 078**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00	(2006.01)
C22C 38/14	(2006.01)
C22C 38/54	(2006.01)
C21D 8/10	(2006.01)
B60G 21/055	(2006.01)
C22C 38/12	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.08.2006 PCT/JP2006/316539**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.03.2007 WO07023873**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.08.2006 E 06796702 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.07.2019 EP 1923477**

54 Título: **Tubería de acero soldada de alta resistencia de calibre grueso y resistencia eléctrica excelente en la capacidad de endurecimiento, la trabajabilidad en caliente y la resistencia a la fatiga y método de producción de la misma**

30 Prioridad:

22.08.2005 JP 2005239953
22.08.2005 JP 2005240130

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.02.2020

73 Titular/es:

NIPPON STEEL CORPORATION (100.0%)
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku
Tokyo, JP

72 Inventor/es:

ISHITSUKA, TETSUO;
MIMURA, HIROYUKI;
KOYUBA, MOTOFUMI;
TAKASUGI, NAOKI y
ICHIYAMA, TAKAHIRO

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 745 078 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

Tubería de acero soldada de alta resistencia de calibre grueso y resistencia eléctrica excelente en la capacidad de endurecimiento, la trabajabilidad en caliente y la resistencia a la fatiga y método de producción de la misma

5 La presente invención se relaciona con una tubería de acero soldada de alta resistencia de calibre grueso y resistencia eléctrica excelente en la capacidad de endurecimiento, la trabajabilidad en caliente, y una resistencia a la fatiga adecuada para un estabilizador hueco para garantizar la estabilidad en la marcha de un automóvil y un método de producción de la misma.

10 Como una medida para ahorrar en el consumo de combustible en automóviles, los chasis de los automóviles se reducen en peso. El estabilizador que facilita el rodaje del chasis en el momento del giro del automóvil y la garantía en la estabilidad del chasis en el momento de circular a alta velocidad puede mencionarse como parte de esto. En el pasado, se han producido estabilizadores elaborándolos en una barra de acero u otro material sólido hasta la forma necesaria, aunque para aligerar el peso, estos se fabrican cada vez más usando una tubería de acero sin soldaduras, una tubería de acero soldada de resistencia eléctrica, u otros elementos huecos.

15 Como tubería de acero soldada de resistencia eléctrica para servir de estabilizador, en el documento WO2002/070767 se describe una tubería de acero soldada de resistencia eléctrica para un estabilizador limitado en su composición con objeto de obtener una estructura de metal uniforme de la parte del material de soporte y la parte soldada de resistencia eléctrica, una pequeña diferencia en la dureza entre la parte de material de soporte y la parte soldada de resistencia eléctrica, así como una trabajabilidad excelente. Además, el documento JP 2004-011009A describe una tubería de
20 acero soldada de resistencia eléctrica para un estabilizador hueco que limita los contenidos de Ti y N para garantizar la capacidad de endurecimiento.

El documento JP 2004-009126A propone una tubería de acero soldada de resistencia eléctrica para un estabilizador hueco que tiene una relación g/D del grosor g y el diámetro exterior D de la tubería de acero del 20 % o más y una resistencia a la tracción de 400 a 755 N/mm² y describe el aumento del grosor mediante un laminado reductor de estiramiento.

25 Además, el documento JP 2003-201543A propone una tubería de acero de alta resistencia para un elemento estructural de automóvil obtenida mediante el laminado de estiramiento de una tubería en material, que tiene una resistencia a la tracción de más de 580 MPa, que tiene una proporción de rendimiento del 70 % o menos, y una trabajabilidad excelente para soportar el hidroconformado, mientras que la patente japonesa JP 2004-292922A propone un método de producción de tubería de acero de alta tensión que especifica la temperatura de calentamiento,
30 la tasa de reducción de diámetro, etc., en el momento del laminado de estiramiento para obtener un doblado superior, un estiramiento, un aplanamiento del extremo de la tubería, y otra trabajabilidad secundaria compuesta.

35 Además, el documento JP 2005-076047A describe un método de producción de un estabilizador hueco que forma una tubería en material dentro de la forma del estabilizador mediante un doblado en frío, enfriando con rapidez esta tubería de acero conformada, y tratándola en caliente para su templado, cuyo método de producción de un estabilizador hueco hace laminar dicha tubería en material a una temperatura de laminado de 600 a 850 °C y con una tasa de reducción de diámetro acumulada del 40 % o más después del tratamiento por calor de la tubería de acero maestra a fin de mejorar las características de resistencia a la fatiga.

40 Además, el documento JP 3.653.871B describe una tubería de acero soldada de resistencia eléctrica para un uso de enfriamiento rápido que contiene, por % en masa, C: del 0,15 al 0,3 %, Mn: del 0,5 al 2,0 %, y Cu: del 0,05 al 0,30 %, uno o más elementos seleccionados de Si≤0,41 %, P≤0,02 %, Al≤0,03 %, Nb≤0,020 %, B≤0,001 %, Ti≤0,01 %, y Cr≤0,42 %, impurezas inevitables limitadas a 0≤Ni+Mo≤0,15 % y S≤0,003 %, y el resto de Fe para otorgar una trabajabilidad excelente y una alta tasa de resistencia residual después de la penetración de agua a causa de la corrosión.

45 Sin embargo, por ejemplo, se produce un estabilizador mediante mayor laminado del estiramiento en la tubería de acero soldada de resistencia eléctrica para obtener una tubería de acero soldada de calibre grueso y resistencia eléctrica que tiene la relación necesaria de grosor/diámetro exterior y después 1) se conforma en la forma necesaria mediante el doblado u otra conformación en frío, con el calentamiento y enfriamiento en agua de esto para enfriamiento rápido, para después templarla o 2) con el calentamiento de la tubería de acero soldada de resistencia eléctrica de calibre grueso, conformándola en la forma necesaria mediante una prensa u otra conformación en caliente, para
50 después enfriándola en agua para enfriamiento rápido, y después templándola. El último método de conformado en caliente es superior en comparación con el primero de conformado en frío, donde el trabajo de conformado es más sencillo e incluso las formas complicadas pueden manejarse, por lo que esto es ventajoso como un proceso de producción.

