

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 999 343**

51 Int. Cl.:

<b>C21D 6/00</b>	(2006.01) <b>C22C 38/52</b>	(2006.01)
<b>C21D 7/02</b>	(2006.01) <b>C22C 38/54</b>	(2006.01)
<b>C21D 8/02</b>	(2006.01) <b>C22C 38/58</b>	(2006.01)
<b>C21D 9/08</b>	(2006.01) <b>C22C 1/04</b>	(2013.01)
<b>C21D 9/46</b>	(2006.01) <b>E21B 17/16</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/42</b>	(2006.01) <b>C21D 7/10</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/44</b>	(2006.01) <b>C21D 8/06</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/46</b>	(2006.01) <b>C21D 9/52</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/48</b>	(2006.01) <b>C22C 38/00</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/50</b>	(2006.01) <b>E21B 17/00</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.12.2019** **PCT/EP2019/086381**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.06.2020** **WO20127786**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2019** **E 19835388 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2024** **EP 3899065**

54 Título: **Componente de taladro con alta resistencia a la corrosión y método para fabricarlo**

30 Prioridad:

**20.12.2018 DE 102018133251**

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

**25.02.2025**

73 Titular/es:

**VOESTALPINE BÖHLER EDELSTAHL GMBH & CO KG (50.00%)**  
**Mariazellerstraße 25**  
**8605 Kapfenberg, AT y**  
**SCHOELLER-BLECKMANN OILFIELD**  
**TECHNOLOGY GMBH (50.00%)**

72 Inventor/es:

**FLUCH, RAINER;**  
**KEPLINGER, ANDREAS;**  
**WÖLS, MARTIN;**  
**HOLPER, BERND y**  
**SPRUZINA, WALTER**

74 Agente/Representante:

**SÁEZ MAESO, Ana**

ES 2 999 343 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

Componente de taladro con alta resistencia a la corrosión y método para fabricarlo

La invención se refiere a un componente de una sarta de perforación, en particular para uso en medios con alto ataque corrosivo, y a un método para su producción.

- 5 En la tecnología de perforación profunda, especialmente en la tecnología de yacimientos petrolíferos o de gas, es necesario determinar el recorrido de una perforación con la mayor precisión posible. Esto se aplica en particular a perforaciones en las que la perforación no es exclusivamente perpendicular o vertical, sino también a perforaciones en las que durante la perforación están previstos cambios de dirección. Para ello es necesario determinar el recorrido del pozo con la mayor precisión posible, para poder controlar correspondientemente el recorrido del pozo. Esto generalmente se hace determinando la posición del cabezal de perforación mediante sondas de campo magnético, en las que se utiliza el campo magnético terrestre para la medición. Para ello, determinados componentes de la sarta de perforación están fabricados de aleaciones no magnéticas. Esto significa que las partes de las sarts de perforación que normalmente se encuentran en las inmediaciones de las sondas de campo magnético deben tener una permeabilidad magnética relativa  $\mu_R < 0,1$ .

- 15 Tales piezas son en particular los llamados portamechas o piezas MWD (*Measurement While Drilling*) y LWD (*Logging While Drilling*), que están dispuestas encima del propio cabezal de perforación y sirven, entre otras cosas, para alojar la correspondiente electrónica de medición.

- 20 Para garantizar que las aleaciones con las que se fabrican estos portamechas no sean magnéticas, es necesario utilizar aleaciones de acero no ferríticas. Se trata esencialmente de aleaciones totalmente austeníticas o superausteníticas.

Otro requisito para los componentes de la sarta de perforación es que resistan el ataque corrosivo, especialmente el ataque en medios con altas concentraciones de cloruro.

- 25 Esto también está relacionado con el hecho de que los componentes de la sarta de perforación están particularmente sujetos a cargas de ciclos de torsión y tensiones de torsión elevadas. Un ataque corrosivo provocaría un debilitamiento por corrosión por agrietamiento por vibración, lo que reduciría la vida útil teórica de un componente de la sarta de perforación de este tipo.

- 30 Además, es importante que dichos componentes de la sarta de perforación no sólo estén fabricados con las aleaciones adecuadas, sino que un tratamiento posterior adecuado garantice la presencia de una estructura homogénea, de alta resistencia y, en particular, altamente resistente a los impactos, en la que, por ejemplo, fases intermetálicas, carburos gruesos o similares, no se produce ninguna fisura.

Por lo tanto, para que sean especialmente adecuados para la perforación de pozos profundos, dichos componentes de la sarta de perforación se seleccionan de modo que los valores mínimos de las propiedades mecánicas, en particular el límite elástico del 0,2 % y la resistencia a la tracción, puedan hacer frente a las cargas dinámicamente cambiantes que puedan ocurrir.

- 35 Un componente de columna de perforación de este tipo se conoce, por ejemplo, por el documento AT 412 727 B. El documento DE 3837457 C1 da a conocer un componente de barra de perforación.

La aleación de acero austenítico resistente a la corrosión elegida en este caso es una aleación que contiene especialmente altos contenidos de manganeso, cromo y molibdeno, así como níquel.

- 40 Para conseguir una alta resistencia, el nitrógeno está presente en cantidades del 0,35 % en peso al 1,05 % en peso, donde también se dice que el nitrógeno contribuye a la resistencia a la corrosión y es un fuerte formador de austenita. Por otra parte, a medida que aumenta el contenido de nitrógeno, aumenta la tendencia a la formación de precipitados que contienen nitrógeno, especialmente nitruro de cromo.

