



⑩ ES	⑪ NUMERO	⑫ AI
	21	
	⑬ FECHA DE PRESENTACION	
	22	16-3-1977

PATENTE DE INVENCION

⑭ PRIORIDADES:	⑮ FECHA	⑯ PAIS
⑰ NUMERO		

⑲ FECHA DE PUBLICIDAD	⑳ CLASIFICACION INTERNACIONAL	㉑ PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
		No. 441.517

㉒ TITULO DE LA INVENCION

"PERFECCIONAMIENTOS INTRODUCIDOS EN UN CAMBIADOR DE CALOR EN CONTRACORRIENTE, DE PERFIL VARIABLE"

㉓ SOLICITANTE (S)

THAGARD TECHNOLOGY COMPANY

(S-1454.54 Div. II)

DOMICILIO DEL SOLICITANTE

2712 Kelvin Avenue, Irvine, California 92705, EE.UU.

㉔ INVENTOR (ES)

Edwin Matovich

㉕ TITULAR (ES)

㉖ REPRESENTANTE

DON ALBERTO DE ELZABURU MARQUEZ

(P.-65.461)

1 La presente invención se refiere a un cambiador
de calor en contracorriente, de perfil variable, combina-
do con reactores de pared fluida para procedimientos de
reacción química a temperatura elevada, así como a los di-
5 versos procedimientos que pueden realizarse en tales reac-
tores, muchos de cuyos procedimientos han sido con anterio-
ridad imposibles de llevar a la práctica o sólo teóricamen-
te posibles. Tanto el reactor de pared fluida como los pro-
cedimientos empleados en tales reactores, utilizan acopla-
10 miento de radiación como fuente de calor, mantienen las
reacciones químicas consideradas en aislamiento en el inte-
rior de una capa o envolvente de fluido de protección, fue-
ra del contacto con las superficies del reactor en el que
tiene lugar la reacción, y proporcionan una pantalla térmi-
15 ca que encierra sustancialmente los medios de calentamiento
por energía radiante y la zona de reacción de tal manera
que define una "cavidad de cuerpo negro". Tal como se uti-
liza en esta memoria, debe entenderse generalmente que el
término "cavidad de cuerpo negro" denota un espacio que es-
20 tá confinado sustancialmente por una o varias superficies
y del cual, idealmente, no puede escapar radiación alguna.
Dentro del contexto del presente reactor, la pantalla tér-
mica constituye la superficie o superficies confinantes de
la "cavidad de cuerpo negro" y el material del que está fa-
25 bricada la pantalla térmica se comporta como un aislador in-
hibiendo la transmisión de calor desde el interior de la
"cavidad de cuerpo negro", y tiene que ser capaz de soportar
las temperaturas generadas por la fuente de calor de acopla-
miento de radiación.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

1 En la actualidad se emplean reactores de temperatura elevada para llevar a cabo reacciones de pirólisis, termolisis, disociación, descomposición y combustión, tanto
5 de compuestos orgánicos como inorgánicos. Sustancialmente todos los reactores citados transfieren calor a las sustancias reaccionantes por convección y/o conducción, pero esta característica produce inherentemente dos problemas fundamentales que limitan la naturaleza y el alcance de las
10 reacciones que pueden llevarse a cabo. Ambos problemas provienen del hecho de que en un reactor convencional que transfiera calor a las sustancias reaccionantes por convección, la temperatura más alta del sistema se localiza necesariamente en la interfase entre la pared interior del reactor
15 y la corriente de sustancias reaccionantes.

El primer problema implica las limitaciones en cuanto a temperaturas de reacción disponibles que vienen impuestas por la resistencia a temperaturas elevadas de los
20 materiales para paredes de reactor conocidos. La capacidad decreciente de tales materiales para mantener su integridad en condiciones de temperatura creciente es por supuesto, bien conocida. No obstante, puesto que es necesario que tales materiales se calienten a fin de que pueda transferirse energía térmica a la corriente de sustancias reaccionantes,
25 las temperaturas disponibles para la reacción han venido limitadas por la temperatura a la que pueda calentarse la pared del reactor en condiciones de seguridad. Este factor es particularmente crítico en aquellos casos en los que la reacción que se considera o bien ha de tener lugar a presiones
30 elevadas o bien produce dichas presiones elevadas.

1 El segundo problema resulta inherentemente tanto
del hecho de que la pared de un reactor convencional se
encuentra a la temperatura más alta del sistema, como del
hecho de que la transmisión de calor convectiva/conductiva
5 requiere contacto entre la pared y la corriente de sustan-
cias reaccionantes. Por encontrarse a tal temperatura ele-
vada, la pared del reactor es una zona ideal, si no la más
deseable, del sistema, y en muchos casos, los productos de
reacción se acumularán y crecerán sobre la pared. Tal acu-
10 mulación deteriora la aptitud del sistema para transferir
calor a las sustancias reaccionantes, y esta impedancia
térmica que aumenta continuamente requiere que la tempera-
tura de la fuente de calor se eleve progresivamente lo pre-
ciso para mantener el régimen inicial de transmisión de ca-
15 lor hacia la corriente de sustancias reaccionantes. Eviden-
temente, a medida que aumenta la acumulación, la tempera-
tura requerida de la fuente de calor podrá llegar, en un mo-
mento dado, a sobrepasar las capacidades del material de
la pared del reactor. Además, como se requiere energía adi-
20 cional para mantener la reacción, el procedimiento se hace
menos eficiente tanto en el sentido técnico como en el eco-
nómico. Así, en el punto en que la reacción considerada ya
no puede mantenerse, sobre la base de la transmisión del
calor, de la resistencia de los materiales, o de considera-
25 ciones económicas, el sistema tiene que pararse y limpiarse.

Usualmente, la limpieza se realiza mecánicamente
por rascado de la pared del reactor, o químicamente por
combustión de los depósitos. En algunos procedimientos con-
tinuos, se ha intentado rascar la pared del reactor mien-
30 tra transcurre la reacción. Sin embargo, la propia herra-

1 mienta de rascado llega a calentarse inevitablemente, se
convierte en un foco de reacción y, después de ello, tiene
que limpiarse a su vez. En cualquier caso, este tiempo de
parada representa una pérdida económica sustancial. En mu-
5 chos casos, se instalará un segundo sistema con el fin de
reducir al mínimo el tiempo de producción perdida. No obs-
tante, tal equipo adicional representa por lo general una
inversión importante de capital. Algunos reactores químicos
de temperatura elevada incluyen un tubo que se calienta a
10 una temperatura a la que sus paredes interiores emiten su-
ficiente energía radiante para iniciar y mantener la reac-
ción. Sin embargo, como en el caso de los reactores conduc-
tivos y convectivos, para aquellas reacciones en las que se
forman productos sólidos, se produce con frecuencia una acu-
15 mulación indeseable de productos en las paredes del tubo,
que conduce a una reducción de la transmisión de calor e in-
cluso a la obstrucción del tubo.

El reactor descrito en la patente de los EE.UU.
Nº 2926073 está designado para producir negro de humo e
20 hidrógeno por pirólisis de gas natural. El procedimiento
es, según se afirma, continuo, pero en la práctica, el prin-
cipio de transmisión de calor por convección con arreglo al
cual opera el reactor causa graves problemas tanto de mante-
nimiento como de control de la reacción. Como los tubos ca-
25 lentados del reactor son focos de reacción ideales, invaria-
blemente se acumula carbono y eventualmente puede llegar a
obstruir el sistema. Más grave, no obstante, es el problema
de embalamiento térmico que puede dar como resultado explo-
siones. Con respecto a esta condición, se ha determinado que
30 durante la pirólisis del gas natural, la conductividad tér-

1 mica de la fase gaseosa aumenta repentinamente desde apro-
ximadamente 5 a 30 veces, dependiendo de la composición del
gas. Como las temperaturas en un reactor convencional de
tipo convectivo no pueden regularse con la velocidad y la
5 exactitud suficientes para compensar este fenómeno, en al-
gunos casos el sistema se haría inestable y podrían produ-
cirse explosiones. Tales condiciones son inherentes en los
reactores convencionales y, hasta ahora, no se ha encontra-
do procedimiento alguno para resolver este problema.

10 La patente de los EE.UU. Nº. 3565766 representa
un intento reciente para mejorar la calidad de la hulla
por pirólisis. El sistema descrito comprende una serie de
recipientes de acero hueco que actúan como lechos fluidiza-
dos de etapa múltiple a temperaturas progresivamente cre-
15 cientes que llegan hasta aproximadamente 871°C. La fluidi-
zación a temperaturas más bajas se consigue por medio de
un gas inerte que puede suministrar a su vez calor, aun
cuando se considera calentamiento procedente del exterior.
A las temperaturas más altas, la fluidización se consigue
20 por medio del gas de cabeza obtenido en la etapa final; y,
en dicha etapa final, la temperatura se mantiene por combus-
tión interna del carbón residual en el seno de aire u oxí-
geno. Debido a que se basa primariamente en la transmisión
de calor por convección, este sistema se ve sometido a mu-
25 chos de los defectos y desventajas que se han expuesto con
anterioridad.

El aparato para la fabricación de negro de humo
descrito en la patente de los EE.UU. Nº 2062358 incluye un
tubo poroso dispuesto en el interior de una cámara de calen-
30 tamiento. Se dirige el gas caliente procedente de un horno

1 alejado al interior de la cámara, y después de ello se ve
impulsado a través de la pared del tubo poroso para mezclarse
se con las sustancias reaccionantes. Así, solamente se em-
plea transmisión de calor por convección desde un fluido
5 hasta las sustancias reaccionantes. Esto, junto con la au-
sencia de una "cavidad de cuerpo negro" exige el flujo de
un gran volumen de fluido a través de la cámara de calenta-
miento con el fin de compensar las pérdidas de calor.

La patente de los EE.UU. N° 2769772 describe un
10 reactor para tratamiento en caliente de materiales fluidos
tales como hidrocarburos que incluye dos tubos concéntricos
dispuestos en un horno calentado por llama. Las sustancias
reaccionantes fluyen axialmente a través del tubo concéntri-
co interior, que es permeable. Un gas portador de calor que
15 fluye por el interior de la cámara anular comprendida entre
los tubos concéntricos se calienta por contacto con la pa-
red exterior. Los fluidos contenidos en el tubo interior se
calientan por convección cuando el gas portador de calor
atraviesa la pared permeable y se mezcla con ellos. Se evi-
20 ta expresamente la transmisión de calor radiante. De hecho,
es imposible calentar el tubo interior sin calentar simul-
táneamente el tubo exterior a una temperatura, como mínimo,
tan alta como la de aquél.

El horno de cracking de combustión en superficie,
25 de la patente de los EE.UU. N° 2436282, emplea el principio
de gas portador de calor por convección, similar al de la
patente de los EE.UU. N° 2769772. El horno incluye un tubo
refractario poroso rodeado por una camisa. Un fluido combus-
tible procedente de una cámara anular se ve forzado a pasar
30 a través de la pared porosa hasta el interior del tubo, don

1 de aquél entra en ignición. Es evidente, sin embargo, que
el fluido combustible contenido en la cámara anular explo-
tará a no ser que el mismo se vea forzado a atravesar la
pared porosa a una velocidad mayor que la velocidad de pro-
5 pagación de la llama hacia atrás a través de la pared. Aná-
logamente, la temperatura en el interior de la cámara anu-
lar tiene que mantenerse por debajo de la temperatura de
ignición de la mezcla gas/aire. Los productos de la combus-
tión de la llama de superficie se mezclan con las sustan-
10 cias reaccionantes en el horno, diluyéndose y reaccionando
posiblemente con ellas. Se imparte calor a las sustancias
reaccionantes mediante mezclado por convección de los pro-
ductos de la combustión y dichas sustancias reaccionantes.

Las patentes de los EE.UU. Núms. 2670272; 2670275;
15 2750260; 2915367; 2957753; y 3499730, describen cámaras de
combustión para la producción de dióxido de titanio utiliza-
do como pigmento por combustión de tetracloruro de titanio
en oxígeno. En la patente 2670275, que es representativa de
este grupo, se quema el tetracloruro de titanio en un tubo
20 refractario poroso. Un gas inerte se difunde continuamente
a través del tubo poroso pasando al interior de una cámara
de combustión en la que aquél forma una capa protectora so-
bre la superficie interior del tubo. Esta capa protectora
gaseosa reduce sustancialmente la tendencia de las partícu-
25 las de dióxido de titanio a adherirse a las paredes del reac-
tor. Como la combustión del tetracloruro de titanio es una
reacción exotérmica, no se hace provisión alguna para sumi-
nistrar calor a la mezcla de reacción a medida que ésta
atraviesa el tubo. De hecho, la patente 2670275 afirma que
30 es ventajoso eliminar calor de la cámara del reactor bien

1 sea por exposición del conjunto del tubo poroso a la atmósfera, o bien por circulación de un fluido refrigerante a través de un serpentín dispuesto alrededor del tubo poroso.

5 RESUMEN DE LA INVENCION

En el presente procedimiento de reacción química a temperatura alta, se genera una envoltura anular de un fluido inerte que es sustancialmente transparente a la radiación; la envoltura tiene una longitud axial sustancial. A continuación, se hace pasar al menos una sustancia reaccionante a través del núcleo de la envoltura a lo largo de una trayectoria previamente determinada que es sustancialmente coincidente con el eje de la envoltura, confinándose las sustancias reaccionantes dentro de dicha envoltura. Después de haberse iniciado el flujo de sustancias reaccionantes, se dirige energía radiante de alta intensidad a través de la envoltura de tal modo que coincida al menos con una porción de la trayectoria de las sustancias reaccionantes. Se absorbe en el núcleo suficiente energía radiante para elevar la temperatura de las sustancias reaccionantes a un nivel requerido para que se inicie la reacción química deseada.

En el supuesto de que las sustancias reaccionantes sean por sí mismas transparentes a la energía radiante, se introduce un blanco absorbente en la corriente de sustancias reaccionantes. Dicho objetivo absorberá suficiente energía radiante para hacer que se eleve la temperatura en el núcleo al nivel deseado. En algunos casos, sin embargo, si bien las sustancias reaccionantes son transparentes a la radiación, uno o más de los productos de la reacción será

1 —absorbedor de la radiación. En tal caso, una vez que se ha
iniciado la reacción, puede extraerse el blanco y continuar
se la reacción. Un ejemplo de tal reacción es la pirólisis
del metano a carbono e hidrógeno.

