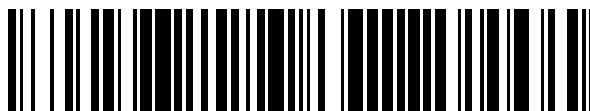


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 790 637**

51 Int. Cl.:

C21D 7/06	(2006.01)	C22C 38/42	(2006.01)
C21D 9/22	(2006.01)	C22C 38/48	(2006.01)
C21D 9/52	(2006.01)	C22C 38/44	(2006.01)
C21D 1/25	(2006.01)	C21D 6/00	(2006.01)
C22C 38/02	(2006.01)	C22C 38/54	(2006.01)
C22C 38/04	(2006.01)	C22C 38/58	(2006.01)
C22C 38/06	(2006.01)		
C22C 38/46	(2006.01)		
C22C 38/50	(2006.01)		
C22C 38/52	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.07.2016 PCT/EP2016/066808**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **19.01.2017 WO17009435**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.07.2016 E 16738798 (4)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.03.2020 EP 3322830**

54 Título: **Acero inoxidable martensítico**

30 Prioridad:

16.07.2015 EP 15176999

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

28.10.2020

73 Titular/es:

**SANDVIK INTELLECTUAL PROPERTY AB
(100.0%)
811 81 Sandviken, SE**

72 Inventor/es:

**WENNBERG, ANNA;
ANTONSSON, TOMAS y
NYLÖF, LARS**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 790 637 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 inoxidable martensítico

Campo técnico

5 La presente divulgación se refiere a un acero inoxidable martensítico apropiado para varillas de perforación. Además, la presente divulgación se refiere también al uso del acero inoxidable martensítico y a un producto fabricado a partir del mismo, especialmente una varilla de perforación.

Antecedentes

10 Durante la perforación en roca, las ondas de choque y la rotación se transfieren desde el equipo de perforación por medio de una o más varillas o tubos hasta una broca equipada con carburo cementado. La varilla de perforación está sometida a diversas cargas mecánicas, así como también a un entorno corrosivo. Esto resulta aplicable en particular en una perforación subterránea, donde se usa agua como medio de lavado y donde el entorno, en general, es húmedo. La corrosión es particularmente seria en la mayoría de las partes sometidas a tensión, es decir, la parte inferior de la rosca y el paso de rosca.

15 Normalmente, se usan aceros endurecidos de capa superficial de baja aleación para aplicaciones de perforación. Dichos aceros tienen la limitación de una vida de servicio relativamente corta debido a la fatiga por corrosión, que tiene como resultado una rotura acelerada de la varilla de perforación, provocada por las cargas dinámicas y una resistencia a la corrosión insuficiente del material de la varilla. Otro problema relacionado con las varillas de perforación es la velocidad por medio de la cual se desgasta la varilla y es preciso sustituirla debido a la abrasión, es decir, dureza insuficiente del material, que tiene un impacto directo sobre el coste total de la operación de perforación. Otro problema relacionado con las varillas de perforación es la resistencia a la tenacidad del material de la varilla, especialmente la tenacidad frente a impactos, es decir, la capacidad de la varilla de perforación para soportar las cargas estáticas y dinámicas, así como también las cargas de choque, provocadas por la perforación en roca. Si la varilla se rompe, la recuperación de la misma a partir del orificio de perforación puede suponer un tiempo considerable. La rotura de la varilla también puede alterar el patrón de perforación calculado para la voladura optimizada. Problemas adicionales relativos a la rotura de varillas de perforación y brocas son el daño a los equipos de minería y tunelización, por ejemplo, trituradoras y tamices.

20 Tanto el documento WO 0161064 como el documento WO 2009008798 divulgan aceros martensíticos para la perforación en roca. Aunque estos aceros solucionen o reduzcan el problema anterior con la fatiga a la corrosión, estos aceros martensíticos no presentan una tenacidad frente a impacto suficientemente elevada para ser completamente operativos durante la perforación en roca. Esto significa que los componentes de perforación fabricados a partir de los mismos tendrán un riesgo obvio de rotura fácil cuando se sometan a cargas de choque durante la perforación en roca, que pueden conducir a las mismas consecuencias que se han mencionado con anterioridad.

25 Tanto el documento CN 102586695 como el documento US 5714114 se refieren a un acero martensítico. No obstante, los aceros inoxidables martensíticos divulgados en esas memorias se usan para otras aplicaciones diferentes a varillas de perforación. De este modo, los requisitos y las propiedades mecánicas importantes de los aceros inoxidables martensíticos divulgados en esas memorias son diferentes, en comparación con el acero inoxidable martensítico usado para varillas de perforación.

30 Por consiguiente, es un objetivo de la presente divulgación solucionar y/o reducir al menos uno de los problemas anteriormente mencionados. En particular, es un aspecto de la presente divulgación lograr una composición mejorada de acero martensítico con una microestructura que permita la fabricación de una varilla de perforación con buena resistencia a la corrosión y propiedades mecánicas optimizadas y bien equilibradas, dando así como resultado una mayor vida de servicio. Un aspecto adicional de la presente divulgación es lograr un componente de perforación rentable que se pueda usar durante un período de tiempo prolongado.

45 **Sumario**

La presente divulgación por tanto se refiere a un acero inoxidable martensítico que comprende el siguiente % en peso (% en peso):

C	de 0,21 a 0,27;
Si	menor o igual que 0,7;
Mn	de 0,2 a 2,5;
P	menor o igual que 0,03;
S	menor o igual que 0,05;

ES 2 790 637 T3

Cr	de 11,9 a 14,0;
Ni	mayor que 0,5 a 3,0;
Mo	de 0,4 a 1,5;
N	menor o igual que 0,060;
Cu	menor o igual que 1,2;
V	menor o igual que 0,06;
Nb	menor o igual que 0,03;
Al	menor o igual que 0,050;
Ti	menor o igual que 0,05;
Fe de equilibrio e impurezas inevitables;	

en el que el acero inoxidable martensítico comprende mayor o igual que un 75 % de fase de martensita y menor o igual que un 25 % de fase de austenita retenida y

5 en el que dicho acero inoxidable martensítico tiene un valor-PRE (valor equivalente de resistencia a la corrosión por picadura) mayor o igual que 14, el valor de PRE se calcula por medio de la siguiente ecuación $PRE = Cr + 3,3 * Mo$, en la que Cr y Mo corresponden a los contenidos de los elementos en porcentaje en peso (% en peso); y

en el que la composición química de dicho acero inoxidable martensítico se encuentra dentro de un área formada en un diagrama de Schaeffler, estando basado el diagrama en las siguientes ecuaciones:

$$Cr_{eq} = Cr + Mo + 1,5 * Si + 0,5 * Nb \text{ (eje-x)}$$

$$Ni_{eq} = Ni + 0,5 * Mn + 30 * N + 30 * C \text{ (eje-y);}$$

10 en las que los valores de Cr, Mo, Si, Nb, Ni, Mn, N y C están en % en peso; y cada área del acero inoxidable martensítico se define por medio de las siguientes coordenadas:

	Cr _{eq}	Ni _{eq}
A1	12,300	9,602
B1	12,300	11,990
B4	15,702	9,199
A3	14,482	7,864

15 El acero inoxidable martensítico como se ha definido anteriormente en la presente memoria tiene, por tanto, una microestructura martensítica endurecida y atemperada, que contiene austenita retenida, lo que significa que la microestructura martensítica comprende tanto una fase de martensita como una fase de austenita retenida. La fase de martensita proporciona la dureza deseada, y resistencia a la tracción y también resistencia al desgaste deseadas. La fase de austenita retenida, que es más blanda y más dúctil en comparación con la fase de martensita, reduce la fragilidad de la microestructura martensítica y, con ello, proporciona la mejora necesaria de las propiedades mecánicas del acero, tal como tenacidad frente a impacto. El acero inoxidable martensítico, tal y como ha definido
20 anteriormente en la presente memoria o se define a continuación, debido a su composición química y su microestructura, tiene una combinación única de dureza, tenacidad frente a impacto, resistencia y resistencia a la corrosión. Además, la presente divulgación también se refiere al uso del acero inoxidable martensítico como se ha definido anteriormente o se define a continuación para la fabricación de una varilla de perforación, tal como una varilla de perforación de un martillo superior y varillas de perforación de martillo superior lavadas con agua, y la
25 fabricación de las mismas.

