



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 357 612**

51 Int. Cl.:  
**C22C 38/44** (2006.01)  
**C22C 38/52** (2006.01)  
**C22C 1/04** (2006.01)  
**B22F 5/00** (2006.01)  
**C22C 33/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06789641 .5**  
96 Fecha de presentación : **10.08.2006**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1920079**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **14.05.2008**

54 Título: **Un artículo de acero martensítico envejecido y método de fabricación.**

30 Prioridad: **06.09.2005 US 218618**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**28.04.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**28.04.2011**

73 Titular/es: **CRUCIBLE MATERIALS CORPORATION**  
**P.O. Box 977**  
**Syracuse, New York 13201, US**

72 Inventor/es: **Wojcieszynski, Andrzej, L.;**  
**McTiernan, Brian, J. y**  
**Muha, Joseph, F.**

74 Agente: **Urizar Anasagasti, José Antonio**

ES 2 357 612 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

**Campo de la Invención**

5 La invención se refiere a la fabricación de un artículo de acero martensítico envejecido con una composición específica usando un método de procesamiento por metalurgia de polvo. El acero producido por la práctica de esta invención, ya sea en la condición AS-HIP o condición HIPed y trabajado en caliente, es apropiado para aplicaciones que envuelven altas temperaturas o calentamiento y enfriamiento cíclico. El artículo de acero de la invención tiene una dureza de menos de 40 HRC después de la fabricación y después del tratamiento de calor por solubilización, permitiendo al artículo ser mecanizado. Sin embargo, después de la fabricación del artículo y el tratamiento posterior de envejecimiento martensítico, su dureza es mayor que 45 HRC.

10 Las aplicaciones para el artículo de acero de la invención incluyen un procesamiento de plástico de o de metales líquidos o sólidos calientes, los cuales incluyen pero no están limitados a matrices de molde para la fundición de metales líquidos, matrices de moldeo para plástico, moldes para forjar otros metales y moldes para extrusión. El calentamiento y enfriamiento cíclico de herramientas para estas aplicaciones caracteriza estas aplicaciones. El calentamiento y enfriamiento cíclico crea suficientes tensiones en la herramienta para causar fisuración por fatiga térmica, también conocido como agrietamiento por choque térmico. Aplicaciones diferentes pueden tolerar cantidades diferentes de agrietamiento por choque térmico. Para algunos productos que requieren una apariencia cosmética de alta calidad, los moldes deben ser reemplazados después de que haya ocurrido un agrietamiento por choque térmico limitado. Para otros productos que no requieran esta apariencia cosmética de alta calidad, los moldes pueden ser usados incluso con un agrietamiento por choque térmico severo. En todo caso, la mayoría de moldes eventualmente falla y son reemplazados debido al agrietamiento por fatiga térmica.

15 Aceros existentes para herramientas de trabajo en caliente pueden bastar para los productos con menos requerimientos cosméticos o ciclos de vidas más cortos. Sin embargo, para productos con altos requerimientos cosméticos, hay una necesidad de una herramienta con una vida útil de servicio más larga para satisfacer las demandas de la práctica de producción.

**Estado de la Técnica**

20 Se usan herramientas en distintas aplicaciones implicando el procesamiento de metal caliente. Este metal puede estar en la forma líquida, como en el molde de fundición, o en la forma sólida, como en extrusión en caliente y forja en caliente. La vida útil de todas estas herramientas es normalmente limitada por el agrietamiento por fatiga térmica. Esto es, a medida que avanza el procedimiento, más grietas de fatiga térmica se inician en la superficie de la herramienta, y crecen las grietas de fatiga térmica existentes. El molde es reemplazado cuando la ampliación del agrietamiento por fatiga térmica hace que el elemento producido sea de calidad inaceptable. Los requerimientos del acero usado para aplicaciones de alta temperatura incluyen:

25 El material tiene que tener la capacidad de ser tratado en caliente a más de 45 HRC, la cual es el mínimo típico de dureza de trabajo para la mayoría de las herramientas de la técnica anterior para mantener la forma.

30 El material tiene también que mostrar buena resistencia a alta temperatura. El agrietamiento por fatiga está relacionado a la resistencia del material. Por tanto, una resistencia mayor es un factor que puede mejorar la resistencia al agrietamiento por fatiga térmica.

35 Debido a que el molde está expuesto a altas temperaturas, puede ocurrir un reblandecimiento del molde. Este reblandecimiento del material también disminuirá la resistencia del material, haciéndolo más susceptible al agrietamiento por fatiga térmica. Por tanto una herramienta tiene que mostrar buena resistencia al reblandecimiento, también conocido como resistencia de tratamiento térmico.

40 Muchas de las herramientas usadas en las operaciones anteriores no son ya usadas debido a la presencia de grietas de fatiga térmica. El agrietamiento por fatiga térmica tiene similitudes con el agrietamiento convencional por fatiga. Sin embargo, en el caso de agrietamiento por fatiga térmica, las tensiones son introducidas en la herramienta por calentamiento y enfriamiento cíclico. Por tanto, es importante que el material para tal herramienta muestre buena resistencia al agrietamiento por fatiga térmica.

