



ES	(11) NUMERO	480356	A1
	(22) FECHA DE PRESENTACION		

PATENTE DE INVENCION

Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente descripción y según el contenido de la Memoria adjunta.

(30) PRIORIDADES: (31) NUMERO	(32) FECHA	(33) PAIS
PV 78 14676	11 de Mayo de 1.978	Francia.

(47) FECHA DE PUBLICIDAD	(51) CLASIFICACION INTERNACIONAL	(62) PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	C25C 3/00	

(54) TITULO DE LA INVENCION

PROCEDIMIENTO DE COMPENSACION DEL CAMPO MAGNETICO INDUCIDO POR LA FILA ADYACENTE EN LAS SERIES DE CUBAS DE ELECTROLISIS DE ELEVADA INTENSIDAD.

(71) SOLICITANTE (ES)

ALUMINIUM PECHINEY.

DOMICILIO DEL SOLICITANTE

28 rue de Bonnel, 69.003 LYON (Francia)

(72) INVENTOR (ES)

Paul MOREL, Ing., Jean-Pierre DUGOIS, Ing.

(73) TITULAR (ES)

(74) REPRESENTANTE

D. JOSE MIGUEL GOMEZ-ACEBO y POMBO

La presente invención se refiere a un procedimiento -
para compensar el campo magnético inducido por la fila adyacente
en las series de cubas de electrólisis ignea de elevada intensi-
dad, dispuestas en sentido transversal con respecto al eje de la
serie. En particular se aplica a las series de celdas de elec-
trólisis ignea para la producción de aluminio por electrólisis
de alúmina disuelta en criolita fundida.

La producción industrial del aluminio se opera por -
electrólisis ignea en cubas conectadas eléctricamente en serie,
de una solución de alúmina en criolita llevada a una temperatura
del órden de 950 a 1.000°C por efecto Joule de la corriente que
atraviesa la cuba.

Cada cuba comprende un cátodo rectangular que forma -
crisol, cuyo fondo está constituido por bloques de carbono sella-
dos sobre barras de acero denominadas barras catódicas, que sir-
ven para evacuar la corriente del cátodo hacia los ánodos de la
cuba siguiente. El sistema anódico, igualmente de carbono, se fi-
ja bajo una superestructura denominada "crueta" y se conecta a
las barras catódicas de la cuba anterior.

Entre el sistema anódico y el cátodo está el baño de -
electrólisis, es decir la solución de alúmina en criolita. El -
aluminio producido se deposita sobre el cátodo. Una capa de alu-
minio líquido de una veintena de centímetros de espesor es man-
tenida permanentemente en el fondo del crisol catódico para ase-
gurar un efecto de volante térmico.

Al ser el crisol rectangular, las barras anódicas que
soportan los ánodos, son en general paralelas a sus lados mayo-
res, mientras que las barras catódicas son paralelas a sus lados
menores, denominados cabezas de cuba.

Las cubas están colocadas según filas en sentido longi-

5 tudinal ó en sentido transversal, según que su lado mayor ó su lado menor sea paralelo al eje de la fila. Las cubas están conectadas eléctricamente en serie, conectándose las extremidades de la serie a las salidas positiva y negativa de una subestación eléctrica de rectificación y de regulación. Cada serie de cubas comprende un cierto número de filas conectadas en serie, siendo el número de filas, preferentemente, par a fin de evitar longitudes inútiles de conductores.

10 La corriente eléctrica que recorre los diferentes conductores: electrolito, metal líquido, ánodos, cátodos, conductores de conexión, crea campos magnéticos importantes. Estos campos inducen, en el baño de electrólisis y en el metal fundido contenido en el crisol, fuerzas denominadas de Laplace que, por los movimientos que engendran, son perjudiciales para la buena marcha de la cuba. El diseño de la cuba y de sus conductores de conexión es estudiado para que los campos magnéticos creados por las diferentes partes de la cuba y los conductores de conexión se compensen: se llega así a una cuba que tiene como plano de simetría el plano vertical paralelo a la fila de cubas y que pasa por el centro del crisol.

