



PATENTE DE INVENCION

C46/U004500.

621.D

414096

Memoria Descriptiva

sobre:

Perfeccionamientos en bombas electromagnéticas.

====

Solicitante: UNITED KINGDOM ATOMIC ENERGY AUTHORITY, entidad inglesa, residente en 11 Charles II Street, Londres, S.W.1., Inglaterra.

====

La presente invención se refiere a una bomba electromagnética apropiada para bombear sodio fundido.

De un modo más particular, el invento se refiere a una bomba de inducción lineal anular que se puede utilizar, por ejemplo, para bombear sodio fundido a temperatu-

5.



- 2 - 414096

- ras que alcanzan hasta 650°C en situaciones donde no es posible la refrigeración. Una aplicación de preferencia para dicha bomba es su empleo como fuente energética para refrigerante de sodio en reactores nucleares de neutrones rápidos. Los diseños anteriores a éste invento de dichas bombas de inducción
5. lineal anulares han utilizado bobinas separadas en forma de disco colocadas alrededor del lado exterior de una corona circular de flujo. Para producir un campo radial de recorrido, las bobinas se activan empleando una fuente de energía eléctrica trifásica. En dicho dispositivo, numerando las bobinas desde un extremo del dispositivo de bobina, las bobinas números 1, 4, 7, etc, se pueden conectar a la fase 1, las bobinas números 2, 5, 8, etc., a la fase 2, y las bobinas números 3, 6, 9, etc., a la fase 3. Normalmente, cada bobina tendría un número de espiras y las bobinas en cada fase se conectarían en serie para adaptarse a una fuente de suministro de baja corriente y alto voltaje. Si se reduce el número de espiras por bobina a una, es necesario un suministro de mayor corriente y menor voltaje que exigen menor aislamiento.
- 10.
- 15.
20. El presente invento evita la necesidad de empalmes entre bobinas separadas y posibilita el considerar todos los aislamientos dentro de la gama cerámica para temperaturas muy elevadas. Además, el presente invento simplifica la fabricación de la bomba y permite que los devanados se sitúan en el interior de la corona circular de flujo si así se desea.
- 25.
30. Según otra característica del presente invento, se proporciona una bomba electromagnética para bombear sodio fundido, que se caracteriza porque un núcleo central se dispone en un alma en la carcasa de la bomba coaxial con el eje geométrico longitudinal del núcleo; se habilita un paso o conducto



do flujo anular entre la pared núcleo y la pared del ánima, disponiéndose un devanado helicoidal de tres arranques coaxial al eje geométrico longitudinal de dicho núcleo central.

5. A pesar de que, cuando se utilizan las bobinas separadas como en los diseños, anteriores a éste invento de bombas de inducción lineal anular, el campo recorre una línea recta paralela al eje geométrico de la bomba, el campo magnético en una bomba construida según el presente invento ejecuta una hélice, siendo la dirección de movimiento del campo siempre perpendicular a los devanados reales. Esto proporciona una fuerza que tiende a producir la rotación del líquido, v.g., sodio fundido, alrededor del eje geométrico de la bomba así como paralelo al mismo. Si se desea, se pueden habilitar deflectores rectos en la corona circular del flujo para evitar dicha rotación. No obstante, el devanado helicoidal permite además que las bombas se diseñen con un mayor número de pasos polares completos que en diseños anteriores y, por lo tanto, cualquier pérdida final puede ser de éste modo proporcionalmente menor que en dichos diseños anteriores a éste invento.
- 10.
- 15.
20. Utilizando un devanado helicoidal, no hay necesidad de empalmes entre bobinas separadas y, además, el devanado helicoidal se puede situar en el interior o en el exterior de la corona circular del flujo.
25. En una modalidad de preferencia del presente invento, un devanado helicoidal de tres arranques queda comprendido en canales en el núcleo del hierro central, formando al devanado una punta de estrella hacia un extremo de la bomba, pudiéndose conectar los extremos libres del devanado hacia el otro extremo de la bomba a una fuente de suministro eléctrico trifásico.
- 30.

414096



- 4 -

Aunque en esta modalidad de preferencia el devanado era en canales helicoidales en el núcleo de hierro central, simplificando de éste modo la fabricación, los devanados helicoidales se pueden situar, como variante, coaxiales al ánima por fuera de la misma o dispuestos sobre la pared interior del ánima.

5.