55 Sin embargo, con este método, el material se moldea después del calentamiento, por lo que el tiempo hasta el enfriamiento rápido se vuelve mayor, provocando una caída en la temperatura del elemento conformado, el contacto entre el molde de la prensa y la tubería de acero maestra (tubería de acero soldada de resistencia eléctrica) provoca una caída en la temperatura, y la formación de una escala de calor provoca una temperatura desigual, por lo que se vuelve difícil de garantizar un estado general de dureza suficiente y puede que se dé un endurecimiento insuficiente.

Por consiguiente, es necesario un material de acero para una tubería de acero que sea mejor en capacidad de endurecimiento. Por esta razón, la práctica general supone usar un acero que contiene B y que posee una alta capacidad de endurecimiento para el acero del estabilizador, pero el acero que contiene B tiene los problemas principales de no ser bueno para la trabajabilidad en caliente, además de ser susceptible de agrietamiento y a la aparición de defectos en el momento del conformado en caliente. Además, el acero que contiene B a veces disminuye en resistencia a la fatiga, lo cual es una característica importante para un estabilizador.

Además, existe una aceleración en la tendencia a la reducción del peso del chasis del automóvil. También se busca una tubería para estabilizadores y de acero soldada de resistencia eléctrica que sea de más alta resistencia.

El documento JP 2004-353028A describe un tubo de acero con alto contenido en carbono excelente en la trabajabilidad de forjado en frío y en su trabajabilidad de laminado, junto con su método de producción.

El documento JP 2005 139517A describe un método para producir una placa con un grosor en tenacidad alto y una resistencia alta.

El estabilizador usa tuberías de acero soldadas de resistencia eléctrica y tuberías de acero de alta resistencia descritas en los documentos WO2002/070767, JP 2004-011009A, JP 2004-009126A, JP 2003-201543A, JP 2004-292922A, JP 2005-076047A, JP 3653871B, etc. como útiles en calidad de tubería de acero para elementos estructurales de un automóvil, aunque, tal como se explicó anteriormente, no pueden manejarse suficientemente los problemas que surgen de los cambios en el proceso dentro del método de producción de los elementos estructurales del automóvil. Además, tampoco se puede decir que sean suficientes en términos de características sobre fatiga.

La presente invención, con respecto a los problemas anteriores, tiene como objeto la aportación de una tubería de acero soldada de alta resistencia, de calibre grueso y resistencia eléctrica que tenga suficiente capacidad de endurecimiento y sea excelente para la trabajabilidad en caliente y la resistencia a la fatiga, y un método de producción de la misma.

La tubería de acero soldada de calibre grueso y resistencia eléctrica de la presente invención se ha ideado para lograr este objeto. Se aumenta el C lo máximo posible para mejorar la resistencia (dureza) y hasta el punto de no afectar ni a la soldabilidad ni a la tenacidad, limita estrictamente el intervalo de contenido de N para mejorar la trabajabilidad en caliente, así como la resistencia a la fatiga, y ajusta la composición del material en acero de modo que la velocidad crítica de enfriamiento V_c se convierta en un intervalo específico a fin de garantizar la capacidad de endurecimiento de este modo. Además, en la producción de la tubería de acero soldada de calibre grueso y resistencia eléctrica de la presente invención, la temperatura de calentamiento y la tasa de reducción de la sección transversal se establecen en intervalos específicos para el laminado reductor de estiramiento de la tubería de acero soldada de resistencia eléctrica.

Así, su objeto puede alcanzarse de acuerdo con las características definidas en las reivindicaciones.

La tubería de acero soldada de calibre grueso y resistencia eléctrica de la presente invención resulta extremadamente excelente en su capacidad de endurecimiento, por lo que la producción de un estabilizador u otro elemento estructural del automóvil, por ejemplo, se obtenga probablemente con un efecto en dureza suficiente inmediatamente después del conformado en caliente. Además, los medios de enfriamiento rápido no se limitan al enfriamiento en agua. También es posible obtener el efecto de endurecimiento suficiente mediante el enfriamiento rápido en aceite, lo cual significa una velocidad de enfriamiento menor a la del enfriamiento con agua.

Además, dado que la trabajabilidad en caliente es excelente, es difícil que se aparezcan grietas o defectos incluso en la conformación en caliente durante la producción de los elementos del automóvil. Es más, la resistencia a la fatiga es excelente, por lo que tiene una alta durabilidad frente a cargas repetidas. Además, la resistencia es alta, por lo que pueden aligerarse más en peso los estabilizadores y otros elementos estructurales del automóvil.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una imagen de la relación entre dureza de un material en acero para una tubería de acero soldada de calibre grueso y resistencia eléctrica después del enfriamiento rápido y templado, junto con la cantidad de C.

La Figura 2 es una imagen de la relación entre la reducción en área a 850 °C y el contenido de N.

La Figura 3 es una imagen que explica el método del ensayo de fatiga.

El mejor modo de elaboración de la invención

Los inventores investigaron cómo mejorar la capacidad de endurecimiento, la trabajabilidad en caliente, y la resistencia a la fatiga de la tubería de acero soldada de calibre grueso y resistencia eléctrica para un estabilizador, además de aumentar la resistencia de la misma.

En primer lugar, los inventores estudiaron la resistencia e investigaron la dureza tras el enfriamiento rápido por agua fría y el templado de los materiales de acero en una tubería de acero soldada de resistencia eléctrica (Materiales A, B, C del ensayo) y los materiales de acero comparativos (Materiales convencionales A, B) de las composiciones que

se muestran en la Tabla 1 cambiados en cantidades de C. La Figura 1 muestra la relación entre el cambio en la dureza tras el enfriamiento rápido en agua fría y el templeado y la cantidad de C.

Como se entenderá en la Figura 1, debido al incremento en la cantidad de C, aumenta la dureza y, por ejemplo, sube hasta alrededor de un 10 % o más a partir del nivel de dureza de los materiales convencionales, junto con un incremento en la resistencia. Obsérvese que el efecto resulta destacable si C: 0,25 % o más.

