

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 770 007**

51 Int. Cl.:

C22C 38/02	(2006.01)	C22C 38/44	(2006.01)	E21B 4/02	(2006.01)
C21D 1/18	(2006.01)	C22C 38/46	(2006.01)		
C21D 1/58	(2006.01)	C22C 38/48	(2006.01)		
C22C 38/04	(2006.01)	C21D 9/00	(2006.01)		
C22C 38/06	(2006.01)	F16C 3/02	(2006.01)		
C22C 38/08	(2006.01)	C22C 38/00	(2006.01)		
C22C 38/10	(2006.01)	C22C 38/14	(2006.01)		
C22C 38/12	(2006.01)	C22C 38/50	(2006.01)		
C22C 38/16	(2006.01)	C21D 9/28	(2006.01)		
C22C 38/42	(2006.01)	C21D 1/25	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.09.2016 PCT/US2016/054049**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **06.04.2017 WO17058835**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.09.2016 E 16779282 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.11.2019 EP 3356570**

54 Título: **Aleación de acero con resistencia alta, alta tenacidad al impacto y excelente resistencia a la fatiga para aplicaciones de eje de motor al barro**

30 Prioridad:

28.09.2015 US 201562233609 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.06.2020

73 Titular/es:

**CRS HOLDINGS, INC. (100.0%)
1105 North Market Street, Suite 601
Wilmington, DE 19801, US**

72 Inventor/es:

NOVOTNY, PAUL, M.

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 770 007 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

Aleación de acero con resistencia alta, alta tenacidad al impacto y excelente resistencia a la fatiga para aplicaciones de eje de motor al barro

Antecedentes de la invención**5 Campo de la invención**

La presente invención se refiere en general a una aleación de acero que proporciona una combinación única de resistencia, tenacidad y resistencia a la fatiga. Más en particular, la invención se refiere a un artículo útil hecho del acero, así como a un método de fabricación del artículo.

Descripción de la técnica relacionada

- 10 La perforación direccional de pozos petroleros a menudo requiere el uso de motores de lodo. Un motor de lodo (o motor de perforación) es una bomba de desplazamiento positivo de cavidad progresiva (PCPD) colocada en la columna de perforación para proporcionar potencia adicional a la broca durante la perforación. La bomba PCPD usa fluido de perforación (habitualmente conocido como lodo de perforación, o simplemente lodo) para crear un movimiento excéntrico en la sección de potencia del motor que se transfiere como potencia concéntrica a la broca a través del eje del motor de lodo y una junta homocinética constante. Debido a que la broca encuentra depósitos de dureza y resistencia variables durante la operación de perforación, la transferencia del movimiento excéntrico como potencia concéntrica a través del eje requiere un material de eje fuerte que tenga una gran tenacidad al impacto, así como una buena resistencia a la fatiga por flexión giratoria. El material de elección de la corriente es la aleación 4330 V que se sabe que proporciona un límite elástico (Y.S) de aproximadamente 150 ksi (1.034 MPa) y una energía Charpy de impacto con entalla en V (CVN IE) de aproximadamente 40 pies-libras. (54,2 J) a temperatura ambiente.

Hasta hace poco, el material del eje 4330 V era aceptable. Ahora, con la perforación de pozos más profundos en diferentes depósitos, como el esquisto, ha surgido la necesidad de un material de eje más resistente con mejor tenacidad que el proporcionado por la aleación 4330 V.

- 25 PTL 1 desvela un artículo de acero, a saber, un eje, cuya aleación de acero tiene una combinación de resistencia, tenacidad y resistencia a la fatiga y que comprende en % en masa, C: 0,1-0,8 %; Mn: 0,2-3 %; Si: 0,05-2,5 %; Al: 0,005-0,1 %; N:0,001-0,02 %; además opcionalmente Cr: 0,t-2 %; Ni: (0,1-2 %; Mo: 0,1-2 % Cu: 0,1-2 %; v: 0,05-0,5 %; Nb: 0,01-0,1 %; Ti: 0,003-0,05 %; y el resto es hierro e impurezas habituales.

PTL 1: documento JP 2006 111962 A

Sumario de la invención

- 30 La necesidad descrita anteriormente se realiza en gran medida mediante una aleación de acuerdo con la presente invención. De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona una aleación de acero de resistencia alta, alta tenacidad al impacto que tiene las siguientes composiciones de porcentaje en peso amplio y preferente.

Elemento	Ancho	Intermedio	Preferido
C	0,15-0,30	0,18-0,27	0,21-0,24
Mn	1,7-2,3	1,8-2,2	1,95-2,05
Si	0,7-1,1	0,8-1,0	0,85-0,95
Cr	1,85-2,35	1,95-2,25	2,05-2,15
Ni	0,5-0,9	0,6-0,8	0,65-0,75
Mo+1/2W	0,1-0,3	0,15-0,25	0,18-0,22
Cu	0,3-0,7	0,4-0,6	0,45-0,55
V+5/9×Nb	0,2-0,5	0,25-0,45	0,30-0,40
Fe	Resto	Resto	Resto

- 35 En el resto se incluyen las impurezas habituales que se encuentran en las calidades comerciales de aleaciones de acero producidas para un uso similar y pequeñas cantidades de otros elementos retenidos de las adiciones desoxidantes y/o desulfurantes durante la fusión.

