

10 ES 11 21 22 10 Y	NUMERO 296536
	FECHA DE PRESENTACION 28-5-85



ESPAÑA

MODELO DE UTILIDAD

16 OCT. 1987

30 PRIORIDADES 31 NUMERO 84-08816	32 FECHA 29-5-84	33 PAIS FR
--	----------------------------	----------------------

47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL C25 C3/12
------------------------	--

54 TITULO DE LA INVENCIÓN

"ANODO CARBONADO PARA CUBAS DE PRODUCCION DE ALUMINIO POR ELECTRO-LISIS IGNEA"

55 SOLICITANTE (S)

ALUMINIUM PECHINEY

(PIAD/BSA/AMM BR. 2476)

DOMICILIO DEL SOLICITANTE

23, rue Balzac, 75008 PARIS, Francia

56 INVENTOR (ES)

Bernard LANGON

57 TITULAR (ES)

58 REPRESENTANTE

D. FERNANDO DE ELZABURU MARQUEZ

(P.- 89.690)

El presente invento se refiere a un ánodo que contiene carbono, esto es, carbonado, con rodillos parcialmente estrechados, destinado a las cubas para la producción de aluminio por electrólisis.

5 Tiene como finalidad esencial permitir una reducción de las caídas óhmicas en la conexión del carbono anódico, reduciendo al mismo tiempo las pérdidas térmicas a través del sistema anódico de estas cubas y aumentando la duración de vida de las uniones de aluminio y acero. Está
10 particularmente adaptado a las cubas de electrólisis con ánodos precocidos, pero puede ser utilizado para las cubas de electrólisis con ánodos continuos denominados de Söderberg.

El aluminio es producido esencialmente por electrólisis
15 de alúmina disuelta en un baño de criolita. El horno de electrólisis que permite esta operación está constituido por un cátodo de carbono colocado en un cajón de acero y calorifugado por productos aislantes refractarios, coronado por un ánodo o una pluralidad de ánodos de carbono
20 sumergidos en el baño de criolita que es oxidado progresivamente por el oxígeno procedente de la descomposición de la alúmina.

El paso de la corriente es efectuado de arriba a abajo. Por efecto Joule, la criolita es mantenida en estado líquido, a una temperatura próxima a su temperatura de
25

solidificación. Las temperaturas usuales de marcha de las cubas están comprendidas entre 930 y 980°C. El aluminio producido es, pues, líquido y se deposita por gravedad sobre el cátodo, que es estanco. Regularmente, el aluminio producido, o una parte del aluminio producido, es aspirado por una cuchara de colada y trasvasado a hornos de fundición y los ánodos gastados son sustituidos por ánodos nuevos.

Las intensidades de marcha de estos electrolizadores están comprendidas actualmente entre 100.000 y 300.000 amperios. Los conductores de enlace y de distribución de la corriente son elegidos, pues, entre los metales industriales de alta conductividad o conductibilidad eléctrica, es decir, el cobre y el aluminio, puros o aleados.

EXPOSICION DEL PROBLEMA

Las partes que contienen carbono de los electrolizadores están a temperaturas próximas a las temperaturas del baño de criolita. La conexión del ánodo y del cátodo con los conductores que transportan la corriente es, pues, necesariamente efectuada con ayuda de una parte intermedia resistente a estas temperaturas elevadas. Esta es habitualmente de acero. El montaje utilizado comprende varios elementos:

a) un elemento de conexión entre el conductor y el acero. Pueden ser un simple contacto prensado, un contac

to mejorado por medios diversos (grasas conductoras, amolados, estañados, apisonados, etc. ...) un compuesto bi o tri metal chapado por colaminado, explosión, prensado o fricción, tal como cobre-hierro, aluminio-hierro, aluminio-titanio-hierro, etc. ...

5 b) una parte conductora de acero que penetra en el carbono. Esta puede ser concebida en forma de rodillos, de placas, de barras de sección cuadrada, rectangular o perfilada.

10 c) un elemento de conexión entre la parte de acero y el carbono anódico o catódico. Este elemento puede ser un empotramiento con fundición, carbono con pasta que contiene carbono o en seco.

