

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 481 445**

51 Int. Cl.:

C22C 19/05 (2006.01)

C22C 1/06 (2006.01)

C22C 1/10 (2006.01)

C22C 32/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.06.2007 E 07873731 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.05.2014 EP 2032728**

54 Título: **Aleación a base de Ni resistente al desgaste y la corrosión**

30 Prioridad:

16.06.2006 US 814081 P
23.05.2007 US 752584

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.07.2014

73 Titular/es:

ATI PROPERTIES, INC. (100.0%)
1600 N.E. Old Salem Road
Albany, OR 97321 , US

72 Inventor/es:

WOJCIESZYNSKI, ANDRZEJ, L.

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 481 445 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 a base de Ni resistente al desgaste y la corrosión

Descripción de la invención**Campo de la invención**

- 5 La presente solicitud reivindica el beneficio respecto de la solicitud provisional de EE.UU. n° 60/814.081 presentada el 16 de junio de 2006 y la solicitud de patente de EE.UU. n° 11/752.584 presentada el 23 de mayo de 2007, cuyos contenidos se incorporan en la presente memoria por referencia.

La presente invención se refiere a una familia de aleaciones a base de níquel diseñadas para aplicaciones en entornos altamente corrosivos y abrasivos. Más específicamente, la presente invención se refiere a una familia de aleaciones a base de níquel resistentes a la corrosión que contienen una gran fracción en volumen de partículas de carburo que producen resistencia mejorada al desgaste abrasivo. Estas aleaciones se producen fundiendo una composición prescrita en un horno de inducción y atomizando gas para producir partículas en polvo de aleación. A continuación, las partículas en polvo de aleación producidas se consolidan por un procedimiento de prensado isostático en caliente (HIP) para obtener una barra de aleación sólida, o el polvo de aleación puede usarse para HIP/chapado para producir una capa resistente al desgaste/corrosión sobre superficies críticas de componentes que se exponen a entornos abrasivos/corrosivos. El polvo producido también puede aplicarse a superficies críticas para producir una capa resistente al desgaste/corrosión usando procedimientos alternativos, tales como diversos procedimientos de deposición por pulverización, transferencia de plasma, deposición láser, y similares.

Antecedentes de la invención

20 Los avances en las tecnologías de fabricación y el desarrollo de nuevos procedimientos de fabricación producen demandas cada vez mayores de materiales usados para construir maquinaria avanzada para estas exigentes aplicaciones. Muchas aplicaciones implican entornos de servicio complejos y agresivos en los que los componentes y el conjunto de útiles de la máquina se someten a múltiples factores, tales como carga de impacto, intensa corrosión y amplio desgaste. El procesamiento de alimentos secos y el procesamiento de plásticos, es decir, moldeo por inyección de plásticos o extrusión de plásticos, son algunos ejemplos de las aplicaciones más exigentes. Los plásticos modernos frecuentemente contienen adiciones de fibras cerámicas para mejorar sus propiedades funcionales. Estas adiciones de fibras aumentan sustancialmente la abrasividad de los plásticos, presentando un mayor reto a los materiales que se usan para construir los elementos de las máquinas de moldeo por inyección y extrusoras de plásticos, es decir, cilindros, tornillos, puntas de tornillos, válvulas de retorno, etc. Una de las aplicaciones más desafiantes es el procesamiento de fluoropolímeros, tales como TEFZIL, TEFLON, y similares. Para ayudar en la formación de la estructura del polímero apropiada, este procesamiento requiere temperatura elevada y un entorno húmedo. Este entorno produce la formación de ácido fluorhídrico (HF) que es muy corrosivo. Por tanto, en el procesamiento de plásticos de no fluoropolímero pueden formarse algunos ácidos corrosivos orgánicos y/o no orgánicos, que producen un grave entorno corrosivo.

Retos similares necesitan resolverse en la industria del procesamiento de alimentos secos. Todos los alimentos secos son altamente abrasivos debido a su consistencia y dispersión. Los alimentos secos normalmente contienen sal como principal aditivo conservante, que es altamente corrosiva para aleaciones a base de hierro. Por tanto, los ácidos orgánicos, tales como ácido acético frecuentemente presente en alimentos secos, son muy corrosivos para las aleaciones a base de hierro. Los entornos agresivos hacen insatisfactorios los aceros para herramientas resistentes al desgaste habituales para estas aplicaciones, e incluso aceros para herramientas avanzados resistentes al desgaste y la corrosión no proporcionan rendimiento satisfactorio en estas exigentes condiciones.

