

361397

C22D 3/12, B01K 3/04

P. = 40.247
SECCION TECNICA
AJH/53.6
CLASIFICACION I.P.C.
CLASE <u>B</u> <u>01</u>
SUBCLASE <u>K</u>

**Memoria descriptiva**



69

18 FEB 1969

para solicitar PATENTE DE INVENCION

por 20 años

a nombre de ALCAN RESEARCH AND DEVELOPMENT LIMITED

entidad / ~~de nacionalidad~~ canadiense

con domicilio en 1, Place Ville Marie, Montreal, Quebec,  
Canada

por: " UN DISPOSITIVO DE ANODO DE ESPIGAS VERTICALES "  
(Clase Internacional C22d)

14.2.69



La presente invención se refiere a ánodos de -  
los utilizados en las celdas o elementos de reducción -  
electrolítica para la producción de aluminio. En el proce  
so de reducción electrolítica se hace pasar una corriente  
5 continua muy grande por un ánodo carbonoso, un electrólito  
que contiene alúmina en estado de fusión y un cátodo,  
con la consiguiente formación de aluminio elemental en es  
tado de fusión en el cátodo. Durante este proceso, el áno  
do se va oxidando progresivamente y se consume de modo -  
10 gradual.

Uno de los métodos para la manufactura del alu  
minio por el procedimiento electrolítico trae consigo el  
empleo de un ánodo denominado de espigas verticales (V.S.),  
que permite reemplazar el material del ánodo a medida que  
15 se va consumiendo. En un ánodo de espiga vertical, el ma  
terial anódico se suministra en forma de pasta a la parte  
superior de una caja o envoltura de acero abierta por los  
extremos, de sección recta generalmente rectangular, que  
contiene el ánodo. El extremo inferior del ánodo se ex  
20 tiende por debajo de la caja o envoltura tomando contacto  
con el electrólito que contiene alúmina, y se va consu  
miendo gradualmente. A medida que se produce este consumo,  
el ánodo va bajando a través de la caja. En el ánodo car  
bonoso se plantan unos conductores o espigas verticales -  
25 que actúan de medio para soportarlo y para la alimenta  
ción de energía eléctrica. Estas espigas bajan con el áno  
do, y al acercarse sus extremos inferiores al electrólito  
fundido, son extraídas del ánodo y vueltas a plantar en -  
éste, a mayor distancia del electrólito. De vez en cuando  
30 se suministra pasta anódica (a menudo conocida como pasta



de Soderberg) a la extremidad superior del ánodo, dentro de la caja, para reemplazar el material anódico consumido en el proceso de la producción de aluminio. La velocidad a la que dicha pasta anódica se añade al ánodo es sensiblemente igual a la velocidad a que el ánodo se consume.

La pasta anódica es una mezcla de un aglutinante, tal como pez o alquitrán en proporción usualmente comprendida entre los límites de 20% a 40% en peso de la pasta, y un material carbonoso sólido pulverizado, tal como antracita o coque de petróleo y sus mezclas. La pasta anódica suele ser de aspecto sensiblemente sólido a la temperatura ambiente, ya que el punto de fusión del material aglutinante es de unos 100°C. Puede producirse un material anódico más fluido o de tipo más pastoso, empleando como aglutinante una pez o alquitrán de menor punto de fusión.

A medida que el ánodo va bajando a través de la caja anódica y poniéndose en contacto con el electrólito que contiene alúmina en estado de fusión, electrólito que suele mantenerse a una temperatura comprendida entre 930°C y 1000°C, se va calentando gradualmente la pasta anódica contenida en la caja anódica. Aun cuando al principio la pasta anódica tenga aspecto de sólido, al calentarla se hace más fluida y tiende a fluir y llenar uniformemente la caja anódica. A medida que la pasta anódica, ahora más fluida, se mueve bajando por el interior de la caja anódica, se encuentra sometida a temperaturas progresivamente más altas; y a una temperatura aproximada de 300°C a 400°C, la pasta anódica tiende a perder algunos de sus componentes más volátiles, y se va cociendo hasta convertirse en una masa carbonosa dura, algo porosa y eléctricamente con



ductiva.