5

Tabla 1 (% en masa)

	C	Si	Mn	Cr	Mo	B	N	Ti
Material convencional A	0,22	0,20	0,55	0,35		0,0015	0,0050	0,015
Material convencional B	0,26	0,20	0,83	0,36	0,15	0,0016	0,0038	0,016
Material A del ensayo	0,28	0,25	0,80 a 1,1	0 a 0,35	0,15 a 0,30	0,0011	0,004	0,014
Material B del ensayo	0,33	Igual que el anterior	Igual que el anterior	Igual que el anterior	Igual que el anterior	Igual que el anterior	Igual que el anterior	0,015
Material C del ensayo	0,37	Igual que el anterior	Igual que el anterior	0,15 a 0,30	Igual que el anterior	Igual que el anterior	Igual que el anterior	0,015

A continuación, los inventores estudiaron la capacidad de endurecimiento.

10

La Figura 1 muestra simultáneamente la relación entre la dureza del 100 % y el 90 % de las estructuras de martensita y la cantidad de C. A partir de los materiales A, B, y C del ensayo, se supo que si se endurece al menos un 90 % de la estructura de la martensita, puede garantizarse una dureza del 10 % o más del material convencional. Por consiguiente, como indicador de la capacidad de endurecimiento, por ejemplo, es suficiente usar la Vc de la velocidad principal de enfriamiento (°C/s) dando una estructura de martensita del 90 % conocida en el pasado a partir de *Tetsu to Hagane*, 74 (1988), pág. 1073. Esto normalmente se expresa mediante la ecuación siguiente <1>:

15

$$\text{Log}V_c = 2,94 - 0,75\beta \dots <1>$$

donde $\beta = 2,7C + 0,4Si + Mn$, o

$$\beta = 2,7C + 0,4Si + Mn + 0,45Ni + 0,8Cr + 2Mo.$$

20

A partir de la Figura 1, resulta claro que con enfriamiento rápido en agua, se obtiene un 90 % o superior de estructura de martensita, aunque el enfriamiento rápido en aceite posee una velocidad de enfriamiento más pequeña que el enfriamiento rápido en agua. Normalmente, la velocidad de enfriamiento alcanzada cuando se usó un enfriamiento rápido en aceite para la tubería de acero de un tamaño para un estabilizador es de 30 °C/s. Por consiguiente, para garantizar una estructura de martensita del 90 % incluso con enfriamiento rápido en aceite, en la presente invención, la Vc de la velocidad principal de enfriamiento se establece en menos de 30 °C/s.

25

Como se explicó anteriormente, para mejorar la resistencia de la tubería de acero del material, se aumentó la cantidad de C y se seleccionaron los ingredientes de modo que la Vc de la velocidad principal de enfriamiento mostrada en <1> fuera menor de 30 °C.

A continuación, los inventores estudiaron los métodos para mejorar la trabajabilidad en caliente y la resistencia a la fatiga.

30

Los inventores investigaron las causas de una trabajabilidad baja del acero que contiene B en la zona de temperatura de 600 a 900 °C, donde es realizado el conformado en caliente y, como resultado, constataron el hecho de que la cantidad de N en el acero tiene un efecto determinante sobre la resistencia a la deformación en caliente. Esto es, los inventores fabricaron materiales de ensayo de acero de 0,3C-1,1Mn-0,020Ti-0,0013B modificado en contenido de N desde un intervalo del 0,01 % al 0,001 %, realizaron ensayos de tensión de eje único a 850 °C dentro del intervalo de temperatura del conformado en caliente, y midieron la reducción en el área en ese momento.

35

La Figura 2 muestra la relación entre la reducción de área a 850 °C y el contenido de N.

Como se entenderá en la Figura 2, cuanto menor es el contenido de N, mayor es la reducción del área, es decir, mejor

5 resultará la trabajabilidad en caliente. Si el contenido de N baja hasta el 0,005 %, la reducción del área se eleva al 40 %, el punto donde generalmente el conformado en caliente se vuelve posible, mientras que si el contenido de N es menos del 0,004 %, la reducción del área alcanza el 50 % o más donde el conformado en caliente podrá realizarse sin ningún problema. Los inventores descubrieron que la razón se debió a que como el contenido en N baja, desciende la cantidad de TiN que precipita en la zona de la temperatura para el conformado en caliente. Es decir, en general, el acero que contiene B debe contener Ti con su elevado efecto para inmovilizar N de modo que se suprima la precipitación de BN reduciendo el efecto de B para mejorar de la capacidad de endurecimiento. Debido a esto, con acero que contiene B, los inventores constataron que la trabajabilidad en caliente resultó baja ya que el TiN precipitó en la zona de temperatura de conformado en caliente.

10 Además, los inventores descubrieron que la precipitación masiva de TiN provoca una caída en la resistencia a la fatiga, la cual es una característica importante de un estabilizador. Además, la precipitación masiva de TiN también es desfavorable para la tenacidad. Por otra parte, dada la presencia adecuada de TiN, se suprime el crecimiento de granos, a lo cual contribuye la mejora en tenacidad. Por consiguiente, con un control estricto del contenido de N, un control estricto del que careció en el pasado, resulta posible obtener acero que contiene B con unas deseables trabajabilidad en caliente, resistencia a la fatiga, y tenacidad.

15 De este modo, en la tubería de acero soldada de calibre grueso y resistencia eléctrica de la presente invención se eleva el contenido en C y se suprime el contenido en N hasta una pequeña cantidad y con objeto de mejorar la resistencia, además de mejorar la resistencia a la fatiga y la trabajabilidad en caliente, y con lo que se controla adecuadamente en otros ingredientes a fin de disminuir la V_c de la velocidad principal de enfriamiento y mejorar la capacidad de endurecimiento.

20 Más adelante, se explicarán los ingredientes químicos de la tubería de acero soldada de calibre grueso y resistencia eléctrica de la presente invención.

El C es un elemento que se añade a una solución sólida o que precipita en un material base e incrementa la resistencia del acero.

25 Los elementos estructurales del automóvil más elevados en resistencia que antes tienen que tener una estructura de martensita del 90 % y una dureza Vickers (Hv) de 400, por lo que C tendrá que aparecer en una cantidad de 0,25 % o más, aunque si aparece por encima del 0,4 %, la soldabilidad y la trabajabilidad se deterioran, con lo que el contenido se establece en un intervalo del 0,25 al 0,4 %.