La tabulación anterior se proporciona como un resumen conveniente y no tiene la intención de restringir los valores inferiores y superiores de los intervalos de los elementos individuales para su uso en combinación entre sí, o para

restringir los intervalos de los elementos para su uso únicamente en combinación uno con otro. Por consiguiente, uno o más de los intervalos se pueden usar con uno o más de los otros intervalos para los elementos restantes. Además, un mínimo o máximo para un elemento de una composición amplia o preferida se puede usar con el mínimo o máximo para el mismo elemento en otra composición preferida o intermedia. En el presente documento y a lo largo de esta especificación, el término "porcentaje" o el símbolo "%" significa porcentaje en peso o porcentaje en masa, a menos que se especifique de otra manera.

La aleación según la presente invención proporciona un Y.S. a temperatura ambiente de al menos aproximadamente 180 ksi (1241 MPa) en combinación con una CVN IE a temperatura ambiente de al menos aproximadamente 25 pies-libras (33,9 J). La aleación también es capaz de proporcionar una CVN IE a temperatura ambiente de hasta aproximadamente 60 pies-libra (81,3 J), lo que representa un aumento del 20 % en el Y.S. y 50 % en la CVN IE en comparación con la aleación 4330 V. La aleación de esta invención también proporciona una muy buena resistencia a la fatiga, representada por una tensión de desgaste de fatiga en flexión rotatoria de 90 ksi (620,5 MPa) a 10 millones de ciclos.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un artículo de aleación de acero endurecido y templado que tiene una combinación novedosa de Y.S., CVN IE, y resistencia a la fatiga. En una realización preferida, el artículo comprende una unidad de control de la transmisión para un motor de lodo. La unidad de control de la transmisión incluye un eje y una junta homocinética constante. El artículo está formado por una aleación que tiene cualquiera de las composiciones de porcentaje en peso amplio, intermedio o preferido establecidas anteriormente. El artículo según este aspecto de la invención se caracteriza además por estar endurecido y luego templado a una temperatura de aproximadamente 400 °F a 600 °F (204,4 °C a 315,6 °C). Como alternativa, el artículo puede ser sometido a temple austenítico para proporcionar otras combinaciones de Y.S. y CVN IE para aplicaciones que no requieren un límite elástico de al menos 180 ksi (1241 MPa).

De acuerdo con un aspecto adicional de la presente invención, se proporciona un método para hacer una unidad de control de la transmisión para un motor de lodo de perforación de desplazamiento positivo.

Breve descripción de los dibujos

La siguiente descripción detallada se entenderá mejor cuando se lea en relación con los dibujos, en los que:

la figura 1 es una vista esquemática de un motor de lodo y una broca utilizada en una columna de perforación subterránea (derivada de Graber, K.K., Pollard, E., Jonasson, B. y Schulte, E. (Eds.), 2002. Overview of Ocean Drilling Program Engineering Tools and Hardware. ODP Tech. Nota 31. doi:10.2973/odp.tn.31.2002);

la figura 2 es un gráfico de la energía de impacto con entalla en V Charpy en función de la temperatura de prueba para los datos presentados en la Tabla IV; y

la figura 3 es un gráfico S-N del esfuerzo aplicado en función del número de ciclos a fracturar para los datos de fatiga en flexión rotatoria de R. R. Moore presentados en la Tabla V.

Descripción detallada

La aleación según la presente invención contiene al menos aproximadamente 0,15 %, mejor aún, al menos 0,18 % y, preferentemente al menos aproximadamente 0,21 % de carbono. El carbono contribuye a la capacidad de resistencia y dureza que proporciona la aleación. El carbono también es beneficioso para la resistencia al temple de esta aleación. Demasiado carbono afecta negativamente a la tenacidad proporcionada por la aleación. Por lo tanto, el carbono está restringido a no más de aproximadamente 0,30 % y, mejor aún, a no más de aproximadamente 0,27 %. Preferentemente, la aleación contiene no más de aproximadamente 0,24 % de carbono para una buena tenacidad a niveles más altos de resistencia y dureza.

Al menos aproximadamente 1,7 %, mejor aún, al menos aproximadamente 1,8 % y, preferentemente, al menos aproximadamente 1,95 % de manganeso está presente en esta aleación, principalmente para desoxidar la aleación. Se ha descubierto que el manganeso también beneficia la alta resistencia y tenacidad que proporciona la aleación. Si hay demasiado manganeso presente, puede producirse una cantidad indeseable de austenita retenida durante el endurecimiento y el temple de manera que la alta resistencia proporcionada por la aleación se ve afectada negativamente. Por lo tanto, la aleación puede contener hasta aproximadamente 2,3 % o 2,2 % de manganeso. Preferentemente, la aleación contiene no más de aproximadamente 2,05 % de manganeso.