Descripción de las Figuras

La Figura 1 muestra un diagrama de Schaeffler en el que se ha dibujado el área y las coordenadas correspondientes.

30 La Figura 2 muestra el mismo diagrama de Schaeffler que la Figura 1, pero las aleaciones fabricadas de los Ejemplos aparecen marcadas en el diagrama.

La Figura 3 muestra las curvas de dureza y tenacidad frente a impacto para algunas de las aleaciones de los Ejemplos.

Descripción detallada

5 La presente divulgación se refiere a un acero inoxidable martensítico que tiene la siguiente composición en % en peso:

- C de 0,21 a 0,27;
- Si menor o igual que 0,7;
- Mn de 0,2 a 2,5;
- P menor o igual que 0,03;
- S menor o igual que 0,05;
- Cr de 11,9 a 14,0;
- Ni mayor que 0,5 a 3,0;
- Mo de 0,4 a 1,5;
- N menor o igual que 0,060;
- Cu menor o igual que 1,2;
- V menor o igual que 0,06;
- Nb menor o igual que 0,03;
- Al menor o igual que 0,050;
- Ti menor o igual que 0,05;
- Fe de equilibrio e impurezas inevitables;

en el que el acero inoxidable martensítico comprende mayor o igual que un 75 % de fase de martensita y menor o igual que un 25 % de fase de austenita retenida y

en el que dicho acero inoxidable martensítico tiene un valor-PRE mayor o igual que 14; y

10 en el que la composición química de dicho acero inoxidable martensítico se encuentra dentro de un área formada en un diagrama de Schaeffler, estando basado el diagrama en las siguientes ecuaciones:

$$Cr_{eq} = Cr + Mo + 1,5 * Si + 0,5 * Nb \text{ (eje-x)}$$

$$Ni_{eq} = Ni + 0,5 * Mn + 30 * N + 30 * C \text{ (eje-y);}$$

en las que los valores de Cr, Mo, Si, Nb, Ni, Mn, N y C están en % en peso; y cada área del acero inoxidable martensítico se define por medio de las siguientes coordenadas:

	Cr _{eq}	Ni _{eq}
A1	12,300	9,602
B1	12,300	11,990
B4	15,702	9,199
A3	14,482	7,864

15 El presente acero inoxidable martensítico tiene elevada resistencia de tracción y elevada resistencia al desgaste debido a la elevada dureza de la fase de martensita. La fase de martensita, no obstante, es frágil. En la presente divulgación, se ha encontrado que mediante la combinación de la fase de martensita con una determinada cantidad de fase de austenita retenida (de manera que la microestructura comprenda mayor o igual que un 75 % de fase de martensita y menor o igual que un 25 % de fase de austenita retenida), y además mediante la combinación de esto

20 con una adición equilibrada de elementos de aleación, especialmente Ni, Mn y Mo, la tenacidad frente a impactos

del acero inoxidable martensítico se ve mejorada en gran medida. La fase de martensita, como se ha mencionado anteriormente, proporciona resistencia a la tracción y dureza deseadas y también resistencia al desgaste deseada al tiempo que la fase de austenita, que es más blanda y más dúctil en comparación con la fase de martensita, reduce la fragilidad de la microestructura martensítica y, con ello, proporciona la mejora necesaria de las propiedades mecánicas. No obstante, es necesario que no haya una cantidad demasiado elevada de fase de austenita retenida ya que ésta reduce demasiado la dureza de la microestructura martensítica. De este modo, la cantidad de fase de martensita y la cantidad de fase de austenita retenida son como se ha definido anteriormente o como se define a continuación. De acuerdo con una realización, el acero inoxidable martensítico como se ha definido anteriormente o como se define a continuación no contiene ninguna fase de ferrita tras el endurecimiento, lo cual, en el presente contexto, se considera una fase frágil y blanda.

El acero inoxidable martensítico tal como se ha definido anteriormente en la presente memoria o se define a continuación tiene un valor-PRE mayor o igual que 14. Con un valor de PRE mayor o igual que 14, se obtiene la resistencia a la corrosión por picadura deseada.

Además, la composición química del acero inoxidable martensítico como se ha definido anteriormente o como se define a continuación es como ya se ha representado anteriormente por medio del área definida por las coordenadas específicas en el diagrama de Schaeffler de acuerdo con sus equivalentes Cr y Ni (véase la Figura 1). El diagrama de Schaeffler se usa para predecir la presencia y cantidad de fases de austenita (A), ferrita (F) y martensita (M) en la microestructura de un acero, tras enfriamiento rápido desde una temperatura elevada y está basado en la composición química del acero. Las coordenadas específicas del área de la presente divulgación en el diagrama de Schaeffler se han determinado por medio del cálculo de los equivalentes de Cr y Ni (Cr_{eq} y Ni_{eq}) de acuerdo con las siguientes ecuaciones (véase la Figura 1):

$$Cr_{eq} = Cr + Mo + 1,5 * Si + 0,5 * Nb \text{ (eje-x)}$$

$$Ni_{eq} = Ni + 0,5 * Mn + 30 * N + 30 * C \text{ (eje-y)}$$

en las que los valores de Cr, Mo, Si, Nb, Ni, Mn, N y C están en % en peso; y cada área del acero inoxidable martensítico se define por medio de las coordenadas presentadas en la Figura 1 y la Figura 2. Además, la presente divulgación proporciona un acero inoxidable martensítico que tiene una combinación única de elevada dureza y elevada tenacidad frente a impacto, así como también buena resistencia a la corrosión. Además, la presente divulgación proporciona un acero inoxidable martensítico que tiene una composición química y microestructura que proporciona a un objeto formado a partir del mismo una combinación de resistencia a la corrosión y dureza y tenacidad frente a impacto en la totalidad del objeto, de manera que la rentabilidad mejora mucho, así como también el tiempo de operación en servicio.

De acuerdo con otra realización de la presente divulgación, el acero inoxidable martensítico que se ha definido anteriormente en la presente memoria o que se define a continuación, comprende de un 80 a un 95 % de fase de martensita y de un 5 a un 20 % de fase de austenita retenida.

Los elementos de aleación del acero inoxidable martensítico de acuerdo con la presente divulgación se describen a continuación. Las expresiones “% en peso” y “% en peso” se usan de manera intercambiable:

Carbono (C): de un 0,21 a un 0,27 % en peso

C es un elemento de formación de aleación estabilizador de la fase de austenita fuerte. C es necesario para el acero inoxidable martensítico de manera que dicho acero sea susceptible de endurecimiento y fortalecimiento por medio de tratamiento térmico. Por tanto, el contenido de C se ajusta que para que sea de al menos un 0,21 % en peso, de forma que se logren de manera suficiente los efectos anteriormente mencionados. No obstante, el exceso de C aumenta el riesgo de formación de carburo de cromo, que reduciría de este modo las propiedades mecánicas y otras propiedades, tales como ductilidad, tenacidad frente a impacto y resistencia a la corrosión. Las propiedades mecánicas también se ven afectadas por la cantidad de fase de austenita retenida tras el endurecimiento y, esta cantidad, depende del contenido de C. Por consiguiente, el contenido de C se ajusta para que sea como máximo un 0,27 % en peso, de este modo el contenido de carbono del presente acero inoxidable martensítico es de aproximadamente un 0,21 a un 0,27 % en peso, tal como de un 0,21 a un 0,26 % en peso.

