

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 399 115**

51 Int. Cl.:

C25C 3/12 (2006.01)

C25C 3/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.09.2004** **E 04817090 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.11.2012** **EP 1678349**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento de conexión de ánodos inertes destinados a la producción de aluminio por electrólisis ígnea**

30 Prioridad:

30.09.2003 FR 0311444

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

26.03.2013

73 Titular/es:

**ALUMINIUM PECHINEY (100.0%)
725, RUE ARISTIDE BERGÈS
38340 VOREPPE, FR**

72 Inventor/es:

LAMAZE, AIRY-PIERRE

74 Agente/Representante:

MIR PLAJA, Mireia

ES 2 399 115 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

Dispositivo y procedimiento de conexión de ánodos inertes destinados a la producción de aluminio por electrólisis ígnea

5

Ámbito de la invención

La invención se refiere a la producción de aluminio por electrólisis ígnea. Más particularmente, se refiere a los ánodos utilizados para esta producción y a la conexión eléctrica de estos ánodos a conductores eléctricos.

10

Estado de la técnica

El aluminio metálico se produce industrialmente por electrólisis ígnea, a saber por electrólisis de la alúmina en solución en un baño a base de criolita fundida, llamado baño de electrolito, especialmente según el procedimiento bien conocido de Hall-Heroult. La electrólisis se realiza en células que comprenden un crisol de material refractario apto para contener el electrolito, por lo menos un cátodo y por lo menos un ánodo.

15

La corriente de electrólisis, que circula en el electrolito mediante ánodos y cátodos, opera las reacciones de reducción del aluminio y permite igualmente mantener, por efecto Joule, el baño de electrolito a la temperatura de funcionamiento deseada, que es típicamente del orden de los 950° C. Con regularidad, se alimenta la célula de electrólisis con alúmina para compensar el consumo de alúmina producido por las reacciones de electrólisis.

20

En la tecnología estándar, los ánodos son de material carbonado y las reacciones de reducción del aluminio los consumen. El consumo del material carbonado libera cantidades importantes de dióxido de carbono.

25

Hace ya numerosos años que las limitaciones medioambientales y los costos vinculados a la fabricación y a la utilización de los ánodos de material carbonado, han llevado a los productores de aluminio a buscar ánodos de materiales no consumibles, llamados "ánodos inertes". Varios materiales han sido propuestos, especialmente materiales cerámicos (tales como SnO₂ y ferritas), materiales metálicos y materiales compuestos, tales como los materiales, conocidos bajo la denominación "cermet", que contienen una fase cerámica y una fase metálica a base de cobre).

30

Los problemas encontrados en el desarrollo de los ánodos inertes para la producción de aluminio por electrólisis radican no solamente en la elección y la fabricación del material constitutivo del ánodo, sino también en la conexión eléctrica entre cada ánodo y el o los conductores destinados a la alimentación eléctrica de la célula de electrólisis. Se propusieron varios procedimientos y dispositivos de conexión para los ánodos inertes.

35

La patente US 4 500 406 propone utilizar un ánodo que posee una parte activa, una parte metálica, apta para la conexión, y un gradiente de composición entre la parte activa y la parte metálica. La patente US 4 541 912 describe un ensamblaje formado por compresión isostática en caliente de un material cermet sobre un sustrato conductor metálico. Estas soluciones hacen que la elaboración del ánodo sea más fácil e imponen límites a los parámetros de cocción de la parte activa del ánodo.

40

La patente americana US 4 623 555 describe la formación de una conexión gracias a un gradiente de composición formado por pulverización de plasma. Esta solución necesita un control perfecto del procedimiento de formación de la capa intermedia e impone una etapa suplementaria compleja.

45

Las patentes US 4 468 298, US 4 468 299 y US 4 468 300 describen juntas formadas por soldadura por difusión, por fricción u otro. La patente US 4 457 811 describe una conexión que comprende varias láminas elásticas soldadas en la superficie interior o exterior de un ánodo. Estas soluciones precisan una reducción química de la superficie de contacto antes de la formación de las juntas, lo que complica considerablemente la fabricación de los ánodos. Estas soluciones también presentan el inconveniente de complicar el ensamblaje de las conexiones eléctricas.

50

Las patentes americanas US 4 357 226 y US 4 840 718 describen conexiones mecánicas aplicables a conjuntos de ánodos llenos. Estos modos de conexión son complejos.

55

Las patentes americanas US 4 456 517, US 4 450 061, US 4 609 249 y US 6 264 810 describen conexiones mecánicas aplicables a ánodos que poseen una cavidad central. Estas conexiones son sensibles a la evolución de las propiedades mecánicas de estos elementos constitutivos durante la utilización de los ánodos e introducen tensiones mecánicas entre el ánodo y las piezas metálicas. Además, estas soluciones son sensibles a la atmósfera ambiente corrosiva de las células de electrólisis. Con el fin de paliar esta dificultad, algunas de estas patentes proponen también añadir pantallas y/o materiales inertes de relleno. Estos medios de protección complementarios complican la realización de las conexiones y la hacen más costosa. La solución propuesta por la patente US 6 264 810 presenta el inconveniente suplementario de precisar un gran número de piezas distintas que deben mantener sus características mecánicas durante un largo período de tiempo.

60

65

La solicitante ha buscado pues soluciones para evitar los inconvenientes del arte anterior.

Descripción de la invención

5 La invención tiene por objeto un ensamblaje anódico destinado a una célula de producción de aluminio por electrólisis ígnea y que comprende :

- por lo menos un ánodo inerte en forma de bolsa, de longitud L, que comprende una cavidad, un extremo abierto que comprende una boca, una pared que rodea la cavidad, un extremo cerrado, y por lo menos un medio de conexión mecánico;
- por lo menos un conductor de conexión destinado a la alimentación eléctrica del ánodo que comprende un extremo de conexión, y por lo menos un medio de conexión mecánico apto para cooperar con el o los medios de conexión mecánicos del ánodo para establecer una conexión mecánica floja entre el conductor y el ánodo;
- por lo menos una junta metálica soldada o por lo menos un material de soldadura susceptible de formar una junta metálica soldada por soldadura en todo o parte durante la utilización, la susodicha junta está situada entre todo o parte de por lo menos una superficie del extremo abierto del ánodo y todo o parte de por lo menos una superficie del extremo de conexión del conductor.

20 La utilización de una conexión mecánica floja entre el conductor y el ánodo permite evitar tensión mecánica al nivel de la parte del ánodo inerte que sirve para la conexión mecánica.

25 En un modo de realización ventajoso de la invención, la susodicha junta soldada es susceptible de consolidarse durante la utilización del susodicho conjunto en una célula de producción de aluminio por electrólisis. Para este fin, comprende ventajosamente por lo menos un elemento seleccionado entre el aluminio, la plata, el cobre, el magnesio, el manganeso, el titanio y el zinc.

30 El ánodo toma típicamente la forma de una bolsa cilíndrica, o “dedo de guante”, cuya superficie exterior del extremo cerrado es redondeada, o cuadrangular redondeada cuyos ángulos de la superficie exterior del extremo cerrado son redondeados. Estas formas permiten evitar la disparidad de densidad de corriente local durante la utilización, cuando el extremo cerrado está sumergido en un baño de electrólisis a base de sal derretida.

35 La solicitante ha observado que los modos de conexión conocidos, que llevan la corriente eléctrica directamente al centro o cerca de la parte sumergida en el baño, suponen una mala distribución de las líneas de corriente, especialmente en los ánodos que tienen una forma de bolsa. También ha observado que esta distribución de las líneas de corriente podía conducir a densidades de corriente demasiado flojas en ciertos puntos (es decir típicamente inferiores a unos 0,5 A/cm²), lo que favorece localmente la corrosión, y demasiado fuerte en otros puntos (es decir típicamente superiores a 1,5 A/cm², incluso superiores a 2,5 A/cm²), lo que acelera localmente la degradación por disolución electroquímica.

