

143.874

207. - Beryl. - Complement à XI. XII - 53<sup>bis</sup>

PATENTE ESPAÑOLA  
*de invención*

MEMORIA  
143874

descriptiva sobre *"Procedimiento de fabricación de aleaciones de berilio."*

POR

*Seri Holding S. A.*

DE

*Suxemburgo,*

*Gran Ducado de Suxemburgo.*

PATENTE DE INVENCION.

207.- BERYL.- COMPLEMENT à XI+XII-53<sup>bis</sup>.



*Memoria descriptiva*

*sobre*

"Procedimiento de fabricación de aleaciones  
"de berilio".

=====

SOLICITANTES: SERI HOLDING, S.A., residentes en Nº 5 rue  
Philippe, Luxemburgo, Gran Ducado de Luxemburgo.

=====

Este invento se refiere a la fabricación directa,  
en una sola operación, partiendo de compuestos berilíferos,  
de aleaciones de berilio de cualesquiera proporciones  
determinadas, con uno o varios elementos metálicos capaces  
5. de alearse con el berilio, entre los cuales predomina un  
metal pesado por lo menos.

Se relaciona con el procedimiento que, en su  
aspecto más general, consiste en llevar a cabo un despla-  
zamiento del berilio a partir de sus compuestos, especialmente  
10. de sus compuestos fluorados, por medio de metales o metaloides  
capaces de poner en libertad el berilio de los mismos,  
haciendo actuar una cantidad de metal o de metaloide que,  
prácticamente, corresponda estequiométricamente a la cantidad  
de berilio contenida en el compuesto tratado, con objeto  
15. de conseguir, por una reacción de sustitución lo más



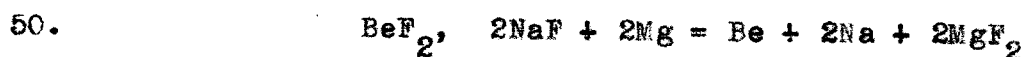
cuantitativa posible, poner en libertad prácticamente todo el berilio. En general, por la misma operación se alea este berilio, operando en presencia de uno o varios metales (o eventualmente metaloides) capaces de alearse con el berilio, entre los cuales predomina un metal pesado por lo menos, en forma de aleaciones de berilio de proporciones determinadas.

Las dificultades de orden químico y térmico con que se tropieza para descomponer los compuestos de berilio por tratamiento termoquímico, provienen especialmente del hecho de que las reacciones de sustitución que intervienen, se limitan con gran rapidez o dan lugar a la formación de productos que les impiden continuar en las condiciones en que hay que trabajar. Desde el punto de vista técnico, estas dificultades se ven aumentadas por la poca densidad del berilio, que tiende a flotar en la masa y a mantenerse separado de cualquier metal pesado que esté presente; por el elevado punto de fusión, y por la gran facilidad del berilio para oxidarse o para formar carburos.

Ante el conjunto de estas dificultades, para sustituir los tratamientos termoquímicos se ha recurrido a procedimientos electrolíticos, pero sin que, especialmente a causa del precio de coste forzosamente elevado de fabricación, se haya conseguido obtener resultados industriales ni se haya podido llevar a cabo esta fabricación en una escala comercial.

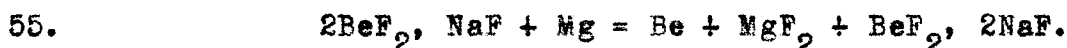
Por la producción del berilio o de sus aleaciones, se ha vuelto en seguida a la vía termoquímica, por tratamiento mediante un metal alcalino-térreo, o tal como el magnesio, de un compuesto fluorado de berilio, a saber, un fluoruro doble de berilio y de un metal alcalino (sodio), menos rico en fluoruro sódico que el fluoberilato  $\text{BeF}_2 \cdot 2\text{NaF}$ .

Se había observado, en efecto, la imposibilidad práctica que existía de trabajar con el fluoberilato de acuerdo con la reacción





que resulta explosiva por el hecho de ponerse sodio en libertad, siendo esta la razón especial por la que, en lugar del fluoberilato  $\text{BeF}_2$ ,  $2\text{NaF}$ , se trataba el fluoruro complejo  $\text{BeF}_2 \text{NaF}$ , de acuerdo con la reacción:



Esta reacción parece ser posible en este caso, por el hecho de que las cantidades de fluoruro sódico y de magnesio en presencia, están en una relación tal que se impide la reversibilidad de la reacción, que conduciría a la liberación del sodio. Sin embargo, como se observa la reacción así llevada a cabo solo conduce al desprendimiento, en estado metálico, de la mitad del berilio contenido en el compuesto tratado; la otra mitad del berilio permanece en el residuo al estado de compuesto complejo, del cual puede extraerse, por ejemplo bajo forma de fluoberilato. De ello resulta una gran disminución del rendimiento de la operación y un aumento correspondiente del precio de coste de la fabricación.

