

PATENTE DE INVENCION

Ref.Pats.24/12/22.



231338

MEMORIA DESCRIPTIVA

sobre:

"Perfeccionamientos en elementos de combustible  
"para reactores nucleares".

SOLICITANTES: UNITED KINGDOM ATOMIC ENERGY AUTHORITY, entidad  
británica domiciliada en Bedford Chambers, Covent Garden,  
LONDRES, Inglaterra.

Este invento se refiere a reactores nucleares y se relaciona especialmente con elementos de combustible para los mismos.

- Los reactores nucleares principales construidos hasta ahora, pueden denominarse de orientación horizontal, esto es, los elementos de combustible están dispuestos en una red de canales horizontales por los cuales circula un refrigerante. Una ventaja de la orientación horizontal es que los esfuerzos desarrollados en el material de envoltura del elemento combustible, a causa del peso del
- 5.
- 10.



231338

- combustible fisil del interior de los elementos, se mantiene en un mínimo. La orientación vertical de un reactor tiene determinadas ventajas interesantes, pero han de estudiarse en relación con el hecho de que con la orientación vertical, los esfuerzos desarrollados en el material de envoltura del elemento de combustible, especialmente en el elemento inferior pueden ser elevados (por ejemplo 14 kg/cm<sup>2</sup>). Con una capacidad de selección limitada de materiales de envoltura (para los reactores neutrónicos térmicos que emplean uranio natural, los materiales para la envoltura parecen estar limitados al aluminio y al magnesio, y a ciertas aleaciones de los mismos). La temperatura de funcionamiento del reactor está limitada por el esfuerzo de extensión plástica, que puede obtenerse mejor de estos materiales. Para un reactor destinado a producir energía eléctrica suministrando calor a una instalación generatriz turbo-eléctrica, cuanto más elevada sea la temperatura a que el reactor funciona, tanto mayor puede ser la eficiencia total de la generación de electricidad y por tanto, todos los esfuerzos que pueden realizarse para reducir al mínimo los problemas de extensión plástica ayudarán a conseguir una mayor eficiencia total.

- En un reactor destinado para montarse con orientación vertical, es posible sostener separadamente cada uno de los elementos de combustible, de modo que el esfuerzo máximo en cualquiera de ellos es, solamente, el debido al peso de uno de los elementos de combustible. Esta disposición introduce material estructural para sostener los elementos en el núcleo del reactor, y la selección para estos materiales en el momento actual parece



231338

limitarse al acero y al berilio. Para compensar la absorción de neutrones del acero, ha de realizarse el gasto de enriquecer el combustible de uranio y la alternativa de proporcionar soportes de berilio, por sí mismos muy costosos.

5.

Este invento se basa en la nueva idea de que para controlar la transmisión de calor pueden introducirse medios en un reactor para realizar la refrigeración preferente de las partes del material de envoltura del elemento de combustible más sometidas a los esfuerzos debidos a la

10.

orientación vertical del reactor. La orientación preferente de las partes sometidas a esfuerzos del material de envoltura del elemento de combustible, permite que estos elementos funcionen a temperatura superior a la que hasta ahora pudo aplicarse. Esto dá por resultado una mejora en la temperatura de salida del refrigerante del reactor y, por

15.

tanto, si éste se emplea para la producción de electricidad, permite una eficiencia total más elevada de generación de electricidad.

20.

De acuerdo con este invento, un elemento de combustible para reactor nuclear del tipo que comprende un elemento de combustible fisil revestido por una envoltura protectora y adecuado para acoplarse verticalmente con otros elementos análogos de combustible para formar una columna de elementos, tiene medios para controlar

25.

la transmisión de calor desde el elemento, dispuestos de modo tal que en las condiciones de trabajo, la temperatura de las partes de la envoltura protectora que pueden someterse a esfuerzos por el peso del elemento de combustible, es menor que la alcanzada por las partes libres

30.

de estos esfuerzos.

