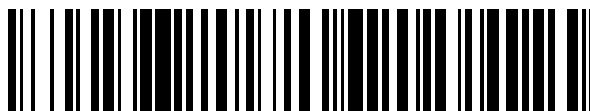


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 605 592**

51 Int. Cl.:

**C01G 53/09** (2006.01)

**C01G 53/00** (2006.01)

**C22B 23/00** (2006.01)

**C23C 18/36** (2006.01)

**C22B 3/42** (2006.01)

**C23C 18/16** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.01.2008 PCT/US2008/000369**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.10.2008 WO08118246**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.01.2008 E 08713091 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.11.2016 EP 2125624**

54 Título: **Método de reciclaje de residuos de níquel químico**

30 Prioridad:

**27.03.2007 US 728757**

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

**15.03.2017**

73 Titular/es:

**MACDERMID ACUMEN, INC. (100.0%)  
245 Freight Street  
Waterbury, CT 06702 , US**

72 Inventor/es:

**PEARSON, TREVOR y  
BRAY, PAUL**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 605 592 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 de reciclaje de residuos de níquel químico

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a soluciones para recubrimiento de níquel químico que utilizan iones hipofosfito como agente reductor y métodos de regeneración para uso indefinido de las soluciones sin descargar residuos peligrosos.

10

**Antecedentes de la invención**

El recubrimiento de níquel químico deposita una aleación de níquel sobre un sustrato que es capaz de catalizar el depósito de esta aleación desde una solución de proceso que contiene iones de níquel y de utilizar un agente reductor químico adecuado que sea capaz de reducir los iones de níquel en solución en níquel metálico. Estos agentes reductores incluyen, típicamente, iones de borohidruro e hipofosfito. Típicamente, el recubrimiento de níquel químico se lleva a cabo utilizando iones hipofosfito como agente reductor. Dado que el hipofosfito reduce el níquel en la en la superficie catalítica, algo de fósforo se deposita junto con el níquel y forma una aleación de níquel/fósforo que contiene entre aproximadamente 6 y 12 % de fósforo. Esta aleación tiene propiedades únicas en términos de resistencia a la corrosión y (después del tratamiento térmico) de dureza y resistencia al desgaste. Las aplicaciones más comunes del recubrimiento de níquel químico incluyen electrónica, ordenadores, válvulas, piezas de aviones, y piezas de copiadoras y máquinas de escribir.

15

20

25

30

35

A pesar de las muchas ventajas de los depósitos de níquel químico desde el punto de vista de la ingeniería, el depósito de níquel no eléctrico genera residuos significativos. La mayor parte del hipofosfito utilizado para reducir el níquel se oxida en fosfito, que permanece en la solución de proceso y se acumula en la concentración hasta que el baño debe reemplazarse. Del mismo modo, la fuente de níquel en la mayoría de los procesos comerciales es sulfato de níquel, por lo que la solución de proceso también se acumula en ion sulfato. Durante el funcionamiento del baño, el pH tiende a caer y se corrige mediante la adición de soluciones de amoníaco o de carbonato de potasio. Una vez más, estos iones se acumulan en la concentración durante el funcionamiento del baño. En última instancia, el baño alcanza la saturación (o antes de esto, la velocidad de depósito de metal se ralentiza demasiado para la operación comercial) y se tiene que sustituir. En el momento de la eliminación, la solución residual contiene típicamente iones de níquel, iones de sodio (del hipofosfito de sodio), iones hipofosfito de potasio y/o de amonio, iones fosfito, iones sulfato y varios formadores de complejos orgánicos (tales como ácido láctico o ácido glicólico).

40

Durante el proceso de recubrimiento, los iones de níquel e hipofosfito se agotan de forma continua y se deben reemplazar a fin de mantener el equilibrio químico del baño. La calidad y la eficiencia del recubrimiento disminuyen a medida que el nivel de fosfito aumenta en la solución y se hace necesario desechar el baño de recubrimiento, por lo general después de que se ha sustituido el níquel original cuatro veces a través de la reposición. Esto se conoce en la técnica como "recambio" del metal.