En una bomba de inducción lineal anular conocida, el núcleo de hierro central está compuesto por laminaciones radiales, quedando el plano de las laminaciones paralelo al eje del núcleo. Lo ideal sería que las laminaciones de una bomba de devanado helicoidal siguieran una hélice que en cualquier punto estuviera en ángulo recto a los devanados. Como esto parece ser de imposible fabricación, es preferible cortar unas cuantas ranuras helicoidales en la superficie del núcleo para interrumpir los trayectos principales de corrientes vagabundas, debiéndose aceptar las pérdidas adicionales. Un factor de compensación es el hecho de que la bomba funciona a temperaturas muy elevadas y la resistividad del hierro es aproximadamente siete veces la resistividad a las temperaturas del ambiente, reduciendo de éste modo considerablemente cualquier pérdida. Las pérdidas de histéresis son también menores a la temperatura elevada en el supuesto de que no se exceda de la densidad de flujo de saturación producida.

10.

15.

20.

El núcleo de hierro central de la modalidad de preferencia se mecaniza con una ranura o canal helicoidal de tres arranques. La anchura de la ranura es aproximadamente doble que la anchura polar y aproximadamente igual a la profundidad de la ranura, siendo el paso de la ranura aproximadamente equivalente al diámetro del núcleo, aun cuando puede ser menor en bombas de mayor tamaño. Aunque la bomba puede ser bastante larga en algunos casos, v.g., dos o más metros, el núcleo central

25.

30.



- puede mecanizar en longitudes convenientes y unirse. En la fabricación se aislan las ranuras y las caras polares se enmascaran durante esta operación o el aislamiento se rectifica con muela abrasiva de las caras polares ulteriormente. El devanado
5. adopta la forma de tiras de cobre planas, situándose varias tiras en cada ranura, facilitando esta "laminación" de un devanado dicha operación de devanado y reduciendo también las pérdidas de corrientes vagabundas. El espesor total del cobre se elige menor que la profundidad de las ranuras y en un extremo
10. del núcleo de hierro, los tres devanados se terminan y unen entre sí para formar una "punta de estrella". En el otro extremo, se dejan longitudes apropiadas de colas para unirse a una fuente de suministro de energía eléctrica trifásica. La superficie al descubierto del devanado de cobre se recubre entonces
15. con aislamiento.

- Dependiendo del hecho de que el núcleo de hierro central se utilice en un dispositivo de "reemplazamiento en húmedo" o "reemplazamiento en seco", se dispondrá respectivamente en una vaina de paredes dobladas ajustada, v.g., un tubo
20. de acero inoxidable, o un manguito fuerte con holgura. Por el término "reemplazamiento en húmedo" se entiende que la vaina se saca con el devanado y el núcleo, mientras que "reemplazamiento en seco" significa que el devanado y el núcleo se sacan sin romper el recipiente de sodio. No obstante, siempre se
25. conseguirá un mejor rendimiento de un dispositivo de "reemplazamiento en húmedo" porque el espacio de separación magnética entre el núcleo y el fluido que se bombea es menor y las pérdidas son menores que en un dispositivo de "reemplazamiento en seco".

- El presente invento se describe adicionalmente, a título de ejemplo, tomando como referencia los dibujos adjuntos,
- 30.

414096



- 6 -

en los que:

La figura 1 es una vista en sección transversal de una modalidad de bomba electromagnética fabricada según el presente invento.

5. La figura 2 es una vista en sección transversal longitudinal de parte de una segunda modalidad de bomba electromagnética construída según el presente invento.

La figura 3 es una vista tomada a lo largo de la línea de corte transversal II-II en la figura 1; y

10. La figura 4 es una vista en sección transversal longitudinal de una parte de una tercera modalidad de bomba electromagnética construída según el presente invento.

La modalidad de la bomba de inducción lineal anular ilustrada en las figuras 1 y 3, comprende una carcasa exterior

15. 1 que tiene una boca de admisión 2 y una boca de salida 3. En la carcasa exterior se dispone un manguito 4, v.g., un tubo cerrado por su extremo inferior y abierto al exterior de la carcasa 1 por el extremo superior, proporcionando el espacio de separación entre el manguito y la carcasa exterior un paso

20. de flujo anular 5 a través del cual, el líquido, v.g., sodio fundido, puede fluir desde la boca de admisión 2 hasta la boca de salida 3. Dentro del manguito 4 se dispone un devanado helicoidal de tres arranques 6 que se devana alrededor de un núcleo de hierro central 7. En el extremo inferior, v.g., según

25. se observará en la figura 3, del núcleo de hierro central 7, los devanados terminan y se empalman entre sí en "punta de estrella" 6a. Los extremos libres 8 del devanado, en el extremo superior del núcleo, se dejan libres no obstante para conectarse a una fuente de suministro de energía eléctrica trifásica. Un núcleo

30. de hierro exterior 9 alrededor de la carcasa 1 es también



evidente.