15 Sin embargo las cubas son igualmente sometidas a campos magnéticos perturbadores que provienen de la ó de las filas adyacentes. Se entiende por "fila adyacente" la fila más próxima de la fila considerada y por "campo de la fila adyacente", la resultante de los campos de todas las filas diferentes de la fila considerada.

25 En todo lo que sigue, se designará, según las convenciones habituales,

30 - la parte anterior y la parte posterior con referencia al sentido de la corriente eléctrica, en la serie,

-por Bx, By y Bz las componentes del campo magnético según los ejes Ox, Oy y Oz en un tiadro rectángulo directo cuyo centro O es el centro del plano catódico de la cuba, Ox es el eje longitudinal en el sentido de la cuba, Oy el eje transversal y Oz el eje vertical dirigido hacia arriba,

- lado interior de la cuba, el que está situado hacia la fila adyacente y lado exterior, el opuesto a la fila adyacente.

Anteriormente ya se han descrito procedimientos para compensar el campo magnético inducido por la fila adyacente:

. la patente francesa 1.079.131, a nombre de "Fechiney" describe un dispositivo de bucle demagnetizante para atenuar el campo de la fila adyacente, haciendo llegar, para cada fila, la corriente de retorno ya sea bajo la fila de cubas ó bién al centro de la hilera de dos filas de cubas. Este procedimiento, aunque eficaz, alarga considerablemente la longitud de los conductores.

. La patente USA 3.616.317 se aplica exclusivamente a series en las que las cubas se disponen en sentido longitudinal. Describe un dispositivo que consiste en colocar, sobre el lado externo de series agenciadas en dos filas paralelas, un conductor de compensación recorrido por una corriente continua de sentido opuesto al de la corriente de electrólisis en la serie adyacente, y de intensidad igual a 25 % aproximadamente de la corriente de electrólisis.

. Las patentes francesas 2.233.060 y 2.343.826, a nombre de "Aluminium Pechiney" describen igualmente procedimientos de compensación del campo magnético de la fila adyacente, pero operan cuba por cuba, y no sobre el conjunto de la fila, y no parten por tanto del mismo concepto inventivo.

Sin embargo, estos diferentes procedimientos no se adaptan en su mayoría, a la compensación del campo magnético inducido por la ó las filas adyacentes en las instalaciones más recientes donde la intensidad puede alcanzar e incluso sobrepasar 200.000 amperios.

Por tanto se llegaría, para conservar en el campo de la fila adyacente un valor aceptable, a aumentar sensiblemente la distancia entre filas. De este modo resultaría un aumento inaceptable de algunos gastos: terreno, infraestructura, longitud de los conductores de conexión entre filas de cubas que disminuirán la ganancia en la inversión permitida por la utilización de cubas de amperaje elevado.

El objeto de la presente invención es precisamente un procedimiento de compensación del campo magnético de la fila adyacente en las series de cubas de electrólisis de elevada intensidad, dispuestas en sentido transversal.

Esencialmente se caracteriza por la colocación, sin modificación de las cubas existentes, de al menos un conductor auxiliar, paralelo al eje Ox, situado en el plano de la intercara baño-metal, y lo más cerca posible del cajón, es decir de la envolvente metálica externa de la cuba, conductor por el que se hace pasar, en un sentido conveniente, una corriente continua de intensidad elegida de modo a asegurar la compensación buscada.

La figura 1 representa esquemáticamente, en sección transversal que pasa por el punto O definido más arriba, una cuba de electrólisis dispuesta en sentido transversal con respecto al eje de la serie, siendo por tanto el eje Ox perpendicular al plano de la figura. El cajón se representa en 1, la napa de aluminio líquido en 2, el electrolito en 3 y el sistema anódico en 4.

La figura 2 representa, esquematizada, una serie de cubas de electrólisis separadas en dos filas paralelas. Para simplificar el dibujo, solo se han representado cinco cubas por fila (A, B, C, D, E y S. T, U, V, W) pero, en la práctica industrial, es frecuente que cada fila comprenda una centena de cubas en serie.

Las figuras 3, 4 y 5 representan los diagramas de compensación del campo de la fila adyacente según tres variantes del procedimiento según la invención.

