

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 703 254**

51 Int. Cl.:

C25B 1/00 (2006.01)

C25C 5/02 (2006.01)

B22F 9/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.01.2011 PCT/FI2011/050056**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.08.2011 WO11092375**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.01.2011 E 11736667 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.10.2018 EP 2528704**

54 Título: **Método y disposición para producir polvo metálico**

30 Prioridad:

29.01.2010 FI 20105083

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

07.03.2019

73 Titular/es:

**OUTOTEC (FINLAND) OY (100.0%)
Rauhalanpuisto 9
02230 Espoo, FI**

72 Inventor/es:

**NIEMINEN, VILLE y
VIRTANEN, HENRI**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 703 254 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

Método y disposición para producir polvo metálico

Campo de la invención

5 La invención se refiere a la producción de polvo metálico finamente dividido. En particular, la invención se refiere a un método y disposición de disolución-precipitación para producir polvo metálico.

Antecedentes de la invención

10 Generalmente, el producto final en muchos procedimientos de fabricación de metal es un objeto de tipo de placa en forma de cátodo. Este tipo de producto final se obtiene por ejemplo por medio de rutas de producción pirometalúrgica utilizando la electrólisis. En estos métodos, un ánodo de metal que se produce pirometalúrgicamente a partir de un concentrado se refina electrolíticamente a cobre catódico, que se puede moldear, por ejemplo, en forma de productos con varias formas diferentes. Estos tipos de métodos se pueden usar para producir productos de cobre, níquel o cobalto, entre otros.

15 Sin embargo, en la producción de metales, en muchos casos sería ventajoso, por ejemplo, con respecto a un procesado adicional, si el metal recibido como producto final del procedimiento de fabricación se obtuviera en alguna otra forma distinta de un objeto sólido uniforme tal como una placa catódica. Particularmente los métodos en los que el producto final se obtiene en forma de polvo metálico puro serían extremadamente útiles.

20 En la solicitud de patente JP2002327289, se introduce un método para producir polvo de cobre en electrólisis. En el método, una disolución acuosa de ácido sulfúrico, que contiene cátodos de titanio, se conduce a una cámara anódica, de modo que los cátodos de titanio reducen el cobre disuelto en la cámara anódica, precipitándolo de este modo en la cámara anódica en forma de polvo de cobre finamente dividido. El problema con este método es que la disolución de catolito se conduce directamente a la cámara anódica, por lo cual no es posible controlar efectivamente las relaciones de mezcla de la disolución de catolito y la disolución de anolito. Además, en el método se precipita cobre directamente en la cámara anódica, lo que hace más problemático retirar el cobre precipitado de la disposición electrolítica. Estos problemas constituyen un riesgo por la creación de aglomerados de cobre, lo que hace más difícil controlar el tamaño de partícula del polvo de cobre.

25 La publicación de la patente US2005/0023151 presenta un método en el que el polvo de cobre se prepara por precipitación electrolítica de cobre a partir de sulfato de cobre en un cátodo. El método hace uso de una reacción anódica ferroso/férrico, por lo que se reduce el consumo de energía del método. Dicha publicación también describe una disposición de flujo continuo en la que se recupera el polvo de cobre precipitado de los electrodos por medio de un electrolito que fluye a través de los electrodos. Un inconveniente con el método y disposición ilustrada en la publicación US2005/0023151 es, entre otros, una recuperación no fiable de cobre de los cátodos, debido por ejemplo a la precipitación de cobre en varios lugares diferentes en la cámara que contiene los electrodos, y a la unión de cobre en el cátodo. Debido a los inconvenientes antes mencionados, entre otros, es difícil controlar el tamaño de grano de polvo de cobre y la morfología de las partículas de cobre, así como conseguir una calidad homogénea con electrodos separados. Además, la precipitación de cobre directamente sobre el cátodo también depende del material del cátodo y de la morfología de la superficie, que en parte aumenta la falta de fiabilidad del método.

30 La solicitud de patente WO2008/017731 presenta un método para la fabricación de polvo metálico. En este método, se precipita polvo metálico valioso mediante la reducción del metal valioso disuelto en el método por medio de otro metal. En dicho método, también la disolución de metal precioso tiene lugar en una reacción con dicho otro metal, que debilita el control de la cinética del procedimiento, así como la eficiencia del mismo, y hace el método y la disposición usada en el mismo bastante complicado.

35 Además, el documento US2005/067299 describe un método electrolítico en celda de tipo de diafragma; el documento EP1552896 describe un método para producir polvo metálico fino; el documento JP2003328198 describe un método de generar ion cobre y aparato para el mismo; el documento EP0221685 describe un procedimiento electrolítico para la fabricación de sales; y el documento US5882502 describe un sistema y método electroquímico.

Objeto de la invención

50 El objetivo de la invención es eliminar los inconvenientes antes mencionados de la técnica anterior y exponer un nuevo método y disposición para la fabricación de polvo metálico en un método de disolución-precipitación haciendo uso de la electrólisis.

Sumario de la invención

El método según la invención se caracteriza por lo que se expone en la reivindicación independiente 1.

La disposición según la invención se caracteriza por lo que se expone en la reivindicación independiente 15.

En el método según la invención para la fabricación de polvo metálico, el producto metálico disuelto se mezcla con una disolución que contiene por lo menos un metal intermediario para precipitar el producto metálico disuelto en forma de un polvo de producto metálico. En el método, una primera parte de una disolución de partida que contiene ácido se lleva al lado anódico de la celda electrolítica como anolito, para estar en contacto con el ánodo y el material de suministro que contiene el producto metálico, y una segunda parte de la disolución de partida que contiene ácido, que también contiene el metal intermediario además de ácido, se lleva al lado catódico de la celda electrolítica, como catolito para estar en contacto con el cátodo; el producto metálico se oxida y disuelve en el anolito conduciendo corriente eléctrica al ánodo; el metal intermediario contenido en la segunda parte de la disolución de partida se reduce en el lado catódico; y disolución de anolito y disolución de catolito se llevan a una cámara de precipitación para mezclar el producto metálico oxidado disuelto en la primera parte de la disolución de partida y la segunda parte de la disolución de partida que contiene metal intermediario reducido.

La disposición según la invención es una disposición para producir polvo metálico mediante la precipitación de polvo de producto metálico mediante la mezcla de polvo de producto metálico disuelto con una disolución que contiene por lo menos un metal intermediario. La disposición según la invención comprende una celda electrolítica para disolver el producto metálico situado en el lado anódico de la celda electrolítica y para oxidarlo en el anolito, y para reducir, en el lado catódico, el metal intermediario disuelto situado en el lado catódico de la celda electrolítica; una cámara de precipitación dispuesta esencialmente separada de la celda electrolítica; así como medios para alimentar disolución de anolito y disolución catódica respectivamente del lado anódico y el lado catódico de la celda electrolítica a la cámara de precipitación para mezclar el producto metálico oxidado que se disuelve en el anolito, y la disolución catódica que contiene metal intermediario reducido, fuera de la celda electrolítica.

Entre las ventajas de la invención, señalemos por ejemplo buena controlabilidad del tamaño de partícula del polvo de producto metálico que precipita, que se hace posible especialmente por la alimentación de la disolución de anolito y la disolución catódica, para mezclarse conjuntamente, en una cámara de precipitación separada, en cuyo caso la relación de mezcla de dichas disoluciones se puede controlar fácilmente y con precisión, así como optimizar según las condiciones del procedimiento. Por otra parte, cuando la etapa de precipitación se lleva a cabo en una cámara de precipitación separada, lejos de la proximidad de los electrodos, el efecto de los electrodos en el procedimiento de precipitación y en la recogida del precipitado se puede minimizar, por lo que se mejora la fiabilidad del procedimiento. También la recuperación del precipitado de producto metálico se hace más fácil y más fiable. Con una relación de mezcla correcta y una recuperación de precipitado efectiva, la creación de aglomerados de producto metálico se puede prevenir en la etapa de precipitación, y en consecuencia, la homogeneidad de las partículas de producto metálico contenidas en el polvo se activa con respecto a su tamaño. Una relación de mezcla correcta también facilita un procedimiento con una mejor eficiencia, que se puede utilizar para reducir la cantidad de energía necesaria en el procedimiento para la producción de una cierta cantidad de masa de producto metálico.