5. El manguito 4 y la carcasa exterior 1 tienen en sus extremos superiores, según se observará en la figura 1, rebordes 10 y 10a respectivamente. Estos bordes 10 y 10a se acoplan herméticamente entre sí cerrando la carcasa exterior 1 al exterior. Si se necesitará reemplazar el núcleo central o devanado, esta operación se puede efectuar quitando el manguito y el núcleo y reemplazándolo por un nuevo componente. Por lo tanto, dicho dispositivo es un dispositivo de "reemplazamiento en húmedo".

10. Para interrumpir las corrientes vagabundas principales producidas en la superficie del núcleo 7, se forman ranuras helicoidales 11 en la superficie del núcleo, teniendo el recorrido de las ranuras una dirección de rotación opuesta al devanado 6. Lo ideal sería que las ranuras cruzaran el trayecto del devanado en ángulo recto al mismo.

15. En la práctica, el campo magnético producido por los devanados helicoidales 6 se mueve a lo largo de un trayecto helicoidal haciendo que el líquido, v.g., sodio fundido, se desplace desde la boca de admisión 2 hasta la boca de salida 3 por la corona circular de flujo 5. Unos deflectores 12 (figura 3) se habilitan en la corona circular de flujo 5 y adoptan la forma de nervaduras alargadas que se fijan sobre la superficie interior de la carcasa 1 y se extienden paralelas al eje geométrico longitudinal de la bomba, suprimiendo estos deflectores se pueden disponer, como variante, sobre el manguito 4 o se pueden omitir de la construcción para permitir un flujo helicoidal.

20. En la figura 2 se ilustra una segunda modalidad de bomba electromagnética en sección longitudinal. Esta modalidad

25.

30.

414096



- 8 -

- tiene un núcleo central 12 que tiene un ánima central 13. El núcleo central 12 tiene una ranura helicoidal de tres arranques 14 cortada en su superficie exterior dejando polos 15 entre sí. La anchura de la ranura es aproximadamente doble a la anchura polar y aproximadamente igual a la profundidad de la ranura.
5. Asimismo, el paso es aproximadamente igual al diámetro del núcleo, fondo y lados 16 y 17, respectivamente, de la ranura, aislándose con un recubrimiento 24 de alúmina pulverizada a la llama. Durante esta operación de fabricación, las caras polares 15 se enmascararán aún cuando, como variante, se puede rebajar la alumina con muela abrasiva eliminándose de las caras polares en una operación ulterior. Se puede utilizar otra forma de aislamiento, v.g., cemento Brimor. Los devanados 18 adoptan la forma de tiras de cobre planas 19 que se enrollan o depositan en las ranuras, situándose varias tiras en una ranura.
10. Este "laminado", de los devanados facilita la operación de arrollamiento y reduce también las pérdidas de corrientes vagabundas, eligiéndose el espesor total del devanado de cobre menor que la profundidad de la ranura. En un extremo del núcleo de hierro, terminan los tres devanados de la bobina helicoidal, indicados en la figura 2 por las letras (R, Y y B), y se empalman entre sí con soldadura fuerte, para formar una "punta de estrella" según se ilustra en la figura 3. Una capa de aislamiento 24 se aplica en las superficies expuestas de los devanados de cobre, asegurándose que las caras polares 15 permanezcan limpias. El núcleo se sitúa en un ánima de la carcasa de hierro exterior 21, teniendo el ánima de la carcasa 21 un revestimiento interior de tubo de acero inoxidable 23 siendo el diámetro del núcleo 12, que queda comprendido en una vaina de
15. acero inoxidable 22, de la magnitud necesaria para que exista
- 20.
- 25.
- 30.



un paso de flujo anular pequeño 20 entre el tubo y la vaina (23,22).