El problema de la fabricación industrial del berilio y de sus aleaciones, se encuentra sin embargo resuelto de modo sencillo y práctico por el procedimiento a que este invento se refiere, y ello en condiciones en que, de manera directa y completa de acuerdo con reacciones de sustitución cuantitativas y por tanto con un rendimiento elevado que prácticamente llega al 100%, se consigue llevar a cabo con regularidad la producción del berilio, más particularmente al estado de aleaciones con un metal pesado por lo menos, de proporciones fijadas de antemano, cualesquiera que sean, y especialmente con un contenido de berilio superior al 25%, o tan elevado como se desee, y esto partiendo de todos los compuestos de berilio susceptibles de ser descompuestos por un metal o un metaloide, ya estén estos compuestos contenidos en minerales o bien se obtengan por tratamiento de estos últimos, y mas especialmente partiendo de compuestos fluorados de berilio.

85. En lo siguiente, para simplificar, los metales o



- 4 -

metaloides que, en gracia especialmente a su naturaleza electropositiva, más electropositiva que el berilio, se hacen actuar para desplazar el berilio de los compuestos tratados, se designarán con la denominación de elementos 90. (metales o metaloides) "de descomposición".

La reacción de sustitución completa se efectúa, en general, por una sencilla operación de fusión. A este efecto, pueden mezclarse, por ejemplo en frío, los materiales a reaccionar, a saber, los compuestos de berilio y los 95. metales o metaloides de descomposición, así como, eventualmente, los metales e alea al berilio, y fundir sencillamente el conjunto; esta sola operación de fusión asegura la transformación química por doble sustitución, que se realiza integralmente, si se han respetado las proporciones estequiométricas, sin recurrir a ningún medio de trabajo especial, y la unión del berilio con el metal o con los metales de aleación.

La operación puede realizarse ventajosamente en un horno eléctrico de inducción, tal como un horno de alta 105. frecuencia, pero debe tenerse presente que pueden también utilizarse cualesquiera modos de trabajo y aparatos conocidos y adecuados.

Como compuestos de berilio a tratar, tal como antes se indicó, pueden emplearse todos los compuestos, o incluso 110. minerales que los contengan, susceptibles de ser descompuestos de acuerdo con el procedimiento a que se refiere este invento. Sin embargo, se utilizan más especialmente compuestos fluorados, constituidos por ejemplo, bien por fluoruro de berilio, bien por un fluoruro doble de berilio 115. y de un metal alcalino llamado en general "fluoberilato alcalino", (por ejemplo fluoberilato sódico), o bien por una mezcla de fluoruro de berilio sencillo y de fluoberilato alcalino. Conviene hacer notar que el fluoruro de berilio que se utiliza, es un fluoruro anhídrico exento de óxido, contrariamente a los 120. productos corrientes que contienen una notable proporción



de óxido de berilio, no fusible a la temperatura de la operación y no reductible, que, por tanto, no permite extraer la totalidad del berilio; el fluoruro de berilio es interesante emplearlo en esta forma en muchos casos,

125. especialmente a causa del hecho de que aumenta considerablemente la fusibilidad de las escorias que se forman, facilitando así la separación entre éstas y el producto metálico.

Por otra parte, en el caso de obtención de aleaciones de berilio, puede interesar, para moderar la fusibilidad de 130. las escorias, según la naturaleza de la aleación a obtener, el añadir a las escorias sales alcalinas o alcalinizadas no oxigenadas, tales como, por ejemplo fluoruros y cloruros.

El procedimiento que acaba de indicarse se lleva a 135. cabo, de acuerdo con este invento, tratando el compuesto fluorado de berilio en presencia de, o mezclado con, un fluoruro de otro metal, con preferencia por lo menos bivalente, tal como el fluoruro de magnesio o el fluoruro de un metal alcalinotérreo u otro metal bivalente más 140. electropositivo que el berilio.

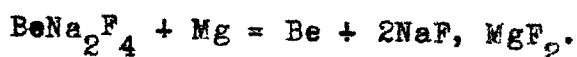
El interés que existe en trabajar en presencia de uno de estos fluoruros de metal alcalinotérreo, de magnesio, u otro, de acuerdo con este invento, especialmente en el caso en que se trata un fluoberilato alcalino, puede 145. explicarse por el hecho de que este fluoruro alcalinotérreo u otro desempeña el papel de neutralizador, impidiendo la liberación del metal alcalino del fluoberilato tratado; y, merced al hecho de que se hace actuar justamente la proporción estequiométrica necesaria de metal o metaloide de descomposición 150. se lleva de este modo a cabo un desplazamiento integral del berilio del compuesto tratado, sin peligro de poner en libertad metal alcalino (por ejemplo sodio).