- 45 Para conseguir esta alta solubilidad en nitrógeno se aporta especialmente manganeso en contenidos superiores al 19 - 30 % en peso. Con ello se debe garantizar que también en caso de solidificación bajo presión atmosférica se puedan producir materiales exentos de poros. Además, el manganeso está destinado a estabilizar la estructura de austenita contra la formación de martensita en formación con altos grados de deformación.

- 50 Por el documento EP 1 069 202 A1 se conoce un acero austenítico paramagnético, resistente a la corrosión, con un alto límite elástico, resistencia y tenacidad, que se dice que es resistente a la corrosión, en particular en medios con una alta concentración de cloruros, siendo este acero de 0,6 % en peso a 1,4 % en peso de nitrógeno y debe contener de 17 a 24 % en peso de cromo, así como de manganeso.

Por el documento WO 02/02837 A1 se conoce un material resistente a la corrosión para su uso en medios con altas concentraciones de cloruro en la tecnología de yacimientos petrolíferos. Se trata de una superaustenita

de cromo-níquel-molibdeno, que se forma con contenidos de nitrógeno comparativamente bajos, pero con contenidos de cromo muy altos y de níquel muy altos.

5 Estos aceros al cromo-níquel-molibdeno suelen tener un comportamiento a la corrosión mejorado en comparación con los aceros al cromo-manganeso-nitrógeno mencionados anteriormente. En general, los aceros al cromo, manganeso y nitrógeno son una composición de aleación bastante rentable que, sin embargo, ofrece una excelente combinación de resistencia, tenacidad y resistencia a la corrosión. Los aceros al cromo-níquel-molibdeno mencionados alcanzan una resistencia a la corrosión significativamente mayor que los aceros al cromo-manganeso-nitrógeno, pero conllevan costes significativamente mayores debido al muy alto contenido de níquel.

10 Las superaustenitas suelen tener contenidos de molibdeno  $> 4 \%$  para lograr una alta resistencia a la corrosión. Sin embargo, el molibdeno aumenta la tendencia a la segregación y, por tanto, una mayor susceptibilidad a la precipitación, especialmente las fases sigma o chi. Como resultado, estas aleaciones requieren recocido de homogeneización o, en valores superiores al  $4 \%$  de molibdeno, es necesaria la refundición para reducir la segregación.

15 Básicamente es necesario que los materiales tengan una permeabilidad magnética  $\mu_r < 1,01$  incluso después del conformado en frío.

Estos aceros suelen tener un límite elástico  $R_{p0,2}$  de  $140 \text{ KSI} = 965 \text{ MPa}$ .

20 Los valores clave para la resistencia a la corrosión incluyen el llamado valor  $\text{PREN}_{16}$ , aunque también es común definir el llamado número equivalente de picaduras usando  $\text{MARC}_{\text{OPT}}$ , mediante el cual una superaustenita se marca con un  $\text{PREN}_{16}$  de  $o > 42$ , donde  $\text{PREN} = \% \text{Cr} + 3, 3 \times \% \text{Mo} + 16 \times \% \text{N}$  es.

La conocida fórmula MARC para describir la resistencia a las picaduras de dichos aceros es la siguiente:  $\text{MARC} = \text{Cr} + 3,3 \text{ Mo} + 20 \text{ N} + 20 \text{ C} - 0,25 \text{ Ni} - 0,5 \text{ Mn}$ .

25 Los aceros clásicos para collares de perforación son los aceros al cromo, manganeso y nitrógeno, que ya hemos mencionado porque todavía son relativamente baratos y tienen excelentes propiedades. Se utilizan sin niobio, por lo que debido al mayor contenido de manganeso se forman sulfuros de manganeso, lo que repercute negativamente en las propiedades corrosivas.

30 También se conocen calidades de acero comparables para su uso como aceros de construcción naval para submarinos, como aceros al cromo-níquel-manganeso-nitrógeno, que para estabilizar el carbono también están aleados con niobio, lo que sin embargo perjudica la resistencia al impacto entallada. Estos aceros generalmente contienen poco manganeso y, por lo tanto, tienen una resistencia a la corrosión relativamente buena, pero no alcanzan la resistencia de los grados de portamechas y, sobre todo, su tenacidad.

El objetivo de la invención es crear un componente de la sarta de perforación, en particular para su uso en la tecnología de yacimientos petrolíferos, en particular un collar de perforación, que presente una alta resistencia a la corrosión, una alta resistencia mecánica y un buen comportamiento paramagnético.

35 El problema se soluciona con un componente con las características de la reivindicación 1. La formación adicional ventajosa se indica en las subreivindicaciones.

Otro objeto de la invención es proporcionar un método para producir el componente, con el cual se crea un componente de la sarta de perforación que muestra alta resistencia y buen comportamiento paramagnético con mayor resistencia a la corrosión.

40 La tarea se resuelve con las características de la reivindicación 15. En las reivindicaciones subordinadas se identifican perfeccionamientos ventajosos.

Si a continuación se dan porcentajes, estos son siempre  $\%$  en peso (porcentaje en peso).

