

347305



PATENTE DE INVENCION

Your File No.1713.

Memoria Descriptiva

sobre:

"PERFECCIONAMIENTOS EN LA CONSTRUCCION DE COMPRI-
MIDOS DE COMBUSTIBLE PARA REACTORES NUCLEARES"

Solicitante: UNITED STATES ATOMIC ENERGY COMMISSION , entidad norteamer-
icana , residente en Germantown , Maryland , EE.UU. de A.

En esta invención se describen comprimidos
de combustible mejorados para usarse en elementos de --
combustible del tipo de varillas para reactores nuclea-
res . Los comprimidos de combustible , que son preferi-
blemente de forma anular , están provistos de ranuras -
5.



5. longitudinales a lo largo de sus superficies laterales internas y/o externas a fin de disminuir el efecto de la temperatura del comprimido ó del crecimiento inducido por irradiación en la creación de esfuerzos tensiles tangenciales en la funda tubular que encierra los comprimidos .

10. La invención descrita en la presente fué hecha en el curso de ó bajo contrato con la Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos . Se relaciona generalmente con elementos de combustible para un reactor nuclear del tipo de varilla y , más específicamente , con comprimidos de combustible cerámico para elementos de combustible del tipo de varilla , que desarrollan esfuerzos compresivos tangenciales en un ambiente de alta temperatura e irradiación .

15. Los elementos de combustible del tipo de varilla son utilizados ampliamente en los reactores nucleares de los tipos presurizados y de agua en ebullición así como en los reactores enfriados por gas . Tales elementos de combustible comprenden generalmente un miembro tubular que forma una camisa ó funda para una multiplicidad de comprimidos de combustible cerámico , generalmente cilíndricos , dispuestos dentro del mismo . Se utilizan tapones ó tapas de extremo para sellar los extremos de los tubos y formar por completo un alojamiento hermético para los comprimidos de combustible . El miembro tubular ó funda evita la pérdida de combustible y el escape de productos de fisión al enfriador del reactor , protege los comprimidos de combustible contra la corrosión por el enfriador y provee resistencia estruc-



NOV. 1967

5. tural al elemento de combustible para evitar que se --
aplaste ó se mueva desde una posición preseleccionada --
dentro de un conjunto de elemento de combustible . Las
varillas individuales son unidas en haces ó conjuntos --
de elementos de combustible , que luego son agrupados --
junto con otros conjuntos para formar un núcleo de reac-
tor capaz de soportar una reacción de fisión en cadena
de auto-sustentación .

10. Un problema asociado desde hace largo tiem-
po con los elementos de combustible del tipo de varilla,
ha sido el de mantener la integridad de la funda en me-
dios ambientes de altas temperaturas y radiación , Los
comprimidos de combustible del tipo cerámico ampliamen-
te usado , tales como las de bióxido de uranio , exhi-
ben crecimiento radial en tales condiciones ambientales
15. y desarrollan grandes esfuerzos tangenciales en sus re-
giones periféricas radiales , en donde están restringi-
das por la funda que las rodea , la cual exhibe una me-
nor tasa de crecimiento . Los esfuerzos tensiles tangen-
20. ciales se desarrollan en la funda como resultado del --
crecimiento radial diferencial , en reacción a los es--
fuerzos compresivos tangenciales de los comprimidos . -
La habilidad de los comprimidos de combustible para de-
sarrollar y mantener un esfuerzo compresivo tangencial,
25. determina el límite superior de esfuerzo desarrollado -
en los comprimidos y en la funda . La funda está , en ,
efecto , creando el esfuerzo compresivo tangencial en -
el comprimido porque restringe su crecimiento y desarro-
lla su propio esfuerzo tensil tangencial como resultado
30. de tal restricción .



NOV. 1951

5. Los grandes esfuerzos tensiles tangencia-
les en la funda , con frecuencia dan por resultado su
falla con las consecuentes pérdidas de combustible y -
productos de fisión en el enfriador del reactor . El -
riesgo de seguridad altamente indeseable asociado con
tales pérdidas , es bien conocido en la especialidad -
de reactores nucleares y ha sido objeto de medidas de
seguridad muy complejas en los reactores existentes .

10. Un planteamiento del problema de mantener
la integridad de la funda , es simplemente aumentar el
espesor de la funda , reduciendo con ello los esfuer-
zos tensiles tangenciales desarrollados dentro de ella.
Sin embargo , este planteamiento tiene otros efectos -
indeseables , ya que aumenta la cantidad de absorción
15. de neutrones parásitos en el elemento de combustible a
la vez que disminuye la transferencia de calor desde -
las varillas al enfriador del reactor , porque aumenta
la caída de temperatura a través de la funda .