Así, pues, por ejemplo en el caso en que se trata fluoberilato sódico en presencia de fluoruro cálcico, se 155. procede de acuerdo con la reacción:



$\text{BeNa}_2\text{F}_4 + \text{Mg} + n (\text{CaF}_2) = 2\text{NaF} + \text{MgF}_2 + \text{Be} + n (\text{CaF}_2)$ ;  
el  $\text{CaF}_2$  añadido actúa como neutralizador, gracias al cual todo el sodio queda fijado por el fluor.

Utilizando así, para extraer todo el berilio de una 160.molécula de  $\text{BeNa}_2\text{F}_4$ , una sola molécula de Mg (en lugar de dos moléculas de Mg que precisaría la reacción correspondiente con liberación de sodio) se verifica en las mejores condiciones, integralmente, la reacción cuantitativa:



165. En resumen, la utilización de un fluoruro adicional de metal bivalente por lo menos, metal alcalinotérreo o magnesio, en presencia del cual se opera, impide la liberación del sodio (u otro metal alcalino) que puede contener el compuesto de berilio tratado, merced al hecho de que este 170.fluoruro alcalinotérreo u otro tiene tendencia a descomponerse ante el fluoruro de sodio u otro, y por tender a desprender fluor, favorece la reacción que asegura la fijación del fluor por el sodio citado, especialmente en forma de NaF.

El hecho de trabajar, de acuerdo con este invento, 175.en presencia del fluoruro neutralizador de un metal por lo menos bivalente, es en cierto modo análogo a sustituir por este fluoruro neutralizador el exceso de fluoruro de berilio inutilizado que exigía el procedimiento antes mencionado.

180. De ello resultan, especialmente, las ventajas siguientes:

1ª.- Se descompone la totalidad de los compuestos de berilio tratados, y todo el berilio en ellos contenido, pasa al estado de metal o de aleación;

185. 2ª.- El fluoruro de metal alcalinotérreo o de magnesio, en presencia del cual se trabaja, neutraliza e impide la acción reductora de la molécula de sodio (u otro metal alcalino del compuesto de berilio tratado) y permite que la reacción se verifique totalmente, sin peligro de 190.explosión;



3ª.- El coste del fluoruro alcalinotérreo u otro, es incomparablemente inferior al de un exceso correspondiente de fluoruro de berilio;

4ª.- La masa en el seno de la cual se forman el 195:berilio puro o sus aleaciones, y que, de otro modo tendría una densidad más elevada, puede llevarse a un estado tal, por formación de espuma en estado fluido, y por consiguiente de una ligereza relativa, que favorezca también la aglomeración y la separación de las aleaciones producidas, incluso 200.teniendo una densidad menos elevada que la de la masa citada.

Por lo que se refiere a las proporciones de materias a reaccionar que hayan de ponerse en operación, de acuerdo con este invento pueden determinarse con antelación por el cálculo, para llevar a cabo las reacciones deseadas.

205. Sean:

- A, la cantidad del compuesto de berilio tratado;
- B, la cantidad de aleación de berilio a obtener;
- a, la proporción de berilio del compuesto de berilio tratado;

210.

- b, la proporción de berilio de la aleación a obtener;
- C, la cantidad de metal o metaloide de descomposición a hacer reaccionar;

- E, el equivalente químico del berilio, y
- e, el equivalente químico del metal o metaloide

215.

de descomposición empleado.

Las proporciones necesarias de las materias de reacción, a que habrá que aproximarse prácticamente lo más posible, son las siguientes:

La cantidad A del compuesto de berilio a descomponer, 220. está determinada por la expresión:

$$A = B \times \frac{b}{a}$$

La cantidad C del metal o metaloide de descomposición que es necesario hacer intervenir, está determinada por la ecuación:

225. 
$$C = \frac{B \times b}{100} \times \frac{E}{e}$$



Puede decirse pues que sobre el compuesto de berilio (que está en cantidad igual a la de berilio a obtener dividida por la proporción de berilio de este compuesto) se hace actuar una cantidad de metal o metaloide 230. de descomposición que es prácticamente igual a la cantidad de berilio a libertar multiplicada por la relación de los equivalentes químicos del berilio y del metal o metaloide de descomposición.

Como metales o metaloides de descomposición a hacer 235. actuar sobre los compuestos de berilio a descomponer, cualesquiera que sean, especialmente los compuestos fluorados, pueden emplearse ventajosamente, bien aisladamente, o bien en estado de mezclas, a voluntad, uno o varios metales más electropositivos que el berilio, para desplazar a éste de 240. sus compuestos; los mejores resultados se obtienen haciendo actuar uno o varios metales del grupo que contiene los alcalinos y alcalinotérreos (por ejemplo Ca, Ba, Rb, Sr, Ce) y el magnesio; son los metales acusadamente mas electropositivos que el berilio, los que resultan más interesantes. Sin 245. embargo, se han obtenido resultados muy satisfactorios, igualmente, con metales menos electropositivos, tales como el aluminio, o incluso con metaloides desempeñando el papel de elementos electropositivos, tales como el silicio, el boro, el carbono.

