(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 582 373**

(51) Int. CI.:

C02F 1/60 (2006.01)
C02F 1/52 (2006.01)
C02F 1/66 (2006.01)
C02F 9/00 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.04.2009 E 09738118 (0)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.04.2016 EP 2274244**

(54) Título: **Método para purificar composiciones acuosas**

(30) Prioridad:

29.04.2008 FR 0852897

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.09.2016

(73) Titular/es:

SOLVAY SA (100.0%)
Rue de Ransbeek, 310
1120 Bruxelles, BE

(72) Inventor/es:

PASTACALDI, ALESSANDRA

(74) Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

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 para purificar composiciones acuosas

Un objeto de la invención es la purificación de composiciones acuosas de cloruro de sodio.

Se refiere más particularmente a un método para purificar composiciones acuosas que contienen silicio.

Las composiciones acuosas de cloruro de sodio obtenidas de agua marina o disolviendo sal gema en agua contienen diversas impurezas, incluyendo especialmente silicio, calcio, magnesio, hierro, y también compuestos amoniacales (amoníaco, cloruro de amonio), compuestos de yodo (yoduros metálicos) y compuestos de bromo (bromuros metálicos). Estas impurezas son a menudo dañinas, por ejemplo cuando las composiciones de cloruro de sodio se tratan en celdas electrolíticas de membrana a fin de producir cloro e hidróxido de sodio. A fin de reducir los contenidos de estas impurezas, las composiciones acuosas de cloruro de sodio destinadas a la electrolisis de membrana se someten generalmente a una primera purificación, durante la cual se añaden a la disolución hidróxido de sodio y carbonato de sodio, a fin de precipitar calcio y magnesio. Sin embargo, estos métodos no hacen posible obtener una eliminación satisfactoria del silicio. La presencia de silicio en composiciones acuosas de cloruro de sodio ha demostrado ser también la causa de pérdida de eficiencia de celdas electrolíticas de membranas de intercambio catiónico usadas para producir cloro y disoluciones acuosas de hidróxido de sodio. Este silicio se origina por la presencia, en depósitos salinos, de rocas silíceas de tipo $NaAlSiO_3O_8$. Contenidos de silicio (expresados como SiO_2) mayores de 10 ppm, o incluso 20 ppm, son habituales en las composiciones acuosas de cloruro de sodio que resultan de la purificación primaria de eliminar calcio y magnesio. Sin embargo, los productores de membranas de intercambio iónico requieren en general contenidos de silicio por debajo de estos valores para asegurar el funcionamiento correcto, duradero, de sus membranas.

Más generalmente, los contenidos excesivos de silicio en las aguas residuales descargadas por procesos industriales están prohibidos por numerosas normativas.

Se sabe (véase documento US 4.450.057) cómo eliminar silicio de disoluciones acuosas de cloruro de sodio que resultan de la purificación que elimina calcio y magnesio de ellas, ajustando el pH hasta un valor entre 2 y 3 y haciendo circular entonces la disolución a través de una resina quelante catiónica fuerte hasta que el pH de la disolución alcanza, tras este contacto, un valor por encima de 5,5. Sin embargo, ha aflorado el hecho de que, cuando este procedimiento conocido se usa de forma continua durante un período prolongado, se observa un incremento prohibitivo en la caída de presión, provocado por el paso de la disolución acuosa a través de la resina, que reduce enormemente la ventaja económica de este procedimiento conocido cuando se desea obtener una eliminación suficiente de silicio. El documento WO 92/21618A describe un procedimiento para eliminar sílice de licores acuosos.

La invención pretende proporcionar un método para eliminar silicio de composiciones acuosas de cloruro de sodio que es simple, económico y hace posible lograr tasas de purificación excelentes, en particular que hace posible satisfacer los requisitos de los fabricantes de membranas de intercambio iónico que, por ejemplo, se usan en la electrolisis de composiciones acuosas de cloruro de sodio.