Materiales comúnmente usados para construir componentes de máquinas de inyección y extrusoras son aceros para herramientas de trabajo en frío resistentes al desgaste tales como CPM® 9V y CPM® 10V, aceros para herramientas resistentes al desgaste y la corrosión tales como CPM® S90V, y aleaciones a base de níquel. Los aceros para herramientas de trabajo en frío habituales tales como CPM® 9V o CPM® 10V, a pesar de su buena resistencia al desgaste, tienen resistencia a la corrosión insuficiente en muchas aplicaciones que implican procesamiento de plásticos o de alimentos secos. En algunas de estas aplicaciones, incluso los aceros para herramientas inoxidables resistentes al desgaste, tales como CPM® S90V, no tienen suficiente resistencia a la corrosión. Las superaleaciones a base de níquel comerciales tienen excelente resistencia a la corrosión y desde el punto de vista de la corrosión rendirían satisfactoriamente en la mayoría de estas aplicaciones. Sin embargo, su deficiencia principal es resistencia inadecuada o carece de resistencia al desgaste. Se han desarrollado varias aleaciones mezclando polvo de aleación a base de níquel, que forma la matriz de la aleación, con partículas duras tales como carburos de tungsteno para mejorar las características de desgaste de la aleación, o "impregnando" un sustrato basado en níquel con partículas duras. Tales técnicas, sin embargo, tienen sus propias limitaciones, siendo las más importantes:

- las partículas de carburo grandes son normalmente angulosas y tienen un efecto perjudicial sobre la dureza del

producto final;

- las partículas duras tienen una tendencia a segregarse tanto durante la mezcla como durante la fusión, produciendo distribución no homogénea de las partículas duras, que producen “zonas blandas” en la microestructura final y características de desgaste no uniformes de la capa protectora.

- 5 El objetivo de la presente invención es proporcionar una aleación a base de níquel resistente al desgaste en la que la resistencia al desgaste pueda lograrse por precipitación “*in situ*” de fases duras, principalmente carburos metálicos, de un metal fundido homogéneo para obtener una distribución uniforme y homogénea de las partículas duras dentro de una matriz homogénea.

Resumen de la invención

- 10 Según la invención, las aleaciones de la invención son aleaciones a base de níquel que contienen una adición de carbono y adiciones de elementos formadores de carburo fuerte tales como cromo, vanadio, tungsteno, molibdeno y titanio. Todos los elementos están equilibrados para permitir la formación de una gran fracción en volumen de carburos de aleación que contienen principalmente vanadio, cromo, titanio y molibdeno. La función primaria de estas partículas de carburo es mejorar las características de desgaste y aumentar la resistencia a la abrasión de las aleaciones de la invención.
- 15 Adicionalmente, los elementos de aleación que quedan en la matriz contribuyen a la dureza de la aleación por refuerzo en disolución sólida y mediante precipitación de fases intermetálicas. Las aleaciones de la invención consisten en los siguientes elementos:

Carbono - está presente en la cantidad del 1,0 - 6,0 %, preferentemente 2,0 - 5,5 %, y su función primaria es formar carburos con los elementos formadores de carburo tales como vanadio, cromo y molibdeno. Otros elementos presentes en menor cantidad, tales como titanio y circonio, pueden disolverse parcialmente en los carburos ricos en vanadio o formar una pequeña cantidad de un carburo separado. No se desea exceso de carbono disuelto en la matriz debido a que segrega a los límites del grano y deteriora la dureza. La cantidad de carbono está estrechamente relacionada con la cantidad de elemento formador de carburos (EFC) mediante la relación:

$$1,1 < \text{EFC}/\text{C} < 2,5$$

- 25 en la que: $\text{EFC} = 0,2 * \% \text{ de V} + 0,25 * \% \text{ de Ti} + 0,06 * \% \text{ de Mo} + 0,063 * \% \text{ de Cr}$; C - cantidad de carbono en la aleación en % en peso;

% de V, % de Ti, % de Mo, % de Cr - cantidad de vanadio, titanio, molibdeno y cromo, respectivamente, en la aleación de la invención en % en peso.

- 30 Cromo - está presente en la cantidad del 14,0 - 25,0 %, preferentemente 16,0 - 22,5 %. Una porción del cromo forma carburos, que contribuyen a la resistencia al desgaste mejorada de las aleaciones. La porción restante del cromo se disuelve en la matriz contribuyendo al refuerzo en disolución sólida. El cromo también forma una delgada capa adherente de óxido sobre la superficie de la aleación, que protege la aleación de entornos corrosivos.

