

289487.283



289487

PATENTE DE INVENCION

B.980.3

Memoria Descriptiva

sobre:

"Perfeccionamientos en elementos de combustible nuclear"

Solicitante:

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE, entidad francesa, residente en 69, rue de Varenne, PARIS - VII^e, (Seine), Francia.

Este invento se refiere a elementos combustibles nucleares, de forma tubular, y se relaciona más especialmente, entre estos elementos, con los enfriados exterior e interiormente por dos corrientes, con preferencia del

28 JUN

289487



mismo sentido, de un fluido de refrigeración. - Se relaciona más especialmente asún, entre estos elementos tubulares, con los constituidos - por uranio, natural o muy débilmente enriquecido, revestidos interior y exteriormente, y destinados a utilizarse en los canales de reactores nucleares moderados con grafito y enfriados por circulación de gas.

Es sabido que, para aumentar la potencia extraída por unidad de longitud de un elemento combustible tubular de masa dada, puede elevarse el diámetro de este tubo a la vez que se adelgaza, lo cual aumenta la superficie de contacto con las corrientes de fluido de refrigeración, y reduce las diferencias de temperatura en el material fisil o fértil contenido en el elemento.

Sin embargo, en tal caso, existe la limitación impuesta por las pérdidas neutrónicas inherentes a los elementos de gran superficie, y por la absorción de neutrones por los revestimientos, cuya sección crece con el perímetro.

Este invento tiene por objeto, en un elemento de combustible nuclear, de forma nuclear y de diámetro extrictamente elegido, el mejorar la extracción de calor en la parte interna del elemento, sin limitar de modo apreciable, el gasto o corriente de fluido.

283487



Consiste, principalmente, en disponer en la superficie del revestimiento interno, partes salientes de altura reducida que permitan obtener un cambio de calor conveniente, sin ofrecer al paso del fluido, más que una resistencia débil, por unidad de superficie.

Los salientes, pueden presentarse ventajosamente bajo la forma de aletas de orientaciones distintas, de número y de altura esencialmente restringidos, o también, constituir sencillas asperezas, rugisidades u ondulaciones de la superficie del revestimiento. En otro tipo de construcción, la superficie del revestimiento puede incluso estar provista, simultáneamente, de ondulaciones y de aletas de débil altura acopladas o fundidas a la vez que el revestimiento.

Las pérdidas neutrónicas y la sección de los materiales absorbentes del revestimiento, interno, pueden de este modo reducirse en alto grado. La altura de las aletas o la dimensión de las ondulaciones es desde luego muy débil y por esta razón, las pérdidas de carga producidas en la corriente interna, resultan en alto grado inferiores a las debidas al revestimiento exterior (que en general está dotado de aletas de refrigeración de altura no despreciable), y esto permite conseguir, sin dificultades, un gran caudal de fluido en un diámetro relativa-

38000



mente reducido.

289487

La temperatura del revestimiento interno y del combustible dispuesto entre los dos revestimientos, puede además aumentarse notablemente, merced a una elección adecuada del material que constituye el revestimiento, y del tipo de fijación del combustible en la pared de aquél.

Este invento consiste, además de la disposición principal indicada, en distintas disposiciones secundarias que se explicarán más detalladamente en el curso de la descripción de distintos ejemplos de construcción que se facilitan a título indicativo y no limitativo.

En los dibujos adjuntos:

La figura 1 representa esquemáticamente una vista, en corte transversal, de un elemento de combustible de acuerdo con este invento.

La figura 2 representa un conjunto de curvas que aclaran la evolución de las temperaturas a lo largo de un canal de reactor, para un elemento de combustible tal como el representado en la figura 1.

La figura 3 indica el efecto producido por la variación de diámetro de un elemento de combustible anular, de sección dada.

La figura 4 muestra la distribución de las temperaturas en un corte longitudinal

280487



de un elemento de combustible del tipo del -
representado en la figura 1.

