

ALEACIÓN PARA PLATO DE FIBRADO

La presente invención se refiere a una aleación metálica para ser usada a muy altas temperaturas, particularmente en un proceso de fabricación de lana mineral por medio del
5 fibrado de una composición mineral en fusión o, de manera más general, para conformar
herramientas dotadas de resistencia mecánica a altas temperaturas en un medio oxidante
como el vidrio fundido, y aleaciones a base de níquel utilizables a altas temperaturas,
particularmente para la confección de artículos utilizados para la elaboración y/o transformación
10 en caliente de vidrio u otra materia mineral, tales como piezas mecánicas para la fabricación de
lana mineral.

Una técnica de fibrado, conocida como técnica por centrifugación interna, consiste en
verter de manera continua vidrio líquido en el interior de un conjunto de piezas de revolución
que giran a gran velocidad alrededor de sus ejes verticales. Una pieza fundamental,
15 denominada «plato» y más comúnmente individualizada en el campo de la técnica con el
término inglés «spinner», recibe el vidrio contra una pared denominada «banda» perforada con
varios orificios. El vidrio, bajo el efecto de la fuerza centrífuga, atraviesa dichos orificios y se
proyecta en todas direcciones bajo la forma de filamentos fundidos. Un quemador anular,
ubicado por encima de la parte exterior del plato, produce una corriente de gas descendente
20 que bordea la pared externa de la banda y desvía esos filamentos hacia abajo, estirándolos.
Posteriormente, dichos filamentos se «solidifican» en forma de lana de vidrio.

El plato es una herramienta de fibrado sometida a rigurosas exigencias térmicas
(choques térmicos durante los arranques y paradas y determinación en el uso estable de un
25 gradiente de temperatura a lo largo de la pieza), mecánicas (fuerza centrífuga, erosión
provocada por el pasaje del vidrio) y químicas (oxidación y corrosión causadas por el vidrio
fundido y los gases calientes que salen del quemador alrededor del plato). Las principales
causas de deterioro son: la deformación por fluencia en caliente de las paredes verticales, la
aparición de fisuras horizontales o verticales, el desgaste de los orificios de fibrado por erosión,
30 cuestiones que requieren el reemplazo sin más de las piezas afectadas. El material del que
están constituidas debe, entonces, tener una capacidad de resistencia durante un período de
producción (o período de fibrado) lo suficientemente largo como para que sea compatible con
las exigencias técnicas y económicas que conlleva el proceso. A tales fines se buscan
materiales dotados de una cierta ductilidad, resistentes a la fluencia, a la corrosión provocada
35 por el vidrio fundido y a la oxidación a altas temperaturas.

Para la fabricación de estas herramientas son reconocidas las superaleaciones a base
de níquel reforzadas por precipitación de carburos. La FR 2675818, por ejemplo, describe este
tipo de aleaciones. La presente invención se propone brindar aleaciones a base de níquel aún
40 mejores, que permitan finalmente aumentar la vida útil de la herramienta constituida por ellas.
Particularmente, se hace referencia a un plato de fibrado conformado por este tipo de aleación.
En consecuencia, la aleación conforme la invención presenta muy buenas propiedades de
resistencia a la fluencia, a la corrosión y/o a la oxidación, lo que permite —en última instancia—
alcanzar la prolongación de la vida útil deseada.

Más precisamente, la presente invención tiene por objeto una aleación que contiene los
siguientes elementos (las proporciones están expresadas en el porcentaje ponderal de la
aleación, incluidas las cifras límites):

Cr	20 % a 35 %
50 Fe	0 % a 6 %
W	3 % a 8 %
Nb	0,5 % a 3 %
Ti	0 % a 1 %
C	0,4 % a 1 %
55 Cr	0 % a 3 %
Si	0,1 % a 1,5 %
Mn	0,1 % a 1 %

El resto está compuesto por níquel e impurezas inevitables.

60 En el sentido de la presente invención, entendemos por impurezas inevitables a los
elementos que no han sido incluidos de manera intencional en la composición de la aleación

pero que han ingresado a esta bajo la forma de impurezas contenidas en al menos uno de los componentes principales elementos de la aleación (o en al menos uno de los precursores de los mencionados elementos principales).

