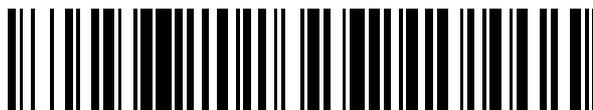


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 576 453**

51 Int. Cl.:

C22C 38/18	(2006.01)	C21D 1/25	(2006.01)
C22C 38/40	(2006.01)	C21D 6/00	(2006.01)
C22C 38/44	(2006.01)	C21C 7/00	(2006.01)
C22C 38/46	(2006.01)	C21C 7/06	(2006.01)
C21C 1/02	(2006.01)	C21C 7/064	(2006.01)
C21C 1/04	(2006.01)	C21D 1/22	(2006.01)
C21C 5/52	(2006.01)	C22C 38/02	(2006.01)
C21C 7/04	(2006.01)	C22C 38/04	(2006.01)
C21C 7/10	(2006.01)	C22C 38/42	(2006.01)
C21D 1/18	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.04.2007 E 07730464 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.03.2016 EP 2159296**

54 Título: **Acero endurecido y revenido y procedimiento de obtención de piezas de dicho acero**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.07.2016

73 Titular/es:
**SIDENOR INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO, S.A.
(100.0%)
BARRIO UGARTE, S/N
48970 ELEXALDE-BASAURI, BIZKAIA, ES**

72 Inventor/es:
**IDOYAGA OLANO, ZURINE;
ALBARRAN SANZ, JACINTO, JOSÉ;
MONTERO PASCUAL, MARIA, CARMEN y
ELVIRA EGUIZABAL, ROBERTO**

74 Agente/Representante:
CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 576 453 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 endurecido y revenido y procedimiento de obtención de piezas de dicho acero

Objeto de la invención

5 La presente invención se refiere a un acero endurecido por temple y revenido y a un procedimiento de obtención de piezas de dicho acero, que tiene aplicación en el ámbito de la industria siderúrgica, permitiendo su utilización para estructuras metálicas en el sector de la construcción, siendo especialmente adecuadas, dichas piezas, en la industria naviera, por ejemplo para la fabricación de cadenas para buques y accesorios de líneas de anclaje.

10 La invención permite obtener un acero endurecido por temple y revenido a partir de una composición química y mediante un proceso metalúrgico, que tiene una alta resistencia mecánica y al mismo tiempo una elevada tenacidad a baja temperatura, además de tener una óptima capacidad de soldadura.

Antecedentes de la invención

En el ámbito de la metalurgia, y más concretamente para el caso de los aceros, la aplicación industrial de los elementos o piezas establece unos requisitos mínimos en lo que al comportamiento mecánico del acero se refiere.

15 Para obtener determinadas propiedades mecánicas en un acero, además de seleccionar su composición química, se realizan tratamientos térmicos que permiten modificar la estructura cristalina del acero sin modificar su composición química, lo que permite clasificar los aceros según la estructura cristalina obtenida tras el tratamiento térmico.

20 En la actualidad es conocido un tipo de acero denominado aceros endurecidos por temple y revenidos, que son utilizados para la construcción de estructuras metálicas y para la fabricación de elementos y piezas mecánicas de responsabilidad, es decir que se encuentran sometidas a cargas durante su situación de trabajo, y para las cuales no es admisible la ínfima posibilidad de fallo de dichas piezas durante su vida útil.

Las características mecánicas fundamentales que este tipo de piezas tiene que tener son alta resistencia mecánica, una elevada tenacidad y una relación óptima entre el límite elástico y la resistencia mecánica. Además, también se requiere una elevada resistencia a fatiga y alargamiento.

25 Estas características se encuentran determinadas en gran medida por el contenido de carbono del acero, que suele encontrarse entre 0,03 % y 0,70 % en peso, así como el contenido de otros elementos.

30 Los elevados valores de resistencia a tracción de los aceros endurecidos por temple y revenidos varían entre 700 N/mm² y 1700 N/mm², y se consiguen con contenidos en peso de carbono que oscilan entre 0,25 % y 0,60 %. Además para mejorar otras propiedades es conocida la adición de cantidades variables de elementos aleantes, como por ejemplo Mn, Cr, Ni, Mo y V.

El incremento del contenido de carbono en un acero produce por un lado un incremento en la resistencia a tracción y en el índice de fragilidad en frío de dicho acero, mientras que por otro lado produce una reducción de su tenacidad y ductilidad.

35 La tenacidad es la capacidad que tiene un material de absorber energía sin producir fisuras, determinándose como una resistencia al impacto, es decir la resistencia ofrecida por un material a la propagación de una grieta, o la capacidad de absorción de energía del material sin producir fisuras.

El efecto que tiene cada uno de los elementos de aleación durante el proceso de obtención del acero, respecto a su respuesta a los tratamientos térmicos y en propiedades como dureza y templabilidad, es conocido por los técnicos metalúrgicos.

40 Las múltiples aplicaciones de los aceros endurecidos por temple y revenidos incluyen la industria naviera, concretamente en la fabricación de cadenas y otros elementos y dispositivos accesorios para líneas de anclaje, así como en las industrias de licuefacción o transporte de gases. En ese ámbito, es fundamental que los aceros tengan valores elevados de resistencia a tracción y resistencia al impacto o tenacidad, lo que implica una combinación de propiedades mecánicas contrapuestas, dado que ambas características son inversamente proporcionales. Además estas propiedades deben mantenerse incluso a bajas temperaturas, de un orden de magnitud de 20 °C bajo cero o incluso temperaturas inferiores, considerando las condiciones de servicio de estos elementos y piezas dado su campo de aplicación.