45 La dilatación térmica de la herramienta durante el ciclo de calentamiento y enfriamiento introduce tensiones dentro de la herramienta. Por tanto, el material debe tener un coeficiente de dilatación térmica tan bajo como sea posible o como mínimo más bajo que los materiales actuales en uso.

50 Muchas herramientas están recubiertas para resistencia al desgaste. Por tanto, el material de molde tiene que ser capaz de ser recubierto por DFV (deposición física de vapor) u otro recubrimiento relevante.

Aunque algunas aplicaciones pueden usar la invención en condición AS-HIP (como presionada isostáticamente caliente), la mayoría de aplicaciones requerirán el trabajo en caliente del material dentro de secciones más pequeñas adecuadas para el usuario. Por tanto, el material tiene que tener una buena trabajabilidad en caliente.

5 Se usan actualmente distintos materiales para aplicaciones de trabajo en caliente. Los aceros de herramientas de la serie H fueron desarrollados para estas aplicaciones, siendo los más comunes los aceros de herramientas 5 Cr para trabajo en caliente. Esto incluye los aceros conocidos en los Estados Unidos como H13 y H11. El acero clase H13 es nominalmente en porcentaje en peso 0.38 de carbono, 5.25 cromo, 1.25 molibdeno, 1.0 silicio y 1.0 vanadio. El acero clase H11 es esencialmente lo mismo que la clase H13 pero con porcentaje en peso 0.5 vanadio. Para aplicaciones más severas, el acero H11 o H13 es normalmente procesado usando métodos de refundición con electro escoria (REE) o refusión por arco en vacío (RAV).

15 Distintas variaciones de estos aceros de herramientas 5 Cr han sido también usadas. Entre los más notables están H11 con menor contenido en silicio para mayor tenacidad. El otro es un H11 con menor silicio y molibdeno agregado para mayor resistencia de tratamiento térmico. El cuadro 1 muestra los componentes químicos nominales de algunos aceros de herramientas estándares y algunos no estándares comercialmente disponibles.

Cuadro 1

Composición Química Nominal de Aceros de Herramientas Seleccionados para Trabajo en Caliente Estándares y no Estándares								
Designación de aleación	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Co	Fe
H10	0.32	0.25	0.30	3.00	2.80	0.50	-	Bal.
H10A	0.32	0.25	0.30	3.00	2.80	0.50	3.00	Bal.
H11	0.40	1.00	0.25	5.30	1.60	0.40	-	Bal.
H13	0.40	1.00	0.40	5.30	1.40	1.00	-	Bal.
H19	0.45	0.40	0.40	4.50	3.00	2.00	4.50	Bal.
Com. 1	0.36	0.20	0.50	5.25	1.65	0.50	-	Bal.
Com. 2	0.36	0.20	0.50	5.00	2.35	0.60	-	Bal.
Com. 3	0.36	0.20	0.40	5.20	1.95	0.60	-	Bal.
1.2367	0.38	0.40	0.40	5.00	3.00	0.60	-	Bal.
Com. 4	0.38	0.20	0.25	5.00	3.00	0.60	-	Bal.

20 Entre otros materiales que han sido usados en el pasado para aplicaciones de trabajo en caliente están los aceros martensíticos envejecidos. Muchos de ellos contienen aproximadamente 18% de níquel y algo de titanio y obtiene su dureza por precipitación de partículas Ni-Mo y Ni-Ti. Muchos de estos aceros son envejecidos usando una temperatura relativamente baja, normalmente menos que 538°C (1000°F) lo que puede limitar la utilidad del material cuando expuesto a temperaturas altas. El cuadro 2 muestra los componentes nominales de algunos aceros martensíticos envejecidos disponibles comercialmente.

Cuadro 2

Composición Química Nominal de Aceros Martensítico Seleccionados											
Aleación	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	Co	Cu	Ti	Al	B
Com. 1	0.008	0.15	0.05	17.5	0.10	4.90	11.00	0.20	0.13	-	0.003
Com. 2	0.02	0.04	0.03	18.5	0.05	4.80	7.50	-	0.40	0.10	0.003
Com. 3	0.02	0.05	0.03	18.5	0.10	4.90	9.00	-	0.60	0.10	0
Com. 4	0.02	-	-	12.0	-	8.00	8.00	-	0.50	0.50	-

Algunos aceros martensíticos envejecidos convencionales han sido desarrollados en el pasado con buena resistencia a la fatiga térmica y resistencia mecánica, pero cuando son producidos por métodos convencionales han mostrado una pobre trabajabilidad en caliente durante el proceso de etapa de lingote a la forma final. Esta pobre trabajabilidad en caliente da lugar bien a un producto final defectuoso o a límite elástico insuficiente (menos de 50%) desde la etapa de lingote a la etapa de acabado para hacer el producto comercialmente viable.

US-A-5,482,531, EP-A-0 648 852, GB-A-1 243 382 y EP-A-0 648 854 revela composiciones de polvo de acero martensítico y artículos producidos de ellos.