La aleación conforme la presente invención se diferencia de las aleaciones a base de níquel que se usan generalmente para este tipo de aplicaciones en particular porque contiene carburos de niobio (NbC) y eventualmente de titanio (TiC), como así también una cantidad limitada de hierro. Incluso puede no contener hierro en absoluto o solo contenerlo dentro de las impurezas inevitables.

La solicitud de patente FR2675818 ya mencionada indica que una cantidad de hierro de entre el 7 % y el 10 % en las aleaciones a base de níquel es necesaria para mejorar la resistencia a la corrosión en relación con el vidrio fundido; más particularmente, en relación con los compuestos azufrados que ese vidrio fundido contiene. De manera inesperada e incluso contra cualquier pronóstico que se pudiera formular, las propiedades de los compuestos de aleación conformes a la presente invención —es decir, aquellos compuestos que presentan una proporción de hierro mucho menor de la descrita precedentemente, o que incluso no contienen hierro o que solo lo contienen como impureza inevitable— se han evidenciado como superiores a las de las aleaciones propias de la técnica anterior. Particularmente, la vida útil de los platos fabricados utilizando tal tipo de aleación se ha visto prolongada, tal como se demostrará a continuación a través de los ejemplos presentados.

Entre los elementos constitutivos de la composición de la aleación, es posible citar a los siguientes (todos los porcentajes se expresan en relación al peso total de la aleación):

El níquel es el elemento fundamental de las aleaciones conforme la invención, ya que representa más del 50% del peso de estas. El contenido de níquel es, preferentemente, superior o igual al 52 %, incluso superior o igual al 54 %. Preferentemente incluso, el contenido de níquel es superior al 55 %, o aun superior o igual al 56 %. Preferentemente incluso, el contenido de níquel es inferior o igual al 65%, aun inferior o igual al 63% o inferior o igual al 62 %. De manera particularmente preferida, la aleación puede contener entre el 55,5 % y el 60 % de peso constituido por níquel, o incluso entre el 56 % y el 60 % de peso de níquel.

El carbono es un componente esencial de la aleación, necesario para la formación de precipitados de carburos metálicos. Particularmente, el contenido de carbono determina directamente la cantidad de carburos presentes en la aleación. Debe ser de al menos el 0,4 % de peso para obtener el refuerzo mínimo deseable, preferentemente de al menos el 0,5 % de peso, pero debe limitarse como máximo al 1 % de peso, de manera preferente al 0,9 % de peso como máximo o incluso al 0,8 % de peso como máximo para evitar que la aleación se endurezca demasiado y se torne difícil de trabajar en razón de una densidad de refuerzos demasiado elevada. La falta de ductilidad que se produce en la aleación en tales casos impide que se adapte sin sufrir roturas frente a una deformación impuesta (por ejemplo de origen térmico) y dificulta que exista una resistencia suficiente a la propagación de fisuras. De manera particularmente preferida, la aleación puede contener entre el 0,6 % y el 0,7 % de peso de carbono. En particular, una aleación conforme la invención que demostró un excelente rendimiento en el sentido descrito *supra*, contiene entre el 0,55 % y el 1% de carbono.

El cromo contribuye a la resistencia mecánica intrínseca de la matriz, en la que se encuentra en parte en solución sólida y en algunos casos también en forma de carburos, particularmente de tipo Cr_{23}C_6 en dispersión fina en el interior de los granos a los que aportan una resistencia a la fluencia intragranular, o en forma de carburos de tipo Cr_7C_3 o Cr_{23}C_6 presentes en los límites de los granos, que impiden el deslizamiento grano sobre grano y contribuyen igualmente de este modo al refuerzo intergranular de la aleación. El cromo contribuye a la resistencia de la corrosión, en su calidad de precursor del óxido de cromo, que forma una capa protectora de la superficie expuesta al medio oxidante. Una cantidad mínima de cromo es, pues, necesaria para la formación y el mantenimiento de la mencionada capa protectora. Sin embargo, una cantidad de cromo demasiado elevada es nefasta para la resistencia mecánica y la tenacidad a las altas temperaturas, ya que da lugar a una rigidez muy elevada y a una muy reducida capacidad de alargamiento bajo tensión, incompatible con las exigencias de las temperaturas elevadas. Preferentemente, el contenido de cromo de una aleación utilizable conforme la invención es superior o igual al 22%, incluso superior o igual al 25%, o aun superior o igual al 28%. Preferentemente, el contenido de cromo de una aleación utilizable conforme la invención es inferior o igual al 32% incluso inferior o igual al 30%.