Silicio (Si): un 0,7 % en peso como máximo

Si es un elemento de formación de aleación estabilizador de la fase de ferrita fuerte y, por tanto, su contenido también depende de las cantidades de otros elementos de formación de ferrita, tales como Cr y Mo. Si se usa principalmente como agente desoxidante durante el refinado en masa fundida. Si el contenido de Si resulta excesivo, se puede formar la fase de ferrita, así como precipitados intermetálicos en la microestructura, lo cual reduce diversas propiedades mecánicas. Por consiguiente, el contenido de Si se ajusta para que sea de un 0,7 % en peso como máximo, tal como de un 0,4 % en peso como máximo.

Manganeso (Mn): de un 0,2 a un 2,5 % en peso

Mn es un elemento de formación de aleación estabilizador de la fase de austenita. Mn favorece la solubilidad de C y N en la fase de austenita y aumenta el endurecimiento por deformación. Además, Mn también aumenta la templeabilidad cuando se trata térmicamente el acero inoxidable martensítico. Mn reduce de forma adicional el efecto negativo del azufre mediante la formación de precipitados de MnS, que a su vez mejoran la ductilidad en caliente y la tenacidad frente a impacto, pero los precipitados de MnS también pueden conferir bastante resistencia a la corrosión por picadura. Por tanto, el contenido más bajo de Mn se ajusta para que sea de un 0,2 % en peso. No obstante, si el contenido de Mn resulta excesivo, la cantidad de fase de austenita retenida se puede volver muy grande y diversas propiedades mecánicas, así como la dureza y la resistencia a la corrosión, se pueden ver reducidas. De igual forma, un contenido de Mn demasiado elevado reduce las propiedades de trabajo en caliente y también confiere calidad superficial. Por tanto, el contenido de Mn se ajusta para que sea como máximo de un 2,5 % en peso. Además, el contenido de Mn es de un 0,2 a un 2,5 % en peso, tal como de un 0,3 a un 2,4 % en peso. Adicionalmente, en la presente divulgación, el contenido de Mn, Ni y Mo presente en el acero inoxidable martensítico se equilibra de manera conjunta con el fin de obtener las propiedades deseadas de dicho acero inoxidable martensítico.

15 Cromo (Cr): de un 11,9 a un 14,0 % en peso

Cr es uno de los elementos básicos de formación de aleación del acero inoxidable y un elemento que proporciona al acero resistencia a la corrosión. El acero inoxidable martensítico como se ha definido anteriormente o se define a continuación comprende al menos un 11,9 % en peso con el fin de lograr una capa de óxido de Cr y/o una pasivación de la superficie del acero en aire o agua, obteniéndose de este modo la resistencia a la corrosión básica. Cr también es un elemento de formación de aleación estabilizador de fase de ferrita. No obstante, si Cr está presente en una cantidad excesiva, la tenacidad frente a impacto puede disminuir y adicionalmente se pueden formar carburos de cromo y una fase de ferrita tras el endurecimiento. La formación de carburos de cromo reduce las propiedades mecánicas del acero inoxidable martensítico. Un aumento del contenido de Cr por encima del nivel de pasivación de la superficie de acero únicamente tendrá efectos débiles sobre la resistencia a la corrosión del acero inoxidable martensítico. Por tanto, el contenido de Cr se ajusta como máximo en un 14,0 % en peso. Además, el contenido de Cr es de un 11,9 a un 14,0 % en peso, tal como de un 12,0 a un 13,8 % en peso.

Molibdeno (Mo): de un 0,4 a un 1,5 % en peso

Mo es un elemento de formación de aleación estabilizador de fase de ferrita fuerte y, con ello, favorece la formación de la fase de ferrita durante el recocido o el procesado en caliente. Una ventaja principal de Mo es que contribuye en gran medida a la resistencia a la corrosión por picadura. También se sabe que Mo reduce la fragilidad de atemperado en aceros martensíticos y, con ello, mejora las propiedades mecánicas. No obstante, Mo es un elemento costoso y el efecto sobre la resistencia a la corrosión se obtiene incluso en cantidades pequeñas. El menor contenido de Mo es por tanto un 0,4 % en peso. Además, una cantidad excesiva de Mo afecta a la transformación de austenita en martensita durante el endurecimiento y, finalmente, al contenido de fase de austenita retenida. Por tanto, el límite superior de Mo se ajusta para que sea de un 1,5 % en peso. Además, el contenido de Mo es de un 0,4 a un 1,5 % en peso, tal como de un 0,5 a un 1,4 % en peso.

Níquel (Ni): más de un 0,5 a un 3,0 % en peso

Ni es un elemento de formación de aleación estabilizador de fase de austenita y, con ello, estabiliza la fase de austenita retenida tras el tratamiento térmico de endurecimiento. También se ha descubierto que Ni proporciona una tenacidad frente a impacto muy mejorada además de la contribución de tenacidad general que viene proporcionada por la fase de austenita retenida. En la presente divulgación, se ha encontrado que mediante el equilibrado de la cantidad de Ni, Mn y Mo en el acero inoxidable martensítico, se proporciona la mejor combinación de dureza, tenacidad frente a impacto y resistencia a la corrosión. Se requiere más de un 0,5 % en peso de Ni para proporcionar un efecto sustancial. No obstante, si el contenido de Ni resulta excesivo, la cantidad de fase de austenita retenida será demasiado elevada y la dureza entonces resulta insuficiente. El contenido máximo de Ni, por tanto, se encuentra limitado a un 3,0 % en peso. Además, el contenido de Ni es de más de un 0,5 a un 3,0 % en peso, tal como de más de un 0,5 a un 2,4 % en peso.

Wolframio (W): menor o igual que un 0,5 %

W es un elemento de formación de aleación estabilizador de fase de ferrita y si está presente puede, en cierto modo, sustituir a Mo como elemento de formación de aleación, debido a las propiedades químicas similares. W tiene un efecto positivo sobre la resistencia frente a la corrosión por picadura, pero el efecto es mucho más débil que el efecto de Mo, si se comparan los contenidos disueltos en la matriz, lo cual normalmente es el motivo por el cual W queda excluido de la fórmula PRE. Con el fin de sustituir Mo, por tanto, se hace necesario un contenido de W mucho más elevado. W también es un elemento de formación de carburo y a contenidos elevados de W, la resistencia al desgaste se ve mejorada, así como también la dureza y la resistencia. No obstante, a contenidos de W en los cuales las propiedades anteriores se ven mejoradas, la cantidad de carburos de W disminuye considerablemente la tenacidad frente a impacto del acero. Los contenidos requeridos de W también tienen como resultado una mayor estabilidad frente a la temperatura de los carburos, y con el fin de aumentar el contenido de W disuelto en la matriz, se requieren temperaturas de endurecimiento mucho más elevadas. El contenido de W, por tanto, se ajusta en

ES 2 790 637 T3

menor o igual que un 0,5 % en peso, tal como menor o igual que un 0,05 % en peso.