- 35 Vanadio - está presente en la cantidad del 8,0 - 22,0 %, preferentemente 10,0 - 20,0 %. El principal fin de la adición de vanadio es formar carburos de MC duros ricos en vanadio resistentes al desgaste en la que M indica átomos metálicos, principalmente vanadio. También otros átomos metálicos tales como cromo, titanio y molibdeno, que pueden sustituir los átomos de vanadio, pueden repartirse a los carburos de MC, o formar un carburo separado. El vanadio debe estar presente en la cantidad al menos tres veces superior a la cantidad de carbono, es decir, $\% \text{ de V} / \% \text{ de C} > 3$. Menores cantidades de vanadio producen un exceso de carbono disponible para formación de carburos con otros elementos, tales como cromo, titanio y molibdeno, que no se desea. Una adición demasiado pequeña de vanadio produce una fracción en volumen insuficiente de carburos y características de desgaste mediocres de la aleación. Si la adición de vanadio y carbono es excesivamente grande, esto puede producir una excesiva fracción en volumen de carburos, que tienen un efecto perjudicial sobre la característica de dureza de la aleación. Una excesiva fracción en volumen de carburos también aumenta las dificultades de fabricación y deteriora las características de mecanizado y molienda de la aleación.

- 45 Molibdeno - está presente en la cantidad del 6,0 - 15,0 %, preferentemente 8,0 - 13,0 %. Se reparte a los carburos y la matriz. Puede formar carburos M_6C o M_{23}C_6 separados o en las aleaciones con grandes cantidades de vanadio puede disolverse en los carburos de MC. El molibdeno disuelto en la matriz contribuye al refuerzo en disolución sólida.

Cobalto - está presente en la cantidad del 5,0 -14,0 %, preferentemente 6,0-12,0 %. No forma carburos y sigue en la matriz. Los átomos de cobalto pueden sustituirse con átomos de níquel en los precipitados gamma prima (γ').

- 50 Titanio - está presente en la cantidad del 1,0 - 7,0 %, preferentemente 2,5 - 5,0 %. El principal fin del titanio es formar precipitados γ' y proporcionar el refuerzo de la matriz. Sin embargo, el titanio también es un elemento formador de carburo fuerte y una gran porción de titanio se enlaza con carbono debido al carbono disponible. Debido a esto, el contenido de titanio en las aleaciones de la invención es relativamente alto en comparación con el contenido de titanio de

superalaciones a base de Ni comerciales.

Aluminio - está presente en la cantidad del 1,0 - 4,0 %, preferentemente 1,0 - 2,5 %, y su función primaria es formar precipitados γ' y reforzar la matriz de la aleación. También forma una capa de óxido adherente a temperaturas elevadas que ayuda a proteger la aleación a estas temperaturas.

- 5 Circonio - puede estar presente en la cantidad de hasta el 2,0 %, preferentemente hasta el 1,5 %. Es un formador de carburo fuerte y se combina con carbono. La porción restante tiende a segregarse a los límites de grano.

Silicio - puede estar presente en la cantidad de hasta el 1,0 %, preferentemente no más del 0,5 %. Es un desoxidante fuerte y debe considerarse un elemento residual resultante del procedimiento de fusión.

- 10 Níquel - resto. Es el principal elemento de la matriz que proporciona las propiedades clave de la aleación, principalmente la dureza a temperatura elevada. También forma los precipitados γ' que contribuyen a la dureza de la aleación.

Todos los porcentajes son porcentaje en peso.

Debe entenderse que tanto la anterior descripción general como la siguiente descripción detallada son a modo de ejemplo y explicativas solo y no son restrictivas de la invención, como se reivindica.

- 15 Los dibujos adjuntos, que se incorporan en y constituyen una parte de la presente memoria descriptiva, ilustran varias realizaciones de la invención y junto con la descripción sirven para explicar los principios de la invención.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1(a) muestra la microestructura grabada (aumento de 200X) de una aleación de la invención y específicamente la aleación WR-11;

- 20 La Figura 1(b) muestra la microestructura grabada (aumento de 1000X) de una aleación de la invención y específicamente la aleación WR-11;

La Figura 2(a) muestra la microestructura grabada (aumento de 200X) de una aleación de la invención y específicamente la aleación WR-9;

La Figura 2(b) muestra la microestructura grabada (aumento de 500X) de una aleación de la invención y específicamente la aleación WR-9;

- 25 La Figura 3(a) muestra la microestructura de SEM (aumento de 100X) de una aleación de la invención y específicamente la aleación WR-12;

La Figura 3(b) muestra la imagen de SEM de electrones retrodispersados de la microestructura (aumentos de 1000X) de una aleación de la invención y específicamente la aleación WR-13.

Descripción de la realización

- 30 Ahora se hará referencia en detalle a las presentes realizaciones a modo de ejemplo de la invención, ejemplos de las cuales se ilustran en los dibujos adjuntos.

