



327562

MEMORIA DESCRIPTIVA.

PATENTE DE INVENCION.

P A I S : ESPAÑA.

DURACION : 20 AÑOS.

OBJETO : "MEJORAS INTRODUCIDAS EN LA CONSTRUCCION
"DE AISLAMIENTOS TERMICOS LIGEROS Y AUTO-
"CENTRABLES PARA TUBOS CALIENTES SUMERGI-
"DOS EN UN LIQUIDO FRIO".

=====

A nombre de : COMMUNAUTE EUROPEENNE DE L'ENERGIE
ATOMIQUE (EURATOM).

Residente en : BRUSELAS (Bélgica), Belliard, 51-53.



327562

El presente invento se refiere a un nuevo tipo de aislamiento térmico para tubo caliente sumergido en un líquido frío, realizado con poco material y que se centra por sí mismo en torno del tubo caliente.

- 5.- En los reactores nucleares moderados con agua pesada y del tipo de tubos de fuerza caliente, es necesario insertar entre los tubos de fuerza caliente y el agua pesada fría un dispositivo que realice un buen aislamiento térmico al tiempo que absorbe poco los neutrones y que se caliente poco bajo el efecto de los rayos gamma. Una solución que ha sido utilizada ya para realizar este aislamiento consiste en rodear el tubo de fuerza con un tubo metálico, denominado tubo de calandra. En el espacio anular así delimitado, el aislamiento térmico está asegurado
- 10.- por una lámina de gas estancado o que circula a poca velocidad. Esta solución, si bien funciona de modo satisfactorio, no deja por ello de presentar inconvenientes: necesita el empleo de un circuito bastante complejo para asegurar la circulación del gas de aislamiento, provisto de bombas, filtros para los polvos radioactivos, dispositivos de estanqueidad, etc. ... Además, el tubo de calandra, realizado con metal, absorbe de una manera no despreciable los neutrones. Otro inconveniente del tubo de calandra es que, a fin de ser eficaz, debe estar exactamente centrado en
- 15.-
- 20.-
- 25.- torno del tubo de fuerza, no solamente en sus dos extremos,



sino también en toda su longitud, lo que hace difíciles su fabricación y su montaje y necesita arriostamientos que disminuyen su rendimiento térmico.

30.- El aislamiento térmico según el invento es auto-centrable y se caracteriza por una funda de material poroso ligero dispuesta concéntricamente en torno del tubo caliente y a una distancia del orden de algunos milímetros de éste, de modo que delimite una envolvente anular de vapor de dicho líquido.

35.- El invento se comprenderá mejor haciendo referencia a las figuras adjuntas, en que:

La Fig. 1 representa un esquema que muestra el principio del invento.

40.- La Fig. 2 es una gráfica destinada a mostrar la manera en que la temperatura decrece entre el tubo caliente y el líquido frío.

45.- La Fig. 3 es un esquema que muestra un solo tubo de fuerza horizontal (en gracia a la simplificación del dibujo) que atraviesa la cuba de un reactor nuclear moderado por líquido frío, estando caliente este tubo de fuerza y aislado térmicamente del moderador por medio de un aislamiento según el invento.

La Fig. 4 es un esquema análogo al de la Fig. 3 en que el tubo de fuerza es vertical.

50.- Dentro del marco del presente invento, el material aislante utilizado es el vapor seco del agua pesada del moderador, cuya conductividad térmica es muy baja. La pared del tubo de fuerza del reactor está, en efecto, a una temperatura tal que el agua pesada se vaporiza a su contacto.