En el terreno comercial suelen surgir dificultades a consecuencia del movimiento del ánodo por el interior de la caja anódica, o bien de que el ánodo deje de moverse dentro de ésta. Por ejemplo, cuando se emplea una envoltura de acero como caja para el ánodo de espigas verticales, el material anódico cocido, por recalentamiento local, tiende a formar "callos" o masas carbonosas duras que se adhieren muy tenazmente a la envoltura de acero e impiden o dificultan mucho el movimiento de descenso del ánodo. A veces, cuando se forman estos "callos" y el material anódico se ha desprendido de los "callos" y se mueve bajando por el interior de la caja, el material anódico, más fluido, de la parte superior de la caja anódica se cue

5

10

15

la y fluye al interior del electrolito caliente que contiene alúmina. Cuando esto ocurre, la celda de producción de aluminio no funciona de manera eficaz por algún tiempo después.

Conforme al presente invento, se ha descubierto que en la producción de aluminio por el método electrolítico, empleando un ánodo de espigas verticales, pueden obtenerse mejores resultados proveyendo de un forro a la caja anódica, convenientemente de un forro compuesto de un material o metal que tenga una conductividad térmica mayor que la del material o el metal que constituye la caja anódica o envoltura exterior de la estructura anódica. Con arreglo a una forma concreta de realización práctica del presente invento, la caja anódica de acero de un ánodo de espigas verticales está provista de un forro de aluminio fijado a la caja de acero y dispuesto de manera que el ma

20

25

30



terial anódico entre en contacto esencialmente tan sólo -  
con el forro de aluminio.

El aluminio resulta particularmente útil como material constitutivo del forro de la caja anódica, ya -  
5 que el material del ánodo, es decir, la pasta anódica o de Soderberg, líquida o cocida, no se adhiere con facilidad al aluminio, en comparación con el acero. Además, el aluminio tiene mucho mayor conductividad térmica que el acero y, por consiguiente, reduce las desigualdades de temperatura del material anódico dentro de la caja del ánodo.  
10 Utilizando un forro hecho de un metal de mayor conductividad térmica que el de la caja anódica de acero de tipo usual, el calor se conduce y quita más rápidamente de las partes inferiores del ánodo, que están en contacto directo  
15 con los gases calientes que cubren el electrólito que contiene alúmina en estado de fusión y en contacto con el propio electrólito, que por lo general se mantiene a una temperatura comprendida entre 930°C y 1000°C. El uso de un forro metálico de gran conductividad térmica, tal como un  
20 forro de aluminio, que presente una superficie a la cual no se peque o adhiera fácilmente el material anódico, permite un movimiento de descenso más fácil del ánodo por el interior de la estructura de la caja. Como el forro permite asimismo una más rápida conducción del calor desde las  
25 partes inferiores del ánodo, más calientes, a las partes superiores más frías del material anódico, se elimina la mayoría o la totalidad de las dificultades hasta ahora sufridas durante tiempo frío con los cercos o rebordes congelados de pasta anódica o de Soderberg en la extremidad superior  
30 del ánodo. También se reduce la adherencia de la -



5 pasta anódica al interior de la estructura de la caja. El empleo del forro también elimina o reduce grandemente la probabilidad de formación de los "callos" o granos de pasta cocida que se adhieren al interior de la estructura de la caja anódica. El empleo de un forro de aluminio de gran conductividad en la caja o envoltura anódica hace posible asimismo reducir de modo apreciable la proporción del aglutinante empleado en la pasta anódica, porque la mejor uniformidad de temperatura que entonces tiene la zona fluida de las pasta permite emplear una mezcla pastosa, de menor fluidez inicial.

15 Los experimentos realizados han puesto de manifiesto que la pasta anódica de Soderberg, al cocerse, no se pega a una superficie metálica de aluminio con la misma facilidad que a una superficie de acero. Asimismo, si la pasta anódica cocida llega a adherirse a la superficie metálica de aluminio, la unión entre el material anódico y la superficie de aluminio puede romperse fácilmente, dejando limpia la superficie de aluminio. En contraste con esto, la pasta anódica cocida tiende a adherirse fuertemente a una superficie de acero, y la unión entre la superficie de acero y el material anódico tiende a ser más fuerte que el propio material anódico cocido. Por consiguiente, cuando el material anódico se mueva bajando por el interior de una caja de acero, tienden a producirse - 25 - fracturas que dejan en la superficie de acero de la caja una superficie rugosa de material anódico cocido, que tiende a restringir aún más la libertad de corrimiento o movimiento del ánodo por el interior de la caja.