Además, otros requisitos de los aceros endurecidos por temple y revenidos es que tengan buena respuesta a procesos que intervienen en las etapas de fabricación, instalación y montaje de estas piezas, como por ejemplo

procesos de soldadura o conformado en caliente.

El endurecimiento por temple es un tratamiento térmico cuyo objetivo es endurecer y aumentar la resistencia de los aceros a costa de disminuir la ductilidad y la resiliencia.

5 La resiliencia es la cantidad de energía que puede absorber un material en el campo elástico, es decir, antes de que comience la deformación plástica cuando se encuentra sometido a carga. La resiliencia se corresponde con el área que se encuentra bajo el diagrama tensión-deformación del ensayo de tracción de un material, entre un valor de deformación nulo y el valor de deformación correspondiente al esfuerzo de fluencia, siendo un indicador de la fragilidad del material.

10 El tratamiento térmico de endurecimiento por temple consiste en calentar un acero hasta una temperatura por encima de su punto de transformación (A_c), también denominada temperatura crítica superior o temperatura de transformación, que depende de la composición química del acero y puede encontrarse por ejemplo entre 800 °C y 950 °C, todo ello con el objeto de conseguir una estructura cristalina austenítica (γ). Seguidamente se realiza un enfriamiento rápido a una velocidad superior a la crítica con el objeto de conseguir una estructura cristalina martensítica, o en todo caso si el enfriamiento no es lo suficientemente rápido conseguir una estructura cristalina bainítica, que proporcionan a los aceros resistencias elevadas.

De este modo, lo que se consigue con el endurecimiento por temple es una transformación de austenita (γ) en martensita y/o bainita de resistencia elevada. La velocidad del enfriamiento depende de las dimensiones de la pieza o elemento de acero a templar, utilizándose habitualmente para realizar dicho enfriamiento agua, aceite, aire o medios refrigerados, como por ejemplo una cámara refrigerada.

20 En definitiva, los factores que influyen en el endurecimiento por temple son la composición química del acero, considerando tanto el porcentaje de carbono como de elementos aleantes, la temperatura y el tiempo de calentamiento y la velocidad de enfriamiento.

25 Una vez efectuado el tratamiento de endurecimiento por temple, resulta muy habitual realizar al acero un tratamiento térmico de revenido con el objeto de atenuar los efectos y propiedades mecánicas resultantes del endurecimiento por temple, permitiendo mantener en gran medida los valores de resistencia y dureza requeridos a la vez que se consigue aumentar la tenacidad y elasticidad del acero. Así se obtienen aceros con una combinación óptima de resistencia mecánica, alargamiento y límite elástico, llegando a obtenerse aceros con un valor de límite elástico de hasta un 75 % el valor de la carga de rotura. Además de la combinación entre resistencia y alargamiento, en los aceros endurecidos por temple y revenidos el límite elástico es superior al límite elástico de aceros en los que se han realizado tratamientos térmicos de normalizado o recocido.

30 El revenido es un tratamiento térmico que consiste en realizar un calentamiento hasta una temperatura inferior a la temperatura de inicio de la transformación austenítica, lo cual suele producirse entre 450 °C y 600 °C. Durante este proceso el carbono contenido en la martensita, en solución forzada, precipita en carburos y se produce una transformación de la austenita (γ) retenida, mientras que la martensita se transforma en partículas extremadamente pequeñas de cementita (Fe_3C) dispersas en una matriz de ferrita (α), con lo que se eliminan las tensiones creadas en el enfriamiento brusco efectuado en el tratamiento de endurecimiento por temple.

35 Por otro lado, existe un tratamiento térmico denominado martemplado, que es un caso particular del tratamiento de endurecimiento por temple y revenido anteriormente descrito, en el que el endurecimiento por temple se detiene antes de que tenga lugar la transformación martensítica, con el objeto de homogeneizar la temperatura de una pieza de acero, de manera previa a continuar enfriando para que se forme martensita, procediendo a continuación como en el caso de un tratamiento de revenido.

Por lo tanto, para cada tipo de aplicación es importante considerar y definir bien las temperaturas y los tiempos de mantenimiento a la temperatura de revenido, de modo que la pieza final obtenga la relación deseada de características mecánicas.

45 En lo referente a aplicaciones industriales que requieren niveles de resistencia superiores, es habitual el empleo de aceros aleados con Mn, Cr, Ni, Mo y V, con lo que se consiguen valores de resistencia de hasta 1000 N/mm² y una tenacidad a baja temperatura elevada, con valores de resiliencia KV a -20 °C en torno a 60 J.

50 En la actualidad existen aceros y procedimientos de obtención de los mismos orientados a mejorar las características en servicio de los aceros destinados a las aplicaciones anteriormente comentadas, en los que habitualmente se añaden cantidades variables de elementos aleantes como por ejemplo Mn, Cr, Ni, Mo, V o B, de los cuales a continuación se mencionan algunos ejemplos.

La patente coreana número KR 100320959-B describe un procedimiento para la obtención de un acero con alta tenacidad a muy bajas temperaturas con alto contenido de Mn, que en peso se encuentra entre 16 % y 22 %.

Por otro lado, en el acero descrito en la patente coreana número KR 100325714-B, también se eleva la tenacidad a baja temperatura mediante una estructura cristalina bainítica, sin embargo, los valores de resistencia conseguidos están en torno a los 600 N/mm².