En consecuencia, la invención se refiere, en una primera realización, a un método para purificar una composición acuosa de cloruro de sodio eliminando silicio de ella, composición acuosa en la que el contenido molar de silicio es mayor que el contenido de aluminio, comprendiendo el método las etapas de:

- (1) se añade un compuesto que comprende aluminio a la composición acuosa, a fin de obtener un contenido molar de aluminio mayor que el contenido molar de silicio en dicha composición acuosa;
- (2) el pH de la composición obtenida en la etapa (1) se controla y se mantiene en un valor mayor o igual a 8 y menor o igual a 10, a fin de obtener un primer precipitado;
- (2') el pH de la composición acuosa obtenida en la etapa (2) se controla y se mantiene en un segundo valor mayor o igual a 4 y menor o igual a 7, a fin de obtener un segundo precipitado;
- (3) los precipitados formados en las etapas anteriores (2) y (2') se separan de la composición acuosa a fin de obtener la composición acuosa purificada.

En una variante de la primera realización, el método de purificación comprende las siguientes etapas:

- (1) se añade un compuesto que comprende aluminio a la composición acuosa a fin de obtener un contenido molar de aluminio mayor que el contenido molar de silicio en dicha composición acuosa;
- (2) el pH de la composición obtenida en la etapa (1) se controla y se mantiene en un valor mayor o igual a 8 y menor o igual a 10, a fin de obtener un primer precipitado;
- (3) el precipitado formados en la etapa anterior (2) se separa de la composición acuosa a fin de obtener la composición acuosa purificada;

- (4) el pH de la composición acuosa obtenida en la etapa (3) se controla y se mantiene en un segundo valor mayor o igual a 4 y menor o igual a 7, a fin de obtener un segundo precipitado;

- (5) el precipitado formado en la etapa anterior (4) se separa de la composición acuosa de cloruro de sodio a fin de obtener la composición acuosa purificada.

La composición acuosa de cloruro de sodio a purificar puede ser una disolución acuosa o una suspensión acuosa. La composición acuosa es preferiblemente una disolución acuosa, es decir, una mezcla homogénea de agua y de los otros componentes.

El silicio presente en la composición acuosa de cloruro de sodio a purificar está presente preferiblemente como uno o más compuestos solubles, preferiblemente compuestos inorgánicos, que contienen silicio. Tales compuestos inorgánicos solubles que contienen silicio se denominarán sílice soluble. Los ejemplos no limitantes de tales compuestos son $Si(OH)_4$, dímeros y oligómeros del mismo, y silicatos.

En el método de purificación según la invención, los precipitados obtenidos en las etapas (2) y/o (2') y/o (4) contienen generalmente al menos silicio y aluminio. Esos precipitados contienen preferiblemente al menos silicio y aluminio, y más preferiblemente al menos un aluminosilicato.

El método según la invención es adecuado para la eliminación de silicio de una composición acuosa de cloruro de sodio que contiene, como contenido molar, una cantidad más grande de silicio que de aluminio. Sin embargo, no es necesario que contenga aluminio. El aluminio es una sustancia relacionada con metales pesados y considerado dañino para el medio ambiente. En el caso en el que la disolución acuosa de cloruro de sodio sometida al tratamiento se use en electrolisis de membrana, el aluminio es también dañino para la operación de las membranas.

Muy sorprendentemente, aunque se añade aluminio a la composición acuosa de cloruro de sodio, el método según la invención hace posible obtener una composición que está purificada tanto de silicio como de aluminio. Sin desear estar comprometidos a una explicación teórica, los inventores creen que este hecho es debido a la amplia variedad de aluminosilicatos que es posible precipitar y separar de la composición acuosa. Esta variedad hace posible adaptar el tratamiento a diversas relaciones estequiométricas de aluminio/silicio.

Según la invención, el aluminio se añade a la composición acuosa de cloruro de sodio a fin de obtener un contenido molar de aluminio mayor que el contenido molar de silicio.

Estos contenidos se basan generalmente en los contenidos de aluminio y silicio de la composición acuosa de cloruro de sodio antes de su tratamiento. Los contenidos de aluminio y silicio de la composición acuosa de cloruro de sodio antes de su tratamiento se pueden conocer, por ejemplo a partir del origen de la composición acuosa de cloruro de sodio a purificar, o se pueden medir.

En un aspecto preferido del método de purificación según la invención, los contenidos molares de silicio y aluminio en la composición acuosa de cloruro de sodio a purificar se miden antes de la etapa (1).