5 Algunas reacciones se invertirán bien sea parcial
o completamente si los productos de reacción no se enfrían
inmediata y rápidamente. En tales casos, se considera adic-
cionalmente que la refrigeración de los productos de la
reacción y de cualesquiera objetivos remanentes se lleve a
10 cabo inmediatamente después de completada la reacción de-
seada, a fin de prevenir tales reacciones químicas indesea-
bles.

 El reactor de pared fluida para temperatura alta
de la presente invención transfiere sustancialmente la to-
15 talidad del calor requerido a las sustancias reaccionantes
por acoplamiento de radiación. Ciertas realizaciones del
reactor comprenden un tubo que tiene un extremo de entrada
y otro de salida, definiendo el interior del tubo una cámara
de reactor. Medios para introducir un fluido inerte en
20 la cámara del reactor proporcionan una capa de protección
para la superficie radialmente interior del tubo del reac-
tor. Medios para la introducción de al menos una sustancia
reaccionante en la cámara del reactor a través del extremo
de entrada hacen que tales sustancias reaccionantes se di-
25 rijan en una trayectoria previamente determinada axialmente
con respecto al tubo del reactor. La capa de fluido inerte
confina las sustancias reaccionantes en una posición sustan-
cialmente central en el interior de la cámara del reactor
y fuera del contacto con el tubo del reactor. Se genera
30 energía radiante de alta densidad y se dirige hacia el inte

1 rior de la cámara del reactor para coincidir con al menos
una porción de la trayectoria de las sustancias reaccionan
tes, siendo absorbida suficiente energía radiante para ele
var la temperatura de las sustancias reaccionantes a un ni
5 vel requerido para que se inicie la reacción química dese
da. Otra realización del reactor comprende un tubo que tie
ne un extremo de entrada y un extremo de salida, definien
do al menos una porción del interior del tubo una zona de
reacción; el tubo del reactor está hecho de una estructura
10 de un material refractario fibroso capaz de emitir suficien
te energía radiante para elevar la temperatura de las sus
tancias reaccionantes en el interior de la zona de reacción
a un nivel requerido para iniciar y mantener la reacción
química deseada. Dicha estructura tiene una multiplicidad
15 de poros de un diámetro tal que permiten un flujo uniforme
de cuantía suficiente del fluido inerte que es sustancial
mente transparente a la energía radiante a través de la pa
red del tubo para constituir una capa de protección para
la superficie radialmente interior del tubo del reactor.
20 Un recipiente tubular de presión, estanco a los fluidos,
confina el tubo del reactor para definir una cámara de so
brepresión del fluido inerte entre el tubo del reactor y el
recipiente de presión, estando los extremos de entrada y
salida del tubo del reactor aislados herméticamente de la
25 cámara de sobrepresión. El recipiente de presión tiene al
menos una entrada para admitir el fluido inerte que se diri
ge bajo presión al interior de la cámara de sobrepresión y
a través de la pared del tubo poroso al interior de la zona
de reacción. El reactor incluye también medios para intro
30 ducir al menos una sustancia reaccionante en el interior de

1 - la zona de reacción a través del extremo de entrada del tubo del reactor. Después de ello, las sustancias reaccionantes se dirigen en una trayectoria previamente determinada axialmente con respecto al tubo del reactor, y son confinadas por la capa de protección en una posición sustancialmente central en el interior de la zona de reacción y fuera de contacto con la pared interior del tubo del reactor. Al menos un elemento de calentamiento eléctrico está dispuesto en el interior de la cámara de sobrepresión y separado radialmente hacia el exterior del tubo del reactor para calentar dicho tubo del reactor al nivel de temperatura al cual éste emita suficiente energía radiante para iniciar y mantener la reacción química deseada. La energía radiante se dirige al interior de la zona de reacción sustancialmente en coincidencia con al menos una porción de la trayectoria de las sustancias reaccionantes. Está dispuesta una pantalla térmica en el interior del recipiente de presión, que confina sustancialmente los elementos de calentamiento y la zona de reacción definiendo una "cavidad de cuerpo negro".

20 La pantalla térmica refleja la energía radiante hacia el interior, dirigiéndola hacia la zona de reacción.

En contraste con los reactores convectivos convencionales, la presente invención está basada en el acoplamiento de radiación para transferir calor a la corriente de sustancias reaccionantes. La cantidad de calor transferida es independiente tanto del contacto físico entre la pared del reactor y la corriente como del grado de mezclado turbulento en dicha corriente. La consideración primaria para la transmisión de calor en el presente sistema es el coeficiente de absorción de radiación (α) de las sustancias reaccio

1 nantes. La capa de fluido inerte que protege la pared del
reactor es deseablemente sustancialmente transparente a la
radiación y exhibe en consecuencia un valor muy bajo de α .
Esto hace posible que se transfiera energía radiante a tra-
5 vés de la capa de protección a la corriente de sustancias
reaccionantes con pérdidas escasas o nulas de energía.
Idealmente, o bien las sustancias reaccionantes propiamente
dichas o un medio de sustancia objetivo exhibirán valores
elevados de α y absorberán por tanto cantidades grandes de
10 energía, o alternativamente, las sustancias reaccionantes
pueden hallarse finamente divididas (como en una niebla) de
tal modo que la radiación sea absorbida al verse atrapada
entre las partículas. Como aquellos materiales que son bue-
nos absorbentes son también por regla general buenos emiso-
15 res de radiación, cuando las sustancias reaccionantes o los
blancos se calientan a una temperatura suficientemente al-
ta, los mismos se convierten en radiadores secundarios que
re-irradian energía a través de la totalidad del volumen
reaccionante y mejoran adicionalmente las características
20 de transmisión de calor del sistema. Esto ocurre casi ins-
tantáneamente, por lo que se requiere un control preciso y
rápido. Además, el fenómeno de re-irradiación que asegura
un calentamiento rápido y uniforme de las sustancias reac-
cionantes es completamente independiente del grado de mez-
25 clado turbulento que pueda existir en el seno de la corrien-
te de sustancias reaccionantes.

El presente procedimiento químico para temperatura
elevada y el aparato para el mismo proporcionan una solución
a los problemas que han constituido grandes inconvenientes
30 en la técnica y permiten así la realización de reacciones

1 que hasta ahora han sido imposibles de llevar a la prácti-
ca o sólo teóricamente posibles. Dado que el calor es su-
ministrado por acoplamiento de radiación más bien que por
convección y/o conducción, la temperatura de la corriente
5 de sustancias reaccionantes puede ser independiente tanto
de la temperatura de la pared del reactor como de la condi-
ción de la corriente de sustancias reaccionantes, y se re-
suelve así el grave problema de la resistencia de los mate-
riales. Dos realizaciones del presente reactor consideran
10 de hecho que se enfríe la pared del reactor; las realizacio-
nes tercera y cuarta, aun cuando proporcionan una pared ca-
lentada como fuente de energía radiante, no están sometidas
a las altas presiones que se alcanzan normalmente en muchas
clases de reacciones. Por esta razón, pueden emplearse de
15 modo satisfactorio materiales refractarios tales como car-
bono u óxido de torio, que no son adecuados para uso como
material de pared en un reactor convencional. En comparación
con las aleaciones más refractarias, que funden a aproxima-
damente 1593°C , el óxido de torio, por ejemplo, puede pres-
20 tar un buen servicio a temperaturas mayores que $2982,2^{\circ}\text{C}$.
Esta característica permite que se alcancen temperaturas
de reacción que exceden con mucho de las que pueden alcan-
zarse en la actualidad y puedan llevarse a cabo reacciones
que habían sido sólo teóricamente posibles.

25 La tela de carbono, que es el material refractario
preferido para una realización del presente tubo del reac-
tor, es relativamente poco costosa, fácilmente asequible, y
puede conformarse en tubos de reactor sustancialmente mayo-
res que los de carbono poroso colado utilizables en la ac-
30 tualidad. Como la tela de carbono es normalmente flexible,

1 cualquier intento para forzar un gas inerte radialmente ha
cia el interior a través de un tubo de reactor de tal mate
rial ocasionaría de ordinario el aplastamiento del tubo.
De acuerdo con ello, la presente invención considera la de
5 posición de una capa de grafito pirolítico sobre la tela
para conferirle una rigidez suficiente para resistir el
gradiente de presión mantenido entre la cámara de sobrepresión
del fluido inerte y la zona de reacción. La deposición
de una capa de grafito pirolítico sobre la tela permite
10 también el control de la porosidad de la estructura.

La provisión de la capa protectora de fluido inerte, que se hace posible en gran parte gracias al uso del acoplamiento de radiación, aísla la pared del reactor de la corriente de sustancias reaccionantes y hace que sea
15 imposible en condiciones de operación normales que se acumulen precipitados de cualquier tipo u otros depósitos, y lleguen a obstruir el sistema. En el caso de que vaya a utilizarse un fluido de protección corrosivo tal como vapor de agua, las superficies del tubo del reactor, los elementos
20 de calentamiento y la pantalla térmica que se mantienen a temperaturas altas y en contacto con el gas de protección cuando el reactor está en funcionamiento pueden revestirse con una capa delgada de óxido refractario tal como óxido de torio, óxido de magnesio u óxido de zirconio. El óxido refractario se puede depositar sobre estas superficies calentando el reactor a una temperatura superior a la de disociación de un compuesto volátil que contenga el metal, introduciendo este compuesto en la cámara del reactor y dejando
25 que el mismo se disocie, depositándose así una capa de metal sobre las superficies calentadas. Después de ello, un
30

1 -gas u otro material adecuado tal como oxígeno molecular puede
de introducirse en la cámara del reactor para oxidar la
capa de metal, formándose el óxido refractario deseado. Al-
ternativamente, el revestimiento refractario puede lograr-
5 se en una sola etapa si se emplea un compuesto volátil que
contiene metal que se pirolíce directamente a un óxido,
como agente de deposición del refractario.

El uso de acoplamiento de radiación hace posible,
además, el control exacto y casi instantáneo de las veloci-
dades de transmisión de calor, lo cual es imposible de con-
10 seguir en un reactor de convección convencional. Adicional-
mente, el presente reactor puede proporcionar una densidad
de potencia en el foco de reacción que excede de 10.000
wattios/cm². Una realización que es adecuada para fines co-
15 mercialés en gran escala ha alcanzado una densidad de po-
tencia de aproximadamente 180 wattios/cm². Incluso esta ci-
fra menor representa una gran mejora sobre los 2 a 3 wattios/
cm² que se obtienen corrientemente en los reactores conven-
cionales. Y el empleo de una pantalla térmica que proporcio-
20 na la superficie o superficies que limitan una cavidad de
cuerpo negro dentro de la cual tienen lugar todas las reac-
ciones hace que sea posible alcanzar eficiencias térmicas
extraordinariamente favorables.

Las reacciones que se pueden llevar a cabo por
25 el procedimiento de esta invención tal como se materializa
ésta por el presente reactor son muchas y variadas. Por
ejemplo, compuestos orgánicos, en particular hidrocarburos,
pueden pirolizarse para producir carbono e hidrógeno sin
los problemas concomitantes de acumulación y de embalamien-
30 to térmico que se presentaban en la técnica anterior. Los

1 hidrocarburos saturados se pueden pirolizar parcialmente
para obtener hidrocarburos insaturados; así, por ejemplo,
propano y etano pueden deshidrogenarse a propileno y eti-
leno, respectivamente. Los hidrocarburos insaturados se
5 pueden pirolizar parcialmente en presencia de hidrógeno pa-
ra formar hidrocarburos saturados y, más específicamente,
los productos de petróleo se pueden craquear térmicamente.
Así, el gasoil se puede convertir fácilmente en dieseloil,
queroseno, fracciones de gasolina o incluso metano. Se pue-
10 den añadir compuestos intermedios halogenados a los hidro-
carburos parcialmente pirolizados para producir compuestos
de peso molecular más alto. Los hidrocarburos pueden piro-
lizarse de modo completo o incompleto en presencia de va-
por de agua para formar monóxido de carbono e hidrógeno;
15 después se puede añadir hidrógeno adicional y llevarse a
cabo la reacción para formar hidrocarburos de la serie de
los alcanos, que son gases combustibles de alto poder calo-
rífico.

Análogamente, se pueden pirolizar compuestos inor-
20 gánicos. Por ejemplo, sales u óxidos de hierro, mercurio,
plata, wolframio y tántalo, entre otros, se pueden disociar
para obtener metales puros. Óxidos de hierro, níquel, cobal-
to, cobre y plata, para nombrar unos cuantos, pueden redu-
cirse directamente en presencia de hidrógeno con el mismo
25 resultado. Esta lista no trata en modo alguno de ser exhaus-
tiva.

Por el presente procedimiento se pueden producir
también productos compuestos nuevos. Por ejemplo, se pueden
obtener partículas de carbono o de talco revestidas con car-
30 buro de silicio. Este producto sirve como un abrasivo exce-

1 celente debido a que, a medida que se utiliza, se fragmen-
ta continuamente y forma nuevas superficies afiladas. Las
partículas de ciertos elementos tales como U^{235} pueden en-
capsularse también en una envoltura estanca químicamente
5 de otro material tal como carbono; este producto particu-
lar es útil como elemento combustible para reactores nu-
cleares.

Se considera adicionalmente que la presente in-
vención puede proporcionar la etapa terminal en la incine-
10 ración aerobia convencional de residuos tales como basuras
y aguas de alcantarillado. Las temperaturas relativamente
bajas encontradas en las técnicas actuales de tratamiento
por incineración permiten la formación de peróxidos orgáni-
cos y óxidos de nitrógeno que contribuyen de modo importan-
15 te a la niebla fotoquímica espesa y oscura y a otras formas
de contaminación del aire. Puesto que tales compuestos no
son estables a las temperaturas de tratamiento más altas
permitidas por la presente invención, se puede obtener un
efluente de incineración de los residuos que tiene un con-
20 tenido muy bajo de contaminantes.

Adicionalmente, la presente invención considera
la destilación y/o disociación destructivas anaerobias a
temperatura alta de los residuos para obtener productos
útiles tales como negro de humo, carbón vegetal activado,
25 hidrógeno, y desperdicios de vidrio, para citar unos cuan-
tos. La adición de vapor de agua a tales residuos produci-
rá monóxido de carbono e hidrógeno, los cuales pueden some-
terse luego a tratamiento de la manera convencional para
obtener gases combustibles. Finalmente, la adición de hidró-
30 geno a tal residuo producirá aceites pesados equivalentes a

1 los de petróleo y otros productos de petróleo. Así pues,
se pueden lograr reducciones sustanciales en la contamina-
ción del aire así como beneficios económicos importantes
por medio de las aplicaciones de la presente invención con-
5 siderados.