5. Cuando el devanado helicoidal de tres arranques se conecta a una fuente de energía eléctrica trifásica, el campo magnético producido hace que el líquido v.g., sodio fundido, se desplace a través de la corona circular de flujo 20 en la dirección indicada por las flechas, actuando de éste modo como una bomba. El ánima central 13 en el núcleo de hierro, se puede utilizar para un tubo de flujo de retorno o cualquier otra finalidad que se desee. Posiblemente el ánima 13 se podría utilizar para fines de refrigeración.

10. Una utilización del invento consiste en introducir un núcleo, como en la modalidad ilustrada en la figura 2, en la cavidad de control de una barra combustible de un reactor de neutrones rápidos, sirviendo el devanado helicoidal, cuando se activa, para bombear el líquido a lo largo de la cavidad a través del espacio de separación anular entre la cavidad de control de la barra combustible y la superficie exterior del núcleo.

15. Una parte de una tercera modalidad de bomba electromagnética se ilustra en sección longitudinal en la figura 4. Esta tercera modalidad es similar a la segunda modalidad ilustrada en la figura 2, por lo que se han empleado los mismos números de referencia para indicar componentes equivalentes. La única diferencia es que los devanados de cobre 18 no se forman en un canal helicoidal de tres arranques en la superficie exterior del núcleo central 25, sino que se habilitan en un canal helicoidal de tres arranques 27 formado en la superficie interior de la carcasa 26, v.g, directamente fuera de la corona circular del flujo 20.

20. Unos deflectores similares a los utilizados en la moda-

25.

30.

414096



- 10 -

5. lidad ilustrada en las figuras 1 y 3, se pueden emplear si así se desea en cualquiera de las modalidades ilustradas en las figuras 2 y 4, y también se pueden habilitar ranuras helicoidales en la modalidad de las figuras 2 y 4 para interrumpir las corrientes vagabundas, aunque en el caso de la modalidad de la figura 4, las ranuras se forman en la pared del ánima.

10. El tamaño necesario del devanado, se puede determinar por cálculo cuando se ha decidido el gradiente de presión necesario para la bomba. Una vez que se ha decidido este gradiente de presión necesario, se puede determinar la potencia del campo magnético para producir dicha presión y, por lo tanto, la corriente necesaria para producir dicho campo. Conociendo la corriente, el tamaño del devanado se puede determinar entonces por disipación de calor y consideraciones de transferencia.

15. La elección de las dimensiones para la corona circular del flujo es un término medio puesto que un espacio de separación más ancho exige más corriente para producir el campo requerido y un espacio de separación estrecho produce una mayor caída de presión o una menor velocidad del flujo de líquido.

20.

N O T A

25. Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental. También se hace constar que el invento corresponde a una solicitud de patente presentada en Inglaterra con el nº 19490/72 de 26 de abril de 1972, acogiéndose por lo tanto a los beneficios que conceden los Convenios Internacio-

30.



nales en vigor, siendo lo que constituye la esencia del referido invento y por lo que se solicita PATENTE DE INVENCION por 20 años en España sobre: PERFECCIONAMIENTOS EN BOMBAS ELECTRO MAGNETICAS; caracterizándose por lo siguiente:

5. 1.- Perfeccionamientos en bombas electromagnéticas, utilizadas para bombear sodio fundido, caracterizados porque se dota a cada bomba de un núcleo central que se dispone en un ánima en una carcasa de bomba coaxial al eje longitudinal del núcleo; un paso de flujo anular que se forma entre la pared del núcleo y la pared del ánima; disponiéndose un devanado helicoidal de tres arranques coaxial al eje longitudinal de dicho núcleo.
10. 2.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque el devanado helicoidal de tres arranques se situa en el interior del conducto de flujo anular.
15. 3.- Perfeccionamientos según la reivindicación 2, caracterizados porque el devanado helicoidal de tres arranques se situa en una ranura helicoidal de tres arranques que corre en la superficie del núcleo central.
20. 4.- Perfeccionamientos según la reivindicación 3, caracterizados porque se habilitan ranuras helicoidales en la superficie del núcleo central, encontrándose el trayecto helicoidal de dicha ranura alrededor del eje longitudinal del núcleo en un sentido de rotación opuesto al trayecto de dicha ranura helicoidal.
25. 5.- Perfeccionamientos según la reivindicación 4, caracterizados porque el trayecto helicoidal de dichas ranuras cruza la ranura helicoidal en ángulo recto a las mismas.
30. 6.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque el devanado helicoidal de tres arranques

414096



- .12 -

se sitúa en el exterior del paso de flujo anular.