30 El Si es un elemento de aleación que contribuye al fortalecimiento de la solución. Para obtener este efecto, debe aparecer en un 0,01 % o más. Además, existe el efecto de aumentar la resistencia al ablandamiento del templado. Para obtener este efecto, debe añadirse en un 0,25 % o más. Por una parte, si se añade más del 0,5 %, entonces la tenacidad cae. Por consiguiente, el contenido se establece en un intervalo del 0,01 al 0,50 %. Obsérvese que el contenido es preferiblemente del 0,25 al 0,35 %.

35 El Mn es un elemento usado para aumentar la capacidad de endurecimiento. Si el contenido es menos del 0,8 %, el efecto de aumentar la capacidad de endurecimiento no puede garantizarse suficientemente, mientras que si está por encima del 1,5 %, tanto la solidez de la zona de soldadura como la soldabilidad se ven afectadas negativamente, por lo que el contenido se establece en un intervalo del 0,8 al 1,5 %.

40 El Al es un elemento necesario como material de desoxidación para el acero fundido. Además, es un elemento para la inmovilización del N. Consecuentemente, la cantidad tiene un efecto fundamental en el tamaño del grano de cristal o en las propiedades mecánicas. Si el contenido es superior al 0,05 %, el tamaño del grano de cristal se engrosa y la tenacidad cae, la inclusión no metálica aumenta y aparece más fácilmente el debilitamiento en la superficie del producto, por lo que el contenido se establece en el 0,05 % o menos. Obsérvese que el contenido es preferiblemente del 0,03 % o menos.

45 El B es un elemento que, cuando se añade en una buena cantidad, mejora enormemente la capacidad de endurecimiento del material en acero. Además, existe un efecto de fortalecimiento del límite de grano. Si el contenido es menor al 0,0005 %, no es posible prever el efecto en la mejora de la capacidad de endurecimiento. Por una parte, si es superior al 0,01 %, tienden a producirse fases que contienen B grueso y el resquebrajamiento surge con facilidad. Por consiguiente, el contenido se establece entre el 0,0005 % y el 0,0020 %. Obsérvese que el contenido está preferiblemente por encima del 0,0010 al 0,0020 %.

50 El N es un elemento que tiene los efectos de causar la precipitación de nitruros o carbonitruros y de incrementar la resistencia. Sin embargo, en el acero que contiene B, la caída en la capacidad de endurecimiento debida a la precipitación del BN, como se explicó anteriormente, la caída en la trabajabilidad en caliente y en la resistencia a la fatiga debido a la precipitación del TiN debido al Ti añadido para impedir la precipitación del BN, y junto con la caída en la tenacidad, se convierten en problemas. Por otra parte, el TiN tiene el efecto de suprimir el crecimiento de los granos y en el momento de una elevada temperatura, así como de aumentar la tenacidad. Por esta razón, para optimizar el equilibrio de la trabajabilidad en caliente, la resistencia a la fatiga, así como la tenacidad, el contenido se establece en un intervalo del 0,001 a menos del 0,004 %. Obsérvese que el contenido es preferiblemente del 0,002 a menos del 0,004 %.

- 5 El Ti actúa para inmovilizar el N en el acero en forma de TiN y para suprimir la precipitación del BN a fin de mejorar la capacidad de endurecimiento de forma estable y efectiva mediante la adición de B. Por consiguiente, la adición representada por una cantidad de 3,42 veces el contenido en N resulta necesaria al mínimo como en el nivel estequiométrico de TiN. El intervalo del contenido de Ti se determina automáticamente a partir del intervalo superior del contenido de N. Sin embargo, también existe una cantidad que precipita como carburos, a fin de inmovilizar de forma más fiable el N; el contenido se establece como superior al valor teórico del 0,005 % o más, mientras que si supera el 0,05 %, la tenacidad tiende a deteriorarse, con lo que el punto superior se establece en el 0,02 %. Obsérvese que el contenido es preferiblemente del 0,01 al 0,02 %.
- 10 El P es un elemento que tiene un efecto negativo sobre la tenacidad y la resistencia a las grietas de soldadura, por lo que se limita a no más del 0,05 %. Obsérvese que el contenido es preferiblemente del 0,03 % o menos.
- 15 El S tiene un efecto en la formación de inclusiones no metálicas en un material en acero, degrada la plegabilidad, aplanabilidad, y otra trabajabilidad de la tubería de acero, y se convierte en causa de deterioro en el incremento de tenacidad, así como en un incremento en la anisotropía y en la susceptibilidad ante grietas por recalentado. Además, esto tiene también un efecto negativo sobre la solidez de la zona de soldadura. Por consiguiente, el contenido se limita al 0,05 % o menos. Obsérvese que el contenido es preferiblemente del 0,01% o menos.
- La tubería de acero soldada de calibre grueso y resistencia eléctrica de la presente invención contiene Ca y en consonancia con la necesidad, uno o más de Cr, Mo, V, Ni y Nb.
- 20 El Cr es un elemento que mejora la capacidad de endurecimiento. Además, tiene el efecto de causar la precipitación de carburos de tipo $M_{23}C_6$ en el material base, además de poseer la acción de incrementar la resistencia y de aumentar la pureza de los carburos. Si el contenido es menos del 0,1 %, estas acciones y efectos no pueden preverse de forma suficiente. Además, si es superior al 1 %, aparecen fácilmente defectos en el momento de la soldadura de resistencia eléctrica. Por consiguiente, el contenido se establece el intervalo del 0,1 al 1 %. Obsérvese que el contenido es preferiblemente del 0,1 al 0,6 %.
- 25 El Mo es un elemento que tiene el efecto de mejorar la capacidad de endurecimiento y posee el efecto de provocar que la solución se fortalezca. Si el contenido es menos del 0,05 %, estos efectos no pueden preverse de forma suficiente. Por una parte, si es superior al 1 %, los carburos gruesos precipitan con facilidad y la tenacidad se ve deteriorada, con lo que el contenido se establece en el intervalo del 0,05 al 1 %. Obsérvese que el contenido es preferiblemente del 0,1 al 0,5 %.
- 30 El Ni es un elemento que tiene el efecto de mejorar tanto la capacidad de endurecimiento como la tenacidad. Si el contenido es menos del 0,1 %, este efecto no puede preverse, mientras que si es superior al 1 %, existe la posibilidad de y residual incluso después del enfriamiento rápido y de degradarse la durabilidad de la fatiga. Por consiguiente, el contenido se establece en un intervalo del 0,1 al 1%. Obsérvese que el contenido es preferiblemente del 0,015 al 0,5%.
- 35 El V es un elemento que tiene el efecto de mejorar la capacidad de endurecimiento y posee el efecto de fortalecer la precipitación mediante carbonitruros de V. Si el contenido es menos del 0,01 %, estos efectos no pueden preverse de forma suficiente, mientras que si es superior al 0,5 %, los carburos gruesos precipitan con facilidad y la tenacidad se ve degradada, por lo que el contenido se establece en un intervalo del 0,01 al 0,5 %. Obsérvese que el contenido es preferiblemente del 0,02 al 0,05 %.
- 40 El Nb tiene el efecto de fortalecer la precipitación mediante carbonitruros de Nb y asimismo posee el efecto de aumentar la pureza de los primeros granos de austenita, así como de aumentar la tenacidad. Además, aparece el efecto de supresión de la descarburización de la superficie.
- Si el contenido es menos del 0,01 %, el efecto de la mejora de la resistencia y la tenacidad no es suficiente, mientras que si aparecen en más del 0,1 %, los carburos aumentan y la tenacidad cae. Por consiguiente, el contenido se establece en un intervalo del 0,01 al 0,1%. Obsérvese que el contenido es preferiblemente del 0,02 al 0,04 %.
- 45 El Ca es un elemento que tiene el efecto de hacer que los óxidos y sulfuros adquieran forma esférica y de mejorar la trabajabilidad. Si el contenido es menos del 0,0002 %, estos efectos no pueden preverse de forma suficiente, mientras que si es superior al 0,005 %, aumentan los óxidos en el acero y la tenacidad se ve degradada, por lo que el contenido se establece en un intervalo del 0,0002 al 0,005 %. Obsérvese que el contenido es preferiblemente del 0,0002 al 0,004 %.
- 50 A continuación, se explicará la razón de establecer la relación del grosor g (mm) de la tubería de acero y el diámetro exterior D (mm) de la tubería de acero, esto es, g/D, se establecerá un intervalo superior al 0,15 hasta 0,30 en la tubería de acero soldada de calibre grueso y resistencia eléctrica de la presente invención.
- 55 Para aligerar el peso del estabilizador, será mejor cuanto menor sea la g/D. Sin embargo, cuanto menor es la g/D, mayor es la principal tensión aplicada en el momento de uso, por lo que tanto más caerán las características de fatiga. Por otra parte, si la g/D se vuelve mayor, el efecto de reducir el peso se volverá menor. Es más, se vuelve complicada la propia producción de una tubería de acero soldada de resistencia eléctrica. Para garantizar hasta un mínimo de la