15 La parte de acero y los elementos de conexión están a temperatura decreciente yendo del carbono hacia el conductor de cobre o de aluminio. Son, pues, el soporte de un flujo térmico considerable que representa una pérdida energética importante en el proceso de electrólisis.

20 Es muy difícil reducir estas pérdidas térmicas por los procedimientos clásicos de calorifugado. En efecto, un calorifugado de la parte de acero conduce a una elevación excesiva de su temperatura que determinará un deterioro irreversible de la conexión entre el conductor y el acero, o incluso un deterioro del conductor de aluminio o de cobre. Existe un riesgo de que el deterioro de estos elementos determi-

25

ne una ruptura de continuidad eléctrica y, por consiguiente, una parada parcial o total de la electrólisis.

Se puede pensar también, para reducir este flujo térmico por conducción, en disminuir la sección de este tramo de conductor de acero. El especialista tropieza aquí con tres obstáculos:

- por reducción de la sección del acero, se aumenta la caída óhmica en el acero, lo que compromete el objetivo de reducción de los consumos energéticos del electrolizador.

- reduciendo la sección del acero, se aumenta su temperatura y correlativamente, las pérdidas térmicas por convección y radiación del acero en la parte al aire libre. La ganancia obtenida sobre la transferencia térmica por conducción pura es entonces fuertemente atenuada. Además, la conexión entre el acero y el conductor de aluminio o cobre, frágil a alta temperatura, se deteriora.

- por reducción de la sección del acero, la conexión entre acero y carbono es menos eficaz y la pérdida energética por caída óhmica de contacto en este lugar reduce de nuevo las ganancias obtenidas.

En consecuencia, la operación se traduce, generalmente, por un deterioro de la conexión entre acero y aluminio o cobre sin ganancia notable sobre los consumos energéticos.

No se puede, por consiguiente, para resolver este problema, limitarse a trasladar las soluciones propuestas en las patentes francesas FR 2.088.263 (Alusuisse) y FR - 1.125.949 (PECHINEY) en el caso de las barras catódicas, porque estas últimas están empotradas en su mayor parte en los bloques catódicos y los revestimientos laterales, mientras que los rodillos de ánodos están expuestos al aire libre en casi toda su longitud, excepto una parte empotrada en el ánodo e inmediatamente por encima del ánodo. Las condiciones de equilibrio térmico son, pues, muy diferentes.

El elemento de conexión eléctrica de acero-carbono, que funciona a temperaturas superiores a 700°, introduce en el paso de la corriente una resistencia parásita muy grande constituida por una resistencia de contacto y por una resistencia local en el carbono del ánodo donde el paso de la corriente está muy concentrado alrededor del empotramiento. Medida en las condiciones actuales de conexión, alcanza de 30 a 50% de la resistencia total del ánodo. Se han utilizado numerosos procedimientos para hacer bajar esta resistencia de contacto. Un método eficaz consiste en aumentar la superficie de contacto, aumentando el número o la dimensión de los alojamientos previstos en el ánodo para colocar allí los conductores de acero. Desgraciadamente, se tropieza con una consecuencia enojosa: al aumentar el número y la dimensión de los conductores de acero, el flujo térmico conducti

vo que atraviesa estos elementos, aumenta proporcionalmente a las secciones. El equilibrio térmico de la cuba de electrólisis resulta entonces perturbado y es necesaria una compensación energética. El resultado global es desfavorable, siendo el aumento de las pérdidas térmicas superior a la ganancia de resistencia obtenida sobre la conexión anódica.

OBJETO DEL INVENTO

El presente invento tiene por objeto permitir la reducción de las resistencias de contacto en la conexión de los ánodos que contienen carbono de las cubas de electrólisis de aluminio, sin aumentar por ello las pérdidas térmicas de la cuba de electrólisis a través de los conductores de acero que penetran en el ánodo que contiene carbono.

De manera más precisa, el objeto del invento es un ánodo con carbono, destinado a las cubas para la producción de aluminio por electrólisis ígnea, según el procedimiento Hall-Hérault, cuya conexión a la llegada de corriente positiva se efectúa por al menos un conductor de acero que tiene una parte inferior que penetra en el ánodo con carbono y una parte superior unida a la llegada de corriente positiva, caracterizado porque la parte superior del conductor de acero tiene, sobre al menos 30% de la longitud de su parte superior, una sección transversal a lo sumo igual a 60% de la sección transversal de la parte inferior.