La figura 5 representa varios perfi -
les de ondulaciones aplicables a la superfi -
cie del revestimiento interno.

Las figuras 6 y 7 representan otro
modo de aplicación de este invento.

En la figura 1, el elemento tubular
1 representado en un plano de sección recta,
está dotado de un revestimiento exterior 2 y
de un revestimiento interior 3. El elemento -
se halla situado en un canal cilíndrico 4 -
dispuesto a través de un bloque 5 de material
moderador. El revestimiento exterior 2 está -
dotado de aletas de refrigeración 6 distribui -
das en su periferia para formar por ejemplo,
obstáculos abiertos que inducen, en la corrien -
te de fluido prevista entre este revestimien -
to y la parte del canal, una circulación en
remolino, que mejora de modo apreciable la -
extracción de las calorías.

Entre el revestimiento exterior 2 y
el revestimiento interior 3, se dispone el ma -
terial fósil o fértil 7 del elemento combusti -
ble; los revestimiento citados, en la superfi -
cie dirigida hacia el material fósil, están -
provistos de gargantas de fijación o cualquier
otra disposición que evite la soldadura de los
revestimientos durante el funcionamiento de -

289487



reactor, mejorando su sujeción en el combustible.

El elemento 1 se mantiene en el interior del canal 4 por medio de tabiques de centrado 8. El revestimiento interior 3 contiene a su vez salientes de altura muy pequeña y en número muy reducido, tales como aletas longitudinales cortas 9 cuya misión se explicará - más detalladamente a continuación.

Si se representa por D_1 el diámetro medio de elemento combustible, por D_2 el diámetro exterior del revestimiento 2, por D_3 el diámetro interior del revestimiento 3, y por D_4 el diámetro del canal 4, se comprueba que las secciones de paso reservadas al fluido de refrigeración, por una parte en el espacio anular exterior comprendido entre el revestimiento 2 y el canal, y por otra parte en el interior del revestimiento 3, dependen de la sección de combustible y de los diámetros D_2 , D_3 y D_4 citados. Conviene tener en cuenta también, en el cálculo anterior las secciones propias de los revestimientos 2 y 3, así como la sección total de los apoyos o divisiones de centrado 8 que unen el elemento al canal.

La distribución de las temperaturas a lo largo del canal, se representa esquemáticamente en el gráfico de la figura 2, cuyas cur-

28 487



vas dan respectivamente

- t_1 , la temperatura máxima del material fisil o fértil contenido en un elemento.
- t_2 , la temperatura máxima local elegida para definir el nivel térmico que no debe rebasarse en el revestimiento exterior 2.
- t_3 , la temperatura media del flúido que circula en el espacio anular exterior.
- 0_2 , la temperatura media del flúido que circula en el espacio anular exterior.
- 0_3 , la temperatura media del flúido que circula en el revestimiento interior.
- $0'_2$ y $0'_3$, las temperaturas correspondientes a 0_2 y 0_3 del flúido a la salida del elemento combustible.

Los datos anteriores, una vez definidos, es sabido que el objeto a conseguir es - obtener temperaturas elevadas para el flúido - después del paso por el elemento combustible, limitando en el mayor grado posible las temperaturas propias del combustible y de los revestimientos interior y exterior.

Si las paredes exteriores e interiores del elemento están provistas de revestimientos de la misma naturaleza, que contengan por ejemplo aletas del mismo tipo, de alturas iguales y separaciones idénticas, las condiciones de igualdad $0_2 = 0_3$ y $t_2 = t_3$ se satisfacen.

289487



cen aproximadamente para $D_1 = 2/3 D_4$, valor obtenido por el cálculo, que puede variar algo según el perfil del flujo neutrónico en el elemento. El diámetro D_1 así definido y la superficie interna resultante del mismo son en tal caso muy importantes para el empleo del uranio natural o muy debilmente enriquecido, y este invento se propone reducirlos, limitando al mismo tiempo las pérdidas neutrónicas derivadas.