resistencia a la fatiga, el límite inferior de la g/D se establece por encima de 0,15, mientras que desde el punto de vista de la productibilidad y la reducción de peso, el límite superior se establece en 0,30.

Se explicará el método de producción de la tubería de acero soldada de calibre grueso y resistencia eléctrica de la presente invención.

5 El acero fundido producido para tener la composición química necesaria a fin de colarse para una plancha o bien conformarse en un lingote antes para después laminarse en caliente y, así, conformar una plancha. Esta plancha laminada o colada será después laminada en caliente para obtener una chapa de acero laminado en caliente.

10 Esta chapa de acero laminado en caliente se conforma en una tubería de acero soldada de resistencia eléctrica mediante el método de producción de tuberías comunes de acero soldadas de resistencia eléctrica, por ejemplo, con una soldadura de resistencia eléctrica en frío o en caliente.

15 La tubería de acero soldada de calibre grueso y resistencia eléctrica de la presente invención tiene una relación de grosor/diámetro exterior de la tubería de acero antes explicada, es decir, g/D, por encima de 0,15 a 0,30. Cuando la maquinaria de producción de tuberías de acero soldadas de resistencia eléctrica posee la capacidad de generar tuberías de acero soldadas de resistencia eléctrica que tienen tal intervalo de relación en grosor/diámetro exterior, es posible usar la chapa de acero laminada en caliente para producir directamente la tubería de acero soldada de calibre grueso y resistencia eléctrica de la presente invención.

20 Sin embargo, cuanto mayor es el grosor en la tubería de acero soldada de resistencia eléctrica, menor es el diámetro exterior de la tubería, y cuanto más elevada es la resistencia del material en acero de la tubería de acero, más difícil es su producción. En general, una tubería de acero soldada de resistencia eléctrica, que tiene una relación de grosor/diámetro exterior g/D de 0,15 o menos, puede producirse mediante maquinaria habitual de fabricación de tuberías de acero soldadas de resistencia eléctrica, pero si la g/D está por encima de 0,15, se excederá la capacidad de producción, por lo que con la maquinaria habitual de fabricación de tuberías de acero soldadas de resistencia eléctrica, resulta a menudo difícil producir directamente una tubería de acero soldada de calibre grueso y resistencia eléctrica de la presente invención y que tenga una g/D por encima de 0,15 a 0,30.

25 Por consiguiente, la maquinaria habitual para fabricar tuberías de acero soldadas de resistencia eléctrica se utiliza para producir tuberías de acero soldadas de resistencia eléctrica que tengan una relación de grosor/diámetro exterior de 0,15 o menos (también conocidas en este documento como «tuberías maestras»), entonces esta será laminada mediante estiramiento en caliente para producir una tubería de acero soldada de calibre grueso y resistencia eléctrica que tenga una relación de grosor/diámetro exterior por encima de 0,15 a 0,30.

30 El laminado reductor de estiramiento puede realizarse mediante un reductor de estiramiento, etc.

35 Un reductor de estiramiento es un tren de laminado compuesto por una pluralidad de estaciones de laminado que tienen tres o cuatro rodillos en torno a un eje de laminado en serie a lo largo del eje de laminado. Con el ajuste de las velocidades del rodillo y las fuerzas de laminado de las estaciones de laminado de este tren de laminado, es posible controlar la tensión en la dirección axial de la tubería de acero (dirección de laminado) y la fuerza de compresión en dirección circunferencial y, de este modo, aumentar la relación de grosor/diámetro exterior en el laminado reductor de estiramiento.