15.00  
338



- La temperatura de las partes sometidas a esfuerzos, puede controlarse por malos conductores térmicos entre el elemento de combustible y las partes sometidas a esfuerzos, de la envoltura, en combinación con superficies transmisoras de calor adecuadamente colocadas y
5. dispuestas para prolongarse desde, o cerca de, las partes sometidas a esfuerzos, para llegar al interior de una corriente de refrigerante que pase alrededor del elemento de combustible.
10. A continuación se describen elementos de combustible de acuerdo con este invento, haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:
- La fig. 1 es un corte vertical.
- La fig. 2 es un corte vertical que representa un
15. órgano de colocación y sostén entre dos elementos del tipo representado en la fig. 1.
- La figura 3 es una vista desde la parte inferior, del órgano de colocación y sostén que se representa en la fig. 2.
20. Las figuras 4 y 5 son cortes verticales de otras formas de órganos de colocación y sostén, y
- La fig. 6 es una gráfica.
- En la figura 1, una varilla 100 de uranio natural de 29,2 mm. de diámetro y 1,02 mm. de longitud,
25. está revestida por una envoltura 101 de magnesio que tiene una longitud de 1,05 m.; el exceso de longitud con respecto a la varilla 100 está constituido por las partes 102 y 103 provistas de aletas y las pestañas de cierre 104 y 105.
30. En el extremo superior del elemento de combustible



- se dispone un casquillo superior 106 con un vástago 107 roscado y un disco de óxido de magnesio 108 de 6,35 mm. de espesor. En el extremo inferior del elemento de combustible se acopla un casquillo extremo 109 con un vástago roscado
5. 110 y un disco 111 de óxido de magnesio también de 6,35 mm. de espesor. El disco 108 es plano o liso, y el disco 111 tiene una pestaña 112 afilada, una rosca 113 y rebajos 114 para una llave. Se disponen soldaduras 115 y 116 con arco en atmósfera de Argon. Los casquillos 109 y
10. 106 son del mismo material de la envoltura 101, ésta obtenida de una barra maciza para tallar en ella aletas helicoidales 117 de un diámetro de 53,9 mm., un paso de 3,18 mm. y un espesor de 0,8 mm.
- En el montaje del elemento de combustible, la
15. varilla 100 se introduce en la envoltura 101, a continuación se coloca el disco 108 de aislamiento térmico, seguido por el casquillo extremo 106 y se lleva a cabo la soldadura 115. Inmediatamente se atornilla el disco 111, se introduce el casquillo 109 y se lleva a cabo la soldadura
20. 116.
- Para formar una columna de estos elementos de combustible, se colocan en posición en los vástagos 107 y 110 órganos de colocación y soporte, de tal modo que el esfuerzo debido al peso de la varilla de uranio 100 se
25. soporta por los vástagos 107, 110 y las almas 118, 119 de los casquillos extremos. Los discos 108, 111 reducen la transmisión de calor desde la varilla 100 a los casquillos y almas, mientras que las partes 102, 103 con aletas, dan lugar a una disipación de calor de la envoltura protectora
30. en las regiones que rodean los discos, de modo que en las



condiciones de trabajo, la temperatura de los vástagos y de las almas se mantiene apreciablemente inferior a la de las partes de la envoltura que se encuentran en contacto con el elemento de combustible.