45 Según la invención, el componente de la sarta de perforación debería tener una estructura completamente austenítica, en particular sin martensita deformable, incluso después de su conformación en frío, con una permeabilidad magnética  $\mu_r < 1,01$ , preferentemente  $\mu_r < 1,005$ . Dado que la ferrita o la martensita deformable muestran un comportamiento magnético, aumentan la permeabilidad y, por tanto, según la invención deben evitarse.

50 Después de la etapa de conformado en caliente a la que fue sometido el bloque fundido, el límite elástico es  $R_{p0,2} > 450 \text{ MPa}$  y puede alcanzar fácilmente valores  $> 500 \text{ MPa}$ , por lo que la energía de impacto a  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  es superior a  $350 \text{ J}$  y los valores También se pueden alcanzar hasta  $440 \text{ J}$ .

Después del endurecimiento en frío, el límite elástico es ciertamente de  $R_{p0,2} > 1000 \text{ MPa}$  y en la práctica se pueden alcanzar valores de hasta  $1100 \text{ MPa}$ , siendo la energía de impacto entallada a  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  ciertamente

superior a 80 J en el endurecimiento por deformación, mientras que en la práctica se alcanzan valores de 200 J.

La energía de impacto entallada se determinó según DIN EN ISO 148-1.

5 Esta excelente combinación de resistencia y tenacidad hasta ahora no se podía conseguir ni se esperaba y se consigue gracias a la capa de aleación especial según la invención, que crea este efecto sinérgico.

Según la invención se pueden alcanzar valores para el producto de la resistencia a la tracción  $R_m$  con resistencia al impacto entallada KV superiores a 100000 MPa J, preferentemente > 200000 MPa J, de forma especialmente preferente > 300000 MPa J.

La aleación según la invención comprende los siguientes elementos (todos los datos en porcentaje en peso):

Elementos		preferidos	aún más preferidos
Silicio (Si)	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Manganeso (Mn)			5,0 - 6,0
Fosforo (P)	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Azufre (S)	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Hierro (Fe)	Balance	Balance	Balance
Cromo (Cr)		24,0 - 28,0	26,0 - 28,0
Molibdeno (Mo)		2,5 - 3,5	2,5 - 3,5
Niquel (Ni)	-10,0	12,0 - 15,5	13,0 - 15,0
Vanadio (V)	< 0,5	< 0,3	Menor al límite de detección
Tungsteno (W)	< 0,5	< 0,1	Menor al límite de detección
Cobre (Cu)	< 0,5	< 0,15	< 0,1
Cobalto (Co)	< 5,0	< 0,5	Menor al límite de detección
Titanio (Ti)	< 0,1	< 0,05	Menor al límite de detección
Aluminio (Al)	< 0,2	< 0,1	< 0,1
Niobio (Nb)	< 0,1	< 0,025	Menor al límite de detección
Boro (B)	< 0,01	< 0,005	< 0,005
Nitrógeno (N)		0,52 - 0,85	0,54 - 0,80

10

El balance se compone 100 % de hierro (como se indica en la tabla) e impurezas inevitables.

15

La primera columna (extremo izquierdo) muestra la composición con la que se puede realizar básicamente un portamecha según la invención con las respectivas propiedades positivas. En las siguientes columnas se muestran variantes preferidas, aunque no todos los elementos de aleación tienen que estar necesariamente presentes de forma limitada, también son imaginables combinaciones de, por ejemplo, 5,2 % de Mn con 23,1 % de cromo.

Con una aleación como esta se reúnen las propiedades positivas de las diferentes calidades de acero.

20

Sorprendentemente con la aleación según la invención se pueden ajustar valores de nitrógeno muy altos, lo que es extremadamente bueno para la resistencia, aunque estos valores de nitrógeno se encuentran sorprendentemente por encima de los posibles indicados en la literatura especializada. Según métodos empíricos, los altos contenidos de nitrógeno de la aleación según la invención no son posibles en absoluto.

25

Los elementos respectivos y, si es necesario, su interacción con los otros componentes de la aleación se describe con más detalle a continuación. Toda la información relativa a la composición de la aleación se proporciona en porcentaje en peso (% en peso). Los límites superior e inferior de los elementos de aleación individuales se pueden combinar libremente entre sí dentro de los límites de las reivindicaciones.

El carbono puede estar contenido en niveles de 0,01 a 0,1 %. El carbono es un formador de austenita y tiene un efecto favorable en términos de altas propiedades mecánicas. Para evitar precipitaciones de carburo, el contenido de carbono se ajusta entre 0,01 y 0,1 % en peso. El silicio se proporciona en contenidos de hasta el

0,5 % en peso y se utiliza principalmente para desoxidar el acero. El límite superior indicado evita ciertamente la formación de fases intermetálicas. Dado que el silicio también es un formador de ferrita, el límite superior también se elige a este respecto dentro de un rango de seguridad. En particular, el silicio se puede proporcionar en contenidos de 0,1 - 0,3 % en peso.

5 El manganeso está contenido en niveles de 4,0 - 7,0 3 0 % en peso. Se trata de un valor extremadamente bajo en comparación con los materiales más modernos. Hasta ahora se suponía que para una alta solubilidad del nitrógeno eran necesarios contenidos de manganeso superiores al 19 % en peso y, si es posible, superiores al 20 % en peso. Sorprendentemente, con la presente aleación se ha demostrado que incluso con los bajos contenidos de manganeso según la invención se consigue una solubilidad en nitrógeno superior a lo que es posible según la opinión de los expertos predominantes. Sin embargo, según la invención, se ha demostrado que esto aparentemente no es necesario debido a efectos sinérgicos inexplicables en la presente aleación. El límite inferior para el manganeso se puede elegir entre 4,5 o 5,0 %. El límite superior para el manganeso se puede elegir entre 7,5 u 8,0 %.

