



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 209 412**

51 Int. Cl.:
C25C 3/06 (2006.01)
C25C 3/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA MODIFICADA

T5

- 96 Número de solicitud europea: **99911893 .8**
96 Fecha de presentación : **07.04.1999**
97 Número de publicación de la solicitud: **1070158**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **24.01.2001**

54 Título: **Cuba de electrólisis ígnea para la producción de aluminio mediante el procedimiento de Hall-Héroult que comprende medios de refrigeración.**

30 Prioridad: **16.04.1998 FR 98 05040**

45 Fecha de publicación de la mención y de la traducción de patente europea: **16.06.2004**

45 Fecha de la publicación de la mención de la patente europea modificada BOPI: **06.11.2009**

45 Fecha de publicación de la traducción de patente europea modificada: **06.11.2009**

73 Titular/es: **ALUMINIUM PECHINEY**
725, rue Aristide Bergès
38340 Voreppe, FR

72 Inventor/es: **Bos, Jérôme;**
Fève, Benoît y
Homs, Pierre

74 Agente: **Mir Plaja, Mireia**

ES 2 209 412 T5

DESCRIPCIÓN

Cuba la electrólisis ígnea para la producción de aluminio mediante el procedimiento de Hall-Héroult que comprende medios de refrigeración.

Ámbito de la invención

La invención se refiere a la producción de aluminio por electrólisis ígnea según el procedimiento de Hall-Héroult y a las instalaciones destinadas a la puesta por obra industrial de este procedimiento. La invención se refiere más específicamente al control de los flujos térmicos de las cubas de electrólisis y a los medios de refrigeración que permiten obtener este control.

Situación de la técnica

El aluminio metálico se produce industrialmente por electrólisis ígnea, a saber por electrólisis de la alúmina en solución en un baño de criolita fundida, llamado baño de electrolito, según el procedimiento bien conocido de Hall-Héroult. El baño de electrolito está contenido en una cuba que comprende una caja de acero, interiormente revestida con materiales refractarios y/o aislantes, y un conjunto catódico situado en el fondo de la cuba. La corriente de electrólisis, que puede alcanzar valores de más de 300 kA, realiza las reacciones de reducción de la alúmina y permite mantener también el baño de electrolito a una temperatura del orden de los 950°C por efecto Joule.

Por lo general, la cuba de electrólisis se controla de tal forma que se encuentra en equilibrio térmico, es decir que las pérdidas de temperatura de la cuba de electrólisis se compensan globalmente con el calor producido en la cuba, que procede esencialmente de la corriente de electrólisis. El punto de equilibrio térmico suele seleccionarse para poder alcanzar las condiciones de funcionamiento más favorables de un punto de vista no sólo técnico, sino también económico. En particular, la posibilidad de mantener una temperatura de consigna óptima constituye un ahorro apreciable del coste de producción del aluminio debido al mantenimiento del rendimiento de corriente (Ley de Faraday) a un valor muy elevado, que alcanza valores superiores a los 90% en las fábricas más productivas.

Las condiciones de equilibrio térmico dependen de los parámetros físicos de la cuba, tales como las dimensiones y la naturaleza de los materiales constitutivos, y de las condiciones de funcionamiento de la cuba, tales como la resistencia eléctrica de la cuba, la temperatura del baño o la intensidad de la corriente de electrólisis. La cuba se constituye y se controla frecuentemente con el fin de provocar la formación de un talud de baño solidificado en las paredes laterales de la cuba, lo que permite particularmente inhibir el ataque de los revestimientos de las susodichas paredes por la criolita líquida.

Problema planteado

La industria de la producción de aluminio por electrólisis ígnea, en el marco de una administración optimada de las fábricas, se enfrenta con regularidad a la necesidad de disponer de instalaciones industriales que no sólo permiten la estabilización y el mantenimiento del punto de funcionamiento de las cubas de electrólisis, sino que también autorizan variaciones voluntarias de las condiciones de funcionamiento que pueden ser importantes respecto a las condiciones nominales. En otros términos, es frecuentemente útil poder controlar fácilmente, incluso modular, el punto de funcionamiento de las cubas de electrólisis de una fábrica, y a la vez conservar, incluso mejorar, sus prestaciones técnicas normales, sin por eso afectar a los costes de producción. Tal situación ocurre, por ejemplo, cuando se procura variar la potencia de una serie de cubas de electrólisis según un contrato de energía eléctrica.

En el marco de este objetivo, la solicitante ha buscado métodos y medios para controlar los flujos térmicos y para estabilizar el régimen térmico de las cubas de electrólisis, que, a la vez que ofrecen una muy importante eficacia y una gran adaptabilidad, no requieren una inversión elevada y no provocan costes de funcionamiento suplementarios redhibitorios.

Ya se ha propuesto el hecho de proveer las cubas de medios específicos para evacuar y disipar, de manera controlada, el calor producido por las cubas de electrólisis. En particular, los certificados de inventor soviéticos SU 605 865 y SU 663 760 proponen proveer las cubas de un sistema de refrigeración, controlado desde el exterior, que comprende cavidades herméticas en los lados y por debajo de la cuba, pantallas térmicas variables y conductos provistos de válvulas de regulación. Se expulsa aire en los conductos con un ventilador o un compresor. Estos dispositivos requieren una infraestructura importante y voluminosa.

Por otra parte, se ha propuesto, mediante la solicitud de patente EP 0 047 227, reforzar el aislante térmico de la cuba y proveerla de tubos de calor equipados con cambiadores de calor. Los tubos de calor atraviesan la caja y el aislante térmico y se encajan en las partes carboníferas, tales como las losas de reborde. Esta solución presenta una puesta por obra bastante compleja y costosa, y provoca además modificaciones bastante importantes de la cuba.

Por otra parte, para favorecer más específicamente la formación de un talud de baño solidificado, se conoce, gracias a la patente americana US 4 087 345, el hecho de utilizar una caja provista de refuerzos y de un marco de refuerzo constituidos para favorecer la refrigeración de los lados de la cuba por convección natural de aire ambiente.

Tal dispositivo exige instalaciones solidarias de la caja. Además, los dispositivos estáticos no se prestan fácilmente a un control preciso de los flujos térmicos.