Cobalto (Co): menor o igual que un 1,0 % en peso

5 Cobalto tiene un fuerte efecto de disolución de sólidos y da lugar a un efecto de fortalecimiento, que también permanece a temperaturas elevadas. Por tanto, Co con frecuencia se usa como elemento de formación de aleación para mejorar la resistencia a temperatura elevada, así como también la dureza y la resistencia al desgaste abrasivo a temperaturas elevadas. No obstante, a contenidos de Co con los cuales los efectos sobre estas propiedades mejoran de forma significativa, el contenido de Co también tiene un efecto opuesto sobre las propiedades de procesado en caliente, provocando mayores fuerzas de deformación. Co es el único elemento de formación de aleación que desestabiliza la fase de austenita y, con ello, facilita la transformación de austenita, así como de la austenita retenida, para dar lugar a una fase de martensita o fases que contienen ferrita, tras el enfriamiento. Debido a los efectos complejos de Co, pero también debido al hecho de que resulta tóxico, y a que es considerado una impureza en el material de chatarra usado para la producción de aceros inoxidables destinados a aplicaciones de energía atómica, el contenido de Co, si está presente, se ajusta, por tanto, para que sea menor o igual de un 1,0 % en peso, tal como menor o igual de un 0,10 % en peso.

15 Aluminio (Al): menor o igual que un 0,050 % en peso

Al es un elemento opcional y se usa comúnmente como agente desoxidante y resulta eficaz en la reducción del contenido de oxígeno durante la producción de acero. No obstante, un contenido de Al demasiado elevado puede reducir las propiedades mecánicas. El contenido de Al, por tanto, es menor o igual que un 0,050 % en peso.

Nitrógeno (N): menor o igual que un 0,060 % en peso

20 N es un elemento opcional y es un elemento de formación de aleación estabilizador de la fase de austenita y tiene un efecto muy intenso de fortalecimiento de la disolución de sólidos intersticiales. No obstante, un contenido de N demasiado elevado puede reducir las propiedades de procesado en caliente a temperaturas elevadas y también puede reducir la tenacidad frente a impacto a temperatura ambiente para el presente acero inoxidable martensítico. Por tanto, el contenido de N se ajusta para que sea menor o igual que un 0,060 % en peso, tal como menor o igual que un 0,035 % en peso.

Vanadio (V): menor o igual que un 0,06 % en peso

30 V es un elemento opcional y es un elemento de formación de aleación estabilizador de la fase de ferrita que tiene elevada afinidad por C y N. V es un elemento de endurecimiento de precipitación y se hace referencia al mismo como elemento de formación de micro-aleación en el acero inoxidable martensítico y se puede usar para el refinado de grano. El refinado de grano hace referencia a un método para controlar el tamaño de grano a temperaturas elevadas por medio de la introducción de precipitados pequeños en la microestructura, lo cual restringe la movilidad de las fronteras de grano y, con ello, se reduce el crecimiento de grano de austenita durante el procesado en caliente o el tratamiento térmico. Se sabe que un tamaño de grano de austenita pequeño mejora las propiedades mecánicas de la microestructura martensítica formada tras el endurecimiento. No obstante, una cantidad excesiva de V genera una fracción demasiado elevada de precipitados en la microestructura y especialmente aumenta el riesgo de formación de precipitaciones de V más bastas en las fronteras de grano de austenita anteriores de la microestructura martensítica, reduciendo de este modo la ductilidad, especialmente la tenacidad frente a impacto. El contenido de V, por tanto, es menor o igual que un 0,06 % en peso.

Niobio (Nb): menor o igual que un 0,03 % en peso

40 Nb es un elemento opcional y es un elemento de formación de aleación estabilizador de la fase de ferrita y tiene elevada afinidad por C y N. De este modo, Nb es un elemento de endurecimiento de precipitación y se puede usar para el refinado de grano, no obstante, Nb también forma precipitaciones bastas. Una cantidad excesiva de Nb puede, por tanto, reducir la ductilidad y la tenacidad frente a impacto del acero inoxidable martensítico y, por tanto, el contenido de Nb es menor o igual que un 0,03 % en peso.

45 Zirconio (Zr): menor o igual que un 0,03 % en peso

Zr es un elemento opcional que tiene una afinidad muy elevada frente a C y N. Los carburos y nitruros de circonio son estables a temperaturas elevadas y se pueden usar para el refinado de grano. Si el contenido de Zr es demasiado elevado, se pueden formar precipitaciones bastas, que disminuyen la tenacidad frente a impacto. El contenido de Zr, por tanto, es menor o igual que un 0,03 % en peso.

50 Tántalo (Ta): menor o igual que un 0,03 % en peso

Ta es un elemento opcional que tiene una afinidad muy elevada por C y N. Los carburos y nitruros de tántalo son estables a temperaturas elevadas y se pueden usar para el refinado de grano. Si el contenido de Ta es demasiado elevado, se pueden formar precipitaciones bastas, que disminuyen la tenacidad frente a impacto. El contenido de Ta, por tanto, es menor o igual que un 0,03 % en peso.

ES 2 790 637 T3

Hafnio (Hf): menor o igual que un 0,03 % en peso

- 5 Hf es un elemento opcional que tiene una afinidad muy elevada por C y N. Los carburos y nitruros de hafnio son estables a temperaturas elevadas y se pueden usar para el refinado de grano. Si el contenido de Hf es demasiado elevado, se pueden formar precipitaciones bastas, que disminuyen la tenacidad frente a impacto. El contenido de Hf, por tanto, es menor o igual que un 0,03 % en peso.

Fósforo (P): menor o igual que un 0,03 % en peso

P es un elemento opcional y se puede incluir como impureza y se hace referencia al mismo como elemento nocivo. Por tanto, resulta deseable tener menos de un 0,03 % en peso de P.

Azufre (S): menor o igual que un 0,05 % en peso

- 10 S es un elemento opcional y se puede incluir con el fin de mejorar la maquinabilidad. No obstante, S puede formar segregaciones de frontera de grano e inclusiones y, por tanto, restringe las propiedades de procesado en caliente y también reduce las propiedades mecánicas y la resistencia a la corrosión. Además, el contenido de S no debería exceder un 0,05 % en peso.

Titanio (Ti): menor o igual que un 0,05 % en peso

- 15 Ti es un elemento opcional que es un elemento de formación de aleación estabilizador de la fase de ferrita y tiene una afinidad muy elevada frente a C y N. Los carburos y nitruros de titanio son estables a temperaturas elevadas y se pueden usar para el refinado de grano. Si el contenido de Ti es demasiado elevado, se pueden formar precipitaciones bastas, lo cual disminuye la tenacidad frente a impacto. El contenido de Ti, por tanto, es menor o igual que un 0,05 % en peso.

- 20 Cobre (Cu): menor o igual que un 1,2 % en peso

- 25 Cu es un elemento de formación de aleación estabilizador de la fase de austenita y tiene efectos bastante limitados sobre el acero inoxidable martensítico en pequeñas cantidades. Cu puede, en cierto modo, sustituir a Ni o Mn como estabilizadores de la fase de austenita en el acero inoxidable martensítico pero la ductilidad se ve reducida, en comparación, por ejemplo, con la adición de Ni. Cu puede tener un efecto positivo sobre la resistencia a la corrosión general del acero, pero cantidades más elevadas de Cu afectan negativamente a las propiedades de procesado en caliente. Por tanto, el contenido de Cu es menor o igual que un 1,2 % en peso, tal como menor o igual que un 0,8 % en peso.

- 30 Opcionalmente, se pueden añadir cantidades pequeñas de otros elementos de formación de aleación al acero inoxidable martensítico como se ha definido anteriormente o se define a continuación, con el fin de mejorar, por ejemplo, la maquinabilidad o las propiedades de procesado en caliente, tal como la ductilidad en caliente. Ejemplos no limitantes de dichos elementos son Ca, Mg, B, Pb y Ce. Las cantidades de uno o más de estos elementos son como máximo un 0,05 % en peso.