55.- Para mantener este vapor de agua a lo largo del tubo

- 4 327562 - 4



- e impedir su dispersión en el moderador (ebullición que aumentaría la transferencia de calor y, por lo demás, sería inaceptable desde el punto de vista neutrónico), basta proveer a algunos milímetros del tubo caliente un aislante poroso, fieltro o bandas de sílice o carbón, por
- 60%.- ejemplo, en el cual la caída de temperatura es suficiente para que, sobre su cara interior, esté en contacto con vapor y sobre su cara externa con el líquido del moderador sin que haya ebullición en ningún punto'.
- 65%.- Haciendo ahora referencia a la Figt. 1, vemos un canal 1 de reactor nuclear que contiene los elementos combustibles y el refrigerante y está delimitado por un tubo de fuerza caliente 2'. Este tubo de fuerza 2 está rodeado, a una distancia del orden de algunos milímetros, por
- 70%.- una funda 3 constituida por un tejido poroso, que absorbe poco los neutrones y que se calienta poco bajo el efecto de la radiación gamma. A título de ejemplo, se ha realizado una funda por medio de bandas de fieltro de sílice (SiO_2) de 0,3 mm. porosas al 50% y dispuestas en cinco capas'. Neutrónicamente, una funda así realizada se comporta de la
- 75%.- misma manera que un tubo de SAP (= sinterez aluminium powder = polvo de aluminio sinterizado) cuyo espesor es de 0,2 mm. Entre el tubo de fuerza 2 y la funda porosa 3 se encuentra un espacio anular 4 lleno de vapor seco de agua
- 80%.- pesada que queda aprisionado en él'. La distancia de algunos milímetros entre el tubo caliente y la funda porosa es suficiente para asegurar un buen aislamiento por el vapor e insuficiente para que se originen movimientos de convección en la capa de vapor. La pared interna de la funda está
- 85%.- en contacto con el vapor de agua pesada, mientras que su



pared externa lo está con el agua pesada líquida 5 de la cuba.

90.- En la gráfica de la Fig. 2 se ha representado el valor de la temperatura en función de la distancia R a partir del eje del canal 1. Alejándose de la pared externa del tubo de fuerza caliente se observa, primero, en el espacio anular 4, una caída muy rápida de la temperatura que, sobre la pared interna de la funda 3, no es más que de 100°C. Esta parte de la curva pone bien en evidencia el poder aislante importante del vapor seco.

95.- Luego, la temperatura desciende todavía en una veintena de grados en el espesor de la funda 3, que no contiene prácticamente más que gotitas de agua pesada aprisionadas en los finos poros de la funda, no hallándose prácticamente el vapor más que en la superficie interna de ésta. Esta reducción de la temperatura en el espesor de la funda es suficiente para impedir que se produzca ebullición, que entrañaría cambios caloríficos con el agua pesada y sería indeseable desde el punto de vista neutrónico.

100.- Finalmente, se observa un pequeño gradiente de temperatura en la capa límite de agua pesada en torno de la pared exterior de la funda.

105.- La Fig. 3 muestra la aplicación de un aislamiento térmico según el invento a un tubo de fuerza horizontal 6 que atraviesa la cuba 7 de un reactor nuclear llenada de agua pesada 5 sobre la que hay una atmósfera gaseosa 11. En los extremos 9 y 10 de la funda porosa 3, ésta puede, pero no necesariamente, estar provista de una o varias finas rendijas tales como 12 que permiten el paso de agua pesada. Cuando el reactor está frío, el agua pesada líquida llena el es-

110.-

115.-



120.- paco anular 4. Cuando sube su temperatura, el tubo 6 vaporiza el agua pesada que se halla en el espacio 4 y ésta, cuya presión aumenta progresivamente, expulsa el líquido hacia la cuba a través del tejido poroso y las rendijas tales como 12 (si existen) hasta que ya no haya más que vapor en el espacio 4. Además, la presión de este vapor hincha la funda 3 que se encuentra así automáticamente centrada en torno del tubo 6. Un aislamiento térmico según el invento se consigue de este modo. La descripción que precede muestra hasta que punto es sencillo este tipo de aislamiento.

130.- En el caso de que los tubos de fuerza sean verticales, puede ser ventajoso utilizar una disposición ligeramente diferente, tal como la que se describirá en lo que sigue.

135.- En efecto, puesto que existe un desnivel vertical, puede establecerse una circulación de vapor por convección, saliendo vapor por la o las rendijas superiores y por la parte alta de la funda porosa y entrando agua pesada por la o las rendijas inferiores y la parte baja de la funda porosa. Este transporte de materias reduce las propiedades aislantes de la envolvente de vapor aprisionado en el espacio anular 4.

140.- Con el fin de impedir la circulación por convección a través de las rendijas, basta obturar aquéllas que pongan en contacto con el espacio anular 4 el agua pesada 5 de la cuba en uno de los extremos, superior o inferior, de la funda. Una disposición preferida en la cual la parte superior de la funda ha sido obturada está representada en la Fig. 4, en la cual los números de referencia de las

145.-



otras figuras han sido conservados para órganos idénticos. La o las rendijas 12 deben ser horizontales, y dispuestas al mismo nivel con el fin de evitar una circulación por convección o "efecto de chimenea" en el espacio aislante.