La presente invención representa un avance funda-
mental en la técnica. Dado que hace asequible por vez pri-
mera una fuente de energía térmica que nunca se ha utiliza-
do de esta manera, sus aplicaciones potenciales son numero-
10 sas y variadas. Además, al resolver el problema de la re-
sistencia de los materiales que ha constituido un serio
obstáculo para la técnica durante muchos años, esta inven-
ción hace posible en el sentido práctico muchas reacciones
químicas útiles que se conocen desde hace largo tiempo pero
15 que no habían podido llevarse a la práctica debido a limi-
taciones de temperatura inherente a los reactores que de-
pendían de transmisión de calor por convección y/o conduc-
ción.

20 DESCRIPCION BREVE DE LOS DIBUJOS

Las FIGS. 1A, 1B, 1C y 1D constituyen, juntas, un
alzado compuesto en corte parcial del reactor de la presen-
te invención; la estructura integral del reactor se ha di-
vidido a lo largo de las líneas A-A, B-B y C-C, respectiva-
25 mente, con objeto de proporcionar una ilustración de tama-
ño suficiente para mostrar con claridad ciertos detalles es-
tructurales;

la FIG. 2 es un corte realizado sustancialmente
a lo largo de la línea 8-8 de la FIG. 1A;

la FIG. 3 es un corte realizado sustancialmente

1 a lo largo de la línea 9-9 de la FIG. 1B;

la FIG. 4 es un corte realizado sustancialmente a lo largo de la línea 10-10 de la FIG. 1B;

5 la FIG. 5 es un corte realizado sustancialmente a lo largo de la línea 11-11 de la FIG. 1C;

la FIG. 6 es un corte realizado sustancialmente a lo largo de la línea 12-12 de la FIG. 1C; y

10 la FIG. 7 es un alzado en corte de un conjunto de tratamiento posterior a la reacción de una realización alternativa del reactor de la presente invención.

DESCRIPCION DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

15 Antes de entrar en la descripción específica de las figuras de los dibujos es de señalar que, tal como se utilizan en esta memoria, los términos "energía radiante" y "radiación" tienen por objeto abarcar todas las formas de radiación con inclusión de partículas nucleares ricas en energía o productoras de impactos. Sin embargo, dado que la utilización práctica de tal radiación no es posible en el estado presente de la técnica, la radiación del cuerpo negro u otra radiación electromagnética, en particular de longitudes de onda comprendidas entre aproximadamente 100 micras y 0,01 micras, se considera que es la fuente primaria de energía en la que se basan las consideraciones de diseño.

25 Por su parte, el término "inerte", tal como se utiliza en esta memoria, implica dos factores: la aptitud del fluido para reaccionar químicamente con el material del tubo del reactor, y la aptitud del fluido para reaccionar químicamente con los materiales que se están tratando. Así, 30 la selección de un fluido de protección "inerte" depende en

1 cada caso del ambiente particular. Excepto que se provea
específicamente otra cosa, es deseable que el fluido sea
inerte con respecto al tubo del reactor, y usualmente es
deseable que el fluido sea inerte con respecto a la reac-
5 ción que se lleva a cabo. No obstante, se considera que en
algunos casos el fluido "inerte" de la capa de protección
pueda participar también en la reacción como, por ejemplo,
si se hacen reaccionar partículas de hierro o de carbono
en presencia de una capa de protección de vapor de agua pa-
10 ra producir óxido de hierro e hidrógeno o monóxido de car-
bono e hidrógeno, respectivamente.

Con referencia ahora a las FIGS. 1A a 7, inclusi-
ve, una primera realización del presente reactor químico
de temperatura alta comprende en líneas generales un conjun-
15 to de entrada 200 y un conjunto de electrodos 300, un con-
junto principal 400, y un conjunto de tratamiento posterior
a la reacción, 500. Los elementos principales de este reac-
tor incluyen:

(A) Un tubo 401 del reactor que tiene un extremo
20 de entrada 402 y un extremo de salida 403; definiendo al
menos una porción del interior del tubo 401 una zona de reac-
ción 404. El tubo 401 del reactor está hecho de una estruc-
tura de un material refractario fibroso capaz de emitir su-
ficiente energía radiante para elevar la temperatura de las
25 sustancias reaccionantes en el interior de la zona de reac-
ción 404 hasta el nivel requerido para que se inicie y se
mantenga la reacción química deseada. La estructura tiene
una multiplicidad de poros de tal diámetro que permiten un
flujo uniforme de cantidad suficiente del fluido inerte que
30 es sustancialmente transparente a la energía radiante a tra-

1 -vés de la pared del tubo para constituir una capa de protec
ción de la superficie radialmente interior del tubo 401 del
reactor.

(B) Un recipiente tubular de presión estanco a
5 los fluidos (que tiene una sección 201 de conjunto de en-
trada, una sección 301 de conjunto de electrodos, una sec-
ción 405 de conjunto principal, y una sección 501 de conjun
to de tratamiento posterior a la reacción) aloja el tubo
401 del reactor definiendo una cámara de sobrepresión 406
10 del fluido inerte entre el tubo 401 del reactor y el reci-
piente de presión. Los extremos de entrada y de salida,
402 y 403 respectivamente, del tubo 401 del reactor, están
aislados de modo hermético de la cámara de sobrepresión
406. El recipiente de presión tiene una primera entrada
15 408 y una segunda entrada 409 para admisión del fluido iner
te que se dirige a presión hacia el interior de la cámara
de sobrepresión 406 y a través de la pared del tubo poroso
401 al interior de la zona de reacción 404.

(C) Medios para la introducción de las sustancias
20 reaccionantes, bien sean éstas gaseosas, líquidas, ó sólidas,
en la zona de reacción 404 a través del extremo de entrada
402 del tubo 401 del reactor. Las sustancias reaccionantes
se dirigen en una trayectoria predeterminada axialmente con
respecto al tubo 401 del reactor y están confinados por la
25 capa de protección sustancialmente en posición central en
el interior de la zona de reacción 404 y fuera de contacto
con la pared interior del tubo 401 del reactor.

(D) Medios eléctricos que incluyen los elementos
de calentamiento 302a, 302b, y 302c, que están dispuestos
30 en el interior de la cámara de sobrepresión 406 y separados

1 radialmente en el exterior del tubo 401 del reactor para
calentar el tubo del reactor al nivel de temperatura al
cual éste emita suficiente energía radiante para iniciar y
mantener la reacción química deseada. La energía radiante
5 se dirige al interior de la zona de reacción 404, en direc-
ción sustancialmente coincidente con al menos una porción
de la trayectoria de las sustancias reaccionantes.

(E) Una pantalla térmica 410 que está dispuesta
en el interior del recipiente de presión confinando sustan-
10 cialmente los elementos de calentamiento 302a, 302b y 302c
y la zona de reacción 404 para definir una cavidad de cuer-
po negro. La pantalla térmica 410 refleja la energía radian-
te hacia el interior hasta la zona de reacción 404.

15 A. CONJUNTO DE ENTRADA

Haciendo referencia en particular a las FIGS. 1A
y 2, la sección 201 del conjunto de entrada al recipiente
de presión es un miembro tubular que tiene bridas primera
y segunda, 202 y 203, en sus extremos respectivos. Un blo-
20 que 204 de boquilla anular está asegurado a una brida 205
anular de cierre hermético que, a su vez, está asegurada en
relación estanca a los fluidos a la primera brida 202 de la
sección 201 del conjunto de entrada al recipiente de presión.
Un tubo de entrada 206 del gas de atomización principal se
25 extiende a través del bloque 204 de boquilla anular y está
asegurado firmemente al mismo por una brida de soporte 207.
Un anillo "O" 209 en la brida de soporte 207 asegura un cie-
rre estanco a los fluidos entre el tubo de entrada 206 del
gas de atomización principal y la brida 207. Un adaptador de
30 entrada 210 está asegurado a un extremo del tubo de entrada

1 -206 del gas de atomización principal como se muestra en la FIG. 1A. El gas de atomización entra en una cámara 211 a través de una entrada 212.

5 Un tubo de entrada 214 de la sustancia reaccionante líquida principal está dispuesto en el interior del tubo de entrada principal 206 del gas de atomización y se extiende sustancialmente de modo coextensivo con él. Una sustancia reaccionante líquida principal entra en el tubo 214 a través de la entrada 215 existente en el adaptador 10 210.

Como se muestra mejor en la FIG. 1B, una boquilla de nebulización 216 está asegurada al extremo de salida tanto del tubo de entrada 206 del gas de atomización principal como del tubo de entrada 214 de la sustancia reaccionante líquida principal. La boquilla de nebulización 15 216 incluye un anillo de refuerzo tubular 217 que está asegurado a la boquilla y dispuesto radialmente por el exterior de la misma como se muestra. El eje del anillo de refuerzo 217 es sustancialmente paralelo al eje del tubo del reactor 401. Durante la operación, la sustancia reaccionante líquida y el gas de atomización se dirigen a presión a través de los tubos 214 y 206 respectivamente y, también a presión, se mezclan en el interior de la boquilla 216. La 20 sustancia reaccionante líquida se dispersa así desde la salida de la boquilla en forma de una niebla que absorbe energía radiante. El anillo de refuerzo 217 sirve para ayudar a mantener la niebla de la sustancia reaccionante líquida centralmente en el interior de una zona de pre-reacción 411 del tubo 401 del reactor.

30 Como se muestra mejor en las FIGS. 1A y 2, el con

1 junto de entrada de la realización preferida del presente
reactor puede incluir adicionalmente una pluralidad de tu-
bos de entrada secundarios 218a, 218b, y 218c, que permi-
ten la introducción de sustancias reaccionantes líquidas
5 adicionales. Los medios para la introducción de las sustan-
cias reaccionantes líquidas secundarias son estructural y
funcionalmente similares a los medios para la introducción
de la sustancia reaccionante líquida principal, previamen-
te descritos, y así incorporan adicionalmente tubos de en-
10 trada 219a, 219b, y 219c para el gas de atomización secun-
dario y boquillas de nebulización tales como 220a (las bo-
quillas de nebulización adicionales no se han representado).
Una entrada representativa para una sustancia reaccionante
líquida secundaria y una entrada representativa para un
15 gas de atomización secundario están designadas por los nú-
meros de referencia 221 y 222, respectivamente.

La exposición anterior presupone que las sustan-
cias reaccionantes propiamente dichas, o bien exhiben un
coeficiente α de absorción de la radiación relativamente
20 alto, o bien se pueden convertir en una niebla que absorbe
energía radiante. No obstante, si tal no es el caso, tiene
que introducirse un blanco absorbedor de energía radiante
en la zona 404 del reactor en coincidencia con al menos un
punto a lo largo de la trayectoria de las sustancias reac-
25 cionantes. Este blanco es un sólido finamente dividido tal
como polvo de carbono u otro material adecuado que entra
en la cámara del reactor junto con las sustancias reaccio-
nantes a través de la entrada y absorbe suficiente energía
radiante para elevar la temperatura de las sustancias reac-
30 cionantes hasta el nivel requerido.

1 Alternativamente, el blanco puede ser un líquido tal como alquitrán, asfalto, aceite de linaza o dieseloil, y puede incluir soluciones, dispersiones, geles y suspensiones de constitución diversa que pueden seleccionarse fácilmente a partir de materiales asequibles para adaptarse a los requisitos particulares. El blanco puede ser un gas que preferiblemente exhiba absorción en el espectro electromagnético desde aproximadamente 100 micras hasta aproximadamente 0,01 micras; tales gases incluyen etileno, propileno, óxidos de nitrógeno, bromo, cloro, yodo, y bromuro de etilo. El blanco puede ser también un elemento sólido hecho de un material tal como carbono que está dispuesto en la cámara del reactor a lo largo de al menos una porción de la trayectoria de las sustancias reaccionantes.

Haciendo referencia en particular a la FIG. 1A, un gas de barrido contribuye a dirigir la niebla de la sustancia reaccionante líquida hacia la zona de reacción 404. El gas de barrido entra en el bloque 204 de la boquilla por el adaptador de entrada 225 del gas de barrido, pasa por el canal 227 y se dirige axialmente con respecto al tubo 401 del reactor hacia la zona de pre-reacción 411.

Como se muestra en las FIGS. 1A y 2, una abertura de observación de la reacción 226 proporciona una visión axial de la zona de reacción 404.

B. CONJUNTO DE ELECTRODOS

Haciendo referencia particularmente a las FIGS. 1B, 3, 4 y 5, la sección 301 del conjunto de los electrodos del recipiente de presión tubular tiene porciones de bridas

1 primera y segunda 303 (que se muestra en la FIG. 1A) y 304,
respectivamente. La sección 301 del conjunto de los electro-
dos del recipiente de presión está asegurada en su primera
brida 303 a la segunda brida 203 de la sección 201 del con-
5 junto de entrada al recipiente de presión en relación estan-
ca a los fluidos. Un canal 305 de medio de enfriamiento es-
tá definido entre la sección 301 del conjunto de los elec-
trodos del recipiente de presión y una camisa 306 de reñri-
geración del conjunto de los electrodos. El medio de enfria-
10 miento entra en el canal 305 por la entrada 307 y sale por
la salida 308.

Como se muestra mejor en las FIGS. 1B y 3, los
electrodos 309a-309f de barra colectora de cobre están mon-
tados en la segunda brida 304 de la sección 301 del conjun-
15 to de los electrodos del recipiente de presión, y se extien-
den a través de aquélla. Aunque existen seis de tales elec-
trodos 309, por razones de conveniencia sólo se representa
realmente en detalle uno de ellos en la FIG. 1B. Cada elec-
trodo 309 de barra colectora de cobre incluye una brida fe-
20 nólica 310 y un aislador de cerámica 311. Cada uno de tales
electrodos 309 está enfriado por un fluido, preferiblemente
etilenglicol, que circula por un canal interior 312, entran-
do por la entrada 313 y saliendo por la salida 314. Una co-
nexión eléctrica se ilustra en 315. Un cierre estanco 316 de
25 politetrafluoretileno ayuda a impedir cualquier fuga del in-
terior de la cámara de sobrepresión 406 del fluido inerte.
Aun cuando el sistema eléctrico empleado en conexión con el
presente reactor es del tipo de conexión trifásica en "Y",
se pueden utilizar otros sistemas si las circunstancias lo
30 justifiquen.