De manera particularmente preferida, la aleación puede contener entre el 28% y el 30%

de peso de cromo.

De acuerdo a los experimentos realizados por la sociedad solicitante, tanto el niobio como el titanio parecen contribuir a la resistencia mecánica de la aleación, particularmente a la resistencia a la fluencia a altas temperaturas, por ejemplo, superiores a 1000 °C, incluso superiores a 1040 °C. En efecto, los carburos de cromo tienen tendencia a disolverse a temperaturas superiores a los 1000 °C. La presencia de carburos de niobio y de titanio, más estables a altas temperaturas que los carburos de cromo, permite asegurar la resistencia mecánica de la aleación a altas temperaturas. Además, la migración del cromo en superficie para formar la capa de cromita protectora necesaria para la resistencia a la corrosión, induce a una disminución del cromo en la subsuperficie y, consecuentemente, a la desaparición de los carburos Cr_7C_3 y Cr_{23}C_6 . La presencia de carburos NbC contribuye al mantenimiento de las propiedades mecánicas al desaparecer los carburos de cromo. El contenido de niobio es, preferentemente, superior o igual al 0,6 %, incluso superior o igual al 0,7 %. Preferentemente incluso, el contenido de niobio es inferior o igual al 2,5 %, incluso inferior o igual al 2 % o aun inferior o igual al 1,5 % y, de manera especialmente preferida inferior al 1,2 %, inclusive inferior al 1,15 %.

De manera particularmente preferida, la aleación puede contener entre el 0,8 % y el 1,2 % de peso de niobio.

Del mismo modo, una cierta proporción de titanio puede contribuir a la resistencia mecánica de la aleación a altas temperaturas por la formación de carburos de titanio. Sin embargo, se ha evidenciado que la presencia de titanio podía afectar la resistencia a la oxidación de la aleación. Es así que el contenido de titanio es, preferentemente, inferior al 0,5 % de peso, incluso inferior al 0,4 % de peso. Conforme a un modo de realización particularmente preferido, la aleación solo contiene titanio bajo la forma de impureza inevitable; es decir, en contenido inferior al 0,1 %, incluso inferior al 0,05 % o aun inferior al 0,01 % del peso de la aleación.

La relación $(\text{Nb} + \text{Ti})/\text{C}$ de peso según la invención se encuentra preferentemente comprendida entre 1 y 2, de modo más especialmente preferido entre 1,5 y 2. La relación $(\text{Nb} + \text{Ti})/\text{C}$ de peso según la invención se encuentra particularmente comprendida entre 1,5 y 2,4.

El tungsteno también contribuye —conjuntamente con los otros metales presentes en la aleación que hemos citado precedentemente— a la dureza y a la resistencia a la fluencia de la aleación.

El tungsteno se encuentra presente en una cantidad superior o igual al 3 %, de manera aún más preferente en una cantidad superior o igual al 4 % o incluso en una cantidad superior o igual al 5 % del peso de la aleación. El tungsteno se encuentra presente en una cantidad inferior o igual al 7 %, de manera aún más preferente en una cantidad inferior o igual al 6 % del peso de la aleación.

La aleación puede contener, por ejemplo, del 3 % al 8 %, del 4 % al 7 % y de manera especialmente preferida entre el 5 % y 6 % de peso de tungsteno.

El cobalto puede estar presente en la aleación formando una solución sólida con el níquel. Es utilizado muy a menudo en el ámbito de los aceros refractarios para altas temperaturas, ya que se sabe que este tipo de solución sólida contribuye a mejorar la resistencia a la corrosión y la resistencia mecánica de la aleación en su conjunto. Sin embargo, el cobalto es un elemento de alto costo, por lo que ha sido voluntariamente limitado en el caso de esta invención. Por ello, se lo encuentra presente en una cantidad inferior al 3 %, incluso inferior al 2 % e incluso inferior al 1 % del peso de la aleación. De manera sorprendente, si bien la presencia de cobalto en una cantidad suficiente se considera necesaria en las aleaciones refractarias que contienen níquel a los fines de estabilizar a este último, la sociedad solicitante descubrió que, en el preciso caso de la aleación a la que se refiere esta invención, es posible limitar al máximo la presencia de cobalto e incluso que este solo exista bajo la forma de impurezas inevitables. Habitualmente, las pruebas efectuadas por el solicitante demostraron que el cobalto estaba sin embargo casi siempre presente en la aleación como impureza inevitable en una cantidad de al menos el 0,3 % de peso y, más a menudo, de al menos el 0,5 % de peso, e incluso de al menos el 0,7 % de peso. Sin embargo, los porcentajes de cobalto presentes en la aleación inferiores al 0,3 % de peso y aun inferiores a los umbrales de detección deben también considerarse comprendidos en el marco de esta invención.