250. En ciertos casos, podrá interesar la introducción de los metales o metaloides de descomposición en estado de compuestos metálicos, o el operar en presencia de compuestos metálicos, a fin de poder introducir, en el transcurso de la operación, el elemento de descomposición en estado de metal 255. o de metaloide.

Particularmente en el caso de emplear el sodio como elemento de descomposición, para evitar la tendencia a provocar una ebullición que el sodio solo presenta, se hará reaccionar este metal en presencia de compuestos metálicos 260. con los que el sodio ofrezca una afinidad química suficiente

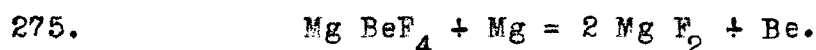


para permitir, por la formación de una eutéctica por ejemplo, llevar a cabo sin dificultad una reacción prácticamente cuantitativa.

Entre los metales bivalentes, además de los alcalino-  
265. térreos, el magnesio es de una aplicación especialmente ventajosa como metal de descomposición. Cuando se hace actuar el magnesio, por ejemplo, sobre fluoberilato sódico, la descomposición de éste se efectúa primeramente alrededor de 900° C., según una reacción intermedia, que da un fluoruro  
270. doble de berilio y de magnesio, por ejemplo:

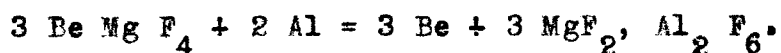


y luego de acuerdo con una segunda reacción de doble sustitución (alrededor de 1100° C), que es mucho más activa que la primera y se verifica según la ecuación:



Introduciendo en la mezcla un exceso de sal sódica, con el fluoruro de magnesio que se forma, se constituye una mezcla de bajo punto de fusión que facilita en alto grado la aglomeración del berilio en el estado compacto.

280. Tal como antes se indicó, puede hacerse actuar igualmente un metal menos electropositivo que el berilio, tal como el aluminio. Este último, en efecto, reacciona de un modo total sobre el berilio contenido en compuestos fluorados que encierran fluoruro de berilio, cuando se emplea,  
285. por ejemplo, una mezcla de fluoruro de magnesio y de fluoruro de berilio y el fluoruro de magnesio está por lo menos en cantidad químicamente equivalente a la del fluoruro de berilio. La reacción se verifica entonces de acuerdo con la ecuación:

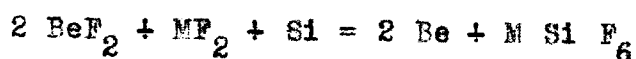


290. Esta reacción se produce incluso cuando la mezcla de fluoruros contiene otro elemento, por ejemplo oxígeno, con tal de que las relaciones de equivalencia antes indicadas sean respetadas. Puede tratarse ventajosamente fluoruro de berilio con aluminio, en presencia de magnesia.

295. En el caso de emplear como elemento de descomposición u



metaloides tal como el silicio, éste puede reaccionar, en condiciones bien determinadas, sobre compuestos fluorados de berilio de igual modo que un metal más electropositivo que el berilio. Una de las condiciones necesarias para 300. obtener este resultado, es operar a una temperatura que exceda ligeramente a la de fusión del silicio metálico. Otra condición es asegurar la fijación o la eliminación rápida del  $\text{SiF}_4$  que se forma, ya que la presencia de  $\text{SiF}_4$  haría posible la reversibilidad de la reacción de sustitución; por el 305. contrario, esta reversibilidad se impide por la escorificación del silicio bajo forma de fluosilicatos indescomponibles a la temperatura de la reacción. La reacción de acuerdo con la cual se efectúa la operación, puede representarse por la ecuación:



310. en la que M representa un metal bivalente. Los medios para conseguir la estabilidad del fluosilicato que se forma por la reacción, son de una realización práctica muy sencilla; se utilizará, por ejemplo, para este objeto, el silicio en estado de eutéctica con un metal por lo menos bivalente.

315. Para obtener, por el procedimiento de acuerdo con este invento, aleaciones de berilio (con proporciones de berilio que varíen a voluntad entre menos de 1% y hasta cerca de 100%) conviene hacer actuar el o los metales o metaloides de descomposición en presencia del o de los metales

320. (o eventualmente metaloides) a alear al berilio, entre los cuales predomine por lo menos un metal pesado, o bien, también, de compuestos metálicos susceptibles de suministrar, en el curso de la reacción, el o los metales de aleación en cuestión.

325. Las proporciones deseadas de la aleación final a obtener, se logran por el hecho de que se emplea una cantidad de elemento de aleación exactamente proporcionada a la proporción de este cuerpo que la aleación final haya de contener. En general, se hacen actuar el o los metales o

330. metaloides de descomposición ya sea en presencia del o de



los elementos a alear al berilio, o bien en estado de mezclas o de aleaciones con ellos, o por lo menos con uno de ellos.