15 El límite superior para el cobre se puede elegir en < 0,5 % en peso o < 0,15 % en peso o < 0,10 % en peso o por debajo del límite de detección (es decir, sin ninguna adición deliberada). Aunque según la literatura la adición de cobre resulta beneficiosa para la resistencia en ácido sulfúrico, se ha demostrado que el cobre en valores > 0,5 % aumenta la tendencia de los nitruros de cromo a precipitar, lo que tiene un efecto negativo sobre las propiedades de corrosión. Por tanto, según la invención el límite superior se fija en el 0,5 %. El cromo resulta ser necesario para una mayor resistencia a la corrosión en contenidos del 17 % en peso o más. Según la invención están contenidos al menos un 23 % y como máximo un 28 % de cromo. Hasta ahora se suponía que contenidos superiores al 24 % en peso tenían un efecto negativo sobre la permeabilidad magnética, ya que el cromo es uno de los elementos estabilizadores de la ferrita. Por el contrario, con la aleación según la invención se encontró que incluso contenidos de cromo muy altos, por encima del 23 %, no influyen negativamente en la permeabilidad magnética en la presente aleación, sino que se sabe que influyen de forma óptima en la resistencia a las picaduras y a la corrosión bajo tensión. El límite inferior para el cromo se puede elegir en 24, 25 o 26 %. El límite superior para el cromo se puede elegir en 29 o 30 %.

20 El molibdeno es un elemento que contribuye significativamente a la resistencia a la corrosión en general y a la corrosión por picaduras en particular, siendo el efecto del molibdeno potenciado por el níquel. Según la invención se añade del 2,5 al 4,0 % en peso de molibdeno. Un mayor contenido de molibdeno hace que el tratamiento con ESU sea absolutamente necesario para excluir la segregación. Los procesos de refundición son muy complejos y costosos. Por lo tanto, según la invención, deberían evitarse las rutas DESU o ESU.

25 Según la invención, el tungsteno está presente en niveles inferiores al 0,5 % y contribuye a aumentar la resistencia a la corrosión. El límite superior para el tungsteno se puede elegir en 0,5 o 0,4 o 0,3 o 0,2 o 0,1 % o por debajo del límite de detección (es decir, sin ninguna adición deliberada).

35 Según la invención, el níquel está presente en cantidades de 11 a 15,5 %, lo que significa que en medios que contienen cloruro se consigue una alta resistencia a la corrosión bajo tensión. El límite inferior para el níquel se puede elegir entre el 12 y el 13 %. El límite superior para el níquel se puede elegir en un 16 %.

40 El cobalto está destinado a utilizarse en concentraciones de hasta el 5 % en peso, particularmente como sustituto del níquel. El límite superior para el cobalto se puede elegir en 5 o 3 o 1 o 0,5 o 0,4 o 0,3 o 0,2 o 0,1 % o por debajo del límite de detección (es decir, sin ninguna adición deliberada).

45 El nitrógeno se incluye en niveles de 0,52 a 0,85 % en peso para garantizar una alta resistencia. El nitrógeno también contribuye a la resistencia a la corrosión y es un fuerte formador de austenita, por lo que son favorables contenidos superiores al 0,52 % en peso, en particular superiores al 0,54 % en peso. Para evitar precipitaciones que contengan nitrógeno, especialmente nitruro de cromo, el límite superior de nitrógeno se limita a 0,85 % en peso. Se ha demostrado que, a pesar del contenido muy bajo de manganeso, a diferencia de las aleaciones conocidas, estos contenidos elevados de nitrógeno en el caso de las aleaciones conocidas se mantienen. La aleación se puede lograr sin ningún bordado impreso (DESU).

50 Debido a la buena solubilidad del nitrógeno, por un lado, y a las desventajas que surgen con contenidos de nitrógeno más elevados, especialmente por encima del 0,9 %, en realidad está prohibido cualquier bordado a presión en el marco de una ruta DESU. Debido al bajo contenido de molibdeno según la invención y compensado con cromo y nitrógeno, esto no es necesario. Es especialmente ventajoso que la relación entre nitrógeno y carbono sea superior a 15. El límite inferior para el nitrógeno se puede elegir en 0,54 o 0,60 o 0,65 %. El límite superior para el nitrógeno se puede elegir en 0,90 %.

55 Según V.G. Gavriljuk, H. Berns; "*High Nitrogen Steels*", página 264, 1999, los aceros austeníticos al CrNiMn (Mo) fundidos a presión atmosférica, como según la invención, alcanzan contenidos de nitrógeno del 0,2 % al 0,5 %. En el estado de la técnica sólo las austenitas de CrMn(Mo) alcanzan contenidos de Mn del 0,5 al 1 %. Sin embargo, la ventaja de la aleación según la invención es que evidentemente se han podido conseguir contenidos de nitrógeno mucho mayores de lo esperado sin necesidad de bordar a presión.

Además, como componentes adicionales de la aleación se pueden incluir boro, aluminio y azufre, pero sólo de forma opcional.