- 150.- La obturación mencionada antes puede, no obstante, ser insuficiente para impedir que se establezca una circulación por convección. En efecto, el vapor de agua pesada puede difundirse, bajo el efecto de su presión, según las flechas 8 a través de la parte superior de la funda porosa 3 (la
- 155.- contra-presión hidrostática del agua pesada 5 y del nitrógeno o helio 11 es menor en la parte superior de la cuba que en la inferior), entrando agua pesada en 12 para vaporizarse y sustituir al vapor desaparecido por difusión, lo que equivale de nuevo a establecer una circulación por convección.
- 160.-

Para remediar este inconveniente, basta hacer estanca la cara interior 13 de la funda 3 (véase la Fig. 1) por ejemplo aplicando allí una hoja extremadamente delgada (de espesor que puede llegar hasta $1/100$ de mm. y menos) de un

165.- material estanco y poco absorbente de los neutrones, como el aluminio, magnesio, berilio o ciertas materias plásticas. Hay que observar que ésta hoja no tiene otra misión que dar estanqueidad a la cara interna de la funda porosa 3, al tiempo que absorbe lo menos posible los neutrones.

- 170.- Por consiguiente, se puede uno contentar con una hoja de papel metálico u otro material, o proyectar el material estanco con pistola, sin preocuparse de sus cualidades mecánicas propias, por ser despreciables los esfuerzos que debe soportar.

- 175.- Es posible igualmente obturar la parte inferior de la



180.- funda y dejar abierta la parte superior, estando la abertura en este caso situada en la atmósfera de helio o de nitrógeno que está encima del agua pesada. Esta solución, sin embargo, es menos interesante que la anterior, dado que el espacio anular 4, incluso si está lleno al comienzo de vapor de agua pesada, se llenará progresivamente de nitrógeno o de helio de la atmósfera de la cuba, siendo inevitable una difusión entre los dos medios.

185.- La conductividad térmica del helio es seis veces más elevada que la del vapor del agua pesada y, por ello, se ve en seguida que esta solución es menos ventajosa. Además, en este caso, la presión hidrostática del agua pesada en el fondo de la cuba no estaría equilibrada en el espacio 4 más que por la presión que reina en la atmósfera 11, con lo que 190.- la funda flexible tendría tendencia a aplastarse en la parte baja. Por una razón análoga (aplastamiento de la funda en la parte baja) es por lo que, si bien es posible practicar las bendiduras en la funda en cualquier punto de la altura de ésta por debajo del nivel del agua pesada, es, sin embargo, preferible, que estén situadas en la parte de abajo de la funda.

200.- Las ventajas del presente invento son numerosas: su realización es en extremo sencilla, no necesita más que el empleo de un mínimo de material, lo que es interesante para limitar el calentamiento por absorción de radiación gamma, así como para realizar una buena economía de neutrones, tanto más cuanto que la materia que sirve para realizar la funda 3 y/o la hoja estanca 13, puede elegirse teniendo en cuenta únicamente imperativos neutrónicos y despreciando los 205.- problemas que pueden provenir de esfuerzos mecánicos. La fun-



da 3 puede, por ejemplo, realizarse de fieltro o de un tejido de sílice o de carbón. Como ya se ha dicho, una funda fabricada utilizando cinco capas de tejido de sílice de 0,3 mm. de grueso, porosa al 50% es equivalente neutrónicamente a un grueso máximo de 0,2 mm. de SAP. El fieltro de carbono es todavía más interesante.

Tomando un espesor equivalente de SAP de 0,3 mm. lo que es un valor demasiado grande, la ganancia realizada sobre el espesor del tubo de calandra, con relación al aislamiento entre gas y tubo de calandra (espesor 2,5 mm. de SAP o 1,5 mm. de Zircaloy), se cifra, para un reactor de 500 canales de 6 m. de largo, en unas 6 toneladas de SAP u 8 toneladas de Zircaloy.

Otra ventaja del invento es que la funda 3 se centra automáticamente en torno del tubo 2 hinchándose bajo el efecto de la presión de la envolvente de vapor contenida en el espacio 4. Este aislamiento flexible no es perturbado prácticamente, por otra parte, por las vibraciones, los choques, así como por eventuales sacudidas sísmicas. Funciona de nuevo normalmente una vez que la perturbación ha desaparecido. En el caso en que el reactor que utiliza un aislamiento según el invento esté enfriado por líquido orgánico, es muy fácil "descongelar" los canales después de una parada del reactor: basta en efecto llevar agua pesada que bañe los tubos de fuerza a una temperatura suficiente para hacer que funda el material caloportador.