A menos que se indique lo contrario, en el presente documento las expresiones "lado anódico" y "lado catódico" se refieren a aquellas partes de la celda electrolítica que contienen anolito o catolito en la proximidad del ánodo o el cátodo, respectivamente. El "lado anódico" o el "lado catódico" no necesitan ser una parte uniforme de la celda electrolítica, sino que el "lado anódico" o el "lado catódico" pueden consistir en varios elementos mutuamente separados que comprenden un ánodo o un cátodo y el anolito o catolito, respectivamente.

A menos que se indique lo contrario, en el presente documento, el término "diafragma" se refiere a cualquier película apropiada o un obstáculo mecánico delgado, tal como una membrana, una tela industrial o similares.

A menos que se indique lo contrario, en el presente documento, la expresión "estado de oxidación", "nivel de oxidación" o una expresión correspondiente se refiere a un nivel de carga, en el que un átomo aparece solo o aparentemente en una molécula. De este modo las expresiones "estado de oxidación", "nivel de oxidación" o una expresión correspondiente también se pueden referir a la carga aparente de un átomo.

En una realización de la invención, la primera parte de la disolución de partida contiene metal intermediario para potenciar la disolución del producto metálico en el lado anódico. La primera parte de la disolución circulante creada como resultado de mezclar la disolución de anolito y la disolución de catolito se devuelve al anolito. La primera parte de la disolución de partida se compone de la primera parte de la disolución circulante. La segunda parte de la disolución circulante creada como resultado de mezclar la disolución de anolito y la disolución de catolito se devuelve al catolito. La segunda parte de la disolución de partida se compone de la segunda parte de la disolución circulante. Además, en una realización de la invención, la disolución circulante se devuelve esencial y completamente de nuevo al electrolito, en cuyo caso la disolución circulante se compone esencialmente de la primera parte de la disolución circulante y de la segunda parte de la disolución circulante. Cuando una disolución de anolito que se forma de la primera parte de la disolución de partida y una disolución de catolito que se forma de la segunda parte de la disolución de partida se mezclan juntas, se crea polvo de producto metálico cuando el producto metálico que se oxidó y se disolvió en el anolito se reduce, y el metal intermediario que se redujo en el catolito se oxida. La disolución circulante obtenida se recircula en una disposición a usar en el procedimiento en una de las realizaciones de la invención, de modo que la disolución circulante se devuelve parcial o completamente, después de la etapa de mezcla y después de que el precipitado de producto metálico se separa de la disolución, al anolito y/o catolito. Ahora el metal intermediario se reduce de nuevo en el catolito. De este modo, es posible realizar una regeneración electrolítica del metal intermediario en el catolito, lo que quiere decir que en algunas realizaciones de la

invención, no es esencialmente necesario alimentar al procedimiento nueva disolución que contiene metal intermediario. Además, cuando también el anolito en algunas realizaciones de la invención contiene metal intermediario, dicho metal intermediario intensifica la disolución del producto metálico en tales condiciones de procedimiento, por ejemplo, con contenidos de ácido relativamente bajos, en el que la disolución con el efecto combinado de la corriente eléctrica y disolución de ácido no sería eficiente.

En una realización de la invención, el anolito y el catolito están mecánicamente separados por un diafragma conductor de la electricidad. En una realización de la invención, la celda electrolítica comprende un diafragma conductor de la electricidad proporcionado entre el lado anódico y el lado catódico de la celda electrolítica para separar mecánicamente el lado anódico y el lado catódico.

Además, en una realización de la invención, una disolución separadora conductora de la electricidad se lleva entre los dos diafragmas que separan el anolito y el catolito con el fin de evitar una mezcla prematura del anolito y el catolito. En una realización de la invención, la celda electrolítica comprende dos diafragmas conductores de la electricidad proporcionados entre el lado anódico y el lado catódico de la celda electrolítica para separar mecánicamente el lado anódico y el lado catódico por medio de una disolución separadora conductora de la electricidad colocada en el espacio entre los dos diafragmas.

Con el fin de separar de manera eficiente la etapa de precipitación de la celda electrolítica y para realizar esta etapa de una manera controlada y esencialmente por completo en una cámara de precipitación separada, el anolito y el catolito en una realización de la invención se pueden separar por medio de un diafragma conductor de electricidad. En este documento, la expresión "diafragma conductor de electricidad" se refiere a un diafragma que es conductor de electricidad en tal medida que el diafragma facilita un funcionamiento efectivo de la celda electrolítica. Sin embargo, en algunas realizaciones de la invención, la conductividad eléctrica del diafragma puede ser menor que la conductividad eléctrica de esas disoluciones que están separadas mecánicamente por el diafragma. En consecuencia, el propósito del diafragma es separar mecánicamente las disoluciones situadas en diferentes lados del diafragma, es decir, para servir como un obstáculo mecánico, mientras que al mismo tiempo es conductor de electricidad hasta tal punto que la celda electrolítica sea capaz de funcionar efectivamente. Este diafragma divide la celda electrolítica en una parte del ánodo (o lado anódico), en la que se encuentra el anolito, y una parte del cátodo (o lado catódico), en la que se encuentra el catolito. De este modo el anolito y el catolito no se pueden mezclar juntos sin alterar las reacciones anódica y catódica, y no se puede formar polvo metálico en las proximidades de los electrodos en la celda electrolítica. Para intensificar más la separación del ánodo y el cátodo, es posible usar entre el lado anódico y el lado catódico dos diafragmas de partición, y se puede alimentar una disolución separadora entre dichos diafragmas.

En una realización de la invención, el producto metálico es cobre. En una realización de la invención, el producto metálico se selecciona entre el siguiente grupo: níquel, cobalto, zinc, plata, oro, rutenio, rodio, paladio, osmio, iridio, platino, manganeso, circonio, estaño, cadmio e indio.

En una realización de la invención, el metal intermediario es vanadio. Además, en una realización de la invención, el metal intermediario se selecciona entre el grupo siguiente: titanio, cromo y hierro. Además, en una realización de la invención, el metal intermediario se selecciona entre el siguiente grupo: manganeso, circonio, molibdeno, tecnecio, wolframio, mercurio, germanio, arsénico, selenio, estaño, antimonio, telurio y cobre. En las diversas realizaciones de la invención, los productos metálicos y metales intermediarios se pueden seleccionar entre un grupo que depende de varios parámetros del procedimiento diferentes, en particular del valor de pH del electrolito (es decir, del contenido de oxígeno). Sobre la base de esta descripción de la invención, una persona experta en la técnica es capaz de encontrar en los grupos enumerados anteriormente un metal intermediario apropiado para un determinado producto metálico por medio de ensayos de rutina. En particular, se ha descubierto que, por ejemplo, se puede producir polvo de cobre eficiente y fiablemente en una realización de la invención, cuando el metal intermediario seleccionado es vanadio.

En una realización de la invención, el material de suministro que contiene producto metálico se coloca en el ánodo. Además, en una realización de la invención, el producto metálico situado en el lado anódico de la celda electrolítica se coloca en el ánodo de la celda electrolítica. Cuando el material de suministro que contiene producto metálico se coloca en el ánodo, la carga por unidad de tiempo de la corriente eléctrica que pasa a través del producto metálico, y por consiguiente también la masa del producto metálico que se disuelve por unidad de tiempo, se pueden controlar eficientemente. La ventaja de esta realización es un control particularmente preciso de la reacción de disolución por medio de la electricidad; el producto metálico se disuelve con precisión según la cantidad de electricidad usada en el curso del período de tiempo determinado según las leyes de Faraday. Además, la cinética de la etapa de disolución es rápida, ya que la cantidad de producto metálico disuelto en el anolito es directamente proporcional a la carga que ha fluído a través del ánodo. De este modo también la cantidad de producto metálico que se disuelve en el anolito se puede controlar eficientemente y con precisión, lo que facilita un control más preciso de la dinámica del proceso, y una mejora de la fiabilidad.

En una realización de la invención, el producto metálico se selecciona de modo que el producto metálico seleccionado se disuelve en el anolito en forma de una sal soluble del ácido que está contenido en la primera parte de la disolución de partida.

En una realización de la invención, los electrolitos se colocan en un medio libre de oxígeno, con el fin de evitar la oxidación del producto metálico y/o metal intermediario que está contenido en los electrolitos. Esto hace que sea más fácil controlar el contenido de ácido de los electrolitos, lo que significa que el equilibrio de las reacciones químicas que tienen lugar en las diferentes disoluciones del procedimiento y que contienen, por ejemplo, producto metálico y/o metal intermediario se pueden ajustar con más precisión, lo que a su vez mejora la fiabilidad y la eficiencia del procedimiento, entre otros.

