

P - 34.615

B. 1892. 3 JCM/LD



338304

**Memoria descriptiva**

para solicitar PATENTE DE INVENCION por 20 años

a nombre de COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

entidad / ~~de nacionalidad~~ francesa

con domicilio en 29, rue de la Fédération, París, Francia,

por: "DISPOSITIVO DE ELECTRODO COMPUESTO"



La presente invención de David Yerouchalmi, se refiere a un electrodo compuesto para tobera de conversión magnetohidrodinámica. Ciertos generadores de electricidad por efecto magnetohidrodinámico, en abreviatura MHD, que funcionan en ciclo abierto, comprenden una tobera de sección rectangular donde gases de combustión, llevados a 2700-3000°K por oxigenación en exceso o por adición de aire secundario a temperatura elevada, son ionizados por una siembra alcalina y adquieren así una conductividad eléctrica del orden de 10 a 40 mho.m. Circulando a velocidades de aproximadamente 700-800 m/s en un campo magnético intenso (superior a 2 Teslas) normal a dos de las paredes opuestas de la tobera, que deben ser eléctricamente aislantes, estos gases sembrados se hacen asiento de una corriente eléctrica sensiblemente perpendicular al sentido de su desplazamiento así como a la dirección del campo magnético, según la ley de Laplace. Esta corriente puede ser recogida sobre un circuito exterior de carga con la condición de que las dos paredes restantes y opuestas de la tobera sean eléctricamente conductoras, y de que el contacto eléctrico entre los gases calientes sembrados y la cara frontal del electrodo se haga sin caída notable de la tensión.

Semejante calidad de contacto eléctrico no puede tener lugar más que si la capa límite gaseosa entre la pared conductora que se llama electrodo MHD, y los gases está a temperatura elevada, es decir, que el propio electrodo tenga una superficie muy caliente. Para que una cara frontal de electrodo esté a alta temperatura, es preciso entre otras circunstancias que para un cierto régimen de funcionamiento MHD el paso del flujo térmico a través de



la pared de este electrodo esté bloqueado por un aislamiento térmico apropiado. Este aislamiento puede por otra parte concebirse para determinar la temperatura de la cara frontal del electrodo cualquiera que sea el régimen térmico de la tobera.

Se encuentra que se debe operar con temperaturas de caras frontales de electrodos del orden de 1900-2000°K. Primeramente para poder utilizar con un margen de seguridad suficiente de resistencia pirosfópica y a la corrosión ciertos materiales, después para funcionar con las cuatro paredes de la tobera MHD a la misma temperatura, para evitar perturbaciones en la circulación de los gases sembrados. Es preciso hacer notar, en efecto, que la temperatura de las caras calientes de las paredes aislantes eléctricamente debe situarse entre 1900 y 2000°K imperativamente. Por encima ya no hay materiales suficientemente aislantes en las condiciones MHD (conductividad eléctrica de los aislamientos inferior a 5 mho.m) y los cortocircuitos de paredes se hacen extremadamente molestos. Por debajo, el punto de rocío o punto de licuefacción de los alcalinos está próximo y se corre el riesgo de los mismos cortocircuitos por depósito de siembra sobre paredes insuficientemente calientes.

Para mantener las caras frontales de las cerámicas a 1900°-2000°K, con gases a 2700-3000°K circulando en la tobera MHD a velocidades del orden de 700 - 800 m/segundo, es evidentemente indispensable refrigerar la aplicación de estas cerámicas (cuyo espesor dependerá a su vez de su conductividad térmica y del flujo térmico que estarán forzadas a evacuar), en general por una co-



riente de agua cuya temperatura es del orden de 350°K.

Un enfriamiento controlado de la aplicación de las cerámicas se obtiene por la fijación de las mismas por embridado mecánico, soldadura cerámicometal, o ambos, sobre una caja de cobre refrigerada.