1 Haciendo referencia en particular a las FIGS.
1B y 1C, cada electrodo 309 de cobre está asegurado por
una conexión de macho y hembra a una primera extremidad de
una extensión 317 de electrodo de carbono rígido. Las exten
5 siones 317 de los electrodos se proyectan a través de, pero
no están en contacto con, una primera sección 412 de extre
mo de la pantalla térmica 410 y están aseguradas por una
segunda extremidad a un soporte 318 del elemento de calen-
tamiento arqueado. Como se muestra mejor en la FIG. 4, los
10 elementos de calentamiento 302a-302c están asegurados en un
primer extremo a uno de los soportes 318 del elemento de
calentamiento arqueado, y están separados circunferencial-
mente alrededor del tubo 401 del reactor dentro de la cáma-
ra de sobrepresión 406 del fluido inerte. Los elementos de
15 calentamiento están asegurados en un segundo extremo a un
anillo 319 de conexión central trifásico como se muestra en
las FIGS. 1C y 5. Preferiblemente, cada elemento 302 de ca-
lentamiento por resistencia eléctrica está hecho de una es-
tructura de un material refractario fibroso tal como grafi-
20 to o carbono. Los soportes 318 de los elementos de calenta-
miento y el anillo 319 de conexión central pueden estar he-
chos de un material refractario y conductor de la electrici-
dad, tal como carbono.

25 C. CONJUNTO PRINCIPAL

 Haciendo referencia a las FIGS. 1B, 1C y 4, la
sección 405 del conjunto principal del recipiente de pre-
sión tiene porciones 414 y 415 de bridas primera y segunda,
respectivamente. La sección 405 está asegurada en su primera
30 brida 414 en relación estanca a los fluidos a la segunda

1 - brida 304 de la sección 301 del conjunto de electrodos del
recipiente de presión. Un canal 416 de medio refrigerante
del conjunto principal está definido entre la sección 405
del conjunto principal del recipiente de presión y una ca-
5 - misa de refrigeración 417 del conjunto principal. El canal
416 está definido además por un tabique espiral 418. El me-
dio de refrigeración entra en el canal espiral 416 a través
de la entrada 419 y sale por la salida 420.

El tubo 401 del reactor incluye tres zonas: la
10 - zona de reacción previa 411, la zona de reacción 404, y
una zona de post-reacción 422. Como se ha indicado anterior-
mente, el tubo 401 del reactor está hecho de una estructu-
ra de material fibroso refractario tal como carbono o gra-
fito. La estructura puede ser de tejido de punto, de teji-
15 - do plano, o no tejida. El tubo de reacción 401 está asegu-
rado en su extremo de salida 403 a un anillo 424 de sopcr-
te de salida del tubo del reactor que, a su vez, está ase-
gurado en su posición por un bloque 425 de anclaje del tu-
bo del reactor. El tubo 401 del reactor está asegurado en
20 - su extremo de entrada 402 a un anillo 426 de soporte de en-
trada del tubo del reactor que, a su vez, está unido en re-
lación estanca a los fluidos a un fuelle tubular 427 dispues-
to en el interior de la sección 201 del conjunto de entra-
da del recipiente de presión. Un extremo de entrada del
25 - fuelle 427 está asegurado de manera estanca a los fluidos
entre la primera brida 202 de la sección 201 del conjunto
de entrada del recipiente de presión y la brida 205 de cie-
rre estanco anular para garantizar que el extremo de entra-
da del tubo 401 del reactor permanezca aislado herméticamen-
30 - te de la cámara de sobrepresión 406. El fuelle 427 es defor-

1 mable para permitir la expansión y contracción axial del tubo 401 del reactor.

Medios para aplicar una fuerza de tracción axial al tubo 401 del reactor comprenden tres conjuntos idénticos separados distancias iguales alrededor de la superficie de la circunferencia de la sección 201 del conjunto de entrada al recipiente de presión. Por conveniencia, se describirá el conjunto 428 que se ilustra en la FIG. 1A. Cada conjunto 428 incluye una varilla de empuje 429 trasladable asegurada en un extremo al anillo 426 de soporte de entrada al tubo del reactor, y en el extremo opuesto a una placa anular 430. Cada varilla de empuje 429 está apoyada en un cojinete 431 que está aislado de manera hermética a los fluidos por un anillo "O" 432. Un perno de anilla 433 que está asegurado a la placa anular 430 sujeta un cable 434 que se extiende generalmente paralelo al eje longitudinal del reactor y sobre un conjunto o montaje de polea 435. Un peso 436 asegurado a un extremo opuesto del cable 434 aplica una fuerza que mantiene el tubo 401 del reactor en tensión axial.

Haciendo referencia en particular a las FIGS. 1B y 1C, la pantalla térmica 410 incluye una primera sección circunferencial 438 que está dispuesta en el interior de la sección 405 del conjunto principal del recipiente de presión, radialmente hacia el exterior de los elementos de calentamiento 302a, 302b y 302c y entre la primera sección de extremo 412 y una segunda sección de extremo 439 de la pantalla térmica 410. Como se muestra en la FIG. 1C, la primera sección circunferencial 438 de la pantalla térmica 410 descansa sobre un anillo de asiento 437 que preferiblemente

1 está hecho de carbono. Si se desea, la primera porción cir-
cunferencial de la pantalla térmica 410 puede extenderse
en dirección hacia el conjunto 300 de los electrodos para
incluir una segunda porción circunferencial 440 como se
5 muestra en la FIG. 1B. Aun cuando el material elegido ini-
cialmente fué molibdeno y se había encontrado que éste era
un material satisfactorio para una pantalla térmica del ti-
po requerido en el presente reactor químico de alta tempe-
ratura, se prefiere que la pantalla térmica 410 de la pre-
10 sente realización esté hecha de un material grafitico tal
como grafito pirolítico o un material fabricado por Union
Carbide Corporation y vendido bajo la denominación comercial
de "Grafoil".

Están provistas aberturas de examen radiométrico
15 441 y 442 en la sección 400 del conjunto principal. La aber-
tura de examen 442 permite la observación y la medida de la
temperatura de la zona de reacción 404 del tubo 401 del
reactor, y la abertura de examen 441 permite la observación
y la medida de la temperatura del elemento de calentamiento
20 302c.

D. CONJUNTO DE TRATAMIENTO POSTERIOR A LA REACCION

Como se muestra en la FIG. 1C, una primera porción
de brida 302 de la sección 501 del conjunto de tratamiento
25 posterior a la reacción del recipiente de presión está ase-
gurada de modo estanco a los fluidos a una brida 503 de in-
terfase enfriada por fluido, la cual está asegurada, a su
vez, de una manera estanca a los fluidos a la segunda sec-
ción de brida 415 del conjunto principal del recipiente de
30 presión. Un canal de medio refrigerante 504 está definido

1 entre la camisa 505 de refrigeración del conjunto de tra-
tamiento posterior a la reacción y la sección 501 del re-
cipiente de presión del conjunto de tratamiento posterior
a la reacción. El medio refrigerante entra en el canal 504
5 por la entrada 506 y sale por la salida 507. Está provista
una abertura de examen radiométrico 509 para permitir la
observación y la medida de la temperatura en el interior
de la zona 422 de post-reacción del tubo 401 del reactor.

Los productos de la reacción que salen por el ex-
tremo de salida 403 del tubo 401 del reactor de la realiza-
ción de la FIG. 1 pasan al interior de una primera sección
510 de disipación de calor 511. Como se muestra en las
FIGS. 1C y 1D, la primera sección 510 del disipador de ca-
lor 511 incluye una pared tubular interior 512 y una pared
15 tubular exterior 513 que definen entre sí un canal 514 de
medio refrigerante. Un tabique espiral 515 del medio refri-
gerante dirige el medio refrigerante que entra por la en-
trada 516 y sale por la salida 517. Una primera sonda de
termopar 518 que se extiende hacia el interior de la prime-
ra sección 510 del disipador de calor 511 permite la medi-
da de la temperatura de los productos de reacción que en-
tran. Una segunda sonda de termopar 519 que se extiende ha-
cia el interior de la primera sección 510 del disipador de
calor 511 mide la temperatura de los productos de reacción
20 a punto de salir al exterior.

Haciendo referencia en particular a la FIG. 1D,
la primera sección 510 del disipador de calor 511 está uni-
da a una segunda sección 520 por bridas 521 y 522, respecti-
vamente. La segunda sección 520 incluye una pared interior
30 524 y una pared exterior 525 que definen entre sí un canal

1 de medio refrigerante 526. El medio refrigerante entra en
el canal 526 a través de la entrada 527, y sale a través
de la salida 528. Las sondas de termopar 530 y 531 hacen
posible la medida de la temperatura de los productos de la
5 reacción que entran en la segunda sección 520 y que salen
de dicha segunda sección 520, respectivamente.

En la realización de la FIG. 7, un conjunto 500a
de tratamiento posterior a la reacción incluye una sección
501a de conjunto de tratamiento posterior a la reacción
10 del recipiente de presión que tiene una porción de brida
502a que está asegurada de manera estanca a los fluidos a
una brida de interfase enfriada por fluido tal como la bri
da 503 que se ilustra en la FIG. 1C. Un canal de medio re-
frigerante 504a está definido entre una camisa 505a de re-
15 frigeración del conjunto de tratamiento posterior a la reac
ción y la sección 501a del conjunto de tratamiento poste-
rior a la reacción del recipiente de presión. El medio re-
frigerante pasa al interior del canal 504a a través de la
entrada 506a y sale del mismo a través de la salida 507a.
20 La abertura de examen radiométrico 509a permite la observa
ción y la medida de la temperatura en la zona 422 posterior
a la reacción del tubo 401 del reactor.

Los productos de reacción que salen por el extre-
mo de salida 403 del tubo 401 del reactor de la realización
25 de la FIG. 7 a temperatura elevada, pasan al interior de un
cambiador de calor 532 de flujo en contracorriente y de per
fil variable, que está en contacto con la salida 403 del
reactor en su extremo de entrada 533. El cambiador de calor
532 incluye una pared tubular interior de material refracta
rio 534, una pared tubular exterior de material refractario
30

1 535 separada concéntricamente al exterior de la pared inte-
rior 534, y un tabique espiral de material refractario 536
dispuesto entre las paredes 534 y 535 para definir un canal
5 espiral 537 anular de medio de refrigeración. La pared tu-
bular interior 534, la pared tubular exterior 535 y el tabi-
que espiral 536 constituyen juntos un conjunto 544 de cambia-
dor de calor espiral de alta temperatura que descansa sobre
un amortiguador 545 de fieltro de carbono elástico dispues-
to sobre la placa extrema 546 de la sección 547 del cambia-
10 dor de calor del recipiente de presión. Las entradas del me-
dio refrigerante 538, 539 y 540 se extienden a través de la
pared tubular 535 exterior en comunicación con el canal es-
piral 537 del medio refrigerante.

En la realización específica que se ilustra en la
15 FIG. 7, después de circular a lo largo de todo el canal es-
piral 537 del medio refrigerante de una manera preseleccio-
nable, variable y controlable, el medio refrigerante se des-
carga en una salida 541 del canal espiral anular 537 conti-
gua al extremo de entrada 533 del cambiador de calor 532.
20 Después de ello, el medio refrigerante circula a través de
la abertura de entrada 542 en el bloque de anclaje 425a del
tubo del reactor, entrando en la cámara de sobrepresión 406
del fluido inerte. En tal caso, es evidente que el medio re-
frigerante empleado debe ser un fluido que sea el mismo que
25 el fluido inerte que existe en la cámara de sobrepresión
406 o, al menos, compatible con él. Sin embargo, como la ope-
ración del cambiador de calor 532 no requiere que el medio
refrigerante se haga circular hasta el interior de la cáma-
ra de sobrepresión 406, son factibles patrones y artificios
30 de circulación alternativos. En tales casos, la elección del

1 - fluido refrigerante no está limitada por los criterios in-
dicados anteriormente. La camisa 548 de refrigeración del
cambiador de calor circunferencial está separada radialmen-
te en el exterior de la sección 547 del cambiador de calor
5 del recipiente de presión, definiendo entre ambas un canal
anular 549. El medio refrigerante se introduce en el canal
549 a través de la entrada 550 y sale a través de la sali-
da 551.

10 E. SISTEMAS DE REVESTIMIENTO REFRACTARIO Y DE ATAQUE QUIMI- CO

Por razones que se indican más adelante, se consi-
dera que puede depositarse un revestimiento refractario so-
bre las superficies del tubo 401 del reactor, los elementos
15 de calentamiento 302, y la pantalla térmica 410 que están
expuestos al gas de protección y a temperaturas elevadas du-
rante el funcionamiento del reactor. Tal revestimiento re-
fractario puede ser, por ejemplo, carbono pirolítico o un
óxido refractario tal como óxido de torio, óxido de magne-
20 sio, óxido de zinc, óxido de aluminio, u óxido de zirconio.
Además, se considera que porciones de la superficie del tu-
bo 401 del reactor pueden atacarse químicamente o erosionar-
se selectivamente.

Como se muestra mejor en la FIG. 1D, una válvula
25 655 de cierre de la salida del tubo del reactor está asegu-
rada a la segunda sección 520 del disipador de calor 511
por las bridas 555 y 656.

Cuando el reactor está en funcionamiento, tiene
que mantenerse un gradiente de presión entre el fluido iner-
30 te contenido en la cámara de sobrepresión 406 y el gas con-

1 -tenido en el tubo 401 del reactor para causar un flujo uni-
forme del fluido inerte radialmente hacia el interior a tra-
vés de la pared porosa del tubo 401. Por tanto, es ventajo-
so que la estructura del tubo 401 sea lo suficientemente rí-
5 gida para que pueda mantenerse el gradiente de presión sin
aplastamiento del tubo 401 hacia el interior. De acuerdo
con ello, se considera que está depositado un revestimiento
refractario tal como carbono pirolítico sobre las porciones
del material refractario fibroso del tubo 401 del reactor
10 que están situadas en el interior de la cavidad de cuerpo
negro a fin de aumentar la rigidez o estabilidad dimensio-
nal de la estructura.