Según el tipo de ánodo considerado - precocido o Söderberg - el conductor de acero es un rodillo empotrado, por un procedimiento conocido tal como la colada de fundición, en un vaciado formado en la parte superior del ánodo precocido o un espárrago, cuyo extremo inferior está aguzado, y que es introducido a presión en la pasta con carbono Söderberg.

Las figuras 1 a 6 ilustran la puesta en práctica del invento. Se trata de representaciones en corte vertical.

La figura 1 muestra la distribución de la temperatura sobre un rodillo de ánodo parcialmente estrechado, según el invento.

La figura 2 muestra la distribución de la temperatura sobre un rodillo de ánodo según la técnica anterior, a título de comparación.

Las figuras 3 a 5 representan, a título de ejemplo no limitativo, diferentes modos de puesta en práctica del invento sobre ánodos denominados precocidos.

La figura 6, representa, a título de ejemplo no limitativo, dos modos de puesta en práctica del invento sobre ánodos continuos denominados Söderberg.

En la figura 1, el ánodo precocido 1 tiene, de manera clásica, una cavidad 2 en la cual el rodillo 3 es empotrado, casi siempre por colada de fundición 4. La sección del rodillo 3 ha sido localmente reducida (5). Se sabe que,

5 en las cubas con ánodos precocidos 3, la mitad aproximadamente del flujo térmico que atraviesa los ánodos es evacuada por el acero. El modo de transporte del calor es esencialmente la conducción simple. La línea de puntos XX' representa el límite entre la parte inferior del conductor, empotrada en el carbono, y una parte superior.

10 En el caso de la figura 1, que se refiere al invento, se ha constatado que la reducción parcial de la sección del acero en la parte superior permitía obtener localmente fuertes gradientes de temperatura. Esto permite situar de manera precisa las zonas calientes y las zonas frías en el acero. En el experimento representado en la figura 1, se obtiene sobre 10 cm de longitud, una caída de temperatura de 650°C a 320°C.

15 La figura 2 muestra cómo, según la técnica anterior y en condiciones idénticas, las temperaturas se establecen en el sistema anódico cuando el rodillo 8 tiene una sección constante.

20 Se ha constatado igualmente que la densidad de corriente podía localmente ser aumentada sin que el efecto de fusible, bien conocido por el especialista, se manifieste. En efecto, la proximidad de una masa importante de acero a temperatura relativamente baja absorbe rápidamente las calorías desprendidas por efecto Joule, si la intensidad aumenta exageradamente en el rodillo 3.

25

Se ve así en la figura 1 que el aumento de temperatura del acero, fuente de pérdidas térmicas por convección y radiación, está localizada precisamente por encima del ánodo. Bastará, pues, con calorifugar esta zona, por medio de los aislantes térmicos clásicos tales como alúmina, o el baño de electrólisis molido, o los granulados de pasta con carbono, para suprimir la mayor parte de las pérdidas térmicas que se producen allí, mientras que las partes media y superior del rodillo y sus empalmes 6, 7 sobre los conductores 9, pueden ser dejadas sin inconveniente al aire libre, debido a su temperatura moderada, del orden de 300°C ó inferior.

El aumento de caída óhmica en la parte estrechada 5 puede ser compensado, e incluso más, por un aumento de sección de la parte caliente del acero en que la resistividad eléctrica es fuerte; el coeficiente de temperatura de la resistividad eléctrica del hierro es, en efecto, de 0,0147 a 500°C, lo que es un valor excepcionalmente elevado entre los metales, y es máximo en la proximidad de 500°C.

Además, el contacto entre el acero y el carbono se encuentra mejorado por el aumento de sección de la parte inferior 3 de acero sumergida en el carbono y por el aumento de temperatura de esta zona y debido a la dilatación térmica suplementaria de la parte metálica, que concurre igualmente a mejorar este contacto. La ganancia de resistencia de contacto así obtenida es de cerca de 30% respecto al montaje

según la técnica anterior (figura 2).