5

Si, a título de ejemplo no limitativo, la cerámica pertenece a circones conductores de electricidad, el cálculo muestra que con un flujo térmico de 60 - 70 watios/cm<sup>2</sup> (tobera experimental) el espesor de la cerámica es de aproximadamente 100 mm: es posible construir paredes ce-

10

rámicas por piezas monolíticas sinterizadas de este espesor. Pero el espesor se reduce a 1 mm-1,5 mm, cuando el flujo es de 400 a 500 watios/cm<sup>2</sup> (tobera industrial de 500 MW térmicos). Así pues ya no se trata de considerar piezas de cerámica densa de 1 a 1,5 mm de espesor que tengan una solidez mecánica suficiente para durar varios centenares de horas. La presente invención se dirige a la concepción de un electrodo compuesto que responde mejor que los anteriormente considerados a las exigencias de la práctica, especialmente porque responde a las diversas condiciones anteriores, en particular por su resistencia al choque térmico y su capacidad de evacuar flujos térmicos elevados para conservar una temperatura de cara frontal suficientemente pequeña.

15

20

Con este fin, la invención propone un electrodo que comprende, por una parte, una caja de material conductor del calor, mantenida a baja temperatura y provista en una cara de una compartimentación de tabiques que delimita alvéolos, y, por otra parte, unos adoquines de cerámica denwa encajados en dichos alvéolos, estando dichos adoqui-

25

30

338304



nes unidos a dicha caja por elementos metálicos que aseguran el paso de la electricidad de la cara frontal del electrodo a la caja metálica.

5 En un modo de realización preferido de la invención, la compartimentación está constituida por tabiques y placas separadas por los tabiques y dispuestas ortogonalmente a ellos, ensanchándose las placas hacia la cara frontal para retener los adoquines y estando ancladas en la caja.

10 La invención consiste igualmente en otras disposiciones, ventajosamente utilizables en unión con las precedentes, pero que pueden serlo independientemente. Todas estas disposiciones aparecerán mejor en la lectura de la descripción que sigue de modos de puesta en práctica de la invención dados a título de ejemplos no limitativos. La descripción se refiere a los dibujos que la acompañan, en los cuales:

20 La figura 1 es una vista parcial de una tobera provista de un electrodo según la invención, representada en corte según un plano perpendicular al sentido de flujo.

La figura 2 es una vista en perspectiva parcialmente despiezada del electrodo mostrado en la figura 1.

25 La figura 3 es una vista en alzado de un electrodo en corte parcial según su plano medio.

La figura 4 es una vista en perspectiva parcialmente despiezada de un electrodo según una variante de la invención.

30 La figura 1 muestra una fracción de tobera LHD representada en corte transversalmente al sentido de cir-

29 APR 1967

culación de los gases. Esta tobera comprende dos electrodos opuestos, de los cuales está representado uno solo 10, y dos paredes aislantes, igualmente opuestas, de las cuales está parcialmente representada una sola 12. La pared aislante es del tipo descrito en la solicitud de patente depositada este día a nombre del solicitante por "Un dispositivo de pared eléctricamente aislante". El electrodo 10, representado en la figura 2 en perspectiva, comprende una caja 14 de material conductor (de cobre, por ejemplo) en la cual está dispuesto un conducto 16 de circulación de agua de refrigeración (figura 1). Entre la pared aislante 12 y la caja 14 del electrodo 10 están interpuestas unas placas aislantes 18, de cerámica por ejemplo.

En la cara frontal de la caja 14 están cortadas dos series de ranuras 20 y 22 de recepción de una compartimentación de tabiques, dispuestas en ángulo recto. Las ranuras 20, paralelas al sentido de paso de los gases, presentan una sección recta en cola de milano. Por el contrario, las ranuras 22, ortogonales a las precedentes, presentan una sección recta rectangular. En las ranuras 22 se introducen unos tabiques 24 de caras paralelas que toman apoyo por sus bordes laterales 39 contra las dos paredes longitudinales 38. Unas placas 28 que presentan una base de forma correspondiente a la de las ranuras 20, son enfiladas y retenidas en ellas; son separadas e inmovilizadas en traslación por los tabiques 24 y dos bridas planas, tales como 30, fijadas a la caja 14 por tornillos 32. La parte de las placas 28 que sobresale de las ranuras presenta una sección recta que va ensan-

18.4.67



chándose para delimitar con los tabiques unos alvéolos 34 de fondo rectangular que van estrechándose a partir de la caja 14.