- 5. En las figuras 2 y 3, un elemento inferior de combustible 120 sostiene un elemento superior 121 a través de una estrella 122 de colocación y sostén. La estrella es del mismo material que el usado para las envolturas 101 y está sostenida por el casquillo superior 106 del elemento 120. Se sujeta por una rosca 123 que se ajusta en el vástago roscado 107 del elemento 120. La estrella 122 tiene tres ramas 124 de sección elíptica, de un tamaño tal que queden separadas menos de 0,8 mm.
- 10. de las paredes de un canal para refrigerante en el que los elementos están situados. La estrella tiene una parte cónica 125, en forma de copa, y la cara inferior de esta parte está dotada de aletas 126. El elemento superior 121 tiene un taco cónico 127 que se ajusta en la parte 125 en forma de copa de la estrella 122. La parte 125 en forma
- 15. de copa, tiene un diámetro ligado con el del canal de refrigerante del reactor en que ha de montarse y con el del taco 127 del elemento 121 adyacente, de tal modo que cuando el elemento 121 desciende hacia el elemento 120, el taco cónico 127 se ajusta en la copa y se guía a su posición axil adecuada. El diámetro es además tal que el borde
- 20. 129 de la parte 125 penetra en la corriente de refrigerante que pasa alrededor de los elementos, de tal modo que las aletas 126 son eficaces para dispersar el calor de los casquillos 106, 109 de los elementos de combustible, por el
- 25. taco 127 y el cuerpo de la estrella 122.
- 30.



En la fig. 3, la circunferencia de las aletas 126 del elemento de combustible, se indica por la línea de trazos 131 y la circunferencia de la pared del canal de refrigerante, se representa por la línea de trazos 132.

5. La fig. 4 representa una forma distinta de estrella 122a ; la modificación principal con respecto a la estrella 122 de la fig. 3 es que las aletas circunferenciales 128 reemplazan a las aletas radiales 126 de la parte inferior. Las ramas 124a están montadas atornilladas en una rosca 133.

La fig. 5 representa una nueva forma de estrella 122b en la que la modificación principal es la introducción de cortes radiales 130 en la parte 125b en forma de copa, por cuyo medio se obtiene el efecto de las aletas.

15. Las estrellas 122, 122a o 122b realizan cada una de ellas distintas funciones, consistentes en situar el centro superior del elemento 120 a causa de las ramas 124 que llegan a las paredes del canal de refrigerante; en situar el centro inferior del elemento 121 a causa de las superficies cónicas de acoplamiento entre la parte 125 y el taco 127; en proporcionar una guía para centrar el elemento 121 al descender sobre el elemento 120, impidiendo a la vez que el elemento 121 descienda sobre el costado del elemento 120; en proporcionar una superficie ampliada de transmisión de calor para ayudar a mantener frías las partes sometidas a esfuerzos y, finalmente, en realizar la función de proporcionar elementos (ramas 124) susceptibles de acoplarse a una herramienta de extracción para retirar los elementos del reactor.

221338

15



15

5. Los gráficos de la fig. 6 representan la ganancia que se espera conseguir empleando la disposición representada en la fig. 2. La ordenada de los gráficos es "distancia a lo largo del canal central de refrigerante de un núcleo de reactor nuclear, verticalmente orientado y moderado con grafito, con gas refrigerante que circula en dirección ascendente". Esta ordenada se ha representado simbólicamente por una columna de seis elementos de combustible. La curva A muestra la temperatura del gas refrigerante, y la curva B indica la temperatura del material de revestimiento del elemento de combustible, para un tipo convencional. La curva C y la curva D representan la temperatura del gas refrigerante y del material de envoltura del elemento de combustible, respectivamente, para un tipo o construcción de acuerdo con las características de este invento. La ganancia de temperatura de salida se representa por la flecha 134. Los puntos 135 de la curva D, representan las partes de la columna de elementos de combustible en las que el material de envoltura está sometido a esfuerzos a causa del peso del combustible fisil. Se observará que la temperatura de estos puntos se reduce, para igualarse con la existente en el tipo convencional, representado por la curva B.

10.

15.

20.