Tal como se indicó anteriormente, la cantidad de hierro considerada como elemento esencial en el documento técnico FR2675818 se encuentra también limitada en esta invención. La cantidad de hierro es, preferentemente, inferior o igual al 5 %, aun inferior o igual al 4,5 % o incluso inferior o igual al 4%.

De acuerdo a un modo de realización de la invención, el contenido de hierro es superior o igual al 1%, incluso superior o igual al 2% o aun superior o igual al 3%. De acuerdo a otro modo de realización de la invención, el hierro puede encontrarse presente solo bajo la forma de impureza inevitable.

De acuerdo a otro modo de realización posible, el contenido de hierro está comprendido entre el 4 % y el 6 % de peso.

Convenientemente, la aleación puede incluir otros elementos en proporciones muy minoritarias. Particularmente contiene:

- Silicio como desoxidante del metal fundido durante la elaboración y moldeado de la aleación, preferentemente a razón de menos del 1,1 %, incluso menos del 0,9% y aún menos del 0,8 % de peso;
- Manganeso, también desoxidante, preferentemente a razón de menos del 0,9 %, incluso menos del 0,6 % de peso.

La cantidad acumulada de otros elementos que se introducen como impurezas conjuntamente con los elementos constitutivos esenciales de la aleación («impurezas inevitables») representa de manera conveniente menos del 2 % del peso de la composición de la aleación, incluso menos del 1 % de peso de la aleación.

Entre las impurezas inevitables posibles y frecuentes, podemos citar al azufre o al fósforo. Su cantidad individual no sobrepasa en general el 0,05 % en las aleaciones conforme la invención.

La aleación conforme la presente invención se distingue, asimismo, de ciertas aleaciones a base de níquel generalmente utilizadas para la fabricación de platos de fibrado por el hecho de que solo contiene aluminio como impureza inevitable, es decir, en cantidades inferiores al 0,1 %, incluso inferiores al 0,05 % o al 0,01 % de peso. En efecto, se ha comprobado que la presencia de aluminio en la aleación, incluso en la reducida cantidad del orden del 0,1 % de peso, puede afectar de manera importante su resistencia a la corrosión en relación con el vidrio fundido.

Por otra parte, la aleación conforme la invención también está exenta de molibdeno (salvo bajo la forma de impureza inevitable). Esto significa que puede presentar cantidades inferiores al 0,1 %, incluso inferiores al 0,05 % o aun inferiores al 0,01 % de peso de molibdeno. Así es, aunque el molibdeno sea conocido por brindar una excelente resistencia a la corrosión a las aleaciones a base de níquel, se observó que su presencia —incluso en pequeñas cantidades— podía afectar considerablemente su resistencia a la oxidación.

De acuerdo a un modo de realización particular, la aleación conforme la invención contiene (en porcentaje de peso):

Cr	22% a 31%,	preferentemente,	28% a 30%
Fe	0% a 6%,	preferentemente,	3% a 4%
W	4% a 7%,	preferentemente,	5% a 6%
Nb	0,5% a 3%,	preferentemente,	0,8% a 1,2%
Ti	0% a 0,5%,	preferentemente,	0,1% a 0,3%
C	0,45% a 0,9%,	preferentemente,	0,6% a 0,7%
Co	menos del 3%,	preferentemente,	menos del 1%
Si	menos del 1,1%,	preferentemente,	0,6% a 0,8%
Mn	menos del 0,8%,	preferentemente,	0,5% a 0,7%

El resto está compuesto por níquel e impurezas inevitables. En particular, de manera conveniente, el níquel puede estar presente en cantidades de entre el 54 % y el 62 % de peso, particularmente entre el 55 % y el 60 % de peso.

Las aleaciones utilizables conforme la invención, que contienen elementos altamente reactivos, pueden ser preparadas por fundición, particularmente por medio de una fusión inductiva en una atmósfera al menos parcialmente inerte y colada en un molde de arena.

Eventualmente, a continuación de la colada puede efectuarse un procesamiento térmico.