El silicio beneficia la endurecibilidad y la resistencia al temple de esta aleación. Por lo tanto, la aleación contiene al menos aproximadamente 0,7 % de silicio, mejor aún, al menos aproximadamente 0,8 %, de silicio, y, preferentemente, al menos aproximadamente 0,85 % de silicio. Demasiado silicio afecta negativamente a la dureza, la resistencia y la ductilidad de la aleación. Para evitar tales efectos adversos, el silicio está restringido a no más de aproximadamente 1,1 %, mejor aún, a no más de aproximadamente 1,0 % y, preferentemente, a no más de aproximadamente 0,95 % en esta aleación.

La aleación según la presente invención contiene al menos aproximadamente 1,85 % de cromo porque el cromo contribuye a la buena endurecibilidad, alta resistencia y resistencia al temple proporcionada por la aleación. Preferentemente, la aleación contiene al menos aproximadamente 1,95 % y, mejor aún, al menos aproximadamente 2,05 % de cromo. Más de aproximadamente 2,35 % de cromo en la aleación afecta negativamente a la tenacidad al impacto y la ductilidad que proporciona la aleación. Preferentemente, el cromo está restringido a no más de aproximadamente 2,25 % y, para mejores resultados, a no más de aproximadamente 2,15 % en esta aleación.

El níquel es beneficioso para la buena tenacidad proporcionada por la aleación según la presente invención. Por lo tanto, la aleación contiene al menos aproximadamente 0,5 % de níquel y, mejor aún, al menos aproximadamente 0,6 % de níquel. Preferentemente, la aleación contiene al menos aproximadamente 0,65 % de níquel. El beneficio proporcionado por grandes cantidades de níquel afecta negativamente al coste de la aleación sin proporcionar una ventaja significativa. Para limitar el coste al alza de la aleación, la aleación contiene no más de aproximadamente 0,9 %, mejor aún, a no más de aproximadamente 0,8 % y, preferentemente, a no más de aproximadamente 0,75 % de níquel.

El molibdeno es un formador de carburos que es beneficioso para la resistencia al temple proporcionada por esta aleación. La presencia de molibdeno aumenta la temperatura de templado de la aleación de tal manera que se logra un efecto de endurecimiento secundario cuando la aleación se temple a aproximadamente 450 °F a 600 °F (232,2 °C a 315,6 °C). El molibdeno también contribuye a la resistencia y la tenacidad al impacto que proporciona la aleación. Los beneficios proporcionados por el molibdeno se obtienen cuando la aleación contiene al menos aproximadamente 0,1 % de molibdeno, mejor todavía, al menos aproximadamente 0,15 % y, preferentemente, al menos aproximadamente 0,18 % de molibdeno. Como el níquel, el molibdeno no proporciona una ventaja creciente en las propiedades en relación con el coste adicional significativo de grandes cantidades de molibdeno. Por esa razón, la aleación contiene no más de aproximadamente 0,3 % de molibdeno, mejor aún, no más de aproximadamente 0,25 % de molibdeno, preferentemente no más de aproximadamente 0,22 % de molibdeno. El tungsteno puede ser sustituido por parte o la totalidad del molibdeno en esta aleación. Cuando están presentes, el tungsteno puede ser sustituido por molibdeno en una relación de 2:1.

Esta aleación contiene al menos aproximadamente 0,30 % de cobre, lo que contribuye a la endurecibilidad y la resistencia al impacto de la aleación. La aleación puede contener al menos aproximadamente 0,4 % de cobre y, preferentemente, contiene al menos aproximadamente 0,45 % de cobre. Demasiado cobre puede provocar la precipitación de una cantidad indeseable de cobre libre en la matriz de la aleación, lo que puede afectar negativamente a la tenacidad de la aleación. Por lo tanto, no más de aproximadamente 0,7 %, mejor todavía, no más de aproximadamente 0,6 % y, preferentemente, no más de aproximadamente 0,55 % de cobre está presente en esta aleación.

El vanadio contribuye a la alta resistencia y buena endurecibilidad que proporciona esta aleación. El vanadio también es un formador de carburos y promueve la formación de carburos que ayudan a proporcionar refinamiento de grano en la aleación. Los carburos de vanadio también benefician la resistencia al temple y la capacidad de endurecimiento secundario de la aleación. Por esas razones, la aleación contiene preferentemente al menos aproximadamente 0,20 % de vanadio. La aleación puede contener al menos aproximadamente 0,25 % de vanadio y, preferentemente, contiene al menos aproximadamente 0,30 % de vanadio. Demasiado vanadio afecta negativamente a la resistencia de la aleación debido a la formación de grandes cantidades de carburos en la aleación que agota el carbono del material de la matriz de la aleación. Por consiguiente, la aleación puede contener no más de aproximadamente 0,5 % de vanadio y, mejor aún, no más de aproximadamente 0,45 % de vanadio. Preferentemente, la aleación contiene no más de aproximadamente 0,40 % de vanadio. El niobio se puede sustituir por parte o la totalidad del vanadio en esta aleación porque, como el vanadio, el niobio se combina con el carbono para formar carburos M_4C_3 que benefician a la resistencia al temple y la endurecibilidad de la aleación. Cuando están presentes, el niobio se puede sustituir por vanadio en una relación de 1,8:1.