45

50

55

Con el fin de minimizar los residuos generados del baño de recubrimiento de níquel químico, se han desarrollado diversos métodos para la precipitación del níquel a partir de soluciones de residuos del níquel químico, para que el níquel pueda reciclarse y reutilizarse en el baño de recubrimiento. Por ejemplo, la patente de Estados Unidos 4.956.097 a Courduvelis implica la descomposición de los electrolitos residuales a temperatura elevada y separar el metal precipitado. En la invención estatutaria de Estados Unidos de n.º de registro H1,852 de Alexander et al. se sugiere precipitar el níquel usando borohidruro de sodio a temperatura ambiente, seguido de la eliminación del níquel restante mediante precipitación con dimetilditiocarbamato de sodio. En la patente de Estados Unidos n.º 4.954.265 de Greenberg et al. se describe el uso de ácido oxálico para precipitar el níquel de residuos de níquel químico; después, el líquido resultante se descarga a un alcantarillado. En la patente de Estados Unidos n.º 5.112.392 de Anderson et al. se describe la eliminación del níquel de los residuos químicos usando intercambio iónico seguido de la eliminación de iones fosfito de la corriente de residuos sin níquel usando óxidos de magnesio y de calcio. En la mayoría de los casos, los lodos resultantes que quedan después de separar el níquel y, posteriormente, se elimina en un vertedero.

60

Sin embargo, no se cree que cualquiera de los métodos anteriores aborde la cuestión de los problemas de la eliminación de la solución efluente después de que el níquel se ha precipitado. La eliminación de residuos químicos en los vertederos es cada vez más cara y difícil, y puede causar daños al medio ambiente. Los iones fosfito y los iones amonio presentes en los residuos de níquel químico tienen un uso potencial como fertilizante. El fosfito de amonio es una excelente fuente de fósforo que se absorbe a través de las hojas de las plantas. Sin embargo, la presencia de iones de sodio y de iones sulfato en los residuos de níquel químico impide su uso a gran escala como fertilizante intermedio.

65

El documento US-A-5,858,073 divulga un método de tratamiento de un baño de recubrimiento químico, en particular un baño de recubrimiento con níquel químico, que contiene ácido hipofosforoso y/o hipofosfito como agente reductor. En el documento US-A-5,112,392 divulga un proceso de recuperación para los baños de recubrimiento

químico. R.W. Anderson y W. A. Neff divulgan, en <http://www.p2pays.org/ref/21/20249.pdf>, la recuperación de un baño de níquel químico mediante intercambio catiónico y precipitación (1991, pág. 233-241).

5 Los inventores de la presente invención han descubierto que mediante la utilización de soluciones de níquel sin electricidad basándose en hipofosfito de níquel como fuente combinada de níquel y agente reductor, es posible eliminar los iones de níquel de la corriente residual usando una resina de intercambio catiónico adecuada, regenerar la resina usando ácido hipofosforoso (reformando el hipofosfito de níquel) y el uso de la solución resultante para la fabricación de una solución de níquel químico fresca. Después de la eliminación del níquel y el reciclaje, el efluente restante consiste principalmente en fosfito de amonio, ya que no se han introducido iones de sodio o sulfato durante 10 la operación del baño de níquel químico inicial. Por lo tanto, el material es adecuado para su uso en aplicaciones de fertilizantes. Mediante una combinación de un baño esencialmente libre de iones de sodio e iones sulfato con tecnología de reciclaje de intercambio iónico, el problema de la eliminación de residuos de níquel químico se elimina sustancialmente.

15 Aunque los iones de sodio no son deseables en la producción de concentrados de fertilizantes, los iones de potasio se añaden a menudo como un mineral esencial. Durante el funcionamiento del baño de la invención, es posible también incorporar iones de potasio, durante el mantenimiento del baño (mediante el mantenimiento de pH del baño con carbonato hidróxido de potasio) y/o durante la etapa de regeneración del níquel mediante el uso de la forma de potasio de la resina de intercambio iónico en lugar de la forma ácida.

## 20 **Sumario de la invención**

Es un objeto de la presente invención proporcionar una solución de baño de recubrimiento de níquel químico mejorado.