#### RESUMEN DE LA INVENCION

La invención provee un nuevo artículo de aleación de acero martensítico envejecido producido por metalurgia de polvo para ser usado como herramienta para aplicaciones para temperaturas altas que satisfaga los requisitos antes señalados. El artículo es totalmente denso y de partículas de polvo pre-

Cuadro 3

Rangos Químicos de la Aleación de la Invención								
	C	Mn	Si	Cr	Mo	Ni	Co	S
Rango amplio	0.00-0.08	0.00-1.00	0.00-1.00	250-6.00	6.00-10.00	1.00-4.00	9.00-14.00	0.00-0.30
Rango preferido	0.00-0.05	0.10-0.50	0.01D-0.50	4.00-5.75	7.00-9.00	1.50-3.00	10.00-11.00	0.005-0.05
Rango más preferido	0.01-0.04	0.20-0.40	0.15-0.40	4.70-5.30	7.50-8.50	1.70-2.30	10.75-12.00	0.01-0.03

El endurecimiento del material se consigue por recocido de solubilización y envejecimiento, i.e. calentando a una temperatura prescrita durante un periodo de tiempo prescrito. Esto permite formar pequeñas partículas precipitadas, que a su vez endurecen la estructura martensítica de bajo carbono del material.

En lo siguiente, se explicará la importancia de los elementos individuales aleados y sus interacciones mutuas. Todos los porcentajes con referencia a la composición química en la especificación y reivindicaciones están en porcentaje en peso.

El molibdeno es un elemento clave en el reforzamiento de este acero martensítico envejecido, ya que el precipitado responsable de endurecer la aleación es  $Fe_2Mo$ . Es también un elemento clave en incrementar la resistencia de tratamiento térmico de la aleación. Cantidades excesivas de molibdeno pueden permitir la formación de ferrita delta perjudicial.

El cobalto se requiere en un equilibrio adecuado para prevenir fases indeseables y para influenciar el proceso de envejecimiento. El cobalto es un formador de austenita par prevenir la formación de ferrita delta a altas temperaturas y tiene un efecto mínimo en la temperatura de transformación de austenita a martensita. El cobalto también baja la solubilidad del molibdeno en la matriz martensítica, así haciendo al molibdeno más disponible para precipitación.

El cromo es deseable en algunas cantidades para resistencia a la oxidación de alta temperatura. El cromo en excesiva cantidad puede resultar en la formación de ferrita delta.

El níquel también proporciona algún beneficio para la resistencia a la oxidación y es beneficioso para las propiedades mecánicas. El exceso de níquel puede causar la formación de austenita a temperaturas típicas de servicio.

El carbono no es un elemento crítico en el mecanismo de reforzamiento de este material.

5 El silicio no es un elemento crítico en las propiedades de la aleación. El silicio puede ser usado para desoxidación durante la fusión. Es un fuerte estabilizador de ferrita.

El manganeso no es crítico para las propiedades de esta aleación. Se puede utilizar para formar sulfuro de manganeso y por lo tanto el contenido debe ser aumentado con cantidades crecientes de azufre para mejorar la maquinabilidad.

10 El azufre puede estar presente para mejorar la maquinabilidad.

El vanadio, niobio, titanio, tungsteno, circonio, aluminio y otros formadores fuertes de carburo y/o nitruro son elementos que no son deseados y por tanto no deberían pobre trabajabilidad en caliente existir en cantidades por encima de los niveles de impurezas accidentales.

15 El artículo de aleación de esta invención es proporcionado en la condición de recocido de solubilización, que se realiza calentando el material entre 949°C y 1052°C (1740°F y 1925°F). El endurecimiento por envejecimiento martensítico se logra calentando el material entre 566°C y 738°C (1050°F y 1360°F).

#### **BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS**

20 La figura 1 es un grafico mostrando la comparación de una muestra de aleación dentro de los límites de composición de la invención producida por metalurgia de polvo y uno producido por ESR con respecto a ductilidad.

La figura 2 es un grafico comparando la resistencia a fatiga térmica de la muestra en conformidad con la invención y una muestra de aleación H13; y

25 La figura 3 es un grafico comparando la dureza de una muestra en conformidad con la invención y una muestra de aleación H13.

#### **Experimentos Realizados y Ejemplos Específicos**

30 Se realizaron experimentos para determinar varias propiedades que fueron consideradas importantes para el funcionamiento exitoso del artículo de aleación de la invención. Esto incluyó ensayos rápidos de deformación por tracción como una medida de la trabajabilidad en caliente, agrietamiento por fatiga térmica, resistencia de tratamiento térmico, ensayo de tracción a temperatura ambiente y a 538°C (1000°F), determinación de coeficiente de dilatación térmica y pruebas de recubrimiento.

Lo siguiente es la composición de acero de la invención y la composición H13 de las muestras de la prueba:

Elemento	Aleación envejecida	Martensítica	ESR H13
C	0.019		0.40
S	0.011		0.002
Mn	0.32		0.27
Si	0.27		1.05
Cr	4.92		5.46
Mo	7.87		1.22
V	0.005		0.91
Co	11.17		0.04
Ni	1.89		0.15
P	0.015		0.009
Al	<0.005		0.01
Nb	<0.005		<0.01
Ti	<0.005		<0.01
W	0.007		<0.01
O	0.011		0.0017
N	0.023		0.005

### Ensayo Rápido de Deformación por Tracción

5 El ensayo rápido de deformación por tracción se realizó usando el artículo de aleación de la invención producido por metalurgia de polvo y material de refundición con electro escoria de la misma composición. En un ensayo rápido de deformación por tracción, las muestras fueron calentadas por calefacción directa por resistencia. Después de alcanzar y ecualizar a la temperatura de prueba deseada, una carga fue aplicada para lograr un valor de deformación de 550 pulgadas / pulgada / minuto. Esta prueba es útil en simulación de las condiciones que existen durante el trabajo en caliente del material.

