(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 300 052**

(51) Int. Cl.:
C25C 3/02 (2006.01)
C25C 7/00 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Número de solicitud europea: **05787394 .5**
(86) Fecha de presentación : **12.09.2005**
(87) Número de publicación de la solicitud: **1794352**
(87) Fecha de publicación de la solicitud: **13.06.2007**

(54) Título: **Célula electrolítica para la fabricación de metal alcalino.**

(30) Prioridad: **14.09.2004 DE 10 2004 044 405**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.06.2008

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.06.2008

(73) Titular/es: **BASF SE**
67056 Ludwigshafen, DE

(72) Inventor/es: **Huber, Günther;**
Oettl, Reinhard;
Munzinger, Manfred;
Neumann, Heinz;
Schulz, Martina;
Stahl, Matthias;
Ruf, Gerhard;
Hamleser, Ralph;
Bender, Hans-Jürgen y
Esswein, Volker

(74) Agente: **Carvajal y Urquijo, 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).

Venta de fascículos: Oficina Española de Patentes y Marcas. Pº de la Castellana, 75 – 28071 Madrid

DESCRIPCIÓN

Célula electrolítica para la fabricación de metal alcalino.

La presente invención comprende una célula electrolítica para la fabricación de metal alcalino líquido a partir de una aleación líquida de metal pesado-metal alcalino.

En relación con la presente invención se entiende por metal alcalino especialmente sodio, potasio o litio.

El sodio es un importante producto base inorgánico, que entre otras cosas se utiliza para la fabricación de derivados de sodio como por ejemplo peróxido de sodio, hidruro de sodio, boranato de sodio y amida de sodio, para la obtención de titanio mediante metalotermia, así como para la reducción en la industria de la química orgánica, para la limpieza de hidrocarburos y aceite usado, para condensaciones, para la fabricación de alcóxidos, como catalizador de polimerización y en la química orgánica preparativa. Hoy en día la obtención de sodio se realiza principalmente de acuerdo al procedimiento Down mediante electrólisis en fusión de una mezcla ternaria de NaCl, CaC_{12} y BaC_{12}.

El litio se utiliza, entre otras cosas, en la ingeniería nuclear para la fabricación de tritio, como añadidura aleadora de aluminio, plomo, o magnesio, en síntesis orgánicas, para la síntesis de hidruros metálicos, para la fabricación de uniones de metales orgánicas, para condensaciones, deshidrohalogenización, para la fabricación de aminas ternarias o sales de amonio cuaternarias, en la industria de los aceites minerales como catalizador o para la desulfuración, para la polimerización de isoprenos a polímeros cis, en la industria cerámica, para la regulación del coeficiente de dilatación, disminución de la temperatura de fusión y similares, para la fabricación de lubricantes, como agente desoxidante y limpiador en la metalurgia de hierro, níquel, cobre y sus aleaciones. En el estado actual de la técnica el litio se fabrica en cantidades industriales también con el proceso Down mediante electrólisis de fusión anhidra de cloruro alcalino, asimismo los puntos de fusión de las sales de fusión se reducen por adición de cloruros alcalinos.

En el caso de los dos metales sodio y litio la duración de las células electrolíticas conocidas se limita entre 2 hasta 3 años. Una interrupción de la alimentación de corriente o el depósito de la célula conduce por lo general a la destrucción de la misma. El sodio obtenido a través del proceso Down tiene la desventaja, condicionado por los fundentes, de que está contaminado de manera primaria con calcio, cuyo contenido residual se puede disminuir con etapas posteriores de purificación pero nunca se puede eliminar del todo. En el caso del litio obtenido mediante el proceso Down es una desventaja significativa, que los higrómetros en agua salina que se producen durante la transformación de litio, se deben convertir en cloruro de litio anhidro antes de la implementación de la electrolisis.

El potasio también es un importante producto base inorgánico, que se utiliza por ejemplo para la fabricación de alcoholatos de potasio, de amidas de potasio y de aleaciones de potasio. Hoy se fabrica técnicamente en una destilación reactiva sobre todo mediante la reducción del cloruro de potasio a través de sodio. La desventaja es que el procedimiento trabaja a altas temperaturas. Además el potasio resultante contiene aprox. 1% de sodio como contaminación y por eso debe ser purificado con otra rectificación. La mayor desventaja es que el sodio utilizado es costoso. La causa es que el sodio se obtiene técnicamente mediante el proceso Down a través de la electrólisis de sal común fundida y para ello es necesario un gran consumo de energía.

Durante la electrólisis cloralcalina se generan en gran cantidad, como intermedio después del método de amalgamación, amalgamas de metales alcalinos y por lo general se transforman con agua en lejías de metales alcalinos y luego, en circuitos cerrados se reconducen hacia la electrólisis cloralcalina.

La memoria GB 1.155.927 describe un procedimiento en el que, utilizando un conductor iónico de sodio sólido con amalgama como ánodo y sodio como cátodo, se puede obtener por vía electroquímica sodio metálico a partir de amalgama de sodio. La ejecución del procedimiento descrito en la memoria GB 1.155.927 no conduce a los resultados allí descritos en vista de la conversión de sodio, la pureza del producto y la densidad de corriente. Además, si se cumple el margen de temperatura requerido, el sistema descrito se comporta de manera inestable después de pocos días.