Esta aleación también puede contener una cantidad residual de calcio, hasta aproximadamente 0,05 %, que se retiene de las adiciones durante la fusión de la aleación para ayudar a eliminar el azufre y, por lo tanto, beneficia a la tenacidad al impacto proporcionada por la aleación. Preferentemente, la aleación contiene no más de aproximadamente 0,02 % o 0,01 % de calcio y puede contener tan poco como 0,005 % de calcio.

Puede estar presente una pequeña cantidad de titanio a un nivel residual de hasta aproximadamente 0,05 % de las adiciones de desoxidación durante la fusión. Sin embargo, la aleación contiene, preferentemente, no más de aproximadamente 0,025 % o no más de aproximadamente 0,01 % de titanio. Hasta aproximadamente 0,05 % de aluminio también puede estar presente en la aleación por adiciones de desoxidación durante la fusión. Preferentemente, la aleación contiene no más de aproximadamente 0,025 % o no más de aproximadamente 0,015 % de aluminio.

El equilibrio de la aleación es esencialmente hierro y las impurezas habituales que se encuentran en las calidades comerciales de aleaciones y aceros similares. En este sentido, la aleación puede contener hasta aproximadamente 0,025 % de fósforo. Preferentemente, la aleación contiene no más de aproximadamente 0,01 %, y, mejor aún, no

más de aproximadamente 0,005 % de fósforo. Hasta aproximadamente 0,025 % de azufre también puede estar presente en la aleación. Preferentemente, la aleación contiene no más de aproximadamente 0,001 % y, mejor aún, no más de aproximadamente 0,0005 % de azufre. El cobalto también se considera una impureza en esta aleación. Sin embargo, la aleación puede contener hasta aproximadamente 0,25 % de cobalto. Preferentemente, la aleación
5 contiene no más de aproximadamente 0,05 % o no más de aproximadamente 0,02 o 0,01 % de cobalto.

La aleación según la presente invención está equilibrada para proporcionar un alto límite elástico y tenacidad al impacto en la condición endurecida y templada. En este sentido, la composición preferente se equilibra para proporcionar un límite elástico de al menos aproximadamente 180 ksi (1241 MPa) en combinación con una buena tenacidad como lo indica una energía de impacto con entalla en V Charpy de al menos aproximadamente 25 pies-
10 libra (33,9 J) y hasta aproximadamente 60 pies-libra (81,3 J) y más alta a temperatura ambiente.

La fusión y fundición primarias de la aleación se realizan, preferentemente, con fusión por inducción al vacío (VIM). Cuando se desee, en cuanto a aplicaciones críticas, la aleación se puede refinar mediante refusión por arco al vacío (VAR). La fusión primaria también puede realizarse mediante fusión por arco al aire (ARC) o en un horno de oxígeno básico (BOF), si se desea. Después de la fusión, la aleación se puede refinar mediante refusión por electroescorias (ESR) o VAR. Además, la aleación se puede producir utilizando técnicas de pulvimetalurgia.
15

La aleación de la presente invención se trabaja preferentemente en caliente desde una temperatura de hasta aproximadamente 2100 °F (1148,9 °C) y, preferentemente, a aproximadamente 1800 °F (982,2 °C) para formar una forma de producto intermedio, en particular, formas alargadas, tales como palanquillas y barras. La aleación puede tratarse térmicamente austenizando a aproximadamente 1585 °F (862,8 °C) a aproximadamente 1735 °F (946,1 °C), preferentemente a aproximadamente 1635-1660 °F (890,6-904,4 °C), durante aproximadamente 1-2 horas. A continuación, la aleación se enfría con aire o se enfría con aceite a partir de la temperatura de austenización. Cuando se desee, la aleación puede tratarse con calor al vacío y enfriarse con gas. La aleación se temple, preferentemente, a aproximadamente 450-550 °F (232,2-287,8 °C) durante aproximadamente 2-3 horas y luego se enfría con aire. La aleación puede templarse a hasta 600 °F (315,6 °C) cuando se puede aceptar una resistencia más baja.
20
25

La aleación de la presente invención es útil en una amplia gama de aplicaciones, principalmente ejes de control de la transmisión y juntas homocinéticas constantes utilizadas en motores de lodo para cadenas de perforación subterráneas. Una realización de un dispositivo de motor de lodo 10 se muestra en la Figura 1. El dispositivo 10 de motor de lodo incluye una sección 12 de bomba PCPD. La sección de bomba PCPD incluye un rotor 14 dispuesto para rotación dentro de un estator 16 de la manera conocida. Una sección de transmisión de potencia 18 está conectada al lado de la broca del rotor de la bomba PCPD. La sección de transmisión de potencia incluye un eje de control 20 que está conectado en un extremo a la bomba PCPD y en el otro extremo a la broca 22. Un conjunto de cojinete 24 puede interponerse alrededor del eje de control 20. El eje de control 20 está conectado al rotor 14 de la bomba PCPD y a la broca 22 con juntas homocinéticas constantes de la manera conocida. El eje de control 20 y las juntas de homocinética constante están sujetas a tensiones significativas cuando la broca encuentra depósitos muy duros en el terreno de perforación. Para soportar tales tensiones y resistir la deformación, el eje de control y la junta homocinética constante se fabrican con la aleación de acero descrita anteriormente.
30
35