5. 7.- Perfeccionamientos según la reivindicación 6, caracterizados porque el devanado helicoidal de tres arranques se sitúa en una ranura helicoidal de tres arranques formada en la pared del ánima.

10. 8.- Perfeccionamientos según la reivindicación 7, caracterizados porque las ranuras helicoidales se forman en la pared del ánima siguiendo las ranuras un sentido de rotación alrededor del eje longitudinal del núcleo opuesto al trayecto de dicha ranura helicoidal.

9.- Perfeccionamientos según la reivindicación 8, caracterizados porque el trayecto helicoidal de las ranuras cruza la ranura helicoidal en ángulo recto a la misma.

15. 10.- Perfeccionamientos según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5 ó 7 a 9, caracterizados porque las regiones comprendidas entre lugares de ranuras adyacentes, tomadas en dirección paralela al eje longitudinal del núcleo, forman caras polares electromagnéticas siendo la anchura de la ranura aproximadamente doble que la anchura de la cara polar tomada en dicha dirección paralela al eje longitudinal del núcleo y aproximadamente igual a la profundidad del polo.

20. 11.- Perfeccionamientos según la reivindicación 10, caracterizados porque el paso de la ranura es aproximadamente igual al diámetro del núcleo.

25. 12.- Perfeccionamientos según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5 ó 7 a 11, caracterizados porque se dispone una capa de medio de aislamiento eléctrico que recubre las paredes y la base de la ranura, descansando el devanado sobre esta capa de aislamiento, recubriéndose la superficie expuesta del devanado en un medio aislante, pero manteniéndose la pared del núcleo o del ánima, entre regiones adyacentes de

30.





la ranura exenta de medio aislante.

13.- Perfeccionamientos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizados porque el devanado se forma empleando tiras de cobre planas laminadas.

5.

14.- Perfeccionamientos según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5 ó las reivindicaciones 10 a 13, caracterizados porque una vaina ajustada de paredes delgadas aloja el núcleo central en el ánima.

10.

15.- Perfeccionamientos según la reivindicación 14, caracterizados porque la vaina se fabrica de tubo de acero inoxidable.

15.

16.- Perfeccionamientos según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, o las reivindicaciones 10 a 13, caracterizados porque el núcleo se sitúa en un ánima en la carcasa de la bomba en un tubo que se cierra por un extremo y se abre al exterior de la carcasa de la bomba por su otro extremo.

20.

17.- Perfeccionamientos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizados porque se habilitan defleotres en forma de elementos alargados, dirigidos prácticamente paralelos al eje longitudinal del núcleo en el paso de flujo anular.

25.

18.- Perfeccionamientos según la reivindicación 16, caracterizados porque los elementos alargados se fijan a la pared del ánima.

19.- Perfeccionamientos en bombas electromagnéticas, tales como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria, y en los dibujos adjuntos.