Química

Tabla 1

ALEACIONES A BASE DE Ni RESISTENTES AL DESGASTE Y LA CORROSION DE LA INVENCION												
ID de aleación	ID de barra	Ni	Cr	V	Mo	Co	Ti	Al	Zr	Si	Mn	C
WR-9	01-184	resto	21,73	13,83	11,07	7,31	4,97	1,88	0,75	0,06		4,49
WR-10	02-173	resto	20,19	19,38	9,40	6,89	4,42	2,06	1,35	0,12		5,25
WR-11	02-259	resto	18,15	10,20	8,75	10,10	3,04	1,46	-	-		2,00
WR-12	02-260	resto	18,18	11,93	8,74	10,00	2,98	1,54	-	-		2,45

(continuación)

ALEACIONES A BASE DE NI RESISTENTES AL DESGASTE Y LA CORROSION DE LA INVENCION												
ID de aleación	ID de barra	Ni	Cr	V	Mo	Co	Ti	Al	Zr	Si	Mn	C
WR-13	02-261	resto	16,77	15,15	8,64	9,23	3,04	1,55	-	-		3,00
WR-14	02-262	resto	22,06	15,82	12,03	7,91	3,49	1,68	-	-		3,74
WR-15	04-033	resto	19,87	12,09	11,93	10,95	3,39	1,45	0,12	0,06		2,38
WR-16	04-034	resto	19,96	12,70	11,91	9,88	3,85	1,36	0,01	0,008		2,75
Aleaciones de referencia de la técnica anterior												
440C		restoFe	17,50	-	0,50	-	-	-	-	0,30	0,50	1,00
CPM®S90V		restoFe	14,00	9,00	1,00	-	-	-	-	0,40	0,50	2,30
Aleación 625		resto	22	4,0 Nb	9	3,0 Fe	0,2	0,2	-	0,3	0,15	0,05

Aleaciones experimentales

Tabla 2

RESISTENCIA AL DESGASTE Y A LA CORROSION DE ALEACIONES DE LA INVENCION Y ALEACIONES DE REFERENCIA					
Aleaciones de la invención					
ID de aleación	ID de barra	Dureza [HRC]	WR [mg]	Pot. de picadura frente a SCE 5 % de NaCl E _{pic} , [mV]	Tasa de corrosión 5 % de HF [mm/año]
WR-9	01-184	61,4	109		0,41
WR-10	02-173	63,4	71		
WR-11	02-259	50,1	424		
WR-12	02-260	51,7	240		
WR-13	02-261	52,9	155	503	0,7
WR-14	02-262	62,7	60	357	0,34
WR-15	04-033	55,2	301		0,4
WR-16	04-034	55,0	284	389	0,43
Aleaciones de referencia					
440C		57,0	646	-220	
CPM® S90V		59,0	84	5	27
Aleación 625		34	3275	--	0,07

- 5 Las composiciones de las aleaciones experimentales se definieron equilibrando cuidadosamente la cantidad de contenido de aleación y carbono. Las aleaciones se diseñaron para proporcionar una cantidad suficiente de carbono para formar carburos primarios. Las composiciones de las aleaciones experimentales se enumeran en la Tabla I. Todas las aleaciones se fundieron en un horno de inducción eléctrico y gas atomizado para producir un polvo prealeado. El polvo producido se

recogió, se tamizó a -16 de fracción de malla, se cargó en recipientes cilíndricos y se consolidó usando prensado isostático en caliente (HIP). Todas las aleaciones se consolidaron satisfactoriamente en barras sólidas de las que se seccionaron probetas de muestra para las pruebas de resistencia a la corrosión y al desgaste. Las pruebas de corrosión y desgaste se realizaron en aleaciones de la invención en la condición HIP sin postratamiento. Una de las ventajas de las aleaciones de la invención es que pueden usarse en la condición HIP sin postratamiento y no requieren tratamiento térmico. Esto puede acortar y simplificar el procedimiento de fabricación entero. Se probaron varias aleaciones como aleaciones de referencia para fines comparativos. Éstas incluyen dos aceros para herramientas resistentes al desgaste y a la corrosión martensíticos, 440C convencional y CPM S90V de metalurgia en polvo. Estas aleaciones se seleccionaron para comparación debido a que son materiales para herramientas típicos frecuentemente usados en aplicaciones para las que pretenden usarse las aleaciones de la invención. Adicionalmente, una superaleación a base de níquel, aleación 625, se incluyó para prueba comparativa debido a que se usa algunas veces en aplicaciones que implican un entorno de HF. Sin embargo, su rendimiento es frecuentemente poco satisfactorio debido a que carece de resistencia al desgaste adecuada.