Con el fin de controlar la formación del talud de baño solidificado y de recuperar una parte del calor extraído en los lados de la cuba, la patente americana US 4 608 135 propone utilizar una cuba que comprende pasos situados entre las losas de reborde y el aislante interior de la caja, y orificios de admisión de aire en los lados de la cuba. Los pasos comunican por una parte con los susodichos orificios y por otra parte con el interior del dispositivo de captación fijado en la cuba. El dispositivo de captación aspira el aire ambiente extraído de los lados de la cuba por los susodichos orificios y provoca su flujo por los susodichos pasos, a lo largo de las losas de reborde, lo que tiene el efecto de refrigerarlas. El caudal de aire se controla con ayuda de aberturas provistas de válvulas y situadas en los lados del dispositivo de captación, que actúan a modo de conductos de derivación ("bypass" en inglés). Este dispositivo exige importantes modificaciones de la cuba y no permite un control independiente de la refrigeración, porque las intervenciones realizadas con regularidad en la cuba precisan la abertura de las tapas del dispositivo de captación que perturban el efecto de las válvulas.

También se conoce gracias a artículo de H. Kuande llamado "Common cathode failures and remedies" publicado en 8th "International light metals congress", Leoben-Vienna 1987, p.160-162, el hecho de refrigerar lados rojos de una cuba de electrólisis por medio de aire presurizado.

Habiendo observado la ausencia de soluciones conocidas satisfactorias, la solicitante se fijó por objetivo encontrar medios, eficientes y adaptables, para evacuar y disipar el calor producido por la cuba de electrólisis, que puedan instalarse fácilmente y que no precisen ni modificaciones importantes de la cuba, y particularmente de la caja, ni una importante infraestructura. Con vistas a una utilización tanto en las fábricas existentes como en las nuevas fábricas, la solicitante ha buscado en particular medios que permitan modificar la potencia de la cubas, que se adapten fácilmente a diferentes tipos de cuba o a diferentes modos de funcionamiento de un mismo tipo de cuba, y que se presten a instalaciones industriales que comprendan un gran número de cubas en serie.

Objetos de la invención

El primer objeto de la invención es una cuba de electrólisis para la producción de aluminio mediante el procedimiento de electrólisis de Hall-Héroult que comprende medios de refrigeración por soplado de aire con chorros localizados y distribuidos según la reivindicación 1.

El segundo objeto de la invención es una fábrica de producción de aluminio mediante el procedimiento de electrólisis de Hall-Héroult caracterizada porque comprende cubas según la invención.

Descripción de la invención

La cuba de electrólisis para la producción de aluminio mediante el procedimiento de electrólisis de Hall-Héroult según la invención comprende una caja de acero, elementos de revestimiento interior y un conjunto catódico, y se caracteriza porque comprende medios de refrigeración por soplado de aire con chorros localizados distribuidos alrededor de la caja según la reivindicación 1.

Así, según la invención, se sopla el aire, es decir que el circuito está abierto y con flujo perdido. El flujo de aire proyectado en la superficie se diluye después en el aire ambiente, de suerte que no es imprescindible añadir medios específicos para refrigerar el aire proyectado, que se ha calentado al estar en contacto con las paredes.

El soplado de aire en forma de chorros localizados, es decir la proyección de aire en forma de flujos sensiblemente direccionales y confinados, que chocan así contra la caja en una superficie relativamente reducida, permite refrigerar eficazmente la pared de la cuba en determinados sitios. Los chorros se distribuyen alrededor de la caja orientados hacia las zonas de refrigeración preferenciales en la superficie de la caja, estas zonas se determinan ventajosamente según el perfil térmico de la cuba, particularmente con el fin de aumentar la eficacia global de la refrigeración.

Los susodichos medios de refrigeración se caracterizan más precisamente por el hecho de que comprenden medios de soplado de aire para refrigerar la caja, es decir para evacuar y disipar el calor producido por la cuba en la caja, los susodichos medios de soplado forman chorros localizados, y que comprenden medios para distribuir los chorros alrededor de la caja según una determinada distribución.

La invención permite así el control o la modulación de la potencia de las cubas de electrólisis por agregación o adición de medios de refrigeración eficientes y adaptables, que puede eventualmente tomar la forma de una adición de potencia de refrigeración, fija o variable, con respecto a la potencia nominal. La invención ofrece así la posibilidad de modificar individualmente la potencia de cada cuba.

El caudal de aire de los medios de soplado según la invención puede ser variable, para permitir un control más fino de la refrigeración, incluso eventualmente una regulación de la refrigeración. También es ventajoso poder añadir medios según la invención a los sistemas de regulación que equipan las cubas de electrólisis más modernas. El sistema de regulación de la cuba puede controlar pues, incluso pilotar, los medios de refrigeración, de suerte que el flujo térmico pueda regularse de forma más eficiente y, eventualmente de manera automatizada.

La cuba puede comprender medios de refrigeración complementarios, tales como medios de refrigeración estáticos.

Los medios de refrigeración son eventualmente amovibles, en el sentido de que pueden instalarse fácilmente o retirarse de la cuba, incluso en algunos casos cuando ésta está en funcionamiento. Así, por ejemplo, cuando se repara una cuba, los medios de refrigeración pueden retirarse en todo o parte, lo que facilita el acceso a la caja y el trabajo de mantenimiento.

En algunas aplicaciones, puede ser ventajoso ensamblar los medios de refrigeración según la invención en forma de dispositivo de refrigeración en todo o parte autónomo. Tal ensamblaje puede llevar pues a un diseño globalizado y a una mayor facilidad de operación. El caudal de aire general del susodicho dispositivo puede ser variable.

Según el modo de realización preferido de la invención, los medios de refrigeración comprenden medios de distribución de aire, para distribuir el flujo de aire alrededor de la caja, un medio de expulsión de aire que permite expulsar el aire en los medios de distribución de aire, y medios de soplado localizado, que permiten proyectar localmente el aire en forma de chorros, los susodichos medios de soplado localizado se sitúan en determinados sitios de la caja. Los medios de distribución comprenden preferentemente medios de canalización, tales como conductos. Los medios de soplado localizado pueden ser toberas, eyectores, trompas, boquillas o tubos. Los medios de soplado localizado se distribuyen ventajosamente a lo largo de los medios de canalización. El caudal de aire del medio de expulsión puede ser variable. El caudal de aire de uno o de varios de los medios de soplado localizado también puede ser individualmente variable.