30 Aún pueden aprovecharse mejor las característi-



cas de conductividad térmica del forro de aluminio, separando el forro del interior de la parte superior de la caja anódica e introduciendo en el hueco que quede entre el forro y la caja un material aislante del calor, tal como

5 madera contrachapada, amianto, lana mineral o de roca, fibra de vidrio y similar. Mediante este recurso, se obtiene una mayor uniformidad de distribución de temperaturas en el interior del material anódico, aunque con sólo dejar un hueco o espacio de aire sin material aislante alguno en él, o bien llenando sólo parcialmente el hueco con

10 material aislante, se obtendrían al parecer resultados mejorados. Por medio de una estructura de caja anódica contruida conforme al presente invento, se eliminan o reducen sensiblemente la mayoría de los problemas con que se tropieza en el trabajo con grandes ánodos de espigas verticales, en particular los de densidades de corriente relativamente grandes, o de anchura mayor de 2 metros, y en especial cuando se emplea un aglutinante de elevado punto

15 de fusión para el material de la pasta anódica.

20 En la forma especial de realización conforme al presente invento en la que se dispone un forro metálico de aluminio dentro de una caja anódica de acero, el forro de aluminio retira o extrae el calor más fácilmente de las áreas del ánodo expuestas a elevadas temperaturas (tales como la parte del material anódico próxima al electrolito fundido), y conduce y distribuye este calor a aquellas partes del material anódico que necesitan más calor y una mayor temperatura para que su funcionamiento sea más eficaz. Una estructura de caja anódica conforme al

25 presente invento tiende a eliminar o reducir el recalenta

30

18 FEB 1969



miento del material anódico y la excesiva cocción del material anódico que acarrearán la formación de "callos" carbonosos, los cuales tienden a fijarse firmemente al interior de la estructura de caja anódica y originan fugas de pasta anódica y otras dificultades afines. Una estructura de caja anódica conforme a esta invención sirve también para mantener la pasta anódica de Soderberg de la parte superior de la envoltura anódica en estado de mayor fluidez y a una temperatura de superficie relativamente uniforme, así como con buena consistencia para plantar en ella las espigas verticales que se utilizan para suministrar la energía eléctrica al ánodo. Una estructura de caja anódica conforme al presente invento tiende a eliminar los cercos o rebordes de pasta congelada que suelen adherirse a la caja cuando se trabaja en invierno, permitiendo así una reducción en la proporción del aglutinante utilizado en la preparación de la pasta anódica. Una estructura de caja anódica conforme al presente invento asegura el suministro de bastante calor a las esquinas o extremidades inferiores de una caja anódica ancha, de espigas verticales, en cantidad suficiente para cocer adecuadamente la pasta anódica de Soderberg de estas áreas, antes de que asone o sobresalga de la estructura de la caja anódica.

Haciendo variar el espesor del metal que compone el forro de la caja anódica, y el tamaño y forma de este forro respecto a la caja, y mediante el uso de mayor cantidad de material aislante o de un material aislante más o menos eficaz dentro del espacio anular comprendido entre el forro metálico y la caja, se logra la conservación de



calor y el control de temperatura deseados, respecto al material anódico comprendido dentro de la caja del ánodo. Esto permite alcanzar una mayor uniformidad respecto a la temperatura, a diversos niveles dentro del ánodo.

5                   Aun cuando se ha venido insistiendo en el empleo de un forro de aluminio en combinación con una envoltura anódica de acero, puede emplearse cierto número de metales o de materiales para constituir la envoltura anódica y el forro. Como se ha indicado más arriba, y principalmente por razones de robustez y de coste, es el acero el material preferido para la fabricación de la caja anódica o la envoltura exterior de la estructura de caja anódica. Para el forro se prefieren el aluminio metálico y sus aleaciones. Entre otros metales que resultarían útiles para la fabricación del forro, especialmente en combinación con una caja de acero, se incluyen el titanio, el cobre, el magnesio y sus aleaciones.