El campo magnético creado por una fila de cubas sobre una cuba de otra fila es vertical. Si M es un punto cualquiera de una cuba, el campo creado en M por la fila adyacente es de signo constante y decrece de forma muy ligeramente hiperbólica cuando el punto M se desplaza a partir del lado menor situado lo más cerca de la fila adyacente hacia el lado menor más alejado de la fila adyacente. Este campo se representa por la curva F de las figuras 3, 4 y 5 y corresponde a una fila adyacente situada del lado de las y positivas.

En la figura 2, se ha representado parcialmente una serie de cubas de electrólisis dispuestas en dos filas paralelas. El polo positivo de la fuente de corriente continua de electrólisis se conecta del lado denominado "cabeza" en 5 y el polo negativo al lado denominado "cola" en 6.

La cabeza de serie 5 se conecta al polo positivo del generador de corriente continua de electrólisis y la cola 6 se conecta al polo negativo de este mismo generador. Los conductores auxiliares destinados a compensar el campo de la fila adyacente están en 7, 7', del lado interior y 8, 8' del lado exterior de la serie. Se les puede reunir por medio del conector 9. La línea con trazo punteado 10 representa el recorrido de la corriente de elec

trólisis. A lo largo del lado interior de las cubas se ha dis-
puesto el conductor de compensación 7, 7' y lo largo del lado -
exterior de las cubas, el conductor de compensación 8, 8', pu-
diendo ser uno y otro alimentados de corriente continua, por se-
5 parado 6 por puesta en serie mediante el conductor 9 represen-
tado con trazo punteado, a partir de un rectificador auxiliar -
que proporciona una intensidad que puede ir hasta 30.000 amperios,
con una tensión relativamente pequeña que corresponde a la sola
caída de tensión en los conductores que puede ser por ejemplo,
10 del orden de 10 milivoltios por metro. La potencia disipada en
estos conductores de compensación es por tanto, en total, muy -
pequeña con respecto a la energía de electrólisis.

En la figura 3, se ha trazado el diagrama de los cam-
pos magnéticos en el caso en que el conductor de compensación
15 interior 7, 7', sea el único alimentado, a una intensidad de -
30 KA, circulando la corriente en el sentido opuesto al de la
corriente de electrólisis en la fila adyacente, por ende en el
mismo sentido que el de la fila adyacente.

Este conductor de compensación 7 crea por tanto sobre
20 cada cuba adyacente (A,B,C,D,E....) un campo vertical de sentido
constante y opuesto al del campo creado por la fila adyacente -
(S,T, U,V,W....) de intensidad decreciente de forma casi hiper-
bólica puesto que $B = \frac{2i}{d}$ (siendo B el campo magnético en 10^{-4}
TESLA, i la intensidad en kiloamperios y d la distancia en me-
25 tros), yendo del lado interior hacia el exterior. De hecho, es-
te campo de compensación es debido a la vez al conductor de com-
pensación adyacente 7 y al conductor de compensación equivalente
7' colocado sobre la fila adyacente. Se representa por la curva
G de la figura 3.

30 La curva H, que es la suma algébrica de F + G, repre-

senta el campo resultante.

En la figura 4, se ha trazado el diagrama de los campos magnéticos en el caso en que el conductor de compensación externa 8, 8' sea el único alimentado, a una intensidad de 22 KA, circulando la corriente en el sentido opuesto al de la corriente de electrólisis en la fila adyacente, por tanto en el mismo sentido que en la fila adyacente.

Este conductor crea sobre cada cuba adyacente (A, B, C, D, E) un campo vertical de sentido constante y opuesto al del campo creado por la fila adyacente y de intensidad decreciente de forma casi hiperbólica (puesto que $B = \frac{2i}{d}$) yendo del lado exterior hacia el lado interior de la cuba. De hecho, este campo de compensación se debe a la vez al conductor adyacente 8 de compensación de la cuba y, por otra, al conductor de compensación equivalente 8' instalado sobre la fila adyacente. Este campo se representa por la curva J de la figura 4.

La curva K que es la suma algébrica de F + J representa el campo resultante.

En la figura 5, se ha trazado el diagrama de los campos magnéticos en el caso en que los dos conductores de compensación 7, 7' y 8, 8' sean alimentados y puestos en serie por la conexión 9, siendo el sentido de la corriente en cada uno de ellos el mismo que en los dos casos anteriores y la intensidad fijada a 13 KA.