La fábrica de producción de aluminio mediante el procedimiento de electrólisis de Hall-Héroult según el segundo objeto de la invención se caracteriza porque comprende cubas según el primer objeto de la invención. Las cubas pueden equiparse individualmente con los medios de refrigeración según la invención.

Las cubas pueden equiparse individualmente con el dispositivo de refrigeración según la invención, que puede, eventualmente, controlarse de manera centralizada.

Por lo general, en las fábricas de electrólisis, las cubas de electrólisis se reúnen o se colocan en serie. En este caso, las cubas pueden ventajosamente equiparse con medios de refrigeración según la invención, que son, en todo o parte, comunes a dos o varias cubas, es decir que dos o varias cubas tienen en común uno de los susodichos medios de refrigeración. En particular, en algunos casos, es ventajoso procurar que un medio de expulsión sea común a dos o varias cubas.

Descripción de las figuras

La figura 1 ilustra, de manera esquematizada y en corte transversal, una cuba de electrólisis que comprende medios de refrigeración, ensamblados en forma de dispositivo de refrigeración, según un modo de realización preferido de la invención.

La figura 2 ilustra, de manera esquematizada, en vista lateral, una cuba de electrólisis según el modo de realización de la invención de la figura 1.

La figura 3 ilustra, de manera esquematizada, en vista inferior, una cuba de electrólisis según el modo de realización de la invención de la figura 1.

La figura 4 ilustra, de manera no limitativa, variantes de la invención según las que los medios de canalización rodean la cuba de electrólisis en todo (b) o parte (a).

Las figuras 5 y 6 ilustran, de manera no limitativa, variantes de la invención según las que un mismo medio de expulsión es común a más de una cuba.

Descripción detallada de la invención

La cuba de electrólisis 1 para la producción de aluminio mediante el procedimiento de electrólisis de Hall-Héroult según la invención comprende una caja 2 de acero, elementos de revestimiento interior 3 y un conjunto catódico 4, y medios de refrigeración por soplado de aire con chorros localizados distribuidos alrededor de la caja 2.

Por lo general, los elementos de revestimiento interior 3 son bloques de materiales refractarios, que pueden ser aislantes térmicos. El conjunto catódico 4 comprende barras de unión 9 a las que se fijan los conductores eléctricos que sirven para el encaminamiento de la corriente de electrólisis. Los elementos de revestimiento y el conjunto catódico forman un crisol dentro de la cuba, este crisol permite contener el baño de electrolito 7 y la capa de metal líquido 6 cuando la cuba está en carga. Los ánodos 11 se sumergen parcialmente en el baño de electrolito 7. El baño de electrolito contiene alúmina disuelta y, por lo general, una capa de alúmina 8 cubre el baño de electrolito.

El aluminio metálico 6 que se produce durante la electrólisis se acumula en el fondo de la cuba, de suerte que se forme una interfaz bastante clara entre el metal líquido 6 y el baño de criolita fundida 7. La posición de esta interfaz baño/metal varía a lo largo del tiempo: sube conforme va acumulándose el metal líquido en el fondo de la cuba y baja cuando se extrae metal líquido de la cuba.

Por lo general, el control de las cubas de electrólisis se efectúa mediante el control de varios parámetros, tales como la concentración de alúmina del electrolito, la temperatura del baño de electrolito, la altura total del baño o la posición de los ánodos. Generalmente, se procura formar un talud 5 de criolita solidificada en la parte de las paredes laterales 12 del crisol que están en contacto con el baño de electrolito 7 y con la capa de metal líquido 6. Las susodichas paredes están frecuentemente constituidas por losas de reborde de material carbonífero o a base de compuestos carboníferos, tales como un refractario a base de SiC, y de pasta de polvo de carbón. Para aumentar la eficacia de los medios de refrigeración según la invención, las paredes laterales pueden comprender bloques o lados preformados, preferentemente homogéneos, constituidos por un material de conductividad térmica elevada, por lo menos más elevada que la de las pastas de polvo de carbón, y más preferentemente por lo menos igual a la de las losas de reborde que se suelen utilizar, por ejemplo tal como un material a base de SiC.

Preferentemente, la cuba también está provista de un dispositivo de captación que permite captar y recuperar los efluentes gaseosos emitidos por el baño de electrolito durante la electrólisis. El dispositivo de captación comprende en el conjunto de la cuba una campana extractora 10 generalmente provista de tapas y de accesos que se abren.

Según un modo de realización preferido de la invención, los medios de refrigeración comprenden medios de canalización 28, tales como conductos 21-24, un medio de expulsión 25 para expulsar aire en los susodichos medios de canalización, y medios de soplado localizado 27 que permiten proyectar el aire en forma de chorros localizados. Preferentemente, estos medios forman un dispositivo de refrigeración 20.

Diferentes medios pueden mantener en posición los medios de canalización 28. En particular, estos medios pueden fijarse a los elementos de estructura o de refuerzo de la cuba, tales como refuerzos, que pueden modificarse o adaptarse con este fin. Los medios de canalización 28 también pueden adosarse a la caja o colocarse contra ésta, o también fijarse a la falca de la caja.

Ventajosamente, el caudal de aire general del dispositivo 20 puede ser variable, por ejemplo con ayuda de compuertas o por una variación del caudal del medio de expulsión 25. El caudal de aire de uno o varios de los medios de soplado localizado también puede ser variable, eventualmente de manera individual, con eventualmente también la posibilidad de reducir a cero el flujo de algunos medios de soplado. En algunos casos, se puede pulsar el aire.

Los medios de refrigeración, o el dispositivo de refrigeración, según la invención son eventualmente amovibles en todo o parte. En particular, los conductos pueden ser fácilmente desmontables y transportables, particularmente gracias a un diseño por partes y a medios de ensamblaje adaptados.

El aire expulsado en los medios de canalización se sopla en las paredes de la caja, en determinados sitios, con ayuda de medios de soplado localizado 27, que se distribuyen ventajosamente a lo largo de los medios de canalización. Los medios de soplado localizado no se distribuyen necesariamente de manera uniforme en la superficie de la caja; a veces puede ser preferible concentrarlos en ciertas zonas específicas.