Los contenidos molares de silicio se deducen de las medidas de los contenidos de sílice soluble, medidos ventajosamente mediante un método colorimétrico basado en las siguientes reacciones: la sílice soluble forma con molibdato amónico ($(NH_4)_6Mo_7O_{22}\cdot 4H_2O$) un complejo que, tras la reacción con la sal de Mohr ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2\cdot 6H_2O$), forma un complejo azul. Los propios contenidos de aluminio se miden ventajosamente según el método de espectrofotometría de plasma, como se describe en "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (L.S. Clescerl, A.E. Greenberg, A.D. Eaton, 15ª Edición).

La adición del compuesto que contiene aluminio se puede realizar en cualquier forma y según cualquier procedimiento adecuado a la composición acuosa a purificar. Cuando la composición es una composición de cloruro de sodio destinada a la electrolisis de membrana, se recomienda que el aluminio se añada en forma de $AlCl_3\cdot 6H_2O$. El pH de la composición a purificar antes de la adición del compuesto que contiene aluminio no es crítico. Sin embargo, se recomienda que, antes de la adición del aluminio, el pH de la composición acuosa de cloruro de sodio se ajuste si es necesario, se mantenga y se controle en un valor mayor o igual a 1,5, y preferiblemente mayor o igual a 2. Este pH es preferiblemente menor o igual a 3,5, y más preferiblemente menor o igual a 3. Estos intervalos de pH son recomendados particularmente cuando la composición acuosa de cloruro de sodio es una composición de cloruro de sodio destinada a la electrolisis de membrana. Sin desear estar comprometidos a una explicación teórica, los inventores creen que, con tal intervalo de pH, el compuesto de aluminio se disolverá en la composición acuosa de cloruro de sodio a purificar, estando entonces el aluminio disponible para la formación de aluminosilicatos, mientras que fuera de tales intervalos de pH se puede producir la precipitación de aluminio antes de cualquier combinación con silicio. En general, para este fin, se añade una cantidad controlada de un ácido adecuado a la composición acuosa de cloruro de sodio a purificar, por ejemplo ácido clorhídrico. En una variante ventajosa del método según la invención, el aluminio se añade a la composición acuosa de cloruro de sodio para obtener un contenido molar de aluminio que es igual a al menos 2 veces, preferiblemente 2,5 veces, el contenido molar de silicio. La adición del compuesto que comprende aluminio se lleva a cabo preferiblemente de manera controlada. Por manera controlada se quiere decir que la adición se lleva a cabo a fin de alcanzar la relación molar deseada de Al/Si en la composición acuosa de cloruro de sodio a purificar.

Tras la adición de la cantidad requerida de aluminio, el pH de la composición de cloruro de sodio se ajusta si es necesario, se mantiene y se controla en un valor mayor o igual a 8, y preferiblemente mayor o igual a 8,5. Este pH es menor o igual a 10, preferiblemente menor o igual a 9,5. Generalmente, para este fin, se añade una cantidad controlada de una base a la composición acuosa de cloruro de sodio a purificar, por ejemplo hidróxido de sodio. En este intervalo de pH, dada la provisión de aluminio realizada según la invención, se obtiene un primer precipitado. Ese precipitado contiene generalmente al menos silicio y aluminio, preferiblemente al menos silicio y aluminio, y más preferiblemente al menos un aluminosilicato. Lo más preferible, ese primer precipitado consiste en aluminosilicatos.

Se recomienda controlar y mantener el pH dentro de este intervalo de valores durante un tiempo suficientemente prolongado para asegurar que la precipitación es tan completa como sea posible. Este tiempo es generalmente mayor o igual a 1 min., preferiblemente mayor o igual a 5 min., más preferiblemente mayor o igual a 10 min., y lo más preferible mayor o igual a 20 min. Este tiempo es habitualmente menor o igual a 10 h, preferiblemente menor o igual a 5 h, más preferiblemente menor o igual a 2 h, y lo más preferible menor o igual a 1 h. Es particularmente conveniente un tiempo de alrededor de 0,5 h.

Según la invención, entonces se lleva a cabo una modificación suplementaria del pH (etapas (2') y (4) de las variantes primera y segunda de la primera realización). El pH se ajusta además, se mantiene y se controla en un valor habitualmente mayor o igual a 4, y preferiblemente mayor o igual a 4,5. Este pH es menor o igual a 7, y preferiblemente menor o igual a 6. A estos valores de pH, se obtiene un segundo precipitado. Ese segundo precipitado contiene al menos aluminio, preferiblemente al menos silicio y aluminio, y más preferiblemente al menos un aluminosilicato. Lo más preferible, ese segundo precipitado comprende aluminosilicatos y, cuando sea apropiado, hidróxido de aluminio cuando la composición contiene un exceso de aluminio, que completa la eliminación de silicio y aluminio que se disolvieron en la composición acuosa.