25. En una forma distinta de este invento, los discos 108, 111, la estrella 122 y el taco cónico 127, son de una aleación resistente a la dilatación plástica. Es adecuada una aleación de magnesio con 0,65% en peso de manganeso. La selección del material de aleación está regulada por las dos consideraciones siguientes. Ante todo, aunque solo se halla presente en pequeñas cantidades, su captura

30.



de neutrones no ha de ser elevada; y en segundo lugar, debe ser compatible con el combustible y el material de envoltura y no ha de dar origen a problemas químicos cuando finalmente se introduzca en una instalación de tratamiento de elemento de combustible irradiado. Los discos 108, 111 cuando son de material aleado han de tener un espesor superior al de la parte sometida a esfuerzo de la envoltura protectora, a saber, de las partes 106, 109. (No resulta práctico hacer las partes 106, 109 de aleación resistente a la dilatación plástica, por dar origen a problemas de soldadura y corrosión entre materiales diferentes). Un criterio razonable para discriminar las propiedades del material de los discos, es que deben tener una resistencia a la dilatación plástica por compresión, que sea por lo menos doble de la que ofrece el material empleado para la fabricación de la envoltura protectora y que ha de tener un espesor por lo menos doble del que tiene la parte sometida a esfuerzos de la envoltura de protección.

En una nueva forma de este invento, los discos 108, 111 están constituidos por una serie de discos delgados de óxido de magnesio, por ejemplo, un grupo de cuatro discos cada uno de ellos de unos 6 mm. de espesor, introduciendo así varias superficies de transmisión de calor que deben atravesarse en la dirección del descenso de temperatura entre el elemento de combustible y las partes 106, 109 sometidas a esfuerzos.

N O T A

Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente

15 00



- 10 -

231338

indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle, en cuanto no alteren su principio fundamental, siendo lo que constituye la esencia del referido invento y por lo que se solicita Patente de Invención, por 20 años en España:

5. "PERFECCIONAMIENTOS EN ELEMENTOS DE COMBUSTIBLE PARA REACTORES NUCLEARES"; caracterizándose por lo siguiente:

10. 1ª.- Perfeccionamientos en elementos de combustible para reactores nucleares caracterizados por comprender un elemento de combustible con un revestimiento protector y adecuado para agruparse verticalmente con otros elementos de combustible análogos, para formar una columna de elementos, dotada de medios para controlar la transmisión de calor desde el elemento, de disposición tal que en las condiciones de trabajo la temperatura de las partes de la envoltura de protección que pueden estar sometidas a esfuerzos por el peso del elemento de combustible, es inferior a la temperatura de las partes que no se hallan sometidas a esfuerzos.

20. 2ª.- Perfeccionamientos, en elementos de combustible para reactores nucleares caracterizados por comprender un elemento de combustible con un revestimiento protector y adecuado para agruparse verticalmente con otros elementos de combustible análogos para formar una columna de elementos y porque entre cada extremo del elemento de combustible y los extremos de la envoltura protectora se introduce un elemento no fisil que tiene una gran resistencia a la dilatación plástica por compresión y una baja absorción de neutrones, a la vez que las partes de la envoltura que rodean los elementos no-fisiles tienen superficies prolongadas de transmisión de calor, por cuyo medio, en
- 25.
- 30.



las condiciones de trabajo, la temperatura de las partes de la envoltura protectora sometidas a esfuerzos por el peso del elemento de combustible, es inferior a la temperatura de las partes no sometidas a esfuerzos.

5. 3º.- Perfeccionamientos según lo especificado en la reivindicación 2ª, caracterizados porque cada uno de los elementos no-fisiles comprende un disco de óxido de magnesio aglutinado o sinterizado.

10. 4º.- Perfeccionamientos, según lo especificado en la reivindicación 2ª, caracterizados porque los elementos no-fisiles comprenden, cada uno de ellos, una serie de discos dispuestos para introducir varias superficies de transmisión de calor, que deben atravesarse en la dirección del descenso de temperatura, entre los elementos de combustible y la parte de la envoltura protectora sometida a esfuerzos por el peso del elemento de combustible.

15. 5º.- Perfeccionamientos, según lo especificado en la reivindicación 2ª, caracterizados porque los elementos no-fisiles comprenden, cada uno de ellos, un disco de magnesio aleado con menos de 1% de manganeso, para una resistencia por lo menos doble a la dilatación plástica por compresión del magnesio, y el disco citado tiene un espesor por lo menos doble de la parte de envoltura protectora sometida a esfuerzos.