La memoria P 1 114 883 A1 describe un procedimiento mejorado del procedimiento descrito en el documento GB 1.155.927 para la fabricación de un metal alcalino partiendo de amalgama de metales alcalinos. En este procedimiento la fabricación se realiza mediante electrólisis con un ánodo que contiene amalgama alcalina, un electrolito sólido conductor de iones de metal alcalino - metal alcalino líquido como cátodo, la amalgama alcalina se mueve asimismo como ánodo. La electrólisis se realiza en una célula electrolítica, que incluye un electrolito sólido en forma de tubo cerrado en uno de los lados que está integrado de tal manera en un tubo concéntrico de acero, que se forma un paso anular. Este procedimiento, ejecutado en esta célula electrolítica, tiene las siguientes ventajas frente al estado de la técnica explicado más arriba, especialmente frente a la fabricación de metal alcalino mediante el proceso Down:

- La célula permite un proceso con un consumo de energía menor en casi un 40%, la fase previa incluida, condicionado por un mayor rendimiento de corriente debido al impedimento de las reacciones de retorno y a la menor tensión de célula.

- La célula no tiene limitaciones de la vida útil condicionadas por el proceso.

- Es posible una carga parcial e incluso la interrupción de la producción.

- Sólo se utilizan y generan materiales líquidos, que se pueden dosificar fácilmente.

- Las sales se utilizan en la fase previa del proceso descrito en forma de soluciones salinas acuosas.

- El aparato funciona de manera totalmente automática.

- Se producen metales alcalinos purísimos.

- No se requieren etapas adicionales de purificación.

El presente invento se originó para poner a disposición una célula electrolítica que se base en el procedimiento descrito en la memoria EP 1 114 883 A1 y en el dispositivo publicado en la misma y en la que se alcance una separación efectiva de conductores de aleación de metal alcalino-metal pesado de componentes conductores de metales alcalinos. Otro objetivo de la presente invención consistía en posibilitar un mantenimiento económico y sencillo de la célula electrolítica.

Estos objetivos se cumplen, acorde a la invención, mediante una célula electrolítica para la fabricación de metal alcalino líquido a partir de una aleación líquida de metal pesado-metal alcalino, que contiene

- un tubo dispuesto esencialmente de forma horizontal con un dispositivo de cierre en cada uno de los dos extremos del tubo,

- al menos una válvula de electrolito sólido, cerrada en un extremo y con una apertura en el otro extremo, dispuesta en el tubo y que conduce iones de metales alcalinos, asimismo la válvula de electrolito sólido está dispuesta en el tubo de manera concéntrica y con la apertura hacia uno de los extremos del tubo, de manera que entre el lado interior del tubo y la parte exterior de la válvula de electrolito sólido se encuentra un primer paso anular para la conducción de la aleación de metal alcalino-metal pesado que genera un ánodo,

- un espacio interior en la válvula de electrolito sólido para la aceptación del metal alcalino líquido utilizable como cátodo,

asimismo un dispositivo de cierre que abarca una alimentación o evacuación de aleación de metal alcalino - metal pesado que desemboca en el primer paso anular, un dispositivo portador para las válvulas de electrolito sólido, una evacuación de metal alcalino comunicada con el interior de la válvula de electrolito sólido y un sistema de hermetización para la hermetización del interior de la válvula de electrolito sólido y de la evacuación de aleación de metal alcalino respecto del primer paso anular, la alimentación o evacuación de aleación de metal alcalino - metal pesado y respecto del entorno de la célula electrolítica.

La célula electrolítica conforme a la invención posibilita un accionamiento de la electrólisis en escala técnica. El dispositivo de cierre asume una gran cantidad de funciones, por lo que se alcanza una construcción simple de la célula electrolítica. La célula electrolítica conforme a la invención está prevista para el funcionamiento continuo. El flujo de la aleación líquida de metal alcalino - metal pesado se activa preferentemente mediante una bomba que se encuentra fuera de la célula electrolítica. El tubo dispuesto esencialmente de manera horizontal forma, junto con la válvula de electrolito sólido introducida en el mismo, el módulo de reacción en el que tiene lugar la electrólisis. Con la construcción acorde a la invención de la célula electrolítica se asegura, que la aleación de metal alcalino - metal pesado se conduce de tal manera, que esté garantizado el transporte del metal alcalino disuelto en el metal pesado a la superficie del electrolito sólido que conduce iones de metal alcalino para altas densidades de corriente de una producción industrial.

Además, con la elección adecuada de materiales para la construcción conforme a la invención de la célula electrolítica se puede alcanzar una vida útil prolongada, como es habitual para los dispositivos de la química industrial. En el caso de la célula conforme a la invención la electrólisis se puede interrumpir en cualquier momento, sin perjudicar la célula.

La célula conforme a la invención es alimentada con una aleación líquida de metal alcalino - metal pesado, especialmente una amalgama de metal alcalino con sodio, potasio o litio como metal alcalino. Otros metales pesados como componente de la aleación líquida de metal alcalino - metal pesado son el galio o plomo o aleaciones de galio, plomo y mercurio. Para mantener la amalgama de sodio en estado líquido, la concentración de sodio de esa solución debe contener valores de menos de 1% de peso, preferentemente 0,2 hasta 0,5% de peso. Para mantener la amalgama de potasio en estado líquido, la concentración de potasio de la solución debe ser menor al 1,5% de peso, preferentemente 0,3 hasta 0,6% de peso. Para mantener la amalgama de litio en estado líquido, la concentración de litio de la solución debe ser menor al 0,19% de peso, preferentemente 0,02 hasta 0,6% de peso.