5 Existen invenciones relativas a aceros con valores de resistencia superiores, que pretenden mejorar la tenacidad a bajas temperaturas, tales como, por ejemplo, la descrita en la solicitud de patente europea número EP 1697552, que se refiere a un producto de alambroón de acero para forja en frío y al proceso para su fabricación, comprendiendo la adición de elementos tales como C, Si, Mn, Cr y B.

10 La patente japonesa número JP 2000256783 describe un acero de alta resistencia y tenacidad, con resistencia a la corrosión bajo tensión, así como su procedimiento de fabricación, donde el límite elástico de dicho acero supera 960 N/mm² (140 ksi), con contenidos en peso de C entre 0,20 % y 0,35 %, de Cr entre 0,20 % y 0,70 %, de Mo entre 0,10 % y 0,50 %, y de V entre 0,10 % y 0,30 %.

La solicitud de patente europea EP02254252A describe un acero de baja aleación usado como un material para turbinas de vapor o similar, y más específicamente a acero de molibdeno-cromo-níquel.

15 Por otro lado, la solicitud de patente US2002/0124716A1 divulga un procedimiento para producir tubos para armas de calibre pesado de 105 mm y superior, hechos de acero tratable al calor.

Además, la solicitud de patente internacional WO2005/121384A2 describe una composición de aleación de acero que tiene propiedades de elevada fuerza y resistencia a baja temperatura, y el procedimiento de preparar dicho acero.

20 El desarrollo de las industrias en las que encuentran aplicación estos aceros demanda cada vez más valores superiores de resistencia a tracción manteniendo la tenacidad a bajas temperaturas, sin que hasta el momento exista una solución conocida que combine valores de resistencia a tracción superiores a 1000 N/mm² y alta tenacidad, con valores de resiliencia KV a -20 °C en torno a 60 J, permitiendo a la vez la capacidad de soldadura de dichos aceros.

25 Por lo tanto, las propiedades de las piezas fabricadas con aceros endurecidos por temple y revenidos destinados a dichas industrias resultan susceptibles de ser optimizadas.

Descripción de la invención

30 La presente invención se refiere a un acero endurecido por temple y revenido y a un procedimiento de obtención de piezas de dicho acero, en los que como resultado de diversas investigaciones se ha conseguido una combinación óptima de dos propiedades mecánicas contrapuestas, una alta resistencia a tracción, con valores de resistencia de al menos 1200 N/mm², y una alta tenacidad a baja temperatura, con valores de resiliencia KV a -20 °C de al menos 60 J.

35 La invención también permite obtener un acero endurecido por temple y revenido, a partir de una composición química novedosa y un determinado proceso metalúrgico, que tiene una alta resistencia mecánica a la vez que una elevada tenacidad a baja temperatura, además de tener una óptima capacidad de soldadura, lo cual resulta importante, por ejemplo, en el caso concreto de fabricación de cadenas para la industria naviera. Por otro lado, además de la composición química, el tratamiento térmico realizado en el acero influye de manera importante en las características mecánicas del acero finalmente obtenido, es decir, la composición química inicial se somete a un procedimiento de endurecimiento por temple y revenido determinado, que es necesario que se realice en unas condiciones de tiempo y temperatura específicas.

40 Para la fabricación de piezas, es necesario aplicar en la fabricación de este acero un procedimiento específico en cuanto al procedimiento de desoxidación y con un proceso de decantación de inclusiones en determinadas condiciones especiales.

45 Se ha comprobado un efecto sinérgico entre una combinación novedosa de elementos químicos y un procedimiento de obtención de dicho acero, que contempla un tratamiento térmico específico, consiguiendo un acero endurecido por temple y revenido de elevada resistencia y tenacidad, además de una buena aptitud a los procesos de soldadura y conformado.

Las investigaciones realizadas han dado como resultado una nueva calidad de acero aleado al NiCrMoV, que comprende la siguiente composición química en porcentaje en peso:

$$0,22 \% \leq C \leq 0,30 \%$$

50 $0,40 \% \leq Mn \leq 1,00 \%$

ES 2 576 453 T3

$$1,00 \% \leq \text{Cr} \leq 2,50 \%$$

$$1,80 \% \leq \text{Ni} \leq 4,00 \%$$

$$0,30 \% \leq \text{Mo} \leq 0,90 \%$$

$$0,001 \% \leq \text{V} \leq 0,50 \%$$

5 $0,050 \% \leq \text{Si} \leq 0,50 \%$

$$0,005 \% \leq \text{Al} \leq 0,050 \%$$

siendo el resto de los elementos impurezas que resultan de su obtención.

10 Estos elementos de aleación se utilizan en aceros aleados para mejorar la resistencia a la tracción, la resistencia al revenido, la tenacidad u otras características, pero no con las concentraciones en peso indicadas, con la combinación de elementos que se propone, ni para obtener las propiedades anteriormente descritas que permiten su utilización en las aplicaciones comentadas.

Cada uno de los elementos de aleación, en las proporciones anteriormente indicadas influye en determinados parámetros y propiedades del acero finalmente obtenido.

15 El manganeso incrementa la templabilidad y reduce la temperatura de transformación, lo que permite obtener una estructura cristalina de granos finos, permitiendo a la vez elevar la resistencia y mejorar la tenacidad.