5 La invención tiene también por objeto un procedimiento de fabricación de un artículo por fundición a partir de las aleaciones que fueron descritas precedentemente como objeto de la invención.

10 El procedimiento incluye, en general, una etapa de procesamiento térmico adecuada, que permite la obtención de carburos secundarios y su distribución homogénea en la matriz metálica, tal como se describe en FR 2675818. Preferentemente, el procesamiento térmico se efectúa a una temperatura inferior a 1000 °C, incluso inferior a 950 °C, por ejemplo, de entre 800 °C a 900 °C, durante un lapso de al menos 5 horas, incluso de al menos 8 horas, por ejemplo, de entre 10 y 20 horas.

15 El procedimiento puede incluir por lo menos una etapa de enfriamiento, ya sea luego de la colada y/o con posterioridad o durante el procesamiento térmico, por ejemplo, mediante enfriamiento con aire, particularmente a través del retorno a la temperatura ambiente.

20 Las aleaciones de las que trata esta invención pueden utilizarse para fabricar todo tipo de piezas sometidas a exigencias mecánicas a altas temperaturas y/o destinadas a emplearse en medios oxidantes o corrosivos. La invención tiene también por objeto a los artículos fabricados (en particular por fundición) a partir de una aleación conforme la invención.

25 Entre estas aplicaciones, podemos mencionar particularmente la fabricación de artículos aptos para ser utilizados en la elaboración o la transformación en caliente del vidrio, por ejemplo, platos de fibrado para la fabricación de lana mineral.

30 De tal suerte, la invención tiene también por objeto un procedimiento de fabricación de lana mineral por centrifugación interna, en el cual se vierte un cierto caudal de materia mineral en fusión en un plato de fibrado, que posee una banda periférica perforada por múltiples orificios por los que se proyectan filamentos de materia mineral fundida. Dichos filamentos son, a continuación, estirados en forma de lanas bajo la acción de un gas. La temperatura de la mencionada materia mineral en el plato es de al menos 900 °C, incluso de al menos 950 °C o de al menos 1000 °C, aun de al menos 1040 °C, y el plato de fibrado está conformado por una
35 aleación como la descrita precedentemente.

Las aleaciones conforme la invención permiten, pues, fibrar una materia mineral fundida que tiene una temperatura de liquidus (T_{liq}) de 800 °C o más, por ejemplo, de 850 °C, incluso de entre 900 °C y 1030 °C, aun de 1000 °C o 950 °C.

40 La composición de la materia mineral por fibrar no se encuentra particularmente limitada puesto que puede ser fibrada por un procedimiento de centrifugación interna. Puede variar en función de las propiedades que se desea que posean las fibras minerales producidas, como por ejemplo biosolubilidad, resistencia al fuego o aislación térmica. La materia por fibrar es, preferentemente, una composición de vidrio de tipo borosilicato sodocálcico. En particular, puede presentar una composición que incluya los componentes mencionados a continuación, en las proporciones ponderales definidas por los límites siguientes:

45	SiO ₂	35 % a 80%,
	Al ₂ O ₃	0 % a 30%,
50	CaO+MgO	2 % a 35%,
	Na ₂ O+K ₂ O	0 % a 20%,

Considerándose que, en general, SiO₂+Al₂O₃ se encuentra comprendido en un rango de entre el 50 % y el 80% de peso y que
55 Na₂O+K₂O+B₂O₃ se encuentre comprendido en un rango de entre el 5 % y el 30% de peso.

La materia por fibrar puede, particularmente, presentar la composición siguiente, expresada en porcentaje másico:

60	SiO ₂	50 % a 75%,
	Al ₂ O ₃	0 % a 8%,
	CaO+MgO	2 % a 20%

Fe ₂ O ₃	0 % a 3%,
Na ₂ O+K ₂ O	12 % a 20%,
B ₂ O ₃	2 % a 10%.

5 La materia por fibrar puede estar elaborada a partir de componentes puros, pero en general se la obtiene por la fusión de una mezcla de materias primas naturales que aportan diferentes impurezas.

10 Aunque la invención fue descrita teniendo en cuenta principalmente el ámbito de la fabricación de lana mineral, también puede ser aplicada a la industria del vidrio en general, para producir elementos o accesorios de hornos, boquillas o alimentadores, especialmente para la producción de vidrio hilado textil, de vidrio para envases...