Las aleaciones de la invención combinan las características de rendimiento de aceros para herramientas basados en hierro y superaleaciones a base de níquel, es decir, las aleaciones de la invención tienen una resistencia al desgaste similar a los aceros para herramientas resistentes al desgaste martensíticos y mantienen la resistencia a la corrosión similar a la de las aleaciones a base de níquel.

Resistencia a la corrosión: Se usaron pruebas potenciodinámicas para evaluar la resistencia a la corrosión de varias aleaciones de la invención y las aleaciones de referencia para comparación. La resistencia a la corrosión por picaduras de las aleaciones se midió en una disolución al 5 % de NaCl. Las pruebas se realizaron según ASTM G5. La resistencia a la corrosión por picaduras de las aleaciones se define por el potencial de picadura (E_{pic}) obtenido de una curva potenciodinámica. Cuanto más positivo sea el potencial de picadura, más resistente será la aleación a la formación de picaduras. Las aleaciones de la invención se probaron en la condición como HIP, las aleaciones de referencia se probaron en una condición de tratamiento térmico típico comúnmente usada para aplicaciones típicas. Los resultados de prueba de las pruebas de corrosión se facilitan en la Tabla II.

Los potenciales de picadura para las aleaciones a base de hierro, 440C y CPM S90V, fueron -220 mV y 5 mV, respectivamente. Los potenciales de picadura para varias de las aleaciones de la invención, es decir, WR-13, WR-14 y WR-16, fueron 503 mV, 357 mV y 389 mV, respectivamente, que indica mucha mejor resistencia a la formación de picaduras de las aleaciones de la invención que los aceros para herramientas resistentes al desgaste/corrosión.

La segunda prueba de corrosión se realizó en 5 % de ácido fluorhídrico (HF). Las pruebas se realizaron según ASTM G59. Las tasas de corrosión, Tabla II, se calcularon a partir de los datos recogidos durante la prueba según ASTM F102. En esta prueba, cuanto menor sea la tasa de corrosión, más resistente será la aleación a la corrosión general. La aleación 625 y CPM S90V se probaron para referencia. La mejor resistencia a la corrosión en la disolución de HF se midió para la aleación 625; su tasa de corrosión fue 0,07 mm/año. La tasa de corrosión en la disolución de HF de las aleaciones de la invención fue 0,34 - 0,7 mm/año. Esta tasa de corrosión es algo superior a la tasa de corrosión de la superaleación a base de Ni, pero es mucho menor que la tasa de corrosión de CPM S90V, que se midió que era 27 mm/año. CPM S90V se considera uno de los mejores aceros para herramientas martensíticos resistentes al desgaste/corrosión comercialmente disponible.

Prueba de desgaste: La resistencia al desgaste se probó usando una prueba abrasiva de ruedas de caucho con arena seca que se usa frecuentemente para probar materiales para aplicaciones tales como moldeo por inyección de plástico, extrusión de plásticos o procesamiento de alimentos. La prueba se realizó según ASTM norma G65, Prueba abrasiva de ruedas de caucho con arena seca. De nuevo, las aleaciones de la invención se probaron en la condición HIP sin postratamiento, y las aleaciones de referencia se trataron en caliente a su dureza de aplicación típica. Los resultados de la prueba se facilitan en la Tabla II. La pérdida de peso por abrasión en la prueba ASTM G65 para acero para herramientas CPM S90V fue 84 mg y para acero para herramientas 440C fue 646 mg. La pérdida de peso por abrasión para las aleaciones de la invención varió de 60 mg a 424 mg, dependiendo de la composición de la aleación y la fracción en volumen de carburos. Las aleaciones con la mayor cantidad de carbono y elementos formadores de carburo (aleaciones WR-9, WR-10, WR-14) tuvieron una menor pérdida de peso y fueron comparables a la pérdida de peso de CPM S90V. Las aleaciones de la invención que contienen menores cantidades de carbono y elementos formadores de carburo tuvieron una pérdida de peso algo mayor, de 155 mg a 424 mg, pero todavía menor que otro acero para herramientas resistente al desgaste/corrosión 440C, para el que la pérdida de peso por abrasión fue 646 mg. La pérdida de peso para la superaleación Aleación 625 fue 3275 mg, al menos un orden de magnitud superior a aquella para las aleaciones de la invención.