Estos conductores crean sobre la cuba un campo vertical de sentido constante y opuesto al creado por la fila adyacente y cuya intensidad es ligeramente más débil en el centro de la cuba (sobre el eje Ox) que sobre sus lados.

De hecho, este campo se debe a los dos conductores de compensación adyacentes a la cuba 7, 8 y a los conductores de com

pensación situados a lo largo de la fila adyacente 7', 8'.

5 El campo de compensación se representa por la curva L de la figura 4 y el campo resultante, suma algébrica de F + L se representa por la curva N. Para hacer la figura más legible, se ha adoptado para el eje de las ordenadas una escala mayor que para las figuras 3 y 4.

10 La intensidad bajo la que van a ser alimentados los conductores de compensación, debe determinarse con vistas a una compensación óptima; en la práctica, la compensación se obtiene con una corriente cuya intensidad no sobrepasa el 20 % de la intensidad de la corriente de electrólisis. Al poder ser asimilados los conductores de compensación a conductores infinitos, el campo que crean sobre la cuba en el punto M es prácticamente independiente de la abscisa de M.

15 Si se denomina: $B_F(M)$ el campo creado por la fila adyacente en M,

$B_C(M)$ el campo creado por los conductores de compensación en M,

el campo total $B_T(M)$ será igual a $B_F(M) + B_C(M)$.

20 El valor i de la intensidad en los conductores de compensación se elegirá de modo que el valor medio de B_T en el eje mayor de la cuba sea nulo, a partir de la relación $B = \frac{2i}{D}$.

El campo resultante se representa por las curvas H, K, N, respectivamente en las figuras 3, 4 y 5.

25 Se dispone por tanto de tres formas de realización del procedimiento, objeto de la invención, según que uno u otro ó los dos conductores de compensación sean alimentados.

30 Con la forma de realización de la invención, según la figura 3, que denominaremos "variante nº 1", el valor medio del campo B_T es del signo opuesto a B_F del lado interior y de igual

signo que B_p del lado exterior.

Con la forma de realización según la figura 4, que se denominará "variante nº 2", B_p es del mismo signo que B_p del lado interior y de signo opuesto del lado exterior.

5 Con la forma de realización según la figura 5, que se denominar "variante nº 3", el campo B_p es muy débil en todas partes.

Ahora se considerará una cuba en ausencia de fila adyacente: los conductores de alimentación de la cuba al igual que la propia cuba son simétricos con respecto al plano xoz. Resulta así que la componente vertical del campo de la cuba sin fila adyacente es "antisimétrica", es decir que si se cambia y por $-y$ y B_z cambia a $-B_z$. considerando la cuba cortada según su eje transversal, el valor medio de B_z en un lado de la cuba (por ejemplo del lado de las y positivas) es igual y de signo opuesto al valor medio de B_z en el otro lado.

15 Un criterio perfectamente conocido de buen funcionamiento de las cubas es que el valor medio de B_z sea lo menor posible. La elección entre una de las tres variantes de realización del procedimiento según la invención se realiza entonces del siguiente modo:

25 Se mide el valor medio del campo vertical de la cuba en la serie para la mitad interior y para la mitad exterior de la cuba, es decir $\overline{B_i}$ (cuba + fila adyacente) y $\overline{B_e}$ (cuba + fila adyacente). Se calcula lo que serían estos valores medios en ausencia de fila adyacente: es decir $\overline{B'_i}$ (sin fila adyacente) y $\overline{B'_e}$ (sin fila adyacente).

Se verifica que la relación de estos dos valores $\overline{B'_i}/\overline{B'_e}$ es poco diferente de -1 .

30 Se elige entonces aquella de las tres variantes para -

la que el valor medio del campo vertical de la cuba con la fila adyacente y los conductores de compensación sea el menor posible en valor absoluto en cada una de las semi-cubas, interior y exterior.

5 Es decir que si $\overline{B'i}$ (sin fila adyacente) es del mismo signo que el campo creado por la fila adyacente, se adoptará la primera variante (figura 3).