45 La solicitante tuvo la idea de utilizar una junta soldada que se consolida durante un tratamiento térmico, sea (en todo o parte) antes de la utilización del ensamblaje en una célula de electrólisis, sea (en todo o parte) in situ durante la utilización del ensamblaje en una célula de electrólisis. La junta soldada permite evitar poner bajo tensión mecánica la parte del ánodo inerte que sirve para la conexión mecánica. La junta soldada permite obtener una conexión mecánica y eléctrica común y eficaz, lo que simplifica considerablemente el procedimiento de fabricación. Esta junta es ventajosa por el hecho de que autoriza la utilización de un ensamblaje mecánico que viene dimensionado para ser suficiente como para garantizar una sujeción mecánica temporal satisfactoria del ánodo hasta la consolidación de la junta soldada, pero no necesariamente suficiente como para garantizar la totalidad de las necesidades mecánicas de la conexión requeridas durante la utilización, porque la consolidación de la junta soldada proporciona el complemento de resistencia mecánica requerido durante la utilización.

55 La invención también tiene por objeto un procedimiento de fabricación de los ensamblajes anódicos según la invención.

Además, la invención tiene por objeto la utilización de por lo menos un ensamblaje anódico según la invención, u obtenido por el procedimiento de fabricación de la invención, para la producción de aluminio por electrólisis ígnea.

60 Además, la invención tiene por objeto una célula de producción de aluminio por electrólisis ígnea que comprende por lo menos un ensamblaje anódico según la invención u obtenido por el procedimiento de fabricación de la invención.

La invención se entenderá mejor gracias a la descripción detallada de modos de realización particulares y a las figuras anexas.

Las figuras 1 a 7 son relativas a la invención. Las figuras 1 y 3 a 6 ilustran ensamblajes anódicos según la invención, vistos en sección longitudinal. La figura 2 ilustra dos elementos del ensamblaje anódico de la figura 1. La figura 7 ilustra la evolución morfológica del material de soldadura durante la soldadura.

5 La forma hueca del ánodo permite limitar el costo de fabricación y liberar un espacio 21 útil en el interior de éste. Este espacio o cavidad 21 puede utilizarse, por ejemplo, para introducir en él una o varias resistencias calentadoras 9 destinadas a calentar el ánodo antes de su inmersión en el baño de electrolito líquido.

10 El ánodo posee una superficie interior 210 y una superficie exterior 230. El espesor E de la pared 23 del ánodo puede ser diferente en diferentes puntos del ánodo. El espesor de la parte lateral 23' de la pared 23 del ánodo puede ser uniforme o no.

15 En un modo de realización particular de la invención, los ánodos y los conductores de conexión tienen una simetría axial respecto a un eje central A.

20 El extremo cerrado 24 del ánodo 2 posee una superficie 240, llamada "activa", destinada a sumergirse en un baño de electrolito a base de sal derretida. Preferentemente, la superficie activa 240 del ánodo es libre de ángulos vivos para evitar los efectos de punta en la distribución de la corriente eléctrica durante la utilización; puede ser de forma hemisférica o comprender polígonos con ángulos redondeados.

Según la invención, el extremo abierto 22 del ánodo 2, que está en el lado opuesto al extremo cerrado 24, se utiliza para efectuar una conexión mecánica o eléctrica con por lo menos un conductor de conexión 3, 4, 4', 5. La junta 31 se sitúa a nivel de la zona de conexión 25 del ánodo.

25 Más precisamente, el ensamblaje anódico 1 destinado a una célula de producción de aluminio por electrólisis ígnea según la invención comprende:

30 - por lo menos un ánodo inerte 2 en forma de bolsa, de longitud L, que comprende una cavidad 21, un extremo abierto 22 que comprende una boca 200, una pared 23 que rodea la cavidad 21, un extremo cerrado 24, y por lo menos un medio de conexión mecánico 26, 27, 28, 29;

35 - por lo menos un conductor de conexión 3, 4, 4', 5 que comprende un extremo de conexión 42, y por lo menos un medio de conexión mecánico 44, 45, 46 apto para cooperar con el o los medios de conexión mecánicos 26, 27, 28, 29 del ánodo 2 para establecer una conexión mecánica floja entre el conductor y el ánodo;

40 - por lo menos una junta metálica soldada 31 o por lo menos un material de soldadura susceptible de formar una junta metálica soldada 31 por soldadura en todo o parte durante la utilización, la susodicha junta 31 está situada entre todo o parte de por lo menos una superficie 20, 20', 20" del extremo abierto 22 del ánodo 2 y todo o parte de por lo menos una superficie 40, 40', 40" del extremo de conexión 42 del conductor 3, 4, 4', 5.

45 De manera ventajosa, los elementos del ensamblaje anódico según la invención, especialmente los susodichos medios de conexión mecánica 26, 27, 28, 29, 44, 45, 46, pueden dimensionarse para ser suficientes como para garantizar únicamente una sujeción mecánica temporal satisfactoria del ánodo hasta la consolidación de la junta soldada, antes de la utilización o durante la utilización en una célula de electrólisis.

La susodicha junta 31 se sitúa entre todo o parte de por lo menos una superficie 20, 20', 20" del extremo abierto 22 del ánodo 2 y todo o parte de por lo menos una superficie 40, 40', 40" del extremo de conexión 42 del conductor 3, 4, 4', 5.

50 El conductor de conexión 3, 4, 4', 5 está destinado a la alimentación eléctrica del ánodo 2. Puede comprender una cavidad central 8. El conductor de conexión 3, 4, 4', 5, que puede estar formado por varias piezas, comprende ventajosamente por lo menos un elemento 4 de aleación a base de níquel (es decir que contiene más de un 50 % en peso de níquel) y el extremo de conexión 42 se sitúa ventajosamente en este elemento 4. La aleación a base de níquel es ventajosamente una aleación UNS N06625, llamada "aleación 625", y más ventajosamente una aleación UNS N06025, llamada "aleación 602", cuya proporción de aluminio añadido le confiere una mayor resistencia a la corrosión en caliente.

55 Tal y como viene ilustrado en las figuras 1, 3 y 4, el conductor de conexión 3, 4, 4', 5 puede comprender un conductor intermedio 4, típicamente de aleación a base de níquel, destinado a establecer la conexión mecánica y eléctrica con el ánodo, y un conductor "exterior" 5 destinado al soporte mecánico del conjunto anódico y a la conexión eléctrica en el exterior de la célula de electrólisis, generalmente gracias a un medio de conexión exterior 6. Tal y como viene ilustrado en la figura 5, el conductor de conexión 3, 4, 4', 5 puede comprender dos o varios conductores intermedios 4, 4'. Las piezas 3, 4, 4', 5 están fijadas entre sí por una o varias conexiones intermedias 7.

60 El conductor de conexión 3, 4, 4', 5 tiene típicamente una forma alargada, eventualmente tubular.

65

ES 2 399 115 T3

El o los medios de conexión 26, 27, 28, 29 del ánodo 2 se sitúan cerca del extremo abierto 22. Cubren una parte del extremo abierto 22 del ánodo que representa típicamente menos de 10 %, incluso menos de 5 %, de la longitud L total del ánodo.

5 Con el fin de garantizar un contacto eléctrico suficiente, el área total de la o de las superficies de conexión 20, 20', 20" del ánodo es tal como para que, a la intensidad nominal durante la utilización, la densidad del flujo de corriente venga incluida preferentemente entre 1 y 50 A/cm², preferentemente también entre 2 y 20 A/cm², y preferentemente también entre 5 y 15 A/cm². Esto representa valores de superficie típicamente incluidas entre 1 y 20 %, incluso entre 5 % y 15 %, del área total de la superficie exterior 230 del ánodo.

10 El o los medios de conexión mecánica 26, 27, 28, 29 del ánodo 2 comprenden típicamente por lo menos un elemento seleccionado entre collarines 26, las cavidades anulares 27, las ranuras anulares 28 y los salientes anulares 29. Estas formas son fáciles de obtener en ánodos inertes con simetría axial.

15 El o los medios de conexión mecánica 44, 45, 46 del conductor 3, 4, 4', 5 se sitúan preferentemente cerca del extremo de conexión 42.

20 El o los medios de conexión mecánica 44, 45, 46 del conductor 3, 4, 4', 5 comprenden típicamente por lo menos un elemento seleccionado entre las ranuras anulares 44, las faldas 45 y los salientes anulares 46. Estas formas son fáciles de obtener, típicamente por tronzado, en piezas metálicas con simetría axial.

25 Los medios de conexión del ánodo 26, 27, 28, 29 y del conductor 44, 45, 46 cooperan ventajosamente gracias a por lo menos uno de los medios seleccionados entre el enroscado, el bloqueo a presión, la fricción, la inserción, o la unión a presión. La inserción o la unión a presión pueden efectuarse después de haber calentado el ánodo y/o el conductor de conexión.