El eje de control del motor de lodo según la presente invención está formado a partir de una forma de producto intermedio de la aleación, preferentemente barra redonda o varilla. La forma intermedia se mecaniza al tamaño de diámetro deseado y luego se endereza si es necesario. Las formas mecanizadas se cortan a la longitud adecuada para el eje de control de la sección de transmisión de un motor de lodo. A continuación, los ejes se endurecen y templan como se ha descrito anteriormente.
40

Se contempla que la aleación de la presente invención también puede ser útil para otros componentes de perforación, incluidos los ejes flexibles, mandriles de percutor de perforación, herramientas de choque y otras herramientas de fondo de pozo que requieren una combinación de alto límite elástico y buena tenacidad al impacto.
45

EJEMPLOS DE TRABAJO

Para demostrar la combinación de propiedades proporcionadas por la aleación de la presente invención, se fundieron y vertieron dos cargas VIM de 35 libras (15,9 kg). Las cargas se forjaron en barras de 0,625 pulgadas cuadradas (4,03 cm²) y luego se procesaron en especímenes con tracción longitudinal estándar, impacto CVN transversal de longitud estándar (L-T), de fatiga longitudinal estándar y cubos estándar para pruebas de dureza Rockwell. La Tabla I contiene los análisis químicos finales de VIM en porcentaje en peso para las dos cargas experimentales.
50

TABLA I

<u>N.º de carga</u>	<u>C</u>	<u>Mn</u>	<u>Si</u>	<u>P</u>	<u>S</u>	<u>Cr</u>	<u>Ni</u>	<u>Mo</u>	<u>Cu</u>	<u>V</u>	<u>Ti</u>	<u>Al</u>	<u>Fe</u>
2647	0,22	2,03	0,89	<0,005	<0,001	2,10	0,68	0,21	0,50	0,35	<0,001	0,01	Resto
2648	0,22	2,04	0,87	<0,005	<0,001	2,10	0,68	0,21	0,50	0,35	<0,001	0,01	Resto

Se realizó un estudio de tratamiento térmico en muestras de prueba tomadas de la carga n.º 2647. Se prepararon especímenes de CVN IE a tracción y duplicados a partir del lingote de aleación y se les dieron los nueve tratamientos térmicos (HT) que se muestran en la Tabla II a continuación. Las muestras de prueba se austenizaron en un horno de lecho fluidizado durante 1,5 horas a las temperaturas indicadas. Los especímenes de prueba se enfriaron en aceite desde la temperatura de austenización hasta la temperatura ambiente, se templaron durante 2 horas a las temperaturas indicadas y luego se enfriaron al aire desde la temperatura de templado hasta la temperatura ambiente. Los resultados que se muestran en la Tabla II incluyen el límite elástico de compensación del 0,2 % (Y.S.) y la resistencia a la tracción máxima (U.T.S.) en ksi (MPa), el porcentaje de alargamiento (% El), la reducción porcentual es el área (% R.A.), la energía de impacto con entalla en V Charpy (CVN) en libras-pie (J) y la dureza promedio de la escala C de Rockwell (HRC) para cada muestra analizada. También se indican las propiedades promedio de tracción y CVN para cada tratamiento térmico. La prueba CVN IE se realizó de acuerdo con el Procedimiento de prueba de la norma ASTM E23-12C.

TABLA II

H.T.	Temperatura de austenización	Temperatura de templado	Muestra N.º	Y.S.	U.T.S.	% EI.	% R.A.	CVN	HRC
A	1635 °F	450 °F	1	176,3 (1215,5)	219,6 (1514)	16,0	62,3	66,4 (90,0)	
			2	184,3 (1270,7)	222,5 (1534,1)	16,4	60,4	72,8 (98,7)	
			Prom.	180,3 (1243,1)	221,1 (1524,4)	16,2	61,3	69,6 (94,4)	45,5
B	1635 °F	500 °F	1	188,6 (1300,4)	223,0 (1537,5)	13,7	58,8	65,8 (89,2)	
			2	184,8 (1274,2)	223,0 (1537,5)	14,6	59,3	74,6 (101,1)	
			Prom.	186,7 (1287,3)	223,0 (1537,5)	14,1	59,0	70,2 (95,2)	45,0
C	1635 °F	550 °F	1	188,8 (1301,7)	223,2 (1538,9)	15,0	60,8	67,6 (91,6)	
			2	188,8 (1301,7)	223,2 (1538,9)	15,0	60,8	71,1 (96,4)	
			Prom.	188,8 (1301,7)	223,2 (1538,9)	15,0	60,8	69,4 (94,1)	44,7
D	1660 °F	450 °F	1	184,6 (1272,7)	226,3 (1560,3)	15,2	60,8	70,3 (95,3)	
			2	180,6 (1245,2)	222,9 (1536,8)	15,3	60,3	71,1 (96,4)	
			Prom.	182,6 (1258,9)	224,6 (1548,6)	15,2	60,6	70,7 (95,8)	45,5
E	1660 °F	500 °F	1	185,4 (1278,3)	223,8 (1543)	15,2	60,2	70,3 (95,3)	
			2	185,1 (1276,2)	223,4 (1540,3)	14,3	57,7	71,5 (96,9)	
			Prom.	185,2 (1276,9)	223,6 (1541,7)	14,7	58,9	70,9 (96,1)	45,6
F	1660 °F	550 °F	1	181,0 (1247,9)	223,4 (1540,3)	14,6	59,7	64,7 (87,7)	
			2	184,8 (1274,2)	223,0 (1537,5)	14,3	56,7	64,7 (87,7)	
			Prom.	182,9 (1261,1)	223,2 (1538,9)	14,4	58,2	64,7 (87,7)	45,7
G	1685 °F	450 °F	1	177,9 (1226,6)	223,2 (1538,9)	13,7	58,7	73,7 (99,9)	
			2	174,1 (1200,4)	222,3 (1532,7)	14,8	60,7	73,9 (100,2)	
			Prom.	176,0 (1213,5)	222,7 (1535,5)	14,2	59,7	73,8 (100,1)	45,7
H	1685 °F	500 °F	1	180,6 (1245,2)	222,9 (1538,9)	13,3	58,3	72,5 (98,3)	
			2	177,0 (1220,4)	223,1 (1538,2)	14,3	61,3	73,6 (99,8)	
			Prom.	178,8 (1232,8)	223,0 (1537,5)	13,8	59,8	73,1 (99,1)	43,4
I	1685 °F	550 °F	1	180,9 (1247,3)	223,2 (1538,9)	14,3	61,8	68,0 (92,2)	
			2	180,6 (1245,2)	222,9 (1538,9)	13,6	57,8	71,9 (97,5)	
			Prom.	180,7 (1245,9)	223,0 (1537,5)	14,0	59,8	70,0 (94,9)	45,2