Con referencia ahora a los dibujos adjuntos,

20                   - la figura 1 es una vista en planta interrumpida de una estructura de caja anódica de espigas verticales, que represente el forro, el material anódico y las espigas verticales;

25                   - la figura 2 es una vista en sección de un ánodo de espigas verticales de los empleados en una celda electrolítica para la producción de aluminio;

30                   - la figura 3 es una vista en perspectiva de un forro para una caja de ánodo de espigas verticales, viniendo indicada la posición de la caja por medio de líneas de trazo interrumpido;

                  - la figura 4 es una vista en sección fragmenta-



ria tomada por la línea 4-4 de la figura 3;

- la figura 5 es una vista en sección semejante a la figura 4, que ilustra una forma de realización del presente invento en la que las partes inferiores de la estructura de forro tienen mayor espesor que las superiores;

- la figura 6 es una vista en sección tomada por la línea 6-6 de la figura 5; y

- la figura 7 es una vista en sección semejante a la de la figura 6, y en la cual las partes inferiores de las secciones extremas del forro de la caja tienen mayor espesor que las demás partes o secciones del forro.

En las figuras 1 y 2 se ilustra una disposición o conjunto de ánodo de espigas verticales, que se usa en el procedimiento electrolítico para la producción de aluminio. El ánodo 10 está contenido dentro de una estructura de caja anódica, indicada con el número 11. La estructura de caja anódica está compuesta de un forro 12 sostenido dentro de la caja 14. Hay unos conductores en forma de espigas verticales 15, constituidos por conductores eléctricos 16 fijados a las espigas 18 mediante elementos de sujeción 19. Las espigas 18 están plantadas en el ánodo 10, que puede considerarse compuesto de tres zonas: la zona superior 10a del ánodo, constituida por pasta sensiblemente fluida a temperatura relativamente baja; la zona intermedia 10b que consta de pasta semicocida, a mayor temperatura y de aspecto esencialmente sólido, aunque contiene una elevada proporción de hidrocarburos no cocidos; y la zona inferior 10c, en la que la pasta anódica cocida es un material relativamente duro, sólido, autosustentable, eléctricamente conductivo y que está a una temperatu



ra sensiblemente mayor que la del material de las zonas -  
10a y 10b. La parte más baja del ánodo 10 se representa -  
en contacto con un baño, en estado de fusión, de electrólito 20 que contiene alúmina.

5 En la producción del aluminio, se hace pasar corriente por los conductores 16, las espigas verticales 18 y el ánodo 10, a través del electrólito 20 que contiene alúmina, en estado de fusión, y hasta el cátodo 21 que tiene sus costados cubiertos de electrólito congelado y alúmina 21a, contenido dentro de la estructura 24 de sustentación de la celda, con la consiguiente producción de un cuerpo o "charco" 22 de aluminio fundido.

10 La parte inferior del ánodo 10 está en contacto directo con el electrólito que contiene alúmina en estado de fusión, y es oxidado por el oxígeno liberado en el proceso, consumiéndose lentamente.

15 Los gases generados no se dejan escapar directamente a la atmósfera, sino que se recogen para llevarlos a una chimenea por medio de un faldón o protección 25 y un cierre hermético de alúmina 26.

20 Como se ilustra en la figura 2, el forro 12 está en contacto directo, de superficie a superficie, con la parte inferior de la caja 14.

25 La parte superior del forro 12 de la caja está separada de la caja 14, dejando un hueco 28 que puede estar desocupado o bien lleno de un material aislante del calor, tal como madera contrachapada, amianto o lana de roca o vidrio. El objeto de dejar el hueco 28 entre las partes superiores del forro 12 y de la caja 14 es el de conservar el calor, para así mejor guardar y utilizar el

30



calor extraído de la zona más caliente 10c del ánodo. Esta disposición, según se ha visto, da una distribución más uniforme del calor y de la temperatura dentro de las zonas 10a y 10b del ánodo.