El ensamblaje anódico 1 puede comprender uno o varios medios de ensamblaje complementarios 34, 340, 36, tales como uno o dos collarines de sujeción 34, 340 y uno o dos anillos 36 abiertos o cerrados.

30 Las superficies de conexión 20 situadas cerca de la boca 200 del ánodo 2 vienen ventajosamente inclinadas (típicamente con respecto al eje A del ensamblaje) para evitar el derrame del material de soldadura 31' en la cavidad 21 durante la soldadura y/o la utilización del ensamblaje anódico. Para este fin, la o las superficies de conexión 20, 20', 20" del ánodo 2 comprende(n) típicamente por lo menos un elemento de superficie 20 plano cuya tangente forma un ángulo α incluido entre 45° y 90°, incluso entre 60° y 90°, con el eje principal A del ánodo.

35 Las superficies de conexión 20, 20', 20" están típicamente por lo menos en parte en la superficie exterior 230 del ánodo 2 cuando el material constitutivo del ánodo posee un coeficiente de dilatación inferior al del material constitutivo del conductor de conexión; están típicamente por lo menos en parte en la superficie interior 210 del ánodo en el caso contrario.

40 El ensamblaje anódico 1 también puede comprender por lo menos una junta complementaria 33 destinada a confinar la junta soldada 31, generalmente gracias a una limitación del derrame del material de soldadura. Este derrame puede producirse durante el tratamiento térmico o durante la utilización. La junta complementaria 33 se selecciona típicamente entre los collarines y anillos abiertos o cerrados. La junta complementaria 33 puede ser metálica o no metálica.

50 Preferentemente, con el fin de limitar el desarrollo de tensiones mecánicas antes y/o durante la soldadura, el ensamblaje del conductor 3, 4, 4', 5 y del ánodo 2 no comprende ni apriete ni tensiones entre el conductor y el ánodo.

55 Preferentemente, durante la utilización, los medios de conexión 26, 27, 28, 29, 44, 45, 46 se sitúan en una parte de la célula por lo menos parcialmente aislada de los gases corrosivos y a una temperatura notablemente más baja que la del baño (y preferentemente inferior a 850° C), lo que se realiza mediante la adaptación de la longitud L del ánodo inerte.

60 En los modos de realización ilustrados en las figuras 1, 3 y 5, la periferia de la boca 200 del ánodo 2 comprende un collarín 26 orientado hacia el exterior del ánodo y una cavidad anular 27, también orientada hacia el exterior del ánodo. El conductor de conexión 3, 4, 5 comprende una falda 45 fileteada hacia el interior. Los medios de conexión comprenden además un collarín de sujeción 34 fileteado hacia el exterior y apto para enroscarse en el interior de la falda 45.

65 En el modo de realización de la figura 1, la junta metálica 31 está formada a partir de un material de soldadura en forma de un anillo fino y plano, colocado en el espacio 32 entre las superficies de conexión 20, 20" y 40, 40". Los medios de conexión pueden comprender un anillo 33 para limitar el derrame del material de soldadura. Antes de la operación de soldadura, el collarín de sujeción 34 fileteado se enrosca en el interior de la falda 45 para acercar del

anillo de soldadura 31 las superficies de conexión 20, 20" y 40, 40". Las superficies de conexión pueden eventualmente ponerse en contacto con, o en apoyo sobre, el anillo de soldadura.

5 Tal y como viene ilustrado en las figuras 3 a 5, la junta metálica 31 puede formarse a partir de un material de soldadura que provenga en todo o parte de por lo menos un depósito 35. El espacio 32, 32' está destinado a acumular el material de soldadura y a formar una junta 31 durante la soldadura. Preferentemente, la superficie 20 cerca de la boca 200 viene inclinada para impedir el derrame del material de soldadura en la cavidad 21 del ánodo.

10 En el modo de realización de la figura 3, antes de la operación de soldadura, el collarín de sujeción 34 fileteado se enrosca en el interior de la falda 45 para acercar las superficies de conexión 20, 20' y 40, 40' una de otra dejando a la vez un espacio 32, 32', destinado a acumular el material de soldadura y a formar una junta 31 durante la soldadura.

15 En el modo de realización ilustrado en la figura 4, la periferia de la boca 200 del ánodo 2 comprende una ranura anular 28 orientada hacia el exterior del ánodo. El conductor de conexión 3, 4, 5 comprende una falda 45 provista de una ranura anular 44 orientada hacia el interior. Los medios de conexión comprenden además un anillo de bloqueo 36 apto para cooperar con las ranuras anulares 28 y 44 para establecer una conexión mecánica floja entre el conductor 4 y el ánodo 2. En estos modos de realización, se inserta el ánodo 2 en el interior de la falda 45 hasta el bloqueo de las ranuras 28 y 44 antes de la operación de soldadura. Las superficies de conexión 20, 20' y 40, 40" forman un espacio 32.

20 En el modo de realización ilustrado en la figura 5, la periferia de la boca 200 del ánodo 2 comprende un collarín 26 orientado hacia el exterior del ánodo y una cavidad anular 27, también orientada hacia el exterior del ánodo. El conductor de conexión 3, 4, 4', 5 comprende una falda 45 en la que puede fijarse un collarín de sujeción 340, típicamente gracias a medios de fijación 37 tales como pernos. Antes de la operación de soldadura, se fija el collarín de sujeción 340 a la falda 45 para encerrar el collarín 26 a la vez que se deja un espacio 32, 32' destinado a acumular el material de soldadura y a formar una junta 31 durante la soldadura. La conexión entre el conductor 4 y el ánodo 2 queda floja hasta la soldadura.

25 En los modos de realización de las figuras 1, 3 y 5, los medios de conexión pueden comprender un collarín (figuras 1 y 5) o un anillo (figura 3) 33 para limitar el derrame del material de soldadura.

30 En el modo de realización de la figura 6, el conductor de conexión 4 posee un saliente anular 46 apto para cooperar con un saliente anular 29 correspondiente en el ánodo 2. Estos salientes tienen disminuciones tales como para que el ensamblaje pueda realizarse por dilatación en caliente de una de las dos piezas: A en caliente, el espacio G entre las piezas es suficiente como para permitir la inserción del ánodo en el conductor; B en frío, los salientes se insertan uno en otro y permiten la sujeción mecánica temporal hasta la consolidación de la junta soldada 31. La temperatura de calentamiento, con vistas al ensamblaje, es preferentemente más baja que la temperatura de fusión del material de soldadura con el fin de evitar su derrame durante el ensamblaje.

35 Como en el caso de la configuración de la figura 6, el espacio 32' entre ciertas superficies situadas enfrente una de otra 20', 40' destinadas a soldarse puede ser sensiblemente vertical o cónico.

40 El material de soldadura puede cambiar de posición y de forma durante la soldadura. Así, tal y como viene ilustrado en la figura 7, el material de soldadura, que tiene inicialmente una forma y una posición determinadas iniciales 31' (figura 7A), puede deformarse durante el tratamiento térmico, típicamente por derrame, para ocupar un volumen final 31 en contacto íntimo con las superficies de conexión 20, 20', 20", 40, 40', 40" (figura 7B). La posición inicial puede situarse en todo o parte en un depósito 35.

45 El ensamblaje anódico puede comprender un aislamiento térmico 10 en la cavidad central 21 del ánodo, con el fin de evitar, particularmente, de sobrecalentar el conductor de conexión exterior 5 por la radiación interior del ánodo.

50 Típicamente, se selecciona el ánodo 2 entre los ánodos que comprenden un material cerámico, los ánodos que comprenden un material metálico y los ánodos que comprenden un material cermet.