En una realización de la invención, la disolución de partida contiene ácido sulfúrico. Además, en una realización de la invención, el contenido de ácido sulfúrico en la disolución de partida es de por lo menos 50 g/l y preferentemente dentro del intervalo de 50 g/l - 1500 g/l. En una realización de la invención, la disolución de partida contiene ácido clorhídrico o ácido nítrico. Además, en una realización de la invención, el contenido de ácido clorhídrico en la disolución de partida está dentro del intervalo 15 g/l - 500 g/l. Sin embargo, en una realización de la invención, la disolución de partida contiene, además del ácido clorhídrico, también cloruro alcalino, cuyo contenido en la disolución de partida está dentro del intervalo 15 g/l - 500 g/l. La idoneidad de un ácido en la disolución de partida depende, entre otros, del material de suministro, del producto metálico y del metal intermediario en cuestión. En algunas realizaciones de la invención, las disoluciones pueden contener también más de un ácido. Sobre la base de esta descripción de la invención, una persona experta en la técnica es capaz, mediante ensayos de rutina, de encontrar un ácido apropiado para un determinado material de suministro, producto metálico y metal intermediario, y un contenido apropiado para dicho ácido. En particular, se ha encontrado que en algunas realizaciones de la invención, un contenido en ácido sulfúrico de la disolución de partida que es por lo menos 50 g/l proporciona una oxidación eficiente de un ánodo de cobre y su disolución en el ánodo, cuando el metal intermediario es vanadio. Un ácido apropiado, y el contenido de dicho ácido, se deben escoger de modo que el producto metálico se disuelva del material de suministro al anolito, en vez de la oxidación del metal intermediario. Por lo tanto, el pH del anolito (es decir, contenido de oxígeno) debe ser apropiado. Cuando el producto metálico empleado es cobre, y el metal intermediario es vanadio, el contenido de oxígeno debe ser lo más alto posible.

En una realización de la invención, la celda electrolítica comprende por lo menos una bolsa definida por un diafragma con el fin de restringir el anolito y/o catolito dentro de la bolsa. Además, en una realización de la invención, la celda electrolítica comprende medios para conducir la disolución separadora de un espacio que queda entre dos diafragmas al lado anódico y/o al lado catódico.

Las realizaciones anteriormente descritas de la invención se pueden combinar libremente entre sí. Se pueden combinar varias realizaciones diferentes con el fin de crear una nueva realización. Un método o disposición a la que se refiere la invención puede incluir una o varias de las realizaciones de la invención descritas anteriormente.

Descripción detallada de la invención

En la memoria descriptiva a continuación, la invención se describe con referencia a los dibujos adjuntos, en los que

La Figura 1 es un diagrama de flujo que ilustra una realización de un método según la invención,

La Figura 2 es una ilustración esquemática de una realización de una disposición según la invención,

La Figura 3 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra una realización de un método según la invención,

La Figura 4 es una ilustración esquemática de una realización de la celda electrolítica en una disposición según la invención,

La Figura 5 muestra imágenes de microscopio electrónico de barrido (imágenes SEM) de polvo de cobre producido por una realización de la invención.

En aras de la simplicidad, los números de referencia que se refieren a varios elementos de la invención siguen siendo los mismos en relación con elementos repetidos correspondientes.

En la etapa de preparación S1 de una realización del método según la Figura 1, se produce y se alimenta a la celda electrolítica, tanto en el lado anódico como el lado catódico, la disolución de partida que lleva ácido, la disolución de electrolito, que contiene el metal intermediario en su valor de potencial alto (es decir, en un estado de oxidación más alto). En el método, es esencial que por lo menos la segunda parte de la disolución de partida, que se alimenta al lado catódico, contenga dicho metal intermediario en su valor de potencial alto, porque en la etapa S2, en el catolito se lleva a cabo la reducción del metal intermediario a su valor de potencial bajo (es decir, a un estado de oxidación más bajo), es decir la regeneración del metal intermediario. También la primera parte de la disolución de partida, es decir, la parte que se alimenta como anolito, puede contener metal intermediario en su valor de potencial alto. En algunas realizaciones de la invención, la disolución de partida puede contener dos o incluso varios metales intermediarios diferentes. En algunas realizaciones de la invención, la primera y segunda parte de la disolución de partida son idénticas en composición. Por este procedimiento, la posibilidad de que la composición de los electrolitos fuera cambiada después de comenzar el procedimiento se reduce al mínimo, lo que significa que el punto de funcionamiento del procedimiento se estabiliza más rápidamente, y se mejora la controlabilidad del procedimiento.

El tipo de metal intermediario apropiado en el método depende esencialmente del producto metálico seleccionado, que se debe disolver en el anolito en la etapa S2, y que más tarde se precipita en polvo en la etapa S3 de mezcla. El metal intermediario y el producto metálico seleccionado juntos definen las otras características de la disolución de partida apropiada en el método, particularmente el ácido contenido en la disolución, y el contenido de dicho ácido en la disolución. Por ejemplo, el valor de pH de la disolución debe ser tal que en las condiciones del procedimiento que prevalecen, en el lado anódico se lleva a cabo más ventajosamente la oxidación del producto metálico y su disolución en el anolito que la oxidación del metal intermediario en el anolito. Este tipo de condiciones del procedimiento, es decir, ventanas funcionales, se pueden encontrar para muchos pares diferentes de producto metálico y metal intermediario. A la luz de la descripción de la presente invención, así como a la luz de los diagramas de Pourbaix de varios metales intermediarios diferentes y productos metálicos, el hallazgo de estas ventanas funcionales representa ensayos de rutina para un hombre experto en la técnica.

La disolución de partida se puede producir de muchos modos diferentes, que dependen, entre otros, del metal intermediario apropiado. Un modo es, por ejemplo, disolver, en una disolución acuosa de un ácido apropiado, óxido que contiene el metal intermediario deseado. Cuando sea necesario, el contenido de ácido de la disolución de partida y el número de oxidación del metal intermediario disuelto a partir de ahí se pueden ajustar para ser apropiados con respecto a la disolución de partida. El ajuste del número de oxidación del metal intermediario se puede llevar a cabo, por ejemplo, electrolíticamente.

Cuando la disolución de partida se forma en la etapa S1, se alimenta como electrolito en una celda electrolítica, donde se encuentra el material de suministro que contiene producto metálico en el lado anódico. En un método según la Figura 1, después de la etapa 1, en la etapa 2 se disuelve producto metálico en el lado anódico de la celda electrolítica a partir del material de suministro al anolito, ya que el producto metálico al mismo tiempo se oxida, y en el lado catódico el metal intermediario de la disolución de partida se reduce desde un valor de potencial alto a un valor de potencial bajo. Debido a consideraciones de producción, entre otras, es ventajoso que el contenido de metal intermediario y el contenido del producto metálico disuelto en las disoluciones sea tan alto como sea posible. De este modo un cierto volumen de disolución da más polvo de producto metálico precipitado en la etapa de mezcla S3 que en una situación en la que los contenidos del metal intermediario y/o producto metálico disuelto en las disoluciones son bajos.

El método según la Figura 1 se puede realizar por medio de una disposición ilustrada esquemáticamente en la Figura 2, en la que el material de suministro empleado está presente como un ánodo 2, que proporciona la cinética rápida en la disolución de producto metálico, mientras que la disolución del material de suministro es directamente proporcional a la carga que fluye a través del ánodo 2. Ahora las reacciones de disolución se pueden controlar particularmente con precisión mediante el uso de electricidad; en un período de tiempo dado, la cantidad en masa de producto metálico disuelto y oxidado en el ánodo es exactamente proporcional a la cantidad empleada de electricidad, según las leyes de Faraday. Respectivamente, una cantidad equimolar del metal intermediario se regenera (reduce) en el cátodo. La disposición de la Figura 2 también comprende un cátodo 4, un lado 6 anódico de la celda electrolítica, un lado 8 catódico, equipo 10 de filtrado de anolito, una cámara 12 de precipitación, equipo 16 separador, y equipo 18 de limpieza para la disolución circulante. El anolito 1 y el catolito 3 están separados mecánicamente por medio de una disolución 5 separadora conductora de electricidad colocada en el espacio 11 intermedio y por medio de dos diafragmas 7 conductores de electricidad que definen el espacio intermedio. El propósito es asegurar que los cationes de producto metálico creados en el lado anódico y el metal intermediario que se reduce a un valor de potencial bajo en el lado catódico no entren en contacto mutuo en la celda electrolítica. De este modo el polvo de producto metálico no se puede precipitar directamente en el lado anódico o catódico de la celda electrolítica que, en caso de que ocurriese, debilitaría la controlabilidad del procedimiento, por ejemplo, en lo que respecta al tamaño de partícula del polvo de producto metálico, así como de la eficiencia del procedimiento, y además, la recuperación del polvo de producto metálico se volvería más difícil. Con el fin de mejorar la separación del anolito 1 y el catolito 3, la disolución 5 separadora proporcionada en el espacio 11 intermedio también se puede mantener a una presión hidrostática mayor que el anolito 1 y el catolito 3.