40 Es decir, en el laminado reductor de estiramiento, se reduce el diámetro exterior de la tubería de acero mediante la fuerza de reducción sobre el diámetro exterior, al tiempo que se aumenta el grosor. Por otra parte, el grosor se reduce debido a la tensión que actúa en la dirección axial de la tubería de acero. El grosor final está determinado por el equilibrio de los dos. El grosor de la tubería de acero laminado y por tanto laminado con reducción de estiramiento se determina principalmente por la tensión entre las estaciones de laminado, por lo que es necesario hallar la tensión entre las estaciones de laminado para obtener el grosor final a partir de la teoría sobre laminado, etc., y establecer las velocidades de los rodillos de las estaciones de laminado sobre las que actúa la tensión.

45 Tal como se explicó anteriormente, en la presente invención se calienta dicha tubería soldada de resistencia eléctrica (tubería maestra) hasta 800 a 1200 °C y con una tasa de reducción en la sección transversal del 40 al 80 % y el estiramiento en caliente lo lamina hasta obtener una tubería de acero soldado de calibre grueso y resistencia eléctrica que posee una relación de grosor/diámetro exterior por encima de 0,15 a 0,30.

50 Aquí, la «tasa de reducción de la sección transversal» es el (diámetro exterior de la tubería de acero antes de la reducción de estiramiento - diámetro exterior de la tubería de acero después de la reducción de estiramiento)/diámetro exterior de la tubería de acero antes de la reducción de estiramiento x 100 (%).

Si la temperatura de calentamiento de la tubería de acero soldada de resistencia eléctrica en el momento del laminado reductor de estiramiento es menos de 800 °C, la resistencia a la deformación es grande, mientras que si supera los 1200 °C, existe una formación destacable de escamas térmicas y de deterioro de las propiedades de la superficie. Por consiguiente, la temperatura de calentamiento se establece en el intervalo de 800 a 1200 °C.

55 Además, si la tasa de reducción de la sección transversal en el momento del laminado reductor de estiramiento es

menos del 40 %, la fuerza de compresión resulta insuficiente. Es por ello difícil fabricar una tubería de acero soldada de calibre grueso y resistencia eléctrica que tenga una relación de grosor/diámetro exterior superior a 0,15 hasta 0,30 a partir de una tubería de acero soldada de resistencia eléctrica (tubería maestra) que tenga una relación grosor/diámetro exterior de 0,15 o menos. Por otra parte, si la tasa de reducción de la sección transversal supera el 80 %, habrá una formación destacable de defectos en la superficie de la tubería de acero debido al laminado reductor de estiramiento y resultará difícil garantizar una superficie uniforme. Por consiguiente, la tasa de reducción de la sección transversal en el laminado reductor de estiramiento se establece del 40 al 80 %.

Obsérvese que si la tubería de acero soldada de calibre grueso y resistencia eléctrica de la presente invención fue producida por laminado de estiramiento, puede evaluarse mediante la observación de la angularidad de la superficie interna de la sección transversal vertical hasta la dirección axial de la tubería (sección en C) o por la medición del grosor.

Por ejemplo, el reductor de estiramiento usado para el laminado reductor de estiramiento, tal como se explicó anteriormente, es un tren de laminado compuesto por una pluralidad de estaciones de laminado que tienen tres o cuatro rodillos en torno a un eje de laminado en serie a lo largo del eje de laminado. Normalmente, los rodillos de las estaciones de laminado contiguas (por ejemplo, las estaciones de laminado N y N+1) son desplazados en fase. En el caso de estaciones de laminado de tres rodillos, los rodillos están dispuestos con un desplazamiento en fase de exactamente 60°, mientras que en el caso de estaciones de laminado con cuatro rodillos, los rodillos están dispuestos con un desplazamiento en fase de exactamente 45°.

Por consiguiente, la forma interna de la sección transversal vertical a la dirección axial de la tubería soldada de calibre grueso y resistencia eléctrica producida mediante laminado reductor de estiramiento (sección en C) será hexagonal cuando se proporciona un reductor de estiramiento con estaciones de laminado de tres rodillos y será octagonal cuando se proporciona con estaciones de laminado de cuatro rodillos.

Además, cuando la fase de los rodillos en las cuatro estaciones de laminado continuo del reductor de estiramiento (por ejemplo, las estaciones de laminado N, N+1, N+2 y N+3) es desplazada alrededor de 30°, 60°, y 90°, en el caso de las estaciones de laminado de tres rodillos y es desplazada alrededor de 22,5°, 45° y 67,5° en el caso de las estaciones de laminado de cuatro rodillos, la forma interna de la sección transversal vertical a la dirección axial de la tubería de acero soldada de calibre grueso y resistencia eléctrica posterior al laminado de estiramiento (sección en C) resulta dodecagonal en el caso de usarse estaciones de laminado de tres rodillos y hexadecagonal en el caso de estaciones de laminado de cuatro rodillos.

De esta forma, se supo que cuando la forma interna de la sección transversal vertical a la dirección axial de la tubería soldada de calibre grueso y resistencia eléctrica es conformada en tal forma poligonal, esta tubería de acero soldada de calibre grueso y resistencia eléctrica se produjo mediante laminado reductor de estiramiento.

Ejemplos

Diversos aceros con las composiciones mostradas en la Tabla 2 fueron fundidos y colados en planchas. Cada plancha se calentó hasta 1150° C y se laminó en caliente a una temperatura de acabado de laminado de 890° C y a una temperatura de bobinado de 630° C para obtener una chapa de acero con un grosor de chapa de 6 mm. Esta chapa de acero laminada en caliente se cortó en anchuras predeterminadas y se soldó mediante soldadura de resistencia eléctrica de alta frecuencia para obtener una tubería de acero soldada de resistencia eléctrica (tubería maestra) con un diámetro exterior de 90 mm. A continuación, se aplicó calor por inducción de alta frecuencia para calentar esta tubería de acero hasta 980° C, después esto se laminó con reducción de estiramiento para obtener una tubería de acero soldada de calibre grueso y resistencia eléctrica con un grosor de 7 mm y un diámetro exterior de 35 mm.