Como elementos susceptibles de emplearse con más especialidad, como componentes de las aleaciones de descompo-  
335. sición, pueden utilizarse sobre todo uno o varios de los elementos siguientes para obtener, con predominio de un metal pesado por lo menos, aleaciones binarias o de varios constituyentes: cobre, hierro, nickel, cobalto, tungsteno, molibdeno, cromo, vanadio, boro, titanio, manganeso, cinc,  
340. plata, oro, platino, estaño, talio, bismuto, plomo, cadmio, uranio, litio, calcio, magnesio, aluminio, silicio, carbono, fósforo.

Por lo que se refiere a la realización de la operación verdaderamente dicha, ésta consiste, de modo  
345. general, en poner en contacto las materias a reaccionar, por ejemplo en frio, en parte o en totalidad, en mezclarlas eventualmente y en fundirlas juntas, por ejemplo en un crisol, y luego, finalmente, en dejar que se separe la aleación de berilio de la masa formada.

350. Para recoger de este modo el producto final a obtener, con la mayor facilidad posible, sin pérdidas y en estado de máxima pureza, se ha observado que es interesante trabajar, con preferencia, en condiciones tales, merced especialmente a la cuidadosa selección de las materias de reacción empleadas,  
355. que se obtenga este producto final (aleación de berilio o eventualmente berilio metálico) bajo la forma de una masa bien compacta que se separe por sí misma de los demás productos de la reacción que forman particularmente el baño.

Este resultado puede conseguirse, especialmente,  
360. haciendo actuar mezclas o aleaciones, del o de los elementos de descomposición con el o con los elementos a alear al berilio, que sean tales que tengan un peso sensiblemente diferente, lo más superior posible, al del compuesto de berilio tratado en el estado fundido, de tal modo que,  
365. después de la mezcla, la aleación producida tenga en todos



los casos un peso sensiblemente superior al del baño que se forma y del cual se separa en estas condiciones en forma de un producto bien compacto, en el fondo de este baño.

370. Asi, pués, de acuerdo con este invento, es interesante hacer actuar, inicialmente, una aleación de descomposición más pesada que el compuesto de berilio tratado en el estado fundido y que dá lugar a una aleación siempre más pesada, finalmente, que el baño formado; en
275. general, puede facilitarse la separación dando al baño una densidad lo más reducida posible, que se le comunica, por ejemplo, haciéndole espumar con lo cual se le coloca en un estado de división más avanzada, con formación de espuma. De este modo se llega a poder recoger, en forma de masa
380. compacta, debajo del baño, la aleación de berilio producida, incluso en el caso en que esta aleación tiene una proporción muy elevada de berilio y, en realidad, es más ligera que el baño formado.

- Se ha observado además que la formación de aleaciones
385. de berilio de proporciones deseadas se facilita en alto grado cuando el agente de descomposición y el o los elementos a alear con el berilio se emplean en estado de mezcla que funda a temperatura relativamente baja, y más particularmente a temperatura inferior al punto de fusión de sus componentes.
390. Por esta razón, para constituir una aleación por medio de berilio y de un metal pesado, se emplea ventajosamente una mezcla o una aleación del elemento de descomposición y de este metal, asociados en proporciones relativas que se aproximen o correspondan a la composición de la mezcla
395. eutéctica.

- La utilización de una mezcla de esta naturaleza, de baja temperatura de fusión con respecto a la de sus componentes, constituye un medio muy práctico para facilitar la reacción de sustitución que se verifica, reduciendo la
400. temperatura de reacción y la duración de la operación. En



estas condiciones, basta operar a una temperatura que solo ha de ser suficiente para que las materias a reaccionar y la aleación de berilio producida se encuentren en estado de fusión.

405. En estas condiciones especialmente ventajosas, se obtienen pues las aleaciones de berilio con un metal pesado por lo menos, empleando como aleación de reacción una aleación eutéctica de punto de fusión poco elevado; se observa que el berilio, a medida que se forma, pasa al estado de la aleación
410. líquida a obtener, y la temperatura de fusión de esta nueva aleación aumenta con la cantidad de berilio presente, pero cualquiera que sea la proporción elevada de berilio que se desée obtener en el producto final, el berilio puesto en libertad se alea a medida que se forma y la temperatura
415. a alcanzar permanece siempre muy inferior a la necesaria para la fusión del berilio puro.