A fin de mantener el pH en un intervalo dado, el pH se mide y se ajusta si es necesario.

La medida del pH se puede realizar de forma continua o periódicamente. En este último caso, la medida se lleva a cabo habitualmente a una frecuencia suficientemente elevada para mantener el pH en el intervalo establecido durante al menos 80% de la duración de la etapa, a menudo durante al menos 90%, frecuentemente durante al menos 95%, y en particular durante al menos 99%.

La medida del pH se puede llevar a cabo "in situ" en la composición, o "ex situ" en una muestra extraída de la composición y llevada hasta una temperatura adecuada y una presión adecuada para asegurar una buena longevidad para el equipo de medida del pH. Una temperatura de 25ºC y una presión de 1 bar son ejemplos de temperatura y presión adecuadas.

La medida del pH se puede llevar a cabo por cualquier medio. Es conveniente la medida con un electrodo sensible al pH. Tal electrodo debería de ser estable en la composición en las condiciones de las etapas, y no debería de contaminar la composición. Los electrodos de vidrio para medir pH son más particularmente convenientes. Ejemplos de tales electrodos se dan en Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, © 2005, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim 10.1002/14356007.e19_e01, p. 8-15. Los electrodos del tipo 405-DPAS-SC-K85 suministrados por METTLER TOLEDO® o de los tipos Ceragel CPS71 y Orbisint CPS11 suministrados por ENDRESS + HAUSER® son ejemplos de electrodos que se pueden usar.

El pH se puede ajustar y mantener en dichos valores mediante adición de un compuesto ácido o mediante adición de un compuesto básico. Para mantener el pH se puede usar cualesquiera compuestos ácidos o básicos. Se prefieren ácidos inorgánicos y bases inorgánicas. Un compuesto ácido más preferido es cloruro de hidrógeno, gaseoso y/o en disolución acuosa. Un compuesto básico más preferido es hidróxido sódico, sólido y/o en disolución acuosa y/o en suspensión, siendo las más preferidas las disoluciones acuosas de hidróxido sódico.

El ajuste se puede llevar a cabo en un modo automatizado o en un modo no automatizado. Se prefiere usar un modo automatizado, en el que el control del pH se ejerce mediante un circuito cerrado conocido como bucle de control. Tales bucles de control se describen en Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, © 2005, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim 10.1002/14356007.e19_e01, p. 24-27. Un sistema PROMINENT® DULCOMETER® tipo PHD es un ejemplo de un aparato automatizado de ajuste y control del pH que se puede usar.

Los precipitados formados durante las etapas (2) y/o (2') y/o (4) se deben de separar de las composiciones acuosas de cloruro de sodio a fin de obtener la composición purificada deseada.

La separación se puede llevar a cabo mediante cualquier tratamiento de separación. El tratamiento de separación se selecciona habitualmente del grupo que consiste en decantación, filtración, centrifugación y cualquier combinación de al menos dos de ellos. Se prefiere un tratamiento de separación mediante filtración.

El tratamiento mediante filtración se lleva a cabo habitualmente usando un filtro que tiene un diámetro de corte menor que 1 μm. Cualquier partícula que tenga un tamaño por encima de 1 μm se separa entonces de la suspensión acuosa. El diámetro de corte es preferiblemente menor que 0,75 μm, más preferiblemente menor que 0,5 μm.

A fin de separar eficazmente los precipitados, en una variante recomendada del método según la invención, la

suspensión acuosa de cloruro de sodio obtenida al final de las etapas (2) y (2') se filtra usando un filtro que tiene un diámetro de corte menor que 1 μm. Cualquier partícula que tenga un tamaño por encima de 1 μm se separa entonces de la disolución acuosa. El diámetro de corte es preferiblemente menor que 0,75 μm, más preferiblemente menor que 0,5 μm.

Las diversas etapas del método de purificación se llevan a cabo de forma independiente a una temperatura generalmente mayor o igual a -10ºC, frecuentemente mayor o igual a 0ºC, a menudo mayor o igual a 10ºC, y específicamente mayor o igual a 20ºC. Esa temperatura es generalmente menor o igual a 100ºC, frecuentemente menor o igual a 80ºC, a menudo menor o igual a 60ºC, y específicamente menor o igual a 30ºC. Es particularmente conveniente una temperatura de alrededor de 25ºC.