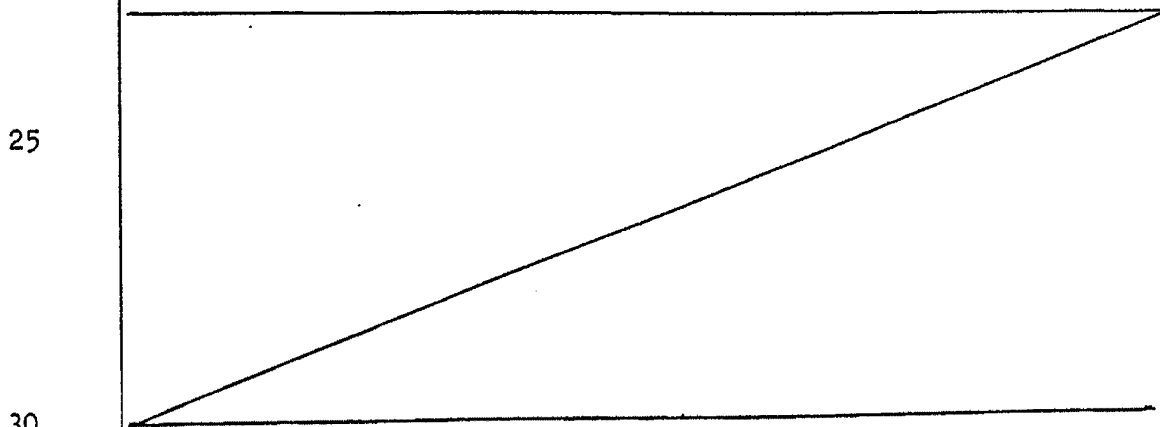
10 Si $\overline{B'i}$ (sin fila adyacente) es del signo opuesto al del campo creado por la fila adyacente, se adoptará la segunda variante (figura 4).

Si $\overline{B'i}$ (sin fila adyacente) es muy pequeño, por ejemplo, inferior al décimo del campo creado por la fila adyacente, se adoptará la tercera variante.

EJEMPLO

15 Se considera una serie de cubas de electrólisis que funcionan con 175 KA dispuestas en dos filas paralelas alejadas 50 metros de eje a eje. La longitud del sistema anódico es de 8,4 metros. Los conductores de compensación se colocan a 8 metros del centro de la cuba, del lado interior y/o del lado exterior.

20 El cuadro siguiente indica los valores del campo magnético vertical total B_T según cada una de las variantes utilizadas.



	Campo en 10^{-4} Teslas	Variante nº 1	Variante nº 2	Variante nº 3
5	Valor medio : del lado interior B_F B_C $B_T = B_F + B_C$	7,3 -9,3 -2,0	7,3 -5,3 2,0	7,3 -7,0 0,3
10	Valor medio : del lado exterior B_F B_C $B_T = B_F + B_C$	6,7 -4,7 2,0	6,7 -8,7 2,0	6,7 -7,0 0,3
15	Intensidad en el ó los conductores de compensacion	30 KA	22 KA	13 KA

20 La experiencia pone de manifiesto que el efecto de imantación (es decir el efecto de pantalla producido por las masas ferromagnéticas constituidas por el cajón, superestructura, barras catódicas y eventualmente la construcción), sobre el campo creado por la fila adyacente por una parte y sobre el campo creado por los conductores de compensación, por otra, es tal que el valor de la intensidad que corresponde a la anulación integral del campo real:

$$\int_P^Q B_T = 0$$

25 es poco diferente del que daría el cálculo despreciando el efecto de imantación.

REIVINDICACIONES

1.- Procedimiento de compensación del campo magnético inducido por la fila adyacente en las series de cubas de electrolisis de elevada intensidad, dispuestas en sentido transversal con respecto al eje de la serie, y destinadas en particular a -
5 la producción de aluminio, caracterizado porque se dispone, a lo largo de cada fila, del lado interior y/o del lado exterior, un conductor de compensación situado sensiblemente en el plano -
de la napa de aluminio líquido y cerca del cajón metálico de las
10 cubas, y porque se hace pasar una corriente continua por el conductor.

2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el conductor interior es alimentado por una corriente continua que circula en el mismo sentido que la corriente de electrolisis de la fila adyacente, y en sentido inverso de la -
15 corriente de electrolisis de la fila próxima.