15 Más allá de la industria del vidrio, es posible aplicar la invención a la fabricación de artículos muy diversos, toda vez que estos requieran estar dotados de una importante resistencia mecánica en un medio oxidante y/o corrosivo, en particular a altas temperaturas.

20 Los ejemplos que se exponen a continuación —y que en ningún modo restringen a las composiciones conforme a la invención ni a las condiciones de implementación de los platos de fibrado de acuerdo a la invención— ilustran las ventajas de la presente invención.

EJEMPLOS

25 Por medio de la técnica de fusión inductiva en atmósfera inerte (particularmente argón), se prepara una carga fundida de una composición I1 (conforme la invención) y C1 (conforme FR 2675818) indicadas en el cuadro 1, a las que se les da forma a través de una simple colada en un molde de arena. El cuadro 1 indica las proporciones, expresadas en porcentaje de peso, de cada elemento presente en la aleación. El complemento a 100 % está conformado por níquel e impurezas inevitables.

30

Cuadro 1		
	I1	C1
Cr	27,1	27,5
Fe	5,45	7
W	5,83	7,2
Nb	0,86	-
Ti	0,14	-
C	0,62	0,67
Co	0,78	0,80
Si	0,79	0,75
Mn	0,70	0,75

*eventualmente presente en forma de impureza inevitable

35 Posteriormente a la colada se efectúa un procesamiento térmico de precipitación de carburos secundarios durante 12 horas a 865°C, que finaliza en un enfriamiento con aire hasta alcanzar la temperatura ambiente.

De este modo se obtienen lingotes de 200 mm x 110 mm x 25 mm.

40 A continuación, se evalúan las propiedades de resistencia a la fluencia, a la oxidación y a la corrosión que poseen las aleaciones I1 y C1.

45 La resistencia a la fluencia ha sido medida por una prueba de fluencia - tracción realizada sobre muestras de 30 mm de largo, 8, 0 mm de ancho y 2, 00 de espesor. Las pruebas se llevaron a cabo a 1000°C (temperatura normal de funcionamiento de un plato) bajo una tensión de 45 MPa (correspondiente a la sollicitación normal a la que se ve sometido un plato), 63 MPa (correspondiente a una sollicitación extrema para el plato) y 100 MPa. El cuadro 2 indica la velocidad de fluencia (en el modo secundario) en µm/h.

La resistencia a la oxidación depende, por una parte, de la cinética de oxidación de la aleación y, por la otra, de la calidad de adhesión de la capa de óxido formada sobre la superficie de la aleación. En efecto, una adhesión defectuosa de la capa de óxido en la superficie de la aleación acelera la oxidación de esta: cuando la capa de óxido se desprende, queda expuesta directamente al oxígeno del aire una superficie de la aleación que no está oxidada, lo que provoca la formación de una nueva capa de óxido, la que a su vez es susceptible de desprenderse, propagándose de este modo la oxidación. Por el contrario, cuando la capa de óxido resta adherida a la superficie de la aleación, forma una barrera que limita e incluso detiene el progreso de la oxidación. Las constantes de velocidades de oxidación K_p , expresadas en $\text{g.cm}^{-2}.\text{seg}^{-1/2}$, fueron calculadas a partir del seguimiento del aumento de masa resultante de la oxidación de muestras sometidas a 1000°C durante 50 h en un horno equipado con una microbalanza bajo flujo de aire. El cuadro 2 indica estas constantes en $\text{g.cm}^{-2}.\text{seg}^{-1/2}$.