5 Para asegurar una buena conducción térmica entre la caja 14, por una parte, los tabiques 24 y placas 28, por otra parte, se realiza entre ellos una unión con estaño, como se verá más adelante.

10 Se realiza así una compartimentación metálica que está refrigerada por el fluido que circula por el conducto 16 de la caja. Cada uno de los alvéolos 34 de esta compartimentación de tabiques recibe un adoquín 36 de cerámica de circon por ejemplo, que es aprisionado por las placas que impiden su arrancamiento. Los adoquines son de cerámica densa, poco porosa por tanto, para no ser im-  
15 pregnables por la siembra; se preparan generalmente por sinterización.

La altura H, el lado D de los adoquines 36 y el espesor de las compartimentaciones metálicas se calculan para asegurar el paso del flujo térmico correspondiente a  
20 la potencia térmica inyectada en la tobera MHD, manteniendo al propio tiempo para las caras frontales de las cerámicas una temperatura que no excede de 1900-2000°K: A título no limitativo, los valores  $D = 16 \text{ mm}$  y  $H = 12 \text{ mm}$  son utilizables para un flujo térmico de 40 a 50 watios/  
25  $\text{cm}^2$  cuando la cerámica es circon.

El contacto térmico puede ser excelente entre los adoquines cerámicos densos 36, fabricados con precisión, y las placas metálicas 28, fabricadas con la misma precisión. La conducción térmica puede aún ser mejorada  
30 por el depósito de capas intersticiales y laminares cons-



tituídas por una película de plata.

El empleo de cerámicas densas sinterizadas se ha  
ce estructuralmente posible por la supresión de la limita-  
ción que constituiría, en el caso de un espesor cerámico  
5 constante en toda la cara frontal, el espesor límite en  
el sentido del flujo térmico: si la dimensión lateral D  
del adocquín (pudiendo considerarse D como el lado, si la  
base del adocquín es cuadrada, el diámetro si se trata de  
un círculo, la mediatriz si se trata de un exágono, etc.,  
10 .....) es suficientemente pequeña, hay evacuación late-  
ral importante de calor desde las caras superficiales de  
la cara frontal, sin que se imponga ninguna limitación  
molesta sobre la profundidad H, que puede ser elevada.

Los elementos de cerámica 36 llevan en su parte  
15 inferior una ranura 37 en la cual va a situarse un ele-  
mento metálico, por ejemplo de forma triangular 41, cuya  
base se ancla en la caja metálica 14 en la que se ha prac-  
ticado a tal efecto una ranura 40. El elemento metálico  
41 asegura el paso de la corriente de la cara frontal del  
20 electrodo a la caja. Está constituido en un metal re-  
fractario inoxidable tal como el platino/rodio si la ce-  
rámica conductora es de circonón con adición de tierras ra-  
ras, o de acero o aleación inoxidable si la cerámica es  
una cromita de tierras raras o mixtos (circonón-cromitas de  
25 tierras raras).

El montaje del electrodo se efectúa de manera  
muy simple: sobre la caja provista de una de sus bridas  
30 se ensarta en sus ranuras respectivas una primera pa-  
red lateral 38, una serie de placas 28 y de elementos me-  
tálicos 41, después se colocan los adocquines correspon-



dientes. Adoquines 36 y placas 38 son entonces inmovilizados por colocación de un primer tabique 24. Se coloca una segunda fila, y así sucesivamente hasta la fijación de la segunda pared lateral 38 y de la segunda brida 30. Antes de la colocación de las placas, se depositan partículas de estaño en las ranuras en cola de milano; se funden en su sitio después del montaje de los tabiques y placas metálicas calentando el conjunto a 400°C. De la misma manera, un barniz que contiene una suspensión de plata se deposita con pincel sobre las placas: la plata funde por sí misma durante el funcionamiento mejorando los contactos.