Los medios de soplado localizado 27 permiten orientar el flujo de aire hacia sitios precisos de la caja, por ejemplo en el baño de electrolito 7. Es ventajoso que puedan orientarse uno o varios de los medios de soplado localizado 27. Los medios de soplado localizado proyectan el aire soplado a una velocidad, llamada velocidad de eyección, que se sitúa preferentemente entre 10 y 100 m/s, y más preferentemente entre 20 y 70 m/s.

El número, la posición y las dimensiones de los medios de soplado localizado 27, la potencia del medio de expulsión 25, así como la configuración y las dimensiones de los medios de canalización 21 a 24, se seleccionan de suerte que el caudal de aire sea suficiente como para permitir una refrigeración eficiente y de suerte que se garantice una determinada potencia de refrigeración en los puntos de soplado seleccionados, habida cuenta particularmente del flujo de aire en los conductos de la red.

El medio de expulsión del aire 25 puede ser un ventilador, que expulsa aire ambiente, o un soplador de aire comprimido, tal como un ventilotrompa, o un sistema con aire comprimido cuya presión ha sido reducida o una red de aire a presión.

Por razones de seguridad eléctrica, a veces es preferible aislar eléctricamente el medio de expulsión 25 del resto del dispositivo con ayuda de un medio de aislamiento eléctrico 26, tal como una sección de conducto de material aislante de electricidad.

Los conductos 21-24 pueden estar constituidos por materiales metálicos, preferentemente no magnéticos (tales como acero inoxidable no magnético o aluminio), o por materiales aislantes (tales como las fibras de vidrio), o una combinación de éstos (tal como un conducto metálico provisto de una cubierta aislante).

Eventualmente, el sistema de regulación general de la cuba puede controlar el dispositivo de refrigeración 20, para garantizar una regulación global centralizada más eficiente.

La cuba puede estar provista también de los medios de refrigeración complementarios, particularmente medios de refrigeración estáticos, tales como aletas o medios equivalentes. Para aumentar la eficacia global de los medios (o del

dispositivo) de refrigeración, es ventajoso, en algunos casos y/o en algunos sitios de la cuba, combinar el efecto de los medios de soplado con el de los medios complementarios.

Según una variante de la invención, ilustrada por ejemplo en las figuras 1 a 3, los medios de canalización forman ramificaciones, es decir que están constituidos de tal forma que un medio de canalización principal 21 se ramifica en ramas horizontales por debajo de la cuba 22, verticales en los lados y las cabezas de cuba 23 y horizontales en los lados y las cabezas de cuba 24. Esta configuración garantiza un equilibrio satisfactorio del flujo de aire en los conductos de la red y facilita la instalación del dispositivo de refrigeración. En particular, las ramas verticales pueden colocarse entre las barras catódicas 9.

Según otra variante de la invención, ilustrada por ejemplo en la figura 4, los medios de canalización 28 rodean en todo o parte la caja 2 de la cuba de electrólisis.

Según las variantes de la invención ilustradas en las figuras 5 y 6, un sólo medio de expulsión 25 es común a más de una cuba, y más precisamente a dos o varias cubas de una fábrica. El medio de expulsión 25 distribuye el flujo de aire mediante una red 29 que comprende un conducto principal común 30 y un punto de unión 31 para cada cuba. Eventualmente, los puntos de unión están provistos de compuertas para aislar individualmente cada cuba y de respiraderos para reequilibrar la distribución de los flujos de aire. Las compuertas y los respiraderos son útiles particularmente durante intervenciones en una cuba específica o en algunas de éstas, puesto que permiten aislar a las cubas concernidas a la vez que se preservan caudales de aire satisfactorios para las otras cubas unidas a la red.

En una fábrica, los medios de refrigeración se controlan o se pilotan ventajosamente con ayuda de un sistema de regulación común a más de una cuba. Típicamente, cada cuba provista de medios de refrigeración propios o cada grupo de cubas provistas de medios de refrigeración que tienen elementos en común (particularmente el medio de expulsión) puede controlarse por un sistema de regulación calificado de primer nivel, y el conjunto de las cubas o de los grupos de cubas de una planta de electrólisis específica de la fábrica puede, además, controlarse de manera global por un sistema de regulación calificado de segundo nivel.

Ejemplo

Se realizaron pruebas de 300 kA en cubas de electrólisis con un dispositivo de refrigeración conforme a la invención que tiene las siguientes características específicas.

En referencia a las figuras 1 a 3, un conducto principal 21 pasa longitudinalmente por debajo de la caja 2 hasta cerca del centro de la cuba, y se divide después en tres ramas 22a, 22b, 22c perpendiculares una respecto a otra y con una sección inferior a la del conducto principal; una rama longitudinal 22a se extiende por debajo de la caja hasta el otro extremo de ésta, forma después una rama vertical 23a, que sube a lo largo de la cabeza de cuba hasta la losa de reborde, aproximadamente, y bifurca después en dos ramificaciones horizontales 24a, 24a' que se extienden hasta hacia los bordes laterales de la cuba; las dos otras ramas 22b, 22c, transversales, se extienden hasta hacia los lados laterales de la caja, forman después ramas verticales 23b, 23c que suben a lo largo de ésta hasta la losa de reborde, aproximadamente y bifurcan después en dos ramificaciones horizontales 24b, 24b', 24c, 24c', de una y otra parte de la cuba, que se extienden hasta hacia las cabezas de la cuba. Una rama vertical 23c equivalente a la rama 23a se une directamente al conducto principal, y se ramifica también en dos ramificaciones horizontales 24c, 24c'.

Se colocaron uniformemente boquillas 27 a lo largo de las ramificaciones. Según las pruebas, el número de las boquillas era de 5 a 8 boquillas a lo largo de cada cabeza de cuba y de 15 a 20 boquillas de cada lado de la cuba. Las boquillas se orientaban aproximadamente en dirección del nivel baño-metal teórico en la mayoría de las pruebas. En algunas pruebas, algunas boquillas se orientaron hacia elementos de refuerzo estructural de la caja, que sirvieron así de aletas de refrigeración. Los conductos y las boquillas eran de acero, y parcialmente de acero inoxidable.

El medio de expulsión de aire 25 era, en algunas pruebas, un ventilador mecánico y, en otras pruebas, un ventilotrompa. Los dispositivos de refrigeración estaban provistos de medios que permitían variar el caudal de aire.