Cuando se usa el término "máximo" o la expresión "menor o igual que", las personas expertas conocen que el límite inferior del intervalo es un 0 % en peso, a menos que se comente específicamente otro número.

- 35 El resto de elementos del acero inoxidable martensítico, como se ha definido anteriormente o se define a continuación, es hierro (Fe) e impurezas de normal concurrencia.

Los ejemplos de impurezas son elementos y compuestos que no se han añadido a propósito, pero no se pueden evitar por completo ya que normalmente aparecen en forma de impurezas, por ejemplo, en las materias primas o los elementos adicionales de formación de aleación usados para la fabricación del acero inoxidable martensítico.

- 40 De acuerdo con una realización de la presente divulgación, la composición química del acero inoxidable martensítico como se ha definido anteriormente en la presente memoria o se define a continuación puede venir representada por un área de diagrama de Schaeffler definida por medio de las coordenadas siguientes (véase Figura 1 y Figura 2):

	Cr _{eq}	Ni _{eq}
A2	12,923	9,105
B2	12,923	11,479
B4	15,702	9,199
A3	14,482	7,864

ES 2 790 637 T3

De acuerdo con una realización de la presente divulgación, la composición química del acero inoxidable martensítico como se ha definido anteriormente en la presente memoria o se define a continuación puede venir representada por un área de diagrama de Schaeffler definida por medio de las coordenadas siguientes (véase Figura 1 y Figura 2):

	Cr _{eq}	Ni _{eq}
A1	12,300	9,602
B1	12,300	11,990
B3	14,482	10,200
A3	14,482	7,864

5

De acuerdo con una realización adicional de la presente divulgación, la composición química del acero inoxidable martensítico como se ha definido anteriormente en la presente memoria o se define a continuación puede venir representada por un área de diagrama de Schaeffler definida por medio de las coordenadas siguientes (véase Figura 1 y Figura 2):

	Cr _{eq}	Ni _{eq}
A2	12,923	9,105
B2	12,923	11,479
B3	14,482	10,200
A3	14,482	7,864

10

El acero inoxidable martensítico como se ha definido anteriormente o se define a continuación y la varilla de perforación del mismo se fabrican por medio de procesos convencionales de maquinizado de acero y producción de acero y procesos convencionales de maquinizado de varilla de perforación y producción de varilla de perforación. Con el fin de obtener la estructura martensítica deseada, el acero inoxidable martensítico se tiene que endurecer y atemperar. Las propiedades mecánicas de la superficie se pueden mejorar por medio de calentamiento por inducción de la superficie o mediante la aplicación de métodos de tratamiento superficial, tales como, pero sin limitación, granallado. El acero martensítico obtenido y/o los objetos preparados a partir del mismo tienen buena resistencia a la corrosión en combinación con propiedades mecánicas optimizadas y bien equilibradas, tales como elevada dureza, resistencia frente al desgaste y la abrasión, elevada resistencia a la tracción y elevada tenacidad frente a impacto.

15

20

El acero inoxidable martensítico de acuerdo con la presente divulgación va destinado, como se menciona en la presente memoria, a fabricación de varillas de perforación, tales como varillas de perforación para martillo superior. El acero inoxidable martensítico de acuerdo con la presente divulgación proporciona a las varillas de perforación elevada dureza, resistencia frente al desgaste y la abrasión, elevada resistencia de tracción, elevada tenacidad frente a impacto y buena resistencia a la corrosión, debería apreciarse que actualmente no existen varillas de perforación comercialmente disponibles que estén formadas por dicho acero inoxidable.

25

Además, la presente divulgación también se refiere a una varilla de perforación que comprende el acero inoxidable martensítico como se ha definido o se define en la presente memoria, que tiene todas las propiedades mencionadas anteriormente, es decir, que tiene una combinación de buena resistencia a la corrosión y propiedades mecánicas optimizadas y bien equilibradas.

30

La presente divulgación se ilustra de forma adicional por medio de los siguientes ejemplos no limitantes.

Ejemplos

Ejemplo 1

Se produjeron aleaciones del Ejemplo 1 por medio de fusión en un horno de alta frecuencia y posteriormente se generó un tocho colado usando moldes de acero de 22,9 cm (9 pulgadas). El peso del tocho fue de aproximadamente 270 kg. Se trataron térmicamente los tochos por medio de recocido suave a 650 °C durante 4 horas y posteriormente de enfriaron al aire hasta temperatura ambiente seguido de trituración de la superficie del tocho.

35

Tras el tratamiento térmico, se forjaron los tochos en un martillo hasta obtener barras que tenían una dimensión redonda de aproximadamente 145 mm. A continuación, se laminaron el caliente las barras redondas obtenidas a 1200 °C en un molino de laminado hasta una dimensión hexagonal de sólido de 35 mm.

Se usaron muestras de estas barras para el ensayo mecánico y de corrosión.

- 5 La composición química de las diferentes aleaciones y su correspondiente N°. de aleación se encuentran en la Tabla 1. Las aleaciones que se encuentren fuera del alcance de la divulgación están marcadas con "x" en todas las tablas.

10 Los equivalentes de Cr y Ni, es decir, los valores de Cr_{eq} y Ni_{eq} , para todas las aleaciones de los ejemplos se muestran en la Tabla 2 y la Figura 2. Los valores de Cr_{eq} y Ni_{eq} se han calculado de acuerdo con las fórmulas proporcionadas anteriormente en la presente divulgación. Los valores de PRE para cada aleación se calcularon de acuerdo con la siguiente ecuación: $PRE = Cr (\% \text{ en peso}) + 3,3 * Mo (\% \text{ en peso})$.

15 Se llevó a cabo el ensayo de corrosión a través de mediciones de polarización dinámica, bien (Corr 1) sumergiendo la muestra en una disolución de NaCl (600 mg/l) a temperatura ambiente usando una tasa de detección de tensión de 10 mV/minuto, o bien (Corr 2) sumergiendo la muestra en una disolución de NaCl (600 mg/l) a temperatura ambiente usando una tasa de detección de tensión de 75 mV/minuto. Posteriormente, se midió el potencial de ruptura, E_p (V), de la película de óxido pasivo sobre la superficie del acero. Los resultados están basados en el promedio de dos muestras para cada aleación. Antes del ensayo de corrosión, todas las muestras se endurecieron a 1030-1050 °C/0,5 horas, se inactivaron en aceite, y se atemperaron a 200-225 °C/1 hora. La Tabla 2 muestra el resultado del ensayo de corrosión.

20 El ensayo mecánico en forma de ensayo de dureza (HRC) y el ensayo de tenacidad frente a impacto sobre muestras de Charpy-V en probeta entallada con dimensiones de 10x10x55 mm, se llevaron a cabo a temperatura ambiente sobre todas las aleaciones. Se endurecieron las muestras a 1030 °C/0,5 horas¹⁾ o 1050 °C/1 hora²⁾, se inactivaron en aceite y posteriormente se atemperaron a diferentes temperaturas, 175-275 °C durante 1 hora. Los resultados de las condiciones tal y como tuvo lugar el endurecimiento están basados en el promedio de dos muestras de Charpy-V, aunque los resultados de las condiciones atemperadas están basados en el promedio de tres muestras Charpy-V.

25 El resultado del ensayo mecánico se muestra en las Tablas 3A y 3B.

La Tabla 4 resume una calificación relativa de las propiedades de procesado en caliente, propiedades mecánicas y resistencia a la corrosión, basándose en las experiencias durante la fabricación y el ensayo de las aleaciones del Ejemplo.