5 Una consideración importante para cualquier acero de alta resistencia es si exhibe una temperatura de transición dúctil a frágil (DBTT). Dado que la perforación de petróleo y gas se puede realizar en áreas geográficas que varían ampliamente en temperatura, la DBTT de la aleación para el eje de transmisión del motor de lodo es particularmente de esa aplicación. Por lo tanto, se analizaron muestras de CVN adicionales de las cargas 2647 y 2648 para evaluar la energía de impacto CVN a temperaturas que van desde -40 °F a +150 °F (-40 °C a +65,6 °C). Los resultados se muestran en la Tabla III a continuación, incluido el número de carga para cada muestra de prueba, la temperatura de prueba en °F (°C) (Temp.) y el CVN IE en pies-libras (J) (CVN). Los resultados se representan en la Figura 2.

TABLA III

N.º de carga	Temp.	CVN
2648	150 (65,6)	68,4 (92,7)
2647	68 (20)	67,6 (91,6)
2647	68 (20)	71,1 (96,4)
2648	68 (20)	63,4 (85,9)
2648	68 (20)	66,5 (90,2)
2648	0 (-17,8)	57,8 (78,4)
2648	0 (-17,8)	59,2 (80,3)
2648	-20 (-28,9)	47,9 (64,9)
2647	-20 (-28,9)	53,9 (73,1)
2647	-40 (-40)	52,6 (71,3)
2647	-40 (-40)	53,0 (71,9)

10 Los datos presentados en la Tabla III y la Figura 2 muestran que la aleación de la presente invención esencialmente no tiene una temperatura de transición dúctil a frágil en el intervalo de temperatura probado. Esto significa que la buena tenacidad proporcionada por la aleación de la presente invención se proporciona en un amplio intervalo de temperaturas.

15 Para demostrar la resistencia a la fatiga proporcionada por la aleación según la presente invención, R. R. Se realizó una prueba de flexión en rotación de Moore se realizó en los especímenes de fatiga. Antes de la prueba, los especímenes de fatiga se endurecieron y templaron usando el tratamiento térmico C descrito anteriormente. Los resultados de las pruebas de fatiga en flexión rotatoria se presentan en la Tabla IV a continuación, incluido el esfuerzo aplicado (Esfuerzo) en ksi (MPa) y el número de ciclos (Ciclos) hasta que se fracturó el espécimen. Los datos se representan en la figura 3.

TABLA IV

Sobrecarga	Ciclos
110 (758,4)	57.000
110 (758,4)	213.000
100 (689,5)	224.000
100 (689,5)	2.337.000
90 (620,5)	20.805.000
90 (620,5)	15.801.000

20 Los términos y expresiones que se emplean en la presente especificación se usan como términos de descripción y no de limitación. No hay intención en el uso de tales términos y expresiones de excluir cualquier equivalente de las características mostradas y descritas o partes de las mismas. Se reconoce que son posibles varias modificaciones dentro de la invención descrita y reivindicada en el presente documento.

REIVINDICACIONES

1. Una aleación de acero que comprende, en porcentaje en peso,

C	0,15 a 0,30
Mn	1,7 a 2,3
Si	0,7 a 1,1
Cr	1,85 a 2,35
Ni	de 0,5 a 0,9
Mo+1/2W	0,1 a 0,3
Co	hasta 0,25
Cu	0,3 a 0,7
V+5/9×Nb	0,2 a 0,5
Ti	hasta 0,05
Al	hasta 0,05
Ca	hasta 0,05

y el resto es hierro e impurezas habituales que incluyen no más de 0,025 % de fósforo y no más de 0,025 % de azufre.