Si se hace variar el diámetro relativo D_1/D_4 del elemento tubular 1 en su canal 4, conservando la sección de combustible, las características de funcionamiento del canal evolucionan como indican como indica la figura 3 calculada para los revestimientos exterior 2 e interior 3 de tipo dado, y una pérdida de carga en el fluido supuesta constante. Tratando de reducir la relación D_1/D_4 , se disminuye la temperatura exterior O'_2 ; en cambio, la temperatura interior O'_3 aumenta y la sección de paso disminuye más rápidamente que el perímetro interno. De ello resulta, en estas condiciones, una rápida elevación de la temperatura máxima t_3 del revestimiento interno.

De acuerdo con este invento, se facilita el enfriamiento del revestimiento interior reduciendo su frotamiento, incluso a costa de un cambio menos intenso, circulando el

289487



fluido interior a mayor velocidad y con mayor caudal, quedando más frio. Con un coeficiente de frotamiento por unidad de superficie, elegido de 5 a 25 veces menos elevado para el revestimiento interior que para el revestimiento exterior por ejemplo, el diámetro relativo medio D_1/D_4 del tubo en su canal, puede reducirse de $2/3$ a $1/2$, o menos.

Para este objeto, en el revestimiento exterior se disponen aletas relativamente altas con respecto a las ondulaciones internas, por ejemplo paralelas a la dirección longitudinal de la corriente o, con preferencia, oblicuas y simétricas en forma de "dientes trapeciales". El revestimiento interior, para ser menos resistente a la circulación, comprende tan sólo aletas de muy poca altura y bastante separadas, paralelas a la dirección de la corriente, o que tienen con respecto a ella una reducida oblicuidad.

De acuerdo con una construcción especial, estas aletas pueden incluso suprimirse; en tal caso, el revestimiento interior contiene ondulaciones, destinadas a mejorar la refrigeración en cierto grado, que oponen una resistencia a la corriente fluida poco superior a la que daría lugar una superficie lisa; esta resistencia puede estar comprendida por

280487



ejemplo entre 1,5 y 6 veces la resistencia del revestimiento liso. En el caso de un elemento de diámetro interior reducido, puede utilizarse una pared interna sencillamente rugosa.

Con revestimientos interiores dotados de un coeficiente de cambio de calor menor que el del revestimiento exterior, y en las dimenciones elegidas de acuerdo con este invento, el perfil de las temperaturas en el elemento - combustible, se representa en la figura 4. La temperatura local t_{l_3} del revestimiento interior 3, permanece elevada, pero sin embargo limitada por la temperatura O_3 del fluido interior, poco diferente de la temperatura O_2 del fluido exterior.

Las ondulaciones dispuestas en la pared interior, pueden ser de distintos tipos, - tales como las representadas en la figura 5.

Según la figura 5a, las ondulaciones pueden estar sencillamente constituidas por ondulaciones 10 que se adaptan a las gargantas - de anclaje, por ejemplo transversales o elicoi-dales 11 dispuestas en la superficie interior del tubo de combustible 1, para permitir la - conservación del revestimiento 3 adherida a - dicho tubo.

Según la figura 5b los perfiles de - las ondulaciones 10 y de las gargantas de an-claje o fijación 11, pueden ser independientes,

289487



con objeto de atenerse mejor, por una parte, - a las condiciones de adherencia del revestimiento en el tubo, y por otra parte a la creación de la turbulencia de la corriente, turbulencia o agitación siempre favorable al cambio de calor entre el pared interna y el flúido de refrigeración.

La figura 5c se refiere a una variante en la que las gargantas de fijación o anclaje, del revestimiento tienen un perfil de cola de milano de profundidad relativamente reducida y que proporciona al flúido gargantas transversales de forma aproximadamente circular, en las que el flúido citado puede formar torbellinos locales.