10 Las pruebas de temperaturas fueron 982°C, 1038°C, 1093°C, 1148°C, 1177°C, 1204°C, 1232°C (1800°F, 1900°F, 2000°F, 2100°F, 2150°F, 2200°F y 2250°F). La figura 1 muestra la reducción en área del ensayo rápido de deformación por tracción para las pruebas producidas de la aleación de la invención y el material ESR de la misma composición. Esto claramente muestra una ductilidad ventajosa sustancial para el material de metalurgia de polvo. La ductilidad del material ESR fue insuficiente para permitir trabajo en caliente.

15 Los ensayos rápidos de deformación también están de acuerdo con la experiencia en los ensayos a tamaño completo. Dos tamaños completos compactos de la composición de la aleación de metalurgia de polvo de la invención fueron producidos y consolidados por prensado isostático caliente. Cada compacto fue luego procesado a un tamaño intermedio y luego a un tamaño final por laminación en caliente. Los compactos no mostraron alguna dificultad de trabajo en caliente y el límite elástico del proceso estaba dentro del rango de límite elástico de procesamiento estándar para otros aceros de herramientas. Por contraste, ensayos con lingotes de tamaño completo producidos por ESR u otros métodos convencionales mostraron pobre trabajabilidad en caliente durante el proceso en la instalación comercial de fabricación de acero, resultando en límites elásticos de proceso muy por debajo del estándar, incluyendo dos coladas que fueron descartadas por completo.

### Resistencia a la Fatiga Térmica

20 Otra característica importante de los aceros de herramientas de trabajo en caliente es la resistencia a la fatiga térmica. Hay varias pruebas disponibles para medir la fisuración por fatiga térmica, a pesar de que ninguna de estas pruebas son un método estándar (Ej., ASTM). Algunas pruebas son realizadas por el calentamiento de una muestra a alta temperatura usando una bobina de inducción para el calentamiento, luego permitiendo a la muestra enfriarse. Esto es realizado en un número de ciclos, con la muestra siendo evaluada periódicamente durante la prueba. Otro método consiste en probar un modelo con una cavidad de enfriamiento interior para agua de refrigeración. Esta muestra es repetidamente

sumergida en un baño de aluminio líquido. Una vez más la fisuración es evaluada periódicamente durante el ensayo.

Los ensayos para la aleación de la invención se realizaron usando una muestra sólida de cuadrado de 12.7 mm (1/2") por ~150 mm (6") de largo producido por prensado isostático y trabajo en caliente. La muestra del ensayo puede ser ensayado simultáneamente con un máximo de otras cinco muestras durante el mismo procedimiento. La otra muestra para este experimento fue un material ESR H13, el cual es la aleación más frecuentemente usada en moldes de fundición de molde de aluminio. Las muestras fueron atornilladas a una placa fija al extremo de un brazo mecánico el cual movía las muestras a través de varias etapas del ciclo de ensayo. El brazo sumergió las muestras dentro de aluminio fundido a una profundidad de aproximadamente 125 mm (5 pulgadas) durante 7 segundos. Las muestras fueron sacadas luego del aluminio fundido, movidas a una posición por encima de un tanque de agua y luego sumergidas dentro del agua por 12 segundos. Las muestras fueron sacadas luego del agua, y el brazo movido a una posición arriba del aluminio fundido durante 5 segundos para secar las muestras. El ciclo fue luego repetido.

Durante los ensayos, las muestras fueron periódicamente evaluados para fisuración por fatiga térmica, normalmente cada 5,000 ciclos. Dos caras opuestas de la muestra fueron limpiadas usando papel de carburo de silicio sobre una placa de superficie de granito. Las cuatro esquinas limpiadas de cada muestra fueron luego examinadas bajo un microscopio estereoscópico con un aumento de 90x. Para evitar efectos finales, los exámenes se realizaron en un área de 35 mm (1-3/8") de largo, y que estaba localizado a unos 35 mm (1-3/8") desde el extremo inferior de las muestras.

Cada una de las cuatro esquinas se atravesó a lo largo de los 35mm (1-3/8") de longitud y el número de grietas y de sus longitudes se registraron. Hay numerosas maneras para que estos datos puedan ser normalizados, pero la experiencia con la prueba ha demostrado poca desviación en el ranking de las muestras. Por tanto, el número total simple de grietas se dividió por el número de esquinas (4) para obtener el número de grietas por esquina. La figura 2 es una representación gráfica de resultados del ensayo de la muestra de la invención producida por metalurgia de polvo frente a la muestra de acero ESR H13. Como discutido anteriormente, la fisuración por fatiga térmica es la causa más frecuente de fallo de herramientas. Por esta razón, se cree que la prueba de fatiga térmica provee la indicación más importante de la mejora del rendimiento de la aleación de la invención.