25 Es otro objeto de la presente invención proporcionar un método mejorado de reciclaje de residuos de níquel químico para eliminar sustancialmente el problema de la eliminación de residuos.

30 Es aún otro objeto de la presente invención proporcionar una solución del baño de níquel químico capaz de regenerarse para su uso perpetuo.

35 Es aún otro objeto de la presente invención proporcionar una solución del baño de recubrimiento de níquel químico que es capaz de funcionar y regenerarse de forma continua y que evita la producción de residuos peligrosos durante la etapa de regeneración.

40 Con este fin, la presente invención se refiere a un método de funcionamiento y regeneración de un baño de recubrimiento de níquel químico de acuerdo con la reivindicación 1, donde el baño de recubrimiento de níquel químico está sustancialmente libre de iones sulfato y de sodio. Las características preferidas se definen en las reivindicaciones dependientes.

## 45 **Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 representa un diagrama de flujo de una realización de un método de reprocesamiento de níquel químico de acuerdo con la presente invención.

## 50 **Descripción de las realizaciones preferidas**

La presente invención implica un método de reprocesamiento de una solución de recubrimiento de níquel químico para depositar níquel químico y regenerar la solución de níquel químico gastada.

55 Con el fin de poder reciclar completamente los residuos de níquel químico, es necesario realizar un proceso que no contiene cantidades sustanciales de iones de sodio, iones sulfato o cualquier otro ion o especies soluble que impedirían el uso del efluente resultante material fertilizante o intermedio.

Con este fin, la presente invención se refiere a un método de funcionamiento y regeneración de un baño de recubrimiento de níquel químico de acuerdo con la reivindicación 1, donde el baño de recubrimiento de níquel químico está sustancialmente libre de iones sulfato y de sodio, comprendiendo el método las etapas de:

- 60 (1) depositar níquel químico del baño de recubrimiento de níquel químico sobre un sustrato, donde el baño de recubrimiento de níquel químico comprende una fuente de iones de níquel y una fuente de iones hipofosfito;
- (2) mantener una concentración adecuada de iones de níquel e iones hipofosfito en el baño de recubrimiento;
- (3) hacer funcionar el baño de recubrimiento hasta que se alcanza un número deseado de recambios metálicos, donde el baño de recubrimiento se "gasta" y tiene que reemplazarse para que siga funcionando. Normalmente, el baño de recubrimiento se gasta después de al menos aproximadamente 4 recambios.
- 65 (4) procesar una porción del baño de recubrimiento de níquel químico gastado a través de una resina de intercambio catiónico para separar el níquel, donde después de retirar el níquel queda una solución de fosfito que

comprende fosfito de amonio, hipofosfito de amonio y ácido orgánico. El material resultante, que consiste en fosfito de amonio, hipofosfito de amonio y pequeñas cantidades de ácidos orgánicos, se puede reciclar para su uso como componente fertilizante (si también se han introducido iones de potasio, la mezcla contendrá también fosfito de potasio), a modo de ejemplo y no de limitación.

5 (5) regenerar la resina de intercambio de cationes con ácido hipofosforoso para producir una solución de fosfito diluida de níquel con un exceso de ácido hipofosforoso;

(6) aumentar la concentración de níquel en la solución de la etapa 5) mediante la adición de una fuente de iones de níquel seleccionada del grupo que consiste en carbonato de níquel, hidróxido de níquel, óxido de níquel, y combinaciones de los mismos a la solución con adiciones de ácido hipofosforoso adicionales si es necesario.

10 (7) añadir la solución de níquel concentrado de la etapa 6) al baño de recubrimiento de la etapa 2) para ajustar la concentración de iones de níquel en el baño de recubrimiento,

donde el contenido de sodio de la solución de fosfito tras el procesamiento a través de la resina de intercambio catiónico es inferior a 10 g/l y donde el contenido de sulfato de la solución de fosfito tras el procesamiento a través de la resina de intercambio catiónico es inferior a 10 g/l.

15

Es altamente deseable eliminar sustancialmente la inclusión de iones de sodio y/o sulfato en el baño de manera que el efluente del baño se pueda utilizar en una composición de fertilizante líquido.