20. Cuando se aumenta la holgura entre los -
comprimidos de combustible y la funda para proveer es-
pacio para expansión de los comprimidos , también se
disminuye el esfuerzo tangencial en la funda , redu-
ciendo la interferencia entre los comprimidos y la -
funda , cuando crecen los comprimidos . Sin embargo,
25. tales holguras reducen substancialmente la transfere[n]
cia de calor desde la varilla de combustible , al -
crear grandes caídas de temperatura entre el comprimi-
do y la funda . Por lo tanto , es necesario un contac-
to íntimo entre la funda y el comprimido de combusti-
30. ble , a fin de mantener máximos regímenes de transfe-



7 NOV. 1967

rencia de calor sin requerir temperaturas excesivamente altas en los comprimidos de combustible .

5. En consecuencia , es un objeto general de la invención proveer un comprimido de combustible para elementos de combustible de tipo de varilla , que desarrolle mínimos esfuerzos comprensivos tangenciales .

10. Otro objeto de la invención es proveer un diseño de elemento combustible del tipo varilla en el cual sean experimentados reducidos esfuerzos tensiles tangenciales por la funda , durante el funcionamiento.

Otros objetos de la invención serán aparentes con un examen de la siguiente descripción de la invención y los dibujos anexos , en los cuales:

15. La figura 1 es una vista isométrica , en sección parcial , de una varilla de combustible típica que contiene los comprimidos de combustible anulares de ejecuciones anteriores ;

20. La figura 2 es una vista isométrica de un comprimido de combustible mejorado , que tiene ranuras longitudinales en su superficie lateral externa , de acuerdo con la presente invención ; y

25. La figura 3 es una vista isométrica de un comprimido anular de combustible mejorado , que tiene ranuras longitudinales en sus superficies laterales , tanto interna como externa , de acuerdo con la presente invención .

30. De acuerdo con la invención , se ha provisto un comprimido de combustible mejorado para elementos de combustible del tipo varilla . Se han provisto ranuras longitudinales orientadas radialmente , de profundidad re



lativamente grande en comparación con sus anchuras , en las superficies laterales internas y/o externas de los comprimidos anulares de combustible , a fin de reducir los esfuerzos compresivos tangenciales que desarrollan dentro del comprimido durante el funcionamiento , debido a su confinamiento dentro de una funda tubular en un medio ambiente de altas temperatura y radiación . La reducción en los esfuerzos compresivos tangenciales en el comprimido de combustible , ocasiona una reducción correspondiente en los esfuerzos tensiles tangenciales en la funda de la varilla de combustible , logrando con ello el objeto primario de la invención .

A fin de facilitar la comprensión de la invención , se hace referencia a los dibujos , inicialmente a la figura 1 , en la cual se ilustra una varilla de combustible típica que contiene comprimidos anulares simples de combustible . Los comprimidos anulares de combustible cerámico 1 se muestran dispersados dentro de una funda tubular 2 que provee soporte estructural a los comprimidos de combustible , a la vez que los protege contra efectos erosivos y corrosivos del enfriador del reactor . La funda tubular 2 está sellada en sus extremos con tapones 3 y 4 que pueden incluir extensiones 5 y 6 respectivamente , para facilitar el montaje de la varilla en un conjunto de elementos de combustible . Los tapones 3 y 4 pueden estar sellados a la funda tubular 2 por soldaduras 7 a lo largo de extremos terminales adyacentes del tapon y la funda .

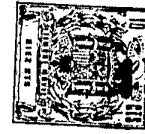
La figura 2 ilustra un comprimido anular 8 de combustible que tiene ranuras 9 longitudinales espaciadas uniformemente en su superficie lateral externa . Aun-



17 NOV. 1964

que se prefiera un comprimido anular por reducción conocida en los esfuerzos tangenciales provista por la perforaciones centrales grandes a través del comprimido, las ranuras longitudinales de acuerdo con la invención también reducirán efectivamente los esfuerzos tangenciales en comprimidos de combustible cilíndricos sólidos. Las características reductoras de los esfuerzos tangenciales de las perforaciones centrales y de las ranuras son aditivos, sin embargo y el uso de ambas características en el mismo elemento de combustible produce una reducción neta mayor en el esfuerzo tangencial, de la que se lograrían mediante el uso tan sólo de las ranuras longitudinales.