Además, la tubería de acero soldada de resistencia eléctrica producida por el Acero n.º 1 de la Tabla 2 fue modificada en su tasa de reducción de la sección transversal en el laminado reductor de estiramiento para producir una tubería de acero soldada de calibre grueso y resistencia eléctrica caracterizada por un grosor de 5 a 7,5 mm y un diámetro exterior de 30 a 35 mm.

La tubería de acero soldada de calibre grueso y resistencia eléctrica obtenida se calentó hasta 960 °C, se enfrió en agua, se enfrió rápidamente, y se templó a 300 °C x 1 h y a 350 °C x 1 h. Se obtuvieron las piezas del ensayo a partir de esta tubería de acero y se sometieron a varios tipos de ensayos con objeto de confirmar las características de la tubería de acero soldada de calibre grueso y resistencia eléctrica de la presente invención.

Se obtuvo la dureza mediante la medición del centro del grosor con 9,8 N de Hv (dureza Vickers) en cinco puntos y se halló la media.

Se evaluó la trabajabilidad en calor mediante el uso de una pieza de ensayo de tracción de eje único que tenía un diámetro en la parte paralela de 6 mm, aplicando una tensión a los 850 °C y hallando la tasa de reducción del área de la sección transversal de la parte rota.

Además, para las características en la fatiga, se usó el método de *Bane Ronbunshu (Springs Papers)*, 28 (1983), pág. 46 para obtener una pieza de ensayo de fatiga doblada con un radio de doblado de 60 mm tal como se muestra en la

Figura 3. Un extremo estaba fijo. Se realizó un ensayo de fatiga de doble flexión según condiciones de tensión aplicando una amplitud de tensión primaria de 600 MPa mediante un material sólido del mismo diámetro para dar con los ciclos que derivan en rotura.

Los resultados de estas características se muestran en la Tabla 2 y la Tabla 3.

Tabla 2

	N.º	Composición química (% en masa)													Vc (°C/s)	Dureza Vickers (Hv) con 9,8 N	Reducción de área a 850 °C (%)	Ciclos hasta rotura (x10 ³)		
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	V	Ca	Ti	Al					N	B
Ej. ref.	1	0,30	0,25	1,30	0,015	0,003							0,015	0,03	0,0035	0,0014	19,2	452	53	95
	2	0,28	0,25	1,10	0,015	0,004							0,015	0,03	0,0036	0,0011	29,7	448	53	94
	3	0,30	0,25	1,30	0,015	0,003	0,30						0,015	0,03	0,0035	0,0014	15,2	455	55	95
	4	0,30	0,25	1,30	0,015	0,003		0,50	0,03				0,015	0,03	0,0036	0,0014	9,6	451	55	95
	5	0,30	0,25	1,30	0,015	0,003		0,20					0,015	0,03	0,0035	0,0014	9,6	458	53	95
Ej. inv.	6	0,30	0,25	1,30	0,015	0,003	0,10	0,20				0,0016	0,015	0,03	0,0035	0,0014	13,5	451	53	94
Ej. ref.	7	0,30	0,25	1,30	0,015	0,003						0,04	0,015	0,03	0,0035	0,0014	19,2	448	54	95
Ej. inv.	8	0,28	0,25	1,10	0,015	0,004	0,20	0,15	0,05			0,0032	0,015	0,03	0,0036	0,0011	13,4	446	53	95
	9	0,30	0,01	1,30	0,015	0,004					0,0008	0,015	0,03	0,0023	0,0011	22,6	457	62	102	
	10	0,30	0,35	1,30	0,015	0,004					0,0008	0,015	0,03	0,0023	0,0011	17,9	458	62	101	
	11	0,30	0,50	1,30	0,015	0,004					0,0008	0,015	0,03	0,0023	0,0011	16,1	460	61	101	
Ej. comp.	12	0,22	0,20	0,55	0,015	0,003	0,35					0,015	0,03	0,0048	0,0015	64,9	384	43	82	
	13	0,26	0,20	0,83	0,015	0,004	0,36	0,15				0,015	0,03	0,0054	0,0012	19,5	451	37	76	
	14	0,12	0,25	2,00	0,015	0,003						0,015	0,03	0,0035	0,0015	13,2	296	53	93	

Tabla 3

	N.º	Diámetro exterior (mm)	Grosor (mm)	Tasa de reducción de la sección transversal (%)	g/D	Ciclos hasta rotura ($\times 10^3$)
Ej. ref.	a	30	7,0	68,1	0,23	138
	b	30	7,5	66,5	0,25	141
	c	35	7,5	59,1	0,21	103
	d	35	7,0	61,1	0,20	95
	e	35	6,0	65,5	0,17	63
Ej. comp.	f	35	5,0	70,2	0,14	43

ES 2 745 078 T3

Los aceros n.º 6 y del 8 al 11 mostrados en la Tabla 2, y que tienen los ingredientes químicos de la presente invención, tuvieron excelentes características de dureza, trabajabilidad en caliente, y resistencia a la fatiga.

5 En contraposición a esto, el Acero n.º 12 tuvo una V_c con una amplia velocidad principal de enfriamiento, por lo que no se endureció lo suficiente y tuvo una cantidad de C con un escaso 0,22 %, no alcanzando así la dureza suficiente. El Acero n.º 13 tuvo una cantidad de N bastante alta, por lo que resultó deficiente en trabajabilidad en caliente, además de algo bajo en características de fatiga. El Acero n.º 14 tuvo una cantidad insuficiente de C, por lo que incluso con un templado a 300 °C, no pudo obtenerse el mínimo necesario de dureza adecuada para un elemento estructural en un automóvil.

10 Las Tuberías de acero con las letras «a» a «e» mostradas en la Tabla 3 fueron suficientes respecto a resistencia a la fatiga, junto con los ciclos suficientes que derivaban en rotura situándose por encima de 50×10^3 .

En contraposición a esto, la Tubería de acero con letra «f» sirvió como un ejemplo donde la g/D resultó demasiado pequeña, sin tampoco obtenerse la suficiente resistencia a la fatiga.