20 Después de separar el níquel de la solución de fosfito mediante el procesamiento a través de la resina de intercambio catiónico, la concentración de níquel en la solución de fosfito es típicamente menor que aproximadamente 5 mg/l. Si se desea, el níquel adicional puede retirarse de la solución de fosfito mediante el tratamiento de la solución de fosfito con iones dimetilditiocarbamato o iones dietilditiocarbamato para ajustar la concentración de níquel en la solución de fosfito a menor que aproximadamente 0,1 mg/l.

25

En una realización, la solución de fosfito se concentra utilizando evaporación o técnicas de ósmosis inversa. Debido a que la solución de fosfito contiene, como máximo, solo cantidades pequeñas de iones de sodio y sulfato, la solución de fosfito se puede utilizar como composición fertilizante líquida o como intermediario en un proceso para la fabricación de composiciones fertilizantes.

30

En una realización preferida, la fuente de níquel en la solución de recubrimiento de níquel químico es carbonato de níquel. En la práctica de la invención se pueden usar otras fuentes de níquel siempre que se reduzca al mínimo la inclusión de iones de sodio y sulfato. El baño de recubrimiento, opcionalmente pero preferiblemente, también comprende ácido acético, ácido láctico o una combinación de los mismos. El baño de recubrimiento, también opcionalmente, pero preferiblemente, comprende una fuente de iones de plomo, una fuente de iones yodato, o una combinación de los mismos.

35

En general, es deseable que el pH del baño de recubrimiento de níquel químico se mantenga entre 4 y 6. En una realización, el pH de la solución de níquel químico se ajusta mediante la adición de un ajustador de pH seleccionado del grupo que consiste en amoníaco, carbonato de potasio, hidróxido de potasio y combinaciones de los mismos.

40

La temperatura de la solución de níquel químico se mantiene típicamente entre 85 y 95 °C.

Durante la etapa de regeneración de resina de cationes, el pH de la solución se mantiene por encima de 4 a fin de que la reacción de intercambio de níquel no se ralentice.

45

El uso del método anterior permite que el níquel en la corriente residual se recicle completamente y el efluente resultante sea útil como material fertilizante. De esta manera, el problema de la eliminación de residuos de los residuos del níquel químico se elimina sustancialmente.

50

La figura 1 representa un diagrama de flujo de una realización del método de reprocesamiento de níquel químico de acuerdo con la presente invención. La Figura 1 muestra cómo funcional el baño de recubrimiento de níquel químico para regenerar el baño de recubrimiento de níquel químico de la invención.

La presente invención se describe adicionalmente por referencia a los siguientes ejemplos no limitantes:

55

### Ejemplo 1

Se preparó una solución de níquel químico de acuerdo con la siguiente formulación:

60

Metal níquel	6 g/l (añadidos como carbonato de níquel)
Ácido hipofosforoso	27 g/l
Ácido acético	18 g/l
Ácido láctico	26 g/l
Plomo	2 ppm
Yodato de amonio	200 ppm

Solución de amoníaco acuoso                      suficiente para ajustar el pH a 4,8

5 Se hizo funcionar el baño en 88-90 °C. El níquel se usó como recubrimiento desde el baño y las concentraciones de hipofosfito y de níquel se mantuvieron mediante la adición de hipofosfito de amonio y de hipofosfito de níquel al baño. El pH del baño se mantuvo mediante la adición de la solución de amoníaco. Las concentraciones de plomo y de yodato se mantuvieron mediante la adición de plomo como acetato de plomo y yoduro de amonio.

El baño se hizo funcionar de esta manera hasta alcanzar 4 "recambios" del metal. En este punto, un análisis del baño demostró que el baño contenía la siguiente composición:

Metal níquel	6 g/l
Ion hipofosfito	25 g/l
Ácido acético	20 g/l
Ácido láctico	28 g/l
Fosfito de amonio	180 g/l

10 Después, se hizo circular la solución "gastada" a través de una resina de intercambio de cationes (Lewatit® TP OC1026, disponible en LANXESS). Esta resina se suministra en forma de sodio, por lo que antes de comenzar cualquier trabajo, la forma ácida de la resina se generó pasando ácido hipofosforoso a su través, y lavando después bien con agua.