Después de la etapa S2, en la etapa S3, se conduce disolución de anolito desde el lado anódico de la celda electrolítica y se conduce disolución de catolito desde el lado catódico de la misma, por ejemplo por medio de tubos apropiados o de alguna otra manera, a la cámara 12 de precipitación, en una relación apropiada lejos de la vecindad de los electrodos 2, 4. Debido a que la disolución de anolito y la disolución de catolito se llevan a una cámara 12 de precipitación separada, la relación de mezcla de las disoluciones se puede controlar fácilmente y con precisión, y se puede optimizar según las condiciones del procedimiento. Con una relación de mezcla correcta y una recuperación de precipitado efectiva, la creación de aglomerados de producto metálico se puede prevenir en la etapa de precipitación, y en consecuencia la homogeneidad, con respecto a su tamaño, de las partículas de producto metálico contenidas en el polvo 14 de producto metálico está asegurada. Una relación de mezcla correcta también facilita un procedimiento con una mejor eficiencia, lo que da como resultado la reducción de la cantidad de energía necesaria en el procedimiento para la producción de una cierta cantidad de masa de producto metálico.

En la cámara 12 de precipitación, se mezcla, o se puede mezclar continuamente la disolución de anolito y la disolución de catolito llevada a la cámara 12. Antes de llevar la disolución de anolito a la cámara 12 de precipitación, en algunas realizaciones de la invención se puede también purificar de impurezas metálicas y/u otras impurezas posibles que alteran el procedimiento de precipitación de producto metálico en un equipo 10 de filtrado de anolito

que es apropiado para este propósito. Como resultado del procedimiento de mezcla, el producto metálico oxidado de la disolución de anolito se reduce y se precipita en forma de polvo 14 de producto metálico sólido, al mismo tiempo que el metal intermediario reducido en la disolución de catolito se oxida de nuevo a su valor de alto potencial. A partir de la disolución circulante obtenida, se separa, en la etapa S4, producto metálico, por ejemplo, centrifugando la disolución circulante en un equipo 16 separador apropiado para el propósito.

Cuando se recupera el polvo 14 de producto metálico, la disolución circulante creada se recircula de nuevo a la celda electrolítica en la etapa S5, parte de ella al anolito 1 y parte al catolito 3. Antes de conducir la disolución circulante de nuevo a la celda electrolítica, cualquier producto metálico disuelto que posiblemente queda en la disolución circulante se retira de la misma, así como partículas de producto metálico, en el equipo 18 de limpieza apropiado para este propósito. La operación de limpieza se puede llevar a cabo, por ejemplo, electrolíticamente por reducción y filtrado. Una retirada completa de producto metálico, tanto disuelto como precipitado, de la disolución circulante antes de la recirculación de la disolución circulante de nuevo a la celda electrolítica es útil para la fiabilidad del procedimiento, para mejorar la eficiencia del procedimiento y la controlabilidad del tamaño de partícula del polvo de producto metálico.

En el método descrito anteriormente, la composición de la disolución circulante es esencialmente idéntica a la composición de la disolución de partida, debido a que en la precipitación, el metal intermediario se oxida de nuevo a su valor de la disolución de partida, y el producto metálico disuelto en el anolito 1 en el lado anódico se precipita y se separa de la disolución. De este modo, la disolución circulante creada en el método se puede reutilizar como disolución de partida. Si también la recirculación de la disolución circulante de nuevo al anolito y el catolito se lleva a cabo con la misma relación que se aplicó cuando un electrolito correspondiente se alimentó desde el lado anódico y el lado catódico a la cámara de precipitación en la etapa S3, una circulación de electrolito esencialmente cerrada se puede usar en el procedimiento, sin una necesidad de añadir/retirar separadamente disolución a o desde el lado 6 anódico de la celda electrolítica, o a o desde el lado 8 catódico.

En la práctica, el método de la Figura 1 se realiza generalmente como una circulación de electrolito continua, como resultado de lo cual en la cámara 12 de precipitación se acumula continuamente polvo 14 de producto metálico a separar de la disolución circulante y a recuperar, hasta que se detiene la recirculación de la disolución de electrolito (electrolito circulante) en la disposición, o cuando el producto metálico contenido en el material de suministro (ánodo 2) se disuelve completamente en la celda electrolítica. Cuando no hay más necesidad de producir polvo 14 de producto metálico, o cuando el producto metálico del material de suministro se terminó en el lado 6 anódico de la celda electrolítica, el polvo 14 de producto metálico recuperado se trata en un tratamiento de acabado en la etapa S6, y el procedimiento se detiene. En algunas otras realizaciones preferidas de la invención, el tratamiento de acabado para el polvo 14 de producto metálico recuperado se puede llevar a cabo simultáneamente con las otras etapas del procedimiento, en el transcurso del procedimiento de separar polvo 14 de producto metálico y alimentarlo al equipo de tratamiento de acabado (no ilustrado).

En un ejemplo según la figura 3, ilustrado como un diagrama de bloques, el metal intermediario empleado es vanadio, que en su valor de alto potencial es V^{3+} en cationes. El producto metálico empleado es cobre, que se encuentra en el material de suministro que sirve como ánodo 2. La disolución de partida que contiene el metal intermediario vanadio en cationes V^{3+} se puede producir, por ejemplo, disolviendo óxido de vanadio V_2O_3 por ejemplo, en una disolución acuosa de ácido sulfúrico. Cuando se forma la disolución de partida que contiene cationes V^{3+} en una disolución acuosa, estando el contenido de ácido sulfúrico de dicha disolución, por ejemplo, dentro del intervalo de 50 g/l - 1500 g/l, su primera parte se alimenta al lado 6 anódico de la celda electrolítica como el anolito 1, y la segunda parte se alimenta al lado 8 catódico como el catolito 3. Cuando la corriente eléctrica fluye a través de la celda electrolítica, los cationes V^{3+} se reducen en el lado 8 catódico a cationes V^{2+} en el catolito 3, y se disuelve cobre desde el ánodo 2 al anolito 1 en forma de cationes Cu^{2+} oxidados. En consecuencia, la reacción anódica es $Cu^0 \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$, y la reacción catódica es $V^{3+} + e^- \rightarrow V^{2+}$.

En la disolución de cobre y su oxidación en el anolito 1, el metal intermediario puede en algunas realizaciones de la invención participar en las reacciones correspondientes, mejorando de este modo tanto la disolución como la oxidación, en tales condiciones de procedimiento, por ejemplo, con contenidos de ácido bastante bajos, en los que la disolución y oxidación con el efecto combinado de una simple corriente eléctrica y una disolución ácida no sería eficiente. Ahora, el mecanismo preciso de cómo el metal intermediario participa en la disolución y oxidación del producto metálico depende del producto metálico seleccionado y del metal intermediario. En el ejemplo descrito anteriormente, cuando el producto metálico es cobre y el metal intermediario es vanadio, el vanadio puede estar oxidado en el lado 6 anódico en un estado de oxidación intermediario V^{5+} , que es incluso más alto que el estado V^{3+} , tras lo cual el V^{5+} reacciona con el cobre, de este modo oxidando y disolviendo cobre. Ahora el vanadio V^{5+} "sobreoxidado" se reduce de nuevo a su valor original de alto potencial V^{3+} . En el lado 6 anódico, una correspondiente "sobreoxidación" a un estado de oxidación intermedio también es posible con otros metales intermediarios distintos del vanadio.