55 El procedimiento de fabricación de un ensamblaje anódico 1 según la invención comprende:

60 - el suministro de por lo menos un ánodo inerte 2 en forma de bolsa, de longitud L, que comprende una cavidad 21, un extremo abierto 22 que comprende una boca 200, una pared 23 que rodea la cavidad 21, un extremo cerrado 24, y por lo menos un medio de conexión mecánico 26, 27, 28, 29;

65 - el suministro de por lo menos un conductor de conexión 3, 4, 4', 5 que comprende un extremo de conexión 42, y por lo menos un medio de conexión mecánico 44, 45, 46 apto para cooperar con el o los medios de conexión mecánicos 26, 27, 28, 29 del ánodo 2 para establecer una conexión mecánica floja entre el conductor y el ánodo;

ES 2 399 115 T3

- el suministro de por lo menos un material de soldadura apto par formar una junta metálica;
- la colocación del o de los materiales de soldadura en un determinado punto cerca de por lo menos una de las superficies 20, 20', 20" del extremo abierto 22 del ánodo 2 o de las superficies 40, 40', 40" del extremo de conexión 42 del conductor 3, 4, 4', 5 destinadas a conectarse por soldadura;
- el ensamblaje del conductor 3, 4, 4', 5 y del ánodo 2 para acercar las susodichas superficies 20, 20', 20", 40, 40', 40" y para establecer un ensamblaje flojo;
- un tratamiento térmico apto para provocar la formación de una junta soldada 31 entre el conductor y el ánodo a partir del o de los materiales de soldadura.

La junta soldada 31 se forma entre las susodichas superficies 20, 20', 20", 40, 40', 40" y constituye así una conexión mecánica y eléctrica entre el conductor y el ánodo.

La operación de ensamblaje del conductor 3, 4, 4', 5 y del ánodo 2 produce preferentemente un ensamblaje flojo, que sólo se vuelve rígido después del tratamiento térmico. Esta permite evitar las tensiones mecánicas.

Según un modo de realización ventajoso de la invención, la composición del material de soldadura, o de uno de los materiales de soldadura, es susceptible de modificarse durante el tratamiento térmico para aumentar la temperatura de fusión hasta un valor superior a la temperatura máxima sufrida por la susodicha junta soldada 31 durante la utilización. Esta modificación consolida la junta. Puede obtenerse gracias a uno por lo menos de los siguientes mecanismos:

- por evaporación de por lo menos una parte de uno de sus elementos constitutivos, el susodicho elemento puede ser por ejemplo zinc o magnesio;
- por reacción química de por lo menos una parte de uno de sus elementos constitutivos con uno de los componentes de la atmósfera ambiente, particularmente el oxígeno. El susodicho elemento constitutivo puede ser, por ejemplo, aluminio, zinc, magnesio o fósforo;
- por intercambio, por difusión, con o sin reacción de oxidorreducción, de por lo menos un elemento con una de las susodichas superficies 20, 20', 20", 40, 40', 40". El intercambio puede efectuarse del material de soldadura hacia la superficie contigua y/o de la superficie contigua hacia el material de soldadura. En el último caso, se puede revestir todo o parte de las susodichas superficies 20, 20', 20", 40, 40', 40" de un material que comprende un elemento, tal como níquel, susceptible de difundirse en el material de soldadura. El intercambio puede efectuarse eventualmente mediante reacciones de oxidorreducción. Más precisamente, la susodicha composición puede contener por lo menos un elemento susceptible de intercambiarse mediante por lo menos una reacción de oxidorreducción con el susodicho ánodo inerte 2, el susodicho elemento se selecciona típicamente entre el magnesio, el aluminio, el fósforo, el titanio, el zirconio, el hafnio y el zinc.

Estos mecanismos pueden obtenerse con materiales de soldadura seleccionados entre las aleaciones o mezclas que comprenden cobre, plata, manganeso y/o zinc.

Las susodichas superficies 20, 20', 20", 40, 40', 40" pueden revestirse, en todo o parte, de un material mojabable por el o los materiales de soldadura.

Según una variante ventajosa de la invención, el o los materiales de soldadura se introducen, en todo o parte, en el espacio que separa las superficies 20, 20', 20" y 40, 40', 40" destinadas a soldarse. En otros términos, la susodicha colocación comprende la introducción de por lo menos una parte del o de los materiales de soldadura entre todo o parte de por lo menos una superficie 20, 20', 20" del extremo abierto 22 del ánodo 2 y todo o parte de por lo menos una superficie 40, 40', 40" del extremo de conexión 42 del conductor 3, 4, 4', 5.

Según otra variante ventajosa de la invención, el conductor 3, 4, 4', 5 comprende por lo menos un depósito 35, la susodicha colocación comprende la introducción de por lo menos un material de soldadura en por lo menos un depósito 35 antes del tratamiento térmico, y el ensamblaje del conductor 3, 4, 4', 5 y del ánodo 2 se efectúa de forma que se pueda dejar un espacio libre 32, 32' entre el conductor y el ánodo. El o los materiales de soldadura se introducen entre todo o parte de por lo menos una superficie 20, 20', 20" del extremo abierto 22 del ánodo 2 y todo o parte de por lo menos una superficie 40, 40', 40" del extremo de conexión 42 del conductor 3, 4, 4', 5 por derrame del susodicho material durante el tratamiento térmico.

El tratamiento térmico se efectúa ventajosamente durante la utilización del ensamblaje anódico 1 en una célula de electrólisis.

Los modos de conexión conocidos están a la temperatura de la parte sumergida del ánodo, y pues cerca de la temperatura del baño de electrólisis, mientras que la conexión según la invención da una temperatura muy

homogénea, a la vez que mantiene la temperatura de conexión en un valor muy inferior a la temperatura de electrólisis, lo que disminuye las tensiones eléctricas, mecánicas y químicas en la conexión.

Pruebas

5

Prueba 1

Una prueba de conexión ha sido efectuada con un dispositivo similar al de la figura 5.

10 En esta prueba, el ánodo era de cermet cuya fase cerámica comprendía una ferrita de níquel y la fase metálica era a base de cobre.

15 El material de soldadura era una aleación CuZn, con 60 % en peso de Cu y 40 % en peso de Zn. El intervalo de fusión de esta aleación era de 870 a 900° C. la conexión ha sido precalentada a 900° C antes de la utilización del ánodo en una célula electrolítica cuyo baño era a base de criolita fundida. La fusión parcial del material de soldadura al precalentarlo fue suficiente como para conferir a la conexión una conexión eléctrica satisfactoria. Al desmontarla, se ha observado que el zinc se había evaporado en parte y oxidado y que la utilización había provocado un tratamiento complementario que había provocado el aumento de la temperatura de fusión de la junta mucho más importante que 900° C.

20

Prueba 2

Una prueba de conexión ha sido efectuada con un dispositivo similar al de la figura 6.

25 En esta prueba, el ánodo era de cermet y tenía la misma composición que en la prueba 1.

El material de soldadura era una aleación CuZn, con 30 % en peso de Cu y 70 % en peso de Zn. El intervalo de fusión de la aleación era de 700 a 820° C. El tratamiento térmico de soldadura ha sido realizado totalmente in situ. Ha dado una junta soldada que ofrece una conexión eléctrica estable en el tiempo y de poca resistividad eléctrica.

30

En las pruebas 1 a 2, el diámetro exterior D_o del ánodo era típicamente del orden de 70 a 75 % de la longitud L del ánodo. El diámetro interior D del ánodo era igual a unos 60 a 65 % del diámetro exterior. El espesor E de la pared lateral era uniforme.

35 Listas de las referencias numéricas

- 1 Ensamblado anódico
- 2 Ánodo
- 3 Conductor de conexión
- 40 4 Conductor de conexión intermedio
- 4' Conductor de conexión intermedio (prolongador)
- 5 Conductor de conexión exterior
- 6 Medio de conexión exterior
- 7 Conexión intermedia
- 45 8 Cavidad central del conductor de conexión
- 9 Resistencia calentadora
- 10 Aislante térmico
- 20, 20', 20" Superficie de conexión del ánodo
- 21 Cavidad del ánodo
- 50 22 Extremo abierto
- 23 Pared del ánodo
- 23' Parte lateral de la pared del ánodo
- 24 Extremo cerrado del ánodo
- 25 Zona de conexión del ánodo
- 55 26 Collarín
- 27 Cavidad anular
- 28 Ranura anular
- 29 Saliente anular
- 30 conexión conductor/ánodo
- 60 31 Junta metálica soldada
- 31' Material de soldadura
- 32, 32' Espacio entre las superficies de conexión del ánodo y del conductor
- 33 Junta complementaria
- 34 Collarín de sujeción fileteado
- 65 35 Depósito
- 36 Anillo

| | | |
|----|--------------|--|
| | 37 | Medio de fijación |
| | 40, 40', 40" | Superficie de conexión del conductor de conexión |
| | 41 | Cavidad central del conductor de conexión intermedio |
| | 42 | Extremo de conexión |
| 5 | 43 | Pared del conductor de conexión intermedio |
| | 44 | Ranura anular |
| | 45 | Falda |
| | 46 | Saliente anular |
| | 200 | Boca |
| 10 | 210 | Superficie interior del ánodo |
| | 230 | Superficie Exterior del ánodo |
| | 240 | Superficie activa del ánodo |
| | 340 | Collarín de sujeción |