Las diversas etapas del método de purificación se llevan a cabo de forma independiente a una presión generalmente mayor o igual a 0,1 bares absolutos, frecuentemente mayor o igual a 0,5 bares, a menudo mayor o igual a 0,8 bares, y específicamente mayor o igual a 0,9 bares. Esa presión es generalmente menor o igual a 10 bares, frecuentemente menor o igual a 5, a menudo menor o igual a 2 bares, y específicamente menor o igual a 1,5 bares. Es particularmente conveniente una presión de alrededor de 1 bar absoluto.

En el método de purificación según la invención, las etapas se pueden llevar a cabo en una o más zonas. Estas zonas se pueden operar bajo cualquier tipo de régimen, como por ejemplo régimen mixto, preferiblemente régimen perfectamente mixto o régimen de flujo pistón. Se prefiere el régimen mixto.

Las diversas etapas del método de purificación según la invención se pueden llevar a cabo independientemente en un modo discontinuo, continuo o semicontinuo. Se prefiere el modo continuo. Todas las etapas del método de purificación según la invención se llevan a cabo más preferiblemente en un modo continuo.

Por modo continuo, se pretende significar un modo en el que la composición acuosa de cloruro de sodio a purificar, los compuestos añadidos, entre ellos el compuesto que comprende aluminio, los compuestos ácidos y básicos para ajustar y mantener el pH, y la composición acuosa tratada, entre ellas las composiciones acuosas que comprenden los precipitados, se alimentan y eliminan de forma continua de las zonas en las que se llevan a cabo las diversas etapas. Por modo discontinuo, se pretende significar cualquier otro modo. El modo semicontinuo se puede considerar como un modo discontinuo. Mediante el término continuamente, se pretende significar sin interrupción sustancial.

Cuando las diversas etapas del método de purificación se llevan a cabo en modo discontinuo, se llevan a cabo independientemente durante una duración generalmente mayor o igual a 1 min. absoluto, frecuentemente mayor o igual a 5 min., a menudo mayor o igual a 10 min., y específicamente mayor o igual a 20 min. Esa duración es generalmente menor o igual a 10 h, a menudo menor o igual a 5 h, frecuentemente menor que 2 h, y en particular menor o igual a 1 h. Es conveniente una duración de alrededor de 0,5 h.

Cuando las diversas etapas del método de purificación se llevan a cabo en modo continuo, se llevan a cabo independiente y generalmente durante un tiempo de residencia generalmente mayor o igual a 1 min. absoluto, frecuentemente mayor o igual a 5 min., a menudo mayor o igual a 10 min., y específicamente mayor o igual a 20 min. Ese tiempo de residencia es generalmente menor o igual a 10 h, a menudo menor o igual a 5 h, frecuentemente menor que 2 h, y en particular menor o igual a 1 h. Es conveniente un tiempo de residencia de alrededor de 0,5 h. Ese tiempo se puede definir por la relación entre el volumen de la zona en la que se lleva a cabo la etapa y el caudal de la composición acuosa de cloruro de sodio a la zona en la que se lleva a cabo la etapa.

El método según la invención es adecuado para la purificación de numerosas composiciones acuosas de cloruro de sodio contaminadas con silicio que comprenden una cantidad molar más grande de silicio que de aluminio. Es especialmente adecuado para la purificación de composiciones acuosas de cloruro de sodio que comprenden al menos 5 ppm, preferiblemente al menos 10 ppm, de sílice soluble (expresada como SiO_2). También es adecuada para composiciones acuosas de cloruro de sodio que comprenden ventajosamente menos de 5 ppm de aluminio, preferiblemente menos de 1 ppm.

El método según la invención es particularmente muy adecuado para la purificación de numerosas disoluciones acuosas de cloruro de sodio contaminadas con silicio que comprenden una cantidad molar más grande de silicio que de aluminio. Es especialmente adecuado para la purificación de disolución acuosa de cloruro de sodio que comprende al menos 5 ppm, preferiblemente al menos 10 ppm, de sílice soluble (expresada como SiO_2). También es adecuado para composiciones acuosas de cloruro de sodio que comprenden ventajosamente menos de 5 ppm de aluminio, preferiblemente menos de 1 ppm.