Tabla 1. Composición química en % en peso (% en peso)

Aleación	11 ^x	12 ^x	13 ^x	14 ^x	15 ^x	26 ^x	27 ^x	28 ^x	29 ^x	210 ^x	HT 91 ^x	31 ^x	32 ^x
C	0,19	0,18	0,17	0,17	0,16	0,20	0,20	0,15	0,17	0,16	0,20	0,25	0,23
Si	0,27	0,28	0,24	0,17	0,30	0,33	1,26	0,32	0,40	0,69	0,44	0,29	0,92
Mn	0,40	0,50	0,48	0,50	0,48	0,46	0,52	0,51	0,48	0,78	0,49	0,44	0,44
P	0,004	0,004	0,003	0,004	0,005	0,004	0,007	0,004	0,004	0,004	0,014	0,006	0,006
S	0,006	0,007	0,007	0,007	0,007	0,005	0,007	0,007	0,006	0,007	0,007	0,005	0,004
Cr	13,15	13,09	12,06	13,15	12,72	13,24	12,71	13,39	11,36	11,57	11,35	13,43	12,64
Ni	0,29	0,03	0,41	0,43	3,82	0,03	0,42	0,22	0,64	0,58	0,53	0,30	0,26
Co	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-	< 0,01	< 0,01
Mo	< 0,01	< 0,01	0,82	< 0,01	0,19	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,71	0,67	0,98	< 0,01	< 0,01
W	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	-	< 0,01	< 0,01
Nb	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,18	< 0,01	< 0,03	< 0,01	< 0,01
N	0,014	0,028	0,018	0,048	0,020	0,027	0,026	0,082	0,063	0,061	0,030	0,036	0,012
Ti	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,003	< 0,003	< 0,005	< 0,003	< 0,003	< 0,005	< 0,005	< 0,05	< 0,005	< 0,005
Cu	0,005	0,006	0,006	< 0,010	0,096	1,81	< 0,010	< 0,010	0,009	0,30	0,05	0,006	0,007
Al	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,004	0,005	< 0,05	0,026	< 0,003
V	0,008	0,005	0,005	0,34	0,015	0,005	0,18	0,010	0,31	0,14	0,27	0,014	0,015

Tabla 1 cont.

Aleación	33 ^x	34 ^x	35 ^x	36 ^x	37	38 ^x	41 ^x	42	43	44	45
C	0,24	0,24	0,22	0,23	0,23	0,26	0,24	0,21	0,24	0,24	0,23
Si	0,33	0,32	0,19	0,26	0,21	0,50	0,03	0,02	0,02	0,04	0,04
Mn	3,56	0,48	0,40	0,43	0,44	0,63	2,08	0,54	1,20	2,31	0,56
P	0,007	0,006	0,007	0,006	0,006	0,007	0,005	0,005	0,005	0,004	0,004
S	0,005	0,005	0,006	0,005	0,005	0,005	0,007	0,006	0,007	0,006	0,007
Cr	13,43	13,25	11,86	11,91	12,58	12,97	13,22	13,04	12,62	12,39	12,49
Ni	0,04	4,11	1,90	0,05	1,11	0,50	0,50	2,11	1,34	0,52	2,13
Co	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-	-	-	< 0,01
Mo	< 0,01	< 0,01	1,20	1,21	0,91	0,90	0,50	0,50	0,99	1,18	1,24
W	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	-	-	-	< 0,01
Nb	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
N	0,015	0,015	0,014	0,013	0,014	0,065	0,019	0,018	0,022	0,019	0,016
Ti	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Cu	< 0,010	< 0,010	< 0,010	1,30	0,70	0,017	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Al	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,003	0,010	0,014
V	0,015	0,013	0,013	0,015	0,014	0,016	0,007	0,007	0,006	0,007	0,007

Tabla 2. Cr_{req}, Ni_{req}, PRE y resultados de corrosión, Ep (V)

Aleación	11 ^x	12 ^x	13 ^x	14 ^x	15 ^x	26 ^x	27 ^x	28 ^x	29 ^x	210 ^x	HT 91 ^x	31 ^x	32 ^x
Cr _{req}	13,56	13,51	13,24	13,41	13,36	13,74	14,60	13,87	12,76	13,28	12,99	13,87	14,02
Ni _{req}	6,61	6,52	6,29	7,22	9,46	7,07	7,46	7,44	7,87	7,60	7,68	9,10	7,74
PRE	13,2	13,1	14,8	13,2	13,3	13,2	12,7	13,4	13,7	13,8	14,6	13,4	12,6
Corr 1	-	-	0,44	-	-	0,44	0,43	0,46	-	-	0,42	-	-
Corr 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 2 cont.

Aleación	33 ^x	34 ^x	35 ^x	36 ^x	37	38 ^x	41 ^x	42	43	44	45
Cr _{req}	13,93	13,73	13,35	13,51	13,81	14,62	13,77	13,57	13,64	13,63	13,79
Ni _{req}	9,47	12,00	9,12	7,56	8,65	10,57	9,31	9,22	9,80	9,45	9,79
PRE	13,4	13,3	15,8	15,9	15,6	15,9	14,9	14,7	15,9	16,3	16,6
Corr 1	0,50	-	0,34	-	-	-	-	-	0,465	-	-
Corr 2	-	-	-	-	-	-	0,373	0,418	0,490	0,494	0,616

Tabla 3A. Resultados de dureza (HRC) a temperatura ambiente tras endurecimiento y atemperado a diferentes temperaturas de atemperado.

Aleación	11 ¹⁾ x	12 ¹⁾ x	13 ¹⁾ x	14 ¹⁾ x	15 ¹⁾ x	26 ¹⁾ x	27 ¹⁾ x	28 ¹⁾ x	29 ¹⁾ x	210 ¹⁾ x	HT 91 ¹⁾ _x	31 ²⁾ x	32 ²⁾ x
Tal y como resulta del endurecimiento	51,0	51,6	49,1	51,8	49,0	53,6	51,6	51,7	53,3	52,3	-	57,3	55,7
175 °C	48,6	49,9	48,2	50,0	46,3	50,3	50,0	50,0	51,1	50,2	48,5	54,3	53,0
225 °C	45,0	46,5	45,9	46,9	42,4	46,2	48,1	46,8	48,4	48,1	47,5	50,3	49,8
250 °C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
275 °C	40,7	43,6	43,3	44,2	40,9	43,3	46,1	44,7	47,0	46,1	45,1	47,1	48,7

Tabla 3A cont.

Aleación	33 ²⁾ x	34 ²⁾ x	35 ²⁾ x	36 ²⁾ x	37 ²⁾	38 ²⁾ x	41 ²⁾ x	42 ²⁾	43 ²⁾	44 ²⁾	45 ²⁾
Tal y como resulta del endurecimiento	54,6	49,5	55,1	54,9	54,8	56,0	54,8	53,2	54,2	54,0	53,8
175 °C	52,5	47,6	52,0	52,1	52,0	55,2	51,8	51,0	51,5	51,3	51,0
225 °C	49,0	45,3	48,5	48,0	48,4	52,9	47,8	47,0	47,3	47,5	47,2
250 °C	-	-	-	-	-	-	45,4	45,0	45,5	46,0	45,5
275 °C	46,1	43,0	45,8	45,9	45,6	50,9	45,2	45,0	44,8	45,5	45,0

Tabla 3B. Resultados de tenacidad frente a impacto, Charpy-V (J), a temperatura ambiente y tras endurecimiento y atemperado a diferentes temperaturas de atemperado.