Los componentes de la aleación vanadio y titanio no están necesariamente contenidos en la presente aleación de acero. Aunque estos elementos contribuyen positivamente a la solubilidad del nitrógeno, la alta solubilidad del nitrógeno según la invención también se puede conseguir en ausencia de ellos.

La aleación según la invención no debe contener niobio, ya que puede conducir a precipitaciones que reducen la tenacidad. Históricamente, el niobio sólo se utilizaba para unir carbono, lo que no es necesario en la aleación según la invención. El contenido de niobio sigue siendo tolerable hasta el 0,1 %, pero no debe superar el contenido de impurezas inevitables.

La invención se explica mediante un dibujo a modo de ejemplo. Se muestra:

Figura 1: una tabla que muestra los componentes de la aleación;

Figura 2: ruta de producción altamente esquematizada;

Figura 3: una tabla con tres aleaciones diferentes dentro del concepto y los valores reales resultantes del contenido de nitrógeno frente a la solubilidad de nitrógeno calculada de dicha aleación según el conocimiento actual.

Figura 4: Propiedades mecánicas de las tres aleaciones de la Figura 3 producidas mediante un proceso de fabricación con endurecimiento en frío

Los componentes se funden en condiciones atmosféricas y luego se tratan adicionalmente mediante metalurgia secundaria. Luego se funden los bloques, que luego se forjan en caliente. Directo en el sentido de la invención significa que no se requiere ningún proceso de refundición adicional, como por ejemplo. Se lleva a cabo la refundición por electroescoria (ESU) o la refundición por electroescoria a presión (DESU).

La ventaja de la aleación según la invención es que no es necesario homogeneizar, recocer o refundir.

La figura 2 muestra un ejemplo de las posibles rutas de proceso para la producción de la composición de aleación según la invención. A continuación, se describe a modo de ejemplo una posible ruta. En la unidad de fusión por inducción al vacío (VID), el material fundido se funde y se trata simultáneamente con metalurgia secundaria. Luego, la masa fundida se vierte en moldes (lingotes) donde se solidifica formando bloques. Luego, estos se moldean en varios pasos. Por ejemplo, preforjado en la prensa de forjado P52 y llevado al tamaño final de la máquina de forjado rotativa. Dependiendo de los requisitos, también se puede realizar un paso de recocido en solución y/o enfriamiento con agua.

Para determinar las propiedades finales se realiza un conformado en frío en una máquina de forja larga y luego se procesan las piezas así fabricadas.

Después del último paso de conformado en caliente, el material se enfría rápidamente a temperatura ambiente. Con este paso especial del proceso se superan más rápidamente los rangos de temperatura críticos y se evita la formación de precipitados en los límites del grano. El producto según la invención muestra que, por ejemplo, se producen precipitaciones de nitruro de cromo en una proporción significativamente menor, lo que significa que se influye de forma óptima en las propiedades de corrosión. Luego tienen lugar las necesarias etapas de conformación en frío, en las que se produce el endurecimiento mecánico. El grado de deformación se sitúa aquí entre el 10 y el 50 %.

Según la invención resulta ventajoso que se cumpla la siguiente relación:

MARC<sub>opto.</sub>:

$$40 < \% \text{ en peso de Cr} + 3,3 \times \% \text{ en peso de Mo} = 20 \times \% \text{ en peso de C} + 20 \times \% \text{ en peso de N} - 0,5 \times \% \text{ en peso de Mn}$$

La fórmula MARC está optimizada de tal manera que se encontró que la deducción habitual de níquel no se aplica al sistema según la invención y que es necesario el valor límite de 40.

A continuación, tienen lugar las necesarias etapas de conformación en frío, en las que se realiza un endurecimiento mecánico, y después un procesamiento mecánico, que puede ser en particular un torneado o un pelado.

Un material superaustenítico según la invención no sólo se puede producir mediante las vías de producción descritas (y en particular mostradas en la figura 2), sino que las propiedades ventajosas de la aleación según la invención también se pueden conseguir mediante una vía de producción pulvimetalúrgica.

- La figura 3 muestra tres variantes diferentes dentro de las composiciones de aleaciones, con los valores de nitrógeno medidos en cada caso, que resultaron del procedimiento según la invención en combinación con las aleaciones según la invención. Estos contenidos muy elevados de nitrógeno contradicen la solubilidad del nitrógeno indicada en las columnas de la derecha según Stein, Satir, Kowandar y Medovar de "*On restricting aspects in the production of non-magnetic Cr-Mn-N-alloy steels*, Saller, 2005". Se especifican diferentes temperaturas para Medovar. Sin embargo, se puede observar que los valores elevados de nitrógeno superan con creces los esperados teóricamente.
- Esto es tanto más sorprendente cuanto que la aleación según la invención siguió un camino que no permite esperar una solubilidad en nitrógeno tan alta, en particular porque el contenido de manganeso, que tiene una influencia muy positiva sobre la solubilidad del nitrógeno, se reduce considerablemente en comparación con las aleaciones correspondientes conocidas.
- En la figura 4, las tres aleaciones de la figura 3 se producen mediante un proceso y se someten a endurecimiento en frío.
- Después de este endurecimiento por trabajo,  $R_{p0,2}$  para los tres materiales fue de alrededor de 1000 MPa y la resistencia a la tracción  $R_m$  estuvo entre 1100 MPa y 1250 MPa. Además, la resistencia al impacto oscilaba entre 270 J e incluso más de 300 J (aleación C - 329,5 J).
- Esto hizo posible lograr una excelente combinación de resistencia y tenacidad, siendo el producto de  $R_m \cdot KV$  superior a 300000 MPa J en los tres ejemplos.
- Por lo tanto, la ventaja de la invención es que se ha creado una aleación de collar con mayor resistencia a la corrosión y un bajo contenido de níquel, que al mismo tiempo muestra una alta resistencia y un comportamiento paramagnético. Incluso después del conformado en frío se obtiene una estructura completamente austenítica con una permeabilidad magnética  $\mu_r < 1,005$ , de modo que se han podido combinar las propiedades positivas de un acero al cromo-manganeso-níquel económico con las excepcionales propiedades técnicas de un acero al cromo-níquel-molibdeno.