15 A medida que circuló la solución, se observó que el pH de la solución disminuía a medida que la resina retiraba iones de níquel. Durante el proceso se añadió amoníaco con el fin de mantener el pH de la solución por encima de 4, ya que por debajo de un pH de 4, la reacción de intercambio de níquel se ralentiza.

20 Después del tratamiento, se analizó el contenido de níquel de la solución y se encontró que era de menos de 5 mg/l. A continuación se pudo retirar el níquel restante podría mediante la elevación del pH del concentrado a pH 8 y la adición de dietilditiocarbamato de sodio para precipitar el níquel restante, que después se retiró mediante filtración. Después de este tratamiento, se encontró que la concentración de níquel era inferior a 0,1 mg/l.

25 La capacidad portadora de níquel de la resina se determinó que era de aproximadamente 40 g de níquel por kg de resina.

Después del tratamiento anterior, la solución que contenía fosfito era adecuada para incorporar en formulaciones de fertilizantes. La concentración de los diferentes componentes se analizó del siguiente modo:

Ion hipofosfito	25 g/l
Ion acetato	20 g/l
Ion lactato	28 g/l
Fosfito de amonio	180 g/l

35 A continuación, la resina de intercambio catiónico que contenía los iones de níquel se regeneró usando 20 % de ácido hipofosforoso. El exceso de acidez en el efluente regenerado se neutralizó utilizando carbonato de níquel y el concentrado de hipofosfito de níquel resultante pudo después reutilizarse en la fabricación de níquel.

40 El ejemplo anterior muestra claramente la capacidad del proceso de la invención para reciclar completamente los residuos de níquel químico. Aunque el ejemplo anterior no contiene cationes de metales alcalinos, se pueden usar pequeñas cantidades de estos se en el proceso sin mucho detrimento de la calidad del producto final. Por ejemplo, el yodato utilizado como estabilizante se puede añadir como yodato de sodio sin detrimento y las pocas ppm de iones de sodio introducidas durante la precipitación de níquel final utilizando dietilditiocarbamato de sodio tampoco serán perjudiciales. Del mismo modo, pequeñas cantidades de sulfato no afectarán significativamente a la calidad de la solución de fosfito de amonio producida en el proceso.

**Ejemplo 2**

45 Se hizo funcionar el baño descrito en el ejemplo 1 en 88-90 °C. El níquel se usó como recubrimiento desde el baño y las concentraciones de hipofosfito y de níquel se mantuvieron mediante la adición de hipofosfito de amonio y de hipofosfito de níquel. El pH del baño se mantuvo mediante la adición de solución de carbonato de potasio. Las concentraciones de plomo y de yodato se mantuvieron mediante la adición de plomo como acetato de plomo y yoduro de amonio.

50 El baño se hizo funcionar de esta manera hasta alcanzar 4 "recambios" del metal. En este punto, el análisis del baño dio la siguiente composición:

Metal níquel	6 g/l
Ion hipofosfito	25 g/l
Ácido acético	20 g/l
Ácido láctico	28 g/l
iones fosfito	125 g/l
iones de potasio	120 g/l
iones amonio	25 g/l

5 A continuación se retiraron del baño los iones de níquel usando el método descrito en el ejemplo 1, pero en lugar de usar la forma ácida de la resina, primero se generó la forma de potasio de la resina mediante tratamiento de la forma ácida de la resina con una solución de hidróxido de potasio diluida. Esto se realizó para evitar la posterior retirada de los iones de potasio mediante el tratamiento de intercambio iónico. En este caso, el pH de la solución no cambió significativamente durante el tratamiento de retirada de níquel. Después de la retirada de níquel, el análisis de la solución fue el siguiente:

Ion hipofosfito	25 g/l
Ácido acético	20 g/l
Ácido láctico	28 g/l
iones fosfito	125 g/l
iones de potasio	125 g/l
iones amonio	25 g/l