Las pruebas han mostrado que el dispositivo de refrigeración sigue siendo eficiente con velocidades de eyección del aire a la salida de las boquillas que se sitúan entre unos 10 m/s y unos 100 m/s. La eficacia del dispositivo disminuye mucho, hasta no tener efecto significativo, cuando las velocidades son inferiores a 10 m/s. Las velocidades superiores a 100 m/s llevan a pérdidas de carga muy importantes, que hubieran necesitado medios de expulsión con una potencia y/o un coste redhibitorios. Los mejores resultados se obtuvieron con velocidades de eyección incluidas entre 20 y 70 m/s.

Las medidas de temperatura, con ayuda de termopares y de pirómetros, han mostrado que el dispositivo permite obtener bajas de temperatura media de 50 a 100°C en las paredes laterales. La regulación de la refrigeración se obtuvo fácilmente con una variación del caudal de aire expulsado.

La solicitante ha observado así que, de forma asombrosa, era posible alcanzar índices de refrigeración satisfactorios por soplado de aire según la invención, sin recurrir a medios de expulsión y de soplado o a conductos desmesurados, o desproporcionados, y/o que precisen inversiones y/o costes de funcionamiento demasiado importantes, incluso redhibitorios.

Estas pruebas han mostrado también que el aire soplado en las paredes de la cuba, y que se calentó al estar en contacto con ésta, se diluye bastante rápidamente en el aire circundante y no lleva a una elevación significativa de la temperatura del aire ambiente. En otros términos, las pruebas no evidenciaron valores de temperatura ambiente que se alejan de manera significativa de los valores habitualmente observados a proximidad de las cubas del arte anterior, incluso cuando la temperatura ambiente alcanza valores extremos en verano.

También se ha observado que, de manera asombrosa, el nivel sonoro del dispositivo era particularmente bajo.

Ventajas de la invención

Según la invención, los medios de refrigeración permiten evacuar y disipar la energía térmica producida en la cuba de electrólisis, por un control óptimo de algunos flujos térmicos, que puede adaptarse a diferentes condiciones climáticas y/o de funcionamiento de la cuba, éstas pueden alejarse de manera significativa de las condiciones nominales o estándar. Además, los medios de refrigeración permiten controlar, con precisión, la formación del talud de baño de criolita solidificada.

Los medios de refrigeración, o el dispositivo de refrigeración, según la invención se adaptan fácilmente a cualquier tipo de cuba y a diferentes entornos. Pueden colocarse fácilmente en cubas existentes, particularmente en el marco de su reparación, de la adición de una regulación térmica y/o de una modificación de la intensidad nominal. Más específicamente, la invención facilita las modulaciones de la potencia de las cubas que permiten tener en cuenta, por ejemplo, las obligaciones técnicas, económicas y/o contractuales. En particular, la invención permite un aumento de la intensidad nominal de cubas existentes, sin provocar degradaciones prematuras de las cubas.

En una fábrica de electrólisis según la invención, la posibilidad de adaptar cuba a cuba los medios, o el dispositivo, de refrigeración, así como sus condiciones de funcionamiento, permite la optimización del control de varias cubas a la vez, incluso de una serie completa de cubas, particularmente para uniformizar el punto de funcionamiento de las cubas. En particular, la invención permite realizar un control térmico individualizado de las cubas de una fábrica, lo que resulta frecuentemente necesario en las fábricas de gran productividad. Así es, por ejemplo, durante las fases transitorias que ocurren cuando algunas cubas de una misma serie tienen revestimientos refractarios nuevos o distintos de los del resto de la serie.

La invención permite también realizar la modernización de fábricas existentes sin precisar trabajos de infraestructura que harían redhibitorias tales operaciones.

La invención permite también alargar la vida útil de una cuba cuya caja presenta puntos calientes anormales.

REIVINDICACIONES

1. Cuba de electrólisis para la producción de aluminio mediante el procedimiento de electrólisis de Hall-Héroult que comprende una caja de acero, elementos de revestimiento interior y un conjunto catódico, la susodicha cuba se **caracteriza** porque comprende medios de refrigeración por soplado de aire con chorros localizados distribuidos alrededor de la susodicha caja, para fijar estas zonas de refrigeración preferentes en la superficie de la caja, determinándose dichas zonas de acuerdo con el perfil térmico de la cuba con el fin de aumentar la eficacia total de la refrigeración con vistas a un control de los flujos térmicos de la cuba, porque los correspondientes medios de refrigeración por soplado de aire se ensamblan en forma de dispositivo de refrigeración, porque los correspondientes medios de refrigeración comprenden medios de distribución de aire para distribuir el flujo de aire alrededor de la caja, un medio de expulsión de aire que permite expulsar aire en los susodichos medios de distribución y medios de soplado localizado que permiten proyectar el aire en forma de chorros localizados, situándose los correspondientes medios de soplado localizado en ciertos lugares de la caja, porque los susodichos medios de distribución comprenden medios de canalización, porque los susodichos medios de canalización rodean en todo o parte la susodicha caja, porque los medios de soplado localizado se distribuyen a lo largo de los susodichos medios de canalización, según una determinada distribución que incluye una pluralidad de chorros en cada lado de la cuba, porque el medio de expulsión se selecciona en el grupo constituido por los ventiladores, los sistemas de aire comprimido cuya presión ha sido reducida y las redes de aire a presión.
2. Cuba según la reivindicación 1, **caracterizada** porque el caudal de aire de los susodichos medios de refrigeración por soplado de aire es variable.
3. Cuba según una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizada** porque los susodichos medios de refrigeración por soplado de aire se controlan por el sistema de regulación de la susodicha cuba.
4. Cuba según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada** porque los susodichos medios de refrigeración por soplado de aire son amovibles en todo o parte.
5. Cuba según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada** porque el caudal de aire de uno o de varios de los medios de soplado localizado es variable.
6. Cuba según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada** porque uno o varios de los medios de soplado localizado pueden orientarse.
7. Cuba según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizada** porque los medios de soplado localizado se seleccionan en el grupo constituido por toberas, eyectores, trompas, boquillas y tubos.
8. Cuba según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada** porque los medios de soplado localizado proyectan el aire soplado a una velocidad incluida entre 10 y 100 m/s, y preferentemente entre 20 y 70 m/s.
9. Cuba según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizada** porque el caudal de aire del medio de expulsión es variable.
10. Cuba según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizada** porque los susodichos medios de canalización forman ramificaciones.
11. Cuba según una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizada** porque las paredes laterales del crisol formado dentro de la susodicha cuba por los susodichos elementos de revestimiento y conjunto catódico comprenden bloques preformados.
12. Fábrica de producción de aluminio mediante el procedimiento de electrólisis de Hall-Héroult, **caracterizada** porque comprende cubas según una de las reivindicaciones 1 a 11.
13. Fábrica según la reivindicación 12, **caracterizada** porque una o varias cubas tienen en común uno de los susodichos medios de refrigeración.
14. Fábrica de producción de aluminio mediante el procedimiento de electrólisis de Hall-Héroult, **caracterizada** porque comprende cubas según una de las reivindicaciones 1 a 11, y porque dos o varias cubas tienen en común el susodicho medio de expulsión.
15. Fábrica según la reivindicación 14, **caracterizada** porque el susodicho medio de expulsión común distribuye el flujo de aire mediante una red que comprende un conducto principal común y un punto de unión para cada una de las susodichas cubas.
16. Fábrica según la reivindicación 15, **caracterizada** porque cada punto de unión está provisto de por lo menos una compuerta para aislar la cuba asociada en el punto de unión y de por lo menos un respiradero para reequilibrar la distribución de los flujos de aire.
17. Fábrica según una de las reivindicaciones 12 a 16, **caracterizada** porque los susodichos medios de refrigeración se controlan con un sistema de regulación común a dos o varias cubas.