Como material para el tubo dispuesto esencialmente de manera horizontal se escoge preferentemente acero o grafito. En la fabricación de sodio se tienen en cuenta como material para las válvulas de electrolito sólido materiales cerámicos como NASICON®, cuya composición está indicada en la patente europea EP- A 0 553 400. También

son adecuados cristales conductores de iones de sodio, así como zeolitas y feldespatos. En la fabricación de potasio también se requiere una gran cantidad de materiales. Es posible tanto la utilización de cerámicas como también la utilización de cristales. Por ejemplo son posibles los siguientes materiales: $KBiO_3$, sistemas de óxido de galio, dióxido de titanio, óxido de potasio, sistemas de óxido de aluminio, dióxido de titanio, óxido de potasio y cristales KASICON®. Sin embargo se prefieren sodio β" óxido de aluminio, sodio β óxido de aluminio y sodio β/β" óxido de aluminio o potasio β" óxido de aluminio, potasio β óxido de aluminio y potasio β/β" óxido de aluminio. Potasio β" óxido de aluminio, potasio β óxido de aluminio o potasio β/β" óxido de aluminio se puede fabricar por intercambio de cationes partiendo de sodio β" óxido de aluminio, sodio β óxido de aluminio o sodio β/β" óxido de aluminio. En la fabricación de litio también se requiere una gran cantidad de materiales. Por ejemplo son posibles los siguientes materiales: $Li_{4-x}Si_{1-x}P_xO_4$, Li- beta"-Al_2O_3, Li- beta- Al_2O_3, análogos del litio de cerámicas NASICON®, conductores de iones de litio con estructura perovskita y cristales sulfurados como conductores de iones de litio.

La válvula de electrolito sólido está cerrada en un extremo y preferentemente es de paredes delgadas, pero resistente a la presión y equipada con una sección circular.

El tubo presenta una longitud de entre 0,5 m y 2 m, preferentemente entre 0,9 m y 1,1 m. El diámetro interno del tubo es de entre 35 mm y 130 mm, preferentemente de entre 65 mm y 75 mm. El espesor del tubo (grosor de la pared) es de entre 1 mm y 30 mm, preferentemente entre 2,5 mm y 3,6 mm si se utilizan tubos soldados usuales en el mercado y preferentemente entre 15 y 20 mm si el tubo se fabricó por fundición.

La válvula de electrolito sólido presenta un diámetro exterior de entre 30 mm y 100 mm, preferentemente entre 55 mm y 65 mm. El espesor de pared de la válvula de electrolito sólido es de entre 0,9 mm y 2,5 mm, preferentemente de entre 1,2 mm y 1,8 mm. Presenta una longitud de entre 20 cm y 75 cm, preferentemente entre 45 cm y 55 cm.

De ello resulta un ancho del intersticio del primer paso anular de entre 2,5 mm y 15 mm, preferentemente entre 4,5 mm y 5,5 mm.

A través de la alimentación de aleación de metal alcalino - metal pesado, la aleación de metal alcalino - metal pesado llega al primer paso anular que circunda a la válvula de electrolito sólido. Desde allí la aleación de metal alcalino - metal pesado fluye por el tubo atravesando el primer paso anular, para salir finalmente del tubo a través de la evacuación de aleación de metal alcalino y metal pesado. La electrólisis se realiza creando una tensión eléctrica entre la parte exterior de la válvula de electrolito sólido cerrada de un lado, que se compone de un electrolito sólido conductor de iones de metal alcalino y la parte interior, de manera que la aleación de metal alcalino - metal pesado que fluye por fuera en dirección longitudinal en el primer paso anular forme el polo positivo y el metal alcalino formado en el interior, el polo negativo. La diferencia de tensión provoca un flujo electrolítico, que conduce a que en la superficie de separación entre la aleación de metal alcalino - metal pesado y el conductor de iones se oxide metal alcalino, que luego es transportado como ión de metal alcalino a través del conductor de iones y luego se vuelve a reducir a metal en la superficie de separación entre conductor de iones y metal alcalino en el interior de la válvula de electrolito sólido. En la electrólisis se empobrece continuamente el flujo de aleación de metal alcalino - metal pesado en lo que respecta de su contenido de metal alcalino de manera proporcional a la corriente electrolítica que fluye. El metal alcalino convertido de esta forma en la parte inferior de la válvula de electrolito sólido se puede evacuar continuamente desde allí a través del proceso de metal alcalino. La electrólisis se realiza con una temperatura dentro del margen entre 260 hasta 400ºC. Para la electrólisis de una amalgama de metal alcalino la temperatura debería estar por debajo de la temperatura de ebullición de mercurio, preferentemente entre los 310ºC hasta 325ºC, si el metal alcalino es sodio, y entre 265ºC hasta 280ºC, si el metal alcalino es potasio, y entre 300ºC hasta 320ºC si el metal alcalino es litio.

Preferentemente la aleación de metal alcalino - metal pesado se conduce a la célula electrolítica conforme a la invención cuando ya tiene una temperatura de 200ºC hasta 320ºC, preferentemente entre 250ºC y 280ºC. Para esto se puede asignar a la célula electrolítica un intercambiador de calor, especialmente un intercambiador de calor de contracorriente, de manera que la aleación caliente de metal alcalino - metal pesado, caliente la alimentación de aleación de metal alcalino - metal pesado en relación al metal alcalino empobrecido que sale por el tubo de la célula electrolítica. Un precalentamiento de la aleación de metal alcalino - metal pesado también es posible con alambres de calefacción enrollados alrededor de la alimentación.

En cada uno de los dos lados frontales de tubo dispuesto esencialmente de manera horizontal se encuentra un dispositivo de cierre que es adecuado para receptar una válvula de electrolito sólido cerrada en cada caso de un lado y compuesta de un electrolito sólido conductor de iones de metal alcalino. La abertura de la válvula de electrolito sólido está orientada hacia fuera. El dispositivo de cierre está constituido de tal manera en lo que respecta a los cierres herméticos, que el espacio lleno con aleación de metal alcalino - metal pesado en los tubos esencialmente horizontales están hermetizados contra derrames tanto hacia el entorno como también hacia el interior de la válvula de electrolito sólido. Además, el dispositivo de cierre también cumple con el requerimiento de hermetizar el interior de la válvula de electrolito sólido hacia el entorno. Contiene un sistema de hermetización para la hermetización del interior de la válvula de electrolito sólido y de la evacuación de metal alcalino frente al primer paso anular, la alimentación o evacuación de aleación de metal alcalino - metal pesado y frente al entorno de la célula electrolítica.