El presente invento no se limita solamente en su campo de aplicación a los reactores nucleares moderados por agua pesada o por cualquier otro líquido frío. Puede todavía utilizarse en todos los casos en que se necesite un aislamien-

327562

- 10 -



240.- to térmico eficaz y ligero entre un tubo caliente y un líquido frío, por ejemplo, en el campo de la propulsión espacial. Por otra parte, este aislamiento puede todavía adaptarse muy bien a los casos en que los tubos calientes no sean rectos: basta simplemente mantener la funda de trecho en trecho para que no tenga tendencia a tocar el tubo caliente en los codos.

245.- El aislamiento según el invento puede, por otra parte, aplicarse todavía para aislar todos los tipos y formas de superficies calientes de un líquido frío. Superficies cóncavas, planas o convexas, pueden aislarse eficazmente y, por consiguiente, igualmente, recipientes de todas formas. Aunque el invento sea sobre todo interesante y ventajoso utilizando una funda flexible, sigue siendo posible siempre, 250.- evidentemente, utilizar una funda porosa rígida.

NOTA.-

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta Patente de Invención en España, por veinte años, son los siguientes:

255.- 1º.- Mejoras introducidas en la construcción de aislamientos térmicos ligeros y auto-centrables para tubos calientes sumergidos en un líquido frío, caracterizadas porque dichos aislamientos comprenden una funda de material poroso, ligero y flexible dispuesta concéntricamente en torno del tubo caliente a una distancia del orden de algunos milímetros de éste, de modo que se delimite una envolvente anular de vapor de dicho líquido.

2º.- Mejoras según el punto 1º, caracterizadas porque la funda porosa está provista en sus extremos de rendijas



265'.- situadas todas al mismo nivel y que permiten poner en comunicación la envolvente de vapor y el líquido.

3^a.- Mejoras según cualquiera de los puntos anteriores, utilizándose los aislamientos en el caso en que el tubo caliente sea largo y esté dispuesto verticalmente, caracterizadas por una obturación, en uno de los extremos, de preferencia inferior, de las rendijas que ponen en comunicación la envolvente de vapor y el líquido, y por un revestimiento estanco delgado aplicado interiormente contra la funda porosa, de modo que se impida el establecimiento de una circulación convectiva de vapor.

4^a.- Mejoras según cualquiera de los puntos anteriores, caracterizadas porque el tubo caliente es un tubo de fuerza caliente de un reactor nuclear moderado por un líquido frío y porque la funda de material poroso y el revestimiento estanco delgado están constituidos de una materia poco absorbente para los neutrones y que se calienta poco por, radiación gamma, por ejemplo, un fieltro de sílice o de carbón.

5^a.- "MEJORAS INTRODUCIDAS EN LA CONSTRUCCION DE AISLAMIEN-
285'.- TOS TERMICOS LIGEROS Y AUTO-CENTRABLES PARA TUBOS CALIENTES SUMERGIDOS EN UN LIQUIDO FRIO", todo tal y conforme se describe en la presente memoria, la cual consta de 289 líneas y a título de ejemplo se representa en los adjuntos dibujos.