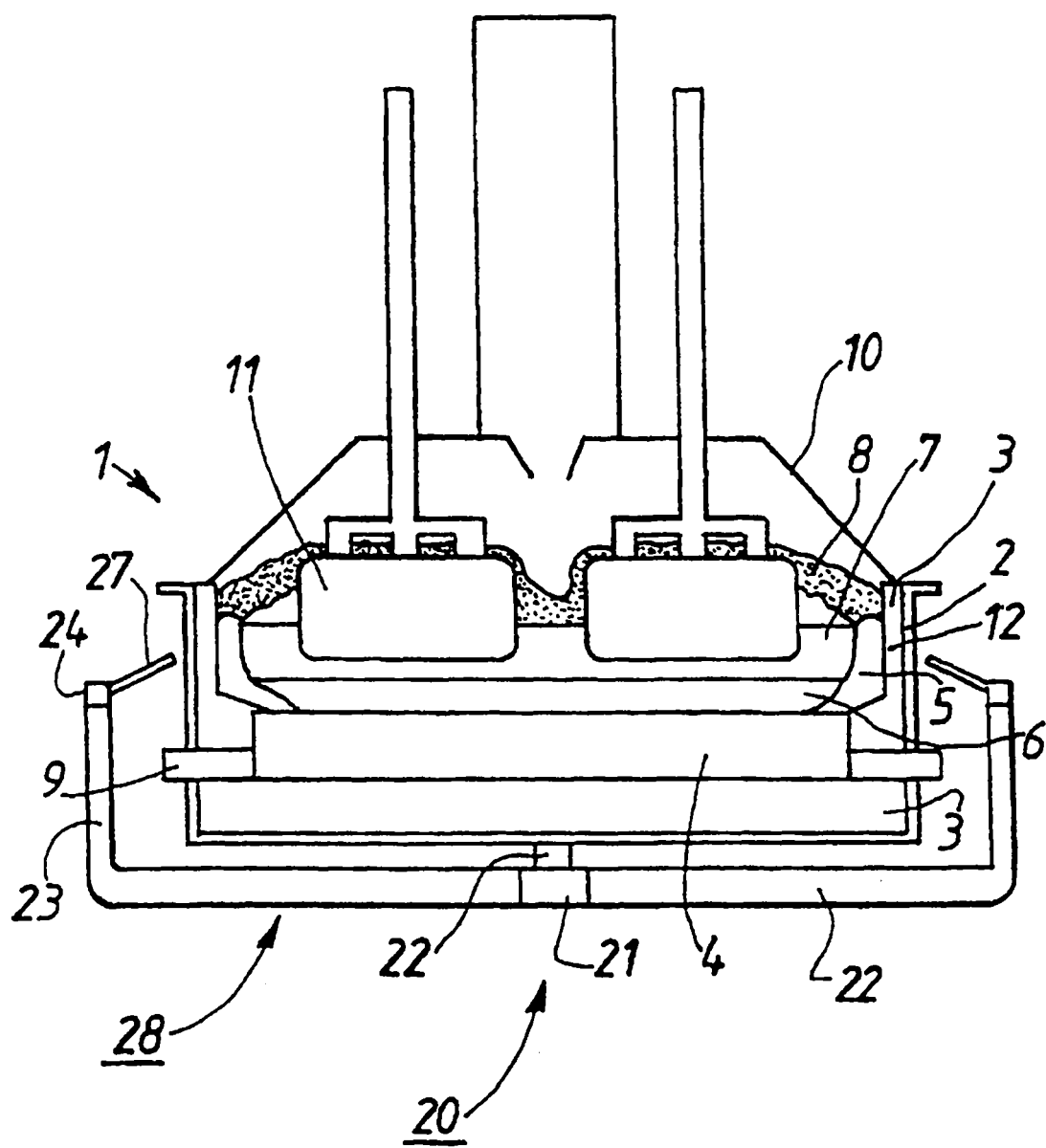
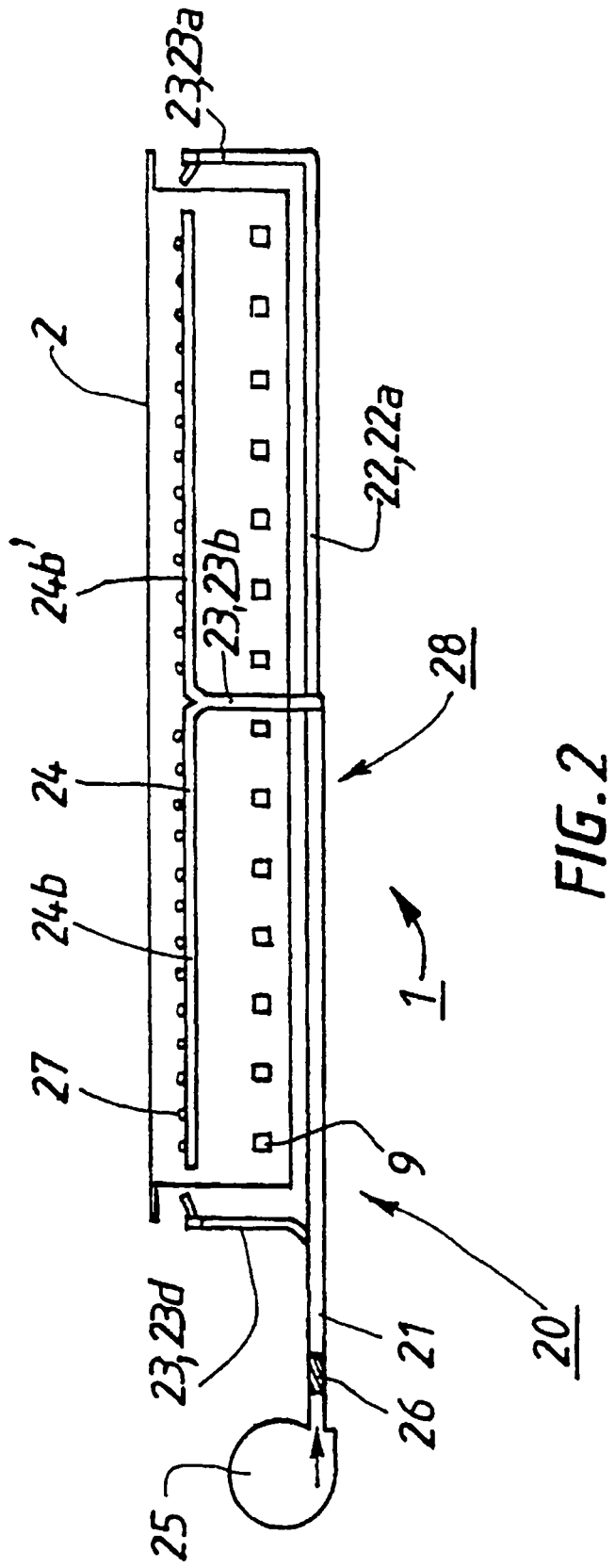