En un modo de ejecución preferido de la presente invención el dispositivo de cierre contiene una pieza unida de manera fija al tubo y una parte desmontable, asimismo la pieza unida de manera fija puede ser una única pieza o estar fijada firmemente al tubo. Como el dispositivo de cierre contiene una pieza desmontable es posible el acceso

a los componentes de la célula electrolítica dispuestos en el tubo, especialmente para la reparación, el cambio o el mantenimiento de los mismos. En un modo de ejecución preferido de la célula electrolítica conforme a la invención la parte desmontable del dispositivo de cierre incluye un apoyo en forma de T que contiene la evacuación del metal alcalino. A través de la evacuación de metal alcalino se puede retirar el metal alcalino fundido del interior de la válvula de electrolito sólido. El apoyo en forma de T se debe fabricar preferentemente de un material conductor de la electricidad para poder utilizarlo como conexión eléctrica para el cátodo.

En un modo de ejecución preferido de la presente invención están dispuestos en el dispositivo de cierre un primer anillo de aislamiento y un segundo anillo de aislamiento de manera que aíslen eléctricamente el apoyo en forma de T de otros elementos conductores de electricidad del dispositivo de cierre. Si el apoyo en forma de T se utiliza como conexión eléctrica para el cátodo se lo debe aislar de los componentes de la célula electrolítica conectados con el ánodo y conductores de electricidad, por ejemplo del tubo, para evitar un cortocircuito. Los anillos de aislamiento están compuestos preferentemente de un material cerámico no conductor de la electricidad. Especialmente de Al_2O_3, ZrO_2 sinterizado, óxido de magnesio o nitruro de boro.

El sistema de hermetización que está dispuesto en el dispositivo de cierre incluye preferentemente dos anillos de junta adyacentes a los dos lados del primer anillo de aislamiento. Se trata por ejemplo de anillos de junta planos usuales en el mercado de láminas de grafito flexible, reforzadas con láminas de acero, por ejemplo SIGRAFLEX®. En principio se pueden utilizar todas las juntas adecuadas en vista de la resistencia a temperatura y la estabilidad química. Otro ejemplo para anillos de junta utilizables son juntas de mica laminada como KLINGERmilam®.

En un modo de ejecución preferido de la presente invención colindante al primer anillo de asilamiento entre los dos anillos de junta está dispuesto un espacio anular para la conducción de un gas inerte suministrado bajo presión, especialmente nitrógeno. Esto hace que el sistema de hermetización de la célula electrolítica sea especialmente seguro. El gas inerte se conduce bajo presión en el espacio anular. Si la presión del gas inerte se regula lo suficientemente alta, no se puede impeler ni aleación de metal alcalino - metal pesado a través de uno de los anillos de junta, ni metal alcalino a través del otro anillo de junta hacia el espacio anular. Preferentemente el gas inerte es metido a presión con una presión superior a la contrapresión que se puede esperar del lado de la aleación de metal alcalino - metal pesado o del lado del metal pesado. Si los anillos de junta no hermetizan lo suficiente ingresa gas inerte en la aleación de metal alcalino - metal pesado o el metal alcalino, lo que no produce consecuencias negativas. Sin este espacio anular con gas inerte entre los dos anillos de junta se podría generar un cortocircuito eléctrico entre ánodo y cátodo por la fuga de aleación de metal alcalino - metal pesado o de metal alcalino. Además esta medida impide que a través de los anillos de junta en el metal alcalino penetre por ejemplo vapor de mercurio, en el caso de que se trate de una amalgama en la aleación de metal alcalino - metal pesado.

En un modo de ejecución preferido de la célula electrolítica conforme a la invención está dispuesto un cuerpo expulsor en el interior de la válvula de electrolito sólido, de manera que entre la parte exterior del cuerpo expulsor y el interior de la válvula de electrolito sólido se encuentra un segundo paso anular para a recepción del meta alcalino líquido. Con el cuerpo expulsor el volumen que puede ser llenado con metal alcalino en el interior de la válvula de electrolito sólido se reduce. La ventaja es que en la válvula de electrolito sólido siempre está contenido sólo una pequeña cantidad de metal alcalino, de manera que en el caso de una falla repentina de la válvula de electrolito sólido sólo esta pequeña cantidad puede entrar en contacto con la aleación de metal alcalino - metal pesado que circunda a la válvula de electrolito sólido. Con esto de mantiene bajo el potencial energético de la reacción de retorno. Un cuerpo metálico masivo puede servir como cuerpo de expulsión. Este cuerpo metálico tiene también la ventaja de que puede ser utilizado como cátodo si la electrólisis se inicia con una válvula de electrolito sólido que aún no se llenó con metal alcalino. Un cuerpo hueco cerrado también puede servir como cuerpo de expulsión. Este cuerpo hueco tiene la ventaja de que por su poco peso se puede introducir fácilmente en la válvula de electrolito sólido, sin dañarla. Además se puede utilizar como cuerpo expulsor un tubo de chapa de paredes delgadas cerrado en un extremo, adaptado exactamente al interior de la válvula de electrolito sólido que se introduce en la válvula de electrolito sólido de manera que se forme un segundo paso anular muy estrecho. En el tubo de chapa de paredes delgadas se puede colocar otro cuerpo como refuerzo. El cuerpo expulsor ejecutado como tubo de chapa tiene la ventaja de que la cantidad de metal alcalino que se mezcla con la aleación de metal alcalino - metal pesado en el caso de una falla de la válvula de electrolito sólido es muy pequeña.