- Es cierto que el empleo de una eutéctica solo podría conducir a la formación de aleaciones de berilio cuyas proporciones variarán entre límites relativamente
420. estrechos, pero puede sin embargo obtenerse toda la gama posible de aleaciones de berilio, que contengan por lo menos un metal pesado en proporción notable, haciendo actuar la eutéctica en presencia de la cantidad suplementaria deseada de metal de aleación, que, en las condiciones
425. normales de la operación, no influye sobre la acción de la aleación eutéctica de descomposición; se llega por consiguiente a unir sin dificultad los metales de aleación en la proporción deseada y predeterminada, en la misma operación, con la aleación de berilio formada por doble
430. sustitución con la eutéctica empleada.

- A continuación y a título no limitativo, se indican varios ejemplos de fabricación de aleaciones de berilio con un metal pesado predominante por lo menos, correspondientes a casos típicos de aplicación del procedimiento objeto
435. de este invento.



E J E M P L O, 1.

Producción de una aleación de berilio-cobre, con 33% de Be, por medio de magnesio y de cobre.

- Se introducen en fric los cuerpos a reaccionar,
440. colocando en un crisol de grafito de una capacidad de 10 litros aproximadamente; en el fondo, en pedazos gruesos, 4.230 Kg. de una aleación de Mg y de Cu con 20% de Cu; encima, 6 Kg. de fluoruro de berilio anhidro y exento de óxido, comprimiendo fuertemente; encima de esto, se coloca
445. 1 Kg. de fluoberilato sódico fundido y, además, en pedazos gruesos, 2.875 Kg. de cobre electrolítico. El crisol, una vez cubierto con una tapa de grafito, se introduce en una mufla sin circulación de aire y se eleva rápidamente la temperatura hasta 900° C. Se mantiene esta temperatura
450. durante 20 a 25 minutos; luego se la hace ascender rápidamente hasta 1.200° C. Se deja depositar la aleación, se vacía, separando el baño, y así se obtiene una aleación de un peso de 3.750 Kg. con el 33% de Be y el 67% de Cu.

E J E M P L O, 2 .

455. Producción de una aleación de berilio-hierro, por medio de una aleación de calcio y de hierro, en un horno de inducción de alta frecuencia.

- En un crisol protegido por medio de óxido de berilio, para realizar la operación por caldeo con inducción, se
460. colocan 43 Kg. de una aleación de hierro-calcio, con 42% aproximadamente de calcio, reducida a pedazos, y sobre esta aleación fundida se cargan 10 Kg. de fluoruro de berilio anhidro exento de óxido. Se mantiene la atmósfera del crisol alimentada con hidrógeno, a fin de asegurar la
465. eliminación del aire; se eleva la temperatura hasta 1.150 1.200° C., y se la mantiene durante alrededor de media hora, con objeto de conservar la masa fundida y agitada. Después de interrumpir la acción del campo inductor y de cesar la introducción de hidrógeno, se vierte el baño aparte y se
470. moldea el metal directamente en lingotes. Así se obtienen



37 Kg. de aleación con 4.8% de Be y 95% de Fe.

E J E M P L O, 3.

Producción de una aleación de Be-Ni, con 25% de Be, por medio de aluminio y de nickel.

475. A 11 Kg. de una mezcla íntima, pulverizada fuera del contacto del aire, de fluoruro de berilio y de fluoruro de magnesio en cantidades equimoleculares, se incorporan 18 Kg. de limaduras de aluminio y 27 Kg. de limaduras de nickel. Se comprime fuertemente la masa en un crisol de 480. grafito, que se cubre y se introduce en una mufla, sin aire, a la temperatura de 1.200° C., que se mantiene durante un lapso de tiempo variable según la capacidad térmica de la mufla; así pues, si la temperatura de 1.200° C., puede alcanzarse en 35 a 40 minutos, se conservará 485. durante una hora. Luego se enfría inmediatamente, se vierte el baño aparte y finalmente se obtiene una aleación Be-Ni con 25% de Be y 75% de Ni.

E J E M P L O, 4.

Producción de una aleación de berilio-hierro, 490. con 40% de Be, empleando el silicio como elemento de descomposición.

- Se toma una mezcla, en partes iguales, de fluoruro de Be anhidro y de fluoruro de Ca, que se coloca en capas alternadas con silicio metálico de 95% de Si y 5% de Fe, 495. en pedazos. Se cubre la masa con hierro electrolítico en pedazos pequeños y se comprime todo ello en un crisol de glucinio o de magnesia, o también de grafito, revestido interiormente con BeO o con MgO. Por encima de la masa se extiende una capa de fluoruro sódico mezclado con fluorina 500. y pedazos grandes de hierro electrolítico. Se coloca el crisol en la mufla y se eleva lentamente la temperatura hasta 1.400° C. Luego se deja reposar y se vierte, separando el baño; se obtiene una aleación con 60% de Fe y 40% de Be y pequeñas cantidades de silicio.



505.

E J E M P L O, 5.

Producción de una aleación de berilio-hierro, con 9% de Be, por medio de una aleación eutéctica de aluminio y de hierro.