A partir de ahí la disolución de anolito y la disolución de catolito se conducen y se mezclan en una relación apropiada, por ejemplo, en la relación 1:3, a la cámara 12 de precipitación, donde el cobre se precipita por medio de la reacción $V^{2+} + Cu^{2+} \rightarrow 2V^{3+} + Cu^0$. Sobre la base de esta reacción de precipitación, anolito y catolito son, en teoría, se necesitan en la relación de mezcla 1:2, para hacer que todos los cationes V^{2+} y Cu^{2+} presentes en las

disoluciones participen en la precipitación de cobre. Una relación de mezcla óptima depende del estado de reacción de las reacciones anódicas y del rendimiento de la corriente, así como de la eficiencia del estado de reacción y la corriente de las reacciones catódicas.

5 En cuanto a la eficiencia y la fiabilidad del procedimiento, es útil asegurar que cualesquiera cantidades notables de cationes V^{2+} y/o Cu^{2+} no quedan en la disolución circulante. En algunas realizaciones de la invención, es ventajoso, por ejemplo tratar de asegurar de que todos cationes Cu^{2+} se consumen en la reacción de precipitación, en cuyo caso la relación de mezcla real de anolito y catolito puede ser 1:N, donde $N > 2$. Sin embargo, el valor del parámetro N también depende de cómo se limpia la disolución circulante antes de alimentar de nuevo a la celda electrolítica. En base a la descripción de la presente invención, el hallazgo de una relación de mezcla apropiada es un ensayo de rutina obvio para un hombre experto en la técnica.

10 Cuando se precipita cobre en forma de polvo 14 y se separa del resto de la disolución por medio del equipo 16 separador, la disolución circulante restante se limpia en el equipo 18 de limpieza de cualquier cobre que posiblemente quede en la disolución en el procedimiento de separación, tanto de cobre sólido como de cationes Cu^{2+} disueltos sin precipitar. La limpieza se puede llevar a cabo, por ejemplo, electrolíticamente por precipitación y filtración. Después de dicha limpieza química y mecánica, la disolución circulante restante es esencialmente la misma en composición que la disolución de partida, que contiene, como resultado de la reacción de precipitación cationes de vanadio V^{3+} y ácido sulfúrico en disolución acuosa. Esta disolución circulante se divide de nuevo en una relación apropiada en anolito 1 en el lado 6 anódico y en catolito 3 en el lado 8 catódico. Después de la regeneración descrita anteriormente, el mismo electrolito de circulación se puede llevar de nuevo mediante la disposición y el método para la precipitación de más / nuevo polvo 14 de cobre en la cámara 12 de precipitación.

15 El polvo 14 de producto metálico sólido separado de la disolución se acaba (Figura 1, etapa S6) en una disposición de tratamiento de acabado. Los procedimientos de separación y tratamiento de acabado pueden incluir muchas etapas diferentes, dependiendo de las propiedades deseadas del producto final. En algunas realizaciones de la invención, el polvo 14 de producto metálico separado del electrolito de circulación se lava en agua para minimizar impurezas transportadas de la disolución, después de lo cual el polvo 14 de producto metálico se seca y reviste con una capa de pasivación para impedir una oxidación del polvo, entre otros. Con el fin de minimizar la redisolución del polvo 14 de producto metálico precipitado de nuevo en la disolución circulante, es útil realizar la separación del polvo de 14 producto metálico del electrolito que circula mediante el equipo 16 separador, y es aconsejable realizar el lavado tan rápido como sea posible después de la reacción de precipitación.

20 El polvo 14 de producto metálico sólido separado de la disolución se acaba (Figura 1, etapa S6) en una disposición de tratamiento de acabado. Los procedimientos de separación y tratamiento de acabado pueden incluir muchas etapas diferentes, dependiendo de las propiedades deseadas del producto final. En algunas realizaciones de la invención, el polvo 14 de producto metálico separado del electrolito de circulación se lava en agua para minimizar impurezas transportadas de la disolución, después de lo cual el polvo 14 de producto metálico se seca y reviste con una capa de pasivación para impedir una oxidación del polvo, entre otros. Con el fin de minimizar la redisolución del polvo 14 de producto metálico precipitado de nuevo en la disolución circulante, es útil realizar la separación del polvo de 14 producto metálico del electrolito que circula mediante el equipo 16 separador, y es aconsejable realizar el lavado tan rápido como sea posible después de la reacción de precipitación.

25 En algunas realizaciones de la invención, el polvo 14 de producto metálico se somete a varias operaciones de lavado separadas. En medio de las operaciones de lavado, el polvo 14 de producto metálico se separa del líquido de lavado. En una realización de la invención, el polvo 14 de producto metálico que se obtiene del equipo 16 separador, que se separa del electrolito circulante por centrifugación, pero todavía está húmedo, se mezcla con agua en la relación de mezcla en masa 1:20 (una parte de polvo 14 de producto metálico mojado y 20 partes de agua) tres veces. En medio de las operaciones de mezcla, el polvo 14 de producto metálico se separa del líquido de lavado.

30 La estructura exacta y funcionamiento del equipo de lavado pueden variar incluso en gran medida, y para un hombre experto en la técnica, la producción de tal equipo es obvia a la luz de la descripción de la presente invención. En una realización preferida de la invención, el equipo de lavado para la realización de varias operaciones de lavado sucesivas puede ser, por ejemplo, una disposición de tipo de cinta transportadora, en la que el polvo 14 de producto metálico húmedo se vierte sobre una cinta transportadora, que transporta el polvo 14 de producto metálico al líquido de lavado, desde el que el polvo de producto metálico se vierte en la siguiente cinta transportadora, etc. Ahora la sedimentación del polvo 14 de producto metálico tiene lugar cuando se separa del líquido de lavado, es decir, cuando el líquido de lavado que contiene el polvo de producto metálico se vierte sobre la cinta transportadora.

35 Además del ejemplo descrito anteriormente, o en lugar del procedimiento descrito en él, el polvo de producto metálico separado, naturalmente se puede lavar también por muchos métodos conocidos, por ejemplo, por medio de un sifón.

40 Varias estructuras de celda electrolítica diferente se pueden diseñar para disolver y oxidar producto metálico en el lado anódico de una celda electrolítica, y para reducir metal intermediario en el lado catódico de una celda electrolítica. La estructura de la celda electrolítica ilustrada esquemáticamente en la Figura 4 se puede usar en la disposición para la producción de polvo 14 de producto metálico de una manera fiable y eficiente, con una buena eficiencia.

45 En la celda electrolítica de la Figura 4, tanto el lado 6 anódico como lado 8 catódico comprenden varias secciones, es decir, bolsas de diafragma, definidas por un diafragma 7. Cada bolsa de diafragma incluye respectivamente un ánodo 2 o un cátodo y el anolito 1 o catolito 3. Naturalmente, los ánodos 2 y los cátodos 4 están conectados a una fuente de alimentación (no ilustrado). En medio de cada bolsa diafragma, no se suministra disolución 5 de separador conductor de electricidad, que en una realización de la invención contiene metal intermediario en un valor de alto potencial apropiado, es decir, en un estado oxidado; en el caso del ejemplo descrito anteriormente, la disolución 5 separadora puede contener, por ejemplo iones V^{3+} .

Además, la celda electrolítica de la Figura 4 comprende un tubo 9 de alimentación para alimentar disolución separadora al espacio 11 intermedio que queda entre las bolsas de diafragma, un canal 13 de rebose para la disolución 4 de separador, canales 15 de desagüe para la disolución de anolito y la disolución de catolito, así como una película 17 protectora. La celda electrolítica de la Figura 4 se puede conectar a otra disposición, por ejemplo, a una cámara 12 de precipitación (no ilustrada en la Figura 4), por intermediación de los canales 15 de drenaje y el tubo 9 de alimentación.