5           La separación entre el forro 12 y la caja 14 -  
comienza aproximadamente a mitad de camino de esta última. Ahora bien, el espacio o hueco 28 entre el forro 12 y  
la caja 14 puede incluir tan sólo el tercio o cuarto superior de la altura de la caja 14. Por otra parte, el hueco  
10 28 puede extenderse hasta las tres cuartas partes de la -  
porción superior de la caja 14, pero debe terminar forzosamente por encima de la zona cocida 10c y, de preferencia,  
por encima de la zona semicocida 10b. La altura del hueco anular 28 depende del tamaño de la caja 14, de las  
15 condiciones de trabajo de la celda de reducción, de la -  
composición de la pasta anódica, del tamaño de la caja 14 y su forro 12 tanto en relación con la longitud horizontal  
como con la anchura, y de las condiciones de temperaturas deseadas dentro del ánodo 10 y los niveles y la extensión  
20 de las diversas zonas 10a, 10b y 10c que constituyen el ánodo 10. Por ejemplo, el grosor del material o -  
del metal que forma el forro 12 puede estar comprendido entre 3 y 25 mm, y la anchura del hueco 28 que separa el  
forro 12 de la caja 14 puede variar entre 3 y 37,5 mm.

25           Como se ilustra en la figura 2, la extremidad -  
superior del forro 12 está provista de una pestaña 12a fijada y/o soportada en la pestaña 14a de la caja 14. Entre  
la pestaña 12a del forro y la pestaña 14a de la caja puede disponerse una tira de cierre hermético 29, de un material  
30 aislante del calor. El extremo inferior de la caja -



14 está provisto de una pestaña inferior 14b que sostiene el faldón de protección 25 que recoge los gases. Asimismo, como se ilustra en la figura 2, la caja o envoltura 14 - puede estar provista de unas aletas 14c para el control -  
5 de la temperatura, sirviendo las aletas 14c para radiar - o disipar el exceso de calor de la caja 14 del conjunto - o estructura de ánodo. En torno a la parte superior de la caja 14, en la zona de pasta blanda 10a, y especialmente en las esquinas de la caja, puede ser conveniente disponer  
10 un aislamiento o pantalla térmica adicional, en forma de pantalla metálica 14d dispuesta por el exterior de la estructura de la caja 14, o bien un aislamiento adecuado incorporado en o alrededor de la estructura de caja anódica.

Con referencia ahora a las figuras 3 a 7 inclusive, que ilustran varias formas de realización del forro de la caja, las figuras 3 y 4 representan el forro 12 de la caja conforme a una de las formas de ejecución de este invento, en la que el material (por ejemplo, aluminio) - que constituye el forro 12 de la caja es de un espesor -  
20 uniforme, tal como el de aproximadamente 6 mm. Como se ilustra, las partes extremas o de testero 12b están unidas a las partes laterales o de costado 12c por medio de unas tiras o fajas 13 de aproximadamente el mismo espesor que las partes de testero y de costado 12b y 12c, y solidarias o fijadas de otro modo a los testeros 12b y/o los costados 12c. El hueco o intervalo cubierto por las tiras 13 que separan los testeros 12b y los costados 12c puede ser de una dimensión cualquiera apropiada que convenga a la diferencia de dilatación térmica del aluminio y el ace  
25 ro u otros metales; por ejemplo, de 12,5 a 37, 5 mm. La -  
30

1 8 FEB



5 silueta de la caja 14 y su relación con el forro 12 se -  
indica por medio de líneas de trazo interrumpido. En lu-  
gar de poner las tiras o fajas 13 para unir las partes -  
12b y 12c, pueden superponerse estas partes y unirse lue-  
go entre sí por medio de tornillos pasantes a través de  
agujeros agrandados, para facilitar la dilatación.

10 Las figuras 5 y 6 ilustran otra forma de ejecu-  
ción de un forro de caja conforme al presente invento, en  
el que los costados 12c del forro y las partes o secciones  
inferiores de los testeros 12b del forro son del mismo -  
espesor, pero las partes superiores 12bb de los testeros  
del forro tienen menor espesor que las partes inferiores  
12b. Las tiras 13 que unen los costados 12c del forro y  
15 las partes extremas o de testero 12b y 12bb del mismo -  
pueden ser de un espesor cualquiera apropiado, tal como  
el de los costados 12c del forro o el del material que -  
constituye las partes de testero 12b o 12bb del forro.