20. 6º.- Perfeccionamientos en elementos de combustible para reactores nucleares, caracterizados por comprender un elemento de combustible fisil revestido con una envoltura protectora y que en un extremo de aquel tiene un elemento de colocación en forma de copa de superficie interior cónica, y en el otro extremo lleva un elemento

25.

30.



cónico para colocarse con un elemento de colocación en forma de copa, en un elemento adyacente, y porque el elemento en forma de copa está dotado de superficies prolongadas de transmisión de calor en su superficie exterior, que sobresalen de las dimensiones diametrales del elemento de combustible.

5.

7<sup>a</sup>.- Perfeccionamientos, según lo especificado en la reivindicación 6<sup>a</sup>, caracterizados porque las superficies prolongadas de transmisión de calor, presentan la forma de aletas radiales.

10.

8<sup>a</sup>.- Perfeccionamientos según lo especificado en la reivindicación 6<sup>a</sup>, caracterizados porque las superficies prolongadas de transmisión de calor presentan la forma de aletas circunferenciales.

15.

9<sup>a</sup>.- Perfeccionamientos, según lo especificado en la reivindicación 6<sup>a</sup>, caracterizados porque las superficies prolongadas de transmisión de calor, están formadas por ranuras talladas en la periferia del elemento en forma de copa.

20.

10<sup>a</sup>.- Perfeccionamientos ,según lo especificado en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizándose por disponerse columnas verticales de elementos de combustible que comprenden, cada uno de ellos, un elemento de combustible físil revestido por un material protector de revestimiento, y que se hallan dispuestas en una red de canales verticales por los cuales pasa un refrigerante, y ,además, por disponerse medios para refrigerar las partes del material de revestimiento del elemento y los medios de colocación de éste, que están sometidos a esfuerzos debidos a la orientación

25.

30.

15 00



- 13 -

231338

vertical, hasta una temperatura inferior a la que se obtiene en las partes principales no sometidas a esfuerzo.

5. 11<sup>o</sup>.- Perfeccionamientos en elementos de combustión para reactores nucleares; tal y como queda substancialmente descrito en la presente memoria, e ilustrado en los adjuntos dibujos.

Esta memoria consta de trece hojas escritas a máquina por una sola cara.

15 OCT. 1956

Madrid,

UNITED KINGDOM ATOMIC ENERGY AUTHORITY.

J. GÓMEZ ACEBO Y MODET  
P. P.

ESCALA VARIABLE.

15 00

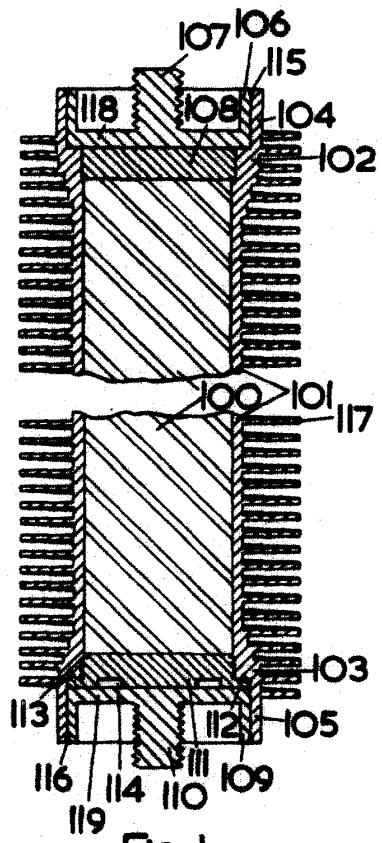


Fig. 1.