# REIVINDICACIONES

1. Componente de la sarta de perforación, en particular collar de perforación, componente MWD o LWD para uso en tecnología de yacimientos petrolíferos y en particular en perforación profunda, fabricado de una aleación con la siguiente composición, todos los datos en % en peso, así como impurezas inevitables:

5	Elementos		
	Carbono (C)	0,01 - 0,1	
	Silicio (Si)	< 0,5	
	Manganeso (Mn)	4,0 - 7,0	
	Fósforo(P)	< 0,05	
10	Azufre (S)	< 0,005	
	Hierro (Fe)	Balance	
	Cromo (Cr)	23,0 - 28	
	Molibdeno (Mo)	2,5 - 4,0	
	Níquel (Ni)	11 - 15,5	
15	Vanadio (V)	< 0,5	
	Tungsteno (W)	< 0,5	
	Cobre (Cu)	< 0,5	
	Cobalto (Co)	< 5	
	Titanio (Ti)	< 0,1	
20	Aluminio (Al)	< 0,2	
	Niobio (Nb)	< 0,1	
	Boro (B)	< 0,01	
	Nitrógeno (N)	0,52 - 0,85	

25 en el que el componente de la sarta de perforación tiene un límite elástico endurecido por deformación con un grado de deformación del 10 al 50 % de  $R_{p0,2} > 1000$  MPa.

2. Componente de sarta de perforación según la reivindicación 1,

caracterizado porque la aleación consta de los siguientes elementos, toda la información en % en peso, e impurezas inevitables:

Elementos		
30	Carbono (C)	0,01 - 0,1
	Silicio (Si)	< 0,5
	Manganeso (Mn)	4,0 - 7,0
	Fósforo (P)	< 0,05
	Azufre (S)	< 0,005
35	Hierro (Fe)	Balance
	Cromo (Cr)	24,0 - 28,0
	Molibdeno (Mo)	2,5 - 3,5
	Níquel (Ni)	12,0 - 15,5



	Vanadio (V)	< 0,3
	Tungsteno (W)	< 0,1
	Cobre (Cu)	< 0,15
	Cobalto (Co)	< 0,5
5	Titanio (Ti)	< 0,05
	Aluminio (Al)	< 0,1
	Niobio (Nb)	< 0,025
	Boro (B)	< 0,01
	Nitrógeno (N)	0,52 - 0,85
10	3. Componente de la sarta de perforación según la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque la aleación consta de los siguientes elementos, toda la información en % en peso, y contaminación inevitable:	
	Elementos	
	Carbono (C)	0,01 - 0,10
15	Silicio (Si)	< 0,5
	Manganeso (Mn)	5,0 - 6,0
	Fósforo (P)	< 0,05
	Azufre (S)	< 0,005
	Hierro (Fe)	Balance
20	Cromo (Cr)	26,0 - 28,0
	Molibdeno (Mo)	2,5 - 3,5
	Níquel (Ni)	13,0 - 15,0
	Vanadio (V)	Por debajo del límite de detección
	Tungsteno (W)	Por debajo del límite de detección
25	Cobre (Cu)	< 0,1
	Cobalto (Co)	Por debajo del límite de detección
	Titanio (Ti)	Por debajo del límite de detección
	Aluminio (Al)	< 0,1
	Niobio (Nb)	Por debajo del límite de detección
30	Boro (B)	< 0,01
	Nitrógeno (N)	0,54 - 0,80
	4. Componente de sarta de perforación según la reivindicación 1, caracterizado porque, en la composición de la aleación, el elemento cobalto se encuentra < 5 o < 1 o < 0,5 % o < 0,4 % o < 0,3 % o < 0,2 % o < 0,1 % o por debajo del límite de detección.	
35	5. Componente de sarta de perforación según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque, en la composición de la aleación, el elemento cobre se encuentra < 0,3 o < 0,2 o < 0,1 o por debajo del límite de detección.	
	6. Componente de sarta de perforación según una de las reivindicaciones 1 a 5,	

caracterizado porque, en la composición de la aleación, el elemento tungsteno se encuentra < 0,5 o < 0,3 % o < 0,2 % o < 0,1 % o por debajo del límite de detección.