La utilización de cromo permite un desplazamiento acusado de las curvas de los diagramas TTT, Temperatura-Tiempo-Transformación, hacia la derecha, con lo que permite incrementar en gran medida la templabilidad de forma menos costosa que otros elementos, como en el caso de los aceros del estado de la técnica.

20 El níquel es un moderado agente favorecedor de la templabilidad y que permite reducir la tendencia al agrietamiento durante el endurecimiento por temple. Los contenidos indicados de níquel permiten obtener grano fino consiguiendo mayor resistencia al choque, principalmente a bajas temperaturas.

El molibdeno tiene un fuerte efecto favorecedor de la templabilidad, siendo a su vez un fuerte formador de carburos, que proporcionan un notable efecto de endurecimiento secundario durante el revenido.

25 Por último, el vanadio es un elemento microaleante que provoca un intenso endurecimiento por precipitación y que cuando permanece en solución sólida incrementa mucho la templabilidad, mostrando además un fuerte efecto de endurecimiento secundario durante los revenidos a alta temperatura, de un orden de magnitud superior a 575 °C.

Además, el acero que la invención propone puede comprender, adicionalmente, al menos uno de los elementos siguientes o una combinación de ellos, con un porcentaje en peso:

$$\text{P} \leq 0,015 \%$$

30 $\text{S} \leq 0,010 \%$

$$\text{Cu} \leq 0,350 \%$$

$$0,005 \% \leq \text{Ti} \leq 0,050 \%$$

$$0,004 \% \leq \text{N} \leq 0,020 \%$$

35 Asimismo se contempla que el acero de la invención comprenda alguno o varios de los siguientes elementos, con un porcentaje en peso:

$$\text{Ca} \leq 0,005 \%$$

$$\text{Bi} \leq 0,15 \%$$

$$\text{Pb} \leq 0,20 \%$$

$$\text{Te} \leq 0,02 \%$$

40 $\text{Se} \leq 0,04 \%$

siendo el resto elementos residuales que resultan de la obtención del acero.

ES 2 576 453 T3

Anteriormente se ha comprobado que aceros de composición similar a los que se les ha realizado un proceso convencional de endurecimiento por temple y revenido no llegaban a alcanzar las propiedades mecánicas exigidas y anteriormente comentadas, debido a que el grado de limpieza era menor y no se llegaban a reducir suficientemente los niveles de S y P como en la calidad presentada por el acero de la invención.

- 5 La presencia de fósforo y azufre es generalmente perjudicial para las aplicaciones que requieren tenacidad a baja temperatura, ya que reducen el alargamiento y la resistencia del acero, procurándose eliminar esos elementos en los procesos de fabricación. La recomendación general para los aceros ordinarios del estado de la técnica es que el contenido de S, así como el de P, no supere el 0,060 %, y en el caso de aceros de calidad el 0,030 %.

Una composición preferente del acero propuesto por la invención comprende un porcentaje en peso:

10 $0,23 \% \leq C \leq 0,28 \%$

$$0,50 \% \leq Mn \leq 0,90 \%$$

$$1,20 \% \leq Cr \leq 2,0 \%$$

$$2,0 \% \leq Ni \leq 3,50 \%$$

$$0,30 \% \leq Mo \leq 0,70 \%$$

15 $0,001 \% \leq V \leq 0,20 \%$

$$0,05 \% \leq Si \leq 0,50 \%$$

$$0,005 \% \leq Al \leq 0,050 \%$$

Para esta composición preferente, adicionalmente, el acero puede comprender al menos uno de los elementos siguientes, o una combinación de ellos, en peso:

20 $P \leq 0,015 \%$

$$S \leq 0,010 \%$$

$$Cu \leq 0,350 \%$$

$$0,005 \% \leq Ti \leq 0,050 \%$$

$$0,004 \% \leq N \leq 0,020 \%$$

- 25 Así, tras diversos experimentos se ha desarrollado un riguroso procedimiento de obtención del acero siguiendo los siguientes pasos:

- Controlar rigurosamente las materias primas del horno, es decir, chatarra y, especialmente, coque y cal.
- Usar entre un 30 % y un 50 % de chatarra de máxima calidad.
- Realizar un periodo oxidante en un horno eléctrico, lo cual es importante para la defosforación del acero, previo a la escoria esponjosa.
- 30 - Una vez ha finalizado la escoria esponjosa, se procede a desescoriar hasta dejar prácticamente sin escoria el horno, siendo el objetivo una presencia de fósforo, en este paso o etapa, inferior a 0,007 % en peso.
- Bascular al vuelco con temperatura estándar y partes por millón (ppm) de oxígeno, según estándar de aceros limpios, asegurándose que no pase escoria del horno a la cuchara.
- 35 - Desoxidar con Al, para obtener escoria blanca muy fluida con base cal-espato.
- Controlar rigurosamente el refinado de las materias primas, es decir, ferromanganeso, ferrocromo, níquel y cal.
- Realizar dos vacíos con muestra de H intermedia, considerando como tiempo de vacío aquel que se encuentra por debajo de 2 mbar y siendo un 50 % mayor que el tiempo de vacío convencional.
- 40 - Finalizar el segundo vacío con una temperatura suficiente como para hacer un proceso de decantación de inclusiones después del mismo. En dicho tiempo de decantación se agita ligeramente el caldo con argón para romper la escoria y sin realizar adiciones ni calentamientos de ningún tipo.

- Finalmente, debe seguirse un meticuloso proceso de colada con protección especial del chorro.