La figura 3 ilustra una ejecución alternativa de la invención, en la cual un comprimido anular 10 de combustible está provisto de ranuras longitudinales 11 uniformemente espaciadas en su superficie lateral interna así como ranuras longitudinales 12 espaciadas uniformemente en su superficie lateral externa. Como se ilustra, las ranuras 11 están espaciadas angularmente a las ranuras intermedias 12 a fin de minimizar la reducción en la resistencia del comprimido causada por las ranuras, a la vez que provee una reducción máxima en el esfuerzo tangencial. El uso de ranuras tanto internas como externas, permiten una reducción en el número de ranuras externas requeridas para cualquier reducción dada en los esfuerzos tangenciales y minimizada en el aumento de temperatura que resulta en la región central del comprimido de combustible como resultado de las pérdidas de transferencia de calor atribuibles al efecto de las



NOV. 1967

5. ranuras externas al reducir el área disponible para transferencia de calor entre el comprimido de combustible y la funda . Como resultado , puede aumentarse ligeramente el espesor radial de un comprimido anular , provyendo una utilización mejorada del espacio dentro de cualquier limitación dada de temperatura .

10. El número y la anchura de las ranuras son seleccionados para proveer una pérdida mínima de volumen de combustible en el comprimido a la vez que se evita el desarrollo de esfuerzos circunferenciales tangenciales excesivos en el comprimido durante toda su vida útil . La protección total de las ranuras para reducir los esfuerzos compresivos tangenciales se obtiene solamente mientras permanezcan abiertas . El crecimiento del combustible tiende a cerrar las ranuras al cabo del tiempo , con lo cual se desarrollan esfuerzos compresivos tangenciales . Por ello , el número y la anchura de las ranuras están relacionados directamente con la cantidad de crecimiento que experimenta un comprimido dado durante su vida útil . El número de ranuras multiplicado por sus anchuras , representa un espacio para expansión que debe ser llenado por el combustible en crecimiento antes de que pueda desarrollar esfuerzos compresivos tangenciales.

15.

20.

25. La porción combustible remanente del comprimido que está sin ranurar y que se ilustra en la figura 2 , está ubicada en una región de temperaturas más elevada del comprimido , en el cual la cerámica es mucho más débil y más plástica que en la porción combustible ranurada , que está más fresca . Dado que todo el esfuerzo compresivo tangencial debe ser conducido a través de la

30.



- porción sin ranurar que está a temperatura plástica , el efecto neto es que el comprimido de combustible no puede generar elevados esfuerzos tangenciales en condiciones de operación a altas temperaturas . El comprimido de combustible de la figura 3 , por estar ranurado en las regiones tanto de alta como de baja temperatura , no puede soportar elevados esfuerzos tangenciales incluso a bajas temperaturas .
- 5.
- La protección total contra los esfuerzos tangenciales durante toda la vida útil del comprimido de combustible y la funda , puede ser innecesaria y quizá indeseable en algunos casos en donde es tolerable cierto nivel de esfuerzos tensiles tangenciales en la funda cerca del final de la vida útil del combustible . Esto es especialmente cierto cuando se desea el maximo volumen de combustible en los comprimidos . En tal caso , el número y la anchura de las ranuras pueden ser seleccionados de modo que el espacio para expansión provisto por las ranuras sea inadecuado en toda la vida útil del comprimido y que las ranuras se cierran por crecimiento . Los esfuerzos tangenciales desarrollados después de que las ranuras se han cerrado por crecimiento , serán considerablemente más pequeños que los esfuerzos tangenciales que se habrían desarrollado en un comprimido sin ranurar en el mismo momento de su vida útil cuando , por lo demás , el comprimido sin ranuras es identico . Esta diferencia en los esfuerzos tangenciales resulta aunque las ranuras se hayan cerrado por crecimiento en el comprimido ranurado , porque las ranuras anulan efectivamente todo el crecimiento del comprimido que precedio a su cierre . Por ello , los comprimidos
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.



dos ranurados de acuerdo con la invención , pueden ser -
diseñados para producir virtualmente cualquier grado de-
seado de reducción de esfuerzo tangencial , dependiendo
de las necesidades individuales de un elemento de combus-
tible dado del tipo de varilla .

5.