20 La figura 7 ilustra otra forma más de realiza-  
ción de forro de caja conforme al presente invento, en la  
que los testeros 12b del forro están hechos de un mate-  
rial de espesor uniforme pero más grueso que el del mate-  
rial que constituye los costados 12c del forro, y en la  
que los testeros 12b y los costados 12c se superponen y  
unen entre sí. Esta forma de construcción tiene por efec-  
25 to el de extraer calor más deprisa de las partes extre-  
mas o de testero del ánodo que de los costados.

30 Esta solicitud que corresponde a la presentada  
en los Estados Unidos de América, el 15 de diciembre de  
1.967, nº 690.882, se acoge a los beneficios del artícu-  
lo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.



REIVINDICACIONES

5 Los puntos de invención propia y nueva que se -  
presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los siguientes:

10 1.- Un dispositivo de ánodo de espigas verticales para uso en una celda de reducción electrolítica para la producción de aluminio, y del tipo en que a la extremi-  
dad superior de una caja abierta por los extremos se le -  
suministra una pasta compuesta de un material carbonoso y de un aglutinante, pasta que llega a cocerse en dicha caja hasta formar un ánodo sólido que sobresale de dicha ca-  
15 ja hacia abajo entrando en el material fundido, caracteri-  
zando dicho ánodo por el hecho de que dentro de dicha caja hay dispuesto un forro metálico, de conductividad térmica relativamente alta respecto a la caja, y de tal manera que sólo dicho forro se halla en contacto con el ma-  
20 terial anódico.

25 2.- El dispositivo de ánodo de espigas verticales de la reivindicación 1, en el que dicho forro está en contacto con y se adapta esencialmente a la superficie interior de la parte inferior de dicha caja, y está separado de la superficie interior de la parte superior de dicha caja, dejando un hueco o espacio de separación entre dicho forro y dicha caja.

30 3.- El dispositivo de ánodo de espigas verticales de la reivindicación 2, en el que dicho hueco comprendido entre dicho forro y dicha caja está ocupado, al me-



nos en parte, con un material aislante térmico.

4.- El dispositivo de ánodo de espigas verticales de la reivindicación 1, 2 ó 3, en el que dicha caja es de acero y en el que dicho forro metálico está hecho de magnesio, aluminio, cobre, titanio o sus aleaciones.

5.- El dispositivo de ánodo de espigas verticales de la reivindicación 1, 2 ó 3, en el que dicha caja es de acero y dicho forro metálico está hecho de aluminio.

6.- El dispositivo de ánodo de espigas verticales de la reivindicación 1, 2 ó 3, en el que dicha caja es de acero y dicho forro está fabricado de aluminio, de espesor uniforme.

7.- El dispositivo de ánodo de espigas verticales de la reivindicación 1, 2 ó 3, en el que dicha caja es de acero y dicho forro está hecho de aluminio, de modo que el espesor del aluminio que constituye la parte inferior de dicho forro es mayor que el espesor del aluminio que constituye la parte superior del forro.

8.- El dispositivo de ánodo de espigas verticales de la reivindicación 1, 2 ó 3, en el que dicha caja es de acero y dicho forro está hecho de aluminio, de modo que el espesor del aluminio en contacto con los extremos de la parte inferior de dicha caja es mayor que el espesor del aluminio de que están hechas las demás secciones o lados de dicho forro.

9.- Un dispositivo de ánodo de espigas verticales.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y con los fines que se han especificado.



Esta Memoria consta de diecisiete hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 13 MAY. 1970  
P.A.

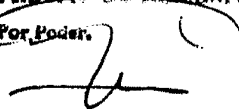
~~Alfonso de Euzkadi~~  
For Poder.  




Fig. 1.