### **Resistencia de Tratamiento Térmico**

Un ensayo para determinar la resistencia de tratamiento térmico del artículo de aleación de la invención fue también realizada. Tanto el modelo de aleación de PM de la invención y la muestra de acero H13 tuvieron un tratamiento térmico a niveles de dureza similar, usando ciclos típicos de tratamiento térmico para cada material. Una dureza inicial se midió y registró. Luego las muestras fueron posicionadas dentro de un horno a la temperatura de 649°C (1200°F). Un conjunto de muestras se extrajo después de 50 horas a temperatura y el nivel de dureza se ensayó y registró. Otro conjunto de muestras se extrajo después de 100 horas en temperatura y el nivel de dureza se ensayó y registró. La figura 3 es una representación gráfica del nivel de dureza en función del tiempo de retención a 649°C (1200°F). Puede verse que la aleación de la invención tiene una resistencia de tratamiento térmico superior al acero H13.

### **Propiedades de Tracción**

La tabla 4 muestra los resultados de las pruebas de tracción del artículo de aleación PM de la invención frente a los resultados para el acero ESR H13. Las muestras fueron mecanizadas a 6.35 mm (.0250") de diámetro con un 25.4 mm (1.00") longitud (4D). Los resultados indican que la aleación de la invención tiene un mayor límite elástico y resistencia a la tracción tanto a la temperatura ambiente como a 538°C (1000°F). Esta alta resistencia hace al artículo de aleación de la invención menos susceptible a la fisuración por fatiga térmica.

Cuadro 4

Propiedades de Tracción		
	Artículo de invención martensítico (47 HCR)	Acero ESR H13 (45 HRC)
72°F		
UTS	261	206
YS	207	185
%EI	10	12
RA	25	55
1000°F		
UTS	161	145
YS	138	116
%EI	23	15
RA	62	75
Las temperaturas °F en el cuadro 4 son equivalentes a temperatura Celsius en conformidad con la formula de conversión "temperatura °C= 5/9 (temp °F. -32)"		

**Coefficiente de Dilatación Térmica**

5 La dilatación térmica es un factor importante, tanto en la resistencia de una herramienta a la fisuración por fatiga térmica y en la calidad de producto final de la herramienta. En ambos casos, un menor coeficiente de dilatación térmica es deseado. La importancia del menor coeficiente de dilatación térmica es que con menos variación dimensional, la herramienta será sometida a unas deformaciones térmicas menores que un material con mayor variación dimensional. La menor deformación presente hará a la herramienta más resistente a la fisuración por fatiga térmica. El coeficiente de dilatación térmica se determinó por el método de análisis dilatométrico térmico (ADT). Fue determinado que el coeficiente de dilatación térmica para el artículo de aleación PM de la invención era  $6.6 \times 10^{-6}$  pulgada/pulgada °F sobre el rango de temperatura de 22°C a 599°C (72°F a 1110°F). El acero ESR H13 del molde tuvo un coeficiente de  $7.3 \times 10^{-6}$  pulgada/pulgada/ °F sobre el rango de temperatura de 22°C a 599°C (72°F a 1110°F).

**15 Ensayos Prácticos de Revestimiento**

20 Los ensayos de campo han mostrado que el artículo de aleación PM de la invención es fácilmente recubierto ya sea con el proceso de deposición física de vapor(PVD) o de deposición química de vapor (CVD) que emplea una temperatura más alta que el proceso PVD. El artículo de aleación de la invención se recubrió con recubrimientos PVD con TiN, TiAlN y CrN. Los recubrimientos se depositaron a una alta velocidad de deposición en una escala de temperatura de 399°C a 454°C (750-850°F) tanto para el artículo de la invención como para el acero ESR H13. A diferencia de muchos otros aceros martensíticos envejecidos, esta temperatura está muy por debajo de la temperatura de envejecimiento para el artículo de aleación de la invención.

25 Similarmente, el recubrimiento se depositó usando un proceso químico de deposición de vapor tanto en el artículo de aleación de la invención y en el material de acero de herramientas convencional. Los aceros de herramientas convencionales no son adecuados para CVD, ya que el proceso de recubrimiento normalmente tiene lugar a una temperatura por encima de la temperatura crítica de esta aleación. La ventaja proporcionada por el artículo de la invención es que el proceso CVD da lugar al tratamiento térmico requerido, es decir el recocido de solubilización. Después del recubrimiento, el artículo de invención requiere solo un tratamiento de envejecimiento individual. La naturaleza del proceso de envejecimiento martensítico es tal que los cambios de las dimensiones de la herramienta son muy mínimos, lo que permite una buena adherencia del recubrimiento sobre el sustrato.