REIVINDICACIONES

1. Ensamblaje anódico (1) destinado a una célula de producción de aluminio por electrólisis ígnea y que comprende:
- 5 - por lo menos un ánodo inerte (2) en forma de bolsa, de longitud L, que comprende una cavidad (21), un extremo abierto (22) que comprende una boca (200), una pared (23) que rodea la cavidad (21), un extremo cerrado (24), y por lo menos un medio de conexión mecánico (26, 27, 28, 29);
- 10 - por lo menos un conductor de conexión (3, 4, 4', 5) que comprende un extremo de conexión (42), y por lo menos un medio de conexión mecánico (44, 45, 46) apto para cooperar con el o los medios de conexión mecánicos (26, 27, 28, 29) del ánodo (2) para establecer una conexión mecánica floja entre el conductor y el ánodo;
- 15 - por lo menos una junta metálica soldada (31) o por lo menos un material de soldadura susceptible de formar una junta metálica soldada (31) por soldadura en todo o parte durante la utilización, la susodicha junta (31) se sitúa entre todo o parte de por lo menos una superficie (20, 20', 20'') del extremo abierto (22) del ánodo (2) y todo o parte de por lo menos una superficie (40, 40', 40'') del extremo de conexión (42) del conductor (3, 4, 4', 5).
- 20 2. Ensamblaje anódico (1) según la reivindicación 1, caracterizado porque el o los medios de conexión mecánicos (26, 27, 28, 29) del ánodo (2) cubren una parte del susodicho extremo abierto (22) que representa menos de 10 % de la longitud L total del ánodo.
- 25 3. Ensamblaje anódico (1) según la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque el área total de la o de las superficies de conexión (20, 20', 20'') es tal como para que, a la intensidad nominal durante la utilización, la densidad del flujo de corriente venga incluida preferentemente entre 1 y 50 A/cm².
- 30 4. Ensamblaje anódico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque el o los medios de conexión mecánicos (44, 45, 46) del conductor (3, 4, 4', 5) se sitúan preferentemente cerca del extremo de conexión (42).
- 35 5. Ensamblaje anódico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque el o los medios de conexión mecánicos (26, 27, 28, 29) del ánodo (2) comprenden por lo menos un elemento seleccionado entre los collarines (26), las cavidades anulares (27), las ranuras anulares (28) y los salientes anulares (29).
- 40 6. Ensamblaje anódico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque el o los medios de conexión mecánicos (44, 45, 46) del conductor (3, 4, 4', 5) comprenden por lo menos un elemento seleccionado entre las ranuras anulares (44), las faldas (45) y los salientes anulares (46).
- 45 7. Ensamblaje anódico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque los susodichos medios de conexión mecánicos del conductor y del ánodo (26, 27, 28, 29, 44, 45, 46) cooperan gracias a por lo menos uno de los medios seleccionados entre el enroscado, el bloqueo a presión, la fricción, la inserción o la unión a presión.
- 50 8. Ensamblaje anódico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque comprende por lo menos un medio de ensamblaje complementario (34, 340, 36).
- 55 9. Ensamblaje anódico (1) según la reivindicación 8, caracterizado porque el medio de ensamblaje complementario se selecciona entre los collarines de sujeción (34, 340) y los anillos (36) abiertos o cerrados.
- 60 10. Ensamblaje anódico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque comprende por lo menos una junta complementaria (33) destinada a confinar la susodicha junta soldada (31).
11. Ensamblaje anódico (1) según la reivindicación 10, caracterizado porque la susodicha junta complementaria (33) se selecciona entre los collarines o los anillos abiertos o cerrados.
- 65 12. Ensamblaje anódico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado porque la susodicha junta soldada (31) es susceptible de consolidarse durante la utilización del susodicho conjunto en una célula de producción de aluminio por electrólisis.
13. Ensamblaje anódico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado porque la susodicha junta soldada (31) comprende por lo menos un elemento seleccionado entre el aluminio, la plata, el cobre, el magnesio, el manganeso, el titanio y el zinc.
14. Ensamblaje anódico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado porque el conductor de conexión (3, 4, 4', 5) comprende por lo menos un elemento (4) de aleación a base de níquel y porque el extremo de conexión (42) se sitúa en este elemento (4).

15. Ensamblaje anódico (1) según la reivindicación 14, caracterizado porque la aleación a base de níquel es una aleación UNS N06625 o una aleación UNS N06025.
- 5 16. Ensamblaje anódico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, caracterizado porque el susodicho ánodo (2) se selecciona entre los ánodos que comprenden un material cerámico, los ánodos que comprenden un material metálico y los ánodos que comprenden un material cermet.
- 10 17. Ensamblaje anódico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, caracterizado porque comprende por lo menos una resistencia calentadora (9) en la cavidad (21) del ánodo (2).
- 15 18. Procedimiento de fabricación de un ensamblaje anódico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 17, caracterizado porque comprende:
- el suministro de por lo menos un ánodo inerte (2) en forma de bolsa, de longitud L, que comprende una cavidad (21), un extremo abierto (22) que comprende una boca (200), una pared (23) que rodea la cavidad (21), un extremo cerrado (24), y por lo menos un medio de conexión mecánico (26, 27, 28, 29);
 - el suministro de por lo menos un conductor de conexión (3, 4, 4', 5) que comprende un extremo de conexión (42), y por lo menos un medio de conexión mecánico (44, 45, 46) apto para cooperar con el o los medios de conexión mecánicos (26, 27, 28, 29) del ánodo (2) para establecer una conexión mecánica entre el conductor y el ánodo;
 - el suministro de por lo menos un material de soldadura apto par formar una junta metálica;
 - 25 - la colocación del o de los materiales de soldadura en un determinado punto cerca de por lo menos una de las superficies (20, 20', 20'') del extremo abierto (22) del ánodo (2) o de las superficies (40, 40', 40'') del extremo de conexión (42) del conductor (3, 4, 4', 5) destinadas a conectarse por soldadura;
 - el ensamblaje del conductor (3, 4, 4', 5) y del ánodo (2) para acercar las susodichas superficies (20, 20', 20'', 40, 40', 40'') y para establecer un ensamblaje flojo;
 - 30 - un tratamiento térmico apto para provocar la formación de una junta soldada (31) entre el conductor y el ánodo a partir del o de los materiales de soldadura.
- 35 19. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 18, caracterizado porque la composición del material de soldadura, o de uno de los materiales de soldadura, es susceptible de modificarse durante el tratamiento térmico para aumentar su temperatura de fusión hasta un valor superior a la temperatura máxima sufrida por la susodicha junta soldada (31) durante la utilización.
- 40 20. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 19, caracterizado porque la composición del material de soldadura, o de uno de los materiales de soldadura, es susceptible de modificarse por evaporación de por lo menos una parte de uno de sus elementos constitutivos.
- 45 21. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 20, caracterizado porque el susodicho elemento constitutivo es zinc o magnesio.
- 50 22. Procedimiento de fabricación según una cualquiera de las reivindicaciones 19 a 21, caracterizado porque la composición del material de soldadura, o de uno de los materiales de soldadura, es susceptible de modificarse por reacción química de por lo menos una parte de uno de sus elementos constitutivos con uno de los componentes de la atmósfera ambiente.
- 55 23. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 22, caracterizado porque el susodicho elemento constitutivo es el aluminio, zinc, magnesio o fósforo.
- 60 24. Procedimiento de fabricación según una cualquiera de las reivindicaciones 19 a 23, caracterizado porque la composición del material de soldadura, o de uno de los materiales de soldadura, es susceptible de modificarse por intercambio por difusión, con o sin reacción de oxidorreducción, de por lo menos un elemento con una de las susodichas superficies (20, 20', 20'', 40, 40', 40'').
- 65 25. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 24, caracterizado porque todo o parte de las susodichas superficies (20, 20', 20'', 40, 40', 40'') viene revestido de un material que comprende un elemento, tal como níquel, susceptible de difundirse en el material de soldadura.
26. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 24 o 25, caracterizado porque la susodicha composición contiene por lo menos un elemento susceptible de intercambiarse con por lo menos una reacción de oxidorreducción con el susodicho ánodo inerte (2).

27. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 26, caracterizado porque el susodicho elemento se selecciona entre el magnesio, el aluminio, el fósforo, el titanio, el zirconio, el hafnio y el zinc.
- 5 28. Procedimiento de fabricación según una cualquiera de las reivindicaciones 19 a 27, caracterizado porque el material de soldadura es una mezcla o una aleación que comprende por lo menos un elemento seleccionado entre el cobre, la plata, el manganeso y el zinc.
- 10 29. Procedimiento de fabricación según una cualquiera de las reivindicaciones 18 a 28, caracterizado porque la susodicha colocación comprende la introducción de por lo menos una parte del o de los materiales de soldadura entre todo o parte de por lo menos una superficie (20, 20', 20'') del extremo abierto (22) del ánodo (2) y todo o parte de por lo menos una superficie (40, 40', 40'') del extremo de conexión (42) del conductor (3, 4, 4', 5).
- 15 30. Procedimiento de fabricación según una cualquiera de las reivindicaciones 18 a 29, caracterizado porque el conductor (3, 4, 4', 5) comprende por lo menos un depósito (35), porque la susodicha colocación comprende la introducción de por lo menos un material de soldadura en por lo menos un depósito (35) antes del tratamiento térmico, porque el ensamblaje del conductor (3, 4, 4', 5) y del ánodo (2) se efectúa de forma que se pueda dejar un espacio libre (32, 32') entre el conductor y el ánodo y porque el o los materiales de soldadura se introducen entre todo o parte de por lo menos una superficie (20, 20', 20'') del extremo abierto (22) del ánodo (2) y todo o parte de por lo menos una superficie (40, 40', 40'') del extremo de conexión (42) del conductor (3, 4, 4', 5) por derrame del susodicho material durante el tratamiento térmico.
- 20 31. Procedimiento de fabricación según una cualquiera de las reivindicaciones 18 a 30, caracterizado porque las susodichas superficies (20, 20', 20'', 40, 40', 40'') vienen revestidas, en todo o parte, de un material mojable por el o los materiales de soldadura.
- 25 32. Procedimiento de fabricación según una cualquiera de las reivindicaciones 18 a 31, caracterizado porque el susodicho tratamiento térmico se efectúa en todo o parte durante la utilización del ensamblaje anódico (1) en una célula de electrólisis.
- 30 33. Procedimiento de fabricación según una cualquiera de las reivindicaciones 18 a 32, caracterizado porque la o las superficies (20) situadas cerca de la boca (200) del ánodo (2) vienen inclinadas para evitar el derrame del material de soldadura en la cavidad (21) durante la soldadura y/o la utilización del ensamblaje anódico.
- 35 34. Utilización de por lo menos un ensamblaje anódico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 17 u obtenido por el procedimiento de fabricación según una cualquiera de las reivindicaciones 18 a 33 para la producción de aluminio por electrólisis ígnea.
- 40 35. Célula de producción de aluminio por electrólisis ígnea que comprende por lo menos un ensamblaje anódico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 17 u obtenido por el procedimiento de fabricación según una cualquiera de las reivindicaciones 18 a 33.