La elección de las dimensiones de las partes estrechadas y no estrechadas del rodillo no es cualquiera. Las secciones y longitudes de estas dos partes deberán ser tales, que la resistencia térmica total obtenida sea igual o, de preferencia, un poco superior, a la del montaje según la técnica anterior, pudiendo ser hecho el cálculo fácilmente por el especialista. Esto implica que la longitud de la parte estrechada 5 sea tanto mayor, cuanto más cerca está su sección de la del rodillo de origen. Esto implica también una relación entre la longitud de la parte 5, la sección de la parte 5 y la sección de la parte 3.

Se ha descubierto que el invento era particularmente eficaz si la relación entre la sección de la zona 5 y la sección de la zona 3 era igual o inferior a 0,6. La longitud de la parte reducida debería ser al menos igual a 35% de la longitud total de la parte superior del rodillo.

Esto permite equilibrar la resistencia térmica total sin alcanzar el efecto de fusible, obteniendo al mismo tiempo una ganancia sobre la resistencia de contacto en todos los casos superior a 30% de su valor inicial.

PUESTA EN PRACTICA DEL INVENTO

A partir del principio básico así definido, son posibles varios modos de realización.

En la figura 3, el ánodo 1 tiene cuatro orificios de empotramiento 2. Cada rodillo tiene una parte inferior 10 de 200 mm de alto y de 150 mm de diámetro, empotrada con fundición 4 en el ánodo; la parte superior 11, sobre una altura de 170 mm, tiene su sección transversal reducida a 36% de la sección de la parte inferior (90 mm de diámetro).

Los cuatro rodillos 11 están unidos por una traviesa rectangular 12 de sección ancha (150 x 80 mm) que está a su vez unida por una pastilla de aluminio-hierro 13 al vástago 14, de aluminio, que asegura la unión eléctrica con el marco anódico (del inglés anodic bus bar) no representado.

El calorifugado de la zona caliente está asegurado por una cobertura de aluminio o de baño triturado, está el nivel aproximado indicado por la línea de puntos AA' (de 2 a 3 centímetros por encima del empalme con la parte estrechada del rodillo).

La utilización de este montaje en una cuba prototipo con 280.000 amperios ha permitido constatar que el recubrimiento del rodillo de sección grande con algunos centímetros de alúmina bastaba para calorifugar muy fuertemente los ánodos. Las densidades de corriente utilizadas fueron en este caso:

- traviesa 12 (- zona fría)	: 15 A/cm ²
- rodillo - zona estrechada 11	: 28 A/cm ²

- zona caliente 10 : 10 A/cm².

Haciendo funcionar esta cuba de 280.000 A cuyos rodillos de ánodos eran según la técnica anterior de diámetro constante = 120 mm, con ánodos equipados según el invento, aparece una ganancia de 30 mV sobre la caída anódica. Esta se traduce por una bajada de los consumos energéticos de la cuba de 100 Kwh/T, habiendo podido ser bajada la tensión de marcha del electrolizador en 0,03 voltios, sin modificación de la intensidad. En efecto, en este caso, la resistencia térmica total del rodillo y de su estrechamiento es superior en 50% a la resistencia térmica del rodillo de diámetro 120. Esto permite un calorifugado suplementario de la cuba que permite bajar la potencia inyectada en la cuba.

En otro modo de puesta en práctica del invento (figura 4), se ha constituido la parte estrechada 11 del rodillo por un tubo 15 que presenta, a igual densidad de corriente, la ventaja de una mejor disipación de calor por radiación en caso de sobrecarga excesiva. Puede tener, por ejemplo, 150 mm de diámetro externo y 120 mm de diámetro interno, por 150 mm de alto. Dicho acoplamiento puede ser obtenido por soldadura eléctrica de estos componentes, pero también por moldeo, debido a que el gran número de elementos necesarios sobre una serie de uno o varios centenares de cubas de electrólisis, que comprenden cada una varias decenas de ánodos, permite amortiguar fácilmente el coste de

los moldes.

Otra posibilidad consiste en aserrar la parte superior del rodillo (figura 5) con objeto de reducirlo a una placa rectangular 16 cuya sección transversal no representa ya, por ejemplo, más que 40 % de la sección transversal inicial.