En una realización de la invención, la disolución 5 separadora sirve como disolución de partida, en cuyo caso la composición de la disolución 5 separadora es idéntica a la de la disolución de partida. Ahora la disolución de partida se puede alimentar al espacio 11 intermedio de la celda electrolítica ilustrado en la Figura 4 por medio de las aberturas previstas en el tubo 9 de alimentación. En el espacio 11 intermedio, la disolución 5 separadora fluye a las bolsas de diafragma como anolito 1 y catolito 3 a través de perforaciones previstas en los diafragmas 7. Además o en lugar de, el diafragma puede ser semi-permeable, de modo que la disolución 5 separadora (disolución de partida) tiene acceso a fluir de una manera controlada a través del diafragma 7 como anolito 1 y/o catolito 3. Las reacciones anódicas y las reacciones catódicas tienen lugar en las bolsas de diafragma en la forma descrita anteriormente. La disolución obtenida de catolito, que contiene metal reducido intermediario, así como la disolución de anolito que contiene disueltos producto metálico disuelto u oxidado, se pueden conducir a la cámara 12 de precipitación, por ejemplo, a través de salidas 15. En algunas realizaciones de la invención, las salidas 15 pueden servir como canales de drenaje para retirar el exceso de electrolito de la disposición, en cuyo caso la disolución de anolito y/o la disolución de catolito se pueden llevar a la cámara 12 de precipitación a través de otra ruta, por ejemplo, a través de entradas de succión proporcionadas para este propósito. La disolución circulante creada en la cámara 12 de precipitación se puede a su vez recircular, después de posibles etapas de limpieza, por ejemplo, vía un tubo 9 de alimentación de nuevo al espacio 11 intermedio y adicionalmente al anolito 1 y/o catolito 3.

Mediante el ajuste de la permeabilidad de los diafragmas 7 en la célula ilustrada en la Figura 4, o el tamaño de las perforaciones previstas en los diafragmas 7, la cantidad de la disolución que fluye a través del lado 6 anódico y/o del lado 8 catódico por unidad de tiempo se puede controlar de manera eficiente. La permeabilidad de los diafragmas 7 se puede seleccionar por separado para los diafragmas 7 en el lado 6 anódico y/o para los diafragmas 7 en el lado 8 catódico. Al controlar apropiadamente la cantidad de disolución por unidad de tiempo que tiene acceso a fluir en las bolsas de diafragma en el lado 6 anódico y/o en el lado 8 catódico por medio de los diafragmas 7, en relación con la cantidad de disolución por unidad de tiempo a alimentar en el espacio 11 intermedio, la presión hidrostática de la disolución 5 separadora colocada en el espacio 11 intermedio se puede ajustar para que sea más alta que la presión hidrostática de los electrolitos contenidos en las bolsas de diafragma situadas en la disolución 5 separadora. De este modo es posible evitar un flujo no deseado de electrolito a través del diafragma 7 hacia el espacio 11 intermedio, lejos de la bolsa de diafragma. Disponiendo apropiadamente las medidas del canal 13 de rebose, por ejemplo, disponiéndolo a una altura apropiada, es posible asegurar según la Figura 4 que la diferencia de presión hidrostática entre el espacio 11 intermedio y el lado 6 anódico y/o el lado 8 catódico no se eleva demasiado alto, sino que cualquier disolución separadora en exceso fluye fuera de la celda a través del canal 13 de rebose. Respectivamente, también disponiendo las medidas y posiciones de las salidas 15, es posible afectar a la formación de dicha diferencia de presión hidrostática. Cuando el diámetro de las perforaciones posiblemente proporcionadas en los diafragmas 7 es grande, dicha diferencia de presión hidrostática, junto con la permeabilidad de los diafragmas 7, define esencialmente la cantidad de disolución que fluye a través del lado 6 anódico y el lado 8 catódico por unidad de tiempo. Sobre la base de la descripción de la presente invención, el diseño anteriormente descrito de las medidas de la celda electrolítica, y la colocación de las perforaciones, es un ensayo de rutina obvio para una persona experta en la técnica.

Como se describió anteriormente en algunas realizaciones de la invención, no es necesario alimentar directamente disolución de partida y/o disolución circulante al lado 6 anódico y/o al lado 8 catódico de la celda electrolítica, por ejemplo a las bolsas de diafragma, pero esencialmente toda la disolución en la disposición circula a través del espacio 11 intermedio. En el caso en el que los diafragmas 7 se seleccionan para que sean tales que son completamente impermeables a la disolución, la disolución circulante y o la disolución de partida se pueden alimentar al lado 6 anódico y/o al lado 8 catódico, por ejemplo, a las bolsas de diafragma, directamente y no a través del espacio 11 intermedio. En algunas otras realizaciones de la invención, en lugar de los diafragmas 7, se pueden usar, por ejemplo, membranas selectivas de iones que sólo son permeables a iones de un cierto tipo.

En la celda electrolítica según la Figura 4, la estructura de la celda electrolítica está cubierta por una película 17 protectora, por medio de la cual el espacio 11 intermedio se puede presurizar por ejemplo, con nitrógeno gaseoso o con algún otro gas inerte con el fin de prevenir una posible oxidación causada por el aire o el medio ambiente circundante. También las bolsas de diafragma se pueden cerrar y presurizar con nitrógeno con el fin de evitar la oxidación.

La estructura de la celda de la Figura 4 permite una separación fiable del anolito y el catolito en la celda electrolítica, lo que reduce las reacciones prematuras de oxidación y/o reducción. En consecuencia, mediante el uso de la estructura de celda electrolítica según la Figura 4, se consigue una buena eficiencia en el método. Además, el riesgo de una precipitación prematura del polvo de producto metálico en la celda electrolítica se reduce, lo que mejora la fiabilidad del método y hace más fácil el mantenimiento del equipo.

Ejemplo

5 Mediante la aplicación de un método según el diagrama de bloques ilustrado en la Figura 3, se fabricó, en una disposición que representa esencialmente el tipo ilustrado en la Figura 2, polvo de cobre empleando como disolución de partida una disolución acuosa de ácido sulfúrico, conteniendo dicha disolución cationes V^{3+} . En esta disolución de
10 partida, la concentración de ácido sulfúrico medida era de alrededor de 500 g/l, y la concentración de vanadio medida era de alrededor de 16 g/l. El material de suministro empleado cátodo de placa de cobre de Clase A, que también sirve como ánodo de la celda electrolítica. El cátodo empleado era una placa de plomo, mide 275 mm x 130 mm. En condiciones de ensayo, las temperaturas de la disolución eran aproximadamente 20 – 35°C.

10 La disolución de partida se alimentó a la celda electrolítica, en la que el ánodo de cobre se oxidó y se disolvió en el anolito. El contenido medido del cobre disuelto era de aproximadamente 4 g/l. A partir de ahí la disolución de anolito se llevó a cabo desde el lado anódico, y la disolución de catolito se condujo desde el lado catódico a la cámara de precipitación, que en este ejemplo era una botella de vidrio. La relación de mezcla de la disolución de anolito y la disolución de catolito era 1:3. Como resultado de la operación de mezcla, se formó polvo de cobre en la cámara de precipitación, según la descripción anterior. Las imágenes de microscopio electrónico tomadas del polvo de cobre
15 obtenido se ilustran en la Figura 5; en estas imágenes se puede observar, por ejemplo, que la distribución del tamaño de las partícula de cobre es bastante homogénea, no se crean grandes aglomerados de partículas, y el tamaño medio de las partículas está por debajo del intervalo de micrómetros.

20 Aunque algunos ejemplos y realizaciones que ilustran la invención se describen anteriormente como métodos para la fabricación de polvo de cobre, una persona experta en la técnica es capaz en base a esta descripción de fabricar fácilmente polvos también de otros metales distintos del cobre al aplicar las diversas realizaciones de la invención. Del mismo modo, en base a esta descripción de la invención, una persona experta en la técnica es fácilmente capaz de usar, en las diversas realizaciones de la invención, otros metales intermediarios y/o ácidos distintos de los enumerados en los ejemplos anteriores. La invención no está limitada solo a los ejemplos descritos anteriormente, sino que se puede realizar en muchas modificaciones diferentes dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