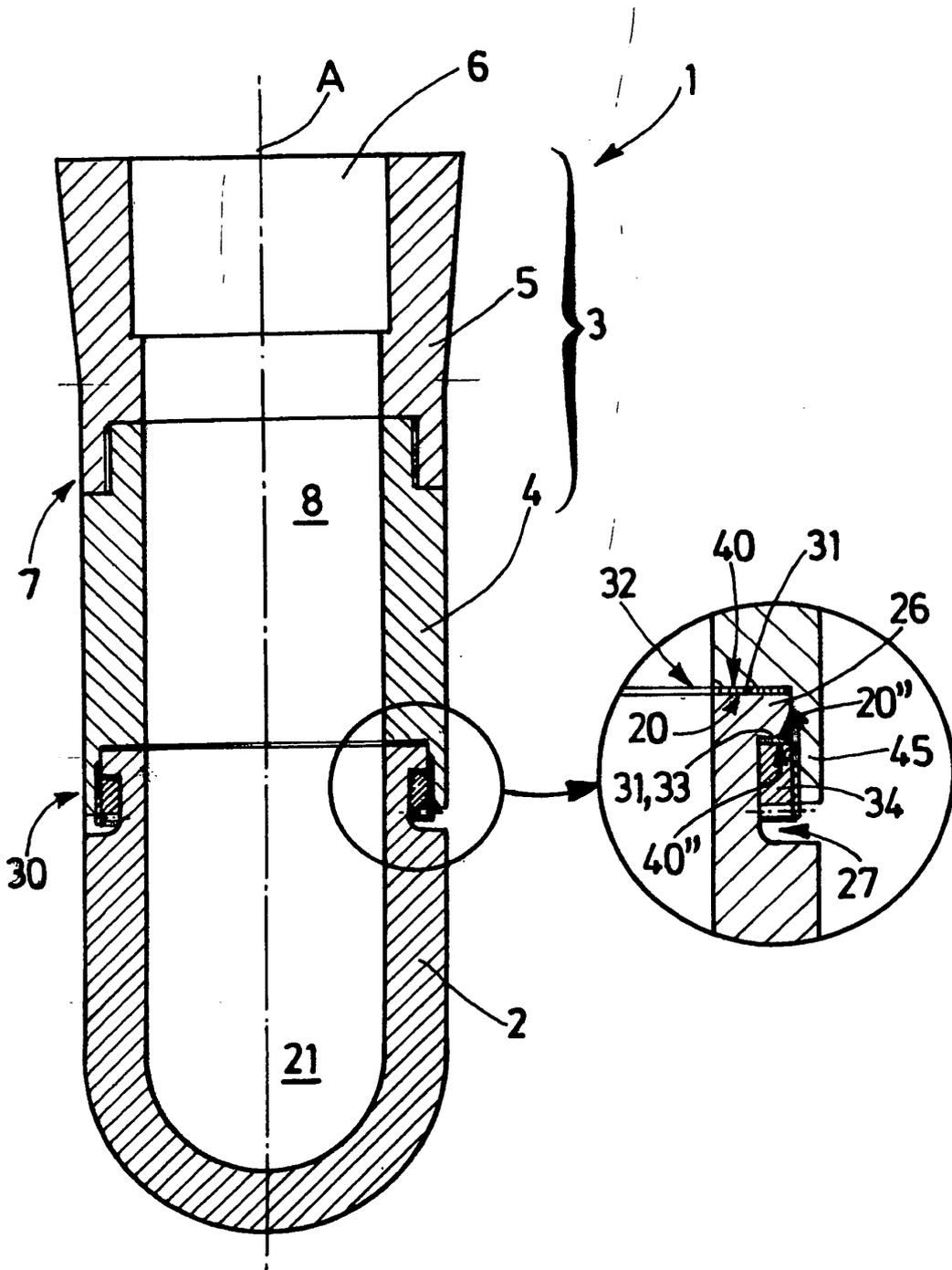


FIG.1

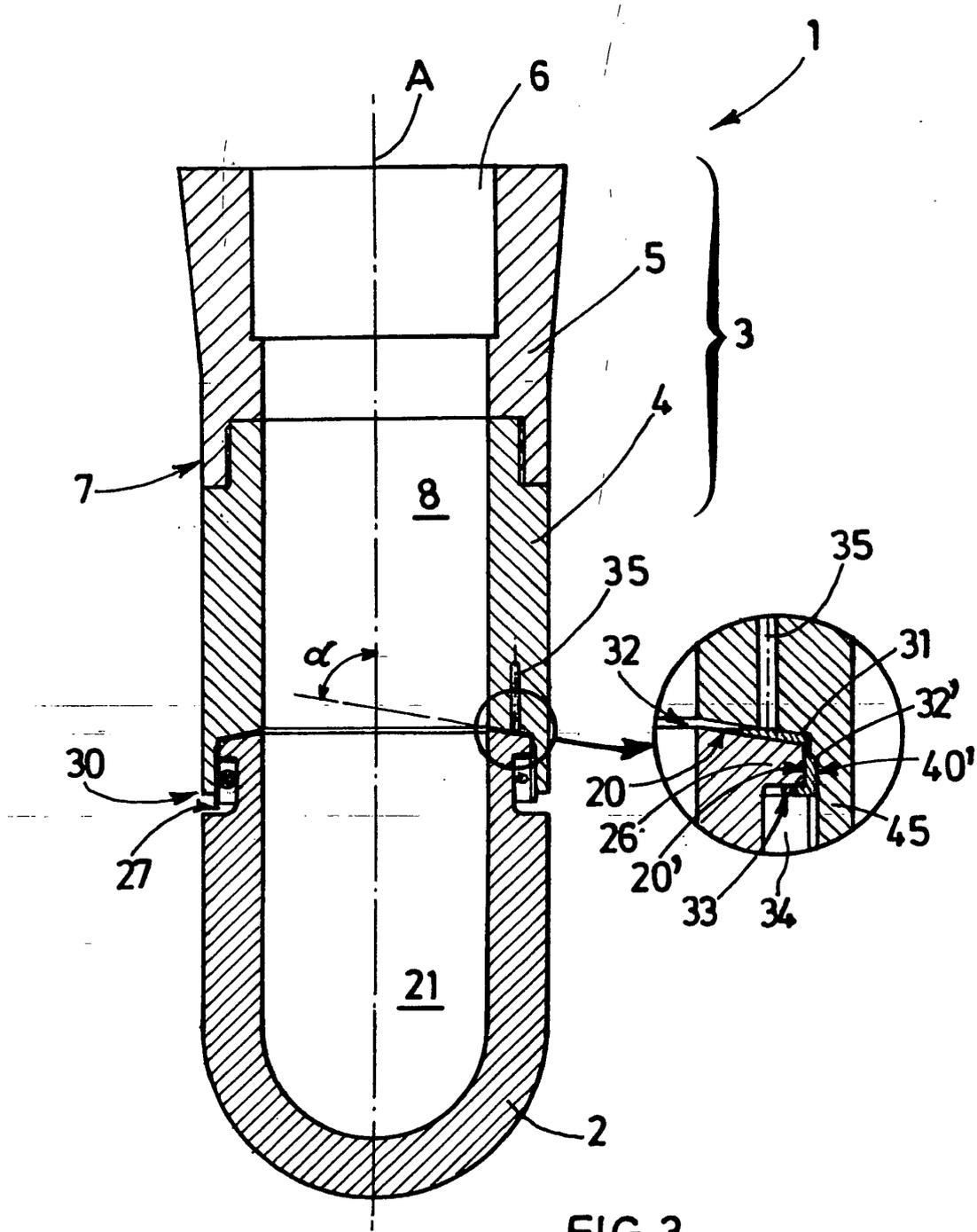


FIG.3

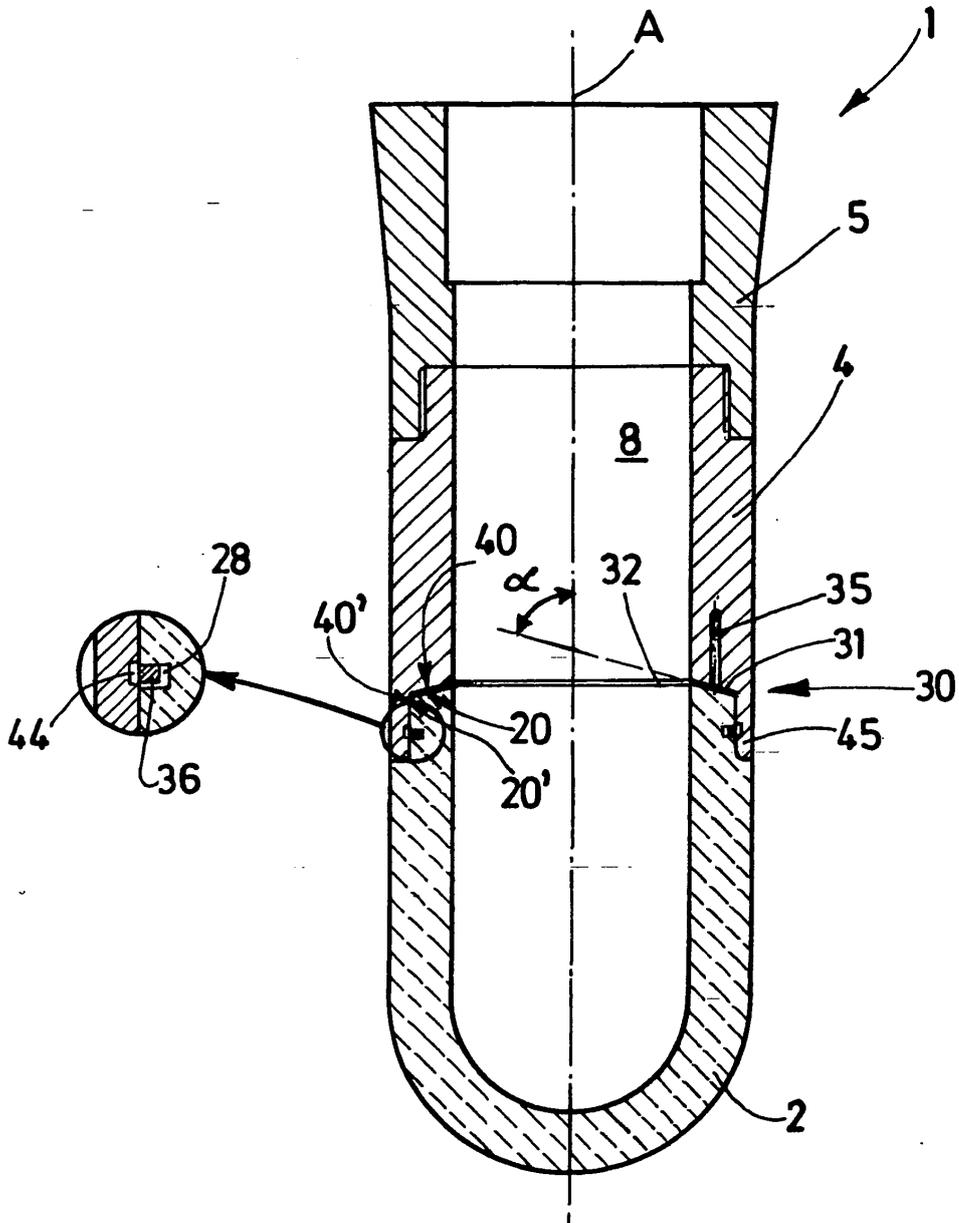


FIG.4