Madrid,

22 SET. 1975

UNITED KINGDOM ATOMIC ENERGY AUTHORITY,

J. GOMEZ ACEDO Y MOJER

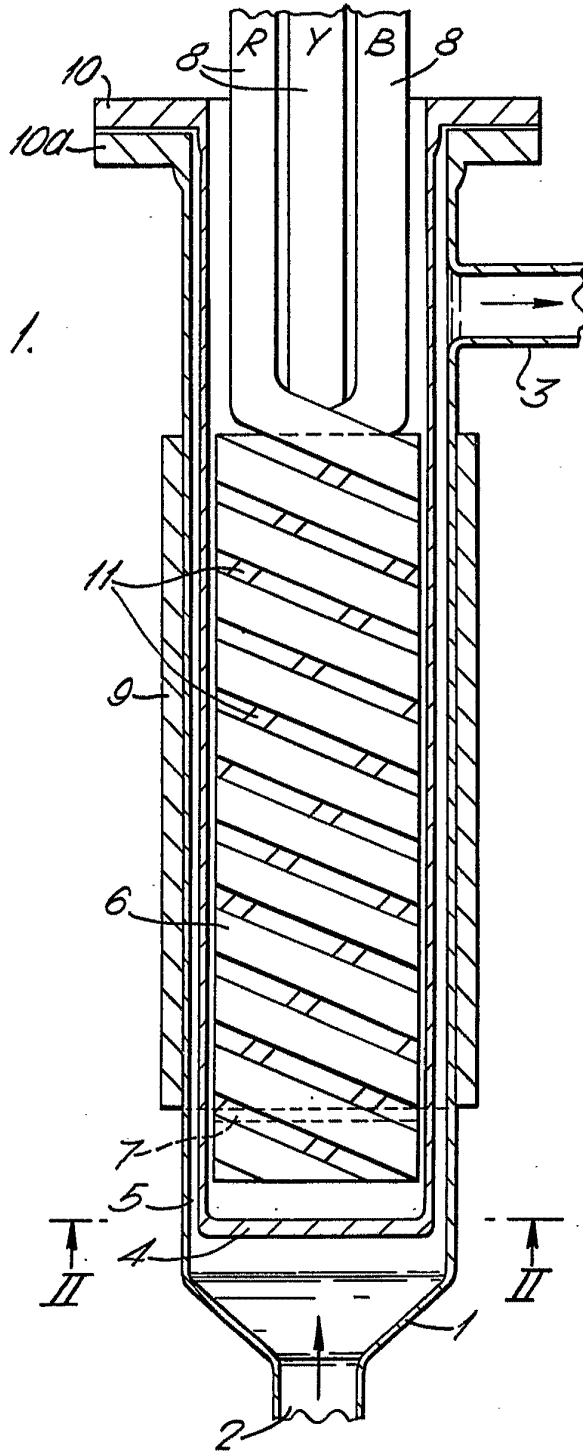
p. p. Firmado: L. García Fernández





414096

Fig. 1.



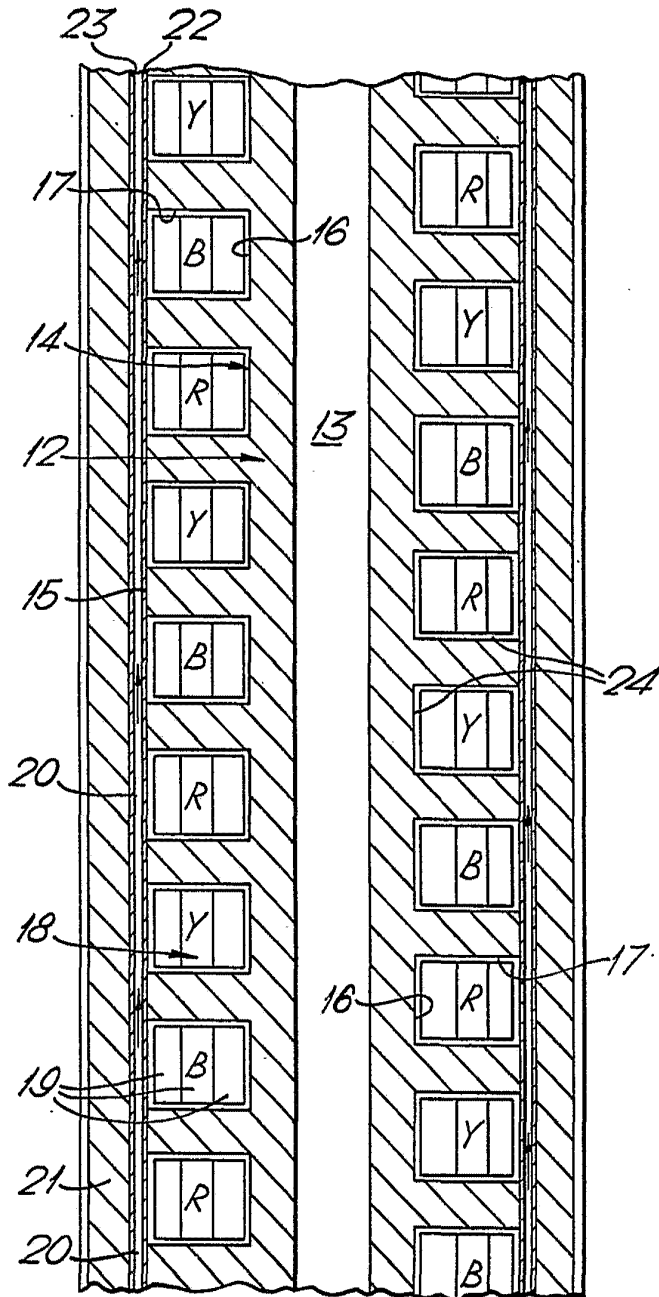
Madrid 2 SET. 1975

GOMEZ ACEDO Y MODEST
C. B. Flomador L. Gacia Fernánlez

414096



Fig. 2.