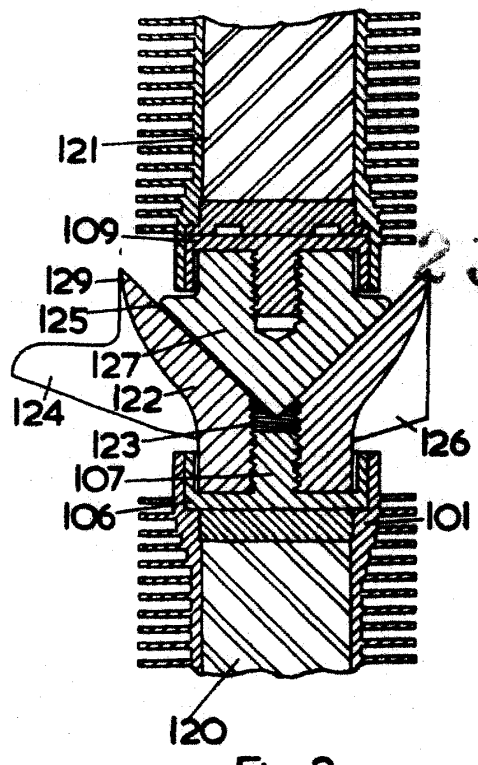


Fig. 2.

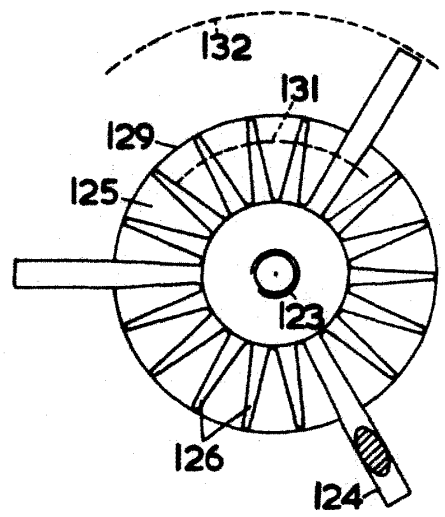


Fig. 3.

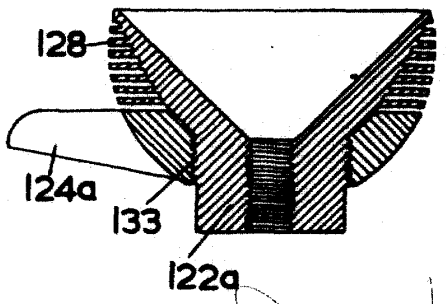
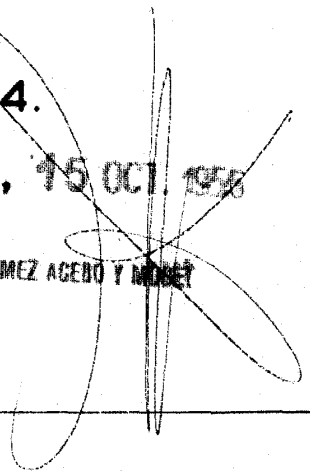
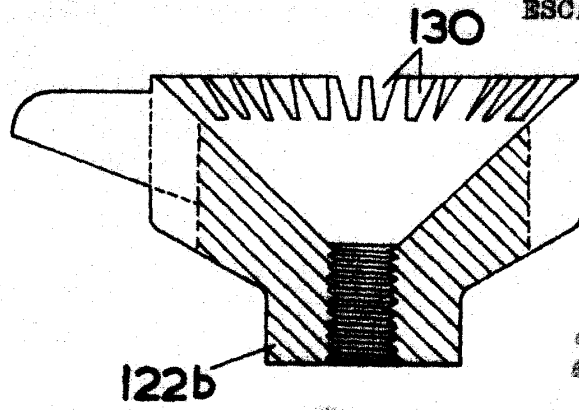


Fig. 4.

Madrid, 15 OCT 1956

J. GÓMEZ ACEDO Y MORA  
P. P.





ESCALA VARIABLE.

15 00



231338

Fig. 5.