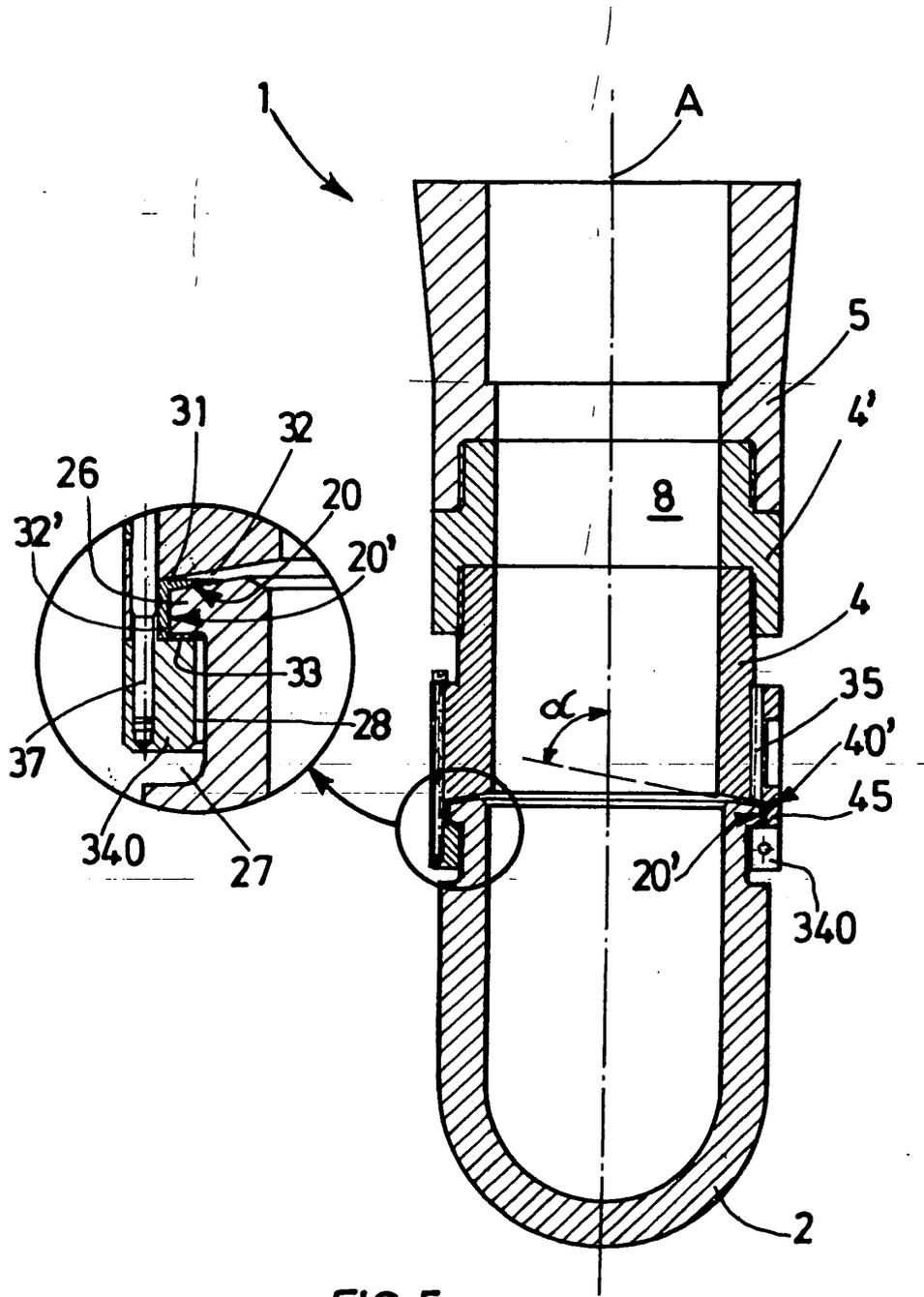


FIG. 5

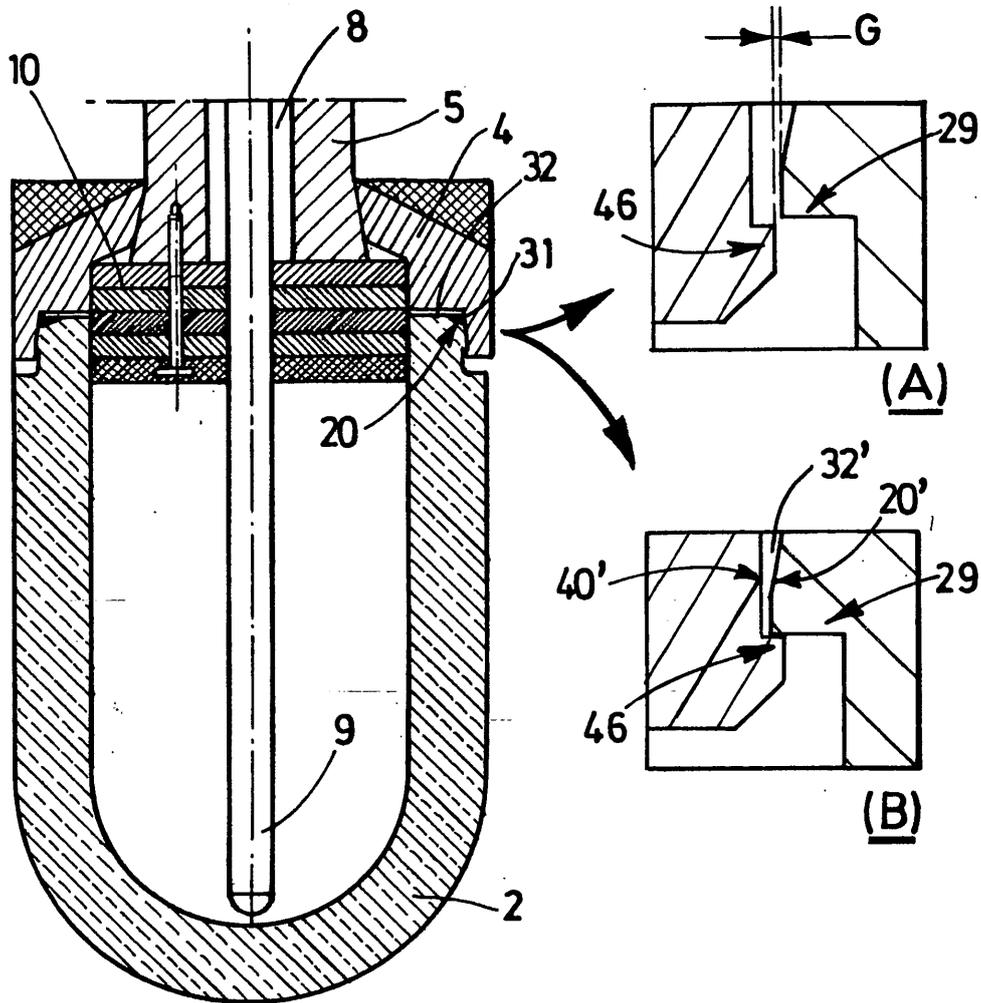


FIG.6

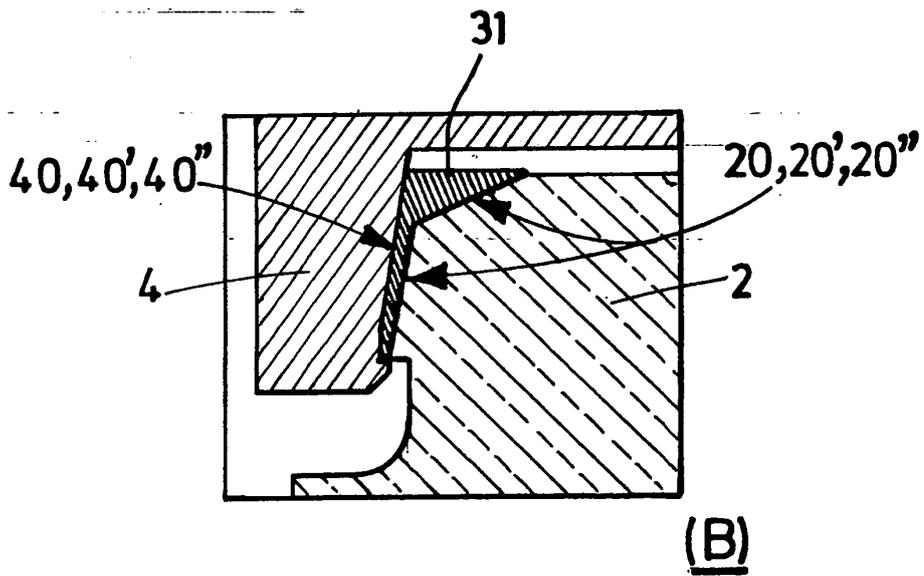
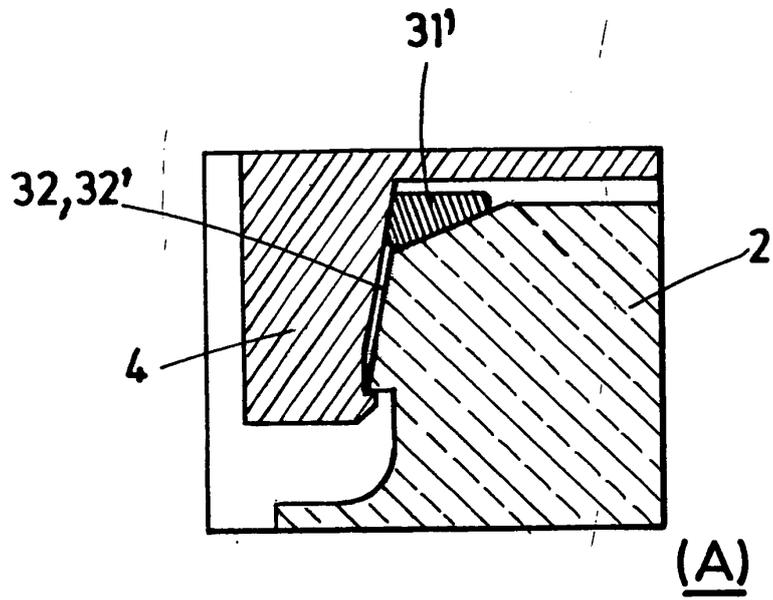


FIG.7