## REIVINDICACIONES

1. Un artículo de aleación de acero producido por metalurgia de polvo completamente denso de polvo prealeado que tiene una microestructura martensítica envejecida para su uso como una herramienta para aplicaciones de alta temperatura que comprende, en porcentaje en peso:
- 5 C 0.08 max., Mn 1.0 max., Si 1.0 max., Cr 2.5 – 6.0, Mo 6.0 – 10.0, Ni 1.0 – 4.0, Co 9.0 – 14.0, azufre hasta 0.3 y el resto hierro e impurezas accidentales;
- dicho artículo una vez producido teniendo una dureza inferior a 40 HCR para proporcionar maquinabilidad; y en consecuencia dicho artículo tras un tratamiento térmico de envejecimiento martensítico teniendo una dureza mayor a 45 HCR.
- 10 2. El artículo de la reivindicación 1, comprendiendo, en porcentaje en peso, C 0.05 max., Mn 0.1 a 0.05, Si 0.01 a 0.5, Cr 4 a 5.75, Mo 7 a 9, Ni 1.5 a 3, Co 10 a 13, S 0.005 a 0.5 y el resto de hierro e impurezas accidentales.
- 15 3. El artículo de aleación de la reivindicación 1 comprendiendo, en porcentaje en peso, C 0.01 a 0.04, Mn 0.2 a 0.4, Si 0.15 a 0.4, Cr 4.7 a 5.3, Mo 7.5 a 8.5, Ni 1.7 a 2.3, Co 10.75 a 12, S 0.01 a 0.03 y el resto de hierro e impurezas accidentales.
4. El artículo de las reivindicaciones 1, 2 o 3, donde dicho artículo es en la forma de un molde.
5. El artículo de las reivindicaciones 1, 2 o 3, donde dicho artículo está en la forma de un contenedor para metal líquido.
- 20 6. Un método para producción de un artículo para uso en procesamiento de metal caliente comprendiendo:
- compactar polvo prealeado de un acero de envejecimiento martensítico para producir un artículo completamente denso teniendo una dureza de menos de 40 HRC para proporcionar maquinabilidad;
- 25 a continuación dar un tratamiento térmico de envejecimiento martensítico a dicho artículo para alcanzar una dureza mayor que 45 HRC; y
- dicho polvo prealeado comprendiendo, en porcentaje en peso C 0.08 max., Mn 1.0 max., Si 1.0 max., Cr 2.5 – 6.0, Mo 6.0 – 10.0, Ni 1.0 – 4.0, Co 9.0 – 14.0, azufre hasta 0.3 y el resto de hierro e impurezas accidentales.
- 30 7. El método de la reivindicación 6, en el que dicho polvo prealeado, comprende, en porcentaje en peso, C 0.05 max., Mn 0.1 a 0.5, Si 0.01 a 0.5, Cr 4 a 5.75, Mo 7 a 9, Ni 1.5 a 3, Co 10 a 13, S 0.005 a 0.05 y el resto de hierro e impurezas accidentales.
8. El método de la reivindicación 6, en el que dicho polvo prealeado comprende, en porcentaje en peso, C 0.01 a 0.04, Mn 0.2 a 0.4, Si 0.15 a 0.4, Cr 4.7 a 5.3, Mo 7.5 a 8.5, Ni 1.7 a 2.3, Co 10.75 a 12, S 0.001 a -0.03 y el resto de hierro e impurezas accidentales.
- 35 9. El método de la reivindicación 6, 7 u 8, donde el tratamiento térmico de envejecimiento martensítico se realiza a temperaturas dentro de un rango de 540 a 700 grados C.