Es preciso notar la facilidad del desmontaje del conjunto constituido por los adoquines 36, las placas 28, los elementos metálicos 41 y los tabiques 24 después de un largo servicio, y de su sustitución por piezas nuevas, lo que permite que la misma caja 14 sea utilizada de nuevo.

La figura 3 representa un corte transversal de una caja metálica constituida por una cubierta 42 en la cual están mecanizados dos vaciados rectangulares para el paso del fluido de refrigeración que circula de la boca 50 hacia la boca 52, y por un marco 43 que soporta la compartimentación de tabiques y los elementos de cerámica 36. Estas dos piezas están fijadas una a otra por ejemplo, por soldadura.

En la variante de realización mostrada en la figura 4, la compartimentación transversal del electrodo se ha suprimido. La fijación de los elementos de cerámica 36 sobre la caja metálica está asegurada simplemente



por las placas 28 deslizantes en las ranuras 20 y las bridas 30 fijadas a la caja 14 por los tornillos 32. En este modo de realización, unas rejillas metálicas tales como 41 separan los elementos de cerámica entre sí así como estos elementos de la caja metálica. Las rejillas aseguran al mismo tiempo el paso de la corriente de la cara frontal del electrodo a la caja metálica, y están constituidas por ejemplo de platino/rodio o de acero inoxidable según la naturaleza de la cerámica.

La invención no se limita evidentemente solo a los modos de realización que han sido dados a título de ejemplo, y debe entenderse que al alcance de la presente patente se extiende a las variantes del conjunto o de parte de las disposiciones descritas que queden en el marco de las equivalencias.

Esta solicitud que corresponde a la presentada en Francia el 22 de Marzo de 1.966, bajo el número P.V. 54.572, se acoge a los beneficios del Artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

N O T A

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.

**338304**

29



1.- Dispositivo de electrodo compuesto, caracterizado porque comprende, por una parte, una caja de material conductor del calor, mantenida a baja temperatura y provista sobre una cara de una compartimentación de tabiques que delimita unos alvéolos, y, por otra parte, unos  
5      adoquines de cerámica, estando dichos adoquines unidos a dicha caja por elementos metálicos que aseguran el paso de la electricidad de la cara frontal del electrodo a la caja.

10                   2.- Dispositivo de electrodo según la reivindicación 1, caracterizado porque la compartimentación de tabiques está constituida por unos tabiques y por unas placas separadas por los tabiques y dispuestas ortogonalmente a ellos, ensanchándose las placas hacia la cara frontal  
15      para retener los adoquines y estando ancladas en la caja.

                  3.- Dispositivo de electrodo según la reivindicación 1, caracterizado porque la compartimentación de tabiques está constituida por una compartimentación longitudinal realizada por placas ancladas en la caja y que se  
20      ensanchan hacia la cara frontal del electrodo.

                  4.- Dispositivo electrodo según la reivindicación 1, caracterizado porque las placas están ancladas sobre la caja por un ensamble deslizante de cola de milano.

25                   5.- Dispositivo de electrodo según la reivindicación 1, caracterizado porque unas rejillas metálicas separan los adoquines entre sí y dichos adoquines de la caja y aseguran el paso de la electricidad de la cara frontal del electrodo a dicha caja.

30                   6.- Dispositivo de electrodo según la reivindicación 1, caracterizado porque el contacto térmico entre

338304

29 ABR 1967

adoquines de cerámica y los elementos metálicos se mejora por depósito sobre las caras adyacentes de suspensión de plata en un barniz.

5 7.- Dispositivo de electrodo según la reivindicación 1, caracterizado porque el contacto térmico entre tabiques y placas metálicas y caja refrigerada se mejora por depósito de partículas de estaño fundido por calentamiento a 400°C.