Microestructura: La microestructura de las aleaciones de la invención se examinó con microscopios electrónicos ópticos y de barrido (SEM). Los especímenes metalográficos para el examen de microscopio óptico se pulieron y se grabaron con grabador de Beraha. Ejemplos de la microestructura óptica se muestran en la Figura 1 y la Figura 2. La microestructura consiste en partículas de aleación de carburo uniformemente distribuidas en la matriz a base de Ni. La fracción en

volumen de las partículas primarias de carburo depende del contenido de carbono y la cantidad de elementos formadores de carburo, y en las composiciones con la mayor cantidad de carbono y formadores de carburo la fracción en volumen de carburos puede ser de hasta el 55 %. El examen de SEM de la microestructura se realizó sobre especímenes metalográficos en la condición pulida sin postratamiento. Un ejemplo de una microestructura de SEM se muestra en la Figura 3. El análisis de EDS de las partículas de carburo reveló la presencia de tres tipos de carburos:

- rico en titanio-vanadio-molibdeno-cromo;
- rico en vanadio-molibdeno-titanio-cromo, y;
- rico en cromo-molibdeno-vanadio.

Los elementos se enumeran con el fin de disminuir el contenido dentro de un tipo dado de carburo.

Experiencia de fabricación: Las aleaciones de la invención, WR-13 y WR-16, se usaron para producir cilindros de HIP/chapado gemelos para máquinas de moldeo por inyección de plásticos. Ambas aleaciones se aplicaron satisfactoriamente al diámetro interno (DI) de las aberturas del cilindro por prensado isostático en caliente, que produjeron la consolidación completa del polvo y buena unión metalúrgica de la capa de HIP/chapado al sustrato del cilindro. Ambos cilindros se mecanizaron completamente satisfactoriamente a especificaciones originales y se enviaron a un cliente para los ensayos de campo.

Otras realizaciones de la invención serán evidentes para aquellos expertos en la materia a partir de la consideración de la memoria descriptiva y práctica de la invención desvelada en el presente documento. Se pretende que la memoria descriptiva y ejemplos se consideren como a modo de ejemplo solo, siendo el verdadero alcance de la invención indicado por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Una aleación a base de níquel resistente a la corrosión y al desgaste que consiste en, en porcentaje en peso:

carbono - 1 %-6 %;	cromo - 14 %-25 %;	vanadio - 8 %-22 %;
molibdeno - 6 %-15 %;	cobalto - 5 %-14 %;	titanio - 1 %-7 %;
aluminio - 1 %-4 %;	circonio - hasta el 2 %;	silicio - hasta el 1 %;

y el resto níquel e impurezas accidentales.

2. Una aleación a base de níquel resistente a la corrosión y al desgaste que consiste en, en porcentaje en peso:

carbono - 2 %-5,5 %;	cromo - 16 %-22,5 %;	vanadio - 10 %-20 %;
molibdeno - 8 %-13 %;	cobalto - 6 %-12 %;	titanio - 2,5 %-5 %;
aluminio - 1 %-2,5 %;	circonio - hasta el 1,5 %;	silicio - hasta el 0,5 %;

5 y el resto níquel e impurezas accidentales.

3. Una aleación a base de níquel resistente a la corrosión y al desgaste que consiste en, en porcentaje en peso:

carbono - 4 %-5 %;	cromo - 20 %-23 %;	vanadio - 12 %-15 %;
molibdeno - 10 %-12,5 %;	cobalto - 6,5 %-8,0 %;	titanio - 4 %-6 %;
aluminio - 1,5 %-2,5 %;	circonio - hasta el 1,2 %;	silicio - hasta el 0,5 %;

y el resto níquel e impurezas accidentales.

4. Una aleación a base de níquel resistente a la corrosión y al desgaste que consiste en, en porcentaje en peso:

carbono - 5 %-6 %;	cromo - 19 %-21 %;	vanadio - 18 %-20 %;
molibdeno - 8,5 %-10,5 %;	cobalto - 6 %-8 %;	titanio - 4 %-5 %;
aluminio - 1,5 %-2,5 %;	circonio - hasta el 2 %;	silicio - hasta el 0,5 %;

y el resto níquel e impurezas accidentales.

10 5. Una aleación a base de níquel resistente a la corrosión y al desgaste que consiste en, en porcentaje en peso:

carbono - 1,5 %-2,5 %;	cromo - 17 %-19 %;	vanadio - 9,5 %-12 %;
molibdeno - 8 %-10 %;	cobalto - 9 %-11 %;	titanio - 2,5 %-4 %;
aluminio - 1 %-2 %;	circonio - hasta el 0,5 %;	silicio - hasta el 0,5 %;

y el resto níquel e impurezas accidentales.

6. Una aleación a base de níquel resistente a la corrosión y al desgaste que consiste en, en porcentaje en peso:

carbono - 2 %-3 %;	cromo - 17 %-19 %;	vanadio - 11 %-13 %;
molibdeno - 8 %-10 %;	cobalto - 9 %-11 %;	titanio - 2,5 %-4 %;
aluminio - 1 %-2 %;	circonio - hasta el 0,5 %;	silicio - hasta el 0,5 %;

y el resto níquel e impurezas accidentales.