3.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el conductor exterior es alimentado por una corriente continua que circula en sentido inverso de la corriente de -
20 electrolisis de la fila adyacente y en el mismo sentido que la corriente de electrolisis de la fila próxima.

4.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el conductor interior y el conductor exterior se conectan en serie y son alimentados por una corriente continua -
25 que circula, por el conductor interior, en el mismo sentido que la corriente de electrolisis de la fila adyacente y, por el conductor exterior, en el sentido inverso de la corriente de electrolisis de la fila adyacente.

5.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la intensidad i de la corriente, que circula por el
30

conductor de compensación es determinada, a partir de la relación $B = \frac{2 i}{d}$ de modo que la media del campo magnético total B_T sea nula en el eje mayor de la cuba.

5 6.- Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque se alimenta únicamente el conductor interior cuando el valor medio $\overline{B'_{i}}$ del campo vertical en ausencia de fila adyacente en la semi-cuba, del lado interior, es del mismo signo que el campo B_F creado por la fila adyacente.

10 7.- Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque se alimenta únicamente el conductor interior cuando el valor medio de $\overline{B'_{i}}$ del campo vertical en ausencia de fila adyacente en la semi-cuba del lado interior, es del signo opuesto al campo B_F creado por la fila adyacente.

15 8.- Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado porque el conductor interior y el conductor exterior son puestos en serie y alimentados de corriente continua cuando el valor medio $\overline{B'_{i}}$ del campo vertical en ausencia de fila adyacente en la semi-cuba, del lado interior, es aproximadamente igual ó inferior a $1/10$ del campo B_F .

20 9.- Procedimiento de compensación del campo magnético inducido por la fila adyacente en las series de cubas de electrolisis de elevada intensidad; tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria, e ilustrado en los dibujos adjuntos.

25

30

Esta Memoria consta de 14 hojas escritas a máquina -
por una sola cara.

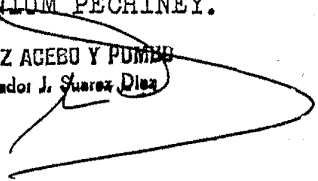
Madrid,

10 Mayo 1978

ALUMINIUM PECHINEY.