10 8.- Dispositivo de electrodo compuesto.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en el dibujo que se acompaña y para los fines que se acompañan.

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

15

Madrid,

29 ABR 1967

P. A.

Alberto de Elizalde  
Por Poder

338304

19.4.67  
ACV.

13 46 0 5

29 APR 1964

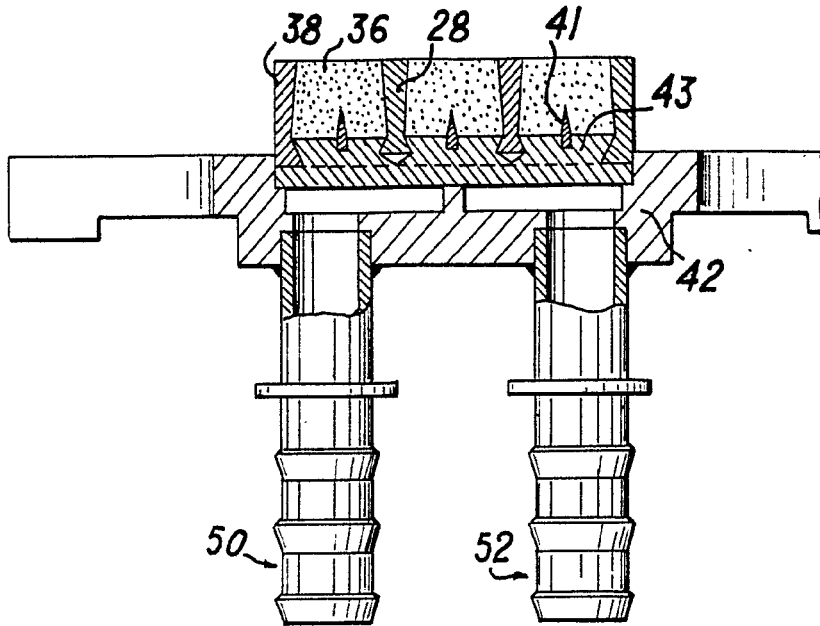


FIG. 3

13 46 0 5

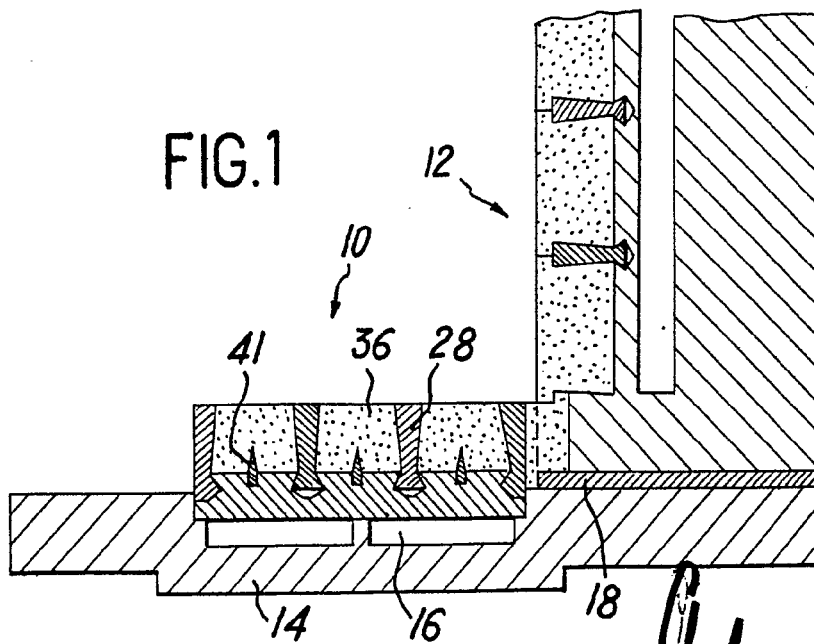


FIG. 1