7. Una aleación a base de níquel resistente a la corrosión y al desgaste que consiste en, en porcentaje en peso:

carbono - 2,5 %-3,5 %;	cromo - 15,5 %-18 %;	vanadio - 14 %-16 %;
molibdeno - 8 %-10 %;	cobalto - 8 %-10 %;	titanio - 2,5 %-4 %;
aluminio - 1 %-2 %;	circonio - hasta el 0,5 %;	silicio - hasta el 0,5 %;

y el resto níquel e impurezas accidentales.

8. Una aleación a base de níquel resistente a la corrosión y al desgaste que consiste en, en porcentaje en peso:

carbono - 3,25 %-4,25 %;	cromo - 21 %-23 %;	vanadio - 14 %-16 %;
molibdeno - 11 %-13 %;	cobalto - 7 %-9 %;	titanio - 3 %-4 %;
aluminio - 1 %-2 %;	circonio - hasta el 0,5 %;	silicio - hasta el 0,5 %;

y el resto níquel e impurezas accidentales.

9. Una aleación a base de níquel resistente a la corrosión y al desgaste que consiste en, en porcentaje en peso:

carbono - 2 %-3 %;	cromo - 19 %-21 %;	vanadio - 11 %-13 %;
molibdeno - 11 %-12 %;	cobalto - 10 %-12 %;	titanio - 2,5 %-4 %;
aluminio - 1 %-2 %;	circonio - hasta el 0,5 %;	silicio - hasta el 0,5 %;

5 y el resto níquel e impurezas accidentales.

10. Una aleación a base de níquel resistente a la corrosión y al desgaste que consiste en, en porcentaje en peso:

carbono - 2,25 %-3,25 %;	vanadio - 12 %-14 %;	cromo -19 %-21 %;
molibdeno - 11 %-13 %;	cobalto - 9 %-11 %;	titanio - 3 %-4,5 %;
aluminio - 1 %-2 %;	circonio - hasta el 0,5 %;	silicio - hasta el 0,5 %;

y el resto níquel e impurezas accidentales.

11. Las aleaciones a base de níquel resistentes al desgaste y a la corrosión de las reivindicaciones 1-10 producidas por atomización de gas del fundido prealeado y que contienen 10-55 % de carburos de aleación primarios.

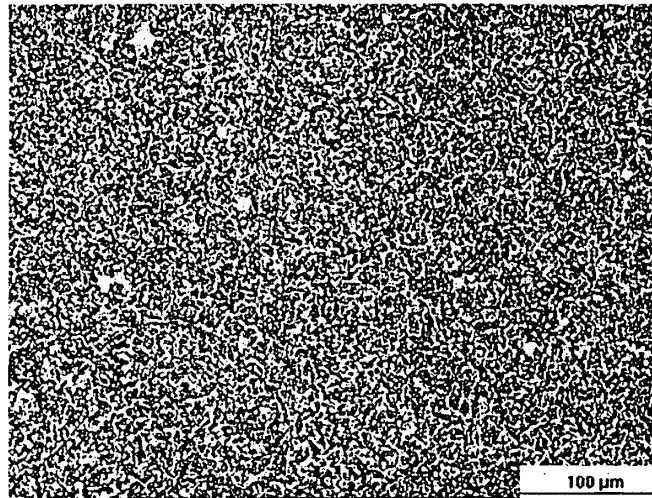


FIGURA 1a

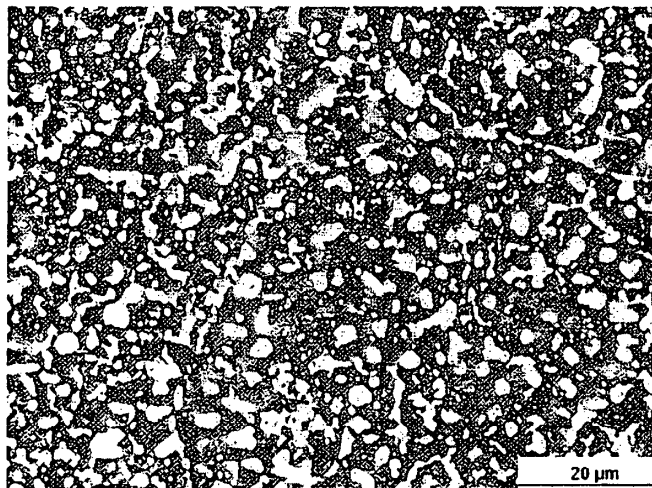


FIGURA 1b

Un ejemplo de la microestructura de las aleaciones de la invención – la microestructura óptica de la aleación WR-11 grabada en grabador de Beraha: matriz basada en níquel (fase oscura) con carburos de aleación (partículas blancas): a) aumento 200x, b) aumento 1000x.