25

REIVINDICACIONES

1. Un método para fabricar un polvo de producto metálico, en el que el producto metálico se mezcla con una disolución que contiene por lo menos un metal intermediario para precipitar el producto metálico disuelto en forma de polvo (14) de producto metálico, en el que en el método
- 5 - una primera parte de una disolución de partida que contiene ácido se lleva como anolito (1) al lado (6) anódico de una celda electrolítica, para estar en contacto con el ánodo (2) y un material de suministro que contiene el producto metálico; y una segunda parte de la disolución de partida que contiene ácido, que también contiene el metal intermediario, en un estado de oxidación superior, además de ácido, se lleva al lado (8) catódico de la celda electrolítica, como un catolito (3) para estar en contacto con el cátodo (4);
- 10 - el producto metálico se oxida y disuelve en el anolito (1) conduciendo corriente eléctrica en el ánodo (2);
- el metal intermediario contenido en la segunda parte de la disolución de partida se reduce a un estado de oxidación inferior en el lado (8) catódico;
- la disolución de anolito y la disolución de catolito se llevan a una cámara (12) de precipitación para mezclar el producto metálico oxidado disuelto en la primera parte de la disolución de partida y la segunda parte de la disolución de partida que contiene el metal intermediario reducido;
- 15 - una primera parte de la disolución circulante creada como resultado de mezclar la disolución de anolito y la disolución de catolito se devuelve al anolito (1); en el que la primera parte de la disolución de partida está compuesta de la primera parte de la disolución circulante; y
- una segunda parte de la disolución circulante creada como resultado de mezclar la disolución de anolito y la disolución de catolito se devuelve al catolito (3); en el que la segunda parte de la disolución de partida está compuesta de la segunda parte de la disolución circulante.
- 20
2. Un método según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que la primera parte de la disolución de partida contiene el metal intermediario para potenciar la disolución de producto metálico en el lado anódico.
3. Un método según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que la disolución circulante se conduce completamente de nuevo al electrolito, de modo que la disolución circulante está compuesta de la primera parte de la disolución circulante y de la segunda parte de la disolución circulante.
- 25
4. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, caracterizado por el hecho de que el anolito (1) y el catolito (3) están mecánicamente separados por un diafragma 7 conductor de la electricidad.
5. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, caracterizado por el hecho de que una disolución (5) separadora conductora de la electricidad se conduce entre dos diafragmas (7) que separan el anolito (1) y el catolito (3) para prevenir una mezcla prematura del anolito (1) y el catolito (3).
- 30
6. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, caracterizado por el hecho de que el producto metálico es cobre.
7. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, caracterizado por el hecho de que el producto metálico se selecciona entre el siguiente grupo: níquel, cobalto, zinc, plata, oro, rutenio, rodio, paladio, osmio, iridio, platino, manganeso, circonio, estaño, cadmio e indio.
- 35
8. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, caracterizado por el hecho de que el metal intermediario es vanadio.
9. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, caracterizado por el hecho de que el metal intermediario se selecciona entre el grupo: titanio, cromo y hierro.
- 40
10. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, caracterizado por el hecho de que el metal intermediario se selecciona entre el siguiente grupo: manganeso, circonio, molibdeno, tecnecio, wolframio, mercurio, germanio, arsénico, selenio, estaño, antimonio, telurio y cobre.
11. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1-10, caracterizado por el hecho de que el material de suministro que contiene el producto metálico está localizado en el ánodo (2).
- 45
12. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1-11, caracterizado por el hecho de que la disolución de partida contiene ácido sulfúrico.
13. Un método según la reivindicación 12, caracterizado por el hecho de que el contenido de ácido sulfúrico en la disolución de partida es por lo menos 50 g/l y preferentemente 50 g/l – 1500 g/l.
- 50
14. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1-13, caracterizado por el hecho de que la disolución

de partida contiene ácido clorhídrico o ácido nítrico.

- 5 15. Una disposición para producir un polvo de producto metálico precipitando el polvo (14) de producto metálico mezclando producto metálico disuelto con una disolución que contiene por lo menos un metal intermediario en un estado de oxidación inferior, en la que la disposición comprende una celda electrolítica que contiene producto metálico localizado en el lado anódico y metal intermediario disuelto en un lado catódico, para disolver el producto metálico localizado en el lado (8) catódico de la celda electrolítica en el lado catódico de un estado de oxidación más alto al estado de oxidación más bajo; una cámara (12) de precipitación que está separada de la celda electrolítica; así como medios para alimentar disolución de anolito y disolución de catolito respectivamente desde el 10 lado (6) anódico de la celda electrolítica y desde el lado (8) catódico de la celda electrolítica a la cámara (12) de precipitación para mezclar el producto metálico disuelto en el anolito y la disolución de catolito que contiene el metal intermediario reducido, desde fuera de la celda electrolítica; y medios para devolver una primera parte de la disolución circulante creada como resultado de mezclar la disolución de anolito y la disolución de catolito de nuevo al anolito (1); en la que la primera parte de la disolución de partida está compuesta de la primera parte de la disolución 15 circulante; y medios para devolver una segunda parte de la disolución circulante creada como resultado de mezclar la disolución de anolito y la disolución de catolito de nuevo al catolito (3); en la que la segunda parte de la disolución de partida está compuesta de la segunda parte de la disolución circulante.
- 20 16. Una disposición según la reivindicación 15, caracterizada por el hecho de que la celda electrolítica comprende un diafragma (7) conductor de la electricidad entre el lado (6) anódico y el lado (8) catódico de la celda electrolítica para separar mecánicamente el lado (6) anódico y el lado (8) catódico.
- 25 17. Una disposición según cualquiera de las reivindicaciones 15-16, caracterizada por el hecho de que la celda electrolítica comprende dos diafragmas (7) conductores de la electricidad entre el lado (6) anódico y el lado (8) catódico de la celda electrolítica para separar mecánicamente el lado (6) anódico y el lado (8) catódico por medio de una disolución (5) separadora conductora de la electricidad provista en el espacio que queda entre dos diafragmas (7).
- 30 18. Una disposición según cualquiera de las reivindicaciones 15-17, caracterizada por el hecho de que el producto metálico suministrado al lado (6) anódico de la celda electrolítica está localizado en el ánodo (2) de la celda electrolítica.
- 35 19. Una disposición según cualquiera de las reivindicaciones 15-18, caracterizada por el hecho de que la celda electrolítica comprende por lo menos una bolsa, definida por un diafragma (7), para mantener el anolito y/o el catolito dentro de la bolsa.
20. Una disposición según la reivindicación 17, caracterizada por el hecho de que la celda electrolítica comprende medios para conducir una disolución (5) separadora desde el espacio que queda entre los dos diafragmas (7) al lado (6) anódico y/o al lado (8) catódico.
21. Una disposición según cualquiera de las reivindicaciones 15-20, caracterizada por el hecho de que los electrolitos están colocados en un medio libre de oxígeno para prevenir la oxidación del producto metálico y/o metal intermediario contenidos en los electrolitos.