Finalmente, en el caso de los ánodos Söderberg (figura 6), la introducción de la corriente se efectúa por redondos de acero llamados "espárragos" 17 que son plantados directamente en la pasta con carbono 18, y que se arrancan y luego se vuelven a plantar un poco más arriba, a medida que el ánodo se desgasta por combustión, con objeto de evitar que la punta inferior del espárrago entre en contacto con el electrolito. Se puede, de la misma manera que en el caso de los rodillos de ánodos precocidos, disminuir el diámetro de la parte superior del espárrago (que es con frecuencia del orden de 100 a 150 mm), por debajo de la zona de contacto del espárrago en el marco anódico y aumentar éste en la parte inferior. El calorifugado de la parte superior del ánodo está asegurado en este caso por los granulados de pasta con carbono 19 que se añaden periódicamente para reconstituir el ánodo a medida que se desgasta por la parte inferior. Para permitir una extracción fácil del espárrago de la pasta, es preferible el montaje utilizando un tubo de igual diámetro exterior que la parte inferior.

La puesta en práctica del invento permite obtener una ganancia del orden de 200 a 300 kWh/T de aluminio, y un aumento considerable de la duración de vida de las pastillas alu-acero que resultan al menos igual a la de los elementos de acero mismos.

5

REIVINDICACIONES

Los puntos que como característica de novedad se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Modelo de Utilidad en España, por VEINTE años, son los que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

1.^o.- Anodo carbonado para cubas de producción de aluminio por electrólisis ignea, según el procedimiento Hall-Hérault, cuya conexión a la llegada de corriente positiva se efectúa por al menos un conductor de acero que comprende una parte inferior que penetra en el ánodo carbonado y una parte superior unida a la llegada de corriente positiva, caracterizado porque la parte superior del conductor de acero tiene sobre al menos un 30% de la longitud de la parte superior una sección transversal a lo sumo igual al 60% de la sección transversal de la parte inferior.

2.^o.- Anodo según la reivindicación 1.^o, caracterizado porque el conductor de acero es un rodillo empotrado en una cavidad formada en la parte superior de dicho ánodo, previamente cocido.

3.^o.- Anodo según la reivindicación 1.^o, caracterizado porque el conductor de acero es un espárrago, cuyo extremo inferior está aguzado y que es introducido a presión en la pasta carbonada Söderberg que forma dicho ánodo.

4.^o.- Anodo según una cualquiera de las reivindi-

caciones 1ª, 2ª ó 3ª, caracterizado porque la parte superior del conductor de acero de sección transversal reducida está constituida por un perfil macizo.

5 5ª.- Anodo según una cualquiera de las reivindicaciones 1ª, 2ª ó 3ª, caracterizado porque la parte superior del conductor de acero de sección transversal reducida está constituida por un perfil tubular.

10 6ª.- Anodo según la reivindicación 2ª, constituido por un bloque de pasta carbonada, previamente cocido a una temperatura elevada y provisto en su parte superior de al menos una cavidad de empotramiento, caracterizado porque la parte inferior del conductor de acero empotrada con fundición en el orificio del empotramiento tiene una altura al menos igual a la profundidad del orificio de empotramiento.

15 7ª.- Anodo según una cualquiera de las reivindicaciones 2ª a 6ª, caracterizado porque está recubierto, hasta un nivel al menos igual al del empalme entre la parte inferior y la parte superior estrechada del conductor de acero, por una sustancia calorífuga tal como la alúmina, el baño de electrólisis de criolita solidificado y triturado o la pasta carbonada en forma de granulados.

20 8ª.- "ANODO CARBONADO PARA CUBAS DE PRODUCCION DE ALUMINIO POR ELECTROLISIS IGNEA".

25 Tal y como se ha descrito en la Memoria que ante

cede, representado en los dibujos que se acompañan y con los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de diez y siete hojas escritas a máquina por una sola cara.

5

Madrid, 4 FEB. 1987

P.A.

Fernando de Elizaburu
Por Poder.