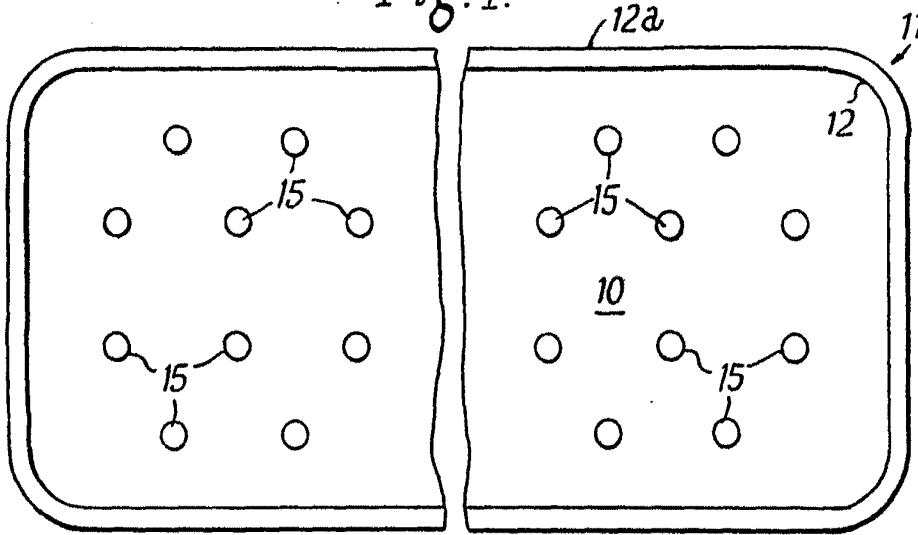
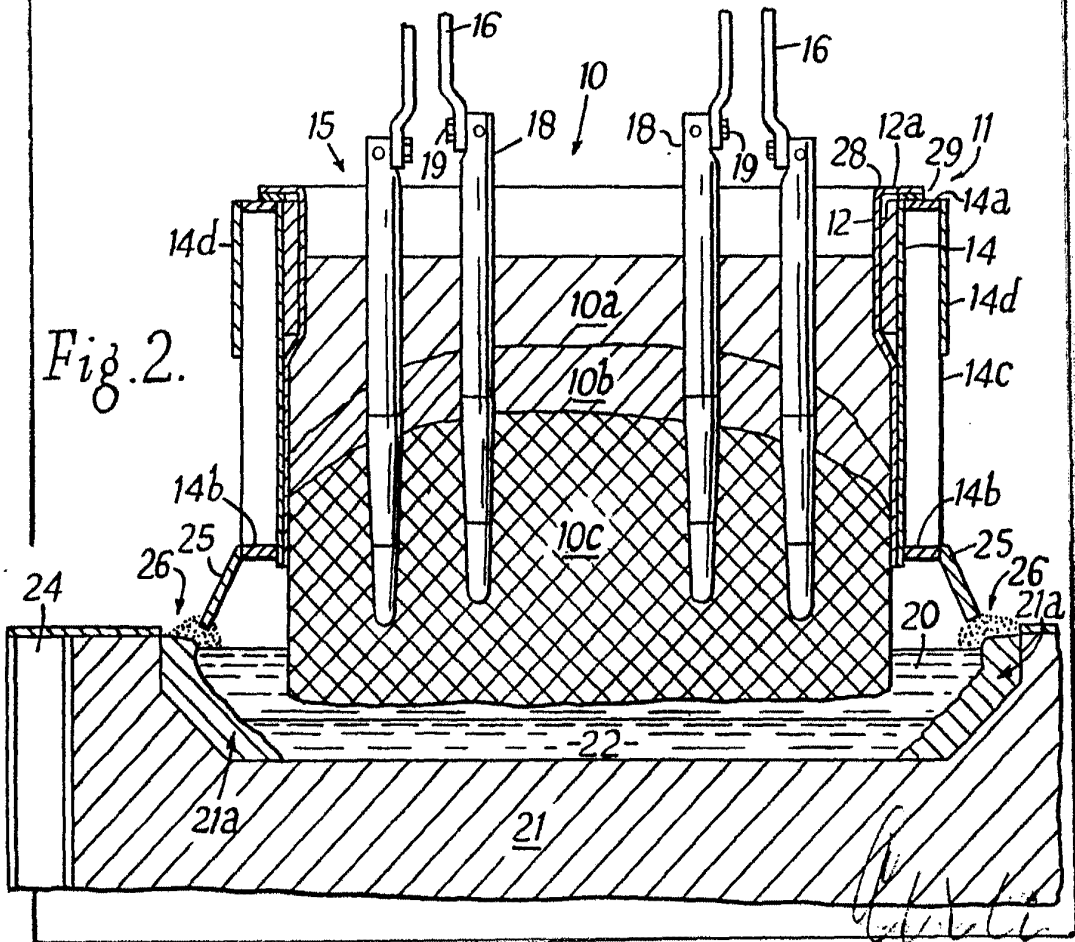