Aleación	11 ¹⁾ x	12 ¹⁾ x	13 ¹⁾ x	14 ¹⁾ x	15 ¹⁾ x	26 ¹⁾ x	27 ¹⁾ x	28 ¹⁾ x	29 ¹⁾ x	210 ¹⁾ x	HT 91 ¹⁾ _x	31 ²⁾ x	32 ²⁾ x
Tal y como resulta del endurecimiento	3,4	3,9	6,0	6,4	15,8	7,0	9,0	8,0	6,0	6,0	-	3,7	3,9
175 °C	27,0	27,1	32,4	11,4	47,2	17,7	15,7	14,0	23,0	14,7	21,0	7,9	19,5
225 °C	40,2	33,4	47,2	25,2	56,0	42,7	26,7	30,7	37,7	19,3	34,5	27,1	36,6
250 °C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
275 °C	36,3	33,8	42,7	25,7	58,7	43,0	28,3	35,0	30,0	16,0	38,8	35,1	38,1

Tabla 3B cont.

Aleación	33 ²⁾ x	34 ²⁾ x	35 ²⁾ x	36 ²⁾ x	37 ²⁾	38 ²⁾ x	41 ²⁾ x	42 ²⁾	43 ²⁾	44 ²⁾	45 ²⁾
Tal y como resulta del endurecimiento	5,5	16,2	5,4	4,5	4,2	3,7	5,2	5,2	4,6	3,5	4,1
175 °C	25,5	35,7	33,8	17,8	24,0	6,5	12,5	34,0	27,9	27,2	33,1
225 °C	43,3	42,1	47,5	36,0	43,8	25,4	47,7	54,2	51,0	61,2	56,8
250 °C	-	-	-	-	-	-	49,2	56,3	56,0	60,4	65,5
275 °C	50,8	50,0	49,2	42,2	46,3	25,7	48,4	56,4	55,1	63,4	64,9

Tabla 4. Calificación relativa de las aleaciones del Ejemplo.

Aleación	11 ^x	12 ^x	13 ^x	14 ^x	15 ^x	26 ^x	27 ^x	28 ^x	29 ^x	210 ^x	HT 91 ^x	31 ^x
Propiedades de procesado en caliente	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	-	Excelente
Propiedades mecánicas	Promedio	Promedio	Mejor	Peor	Mejor	Promedio	Peor	Peor	Mejor	La Peor	Promedio	Promedio
Resistencia a la corrosión	-	-	Mejor	-	-	Mejor	Mejor	La mejor	-	-	Mejor	-

Tabla 4 cont.

Aleación	32 ^x	33 ^x	34 ^x	35 ^x	36 ^x	37	38 ^x	41 ^x	42	43	44	45
Propiedades de procesado en caliente	Mejor	Peor	Excelente	La mejor	Peor	La mejor	Mejor	La mejor	La mejor	La mejor	La mejor	Excelente
Propiedades mecánicas	Mejor	La mejor	Mejor	La mejor	Mejor	La mejor	Peor	Mejor	La mejor	La mejor	Excelente	Excelente
Resistencia a la corrosión	-	La mejor	-	Promedio	-	-	-	Promedio	Mejor	La mejor	La mejor	Excelente

REIVINDICACIONES

1.- Un acero inoxidable martensítico que consiste en % en peso (% en peso):

	C	de 0,21 a 0,27;
	Si	menor o igual que 0,7;
5	Mn	de 0,2 a 2,5;
	P	menor o igual que 0,03;
	S	menor o igual que 0,05;
10	Cr	de 11,9 a 14,0;
	Ni	mayor que 0,5 a 3,0;
	Mo	de 0,4 a 1,5;
	W	menor o igual que 0,5;
15	N	menor o igual que 0,060;
	Cu	menor o igual que 1,2;
	Co	menor o igual que 1,0;
	V	menor o igual que 0,06;
	Nb	menor o igual que 0,03;
20	Zr	menor o igual que 0,03;
	Ta	menor o igual que 0,03;
	Hf	menor o igual que 0,03;
25	Al	menor o igual que 0,050;
	Ti	menor o igual que 0,05;

y uno o más elementos de formación de aleación, tales como Ca, Mg, B, Pb y Ce, para mejorar la maquinabilidad o las propiedades de procesado en caliente 0,05 % en peso como máximo;

30 Fe de equilibrio e impurezas inevitables;

en el que el acero inoxidable martensítico comprende mayor o igual que un 75 % de fase de martensita y menor o igual que un 25 % de fase de austenita retenida y

en el que dicho acero inoxidable martensítico tiene un valor-PRE mayor o igual que 14;

35 y en el que la composición química de dicho acero inoxidable martensítico se encuentra dentro de un área formada en un diagrama de Schaeffler, estando basado el diagrama en las siguientes ecuaciones:

$$Cr_{eq} = Cr + Mo + 1,5 * Si + 0,5 * Nb \text{ (eje-x)}$$

$$Ni_{eq} = Ni + 0,5 * Mn + 30 * N + 30 * C \text{ (eje-y);}$$

40 en las que los valores de Cr, Mo, Si, Nb, Ni, Mn, N y C están en % en peso; y cada área del acero inoxidable martensítico se define por medio de las siguientes coordenadas:

ES 2 790 637 T3

	Cr _{eq}	Ni _{eq}
A1	12,300	9,602
B1	12,300	11,990
B4	15,702	9,199
A3	14,482	7,864

- 2.- El acero inoxidable martensítico de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el acero inoxidable martensítico comprende de un 80 a un 95 % de fase de martensita y de un 5 a un 20 % de fase de austenita retenida.
- 5 3.- El acero inoxidable martensítico de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que el contenido de Si es menor o igual que un 0,4 % en peso.
- 10 4.- El acero inoxidable martensítico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el contenido de N es menor o igual que un 0,035 % en peso.
- 5.- El acero inoxidable martensítico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el contenido de Cu es menor o igual que un 0,8 % en peso.
- 15 6.- El acero inoxidable martensítico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el contenido de C es de un 0,21 a un 0,26 % en peso.
- 7.- El acero inoxidable martensítico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el contenido de Cr es de un 12 a un 13,8 % en peso.
- 20 8.- El acero inoxidable martensítico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el contenido de Mn es de un 0,3 a un 2,4 % en peso.
- 9.- El acero inoxidable martensítico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el contenido de Ni es de más de un 0,5 a un 2,4 % en peso.
- 25 10.- El acero inoxidable martensítico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el contenido de Mo es de un 0,5 a un 1,4 % en peso.
- 30 11.- El acero inoxidable martensítico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que dicha composición química se encuentra dentro de un área formada de un diagrama de Schaeffler, y en el que dicho área está definida por medio de las siguientes coordenadas:

	Cr _{eq}	Ni _{eq}
A2	12,923	9,105
B2	12,923	11,479
B4	15,702	9,199
A3	14,482	7,864

- 35 12.- El acero inoxidable martensítico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que dicha composición química se encuentra dentro de un área formada de un diagrama de Schaeffler, y en el que dicho área está definida por medio de las siguientes coordenadas:

	Cr _{eq}	Ni _{eq}
A1	12,300	9,602
B1	12,300	11,990
B3	14,482	10,200
A3	14,482	7,864

ES 2 790 637 T3

13.- El acero inoxidable martensítico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que dicha composición química se encuentra dentro de un área formada de un diagrama de Schaeffler, y en el que dicho área está definida por medio de las siguientes coordenadas:

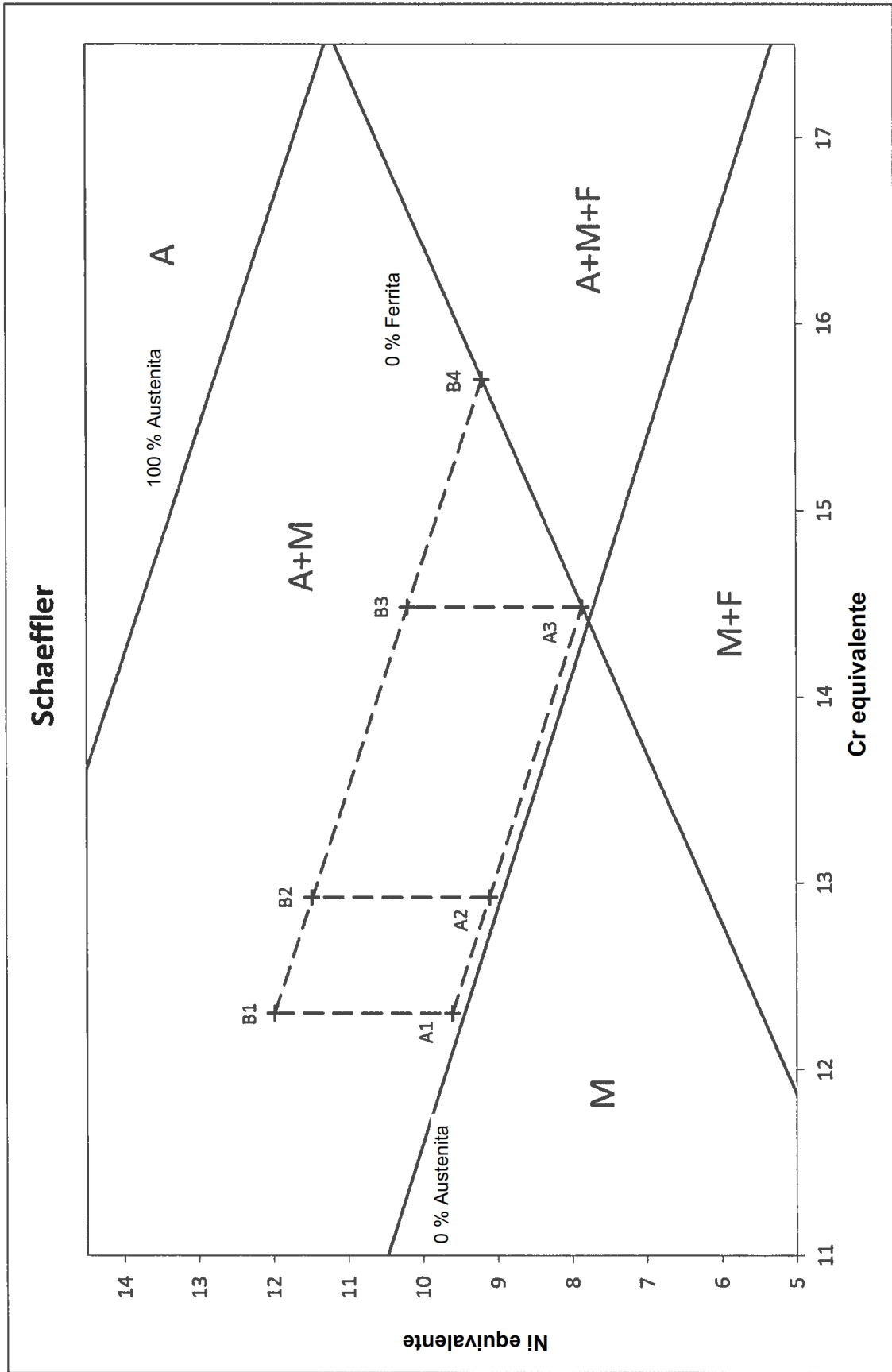
5

	Cr _{eq}	Ni _{eq}
A2	12,923	9,105
B2	12,923	11,479
B3	14,482	10,200
A3	14,482	7,864

14.- Uso del acero inoxidable martensítico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13 para la fabricación de una varilla de perforación.

10 15.- Una varilla de perforación que comprende el acero inoxidable martensítico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.

FIGURA 1



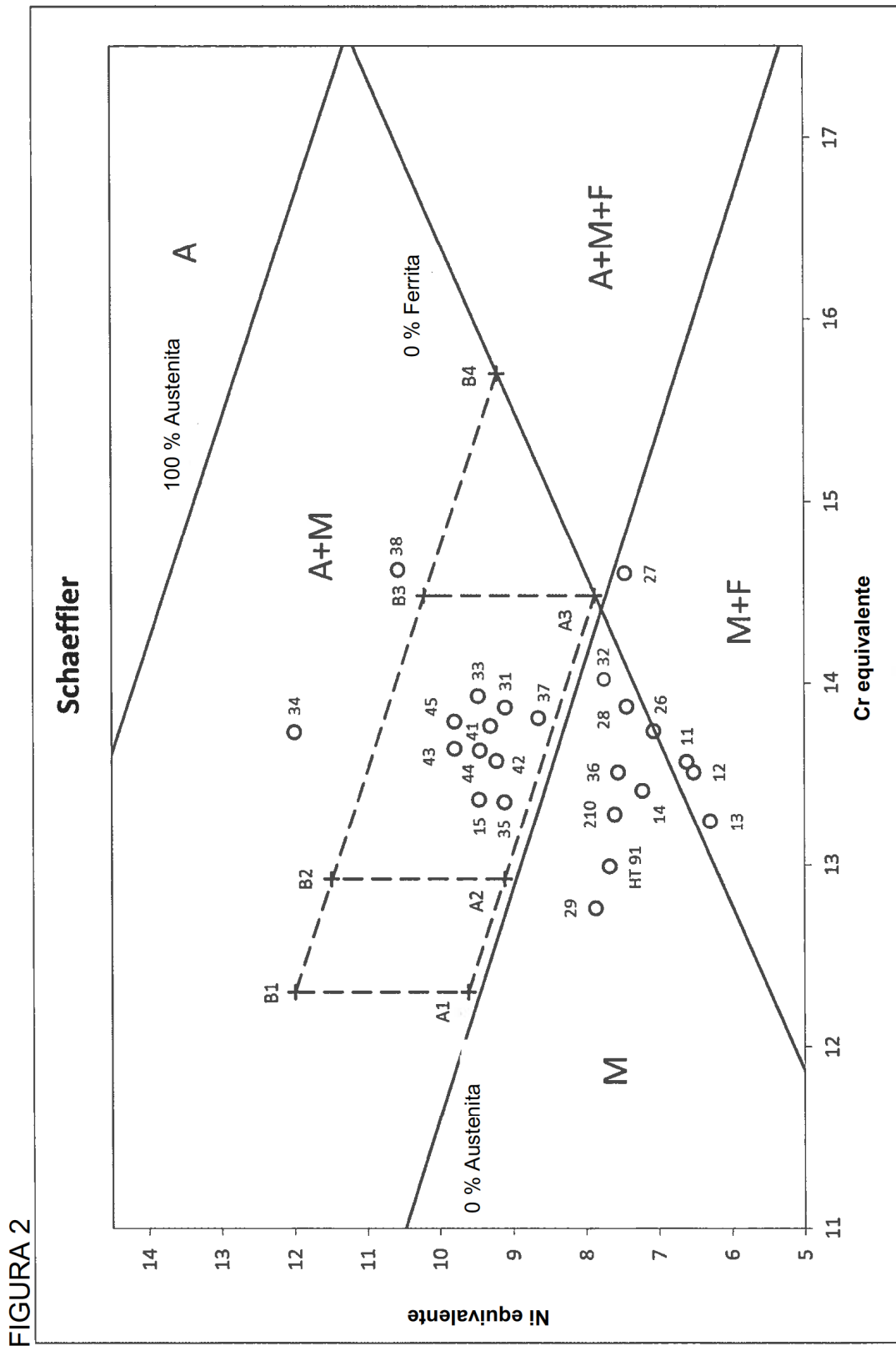


FIGURA 2

FIGURA 3