7. Componente de sarta de perforación según una de las reivindicaciones 1 a 6,

caracterizado porque el níquel es el límite superior del 15 % o 15,5 % o 15,8 % y

5 tiene un límite inferior del 10,2 % o 11 % o 12 % o 13 %

8. Componente de sarta de perforación según una de las reivindicaciones anteriores,

caracterizado porque,

10 el componente de la sarta de perforación se vierte en bloques directamente mediante un tratamiento metalúrgico secundario de la masa fundida se consigue una posterior forja en caliente, forja en frío y, en caso necesario, un procesamiento mecánico posterior.

9. Componente de sarta de perforación según una de las reivindicaciones anteriores,

caracterizado por,

que la permeabilidad magnética  $\mu_r < 1,01$  después del conformado en frío.

10. Componente de sarta de perforación según una de las reivindicaciones anteriores,

15 caracterizado por,

que endurecido por trabajo la energía de impacto entallada a 20 °C es mayor que 80 J, preferiblemente > 110 J, de manera particularmente preferida > 130 J y en particular el producto de  $R_m \cdot KV$  es > 100000 MPaJ.

11. Componente de sarta de perforación según una de las reivindicaciones anteriores,

caracterizado por,

20 que el material sea completamente austenítico después del conformado en frío, es decir, libre de martensita de deformación.

12. Componente de sarta de perforación según una de las reivindicaciones anteriores,

caracterizado por,

que el azufre como impureza no constituya más del 0,005 % en peso.

25 13. Componente de sarta de perforación según una de las reivindicaciones anteriores,

caracterizado por,

que el fósforo esté presente como impureza en no más del 0,05 % en peso.

14. Procedimiento para la fabricación de un componente de sarta de perforación, en particular según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por,

30 que una aleación con los siguientes componentes, todo en % en peso, así como las impurezas inevitables:

Elementos

35	Carbono (C)	0,01 - 0,1
	Silicio (Si)	< 0,5
	Manganeso (Mn)	4,0 - 7,0
	Fósforo (P)	< 0,05
	Azufre (S)	< 0,005
	Hierro (Fe)	Balance
	Cromo (Cr)	23,0 - 28
	Molibdeno (Mo)	2,5 - 4,0

	Níquel (Ni)	11 - 15,5
	Vanadio (V)	< 0,5
	Tungsteno (W)	< 0,5
	Cobre (Cu)	< 0,5
5	Cobalto (Co)	< 5,0
	Titanio (Ti)	< 0,1
	Aluminio (Al)	< 0,2
	Niobio (Nb)	< 0,1
	Boro (B)	< 0,01
10	Nitrógeno (N)	0,52 - 0,85

se funde y luego se trata con metalurgia secundaria. La aleación resultante luego se vierte en bloques y se deja solidificar y luego se calienta y se pasa inmediatamente a la forja y se conforma en caliente, sometiéndose las piezas forjadas a un conformado en frío adicional y a un procesamiento mecánico posterior, con lo que se logra un límite elástico endurecido por deformación con un grado de deformación del 10 al 50 % de Rp0,2 > 1000 MPa.

15

15. Método según la reivindicación 14,  
caracterizado por,

que una aleación con los siguientes componentes, toda la información en % en peso, así como las impurezas inevitables se derriten:

20

Elementos

	Carbono (C)	0,01 - 0,1
	Silicio (Si)	< 0,5
	Manganeso (Mn)	4,0 - 7,0
	Fósforo (P)	< 0,05
25	Azufre (S)	< 0,005
	Hierro (Fe)	Balance
	Cromo (Cr)	24,0 - 28,0
	Molibdeno (Mo)	2,5 - 3,5
	Níquel (Ni)	12,0 - 15,5
30	Vanadio (V)	< 0,3
	Tungsteno (W)	< 0,1
	Cobre (Cu)	< 0,15
	Cobalto (Co)	< 0,5
	Titanio (Ti)	< 0,05
35	Aluminio (Al)	< 0,1
	Niobio (Nb)	< 0,025
	Boro (B)	< 0,01
	Nitrógeno (N)	0,52 - 0,85

16. Método según la reivindicación 14,

caracterizado por,

que una aleación con los siguientes componentes, toda la información en % en peso, así como las impurezas inevitables es derretida

Elementos

5	Carbono (C)	0,01 - 0,10
	Silicio (Si)	< 0,5
	Manganeso (Mn)	5,0 - 6,0
	Fósforo (P)	< 0,05
	Azufre (S)	< 0,005
10	Hierro (Fe)	Balance
	Cromo (Cr)	26,0 - 28,0
	Molibdeno (Mo)	2,5 - 3,5
	Níquel (Ni)	13,0 - 15,0
	Vanadio (V)	Por debajo del límite de detección
15	Tungsteno (W)	Por debajo del límite de detección
	Cobre (Cu)	< 0,1
	Cobalto (Co)	Por debajo del límite de detección
	Titanio (Ti)	Por debajo del límite de detección
	Aluminio (Al)	< 0,1
20	Niobio (Nb)	Por debajo del límite de detección
	Boro (B)	< 0,005
	Nitrógeno (N)	0,54 - 0,80

17. Procedimiento según una de las reivindicaciones 14 a 16,

caracterizado por,

25 que el conformado en caliente se realiza en varios pasos.

18. Procedimiento según una de las reivindicaciones 14 a 17,

caracterizado por,

que la forja se caliente nuevamente entre los pasos de deformación en caliente, y después del último paso de deformación en caliente, se lleva a cabo el recocido por solución si es necesario.