5 2. La aleación de acero según la reivindicación 1, que contiene al menos 0,18 % de carbono.

3. La aleación de acero según la reivindicación 1, que contiene al menos 1,8 % de manganeso.

4. La aleación de acero según la reivindicación 1, que contiene al menos 0,8 % de silicio.

5. La aleación de acero según la reivindicación 1, que contiene al menos 1,95 % de cromo.

6. La aleación de acero según la reivindicación 1, que contiene al menos 0,6 % de níquel.

10 7. La aleación de acero según la reivindicación 1, que contiene al menos 0,15 % de Mo + ½W.

8. La aleación de acero según la reivindicación 1, que contiene al menos un 0,25 % (V + (5/9 × Nb)).

9. Una aleación de acero según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 que comprende, en porcentaje en peso,

C	0. 15 a 0,27
Mn	1,8 a 2,2
Si	0,8 a 1,0
Cr	1,95 a 2,25
Ni	0,6 a 0,8
Mo+1/2W	0,15 a 0,25
Cu	0,4 a 0,6
V+5/9×Nb	0,25 a 0,45

10. La aleación de acero según la reivindicación 9, que contiene al menos 0,21 % de carbono.

11. La aleación de acero según la reivindicación 9, que contiene al menos 1,95 % de manganeso.

15 12. La aleación de acero según la reivindicación 9, que contiene al menos 0,85 % de silicio.

13. La aleación de acero según la reivindicación 9, que contiene al menos 2,05 % de cromo.

14. La aleación de acero según la reivindicación 9, que contiene al menos 0,65 % de níquel.

15. La aleación de acero según la reivindicación 9, que contiene al menos 0,18 % de Mo + ½W.

16. La aleación de acero según la reivindicación 9, que contiene al menos un 0,25 % (V + (5/9 × Nb)).

ES 2 770 007 T3

17. La aleación de acero según la reivindicación 9, que contiene no más de 0,02 % de cobalto.
18. Un artículo de acero endurecido y templado formado a partir de una aleación de acero de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho artículo proporciona un límite elástico de al menos aproximadamente 180 ksi (1241 MPa) y una energía de impacto con entalla en V Charpy de al menos aproximadamente 25 pies-libra (33,9 J).
- 5 19. El artículo reivindicado en la reivindicación 18, que comprende un eje para una unidad de control de la transmisión de un motor de lodo de perforación.