Todo este procedimiento de fabricación del acero permite conseguir bajos niveles de azufre, por debajo del 0,010 % en peso, y fósforo, por debajo del 0,015 % en peso, además de un bajo nivel inclusionario.

5 Los diagramas TTT (Temperatura-Tiempo-Transformación) permiten representar los tratamientos térmicos para una composición química determinada cuando las transformaciones de fase se producen en condiciones de no equilibrio.

10 Después de diversos ensayos experimentales se ha constatado que tras el proceso de fabricación del acero propuesto por la invención, con la composición química arriba indicada, ajustando las temperaturas y los tiempos de mantenimiento del endurecimiento por temple y el revenido, se consigue un acero con resistencia a tracción por encima de 1200 N/mm² y una tenacidad elevada, resiliencia KV a -20 °C de 60 J. Además dicho acero presenta una buena respuesta a la soldadura.

Para obtener una pieza del acero anteriormente obtenido, la invención contempla el modo de realización de un procedimiento por el cual es obtenible dicha pieza de acero.

15 El procedimiento de obtención de piezas de dicho acero comprende un proceso de endurecimiento por temple que se realiza con una austenización a temperatura superior a 800 °C, seguido de un enfriamiento posterior, por ejemplo en agua.

A continuación, el procedimiento comprende un proceso de revenido que se lleva a cabo a una temperatura superior a 550 °C durante unas 2 horas, consiguiendo de esta manera ajustar la dureza y tenacidad del material, además de evitar disminuciones de resiliencia, que están asociadas al fenómeno de fragilidad del revenido.

20 Por lo tanto, el procedimiento de obtención de piezas de acero comprende los siguientes pasos:

- Obtener el acero de la invención, anteriormente descrito, en el que el acero seleccionado comprende la composición general o la composición preferente anteriormente definidas.
- Fabricar una pieza de dicho acero, por ejemplo mediante forja o mecanizado.
- Realizar en la pieza el tratamiento de endurecimiento por temple anteriormente definido.

25 - Realizar en la pieza el tratamiento de revenido anteriormente definido.

30 Al templar y revenir una pieza después de mecanizada, el trabajo de torno o fresa es más fácil de realizar en estado recocido, pudiendo preverse un exceso en las dimensiones finales de la pieza para eliminar las deformaciones que se producen durante el endurecimiento por temple y el revenido, las cuales se pueden eliminar a posteriori, por ejemplo, mediante mecanizado, en este caso al ser cantidades pequeñas de material, su eliminación resulta sencilla.

Descripción de los dibujos

35 Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, según un modo de realización práctica preferente del mismo, se acompaña como parte integrante de dicha descripción un juego de dibujos, en el que con carácter ilustrativo y no limitativo se ha representado lo siguiente:

La figura 1 muestra un diagrama TTT, Temperatura-Tiempo-Transformación, de un acero eutectoide (γ) con 0,77 % C, en el que se ha representado un tratamiento térmico de endurecimiento por temple y revenido, en el que A es austenita, P es perlita, B es bainita y M es martensita.

40 La figura 2 muestra un diagrama TTT, Temperatura-Tiempo-Transformación, de un acero eutectoide como el de la figura anterior, en el que se ha representado un tratamiento térmico de martemplado.

La figura 3 muestra un diagrama que representa los valores de resiliencia KV a -20 °C, en Julios, para cada una de las muestras de acero investigadas en la presente invención.

Modos de realización de la invención

Ejemplo 1

45 A modo de ejemplo, los ensayos realizados con muestras de aceros con otras composiciones diferentes a la composición química del acero de la invención, dichas muestras son los aceros A-E, el acero F es el acero de la

ES 2 576 453 T3

invención. La tabla 1 muestra las composiciones químicas en porcentaje en peso:

Tabla 1

	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	V	Cu	Al
A	0,17	0,51	0,29	0,008	0,006	1,00	3,30	0,25	0,014	0,30	0,032

(continuación)

B	0,27	0,24	0,12	0,006	0,004	1,80	1,70	0,59	0,130	0,14	0,005
C	0,20	0,81	0,34	0,009	0,007	1,53	2,72	0,38	0,004	0,23	0,031
D	0,26	1,45	0,18	0,015	0,003	1,28	1,06	0,69	0,130	0,24	0,012
E	0,27	0,42	0,25	0,011	0,005	2,03	2,04	0,36	0,010	0,22	0,007
F	0,24	0,64	0,24	0,009	0,005	1,58	2,77	0,49	0,094	0,17	0,028

5

Todos estos aceros han sido sometidos a tratamientos de endurecimiento por temple y revenido en distintas condiciones, con el objetivo de conseguir la combinación de resistencia mecánica y tenacidad a baja temperatura más óptima para cada uno de ellos.

Así, los resultados más óptimos conseguidos se muestran en la tabla 2.

10

Tabla 2

	Resistencia (N/mm ²)	Límite elástico (N/mm ²)	KV a -20 °C (J)
A	>1150	>1100	≈ 60
B	>1100	>1000	≈ 60
C	>1100	>1000	≈ 60
D	>1100	>1000	≈ 55
E	>1200	>1100	≈ 55
F	>1200	>1100	≈ 70

Como muestra la tabla 2, los aceros A, B, C, D y E no alcanzan una resistencia de 1200 N/mm², manteniendo una resiliencia KV a -20 °C de 60 J.

15

Los aceros A y C presentan bajos contenidos de carbono y vanadio, de forma que con la tenacidad exigida a baja temperatura, únicamente se consiguen valores de resistencia en torno a 1100 N/mm².