Conviene por fin tener presente que es posible combinar los efectos proporcionados respectivamente por aletas longitudinales de pequeña altura y ondulaciones de una superficie de cambio, con objeto de activar en mayor grado la transmisión de calor por las aletas, - mediante la turbulencia producida cerca de la pared por las ondulaciones, y de permitir de este modo un aumento apreciable de la superficie activa con pérdidas de carga comprendidas entre límites perfectamente aceptables.

Las figuras 6 y 7 representan este tipo de construcción especial; en ellas se utilizan las mismas cifras de referencia para designar organos análogos a los de las figuras 1 y 5. Como se observa en este caso, el revestimiento interior 3 está también provisto de -



287487 29
aletas longitudinales 9 de pequeña altura y que se prolongan con preferencia en toda la longitud del elemento combustible. Pero, como se indica más detalladamente en la figura 7, la superficie del combustible cilíndrico 7 en contacto con el revestimiento 3, lleva también ranuras de gargantas circulares 11 destinadas a permitir la fijación del revestimiento.

Si el revestimiento interno del combustible 7 se realiza en tal caso aplicando la envoltura 3 por presión hidrostática de tal modo que su pared interna se combine con el trazado de las ranuras 11 dispuestas en el combustible, y si las ranuras son bastantes profundas, esta operación hace aparecer en la superficie del revestimiento en contacto con la corriente de fluido interior, ondulaciones o corrugaciones 10 destinadas a dar lugar, como ya se ha dicho, a una turbulencia local de los filetes flúidos y evitar la formación de una capa límite estacionaria entre las aletas longitudinales 9. Durante la aplicación del revestimiento por presión hidrostática, el borde exterior 12 de las aletas 9 experimenta además, en su esencia, una ligera ondulación cuya influencia es prácticamente despreciable.

Merced a la disposición anterior, - las aletas longitudinales, si no son demasiado altas, se sumergen en la corriente elevada-

289487



mente turbulenta inducida por las corrugaciones. El coeficiente de cambio en los flancos de estas aletas, aumenta notablemente; la pérdida de carga inducida en la corriente, se mantiene sin embargo en un valor aceptable, y de todos modo poco superior a la que se habría creado en las mismas condiciones, bien por aletas longitudinales solas o bien por una superficie ondulada única.

De modo general, y cualquiera que sea el tipo de construcción considerado, las alturas y los intervalos de estos distintos tipos de aletas y de ondulaciones, se eligen en función de las características del fluido, para obtener término medio entre el intercambio de calor y la resistencia a la corriente. La temperatura que puede soportar un revestimiento interior provisto de aletas de altura muy reducida, de ondulaciones o de ambos medios simultáneamente, es siempre notablemente superior a la temperatura más sensible a los esfuerzos aerodinámicos. El material del revestimiento interior, puede desde luego elegirse de modo que soporte, sin corrosión, una temperatura más elevada que la del revestimiento exterior.

Claro está, que este invento no se limita en modo alguno a los ejemplos de aplicación descritos y representados, comprende por el contrario todas las variantes de los mismos.

28 JUN



N O T A 285487

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 Francia, con fechas 6 de Julio y 17 de Octubre de 1.962, bajo los números PV. 903.239 y PV. 912.545, acciéndose, por lo tanto, a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor y siendo lo que constituye la esencia del referido invento y por lo que se solicita Patente de Invención por 20 años en España "PERFECCIONAMIENTOS EN ELEMENTOS DE COMBUSTIBLE NUCLEAR"; caracterizándose por lo siguiente:

1ª.- "Perfeccionamientos en elementos de combustible nuclear", revestidos, de forma tubular y enfriados por un fluido que circula exterior e interiormente, caracterizados porque la superficie del revestimiento interior tiene partes salientes de altura reducida, que ofrecen al paso del fluido una resistencia muy débil por unidad de superficie.

2ª.- Perfeccionamiento, según reivindicación 1ª, caracterizados porque el revestimiento interior tiene aletas longitudinales muy

289487



cortas y notablemente separadas.