Como la porción del tubo 401 del reactor que se
encuentra dentro de la zona 411 de reacción previa está fue-
15 ra de la cavidad de cuerpo negro y, por tanto, puede no ca-
lentarse lo conveniente para alcanzar temperaturas superio-
res a la temperatura de descomposición del gas carbonoso,
se considera que estará provisto un tamiz 450 de acero ino-
xidable, que se muestra en las FIGS. 1A y 1B, para impedir
20 que el tubo 401 del reactor se aplaste hacia el interior ba-
jo el gradiente de presión del fluido inerte, aun cuando se
ha encontrado que un incremento de la tensión de la estruc-
tura porosa permite alcanzar sustancialmente el mismo resul-
tado.

25 Para controlar el caudal de fluido inerte a través
de las paredes del tubo 401 del reactor, el diámetro de los
poros de la pared del tubo puede reducirse o aumentarse mien-
tras que el reactor se encuentra en funcionamiento mezclan-
do un agente de deposición refractario o un agente de ata-
30 que químico con el fluido inerte. El gradiente de presión

1 entre la cámara de sobrepresión y la zona de reacción puede determinarse por unos sensores de presión, y el caudal de fluido inerte a través de la pared puede determinarse por medio de un medidor de caudal.

5 Puede ser ventajoso en algunas aplicaciones utilizar vapor de agua u otro medio que reaccione químicamente con los materiales que se están tratando como fluido inerte. A fin de evitar, o al menos retardar la corrosión de los materiales de los que está construido el reactor, se considera la deposición de un revestimiento de un óxido refractario tal como óxido de torio, óxido de magnesio, óxido de zinc, óxido de aluminio, u óxido de zirconio sobre las porciones del tubo 401 del reactor, los elementos de calentamiento 302, y la pantalla térmica 410 que están en contacto con el fluido inerte y funcionan a temperaturas elevadas. Para depositar un revestimiento de óxido refractario, puede emplearse un agente de deposición de refractario que sea un compuesto volátil que contenga un metal, tal como cloruro de metilmagnesio, etóxido de magnesio, o zirconio-n-amilóxido. El cloruro de metilmagnesio, por ejemplo, se descompone sobre una superficie calentada a aproximadamente 593°C para depositar un revestimiento de magnesio metálico. El magnesio metálico caliente se oxida a continuación por introducción de vapor de agua u oxígeno molecular en la cámara de sobrepresión 406. El zirconio-n-amilóxido y el etóxido de magnesio se descomponen ambos en general sobre las superficies calentadas para formar óxido de zirconio u óxido de magnesio, respectivamente.

1 Los procedimientos de reacción química de alta
temperatura conducidos de acuerdo con la presente invención
requieren el uso de una envolvente o capa de protección anu-
lar de un fluido inerte que sea sustancialmente transparen-
5 te a la radiación. La envolvente tiene una longitud axial
sustancial. La envolvente anular puede estar generada en
una dirección generalmente paralela a su eje o en una direc-
ción generalmente perpendicular a su eje y radialmente ha-
cia el interior de su superficie circunferencial exterior.

10 En el primer caso, el fluido de la envolvente
tiene que mantenerse en flujo laminar a fin de impedir el
entremezclado con la corriente de sustancias reaccionantes.
Este requisito impone ciertas limitaciones sobre la longi-
tud axial de la envolvente debido a que tal flujo laminar,
15 y por tanto la integridad de la capa de protección, no pue-
den mantenerse en longitudes indefinidas aguas abajo, en es-
pecial si se considera una reacción particularmente violen-
ta. De acuerdo con ello, esta manera de generarse la envol-
vente es sumamente adecuada para aplicaciones en pequeña es-
cala y en escala de laboratorio.

20 En el último caso, como se ha descrito previamen-
te con respecto a la primera realización de la presente in-
vención, la integridad de la envolvente de fluido es inde-
pendiente de cualesquiera consideraciones de flujo y puede
25 mantenerse en una distancia axial mucho mayor que la que se
puede alcanzar en el caso de la envolvente laminar inyecta-
da axialmente. El requisito primario consiste en mantener
el flujo del fluido inerte a una presión mayor que la de la
corriente de sustancias reaccionantes a fin de impedir que
30 tales sustancias reaccionantes "perforen" o de cualquier otro

1 modo se escapen de los confines del interior de la envolvente.

Una vez que se ha generado la envolvente, al menos una sustancia reaccionante se hace pasar a través de su núcleo a lo largo de una trayectoria predeterminada que es sustancialmente coincidente con el eje de la envolvente. La envolvente confina las sustancias reaccionantes en su interior y fuera del contacto con las superficies circundantes de la cámara del reactor.

10 Por último, se dirige energía radiante de alta intensidad hacia el núcleo de la envolvente de tal modo que coincida con al menos una porción de la trayectoria predeterminada de las sustancias reaccionantes. Tal energía radiante puede dirigirse a al menos un punto situado a lo largo de la trayectoria de las sustancias reaccionantes o bien se puede dirigir a lo largo de una longitud finita de dicha trayectoria, tal como se considera en la primera realización del invento. En cualquier caso, se absorbe en el núcleo suficiente energía radiante para elevar la temperatura de las sustancias reaccionantes hasta un nivel requerido para que se inicie la reacción química deseada.

20 En el supuesto de que las sustancias reaccionantes no absorban por sí mismas energía radiante, puede introducirse un blanco absorbente a lo largo de la trayectoria de las sustancias reaccionantes, preferiblemente antes de dirigir la energía radiante hacia el interior del núcleo. El blanco absorberá entonces suficiente energía radiante para elevar la temperatura en el núcleo al nivel requerido para que se inicie la reacción química deseada. Como se ha indicado anteriormente, si la reacción considerada es tal

1 que las sustancias reaccionantes transparentes producen al
menos un producto que absorbe energía radiante, el blanco
puede desactivarse una vez que se ha iniciado la reacción.

5 El procedimiento considerado puede incluir adi-
cionalmente la etapa de enfriamiento de los productos de la
reacción y de cualesquiera sustancias reaccionantes y/o
blancos que puedan quedar inmediatamente después de haber-
se completado la reacción deseada. El fin de este procedi-
miento es terminar la reacción deseada e impedir que se pro-
10 duzca cualquier otra reacción indeseable. Los productos,
blancos, y sustancias reaccionantes remanentes pueden en-
friarse conveniente y eficazmente mediante transmisión de
calor por radiación a una superficie fría absorbente de
energía radiante.

15

UTILIZACION DE LOS REACTORES DE PARED FLUIDA

Los reactores de pared fluida de la invención pue-
den utilizarse virtualmente en cualquier reacción química
de alta temperatura, muchas de cuyas reacciones se han con-
siderado con anterioridad como imposibles de llevar a la
20 práctica o sólo teóricamente posibles. El criterio más im-
portante para la utilización de estos reactores de pared
fluida en una reacción química particular a temperatura ele-
vada es saber si tal reacción es termodinámicamente posible
25 en las condiciones de reacción. Utilizando estos reactores
de pared fluida, tales procedimientos de reacción química a
temperatura elevada pueden conducirse a temperaturas de has-
ta aproximadamente 3315°C, bien sea (1) generando en el in-
terior del tubo poroso del reactor una envolvente anular
30 constituida por un fluido inerte que es sustancialmente

1 - transparente a la energía radiante para formar una capa de
protección de la superficie radialmente interior del tubo
del reactor, teniendo la envolvente anular una longitud
axial sustancial y definiendo el interior de la envolvente
5 una cámara de reacción; (2) haciendo pasar al menos una sus-
tancia reaccionante (que puede hallarse en estado sólido,
líquido o gaseoso) a través de la cámara de reacción a lo
largo de una trayectoria predeterminada sustancialmente
coincidente con el eje longitudinal de la envolvente, estan-
10 do confinadas las sustancias reaccionantes en el interior
de la cámara de reacción; y (3) dirigiendo energía radiante
de alta intensidad al interior de la cámara de reacción de
tal modo que coincida con al menos una porción de la trayec-
toria predeterminada de las sustancias reaccionantes, sien-
15 do absorbida suficiente energía radiante en el interior de
la cámara de reacción para elevar la temperatura de las
sustancias reaccionantes a un nivel requerido para iniciar
y mantener la reacción química deseada.

Entre las reacciones que se pueden llevar a cabo
20 en los reactores de pared fluida de la invención se encuen-
tran la disociación de hidrocarburos y materiales hidrocar-
bonosos, tales como hulla y diversas fracciones de petróleo,
en hidrógeno y negro de humo; la reformación con vapor de
agua de hulla, fracciones de petróleo, esquistos bitumino-
25 sos, arenas alquitranosas, lignito, y cualquier otro mate-
rial de alimentación carbonoso o hidrocarbonoso en mezclas
de gas de síntesis, procedimientos que pueden incluir también
el empleo opcional de uno o más carbonatos inorgánicos (ta-
les como piedra caliza o dolomita) u óxidos inorgánicos que
30 reaccionen químicamente con cualesquiera contaminantes que

1 -contengan azufre de tal modo que los mismos puedan separar-
se de las mezclas de gas de síntesis resultantes; la diso-
ciación parcial de hidrocarburos y materiales hidrocarbono-
5 sos en compuestos de peso molecular inferior; la pirólisis
parcial de hidrocarburos saturados en hidrocarburos insatu-
rados, tales como etileno, propileno y acetileno; la con-
versión de materias orgánicas de desecho, tales como fango
de aguas de alcantarillado o subproductos que contengan lig-
nina, en un gas combustible; la desulfuración completa o
10 parcial de materiales de alimentación hidrocarbonosos que
contengan azufre, la reducción de menas de minerales o com-
puestos inorgánicos a un estado de valencia inferior con hi-
drógeno, carbono, gas de síntesis, u otro agente reductor;
y la reacción parcial o completa de un elemento o compuesto
15 inorgánico con un material carbonoso para formar el carburo
inorgánico correspondiente.

Si se desea, pueden utilizarse uno o más cataliza-
dores en tales procedimientos de reacción química a tempera-
tura elevada para acelerar la reacción o para alterar su
20 curso a una secuencia de reacción deseada. Si tales proce-
dimientos implican sustancias reaccionantes carbonosas o hi-
drocarbonosas, la adición de un catalizador apropiado al
sistema puede utilizarse para favorecer la formación de ra-
dicales libres, iones carbonio o carbaniones para influir
25 en el curso de la reacción.

Por supuesto, no existe ningún conjunto de condicio-
nes de funcionamiento que sea óptimo o apropiado para todas
las reacciones que pueden llevarse a cabo en el reactor de
pared fluida. Las condiciones de funcionamiento, tales como
30 temperaturas, presiones, caudales de alimentación, tiempo de

1 - permanencia en el tubo del reactor, y velocidades de enfriamiento, pueden variarse para adaptarlas a los requisitos de la reacción particular que se esté llevando a cabo. A modo de ilustración, entre los factores que influyen en los
5 productos de la pirólisis de un hidrocarburo se encuentra la temperatura a la que se calienta el hidrocarburo y el período de tiempo durante el cual se mantiene aquél a dicha temperatura. Es sabido, por ejemplo, que el metano tiene que calentarse a aproximadamente 1232°C , con objeto de producir acetileno. La formación de etileno a partir del etano comienza a una temperatura más baja, aproximadamente a 829°C . En un procedimiento típico para pirolizar hidrocarburos, se producen acetileno, etileno, hidrógeno, negro de humo, y aceites hidrocarbureados. Tiempos de reacción del
10 orden de un milisegundo maximizan por lo general el rendimiento de acetileno, dado que tiempos de reacción mayores que un milisegundo favorecen en general la producción de etileno y otros productos a expensas del acetileno, mientras que los tiempos de reacción menores que un milisegundo reducen por regla general los rendimientos tanto en etileno como en acetileno. Temperaturas muy elevadas, por ejemplo superiores a $1648,9^{\circ}\text{C}$, favorecen en general la producción de negro de humo e hidrógeno a expensas de acetileno y etileno. Los tiempos de reacción en los reactores de pared
15 fluida de la invención pueden disminuirse acortando el tubo del reactor y aumentando el caudal de las sustancias reaccionantes que se introducen en el tubo del reactor. Para tiempos de reacción muy cortos, puede ser ventajoso mezclar un blanco absorbedor de la radiación, tal como negro de humo, con las sustancias reaccionantes con objeto de favore-

20
25
30

1 cer un acoplamiento eficiente entre la corriente de sustan-
cias reaccionantes y la radiación térmica procedente de la
pared del tubo y facilitar así el calentamiento rápido de
las sustancias reaccionantes.

5

EJEMPLOS

Los ejemplos que siguen son ilustrativos de la fa-
cilidad con que pueden llevarse a cabo diversos procedimien-
tos de reacción química a temperatura alta en reactores de
pared fluida de acuerdo con la invención. En todos y cada
10 uno de estos ejemplos, se utilizó el reactor de pared flui-
da para temperatura elevada ilustrado por las FIGS. 2A a 6
de la patente principal nº 441.517, para llevar a cabo la
reacción de alta temperatura particular. El tubo 61 del
15 reactor era un tubo de grafito poroso de 90 cm de longitud
que tenía un diámetro interior de 7,5 cm y un diámetro ex-
terior de 10 cm, siendo el radio medio de poro 20 micras.
El tubo poroso estaba alojado en un recipiente de presión
70 de acero, que tenía un diámetro de 25 cm. El tubo 61 del
20 reactor se calentó por medio de electrodos de carbono 100a
a 100f, los cuales estaban dispuestos en el interior de la
cámara de sobrepresión 85. La pantalla térmica 120, locali-
zada también en el interior de la cámara de sobrepresión
85, estaba hecha de molibdeno. Un collar 124 refrigerado
25 por agua estaba localizado adyacente al extremo de salida
del tubo 61 del reactor para enfriar los productos de reac-
ción formados por acoplamiento de radiación. Después de
haber llevado a cabo cada ejemplo continuamente durante di-
versos períodos de tiempo, se inspeccionó el tubo 61 del
30 reactor en cuanto a la acumulación de negro de humo u otros

1 - materiales. No se encontró material alguno.