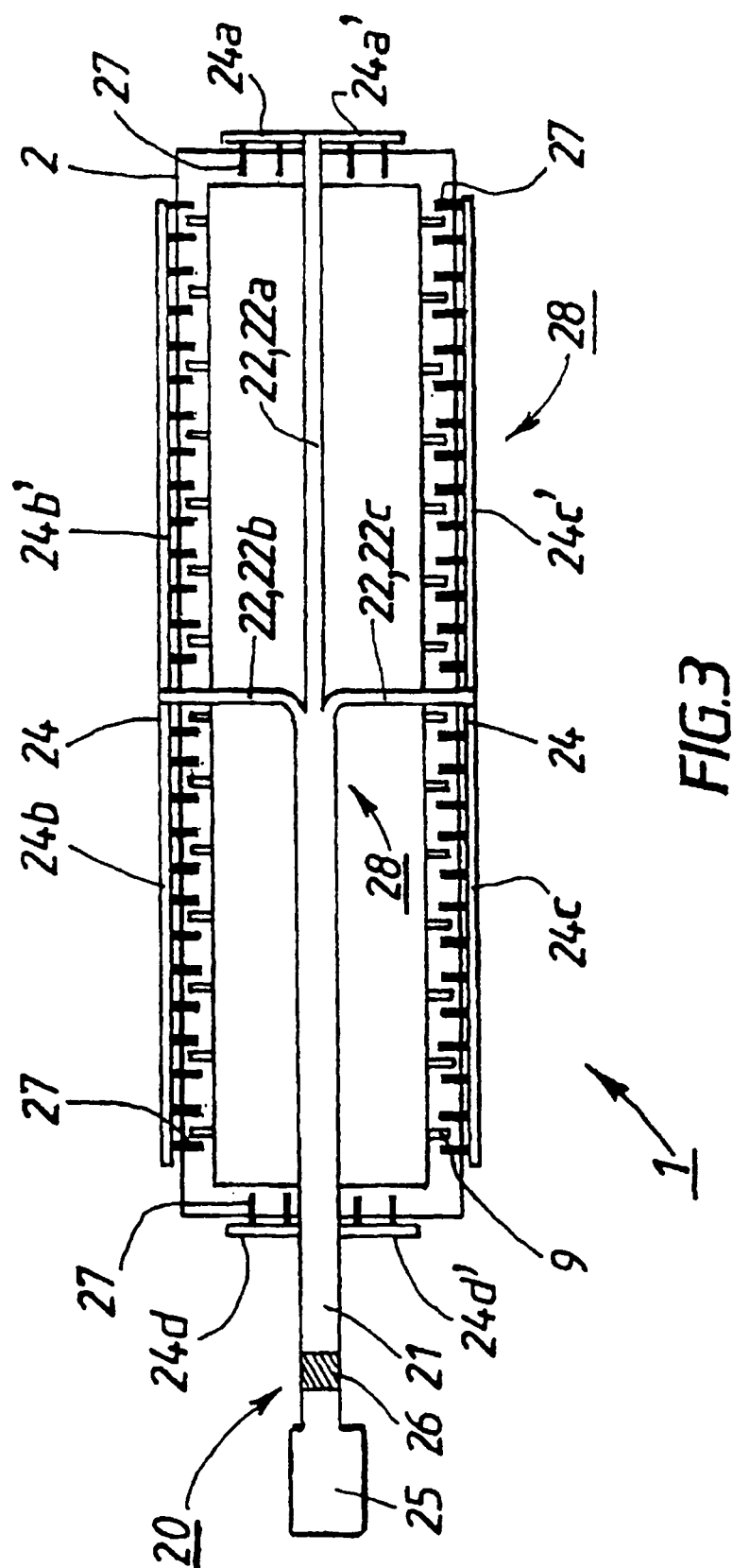