En el tubo preferentemente están dispuestas dos válvulas de electrolito sólido que cuya apertura está dirigida hacia el final del tubo en cada caso.

Además la invención comprende un dispositivo de electrólisis en el que las células electrolíticas están unidas entre si de tal manera, que la aleación líquida de metal alcalino - metal pesado es conducida por las células electrolíticas como un flujo en forma de meandro. El dispositivo de electrólisis conforme a la invención tiene la ventaja de que está construida de forma modular. Por lo menos dos células dispuestas una sobre otra están unidas para formar una unidad de electrólisis que es atravesada por un caudal de aleación de metal alcalino - metal pesado desde el primer hasta el último tubo. La cantidad de las células electrolíticas se puede aumentar libremente. La cantidad de las unidades electrolíticas implementadas en paralelo también se puede aumentar libremente. Esto posibilita una fabricación de metales alcalinos a escala industrial.

El dispositivo de electrólisis conforme a la invención comprende preferentemente 2 hasta 100 tubos, se prefiere especialmente 5 hasta 25 tubos por unidad de electrólisis. Contiene n unidades de electrólisis dispuestas en paralelo con n preferentemente entre 1 y 100, se prefiere especialmente entre 5 y 20.

La presente invención comprende además la utilización de una célula electrolítica conforme a la invención para la fabricación de sodio, potasio o litio a partir de una amalgama líquida de metal alcalino.

Dibujo

A continuación se explica más detalladamente la invención partir del dibujo.

Se muestra:

Figura 1: un corte de una célula electrolítica conforme a la invención y

Figura 2: una representación esquemática de un dispositivo de electrólisis conforme a la invención.

Modo de ejecución especial

La figura 1 muestra un corte de la célula electrolítica conforme a la invención para la fabricación de metal alcalino líquido a partir de una aleación líquida de metal alcalino - metal pesado.

La célula electrolítica comprende un tubo 1. dispuesto esencialmente de manera horizontal. En la figura 1 sólo está representado un extremo del tubo 1 con un dispositivo de cierre 4. Sin embargo, la célula electrolítica conforme a la invención está construida mayormente de manera simétrica con otro dispositivo de cierre 4 (no representado) al final del tubo 1. En el tubo hay dispuesta concéntricamente una válvula de electrolito sólido 12, que en su extremo (no representado) está cerrada y en el otro (representado) presenta una abertura 11. La abertura 11 está dirigida hacia el extremo del tubo 1. Entre el interior del tubo 1 y del lado exterior de la válvula de electrolito sólido 12 se encuentra un primer paso anular 13 para la conducción de una aleación líquida de metal alcalino - metal pesado que forma un ánodo, que fluye a través de la alimentación de la aleación de metal alcalino - metal pesado 8, llega al tubo 1 y por el primer paso anular 13 pasando por la válvula de electrolito sólido 12 hasta una evacuación (no representada) de aleación de metal alcalino - metal pesado 9 en el otro extremo del tubo 1. El interior 14 de la válvula de electrolito sólido 12 sirve para receptar el metal líquido que se genera allí durante la electrólisis y que se puede utilizar como cátodo de la célula electrolítica.

En el dispositivo de cierre correspondiente 4 están integrados, además de la alimentación de aleación de metal alcalino - metal pesado 8 o evacuación de aleación de metal alcalino - metal pesado 9, un dispositivo portador para la válvula de electrolito sólido 12, una evacuación de metal alcalino 15 conectada con el interior 14 de la válvula de electrolito sólido 12 y un sistema de hermetización. El dispositivo de cierre 4 contiene una pieza 20 unida de manera fija al tubo 1 y una parte desmontable, asimismo la pieza 20 del dispositivo de cierre 4 unida de manera fija con el tubo 1 está fijada firmemente al tubo 1.

La pieza desmontable del dispositivo de cierre 4 se puede fijar a la pieza 20 del dispositivo de cierre 4 fijada firmemente al tubo 1 con un anillo tensor 3. El anillo tensor 3 se puede sujetar con dos pernos roscados 21 atornillados cada uno en una cavidad roscada 10 en la pieza 20 del dispositivo de cierre 4 fijado firmemente al tubo 1 y que se extienden por una perforación 22 en el anillo tensor 3 y con una tuerca 23 y una arandela de resorte 24 al dispositivo de cierre 4.

La parte desmontable del dispositivo de cierre 4 incluye un apoyo en forma de T 25 que contiene la evacuación del metal alcalino 15. El apoyo en forma de T 25 se debe fabricar preferentemente de un material conductor de la electricidad para poder utilizarlo como conexión eléctrica para el cátodo. Directamente hace contacto con el metal alcalino que se genera durante la electrólisis en el interior 14.

En el modo de ejecución preferido representado en la figura 1 de la presente invención están dispuestos en el dispositivo de cierre 4 un primer anillo de aislamiento 26 y un segundo anillo de aislamiento 27 de manera que aíslen eléctricamente el apoyo en forma de T 25 de otros elementos conductores de electricidad del dispositivo de cierre 4. El primer anillo de aislamiento 26 está conectado mediante un adhesivo no conductor de la electricidad 28 con el extremo de la válvula de electrolito sólido 12 que presenta la abertura 11. Preferentemente el adhesivo 28 es un cristal.