En el crisol de un horno de inducción se introducen 510. 7.5 Kg. de una aleación eutéctica Al-Fe que funde a 1.160° C.; por encima se comprimen 25 Kg. de una mezcla de fluoruro de berilio y de magnesio que contenga 7.5% de berilio, y encima de esta mezcla se comprimen 2 Kg. de hierro electrolítico. Se eleva rápidamente la temperatura a 1.180° C., y se 515. conserva constante durante 45 a 50 minutos. Se vierte en molde y se obtienen así 7.7 Kg. de una aleación de hierro y de berilio con 9% de Be, que funde a 1.155° C.

E J E M P L O, 6.

Producción de una aleación ferrosa especial de 520. berilio y cromo, instacable por los ácidos.

En un crisol protegido por medio de BeO, provisto de una tapa perforada a través de la cual pasa un tubo, también de BeO, para la conducción de hidrógeno, se colocan 10 Kg. de una aleación ferrosa con 21.5% de cromo y 8.5% 525. de Ni, en pedazos gruesos; sobre estos se comprime una mezcla bien homogénea de 7. Kg. de fluoberilato cálcico, obtenido a partir de cantidades equivalentes de los dos fluoruros, y de 8.5 Kg. de silicio al 95% en polvo; se cubre todo ello con una pequeña capa de cal viva y de 530. fluorina. Así preparado el crisol, se le introduce en un horno de inducción y, mientras la temperatura asciende rápidamente, se introduce hidrógeno. Al cabo de 15 a 20 minutos de fusión muy viva, se deja enfriar, se vierte el baño aparte y el metal en un molde, por ejemplo. Así 535. se obtienen 10.5 Kg. de una aleación especial de hierro con 20.5% de Cr. 7.75% de Ni y 4.75% de Be.

E J E M P L O, 7.

Producción de una aleación de plata-berilio por medio de una aleación de aluminio y de plata.

540. En un pequeño crisol, protegido por medio de óxido de berilio, de 1.25 litro de capacidad, se colocan 1.225 g.



de una mezcla de fluoruro de berilio (475 g.) y de fluoruro de magnesio. Se reparten por encima, en pedazos de 4 a 5 cm<sup>3</sup> de volumen, 645 g. de una aleación de aluminio y de plata con 28% de aluminio, que funde a 558° C. Elevando 645: la temperatura durante una hora hasta 1.100° se obtienen, después de verter en lingotera, unos 555 g. de una aleación con 18% de Be y 82% de plata, que funde a 880°-1.075° C.

N O T A.

Habiendo ya descrito ampliamente la naturaleza 650. del invento, así como la manera de llevarlo a cabo en la práctica, se hace constar que las disposiciones anteriormente descritas son susceptibles de ligeras modificaciones de detalle, sin que por ello se altere el principio fundamental del invento. También se hace constar que dicho invento 655. se refiere a una patente presentada en Italia con fecha 29 de Abril de 1937, bajo el Nº 1033/Reg.422, acogiéndose, por lo tanto, a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor, siendo lo que constituye la esencia del referido invento y por lo que se solicita 660. patente de invención, por veinte años en España: "Procedimiento de fabricación de aleaciones de berilio"; caracterizándose por lo siguiente:

1º.- Un procedimiento para obtener directamente aleaciones de berilio con uno o varios metales entre los 665. cuales predomine un metal pesado por lo menos, por acción sobre compuestos de berilio, especialmente sobre sus compuestos fluorados, de metales o metaloides de descomposición en presencia del o de los metales a alear al berilio en cantidades proporcionadas a los porcentajes a obtener en la 670. aleación final, caracterizado porque para poner en libertad prácticamente la totalidad del berilio del compuesto tratado, se hacen actuar el o los metales y/o el o los metaloides de descomposición en una cantidad que, prácticamente, corresponde estequiométricamente a la de berilio contenida 675. en este compuesto y porque, en especial, para descomponer



un fluoruro complejo de berilio y de un metal del grupo que comprende los alcalinos, particularmente un fluoberilato alcalino, y eventualmente fluoruro de berilio prácticamente anhídrido y exento de óxido, se trata este compuesto fluorado  
580. en presencia de-eventualmente previamente mezclado con-un fluoruro de otro metal que actúa como neutralizador impidiendo la descomposición del fluoruro metálico distinto del fluoruro de berilio, que se produce por la reacción de sustitución, ventajosamente un fluoruro de un metal  
585. por lo menos bivalente, tal como un metal alcalino-térreo o el magnesio.

2º.- Un procedimiento, según lo especificado en la reivindicación 1ª, caracterizado porque la operación consiste en hacer fundir juntas las materias de reacción,  
590. que pueden ponerse en contacto, parcialmente o en totalidad, en frío, fundiéndolas y mezclándolas luego, en presencia del o de los metales de aleación, verificándose esta operación, por ejemplo, en un horno eléctrico de inducción, tal como un horno de alta frecuencia.