FIG.1





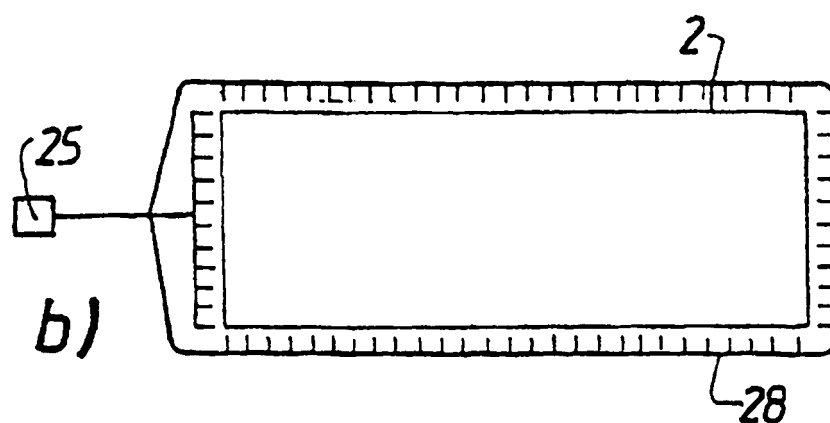
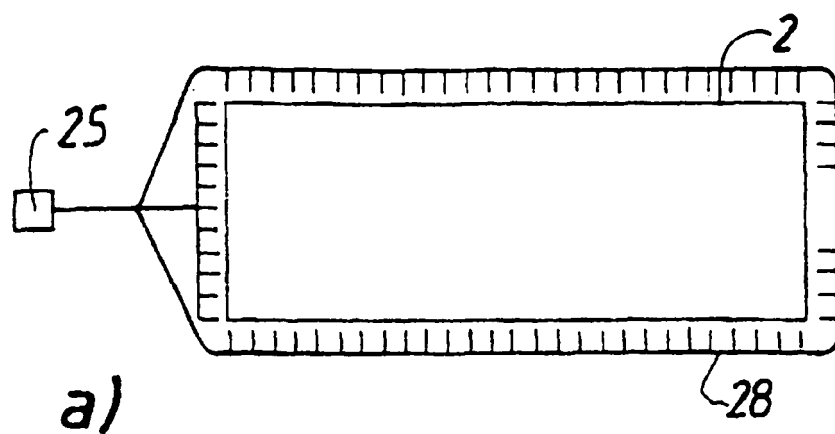


FIG.4

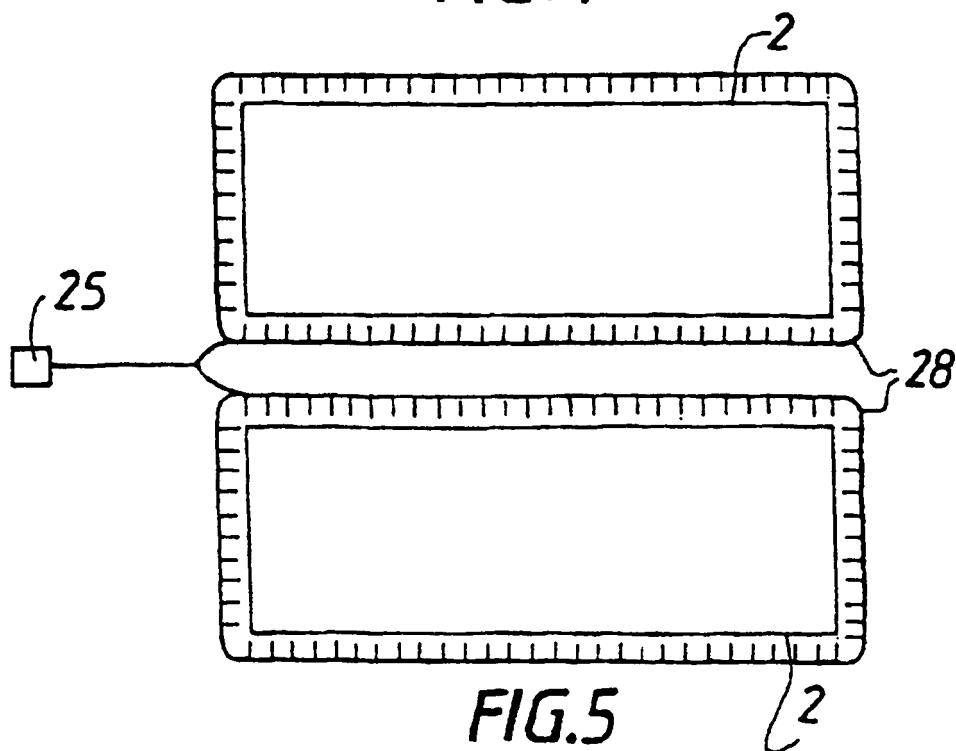


FIG.5

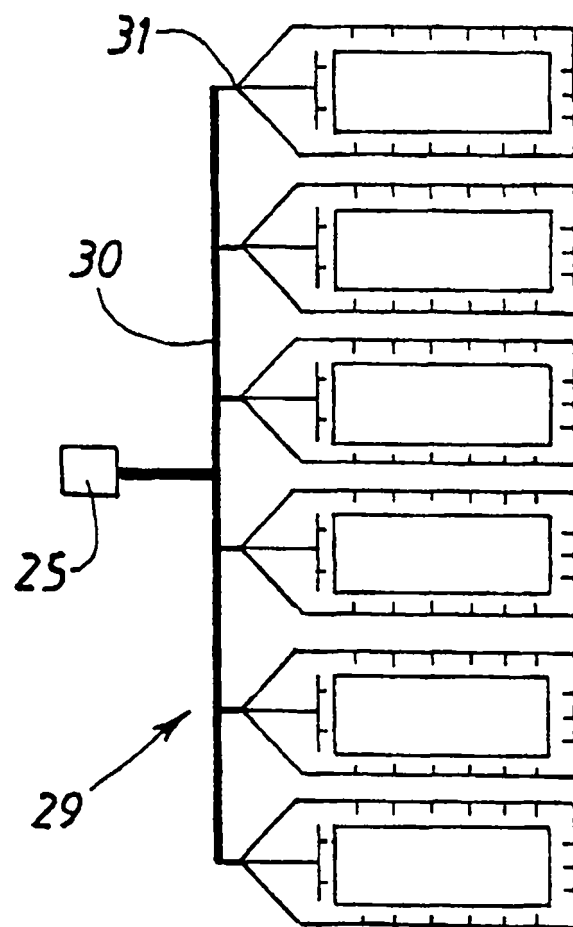


FIG. 6