3^a.- Perfeccionamiento, según reivindicación 1^a, caracterizados porque el revestimiento interior tiene ondulaciones dispuestas oblicuamente con respecto a la dirección axial de la corriente de fluido interior.

4^a.- Perfeccionamientos, según reivindicación 3^a, caracterizados porque las ondulaciones del revestimiento interior, tienen a, turas e intervalos adecuados para conservar la turbulencia de la corriente.

5^a.- Perfeccionamientos, según reivindicación 3^a, caracterizados porque las ondulaciones del revestimiento interior están determinadas por el perfil de gargantas de fijación dispuestas en la superficie interior del combustible, para asegurar la adherencia del revestimiento interior.

6^a.- Perfeccionamiento, según reivindicación 3^a, caracterizado porque las ondulaciones del revestimiento interior constituyen ranuras circulares que provocan remolinos conservados en la corriente de fluido interior.

7^a.- Perfeccionamientos, según reivindicación 1^a, caracterizados porque el revestimiento interior tiene una superficie provista a la vez, de aletas longitudinales cortas y de ondulaciones.

8^a.- "Perfeccionamientos en elementos de combustible nuclear"; tal y como queda substan



cialmente descrito en la presente Memoria e -
ilustrado en los adjuntos dibujos.

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

Madrid,

28 JUN 1954

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

J. GOMEZ GARCIA Y MODEV

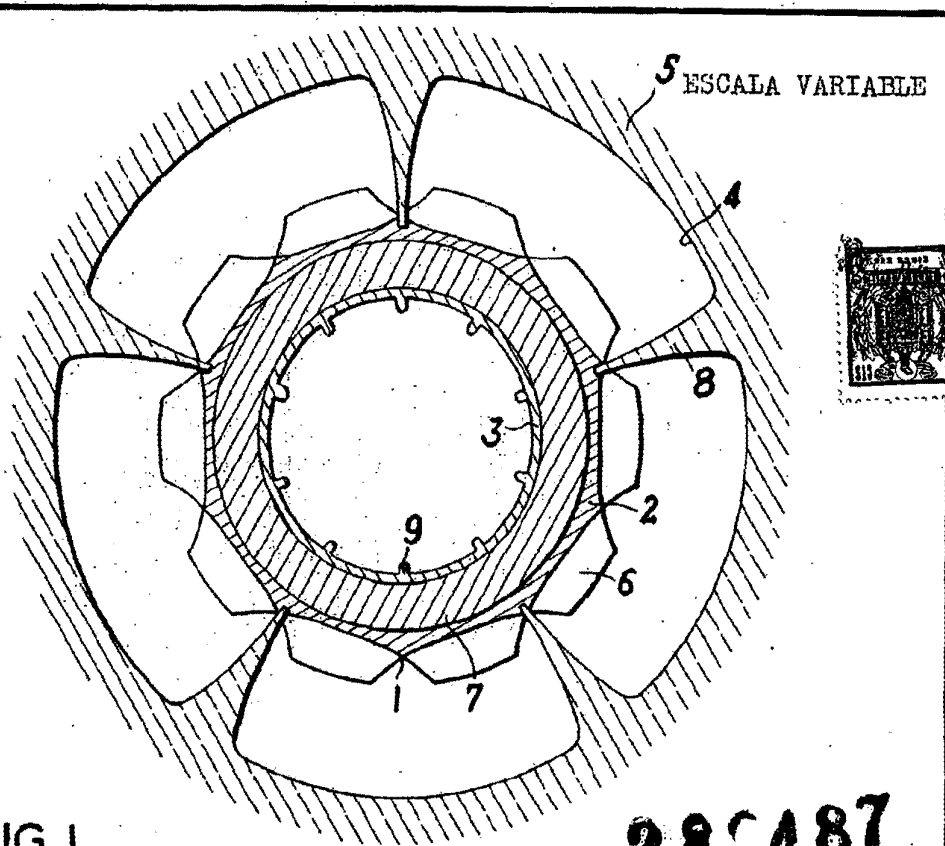


FIG. 1

280487

280487

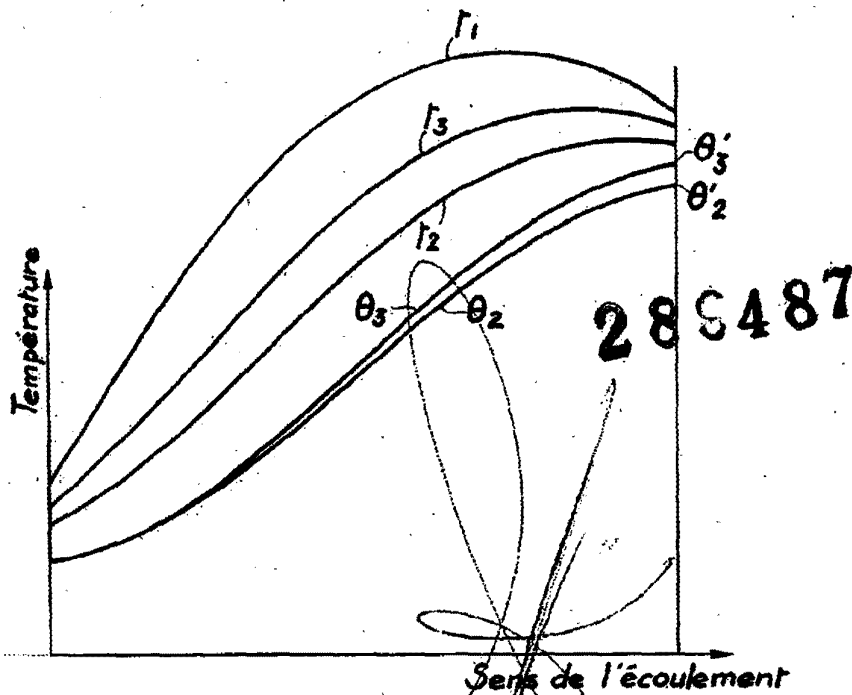