REIVINDICACIONES

1. Tubería de acero soldada de alta resistencia de calibre grueso y resistencia eléctrica excelente en la capacidad de endurecimiento, la trabajabilidad en caliente, y la resistencia a la fatiga que contiene, en % en masa,

C: entre el 0,25 y el 0,4 %,

5 Si: entre el 0,01 y el 0,50 %,

Mn: entre el 0,8 y el 1,5 %,

P: el 0,05 % o menos,

S: el 0,05 % o menos,

Al: el 0,05 % o menos,

10 Ti: entre el 0,005 y el 0,02 %,

B: entre el 0,0005 y el 0,0020 %,

N: entre el 0,001 a menos del 0,004 %,

Ca: entre el 0,0002 al 0,005 %, y opcionalmente uno o más seleccionado de entre el grupo de Cr: entre el 0,1 y el 1 %,

15 Mo: entre el 0,05 y el 1 %,

V: entre el 0,01 y el 0,5 %,

Ni: entre el 0,1 y el 1 %, y

Nb: entre el 0,01 y el 0,1 %,

20 con un resto de Fe e impurezas inevitables, que tiene una Vc de velocidad principal de enfriamiento expresado con la ecuación <1> de menos de 30 grados C/s, y que tiene una relación de grosor g y diámetro exterior D, g/D, superior al intervalo de entre 0,15 a 0,30:

$$\text{LogVc}=2,94-0,75\beta \dots <1>,$$

donde $\beta=2,7C+0,4Si+Mn+0,45Ni+0,8Cr+2Mo$.

25 2. Un método de producción de tubería de acero soldada de alta resistencia de calibre grueso y resistencia eléctrica excelente en capacidad de endurecimiento, trabajabilidad en caliente, y resistencia a la fatiga caracterizado por el calentamiento de una tubería maestra de acero soldada de resistencia eléctrica que tiene los ingredientes tal como se exponen en la reivindicación 1 hasta 800 a 1200 °C y con la reducción de estiramiento laminándola mediante una tasa de reducción de la sección transversal en el intervalo del 40 al 80 %.

Fig.1

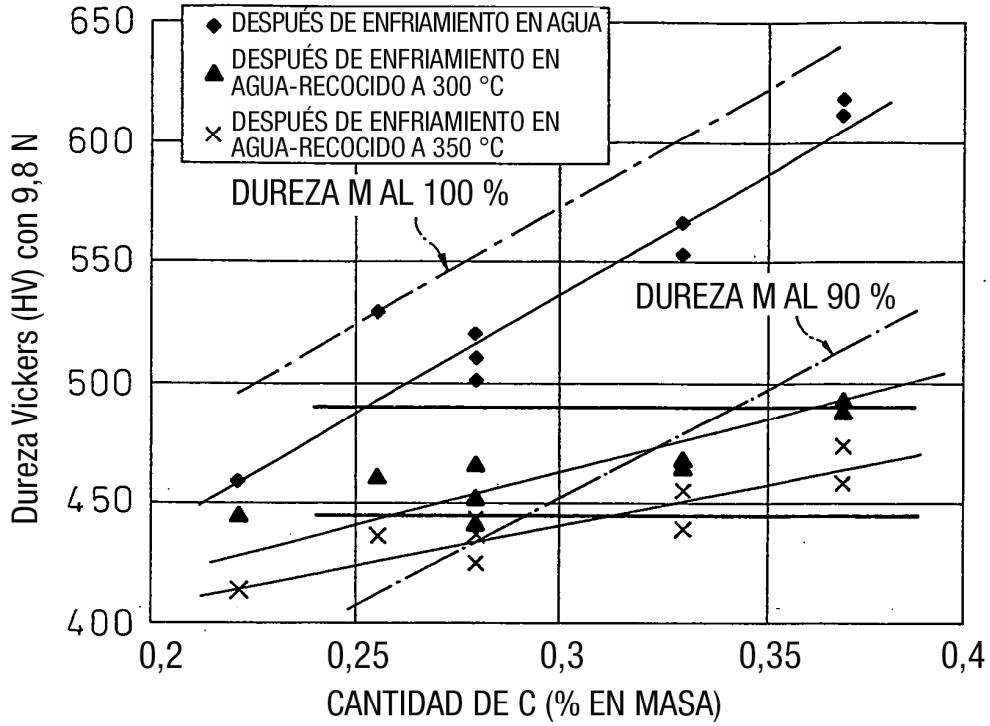


Fig.2

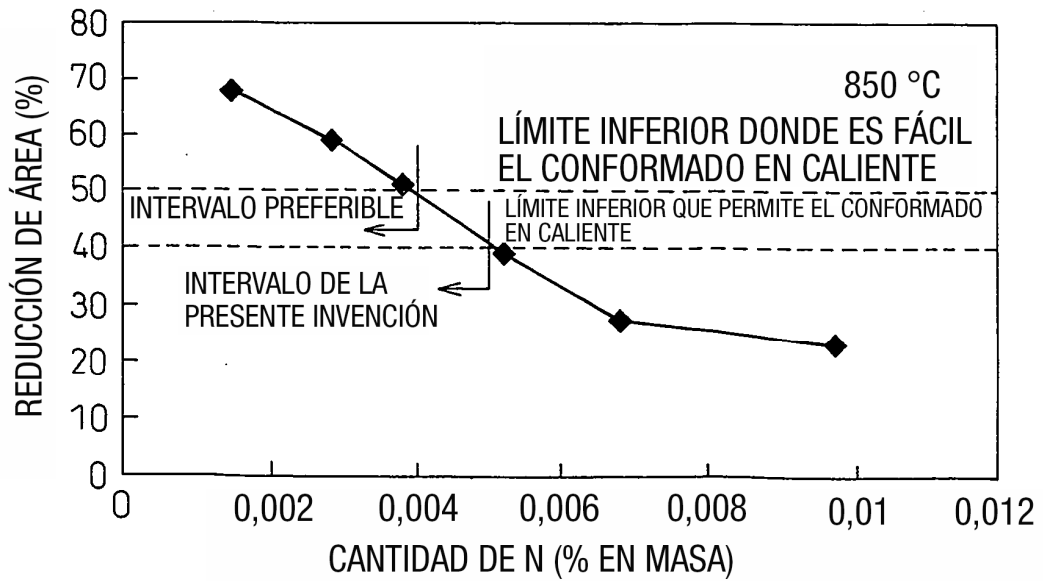


Fig.3