Figura 1. Ensayo Rapido de Deformación por Tracción - Reducción de Area

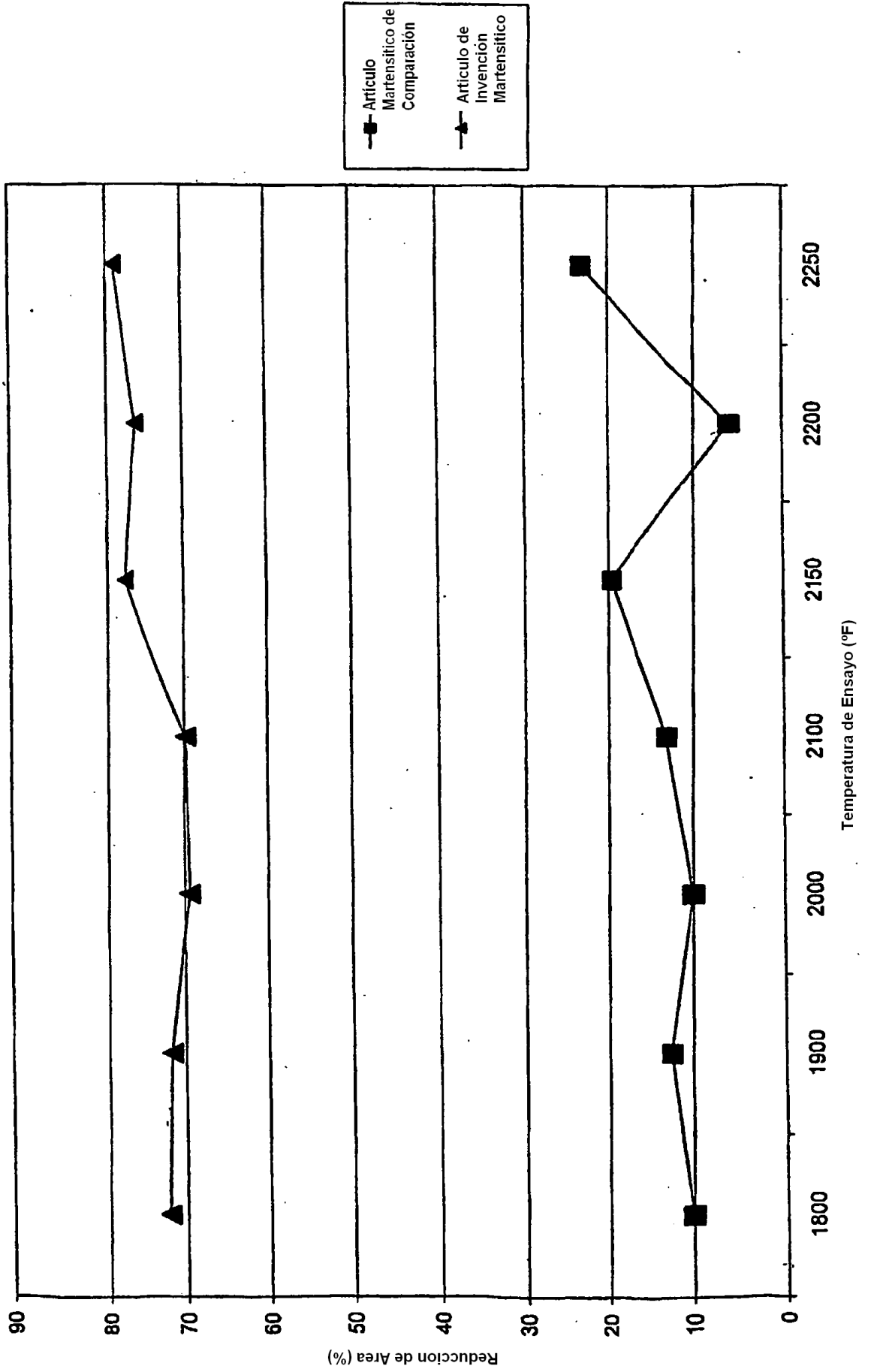


Figura 2  
Resistencia a la Fatiga Termica

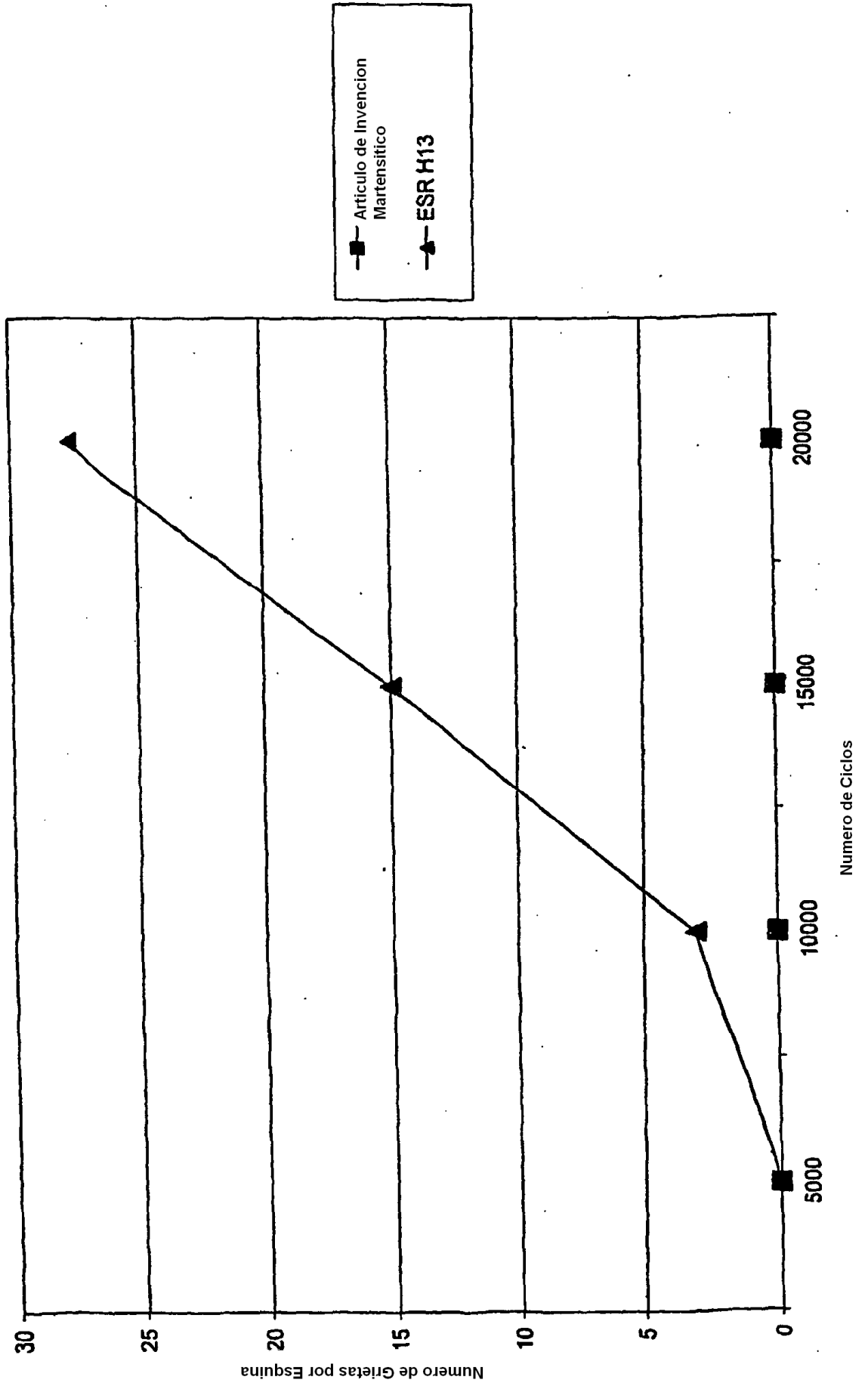
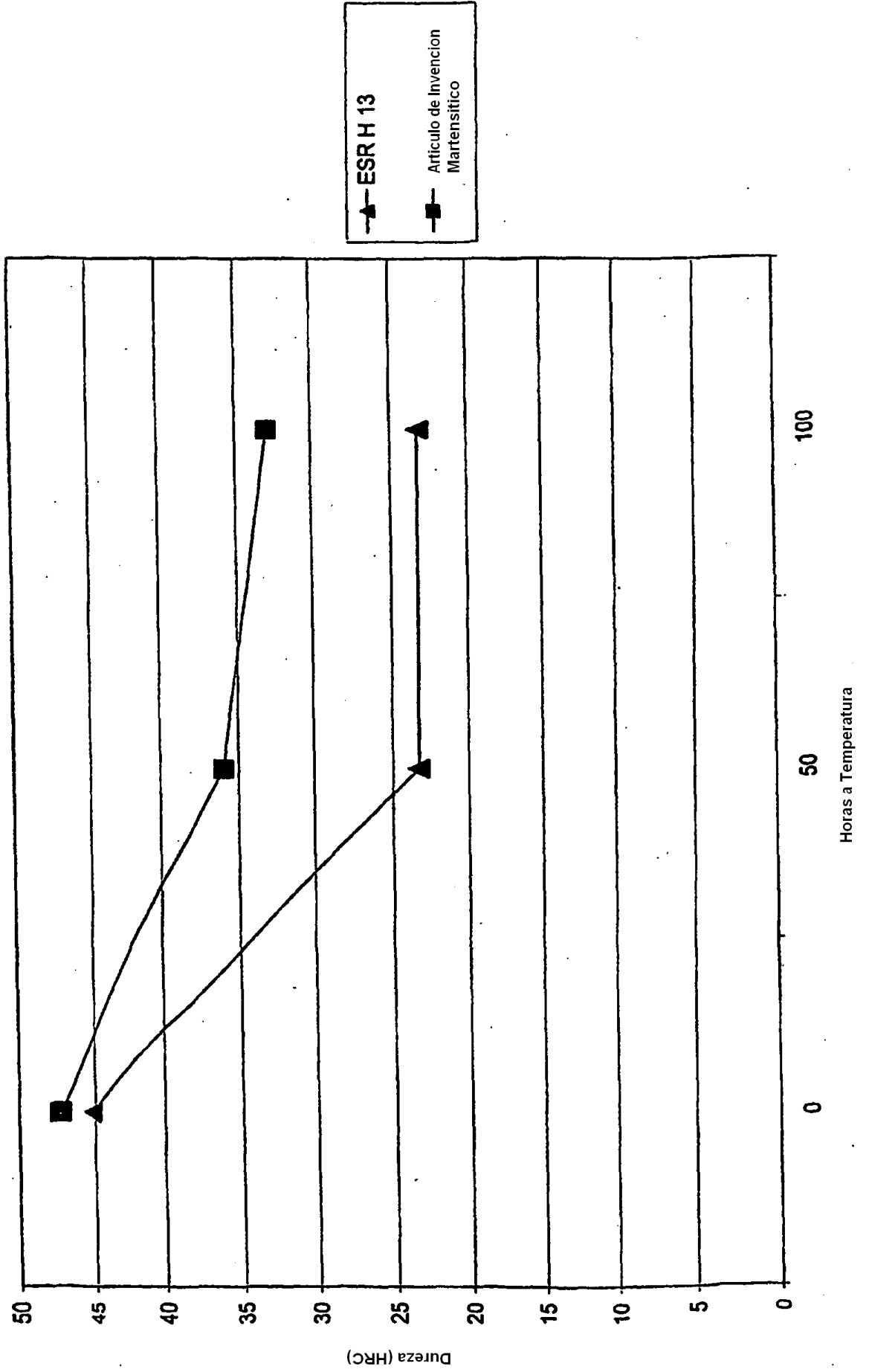


Figura 3  
Resistencia de Tratamiento Térmico a 1200 °F



**REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCION**

*Este listado de referencias citadas por el solicitante tiene como único fin la conveniencia del lector. No forma parte del documento de la Patente Europea. Aunque se ha puesto gran cuidado en la compilación de las referencias, no pueden excluirse errores u omisiones y la OEP rechaza cualquier responsabilidad en este sentido.*

5

**Documentos de patentes citados en la descripción**

- \* US 5482531 A
- \* EP 0648852 A
- \* GB 1243382
- \* EP 0648854