EJEMPLO I

DISOCIACION TERMICA DEL METANO

5 Se realizaron una serie de ensayos para determi-
nar la efectividad del reactor de pared fluida en la diso-
ciación térmica del gas natural a diversos caudales de ali-
mentación y diversas temperaturas de reacción. En todos y
cada uno de estos ensayos, se introdujo hidrógeno en la cá-
10 mara de sobrepresión 85 a través de la entrada 83 y se for-
zó a través del tubo poroso 61 del reactor para que pene-
trase en la cámara del reactor a un caudal constante de
141,5 litros normales/minuto. Se ajustó la corriente que
pasaba por los electrodos 100a - 100f a fin de establecer
15 la temperatura del tubo del reactor entre 1260° y 1871,1°C,
medida con un pirómetro óptico. El gas natural, constitui-
do por más de 95% de metano y siendo el resto etano y pro-
pano, se introdujo en el reactor a través de la entrada 91
a diversos caudales comprendidos entre 28,3 y 141,5 litros
20 normales/minuto. Se introdujo en el reactor una pequeña
cantidad de negro de humo al mismo tiempo a través de la
entrada 121 con objeto de que sirviera como blanco absorben-
te con el fin de iniciar la disociación pirolítica. Una vez
que hubo comenzado la disociación, no fué necesario añadir
25 negro de humo adicional para mantener la reacción. Un humo
negro y denso brotó por el extremo de salida del tubo del
reactor, encontrándose que estaba constituido por negro de
humo e hidrógeno. Las partículas del negro de humo eran ex-
tremadamente finas y difíciles de filtrar. Por pulveriza-
30 ción de agua en la corriente efluente inmediatamente por

1 - debajo del extremo de salida del tubo 61 del reactor, fué
 posible aglomerar las partículas de negro de humo y reco-
 gerlas sobre un filtro de tela para polvo fino. En la Ta-
 5 bla I se indica el porcentaje de disociación a diversos cau-
 dales comprendidos entre 28,3 y 141,5 litros normales/ minu-
 to y a temperaturas de disociación comprendidas entre 1250º
 y 1871,1ºC, determinándose la fracción de metano disociada
 por medida de la conductividad térmica del gas efluente
 10 después de filtrar las partículas de negro de humo de la
 muestra.

TABLA I

PORCENTAJE DE DISOCIACION A DIVERSOS CAUDALES Y TEMPERATURAS

15	Temperatura de Disocia- ción (ºC)	Caudal (litros normales/minuto)				
		<u>28,3</u>	<u>56,6</u>	<u>84,9</u>	<u>113,2</u>	<u>141,5</u>
	1260º	86	74	66	60	54
	1371,1º	89	79	72	68	63
20	1482,2º	91,5	83	78	74,5	70,5
	1593,3º	94	88	84,5	82,0	79
	1648,9º	95,5	91	88,5	86	83,5
	1704,4º	97	94	92,5	91,0	89,5
	1760º	98,5	98,5	98,5	98,5	98,5
25	1815,5º	100	100	100	100	100
	1871,1º	100	100	100	100	100

EJEMPLO II

DISOCIACION TERMICA DE HIDROCARBUROS LIQUIDOS

Se llevó a cabo una serie de ensayos para determi

1 -nar la efectividad del reactor de pared fluida en la diso-
ción térmica de hidrocarburos líquidos. Se empleó hidróge-
no como gas de protección, a un caudal constante de 141,5
litros normales/minuto. Los hidrocarburos líquidos seleccio-
5 nados para las series de ensayos fueron destilados típicos
obtenidos a partir de petróleo crudo e incluían nafta (pun-
to de ebullición 37,8° a 93,3°C); queroseno-diesel (punto
de ebullición 104,4° a 176,7°C); gasoil (punto de ebulli-
ción 176,7° a 315,6°C); y aceite residual y asfalto (punto
10 de ebullición mayor que 315,6°C). Los resultados de estos
ensayos fueron los siguientes:

A. NAFTA. Una corriente de nafta, a una tempera-
tura aproximada de 27°C, se introdujo como alimentación en
el tubo 61 del reactor a un caudal de 0,19 litros por minu-
15 to a través de la entrada 121. La temperatura del tubo del
reactor se mantuvo a 1871,1°C. La nafta pura pasó a través
del reactor inafectada, siendo aparentemente transparente
a la radiación térmica que emanaba del tubo del reactor in-
candescente. La nafta se hizo luego opaca mezclándola con
20 0,1% en peso de negro de humo finamente dividido. Cuando
se introdujo esta mezcla opaca en el reactor como en el ca-
so anterior, se observó un acoplamiento excelente con la
radiación térmica. Por la salida del tubo del reactor bro-
taron negro de humo e hidrógeno. Un análisis del gas produ-
25 cido con una célula de conductividad térmica, demostró que
el mismo contenía más de 98% en moles de hidrógeno, lo que
indicaba que la disociación había sido casi completa.

B. QUEROSENO-DIESEL. Se mezcló queroseno-diesel
con 0,1% en peso de negro de humo y se introdujo luego como
30 alimentación en el reactor de pared fluida a un caudal de

1 0,19 litros por minuto. El tubo del reactor se mantuvo a
1871,1°C. El queroseno-diesel se disoció en negro de humo
e hidrógeno. Las medidas de conductividad térmica indicaron
que el gas efluente estaba constituido por más de 98% en mo-
5 les de hidrógeno.

C. GASOIL. Se introdujo gasoil mezclado con ne-
gro de humo en el reactor de pared fluida a un caudal de
0,19 litros por minuto. Cuando se mantuvo el tubo del reac-
tor a 1871,1°C, el gasoil se disoció en negro de humo e hi-
10 drógeno, y cuando éste último se separó del negro de humo,
se encontró que estaba constituido por 98% en moles de hi-
drógeno puro, basado en medidas de conductividad térmica.
Cuando la temperatura del tubo del reactor se rebajó a
1537,8°C, el efluente del reactor cambió desde un humo ne-
15 gro denso a una niebla gris clara, lo que indicaba que a la
temperatura de reacción el gasoil se disociaba sólo parcial-
mente, probablemente en fracciones de hidrocarburos más li-
geros y una pequeña cantidad de carbono.

D. ACEITE RESIDUAL Y ASFALTO. Se introdujo en
20 el reactor de pared fluida aceite residual que contenía
asfalto, a un caudal de 0,19 litros por minuto, disociándo-
se por completo en negro de humo e hidrógeno cuando el tu-
bo del reactor se mantuvo a 1871,1°C. El análisis de conduc-
tividad térmica del componente gaseoso de la corriente
25 efluente indicó que esta estaba constituida por más de 98%
en moles de hidrógeno.

EJEMPLO III

DISOCIACION TERMICA DE LA HULLA

30 Se analizó una muestra de hulla grasa de Utah,

1 — encontrándose que contenía 0,58% en peso de azufre y 8,55%
en peso de cenizas. Se pulverizó la hulla hasta pasar por
un tamiz de 297 micras de abertura y se introdujo como ali-
5 mentación en el reactor a aproximadamente 15,88 kg por ho-
ra. El tubo 61 del reactor se mantuvo a 1648,9°C y se pro-
tegió con una capa de protección de nitrógeno, que se hizo
pasar a través de la pared porosa a un caudal de 141,5 li-
tros normales/minuto. La hulla se disoció en negro de humo,
productos gaseosos, y un coque ligero.

10 El negro de humo se diferenciaba del producido
en el Ejemplo I por el hecho de que las partículas eran su-
ficientemente grandes para poderse filtrar sin adición de
agua. Se encontró que el negro de humo contenía 8,63% en
15 peso de cenizas y 0,54% en peso de azufre. El producto ga-
seoso era una mezcla de hidrógeno y nitrógeno (el último,
procedente del gas de protección), que contenía sólo 0,02%
en moles de azufre, el cual estaba presente en forma de
sulfuro de hidrógeno.

20 Aproximadamente el 62% en peso del material de
partida se convirtió en coque. Este coque era extremadamen-
te ligero y poroso; su densidad era sólo el 35% de la den-
sidad de la hulla a partir de la cual se había obtenido.
Recién preparado, el coque se oxidaba espontáneamente al
aire para convertirse en cenizas en menos de 12 horas, lo
25 que indicaba que tenía una elevada actividad superficial.
Cuando se dejó permanecer el coque a la temperatura ambien-
te en una atmósfera de nitrógeno durante la noche, no se
observó evidencia alguna de actividad superficial y no se
oxidó espontáneamente cuando se expuso subsiguientemente
30 al aire. El examen microscópico del coque demostró que el

1 mismo estaba constituido por glóbulos esféricos huecos y de pequeño tamaño de una sustancia semejante al vidrio. El análisis químico indicó que el coque contenía 8,27% en peso de cenizas y 0,70% en peso de azufre.

5

EJEMPLO IV

REFORMACION CON VAPOR DE AGUA Y GASIFICACION DE LA HULLA

10 Una muestra de hulla procedente de Carbon County, Utah, que contenía cenizas con un contenido elevado de caliza, se analizó y se encontró que contenía 0,60% en peso de azufre. Se pulverizó la hulla hasta que pasó por un tamiz de 297 micras de abertura y se introdujo como alimentación en el reactor a aproximadamente 4,74 kg por hora. Se introdujo simultáneamente en el reactor vapor de agua a una temperatura de 121,1°C y a un caudal de 9,07 kg por hora. El tubo 61 del reactor se mantuvo a 1871,1°C y se protegió mediante una capa protectora de hidrógeno que se hizo pasar a través de la pared porosa a un caudal de 141,5 litros normales/minuto. Se observó que brotaba un vapor blanco y denso por la salida del reactor. No se observó evidencia alguna de que se hubiese producido cantidad alguna de negro de humo o de ningún otro residuo pesado. No se encontró cantidad alguna de ceniza ni otro material sólido en la tolva localizada directamente bajo la salida del tubo del reactor lo que indicaba que la totalidad del residuo sólido contenido en la hulla había sido arrastrada en el producto gaseoso.

25

30

Los productos sólidos se separaron de la corriente efluente por filtración y el gas remanente se secó antes de ser analizado con un espectrómetro de masas. Los resulta

1 - dos del análisis, despreciando el aire, son como sigue (dán
dose las concentraciones en porcentajes en moles): Nitróge-
no (0,051%); monóxido de carbono (7,563%); sulfuro de hidró-
5 (no se observó cantidad alguna); disulfuro de carbono
(no se observó cantidad alguna); dióxido de carbono (0,277%);
hidrógeno (89,320%); metano (1,537%); otros hidrocarburos,
tales como benceno, acetileno, etc. (1,253%).

El producto gaseoso de esta reacción es adecuado
como combustible. Además, no se observó componente alguno
10 que contuviese azufre en el análisis, aun cuando el espec-
trómetro de masas era capaz de detectar compuestos de azu-
fre en concentraciones tan bajas como 10 partes por millón.
Esto indicaba que prácticamente la totalidad del azufre
inicialmente presente en la hulla había sido retenida en
15 las partículas sólidas que se separaron por filtración de
la corriente efluente.

EJEMPLO V

REFORMACION CON VAPOR DE AGUA Y GASIFICACION DE ESQUISTO BITUMINOSO

20 Una muestra de esquisto bituminoso de Green Ri-
ver, obtenida de un yacimiento próximo a Rifle, Colorado,
se pulverizó hasta hacerla pasar por un tamiz de 149 micras
de abertura. La muestra se analizó para determinar los di-
25 versos materiales carbonosos presentes en el esquisto bitu-
minoso. Cloruro de metileno a la temperatura ambiente extra-
jo 0,93% en peso del esquisto. La muestra se analizó ulte-
riormente por calentamiento de una porción de ella al aire
y observación de la pérdida de peso en función de la tempe-
30 ratura. Los resultados de tal análisis ulterior fueron como

1 -sigue:

	<u>Intervalo de temperatura.</u>	<u>Pérdida de peso, %</u>	<u>Observaciones</u>
5	20° - 500°C	11,60	Destilación de materias volátiles
	500° - 780°C	2,50	Oxidación de carbono.
	780° - 1200°C	12,00	Descarboxilación de CaCO ₃

10 A partir de estas determinaciones se estimó que el esquisto bituminoso estaba compuesto por 15% en peso de materia orgánica y 27,3% en peso de piedra caliza como CaCO₃. El 57,7% en peso restante se supuso que era material silíceo.

15 La muestra pulverizada se introdujo en el reactor a una velocidad de 17,24 kg por hora. Simultáneamente se introdujo como alimentación al reactor vapor de agua a un caudal aproximado de 9,07 kg por hora. El vapor de agua se encontraba a una temperatura de 121,1°C a la entrada del reactor. Se mantuvo el tubo a una temperatura de 1704,4°C, e hidrógeno, inyectado a través de la pared porosa a un caudal

20 de 141,5 litros normales/minuto, sirvió como gas de protección. Un vapor blanco como el vapor de agua brotó por el extremo de salida del tubo. La temperatura de esta corriente de vapores se encontró que era 521,1°C inmediatamente debajo de la salida del reactor.

25 Se produjo también un material sólido de cenizas que cayó en la tolva situada bajo el tubo de reactor. Las cenizas estaban constituidas principalmente por bolitas de vidrio fundido de diversos colores. Se analizó este material para determinar su contenido en materia carbonosa residual

30 pulverizándolo y realizando el mismo análisis de pérdida de

1 - peso en función del calentamiento realizado sobre el esquisto
to bituminoso original. No se observó pérdida de peso algu
na por calentamiento desde 500° a 780°C, lo que indicaba
que nada de la materia orgánica presente en el esquisto ori
5 ginal había quedado en el material que constituía las cen
zas. Se observó una pérdida de peso del 14% por calentamien
to de las cenizas sólidas desde 780°C hasta 1200°C, lo que
indicaba que la mayor parte del carbonato de calcio presen
te en la muestra original quedaba en las cenizas y que algo
10 de este carbonato de calcio había sufrido descarboxilación
durante la reacción. El tratamiento de las cenizas con HCl
0,1 N dió como resultado el desprendimiento de sulfuro de
hidrógeno y dióxido de carbono, lo que indicaba que cualquier
cantidad de azufre que hubiese estado presente en la mues-
15 tra original se encontraba también al menos en parte en las
cenizas.

El componente gaseoso del efluente del reactor se
secó y se analizó a continuación con un espectrómetro de
masas. Los resultados expresados en moles por ciento, fue-
20 ron como sigue: hidrógeno (87,86%); metano (0,74%); aceti-
leno (0,07%); etileno (0,39%); nitrógeno (1,24%); monóxido
de carbono (8,70%); hidrocarburos mezclados (0,04%); dióxi-
do de carbono (0,016%); benceno (0,016%); tolueno (0,002%);
y sulfuro de hidrógeno (menos de 0,0005%). Este gas es ade-
25 cuado para uso como combustible pobre en azufre.