En una variante de implementación del método según la invención, la composición acuosa de cloruro de sodio a purificar es una disolución acuosa de cloruro de sodio, destinada para la electrolisis de membrana. En esta variante, es ventajoso que se lleve a cabo la purificación de manera que el contenido de sílice soluble de la disolución purificada (expresada como SiO_2) es menor que 3 ppm, preferiblemente menor que 2 ppm. De esa manera, se obtiene una operación duradera y eficiente de las membranas de intercambio iónico del electrolizador.

En un aspecto preferido de esta variante, la disolución acuosa de cloruro de sodio a purificar resulta de una

purificación primaria para eliminar calcio y magnesio. Tal purificación primaria se obtiene de manera conocida por adición de carbonato de sodio e hidróxido de sodio, separando después los precipitados de carbonato de calcio e hidróxido de magnesio formados. Se recomienda que el contenido total de calcio y magnesio en la disolución acuosa de cloruro de sodio que resulta de la purificación primaria sea menor que 500 ppm. En esta realización, la disolución purificada que resulta del método según la invención se somete entonces a una superpurificación para eliminar calcio y magnesio, por ejemplo usando resinas de intercambio iónico.

La pureza elevada de las disoluciones de cloruro de sodio obtenidas en esta realización hace posible producir, en condiciones estables y mediante electrolisis de membrana, hidróxido de sodio y cloro que satisfacen los requisitos de calidad más estrictos.

En consecuencia, la invención se refiere en una segunda realización a un método para producir cloro e hidróxido de sodio, según el cual una disolución acuosa de cloruro de sodio obtenida mediante el método según la invención se somete a electrolisis usando una celda de membrana que es permeable selectivamente a los iones.

A partir de los siguientes ejemplos surgirán características y detalles distintivos de la invención.

Ejemplo 1 (no se ajusta a la invención)

Se tomó una disolución acuosa de cloruro de sodio que resultó de la disolución en agua de cloruro de sodio que se origina de un depósito. Se añadió ácido clorhídrico, con agitación moderada y a una temperatura de 25ºC, hasta que se obtuvo un pH de 2. El contenido de sílice soluble de la disolución, expresado como SiO_2, medido por colorimetría, fue igual a 12 ppm en peso de salmuera. Entonces se añadió aluminio en forma de una disolución de $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ que contiene 1 g/l de Al, hasta que se obtuvo un contenido molar de aluminio igual a 0,3 veces el de silicio, a saber, alrededor de 2 ppm en peso. El pH se ajustó entonces al valor de 9, mediante adición de NaOH. La suspensión obtenida se filtró entonces durante 3 h usando un filtro Millipore que tiene un diámetro de corte de 0,45 μm. El contenido de sílice soluble de la disolución acuosa obtenida fue igual a 4 ppm, mientras que el de aluminio fue igual a 1 ppm.

Ejemplo 2 (según la invención)

Se siguió el procedimiento como en el Ejemplo 1, excepto que se añadió aluminio hasta que se obtuvo un contenido molar de aluminio que iguala aproximadamente 2 veces el de silicio. Los contenidos en peso de sílice soluble, expresada como SiO_2, y de aluminio fueron entonces iguales a 9,4 y 11,8 ppm, respectivamente. El pH se alteró hasta un valor próximo a 5,5. Entonces, la disolución se filtró. Tras filtrar durante 2 horas, el contenido de sílice soluble fue 1,6 ppm, mientras que el de aluminio fue menor que 1 ppm.

Ejemplo 3 (no se ajusta a la invención)

Se siguió el procedimiento como en el Ejemplo 1, excepto que se añadió magnesio en lugar de aluminio. La cantidad añadida se ajustó para obtener un contenido molar de magnesio que iguala 1,1 veces el de silicio. El contenido de sílice soluble, expresada como SiO_2, fue igual a 20 ppm. Tras filtrar durante 4 horas, el contenido de sílice soluble fue todavía 16 ppm, mientras que el de magnesio fue 0,9 ppm.