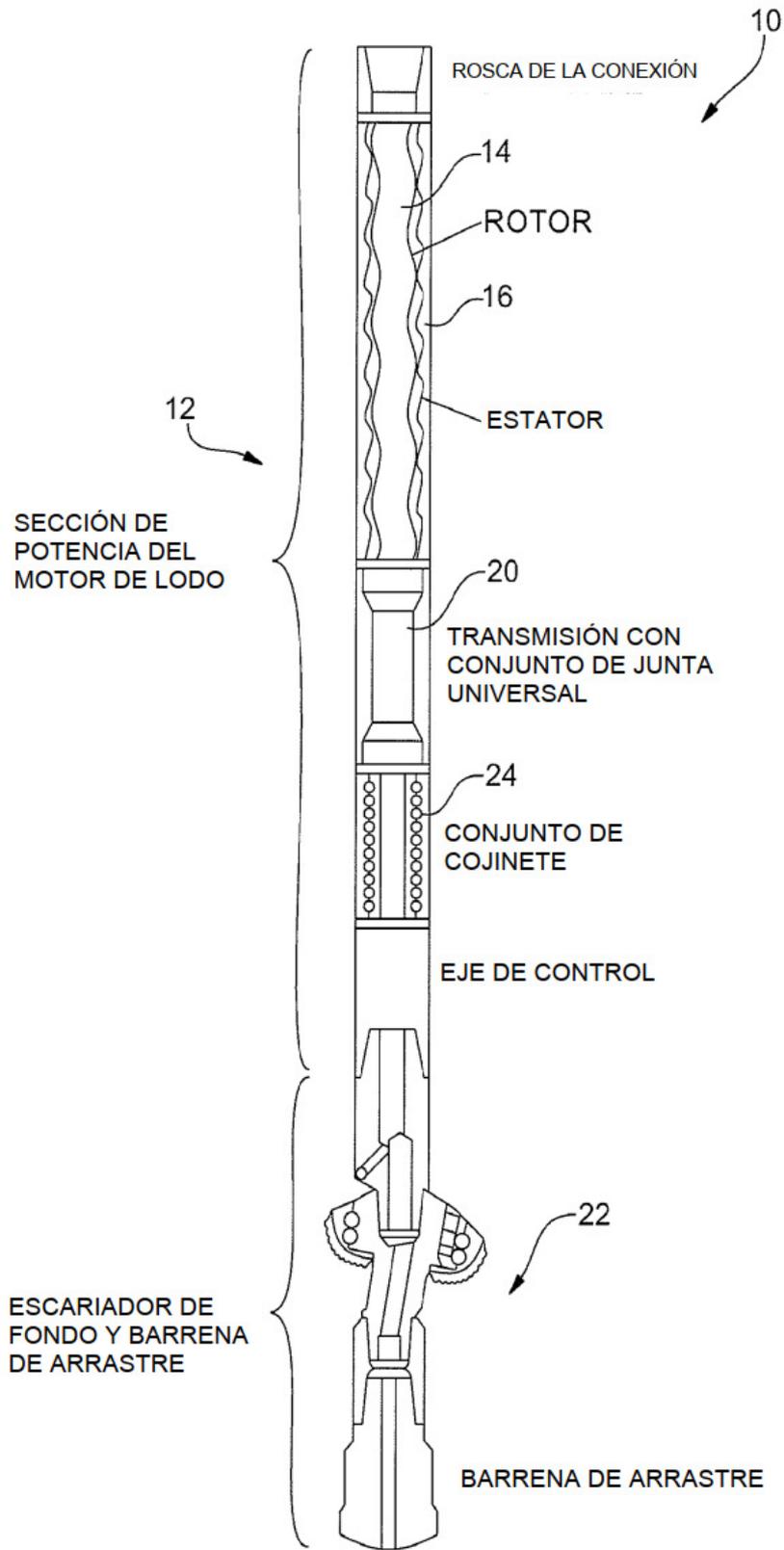


FIG. 1

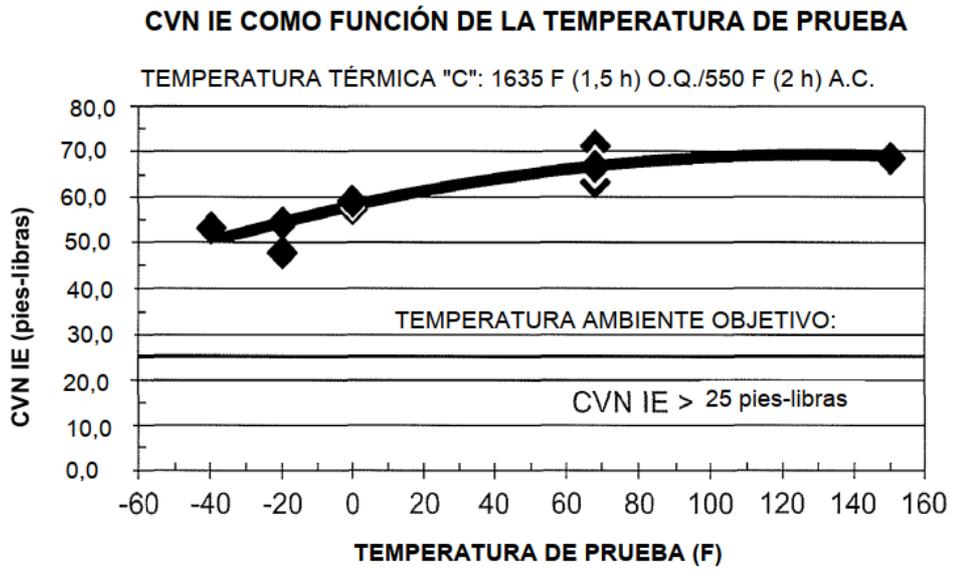


FIG. 2

FATIGA EN FLEXIÓN RORATORIA (R = -1, Kt =1)

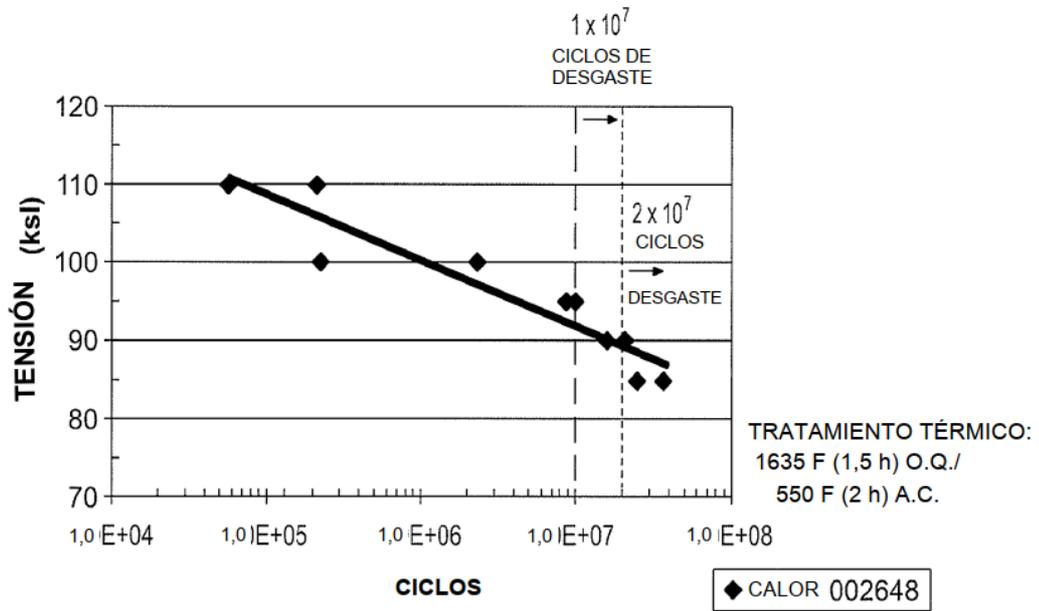


FIG. 3