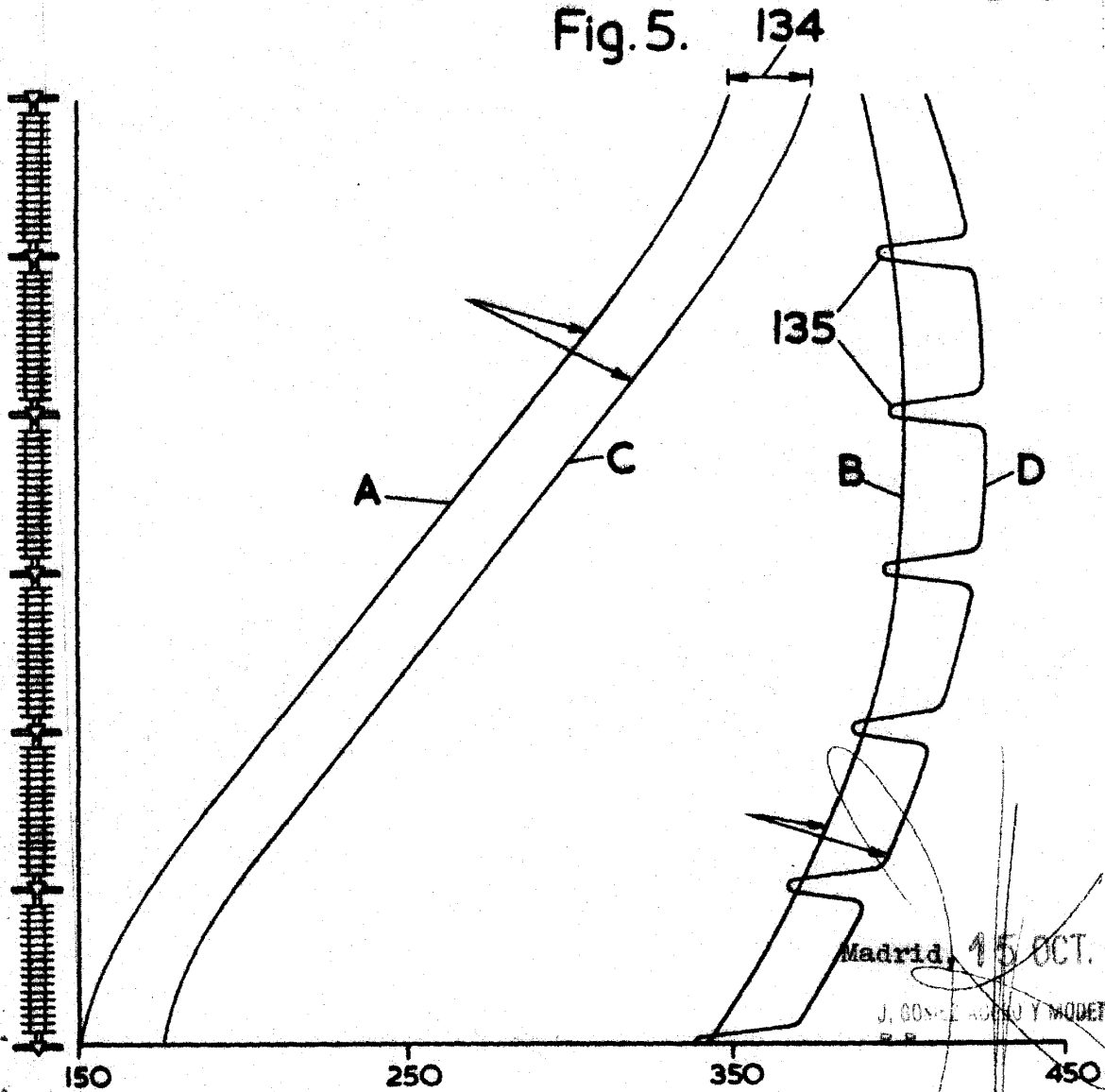


Fig. 6.

Madrid, 15 OCT. 1956

J. GONZALEZ Y MODET