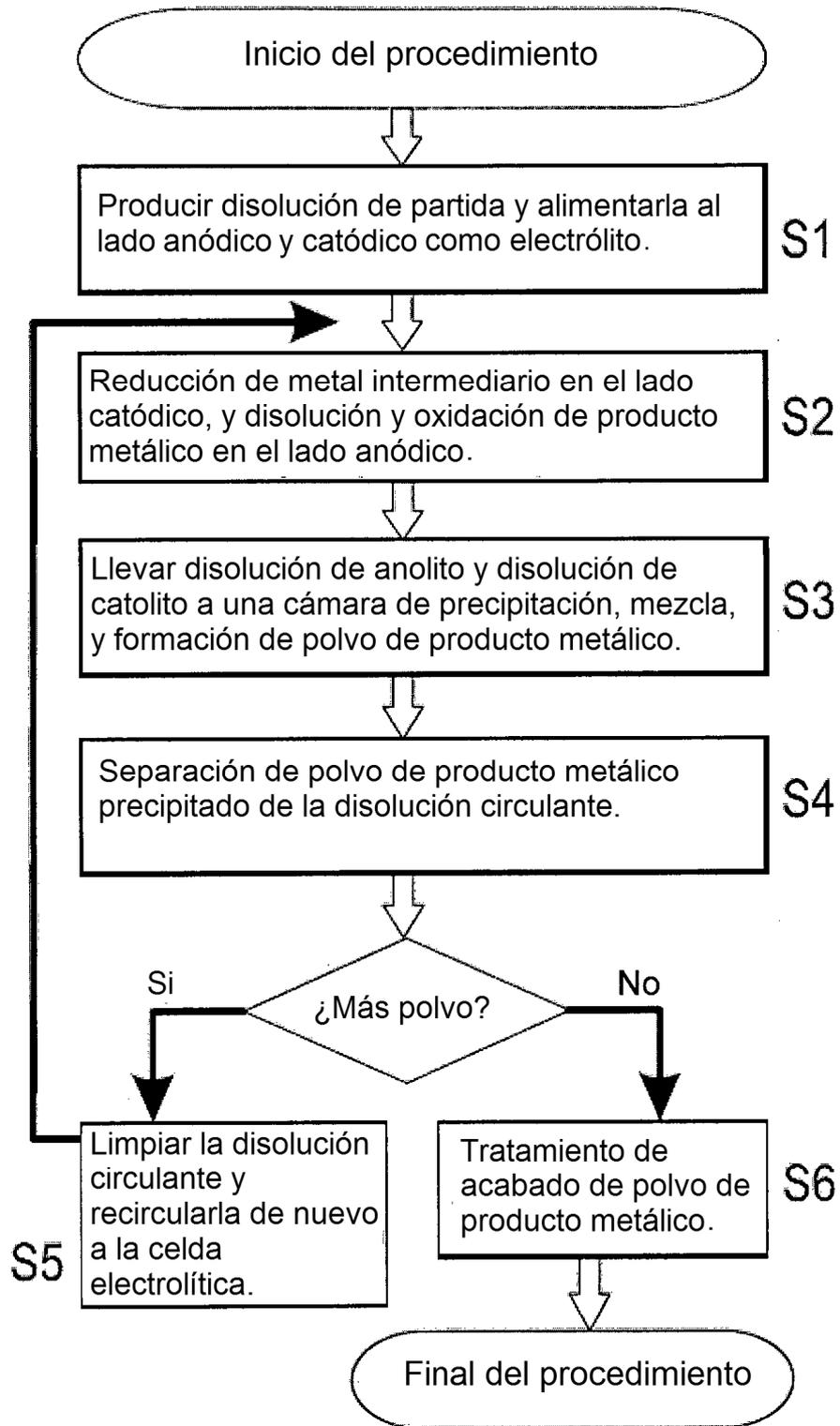


Fig. 1

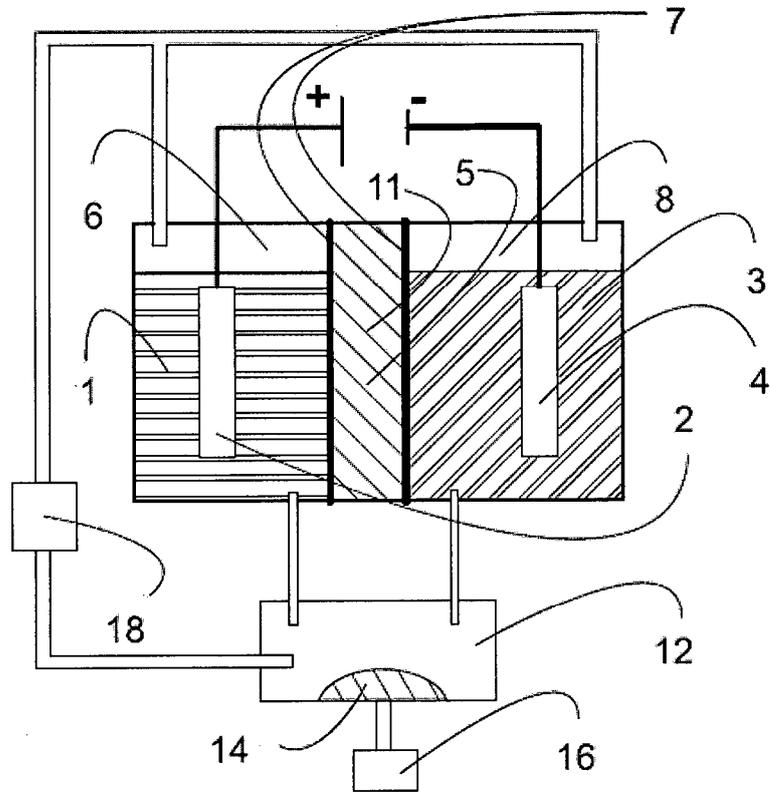


Fig. 2

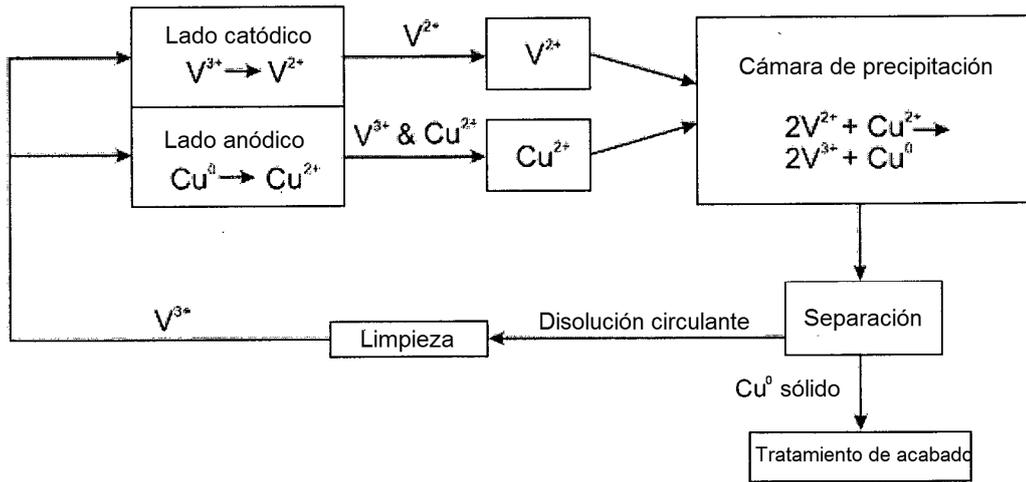


Fig. 3

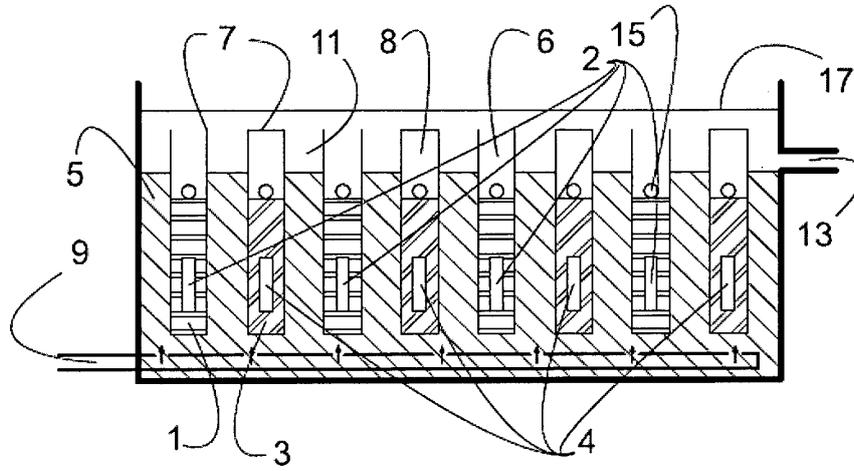


Fig. 4

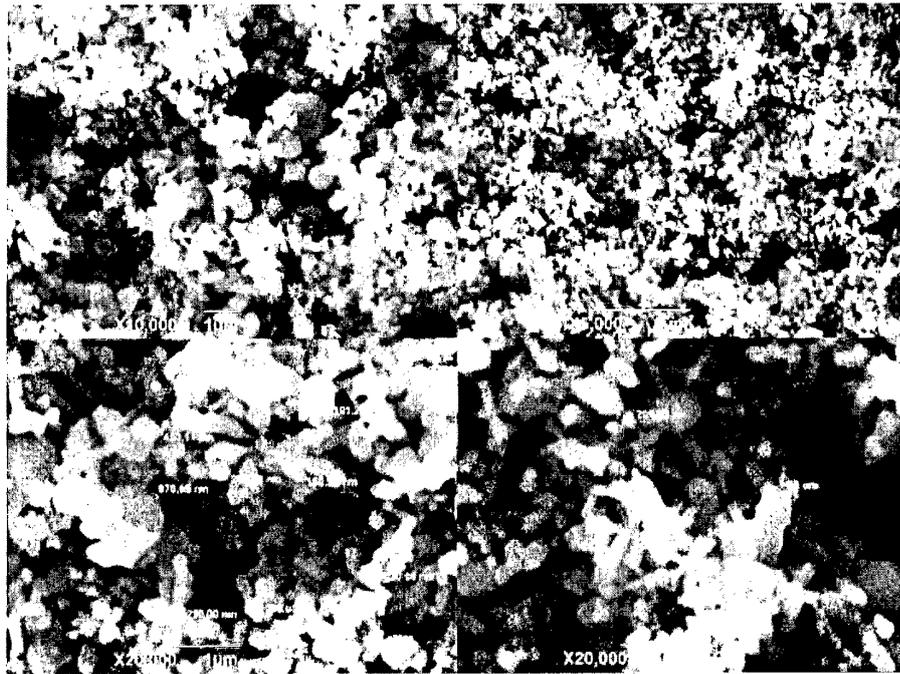


Fig. 5