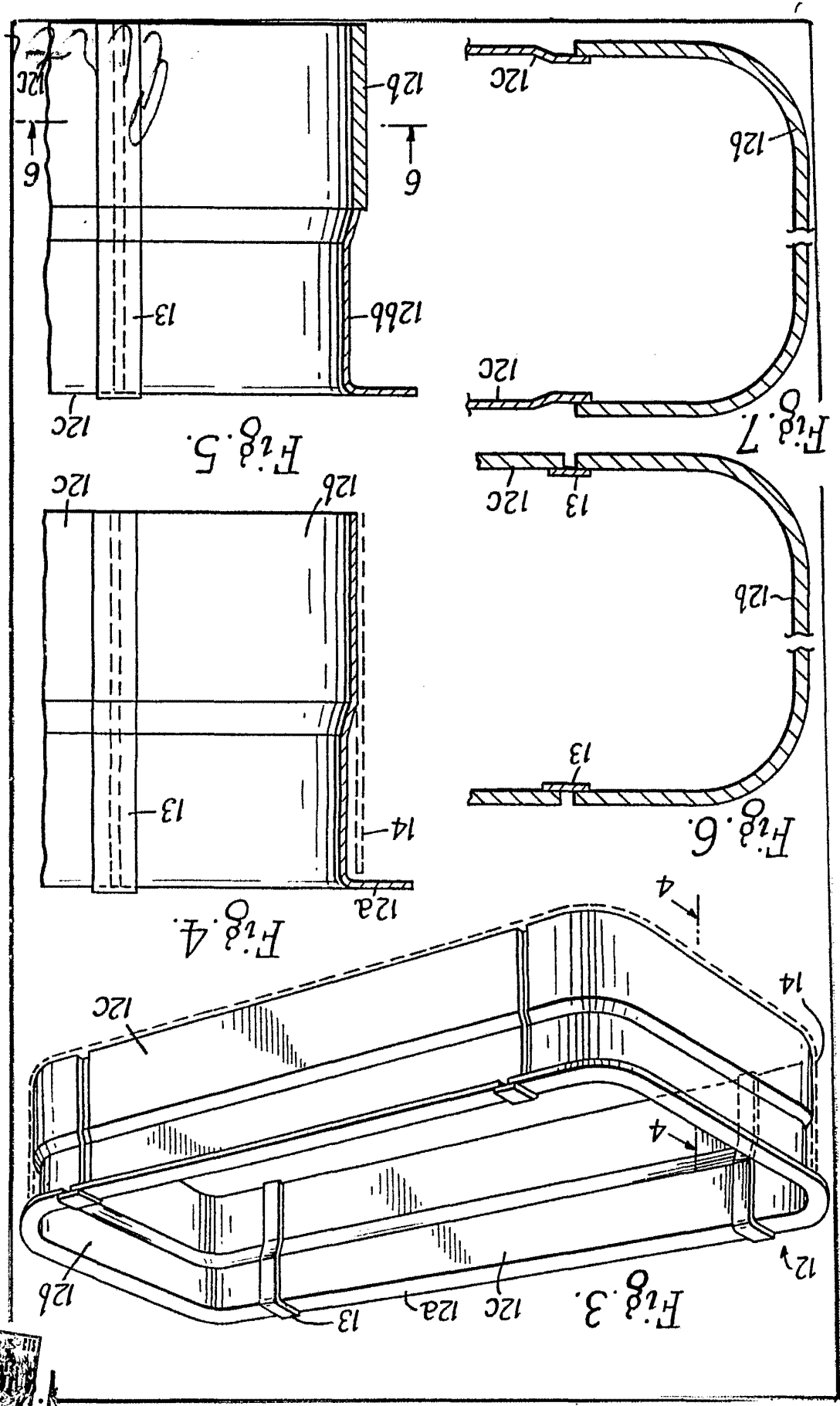


Fig. 2.





40247