10 Este ejemplo ilustra que un concentrado que contiene iones de potasio puede producirse mediante este método. Mediante el uso de una combinación de amoníaco y carbonato de potasio para mantener un baño, es posible obtener una amplia gama de concentraciones de nitrógeno, potasio y fósforo en la mezcla final. Cabe destacar que en los ejemplos 1 y 2 se podría usar una etapa de concentración adicional que implica la evaporación o la ósmosis

15 inversa para concentrar aún más el material. El funcionamiento del baño de níquel químico a más de 4 recambios de metal también generaría una mayor concentración de fosfito.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método de funcionamiento y regeneración de un baño de recubrimiento de níquel químico, donde el baño de recubrimiento de níquel químico está sustancialmente libre de iones sulfato y de sodio, comprendiendo el método las etapas de:
- a) depositar níquel químico del baño de recubrimiento de níquel químico sobre un sustrato, donde el baño de recubrimiento de níquel químico comprende una fuente de iones de níquel y una fuente de iones hipofosfito;
  - b) mantener una concentración adecuada de iones de níquel e iones hipofosfito en el baño de recubrimiento;
  - c) hacer funcionar el baño de recubrimiento hasta alcanzar 4 recambios de metal;
  - d) procesar una porción del baño de recubrimiento de níquel químico gastado a través de una resina de intercambio catiónico para separar el níquel, donde después de retirar el níquel queda una solución de fosfito que comprende fosfito de amonio, hipofosfito de amonio y ácido orgánico;
  - e) regenerar la resina de intercambio de cationes con ácido hipofosforoso para producir una solución de fosfito diluida de níquel con un exceso de ácido hipofosforoso;
  - f) aumentar la concentración de níquel en la solución de fosfito de níquel diluida de la etapa e) mediante la adición de una fuente de iones de níquel seleccionada del grupo que consiste en carbonato de níquel, hidróxido de níquel, óxido de níquel y combinaciones de los mismos a la solución para formar una solución de níquel concentrada; y
  - g) añadir la solución de níquel concentrado de la etapa f) al baño de recubrimiento de la etapa b) para ajustar la concentración de iones de níquel en el baño de recubrimiento,
- donde el contenido de sodio de la solución de fosfito tras el procesamiento a través de la resina de intercambio catiónico es inferior a 10 g/l y donde el contenido de sulfato de la solución de fosfito tras el procesamiento a través de la resina de intercambio catiónico es inferior a 10 g/l.
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, donde la concentración de níquel en la solución de fosfito después de procesar a través de la resina de intercambio catiónico es inferior a 5 mg/l.
3. El método de acuerdo con la reivindicación 2, que comprende la etapa de retirar iones de níquel adicionales de la solución de fosfito mediante tratamiento de la solución de fosfito con iones dimetilditiocarbamato o dietilditiocarbamato, de modo que la concentración de níquel en la solución de fosfito es menor que aproximadamente 0,1 mg/l.
4. El método de acuerdo con la reivindicación 2, que comprende además la etapa de concentrar la solución de fosfito usando evaporación u ósmosis inversa.
5. El método de acuerdo con la reivindicación 4, donde la solución de fosfito se puede utilizar como una composición fertilizante líquida.
6. El método de acuerdo con la reivindicación 1, donde la fuente de níquel en la solución de recubrimiento de níquel químico es carbonato de níquel.
7. El método de acuerdo con la reivindicación 1, donde el baño de recubrimiento comprende, además, ácido acético, ácido láctico, o una combinación de los mismos.
8. El método de acuerdo con la reivindicación 1, donde el baño de recubrimiento comprende, además, una fuente de iones de plomo, una fuente de iones yodato, o una combinación de los mismos.
9. El método según la reivindicación 1, donde el pH de la solución de níquel químico es de 4,0 a 6,0.
10. El método de acuerdo con la reivindicación 9, donde el pH de la solución de níquel químico se ajusta mediante la adición de un ajustador de pH seleccionado del grupo que consiste en amoníaco, carbonato de potasio, hidróxido de potasio y combinaciones de los mismos.
11. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el la temperatura de la solución de níquel químico es de 85 a 95 °C.
12. El método de acuerdo con la reivindicación 1, donde durante la etapa d) el pH de la solución es superior a 4.

Figura 1. Gráfico de reprocesamiento para níquel químico