La parte desmontable del dispositivo de cierre 4 incluye además del anillo tensor 3 y el apoyo en forma de T 25, también el segundo anillo de aislamiento 27. En estado sujetado el anillo tensor 3 presiona al segundo anillo de aislamiento 27, al apoyo en forma de T 25 y al primer anillo de aislamiento 26 contra la pieza 20 del dispositivo de cierre 4 fijada firmemente con el tubo 1. Estos componentes forman así un dispositivo portador para la válvula de electrolito sólido 12, que con la presión sobre el primer anillo de asilamiento 26 conectado a ella es sujetado a la pieza 20 del dispositivo de cierre 4 fijado firmemente al tubo 1. Entre el anillo tensor 3 y el segundo anillo de aislamiento 27 está dispuesto otro anillo de junta 38. La célula electrolítica conforme a la invención contiene además un dispositivo de apoyo amortiguador 29, que facilita el montaje concéntrico de la válvula de electrolito sólido 12 conductora de iones en el tubo 1 y que absorbe en parte los pesos en estado vacío y la fuerza ascensional en estado lleno del interior 14 de la válvula de electrolito sólido 12.

El sistema de hermetización del dispositivo de cierre 4 incluye dos anillos de junta 30,31 adyacentes a los dos lados del primer anillo de aislamiento 26. Colindante al primer anillo de asilamiento 26 entre los dos anillos de junta

30, 31 está dispuesto un espacio anular 32 para la conducción de un gas inerte suministrado bajo presión. El gas inerte es suministrado bajo presión a través de un conducto de gas 33 al espacio anular 32.

La alimentación o evacuación de aleación de metal alcalino - metal pesado 8 está unida con la pieza 20 del dispositivo de cierre 4 fijada firmemente con el tubo 1. En la figura 1 está representada la alimentación de la aleación de metal alcalino - metal pesado 8, a través de la que fluye la aleación de metal alcalino - metal pesado hacia un espacio anular de aleación, que está separado del primer paso anular 13 por un tamiz continuo 35. Esta construcción es ventajosa para la distribución del flujo de aleación de metal alcalino - metal pesado a través del corte del paso anular 13 que sirve como zona de reacción. Además esta disposición impide que partículas de componentes sólidos lleguen a la zona de reacción y ocasionen bloqueos.

El interior 14 de la válvula de electrolito sólido 12 está llenada casi completamente con un cuerpo de expulsión 36, de manera que queda libre únicamente un segundo paso anular 37 entre el lado exterior del cuerpo de expulsión 36 y el interior de la válvula de electrolito sólido 12 para el metal alcalino que se genera.

La figura 2 muestra una representación esquemática de un dispositivo de electrólisis conforme a la invención.

El dispositivo de electrólisis comprende una gran cantidad de tubos 1, que forman una unidad de electrólisis 2. Están representados tres tubos 1 dispuestos unos sobre otros de una unidad de electrólisis 2. En cada tubo 1 hay dos válvulas de electrolito sólido 12 cerradas en un extremo y con una apertura 11 en el otro extremo. Las válvulas de electrolito sólido están dispuestas concéntricamente en el tubo 1 y con la apertura 11 dirigida hacia el final del tubo en cada caso. Entre el interior del tubo 1 y el lado exterior de las válvulas de electrolito sólido 12 se encuentra un primer paso angular 13 para la conducción de una aleación líquida de metal alcalino - metal pesado 6 que forma un ánodo, que desde del distribuidor de aleación 5 llega a través de la tubuladura de escape 7 y la alimentación de la aleación de metal alcalino - metal pesado 8, llega al tubo 1 y por el primer paso anular 13 pasando por la válvula de electrolito sólido 12 hasta la evacuación de aleación de metal alcalino - metal pesado 9 y desde allí al siguiente tubo más profundo 1. La aleación de metal alcalino - metal pesado es conducido como flujo en forma de meandro a través de la unidad de electrólisis 2 a través de la disposición representada del dispositivo de electrólisis conforme a la invención. Cada dispositivo de cierre 4 sirve como soporte para una válvula de electrolito sólido 12, que es soluble, de manera que la válvula de electrolito sólido defectuosa 12 se puede sustituir sin problemas. El interior 14 de la válvula de electrolito sólido 12 está hermetizado contra las piezas conductoras de aleación de metal alcalino - metal pesado de la unidad de electrólisis 2, como se describe arriba en la figura 1. El interior 14 sirve para receptar el metal líquido que se genera allí durante la electrólisis y que se puede utilizar como cátodo del dispositivo electrolítico. El interior 14 está conectado con una evacuación de metal alcalino 15, que mediante una desviación 16 conduce al metal alcalino hacia un colector de metal alcalino 17 situado encima del distribuidor de aleación 5. El colector de metal alcalino 17 está llenado preferentemente con un gas inerte que se encuentra bajo sobrepresión. En el modo de ejecución representado en la figura 2 de la presente invención el colector de metal alcalino 17 está equipado como canal colector 18 con una tapa 19, asimismo la desviación 16 desemboca desde arriba a través de la tapa 19 en el colector de metal alcalino 17. Debido a esta ejecución, en el caso de una falla de las válvulas de electrolito sólido 12 en el tubo 1 sólo puede reaccionar una pequeña cantidad de metal alcalino de la desviación 16 y del interior 14 con la aleación de metal alcalino - metal pesado. La aleación de metal alcalino - metal pesado 6 no llega al acumulador de metal alcalino 17. Por ello se tolera el fallo del dispositivo electrolítico conforme a la invención sin que la electrólisis se tenga que interrumpir y sin que se produzcan daños consecuentes o pérdidas de la calidad en el metal alcalino generado. Con la válvula de electrolito sólido 12 sin falla se puede continuar la electrólisis.