Al fabricar comprimidos anulares de combus-
tible de acuerdo con la invención , es preferible prove-
erlos con ranuras que tengan las porciones de su raíz l
geramente redondeadas , a fin de evitar la iniciación de
grietas dentro de ellas . Tales grietas son generalmente
indeseables en los comprimidos anulares , dado que con -
ellas puede dar resultado el desplazamiento del combusti-
ble . Cuando se utilizan comprimidos sólidos , se pueden
usar ranuras que tengan raíces redondeadas ó agudas , da-
do que el agrietamiento en los comprimidos de combustible
sólidos no crea serios problemas de desplazamiento del -
combustible .

10.

15.

La selección de la profundidad de la ranura
exige un término medio entre la facilidad de manufactura,
resistencia del comprimido , reducción en el volumen de
combustible y la reducción de los esfuerzos compresivos
tangenciales durante el funcionamiento . Dado que la im-
portancia relativa de estos factores variará de un caso
a otro , no se puede considerar como ideal ninguna pro-
fundidad individual de ranura . Se ha encontrado que las
profundidades de las ranuras iguales a aproximadamente -
la mitad del espesor del comprimido anular de combusti-
ble , proveen un buen término medio entre estos factores.
Se podrían usar ranuras de menos fondo , desde luego , -
si se requiere menos protección contra los esfuerzos tan-

20.

25.

30.



5. genciales ó , si se necesita mayor resistencia de los comprimidos para protegerlos contra daños en el manejo . Por otra parte , las ranuras más profundas que la mitad del espesor , aumentan adicionalmente la probabilidad de daños durante el manejo y reduce el volumen de combustible de los comprimidos .

10. Son deseables por lo menos seis ranuras longitudinales en los comprimidos de combustible que tienen una sola superficie ranurada como en la figura 2 . Sin embargo , se consideran más deseables de 8 a 12 ranuras , a fin de minimizar los efectos de la fricción entre el comprimido y la funda en aquellas porciones del comprimido que se encuentran entre las ranuras . Cuando se proveen dos superficies ranuradas , como en el comprimido ilustrado en la figura 3 , son suficientes de cuatro a seis ranuras en cada superficie .

20. La fabricación de los comprimidos de combustible ranurados de acuerdo con la invención , requiere un conocimiento de las características de crecimiento del material combustible compactado particular utilizado en los comprimidos . Las características de crecimiento de la funda tubular particular en la cual van a ser introducidos los comprimidos , también son importantes como lo es la diferencia en crecimiento entre la funda tubular y los comprimidos dispuestos dentro de ella , que da origen a esfuerzos tangenciales , que la invención evita . Por ello , el número y tamaño de las ranuras deben ser determinados de acuerdo con consideraciones que varían en cada caso y un solo grupo de valores numéricos no se aplicaría satisfactoriamente en todos los casos . Además , -

25.

30.



5. como se hizo notar previamente , en un caso dado puede ser deseable una protección menor a la protección total que se logra de acuerdo con la invención y el espacio de expansión provisto por las ranuras puede ser reducido -- consecuentemente . Se desprende , pues , que la invención no está limitada por cualesquiera tamaño ó número particulares de ranuras , sino que se relaciona generalmente con la incorporación de tales ranuras en comprimidos de combustible , para proveer una reducción en los esfuerzos tensiles tangenciales que resultan en los elementos de funda tubular que encierran los comprimidos , cuando el comprimido crece a una tasa mayor que la funda durante el funcionamiento dentro de un reactor nuclear .

10.

15. La descripción anterior de la invención fué hecha solamente para propósitos ilustrativos y no se debe interpretar en un sentido limitativo . Se pretende -- que la invención quede limitada solamente por las cláusulas anexas .

N O T A

20. Descrita suficientemente la naturaleza del invento , así como la manera de realizarlo en la practica , debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental . --

25. Tambien se hace constar que el invento corresponde a una solicitud de patente presentada en Norteamerica con fecha y número siguientes : 18 de noviembre de 1.966 , nº Ser . No . 595 . 541 , acogiendose por lo tanto a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en --

30. 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 sobre : "Perfeccionamientos en la construcción de comprimidos de combustible para reactores nucleares " ; caracterizandose por lo siguiente :