A su vez los aceros B, D y E, a pesar de tener un mayor contenido de carbono, no consiguen los niveles de resistencia deseada, ya que la combinación de elementos aleantes no es la adecuada para alcanzar las características mecánicas exigidas.

20

La figura 3 muestra los valores de resiliencia KV a -20 °C obtenidos con una resistencia de 1200 N/mm² para los distintos aceros A-F.

Sin embargo, para el acero F, que tiene una composición química dentro de los límites objeto de la invención, es decir es el acero propuesto por la invención, se ha comprobado que tras ser sometido a un tratamiento de bonificación alcanza las características mecánicas requeridas y además no presentan ningún problema de soldadura.

25

La invención ha sido descrita según algunas realizaciones preferentes de la misma, pero para el experto en la

materia resultará evidente que múltiples variaciones pueden ser introducidas en dichas realizaciones preferentes sin exceder el objeto de la invención reivindicada.

REIVINDICACIONES

1.- Acero endurecido por temple y revenido, con alta resistencia a la tracción y alta resistencia al impacto, que comprende los siguientes elementos con un porcentaje en peso:

- 0,22 % ≤ C ≤ 0,30 %
- 5 0,40 % ≤ Mn ≤ 1,0 %
- 1,00 % ≤ Cr ≤ 2,50 %
- 1,80 % ≤ Ni ≤ 4,0 %
- 0,30 % ≤ Mo ≤ 0,90 %
- 0,001 % ≤ V ≤ 0,50 %.
- 10 0,050 % ≤ Si ≤ 0,50 %
- P ≤ 0,015 %
- S ≤ 0,010 %
- 0,005 % ≤ Al ≤ 0,050 %

15 **caracterizado porque** adicionalmente comprende al menos uno de los siguientes elementos con un porcentaje en peso:

- Cu ≤ 0,350 %
- 0,005 % ≤ Ti ≤ 0,050 %
- 0,004 % ≤ N ≤ 0,020 %
- Ca ≤ 0,005 %
- 20 Bi ≤ 0,15 %
- Pb ≤ 0,20 %
- Te ≤ 0,02 %
- Se ≤ 0,04 % y el resto de hierro e impurezas.

25 2.- Acero endurecido por temple y revenido, según la reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende los siguientes elementos con un porcentaje en peso:

- 0,23 % ≤ C ≤ 0,28 %
- 0,50 % ≤ Mn ≤ 0,90 %
- 1,20 % ≤ Cr ≤ 2,0 %
- 2,0 % ≤ Ni ≤ 3,50 %
- 30 0,30 % ≤ Mo ≤ 0,70 %
- 0,001 % ≤ V ≤ 0,20 %.

3.- Acero endurecido por temple y revenido, según cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado porque** comprende al menos uno de los siguientes elementos con porcentaje en peso:

- 0,10 % ≤ Si ≤ 0,35 %
- 35 P ≤ 0,015 %
- S ≤ 0,010 %
- Cu ≤ 0,350 %

$0,005 \% \leq Al \leq 0,035 \%$

$0,005 \% \leq Ti \leq 0,050 \%$

$0,004 \% \leq N \leq 0,020 \%$.

- 5 4.- Acero endurecido por temple y revenido, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** tiene resistencia mecánica a tracción superior o igual a aproximadamente 1200 N/mm^2 y resiliencia KV a $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ superior o igual a aproximadamente 60 J.
- 5.- Procedimiento de obtención de piezas de un acero endurecido por temple y revenido de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** comprende obtener dicho acero mediante los siguientes pasos:
- 10 - controlar las materias primas del horno, es decir, chatarra y, especialmente, coque y cal.
- realizar un periodo oxidante en un horno eléctrico, para la defosforación del acero, previo a la escoria esponjosa,
- desescoriar la escoria esponjosa hasta una presencia de fósforo inferior a $0,007 \%$ en peso,
- 15 - bascular al vuelco con temperatura estándar y partes por millón (ppm) de oxígeno, asegurándose que no pase escoria del horno a la cuchara,
- desoxidar con Al, para obtener escoria blanca muy fluida con base cal-espato,
- controlar el refinado de las materias primas,
- realizar dos vacíos con muestra de H intermedia, considerando como tiempo de vacío aquel que se encuentra por debajo de 2 mbar,
- 20 - finalizar el segundo vacío con una temperatura que permite hacer un proceso de decantación de inclusiones después del mismo y agitar el caldo con argón para romper la escoria y sin realizar adiciones ni calentamientos, y
- colar con protección especial del chorro.
- 25 6.- Procedimiento de obtención de piezas de acero endurecido por temple y revenido, según la reivindicación 5, **caracterizado porque** tras la obtención del acero comprende los siguientes pasos:
- fabricar una pieza de dicho acero,
- realizar en la pieza un tratamiento térmico de endurecimiento por temple que se realiza con una austenización a una temperatura superior a $800 \text{ }^\circ\text{C}$, seguido de un enfriamiento posterior, y
- 30 - realizar en la pieza un tratamiento de revenido que se lleva a cabo a una temperatura superior a $550 \text{ }^\circ\text{C}$ durante unas 2 horas.