3ª.- Un procedimiento, según lo especificado en la reivindicación 1ª, caracterizado porque como cuerpos de descomposición se utilizan, bien aisladamente o bien en mezcla, uno o varios metales del grupo que comprende los alcalinos (por ejemplo Na, K, Li) los alcalino-térreos (por ejemplo, Ca, Ba) y el magnesio, así como  
600. el aluminio; o un metaloide, tal como por ejemplo el silicio, el o los cuerpos de descomposición citados pueden introducirse eventualmente en estado de compuestos, de los cuales se ponen en libertad en el transcurso de la misma operación.

4º.- Un procedimiento, según lo especificado en la reivindicación 1ª, caracterizado porque como elementos de descomposición se hacen actuar elementos más electropositivos que el berilio y, para obtener las aleaciones de berilio deseadas, elementos de aleación menos electropositivos, eventualmente aleados con los elementos de descomposición  
610.



que no intervienen en esta acción, pero que se alean finalmente al berilio desplazado del compuesto citado; éste o estos elementos de aleación pueden introducirse eventualmente en forma de compuestos metálicos, fluoruros  
615. u otros, que sean susceptibles de ser descompuestos, a su vez, por el agente de descomposición, poniendo en libertad el o los elementos metálicos a alear al berilio.

5º.- Un procedimiento, según lo especificado en la reivindicación 1ª, caracterizado porque, para hacer  
620. pasar el berilio del compuesto tratado al estado de la aleación deseada, sin elevación considerable de temperatura, se hacen actuar, al estado de mezcla de bajo punto de fusión, el metal o metaloide de descomposición y el o los elementos metálicos a alear al berilio, entre los cuales  
625. predomina un metal pesado por lo menos, utilizando una mezcla que tenga una composición tal que funda a baja temperatura con respecto a sus componentes y, más particularmente, para alear el berilio a otro metal, una composición que se aproxime o corresponda a la de una  
630. aleación eutéctica, de modo que el desplazamiento prácticamente total del berilio de su compuesto y su reunión al o a los elementos de aleación se verifican a temperatura relativamente baja, escogiéndose con preferencia la eutéctica de manera que, hasta el final de la operación,  
635. la temperatura permanece inferior al punto de fusión del berilio.

6º.- Un procedimiento, según lo especificado en las reivindicaciones 1ª y 5ª, caracterizado por hacerse actuar una aleación de composición próxima o equivalente a la  
640. eutéctica, en presencia, según sea preciso, de una cantidad suplementaria de metal a alear al berilio, que es la cantidad necesaria para obtener las proporciones deseadas en la aleación final y que no interviene en la reacción, pero que se une finalmente a la aleación  
645. obtenida.



- 7º.- Un procedimiento, según lo especificado en la reivindicación 1ª, caracterizado por trabajar con una mezcla o aleación de peso, por una parte inicialmente superior al del compuesto de berilio que se trata en estado
650. de fusión y, por otra, finalmente, al del baño que se forma, de tal modo que la aleación producida se reúne por sí misma en forma de una masa compacta bien separada de dicho baño, por debajo de éste, que puede convertirse en más ligero haciéndole espumar.
655. 8º.- Un procedimiento, según lo especificado en la reivindicación 1ª, caracterizado por hacerse actuar mezclas o aleaciones que contienen como elementos alear al berilio, uno o varios de los elementos siguientes: cobre, hierro, nickel, cobalto, tungsteno,
660. molibdeno, cromo, vanadio, titanio, boro, manganeso, cinc, plata, oro, platino, estaño, talio, bismuto, plomo, cadmio, uranio, litio, calcio, magnesio, aluminio, silicio, fósforo.
665. 9º.- Un procedimiento, según lo especificado en la reivindicación 1ª, caracterizado por hacerse actuar, bien sobre fluoruro de berilio, o bien sobre un fluoberilato alcalino, en especial el fluoberilato sódico, en general en presencia de un fluoruro de un metal tal como el magnesio, uno o varios metales de descomposición del
670. grupo que comprende el sodio (en presencia de un compuesto metálico que forme con el sodio otro compuesto que funda con preferencia a baja temperatura), el potasio, el litio, el calcio y el magnesio; o bien, sobre fluoruro de berilio, aluminio y/o silicio, igualmente en presencia
675. de un fluoruro de un metal tal como el magnesio, eventualmente además con un compuesto metálico, tal como la magnesia, susceptible de ser reducido en primer lugar por el aluminio o silicio citados.

"Procedimiento de fabricación de aleaciones de berilio"; tal y como queda substancialmente descrito en

680.



la presente memoria.

Esta memoria consta de veintiuna hojas escritas por una sola cara.

Madrid, 15 de Septiembre de 1937.

SERI HOLDING, S.A.

P.P.

*Josep*  
SERI HOLDING, S.A.