5. 1.- Perfeccionamientos en la construcción de comprimidos de combustible para reactores nucleares, para usarse en elementos de combustible del tipo de varilla , caracterizados porque se dispone una multiplicidad de los comprimidos de combustible dentro de una -
10. funda tubular , que comprende un combustible sólido , - que tiene una superficie lateral externa generalmente - cilíndrica , teniendo ese combustible sólido una pluralidad de ranuras longitudinales en la superficie lateral externa , siendo la profundidad de cada una de las ranuras substancialmente mayor que su anchura , proveyendo las ranuras espacio de expansión para el crecimiento del comprimido y reduciendo con ello los esfuerzos tensiles tangenciales inducidos en la funda por el comprimido .
15. 2.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1 , caracterizados porque el combustible sólido es de forma anular .
20. 3.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1 , caracterizados porque las ranuras se disponen uniformemente espaciadas .
25. 4.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1 , caracterizados porque se proveen en la superficie lateral externa , por lo menos , seis ranuras .
30. 5.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1 , caracterizados porque las ranuras presentan -- porciones de raíz redondeadas para minimizar la forma-



ción de grietas en el comprimido , debidos a las ranuras .

5. 6.- Perfeccionamientos según las reivindicaciones 1 y 2 , caracterizados porque al presentar su superficies laterales interna y externa generalmente cilíndricas , el sólido combustible presenta una pluralidad de ranuras longitudinales en cada una de dichas su superficies laterales interna y externa .

10. 7.- Perfeccionamientos según la reivindicación 6 , caracterizados porque las ranuras que hay en - cada una de las superficies laterales , se disponen uniformemente espaciadas .

15. 8.- Perfeccionamientos según la reivindicación 6 , caracterizados porque las ranuras en la superficie interna se disponen espaciadas angularmente intermedias a las ranuras de la superficie externa .

20. 9.- Perfeccionamientos según la reivindicación 6 , caracterizados porque las ranuras internas presentan porciones de raíz redondeadas para minimizar la formación de grietas en el comprimido , debidas a las - ranuras .

25. 10.- Perfeccionamientos según la reivindicación 6 , caracterizados porque , por lo menos , se -- disponen cuatro ranuras en la superficie externa y por lo menos cuatro de las ranuras en la superficie interna.

30. 11.- Perfeccionamientos en la construcción de comprimidos de combustible para reactores nucleares, tal y como queda descrito sustancialmente en la presente Memoria , e ilustrado con los dibujos adjuntos .

Esta Memoria consta de 15 hojas escritas a



máquina por una sola cara .

17 NOV. 1967

Madrid,

UNITED STATES ATOMIC ENERGY COMMISSION

GÓMEZ ACEBO Y MODER
Firmador: F. Hernández Rola

10 CTS
17 NOV 1957

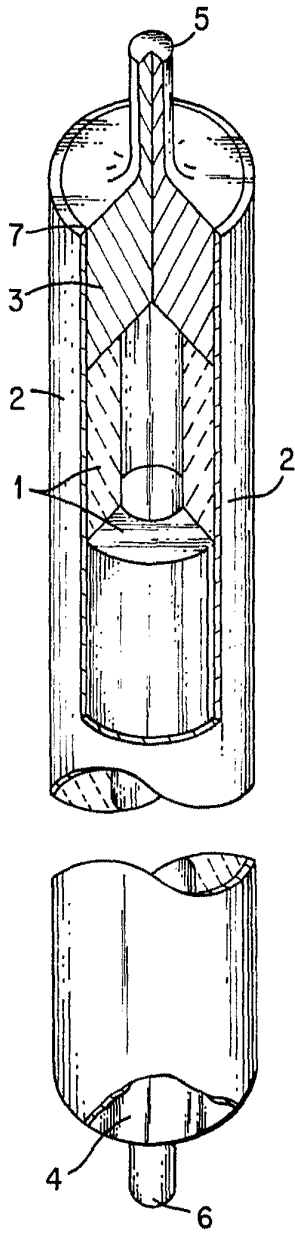


Fig. 1

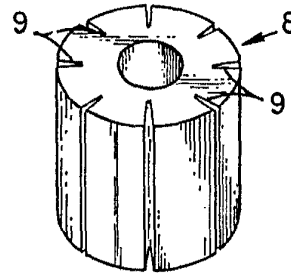


Fig. 2

FORMULA
VARIABLE

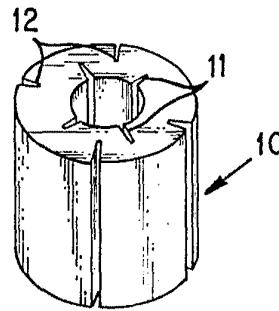


Fig. 3

17 NOV 1957

[Handwritten scribbles and illegible text]