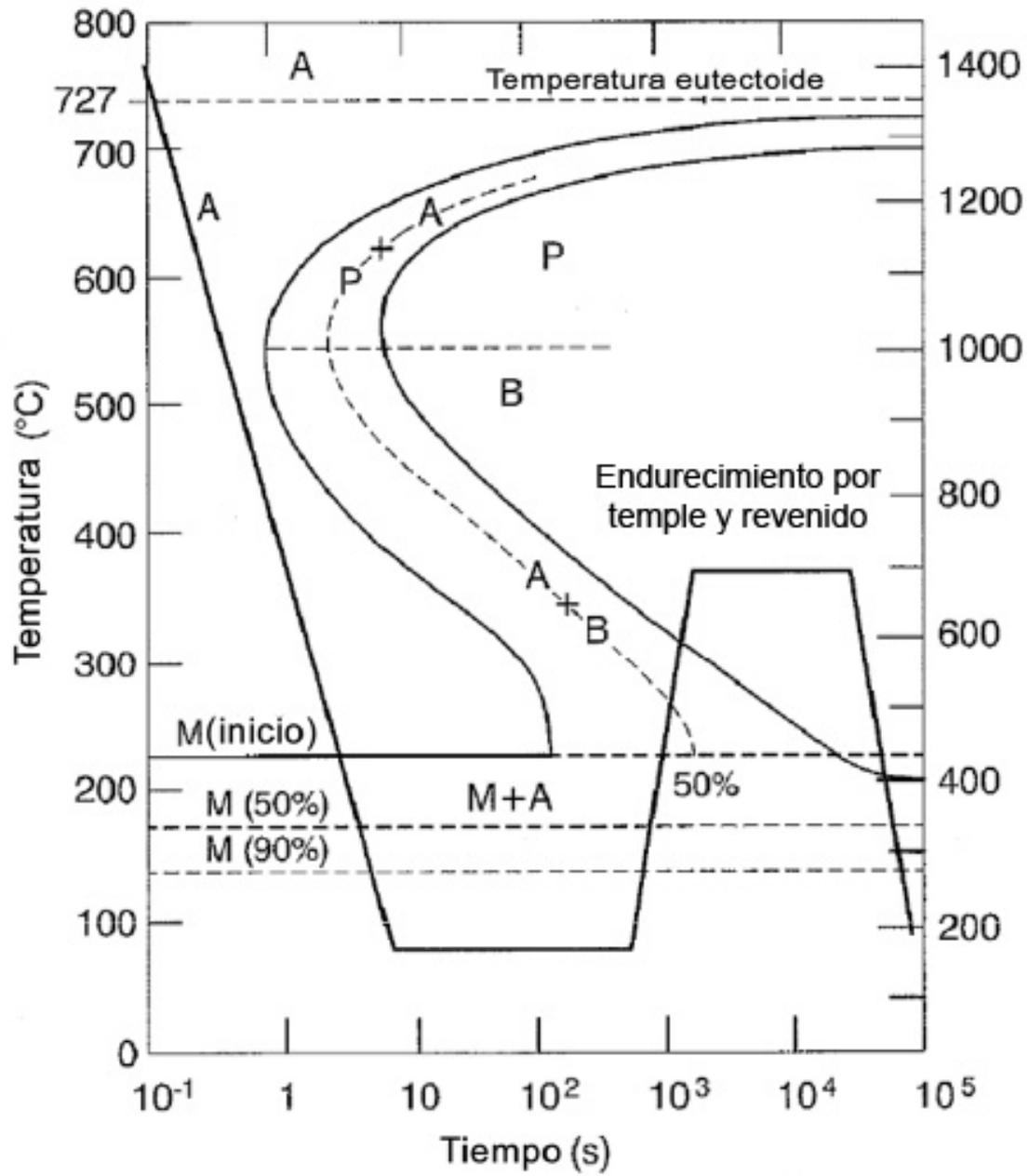


FIG. 1

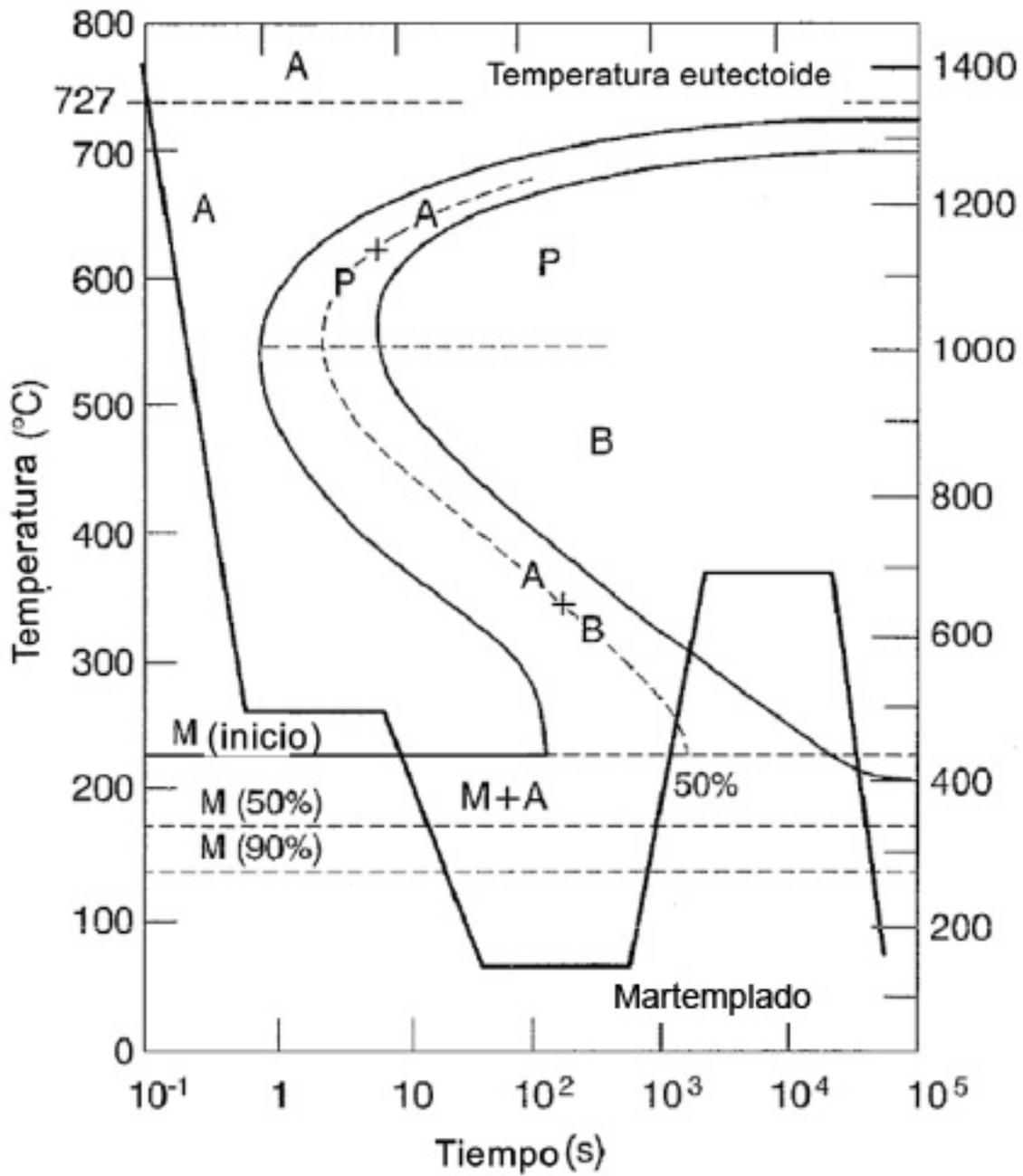