REIVINDICACIONES

1. Método para purificar una composición acuosa de cloruro de sodio eliminando silicio de ella, composición acuosa en la que el contenido molar de silicio es mayor que el contenido de aluminio, comprendiendo el método las siguientes etapas:

- (1) se añade un compuesto que comprende aluminio a la composición acuosa, a fin de obtener un contenido molar de aluminio mayor que el contenido molar de silicio en dicha composición acuosa;
- (2) el pH de la composición obtenida en la etapa (1) se controla y se mantiene en un primer valor mayor o igual a 8 y menor o igual a 10, a fin de obtener un primer precipitado;
- (2') el pH de la composición acuosa obtenida en la etapa (2) se controla y se mantiene en un segundo valor mayor o igual a 4 y menor o igual a 7, a fin de obtener un segundo precipitado;
- (3) los precipitados formados en las etapas anteriores (2) y (2') se separan de la composición acuosa a fin de obtener la composición acuosa purificada.

2. Método para purificar una composición acuosa eliminando silicio de ella, composición acuosa en la que el contenido molar de silicio es mayor que el contenido de aluminio, comprendiendo el método las siguientes etapas:

- (1) se añade un compuesto que comprende aluminio a la composición acuosa, a fin de obtener un contenido molar de aluminio mayor que el contenido molar de silicio en dicha composición acuosa;
- (2) el pH de la composición obtenida en la etapa (1) se controla y se mantiene en un primer valor mayor o igual a 8 y menor o igual a 10, a fin de obtener un primer precipitado;
- (3) el precipitado formado en la etapa anterior (2) se separa de la composición acuosa a fin de obtener la composición acuosa purificada;
- (4) el pH de la composición acuosa obtenida en la etapa (3) se controla y se mantiene en un segundo valor mayor o igual a 4 y menor o igual a 7, a fin de obtener un segundo precipitado;
- (5) el precipitado formado en la etapa anterior (4) se separa de la composición acuosa a fin de obtener la composición acuosa purificada.

3. Método de purificación según la reivindicación 1 o 2, en el que los precipitados obtenidos en las etapas (2) y/o (2') y/o (4) comprenden al menos un aluminosilicato.

4. Método de purificación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la composición acuosa es una disolución acuosa.

5. Método de purificación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el silicio en la composición acuosa está presente como uno o más compuestos inorgánicos solubles que contienen silicio.

6. Método de purificación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que, en la etapa (2), el pH se mantiene y se controla en un valor mayor o igual a 8,5 y menor o igual a 9,5.

7. Método de purificación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que, en las etapas (2') o (4), el pH se mantiene y se controla en un valor mayor o igual a 4,5 y menor o igual a 6.

8. Método de purificación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que, antes de la etapa (2), el pH se mantiene y se controla en un valor mayor o igual a 1,5 y menor o igual a 3,5, preferiblemente mayor o igual a 2 y menor o igual a 3.

9. Método de purificación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el contenido molar de aluminio en la composición acuosa obtenida al final de la etapa (1) es igual a al menos 2 veces el contenido molar de silicio.

10. Método de purificación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que los precipitados obtenidos en las etapas (2) y/o (2') y/o (4) se separan mediante un tratamiento de separación seleccionado independientemente del grupo que consiste en decantación, filtración, centrifugación y cualquier combinación de al menos dos de ellos.

11. Método de purificación según la reivindicación 10, en el que el tratamiento de separación o tratamientos de separación se llevan a cabo mediante filtración usando un filtro que tiene un diámetro de corte menor que 1 μm.

12. Método de purificación según cualquiera de las reivindicaciones 4 a 11, en el que la disolución acuosa a purificar es una disolución acuosa de cloruro de sodio, destinada para la electrolisis usando una celda de membrana que es permeable selectivamente a los iones, y la purificación es tal que el contenido de sílice soluble de la disolución purificada es menor que 3 ppm.

13. Método de purificación según cualquiera la reivindicación 12, en el que la disolución acuosa a purificar resulta de una purificación primaria para eliminar calcio y magnesio, mediante adición de carbonato de sodio e hidróxido de sodio, y de la separación posterior de los precipitados de carbonato de calcio e hidróxido de magnesio formados.

14. Método de purificación según las reivindicaciones 12 o 13, en el que la disolución acuosa a purificar contiene al menos 5 ppm de sílice soluble y como máximo 5 ppm de aluminio.

15. Método de purificación según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, que comprende la etapa de someter la disolución purificada obtenida a electrolisis usando una celda de membrana que es permeable selectivamente a los iones, para producir cloro e hidróxido de sodio.