EJEMPLO VI

REFORMACION CON VAPOR DE AGUA Y GASIFICACION DE FANGOS DE ALCANTARILLAS

30 Una muestra de fangos de alcantarillado activados,

1 -constituida por desechos humanos desecados mezclados con
aglutinante de arcilla silíceo y nodulizada a un tamaño de
partícula de aproximadamente 2 mm, se analizó y se encontró
que tenía la composición siguiente (expresándose las concen-
5 traciones en porcentajes en peso): carbono orgánico (33,21%);
hidrógeno orgánico (4,38%); nitrógeno orgánico (6,04%); azu-
fre orgánico (0,23%); agua (6,14%); y residuo inorgánico
(50%).

10 Se introdujo el fango en el reactor a un ritmo de
24,49 kg por hora. Se añadieron en total 11,34 kg. Se intro-
dujo simultáneamente en el reactor vapor de agua a 121,1°C
a un caudal de 24,95 kg por hora, que era aproximadamente
el doble de la cantidad estequiométrica para la reacción del
gas de agua. Se inyectó hidrógeno a través de la pared poro-
15 sa a un caudal de 141,5 litros normales/minuto. La tempera-
tura del reactor se mantuvo en 2065,6°C.

Los productos de la reacción consistían en una
niebla blanca y densa, y un residuo sólido. El residuo, que
se recogió en un colector situado bajo el tubo del reactor,
20 pesaba 6,80 kg y correspondía al 60% en peso de los fangos
activados. El residuo tenía la composición siguiente (expre-
sándose las concentraciones en porcentajes en peso): carbo-
no orgánico (12,88%); hidrógeno orgánico (1,69%); nitrógeno
orgánico (2,34%); azufre orgánico (0,37%); agua (trazas); y
25 residuo inorgánico (83%).

Una porción del efluente de vapores procedentes
del reactor se condensó en un colector de nitrógeno líquido.
La muestra recogida en el colector se llevó a la temperatu-
ra ambiente y se encontró que tenía componentes líquidos y
30 gaseosos. El punto de ebullición del líquido era 100°C, lo

1 que indicaba que era agua. El componente gaseoso, que era
 adecuado para uso como combustible pobre en azufre, se ana-
 lizó con un espectrómetro de masas y un cromatógrafo de ga-
 ses, encontrándose que tenía la composición siguiente (ex-
 5 presándose las concentraciones en porcentaje en moles): hi-
 drógeno (60,933%); amoníaco (0,0005%); metano (1,320%);
 agua (0,083%); acetileno (0,463%); etileno (0,304%); etano
 (0,102%); cianuro de hidrógeno (0,281%); nitrógeno (0,990%);
 monóxido de carbono (34,122%); oxígeno (0,0005%); argón
 10 (0,0078%); buteno (0,175%); butano (0,026%); dióxido de car-
 bono (0,996%); benceno (0,100%); tolueno (0,019%); sulfuro
 de hidrógeno (0,0005%); y dicianógeno (0,008%).

EJEMPLO VII

PIROLISIS PARCIAL DE GASOIL

15

Para demostrar el uso del reactor de pared fluida
 en la pirólisis parcial de destilados de petróleo, se piro-
 lizó parcialmente un producto base para lubricantes ligeros
 o "gasoil". Este destilado de petróleo particular se carac-
 20 terizaba por el siguiente análisis de destilación:

	<u>Temperatura (°C)</u>	<u>% Destilado</u>
	78,9	0
	200,0	10
25	220,0	20
	230,0	30
	250,0	40
	270,0	50
	277,8	60
30	277,8	70

1	<u>Temperatura (°C)</u>	<u>% Destilado</u>
	280,0	80
	280,0	90

5 El gasoil se introdujo en el tubo del reactor en forma de una niebla por atomización del mismo a través de una boquilla de nebulización. Se empleó hidrógeno como gas de atomización, así como para formar la pared fluida. Adicionalmente, se introdujo hidrógeno en el extremo de entrada del tubo del reactor a través de una entrada de gas de barrido para arrastrar la niebla de gasoil a lo largo del tubo.

10 El tubo del reactor se calentó inicialmente a 1871,1°C, introduciéndose aproximadamente 141,5 litros normales/minuto de hidrógeno en la cámara de sobrepresión para formar la pared fluida, e introduciéndose aproximadamente 15 141,5 litros normales/minuto de hidrógeno por la entrada del gas de barrido. El gasoil se introdujo después en el tubo del reactor a aproximadamente 0,95 litros por minuto, utilizando aproximadamente 141,5 litros normales/minuto de 20 hidrógeno para el gas de atomización. La temperatura de la corriente efluente inmediatamente debajo de la salida del reactor se ajustó a aproximadamente 438°C, rebajando la temperatura del tubo del reactor a 1426,7°C. Antes de que se tomaran las muestras, se dejó tiempo para que se estabilizase el reactor en estas condiciones de funcionamiento.

25 Las muestras de la corriente efluente se recogieron por tres métodos, a saber (1) haciendo pasar una porción de la corriente efluente a través de un colector con nitrógeno líquido y recogiendo una muestra por congelación de la misma; (2) recogiendo muestras gaseosas de la corriente en 30

1 una posición situada aguas abajo del colector de nitrógeno líquido; y (3) haciendo pasar una porción de la corriente a través de un condensador refrigerado con agua y recogien
do una fracción líquida. Se dejó que el material recogido
5 en el colector de nitrógeno líquido se calentase a aproximadamente 10°C, y se recogieron después muestras de las fa
ses líquida y vapor de este material a esta temperatura.

El líquido recogido en el condensador enfriado por agua se caracterizaba por el análisis de destilación
10 siguiente:

	<u>Temperatura (°C)</u>	<u>% Destilado</u>
	125°	0
	255°	10
15	283,9°	19
	310°	29
	325°	38
	326,1°	48
	342,2°	58
20	352,2°	67
	366,1°	77
	372,2°	87
	390,0°	95

25 La muestra en fase líquida recogida en el colector de nitrógeno líquido se secó para separar el agua, y se analizó después, encontrándose que contenía xileno, estireno, to
lueno, benceno, pentano, pentadieno, ciclopentadieno, bute
no, butadieno, propileno, metil-acetileno, metil-naftaleno,
30 naftaleno, e hidrocarburos de peso molecular superior. El

1 componente gaseoso del material recogido en el colector de
nitrógeno líquido se secó y se analizó con un espectróme-
tro de masas y un cromatógrafo de gases. Después de efec-
tuar correcciones por la presencia de aire, se encontró que
5 dos muestras de este componente gaseoso tenían la composi-
ción media siguiente (expresándose las concentraciones en
porcentajes en moles): hidrógeno (88,23%); metano (4,62%);
etileno (3,09%); propileno (1,22%); acetileno (0,55%); eta-
no (0,41%); buteno (0,36%); benceno (0,35%); butadieno
10 (0,31%); dióxido de carbono (0,14%); pentadieno (0,13%);
penteno (0,13%); propano (0,12%); monóxido de carbono
(0,12%); ciclopentadieno (0,10%); metil-pentadieno (0,06%);
ciclohexano (0,03%); butano (0,03%); metil-acetileno (0,02%);
y tolueno (0,02%).

15

EJEMPLO VIII

REFORMACION PARCIAL CON VAPOR DE AGUA DE GASOIL

Un gasoil idéntico al utilizado en el Ejemplo VII
se reformó parcialmente con vapor de agua en el reactor de
20 pared fluida en dos operaciones sustancialmente idénticas.
En cada una de estas operaciones, el gasoil se introdujo
en el reactor en forma de una niebla por atomización del
mismo en una boquilla de nebulización. Se empleó hidrógeno
como capa de fluido de protección, como gas de barrido, y
25 como gas de atomización a un caudal de aproximadamente
141,5 litros normales/minuto para cada finalidad.

En ambas operaciones, el tubo del reactor se
calentó inicialmente a 1815,6°C, introduciéndose hidrógeno
en la entrada de gas de barrido y en la cámara de sobrepre-
30 sión a aproximadamente los caudales a utilizar en la opera-

3117

1 - ción. Se introdujo después en el reactor el gasoil a apro-
 ximadamente 0,95 litros por minuto junto con vapor de agua
 a aproximadamente 1,81 kg por minuto, lo que correspondía
 a una proporción molar de carbonó a vapor de agua de apro-
 5 ximadamente 1,0:1,6. Bajo la carga térmica del gasoil y el
 vapor de agua, la temperatura del reactor descendió a
 1593,3°C. La temperatura de la corriente efluente inmedia-
 tamente debajo de la salida era aproximadamente 454°C. Se
 recogieron muestras y se trataron de la misma manera que
 10 en el Ejemplo VII.

El líquido recogido en el condensador enfriado
 con agua en la primera operación se caracterizaba por el
 análisis de destilación siguiente:

	<u>Temperatura (°C)</u>	<u>% Destilado</u>
15	250°	0
	305°	10
	325°	20
	335°	30
20	335°	40
	343,9°	50
	356,1°	60
	362,2°	70
	362,2°	80
25	380,0°	90

En la segunda operación, una muestra del componente líqui-
 do recogida en el colector de nitrógeno líquido se calentó
 a 10°C, se secó a continuación para eliminar el agua, y lue-
 30 go se analizó cualitativamente. Se encontró que la muestra

1 resultante contenía tolueno, benceno, penteno, pentadieno,
ciclopentadieno, buteno, butadieno, naftaleno, xileno, es-
tireno, e hidrocarburos de peso molecular superior. La por-
5 ción de la muestra original procedente del colector de ni-
trógeno líquido que era volátil a 10°C, se secó y se anali-
zó con un cromatógrafo de gases y un espectrómetro de masas,
encontrándose que tenía la composición siguiente después
de corregir por la presencia de aire (expresándose las con-
centraciones en porcentajes en moles): etileno (36,85%);
10 propileno (23,22%); acetileno (8,56%); etano (7,99%); hi-
drógeno (4,41%); buteno (4,41%); butadieno (3,50%); propa-
no (2,47%); metano (2,10%); metil-acetileno (1,98%); bence-
no (1,56%); pentadieno (0,62%); penteno (0,62%); ciclopen-
tadieno (0,49%); dióxido de carbono (0,37%); butano (0,25%);
15 metil-pentadieno (0,25%); ciclohexano (0,13%); y tolueno
(0,04%).

EJEMPLO IX

DISOCIACION TERMICA DEL SERRIN DE MADERA

20 Serrín de madera, un subproducto típico que con-
tiene lignina, se disoció térmicamente en el tubo 61 del
reactor a una temperatura de 1871,1°C, mientras que se hizo
pasar hidrógeno a través de la pared porosa del tubo a un
caudal de 141,5 litros normales/minuto. Se introdujo el se-
25 rrín de madera como alimentación en el reactor a una velo-
cidad de aproximadamente 22,68 kg por hora. Los productos
de la pirólisis estaban constituidos por negro de humo fi-
namente dividido similar al producido por la disociación de
metano, productos gaseosos procedentes de la disociación
30 de los compuestos volátiles, y un carbón residual de textu-

1 -ra porosa en el que la estructura fibrosa de la madera ori-
ginal estaba esencialmente intacta.

EJEMPLO X

ABRASIVOS DE CARBURO DE SILICIO A PARTIR DE SILICE

5 Arena de sílice, que tenía una distribución de
tamaños de partícula comprendida dentro del intervalo de
297 a 149 micras, se introdujo en el tubo 61 del reactor a
través de la entrada 121 a un ritmo de 4,54 kg por hora.
10 Se añadió simultáneamente metano al tubo del reactor a tra-
vés de la entrada 91 a un caudal de 23,3 litros normales/mi-
nuto. La temperatura del tubo del reactor se mantuvo a
1871,1°C. Se inyectó nitrógeno en el tubo del reactor a tra-
vés de la pared porosa a un caudal de 141,5 litros normales/
15 minuto para formar la pared fluida. Un material en polvo
cayó del tubo del reactor y se recogió en una tolva situa-
da bajo el mismo.

El producto en polvo era suficientemente abrasivo
para rayar fácilmente el vidrio, lo que indicaba que aquél
20 contenía carburo de silicio. Un examen microscópico del pol-
vo realizado después, demostró que estaba constituido por
esferas de dióxido de silicio recubiertas con un revestimien-
to compuesto de carbono amorfo y laminillas delgadas de car-
buro de silicio cristalino.

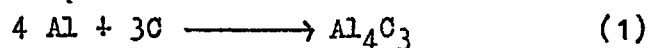
25

EJEMPLO XI

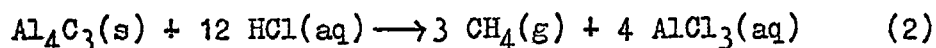
PRODUCCION DE CARBURO DE ALUMINIO

Se preparó una mezcla estequiométrica de polvo de
aluminio y carbono elemental para la reacción anticipada:

30



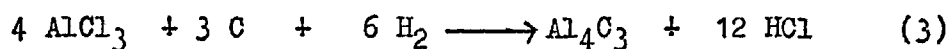
1 - Se introdujo esta mezcla en el reactor a una velocidad de
aproximadamente 4,54 kg por hora. El tubo 61 del reactor
se mantuvo a 1871,1°C, y se hizo pasar hidrógeno a través
de la pared porosa del tubo del reactor a un caudal de
5 141,5 litros normales/minuto. La reacción produjo un mate-
rial amorfo de color gris pardo, que se recogió en un colec-
tor situado bajo el tubo del reactor. Una muestra del pro-
ducto gris pardo se mezcló con HCl 0,1 N. Se desprendió un
gas que ardía con la llama amarilla característica del me-
10 tano, lo que indicaba que se había producido la reacción si-
guiente entre el producto y el ácido clorhídrico:



15 La muestra se disolvió por completo en el ácido clorhídrico,
produciéndose una solución clara. Como el carbono elemental
utilizado como materia de partida es insoluble en HCl 0,1
N, esto indicaba que el aluminio y el carbono habían reac-
cionado cuantitativamente en el reactor de pared fluida pa-
20 ra formar carburo de aluminio.