FIG. 2

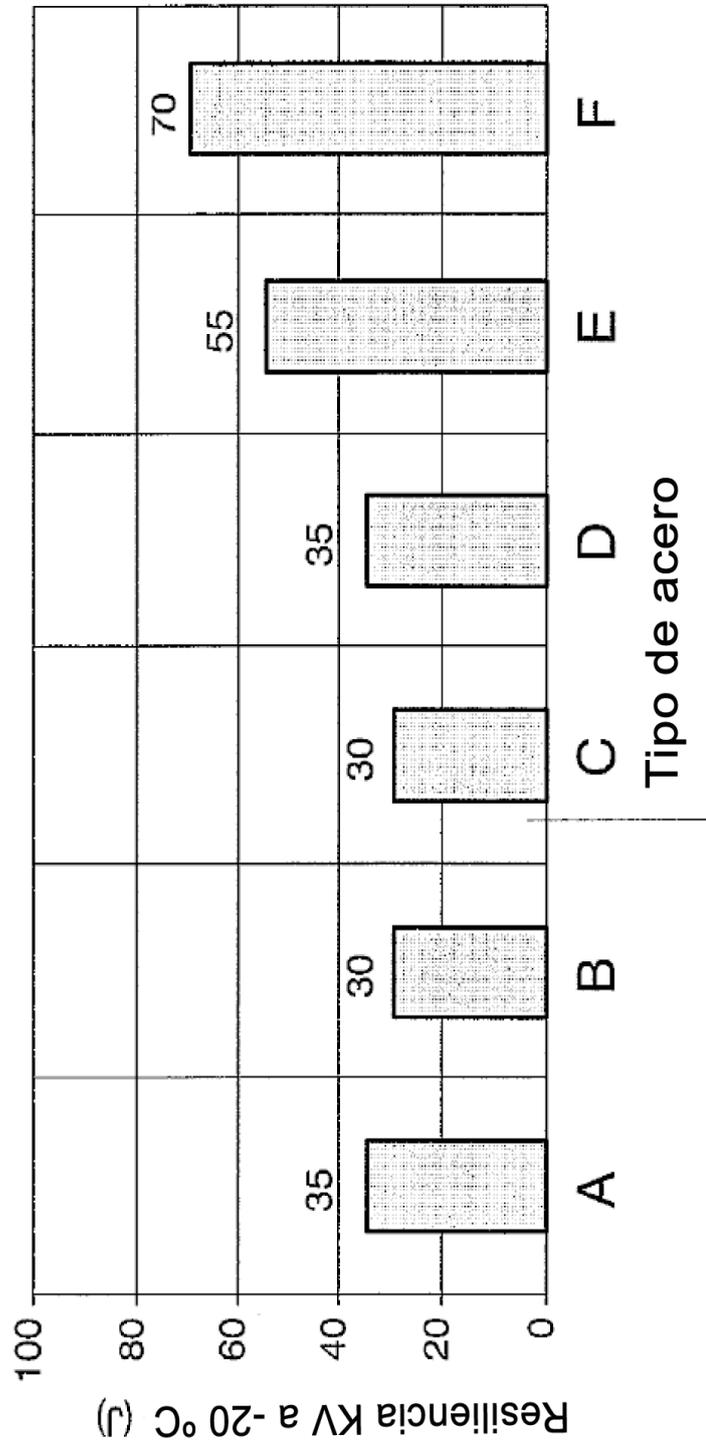


FIG. 3