Lista de referencias

1	Tubo
2	Unidad de electrolito
3	Anillo tensores
4	Dispositivo de cierre
5	Distribuidor de aleación
6	Aleación de metal alcalino - metal pesado
7	Tubuladura de escape
8	Alimentación de aleación de metal alcalino - metal pesado
9	Evacuación de aleación de metal alcalino - metal pesado
10	Cavidad roscada

11 Abertura

12 Válvulas de electrolito sólido

13 Primer paso anular

14 Interior

15 Evacuación de aleación de metal alcalino - metal pesado

16 Evacuación

17 Colector de metal alcalino

18 Canal colector

19 Tapa

20 Pieza del dispositivo de cierre fijado firmemente al tubo

21 Perno roscado

22 Perforación en el anillo tensor

23 Tuerca

24 Arandela de resorte

25 Apoyo en forma de T

26 Primer anillo de aislamiento

27 Segundo anillo de aislamiento

28 Adhesivo no conductor

29 Dispositivo de apoyo amortiguador

30 Primer anillo de junta

31 Segundo anillo de junta

32 Espacio anular

33 Conducto de gas

34 Espacio anular de aleación

35 Tamiz continuo

36 Cuerpo expulsor

37 Segundo paso anular

38 Anillo de junta.

REIVINDICACIONES

1. Célula electrolítica para la fabricación de metal alcalino líquido a partir de una aleación líquida de metal pesado-metal alcalino, **caracterizada** porque

- un tubo dispuesto esencialmente de forma horizontal (1) con un dispositivo de cierre (4) en cada uno de los dos extremos del tubo (1),

- al menos una válvula de electrolito sólido (12), cerrada en un extremo y con una apertura en el otro extremo, dispuesta en el tubo (1) y que conduce iones de metales alcalinos, asimismo la válvula de electrolito sólido (12) está dispuesta en el tubo (1) de manera concéntrica y con la apertura (11) hacia uno de los extremos del tubo (1), de manera que entre el lado interior del tubo (1) y la parte exterior de la válvula de electrolito sólido (12) se encuentra un primer paso anular (13) para la conducción de la aleación de metal alcalino-metal pesado que genera un ánodo,

- un espacio interior (14) en la válvula de electrolito sólido (12) para la aceptación del metal alcalino líquido utilizable como cátodo,

asimismo un dispositivo de cierre (4) que abarca una alimentación (8) o evacuación (9) de aleación de metal alcalino - metal pesado que desemboca en el primer paso anular (13), un dispositivo portador para la válvula de electrolito sólido (12), una evacuación de metal alcalino (15) comunicada con el interior (14) de la válvula de electrolito sólido (12) y un sistema de hermetización para la hermetización del interior (14) de la válvula de electrolito sólido (12) y de la evacuación de aleación de metal alcalino (15) respecto del primer paso anular (13), la alimentación (8) o evacuación (9) de aleación de metal alcalino - metal pesado y respecto del entorno de la célula electrolítica.

2. Célula electrolítica acorde a la reivindicación 1, **caracterizada** porque el dispositivo de cierre (4) contiene una pieza (20) unida de manera fija al tubo (1) y una parte desmontable, asimismo la pieza (20) del dispositivo de cierre (4) unida de manera fija con el tubo (1) puede ser una única pieza o estar fijada firmemente al tubo (1).

3. Célula electrolítica acorde a la reivindicación 2, **caracterizada** porque la pieza desmontable del dispositivo de cierre (4) se puede fijar a la pieza (20) del dispositivo de cierre (4) fijada firmemente al tubo (1) con un anillo tensor (3).

4. Célula electrolítica acorde a la reivindicación 3, **caracterizada** porque el anillo tensor (3) se puede sujetar con al menos dos pernos roscados (21) atornillados cada uno en una cavidad roscada (10) en la pieza (20) del dispositivo de cierre (4) fijado firmemente al tubo (1) y que se extienden por una perforación (22) en el anillo tensor (3) y mediante una tuerca (23) y una arandela de resorte (24) al dispositivo de cierre (4).

5. Célula electrolítica acorde a una de las reivindicaciones 2 hasta 4, **caracterizada** porque la parte desmontable del dispositivo de cierre (4) incluye un apoyo en forma de T (25) fabricado en un material que conduce la electricidad, de manera que se puede utilizar como conexión para el cátodo.

6. Célula electrolítica acorde a la reivindicación 5, **caracterizada** porque en el dispositivo de cierre (4) están dispuestos un primer anillo de aislamiento (26) y un segundo anillo de aislamiento (27) de manera que aíslan eléctricamente el apoyo en forma de T (25) de otros elementos conductores de electricidad del dispositivo de cierre (4).

7. Célula electrolítica acorde a la reivindicación 6, **caracterizada** porque el primer anillo de aislamiento (26) está conectado mediante un adhesivo no conductor de la electricidad (28) con el extremo de la válvula de electrolito sólido (12) que presenta la abertura (11).

8. Célula electrolítica acorde una de las reivindicaciones 6 o 7, **caracterizada** porque en estado sujetado el anillo tensor (3) presiona al segundo anillo de aislamiento (27), al apoyo en forma de T (25) y al primer anillo de aislamiento (26) contra la pieza (20) del dispositivo de cierre (4) fijada firmemente con el tubo (1).