Las pruebas de resistencia a la corrosión se efectuaron con el auxilio de un montaje de tres electrodos sumergidos en un crisol de platino rodinado que contenía el vidrio fundido. El crisol de platino rodinado es utilizado como contraelectrodo. El electrodo de comparación es, habitualmente, un electrodo de circonio estabilizado alimentado con aire. Las muestras cilíndricas de aleaciones sometidas a evaluación sufrieron un procesamiento térmico con aire durante 2 h a 1000°C y son selladas con cemento de circonio a una vaina de aluminio para formar el electrodo de trabajo. La muestra que constituye el electrodo de trabajo es colocada sobre un eje giratorio a fin de representar los esfuerzos de fricción del vidrio sobre la superficie de la aleación, y sumergida en el vidrio fundido a 1000°C (composición en porcentaje de peso: SiO_2 65,6 ; Al_2O_3 1,7 ; Na_2O 16,4 ; K_2O 0,7 ; CaO 7,4 ; MgO 3,1 ; B_2O_3 4,8). La resistencia de las aleaciones a la corrosión producida por el vidrio es evaluada midiendo la resistencia de polarización (R_p). Para medir el potencial de corrosión (E_c) no se impone ninguna corriente entre el electrodo de trabajo y el contraelectrodo. El potencial medido entre el electrodo de trabajo y el electrodo de comparación es el del conjunto metal/vidrio a la temperatura dada. Esta información termodinámica permite determinar las reacciones de corrosión y la pasividad del metal estudiado. La medición de la resistencia de polarización (R_p) se obtiene al hacer variar periódicamente el potencial eléctrico alrededor del potencial E_c midiendo la evolución de la densidad de la corriente resultante. La pendiente de la curva intensidad-potencial registrada en ese ámbito es inversamente proporcional a R_p . Cuanto mayor es R_p (expresada en ohm.cm^2) mayor es la resistencia del material a la corrosión, siendo la velocidad de degradación inversamente proporcional a R_p . La determinación de R_p permite, de este modo, evaluar comparativamente la velocidad de corrosión de las aleaciones.

Cuadro 2

			I1	C1
Fluencia $\mu\text{m/h}$	1000°C	45MPa	0,38	0,72
		63MPa	1,03	2,48
		100MPa	32,51	54,47
Solidus	$T_{\text{Solidus}} (^\circ\text{C})$		1292	1288
Oxidación	Constante de Cinética K_p ($\text{g.cm}^{-2}.\text{seg}^{-1/2}$)		$8,7.10^{-12}$	$5,5.10^{-12}$
Corrosión	Resistencia de polarización R_p (Ohm/cm^2)		$770 \pm 15\%$	$870 \pm 15\%$

De la comparación de los datos indicados en el cuadro 2 se observa que la aleación I1 conforme a la invención presenta una resistencia a la fluencia significativamente mejorada respecto de la de la aleación C1 y resistencias a la corrosión y la oxidación sensiblemente equivalentes a las de la aleación C1. Por otra parte, la estabilidad de los carburos NbC durante el proceso de migración del cromo permite conservar las propiedades mecánicas necesarias para el buen rendimiento del material, lo que se observa acabadamente al efectuar el análisis de los resultados de la aplicación de esta aleación en los platos de fibrado.

A continuación se conforman platos de fibrado con diámetros de 400 mm y de 600 mm respectivamente, utilizando la aleación conforme la técnica anterior C1 y la aleación I1 conforme la invención.

Dichos platos son preparados por medio de la técnica de fusión inductiva en atmósfera inerte de argón, se prepara una carga fundida de la composición seleccionada (es decir I1 o C1, ver el cuadro 1 *supra*) a la que se le da forma a través de una simple colada en un molde de arena.

Posteriormente a la colada se efectúa un procesamiento térmico de precipitación de carburos secundarios de 12 horas a 865 °C. Luego de dicho procesamiento se realiza un templado en corriente de aire.

De esta manera, se fabrican series de platos de fibrado de 400 mm y de 600 mm de diámetro con las dos aleaciones.

El desempeño de los platos fabricados de este modo fue evaluado por la utilización en el fibrado de lana de vidrio. Más precisamente, los platos fueron colocados en una línea industrial de fibrado de un vidrio con la siguiente composición (expresada en porcentaje másico):

SiO ₂	Al ₂ O ₃	(B ₂ O ₃)	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Otros
65,3	2,1	4,5	8,1	2,4	16,4	0,7	0,5

Se trata de un vidrio cuya temperatura de líquidos es de 900°C.

Los platos son utilizados hasta que se decida interrumpir su uso, ya sea por la degradación del plato —comprobada por su deterioro visible— o por la deficiente calidad de la fibra producida.

La vida útil de los platos se indica en el cuadro 1. Los resultados son indicados en toneladas de material fibrado hasta la degradación del plato. Los resultados indicados en el cuadro 3 son un promedio efectuado respecto de al menos tres platos de cada categoría.

Cuadro 3

Composición plato Diámetro plato	Aleación C1 (comparativo)	Aleación I1 (invención)
400mm	170 toneladas	225 toneladas
600mm	303 toneladas	381 toneladas

En el cuadro 3 se observa que los platos fabricados con las aleaciones conforme la invención presentan siempre mayor vida útil en condiciones de uso similares.