Madrid, - 4 JUN. 1966

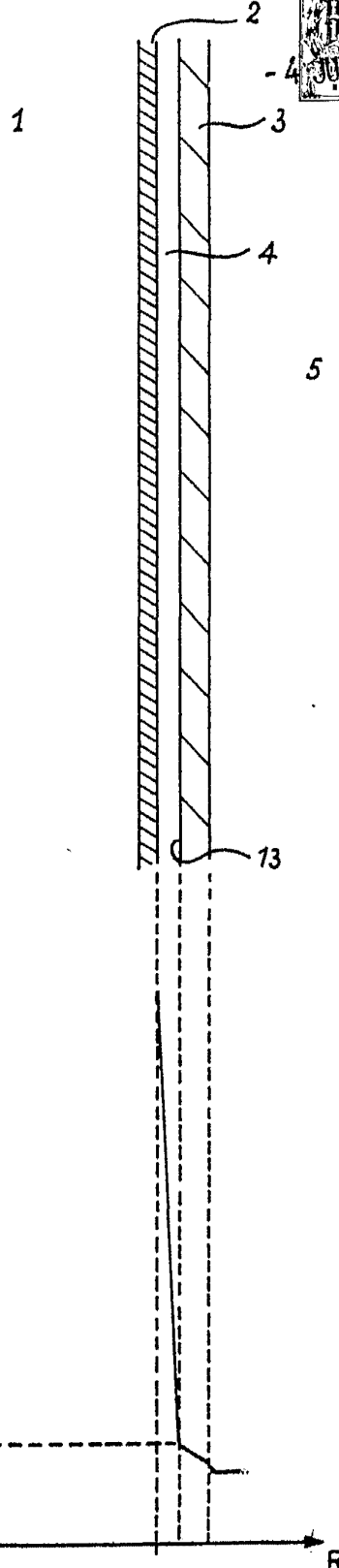
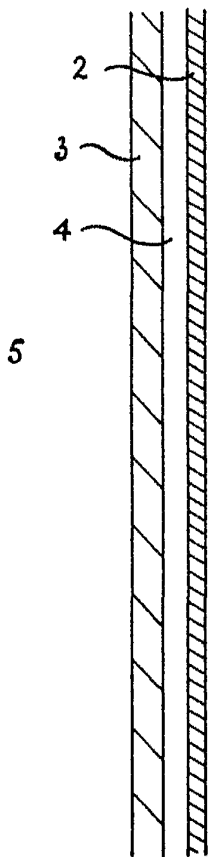
615

ESCALA VARIABLE.

327562

HOJA 1/2.

FIG.1



Madrid, -4 JUN 1956

119

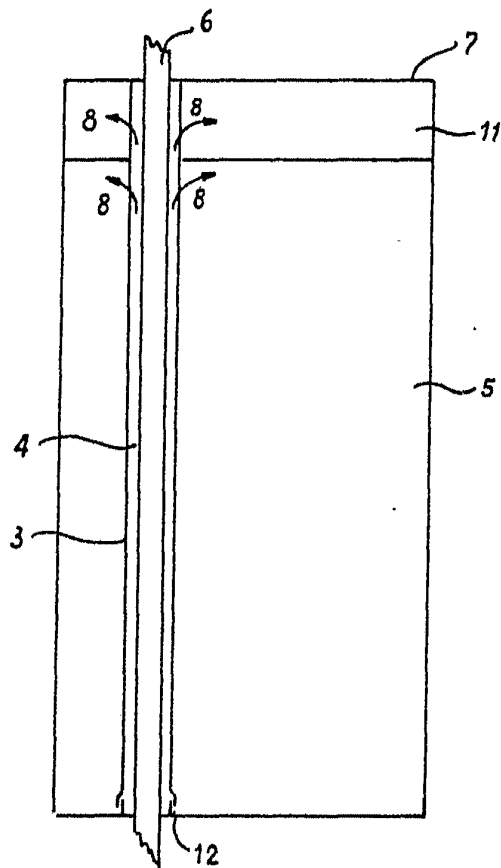
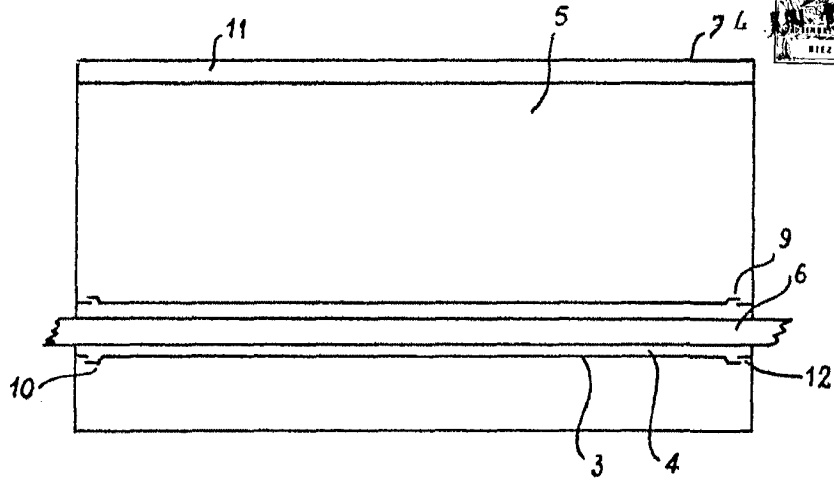
FIG.2

ESCALA VARIABLE.

327562

HOJA 2/2.

FIG. 3



Madrid, - 4 JUN., 1966

FIG. 4

Handwritten signature or initials.