22 SET. 1975

J. GOMEZ ACEDO Y MOBER
p. p. Firmado: L. Gacía Fernández

414096



22 SET. 1975

Fig.3.

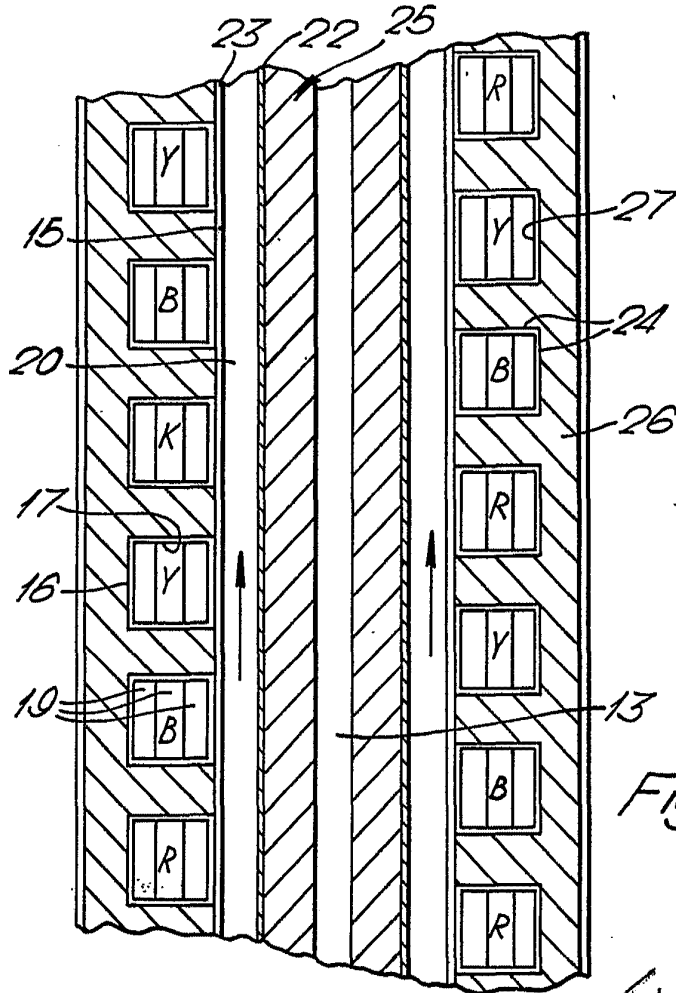
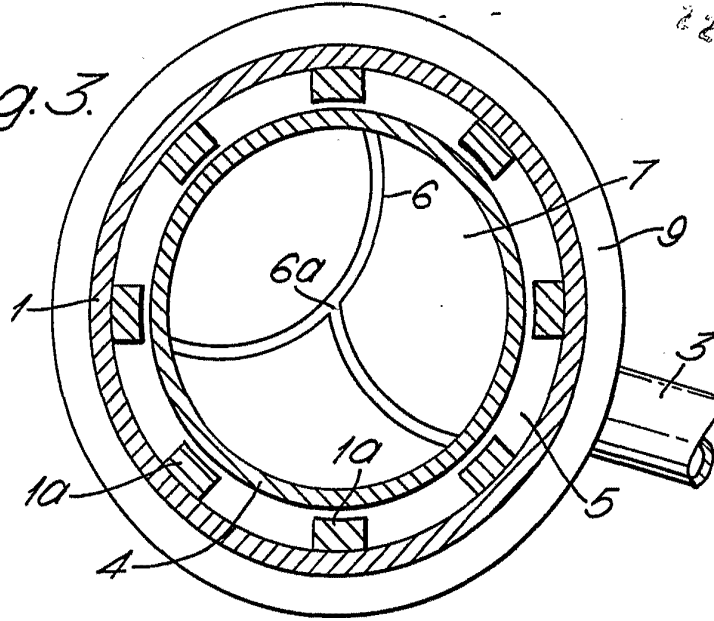


Fig.4.

22 SET. 1975

J. GOMEZ ACEDILLO Y ROJAS
p. p. Firmador: L. Goñiz Fernández