30

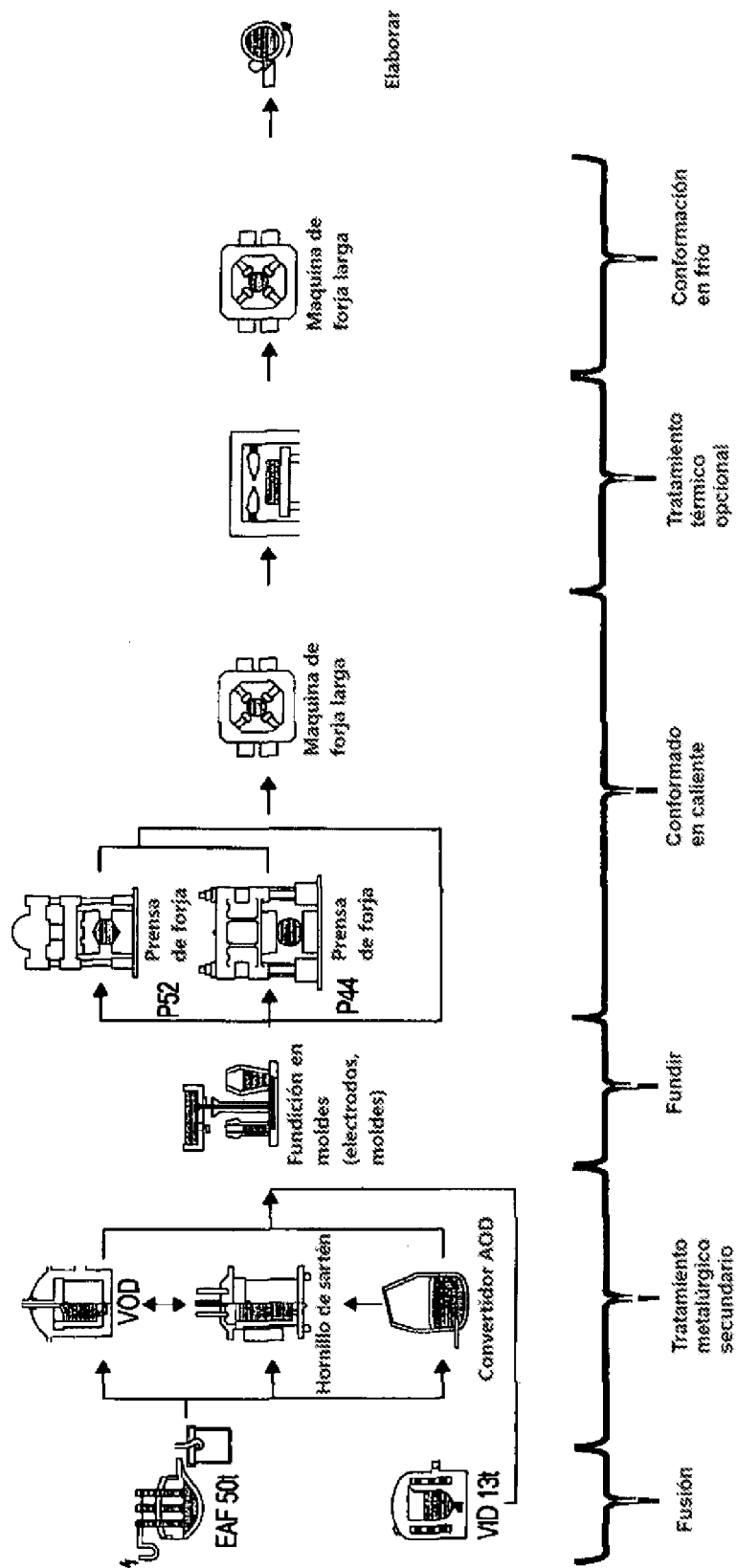


Fig. 2

Ejemplos	Composición química (porcentaje en peso) / Balance hierro															Solubilidad-N [%N]						
																Pre- sion	Temperatura		Mediador a temperatura			
	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W*	Cu	Co*	Ti*	Al*	Nb*	N	[atm]			1553°C	1525°C	1503°C	1492°C	
A	0,01	0,4	5,0	23,01	3,1	15,98	0,05	0	0,15	0	0	0	0	0,51	1,00	0,38/0,30	0,34	0,34	0,35	0,36	0,39	
B	0,01	0,4	5,0	27	3,1	14	0,05	0	0,10	0	0	0	0	0,7	1,00	0,61/0,41	0,66	0,47	0,49	0,51	0,56	
C	0,01	0,4	5,0	24	3,1	14	0,05	0	0,10	0	0	0	0	0,55	1,00	0,44/0,34	0,46	0,38	0,40	0,41	0,45	

Los valores están por debajo del límite de detección.

Valores N

Valores calculados para N, utilizando diferentes métodos (fuente: On Restricting Aspects in the Production of Neomagnetic C-Mn-N-Alloyed Steels, Salzer, 2005)

Fig. 3

**Propiedades mecánicas de las aleaciones producidas en la figura 3 después del endurecimiento en frío**

Aleación	Rp0,2 [MPa]	Rm [MPa]	A4 [%]	Resistencia al impacto con muestras Charpy V [Joule]	Rm * KV [MPa J]
A	969	1111	30	271	301303
B	1171	1231	27	290	357236
C	1124	1207	26	329	370588

**Fig. 4**