FIG. 2

280487

MADRID, JUN 1954

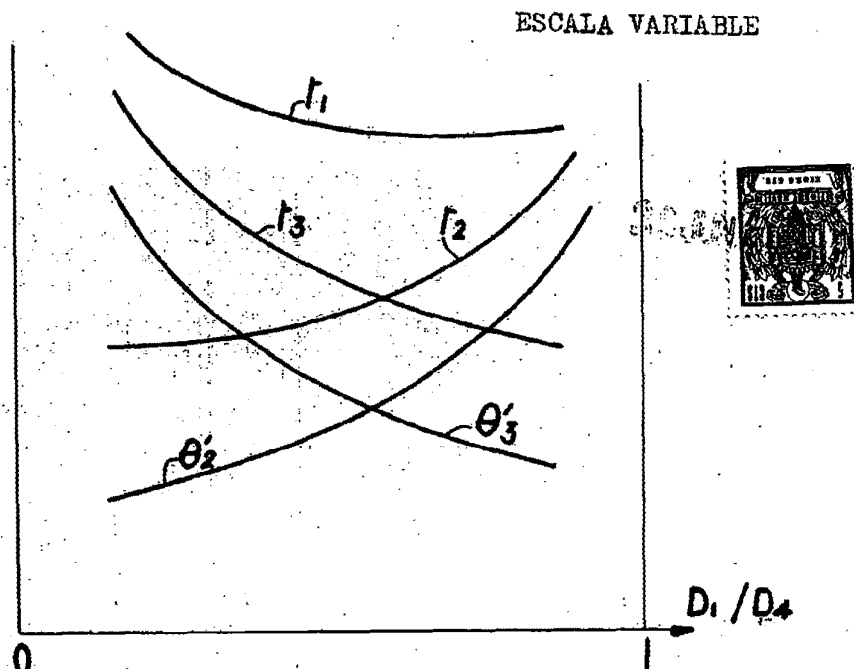


FIG.3

28087

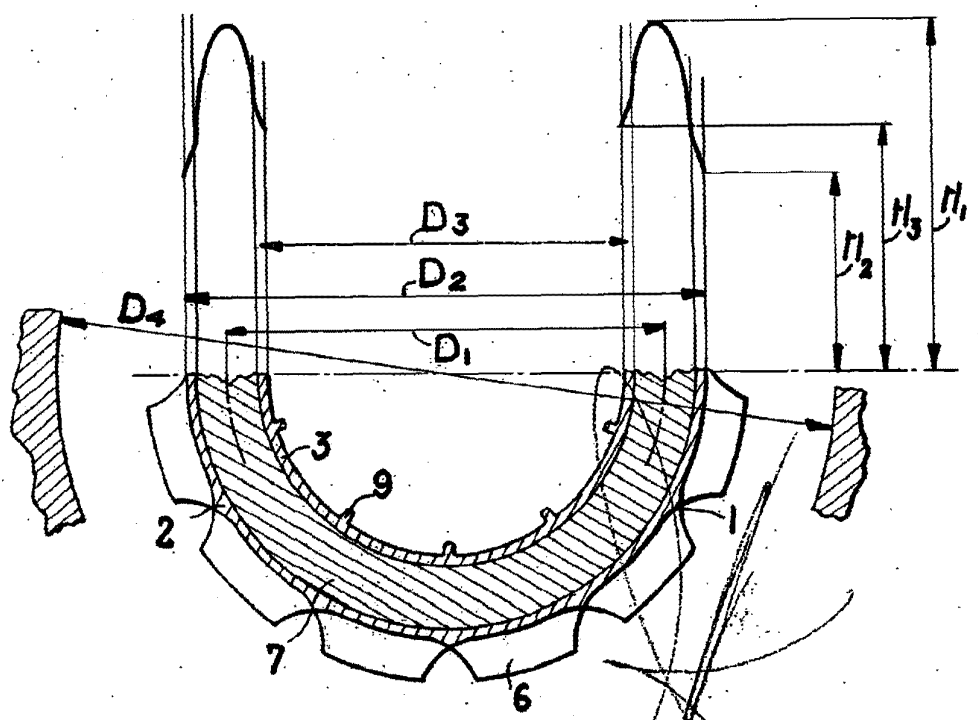


FIG.4

Madrid,

ESCALA VARIABLE

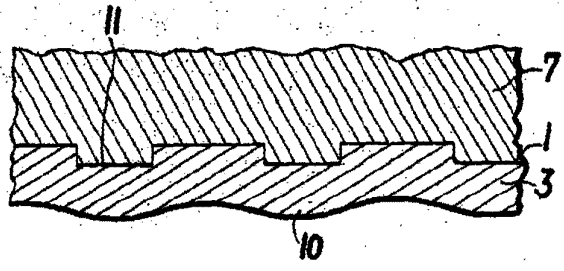


FIG.5a

289487

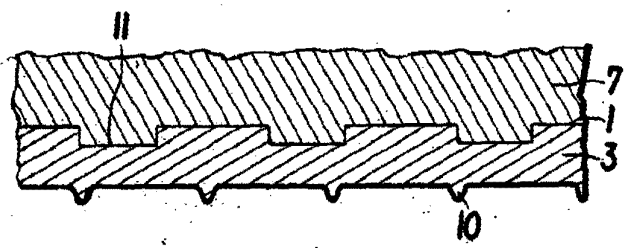


FIG.5b

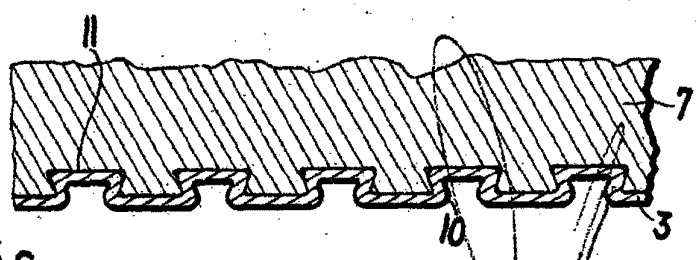
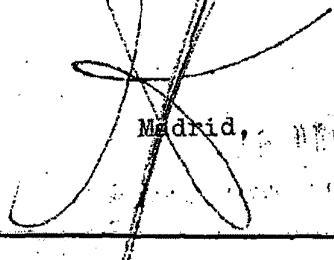


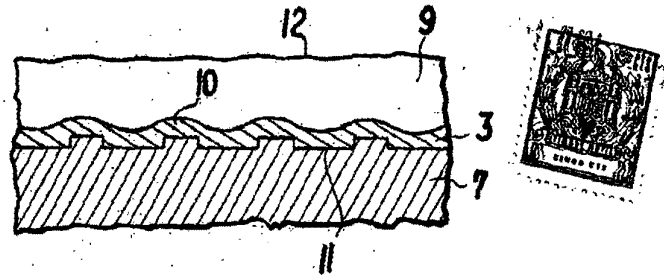
FIG.5c

Madrid, 1954



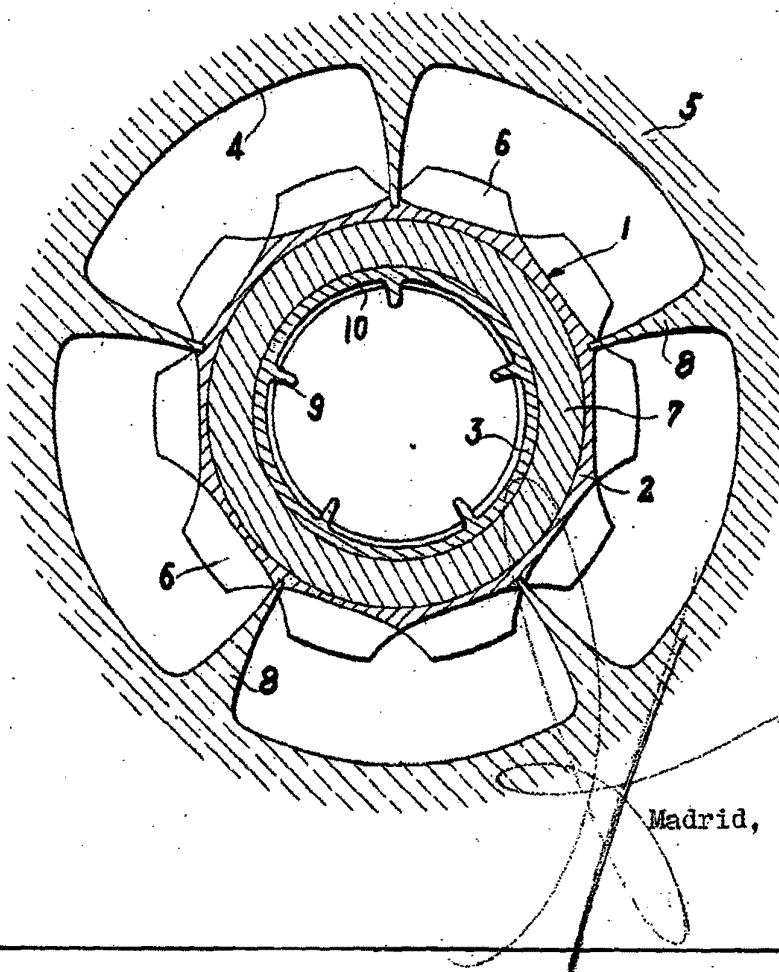
ESCALA VARIABLE

FIG.7



289487

FIG.6



Madrid,