10

15

20

25

ESCALA VARIABLE

FIG. 3

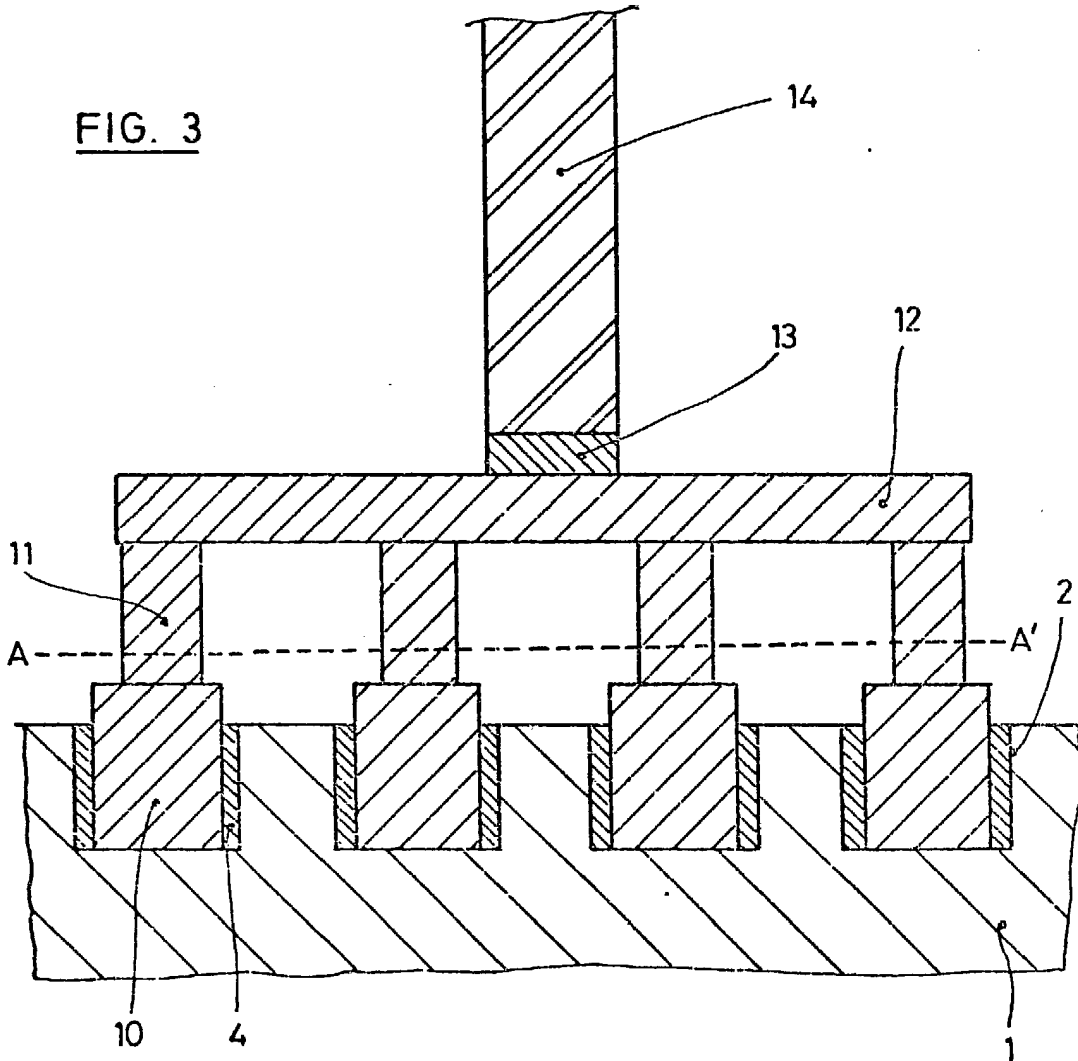
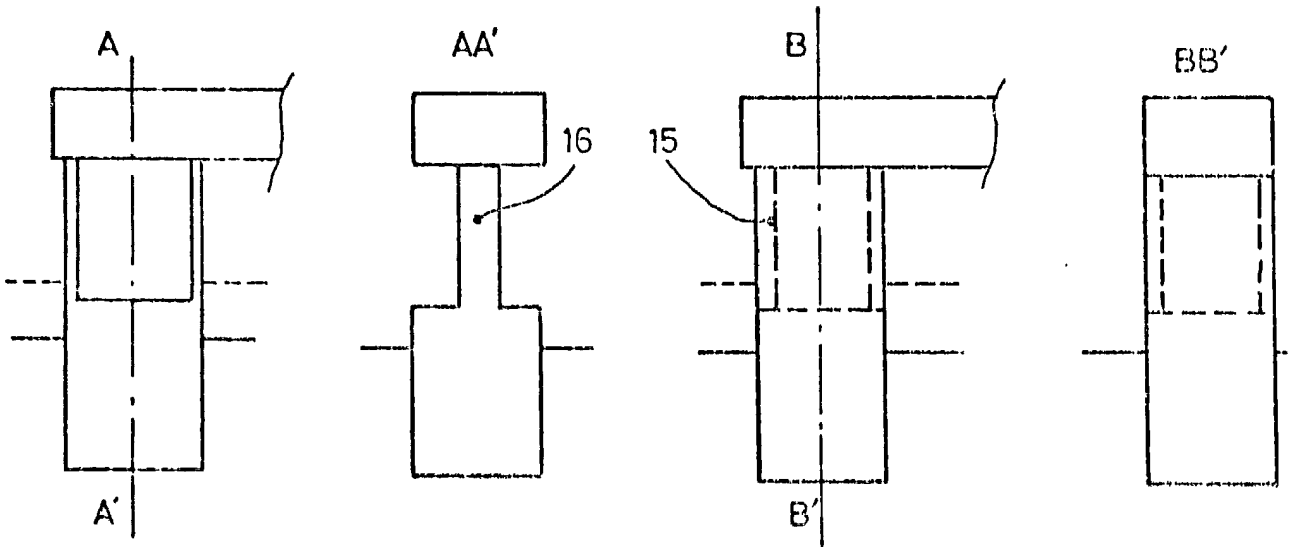