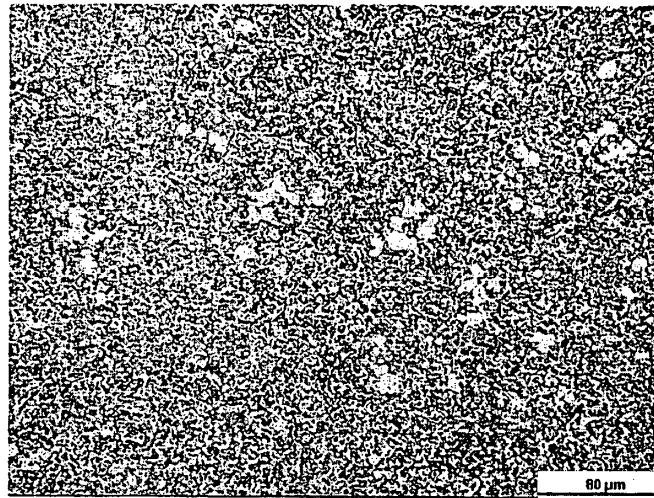


FIGURA 2a

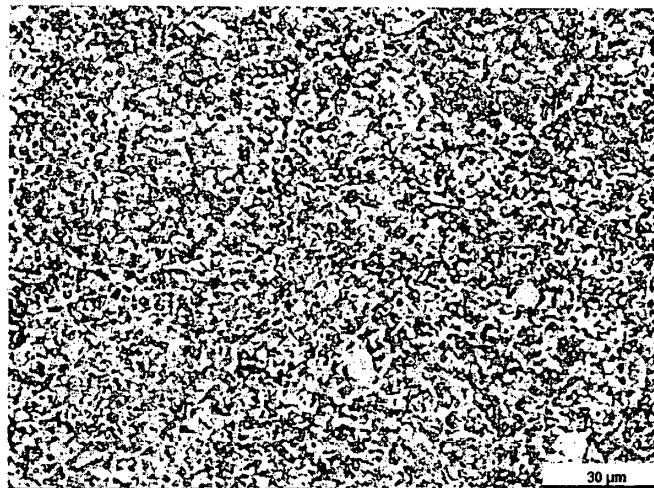


FIGURA 2b

Un ejemplo de la microestructura de las aleaciones de la invención – la microestructura óptica de la aleación WR-9 grabada en grabador de Beraha: matriz basada en níquel (fase oscura) con carburos de aleación (partículas blancas): a) aumento 200x, b) aumento 500x. Obsérvese que la fracción en volumen de los carburos en esta aleación es mayor que en la

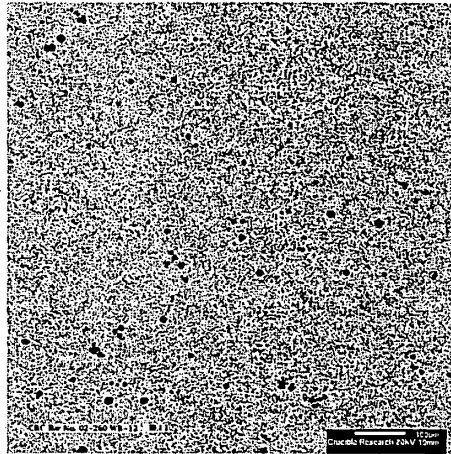


FIGURA 3a

Una microestructura de SEM de la aleación de la invención, WR-12, que muestra una distribución dual de carburos: partículas de carburo mayores escasamente distribuidas y partículas de carburo más pequeñas estrechamente distribuidas entre sí dentro de la matriz de la aleación.

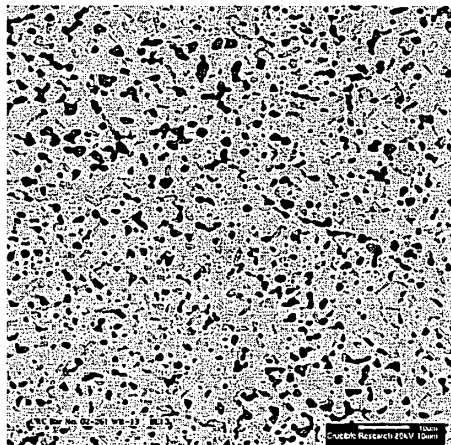


FIGURA 3b

Microestructura de SEM de electrones retrodispersados de la aleación de la invención, WR-13, que revela partículas de carburo de diferente composición (diferente contraste).