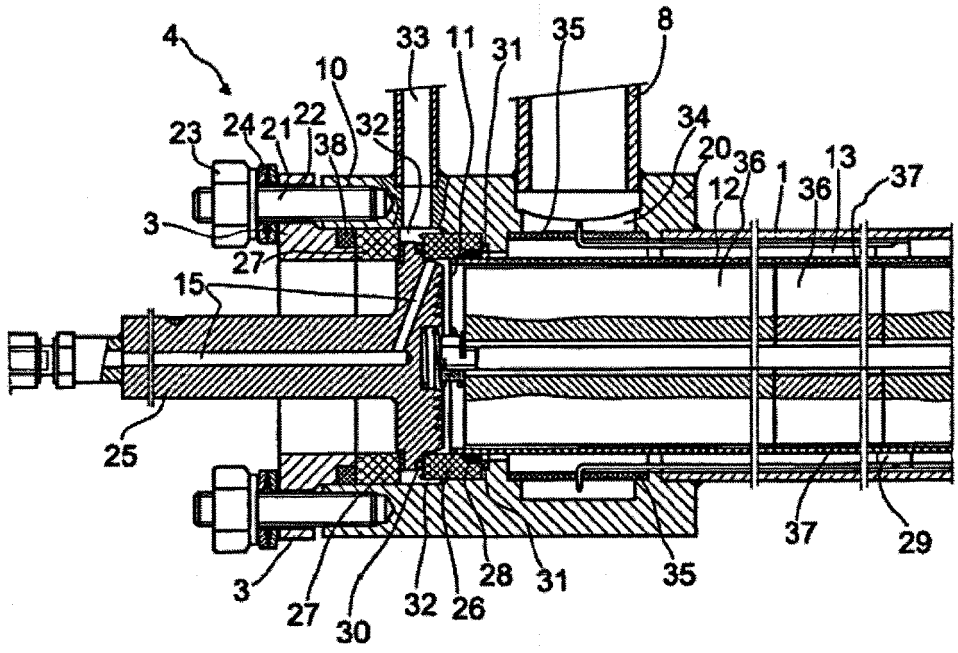
9. Célula electrolítica acorde una de las reivindicaciones 6 hasta 8, **caracterizada** porque el sistema de hermetización incluye dos anillos de junta (30,31) adyacentes a los dos lados del primer anillo de aislamiento (26), asimismo entre los dos anillos de junta (30, 31) está dispuesto un espacio anular (32) para la conducción de un gas inerte suministrado bajo presión, especialmente nitrógeno.

10. Célula electrolítica acorde una de las reivindicaciones 1 hasta 9, **caracterizada** porque en el tubo están dispuestas dos válvulas de electrolito sólido (12), cuya apertura (11) está dirigida hacia el final del tubo (1) en cada caso.

11. Dispositivo de electrólisis que contiene gran cantidad de células electrolíticas acorde a las reivindicaciones 1 hasta 10, asimismo las células electrolíticas están unidas entre si de tal manera, que la aleación líquida de metal alcalino - metal pesado es conducida por las células electrolíticas como un flujo en forma de meandro.

12. Utilización de una célula electrolítica acorde a una de las reivindicaciones 1 hasta 10 para la fabricación de sodio, potasio o litio a partir de una amalgama líquida de metal alcalino.

FIG.1


4
33
11
31
35
8
10
34
23
24
21
22
38
32
20
36
1
13
37
12
36
3
27
15
25
37
29
3
27
30
32
26
28
31
35

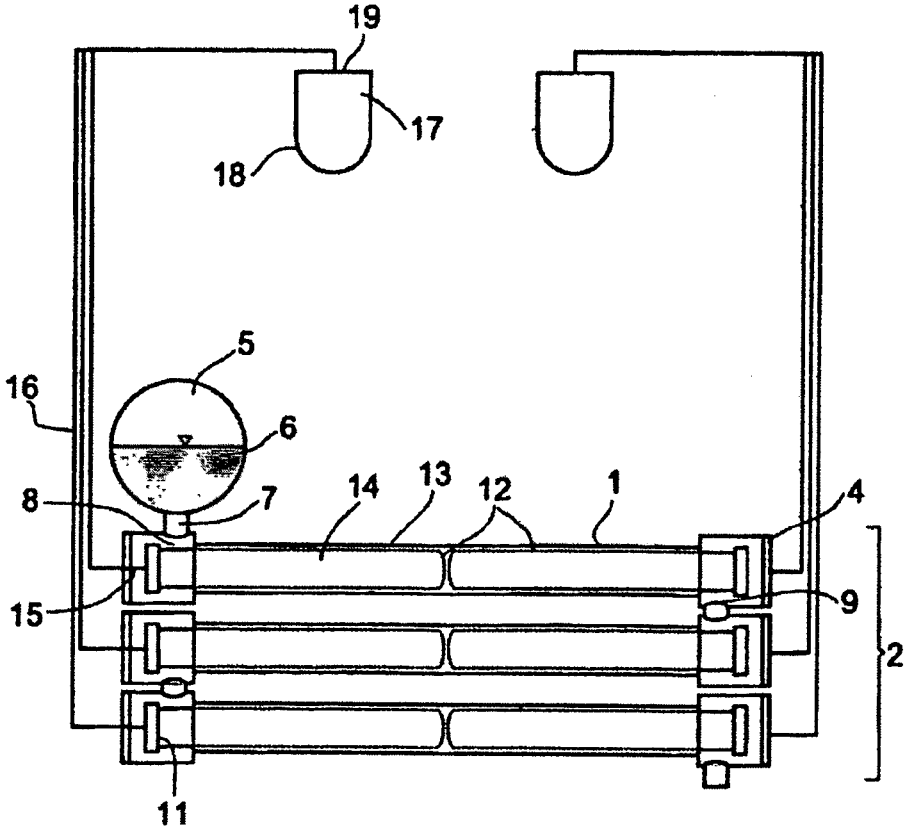



FIG.2