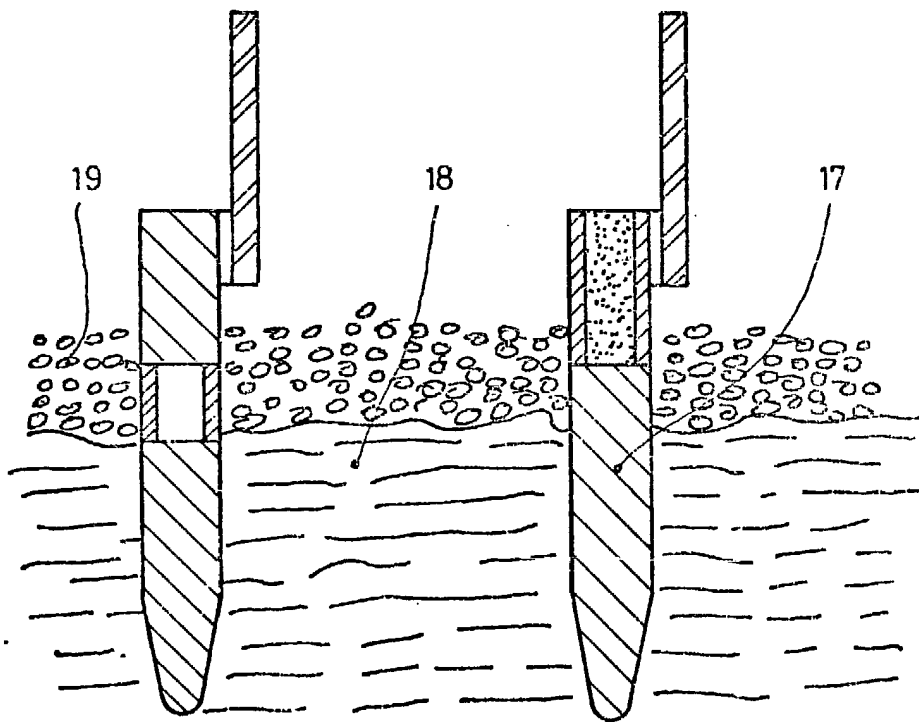
FIG. 4

FIG. 5



Handwritten signature

FIG. 6



Handwritten signature