J. M. GOMEZ ACEBO Y PUMBO

En p. Firmador J. Suarez Diaz



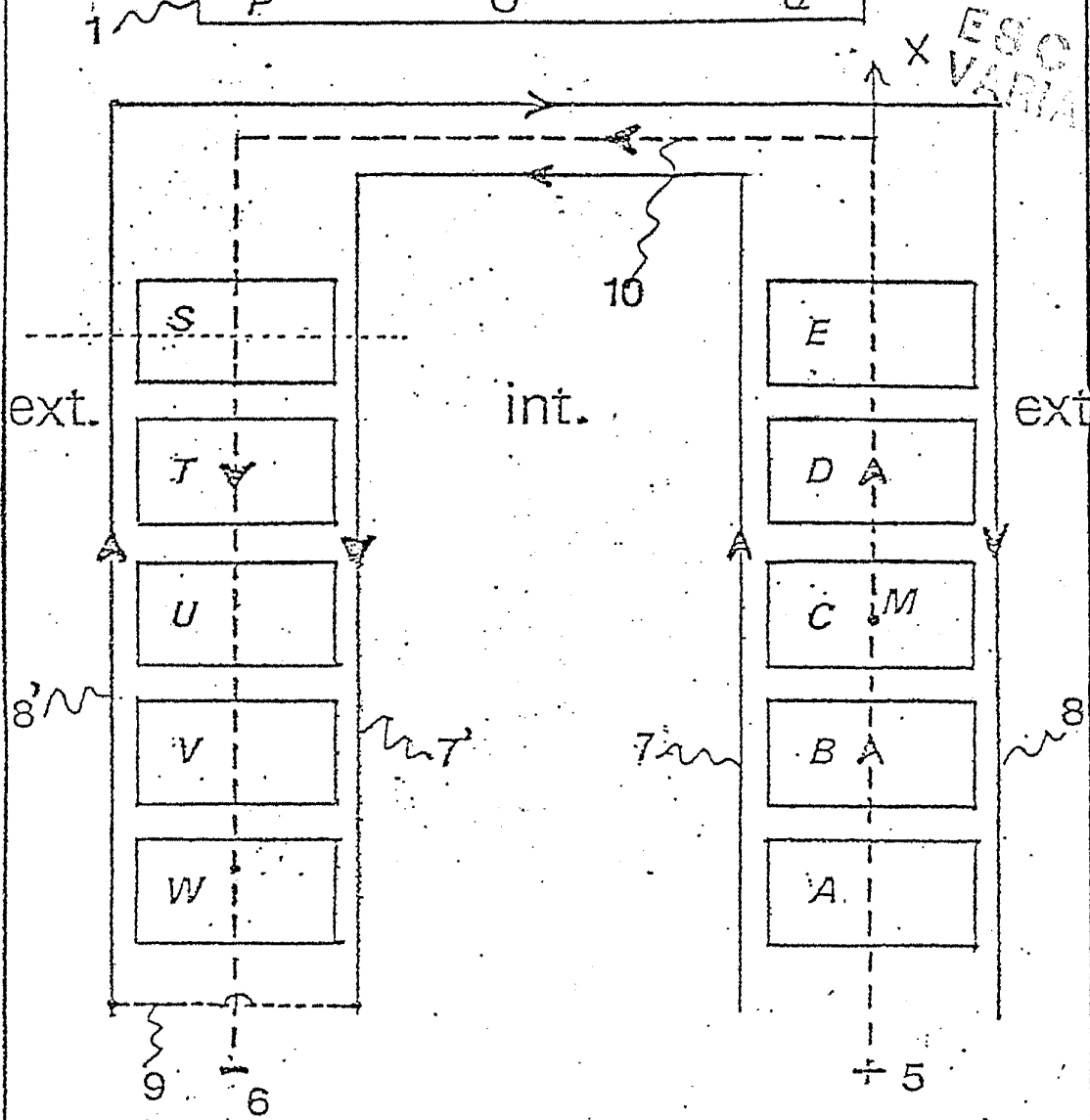
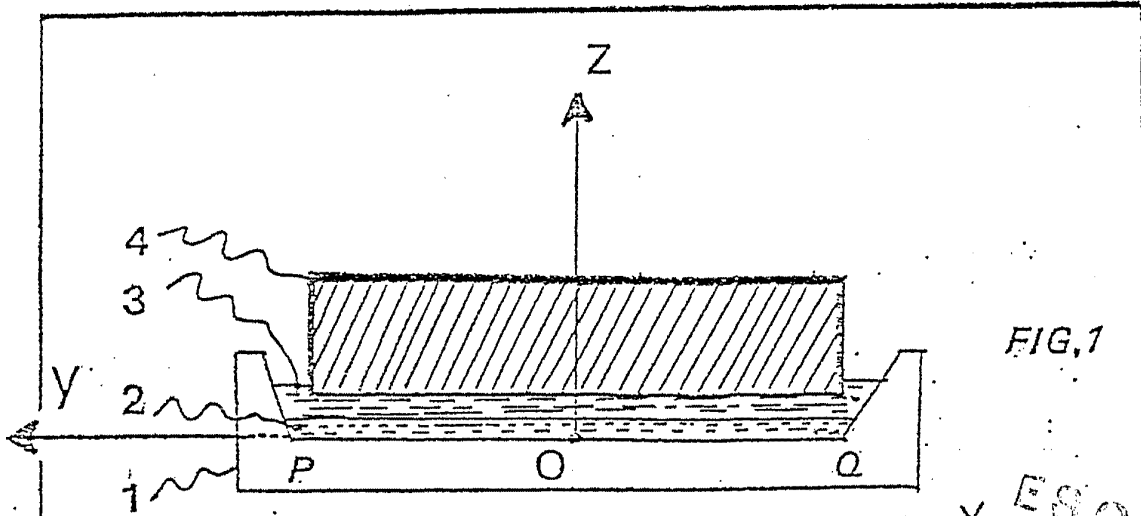


FIG. 2

MAR 1970 - D. 1070 1070

U. P. Kennedy J. Suarez 1970