*W. W. Allen*

29 APR 1964

338304

*lwr*

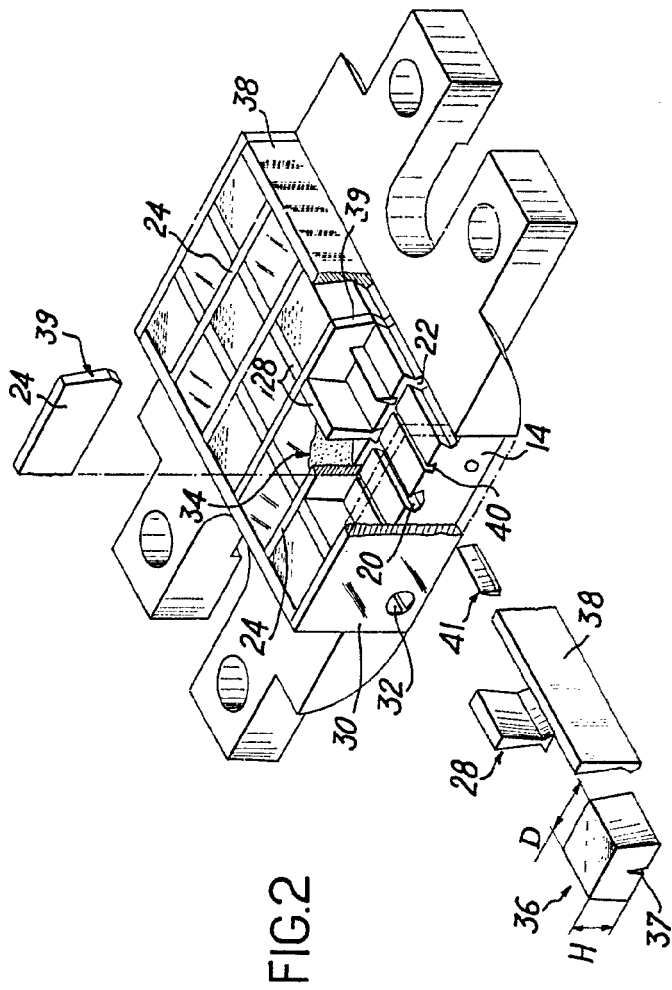


FIG. 2

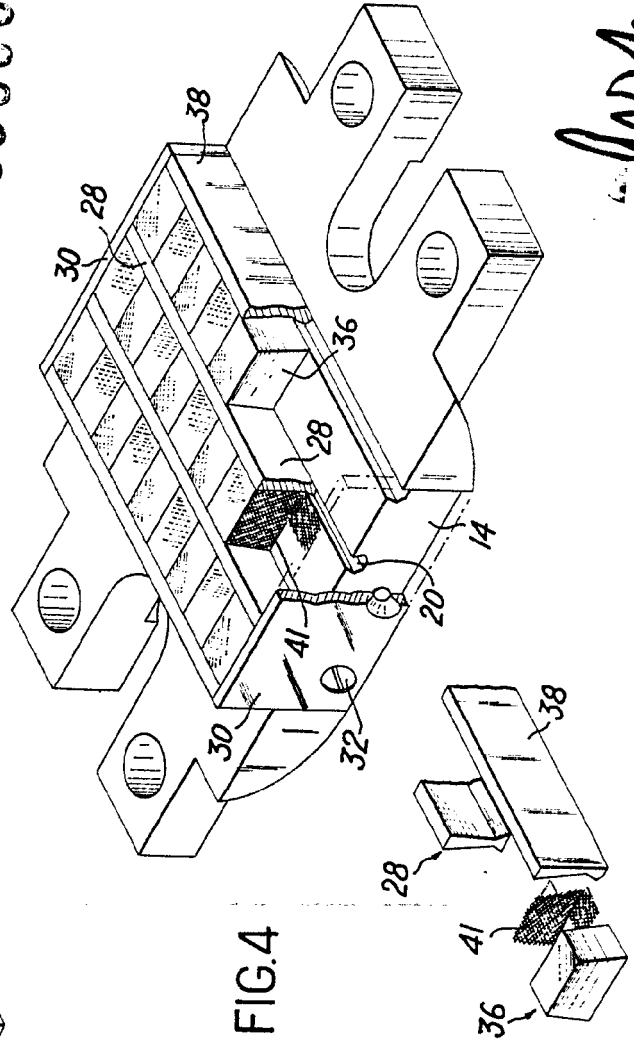
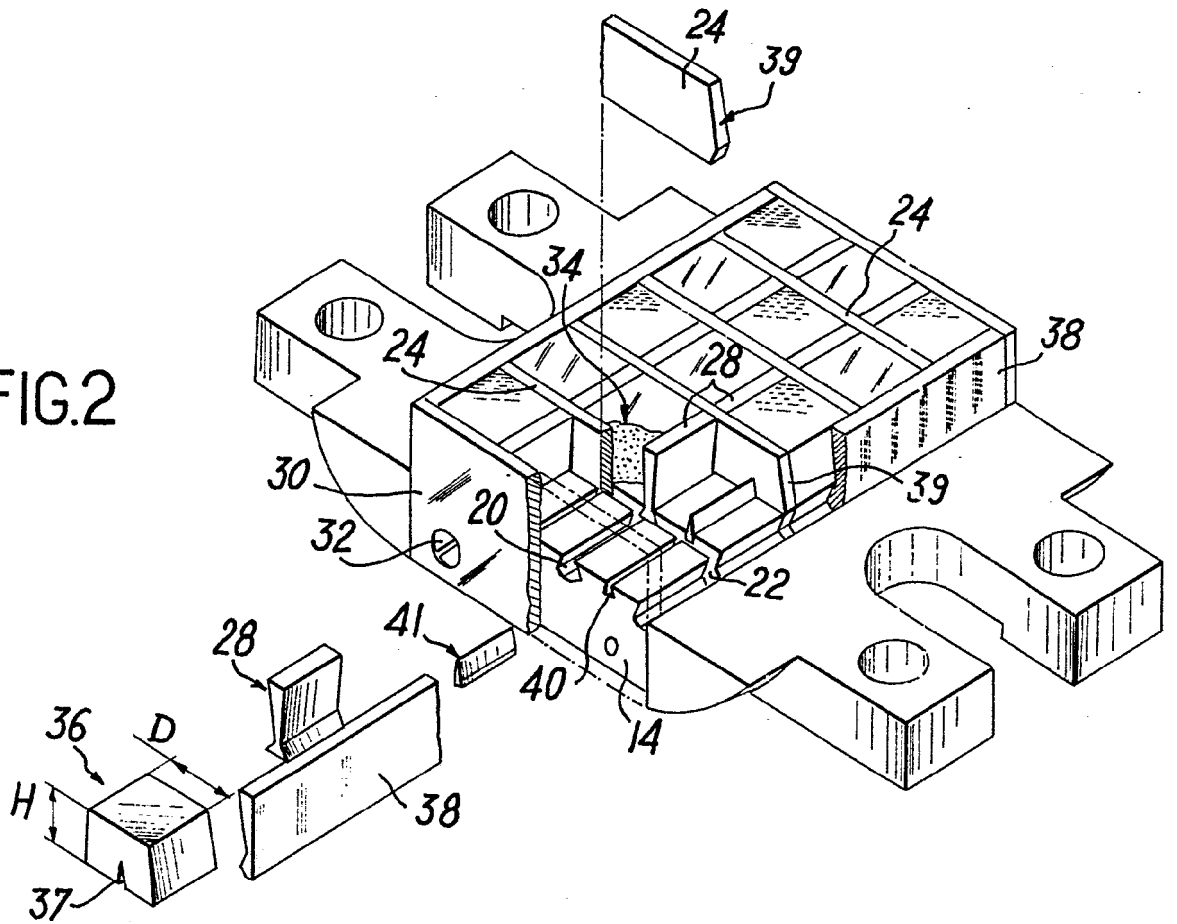


FIG. 4

338304

FIG.2



358304

FIG.4