Para comprobar la factibilidad de la producción
de carburo de aluminio en el reactor de pared fluida a par-
tir de cloruro de aluminio y carbono, se puso AlCl_3 anhidro
en un crisol de carbono y se calentó hasta que sublimó
25 aquél. El vapor de cloruro de aluminio se mezcló en una co-
rriente de hidrógeno, y la corriente resultante se hizo pa-
sar luego sobre un lecho de negro de humo. Se enfocó una
lámpara de imagen de arco sobre la superficie del lecho de
carbono y se calentó un área del lecho a 998,9°C, tempera-
30 tura que se midió con un pirómetro óptico. Se formaron pe-

1 - queños cristales de color anaranjado inmediatamente aguas
abajo de la zona calentada, lo que indicaba que el cloruro
de aluminio había reaccionado con carbono e hidrógeno para
producir carburo de aluminio y cloruro de hidrógeno de
5 acuerdo con la reacción siguiente:



10 Cuando los cristales de color anaranjado se añadieron a
HCl 0,1 N, se disolvieron aquéllos y se desprendió un gas
que ardió con la llama amarilla característica del metano.

Dado que este procedimiento simulaba lo que podía
suceder en el reactor de pared fluida por reacción del clo-
ruro de aluminio con carbono e hidrógeno (producidos por
15 disociación térmica de un hidrocarburo gaseoso o líquido),
esto sugiere un nuevo enfoque para la fabricación de meta-
no por (1) reacción de cloruro de aluminio con un material
hidrocarbonoso poco costoso para formar carburo de aluminio
y cloruro de hidrógeno, y (2) enfriamiento brusco del pro-
20 ducto de la reacción en agua de tal modo que el ácido clor-
hídrico acuoso resultante hidrolice el carburo de aluminio
para producir metano y cloruro de aluminio que, a su vez,
puede recircularse al procedimiento.

25 EJEMPLO XII

REDUCCION DEL OXIDO FERRICO CON HIDROGENO

Para demostrar la utilidad del reactor de pared
fluida para la reducción de menas metálicas, se introdujo
óxido férrico puro (pasado por un tamiz de 149 micras de
30 abertura) como alimentación al reactor a un ritmo de 15,92

1 kg por hora al mismo tiempo que se hacía pasar hidrógeno a
través de la pared porosa a un caudal de 141,5 litros nor-
males/minuto. El hidrógeno servía, por lo tanto, para for-
mar la pared fluida y como agente reductor del óxido de
5 hierro. El tubo del reactor se mantuvo a una temperatura de
1871,1°C, medida por enfoque de un pirómetro óptico sobre
la pared interior incandescente del tubo. Se encontró que
la temperatura de las sustancias reaccionantes en el tubo
del reactor era de 1510°C, medida con el pirómetro óptico.
10 Se produjo un polvo gris que se recogió en la tolva situa-
da bajo el tubo del reactor. La temperatura de la corriente
efluente inmediatamente debajo de la salida del reactor se
encontró que era de 315,6°C.

El producto era polvo de hierro puro, que tendía
15 a ser pirofórico a temperaturas de aproximadamente 149°C
recientemente preparado. Por observación del polvo con un
microscopio se encontró que el mismo estaba constituido por
partículas esféricas pequeñas, lo que indicaba que el hierro
se había encontrado en estado de fusión durante su paso a
20 través del tubo del reactor.

EJEMPLO XIII

DISOCIACION TERMICA DE SULFURO DE HIDROGENO Y ME- TANO

25 Utilizando el reactor de pared fluida, se hizo
reaccionar sulfuro de hidrógeno con el carbono formado in
situ por la disociación térmica de metano, formándose así
disulfuro de carbono e hidrógeno. Se llevaron a cabo opera-
ciones a dos temperaturas diferentes, a saber, a 1635°C y
30 a 1760°C. En ambos casos, las temperaturas se determinaron

1 -por enfoque de un pirómetro óptico sobre las sustancias
reaccionantes incandescentes contenidas en el tubo del reac-
tor, siendo las partículas de carbono procedentes de la di-
sociación del metano los principales constituyentes incan-
5 descentes de la mezcla de reacción. Se hizo pasar hidróge-
no a través de la pared porosa del tubo del reactor a un
caudal de 141,5 litros normales/minuto para servir como gas
de protección. Se mezclaron sulfuro de hidrógeno a un cau-
dal de 9,06 litros normales/minuto y metano a un caudal de
10 28,3 litros normales/minuto, y se introdujeron en el tubo
del reactor. La mezcla de gases se encontraba a la tempera-
tura ambiente al entrar en el tubo del reactor. Se añadió
un blanco constituido por negro de humo para iniciar la
reacción, aun cuando una vez que se inició la reacción, és-
15 ta se bastaba a sí misma y ya no era necesario más negro
de humo.

Muestras del componente gaseoso de los productos
resultantes de las dos operaciones se analizaron con un es-
pectrómetro de masas. Los resultados de los análisis se dan
20 en la tabla siguiente, expresándose las concentraciones en
porcentajes en moles:

25

30

1	<u>Compuesto</u>	<u>Temperatura de Reacción</u>	
		<u>1635°C</u>	<u>1760°C</u>
	Hidrógeno	83,974	88,560
	Metano	11,379	6,230
5	Acetileno	1,681	2,281
	Etileno	1,397	1,519
	Sulfuro de hidrógeno	1,021	0,813
	Dióxido de carbono	0,296	0,160
	Disulfuro de carbono	0,216	0,403
10	Benceno	0,036	0,034

Aunque todos y cada uno de los ejemplos que anteceden se llevaron a cabo en el reactor de pared fluida que se muestra en las FIGS. 2A-2B de la patente principal nº 441.517, pueden lograrse resultados mejores todavía utilizando el reactor de pared fluida de las FIGS. 1A-1D de la presente solicitud, con modificaciones adecuadas (en caso necesario) para la manipulación de materiales de alimentación sólidos. El uso de sistemas de control variable del procedimiento debe permitir que se alcancen y se mantengan exactamente las condiciones de funcionamiento óptimas. Si tales sistemas de control incorporan un ordenador digital, la búsqueda de las condiciones óptimas de funcionamiento puede realizarse automáticamente.

25

30

1 - REIVINDICACIONES -

5 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 que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

10 1ª.- Perfeccionamientos introducidos en un cambiador de calor en contracorriente, de perfil variable, que tiene un extremo de entrada y un extremo de salida, en combinación con un reactor de pared fluida para temperatura elevada, pudiendo asegurarse el cambiador de calor en su extremo de entrada a una salida del reactor para recibir
15 los productos de la reacción de alta temperatura, comprendiendo el cambiador de calor una pared tubular interior de material refractario, una pared exterior tubular de material refractario separada concéntricamente al exterior de la pared interior, y un tabique espiral de material refrac-
20 tario dispuesto entre las paredes interior y exterior para definir un canal espiral anular de medio refrigerante; y, al menos una entrada de medio refrigerante que se extiende a través de la pared exterior en comunicación con el canal de medio refrigerante, siendo descargado el medio refrige-
25 rante a la salida del canal espiral anular adyacente al extremo de entrada del cambiador de calor.

30 2ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 1ª, según los cuales el cambiador de calor incluye además medios para dirigir el medio refrigerante desde la salida del canal espiral anular hasta una cámara de so-

1 -brepresión de gas inerte del reactor.

3ª.- Perfeccionamientos introducidos en un cambia-
dor de calor en contracorriente, de perfil variable.

5 Tal y como se ha descrito en la Memoria que ante-
cede, representado en los dibujos que se acompañan y con
los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de sesenta y siete hojas es-
critas a máquina por una sola cara.

10 Madrid, 19.NOV.1977

P.A.

Alberio de Elizbur
Por Poder,


15

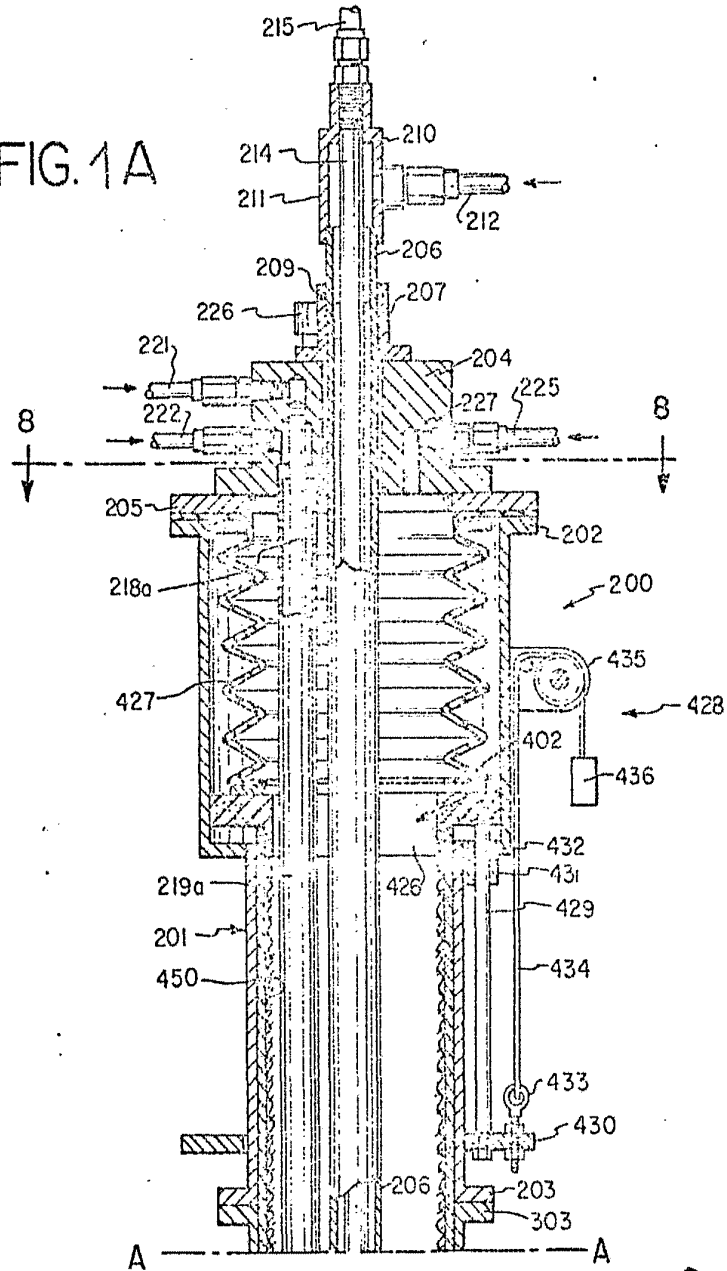
20

25

DNM 30

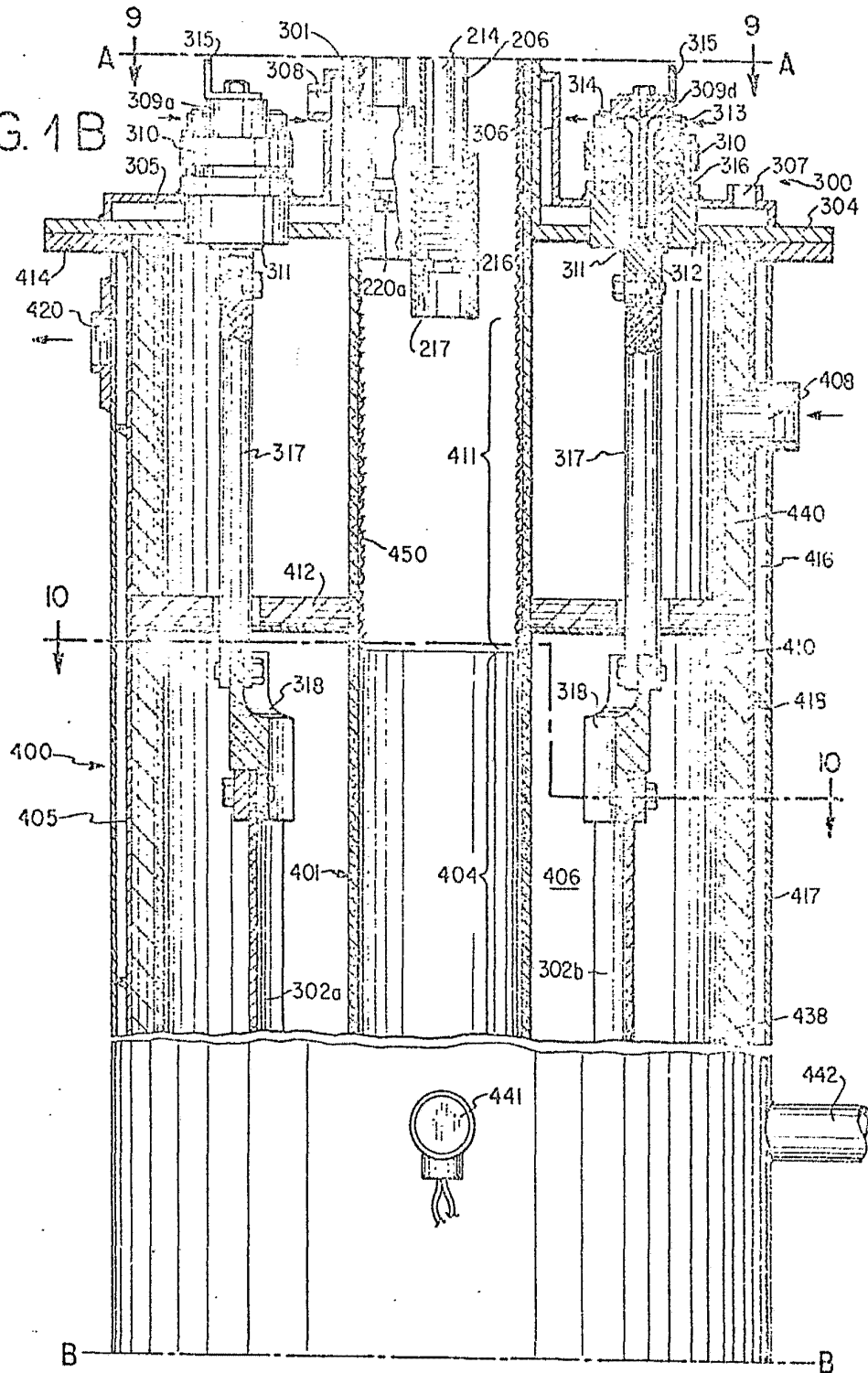
3117

FIG. 1A

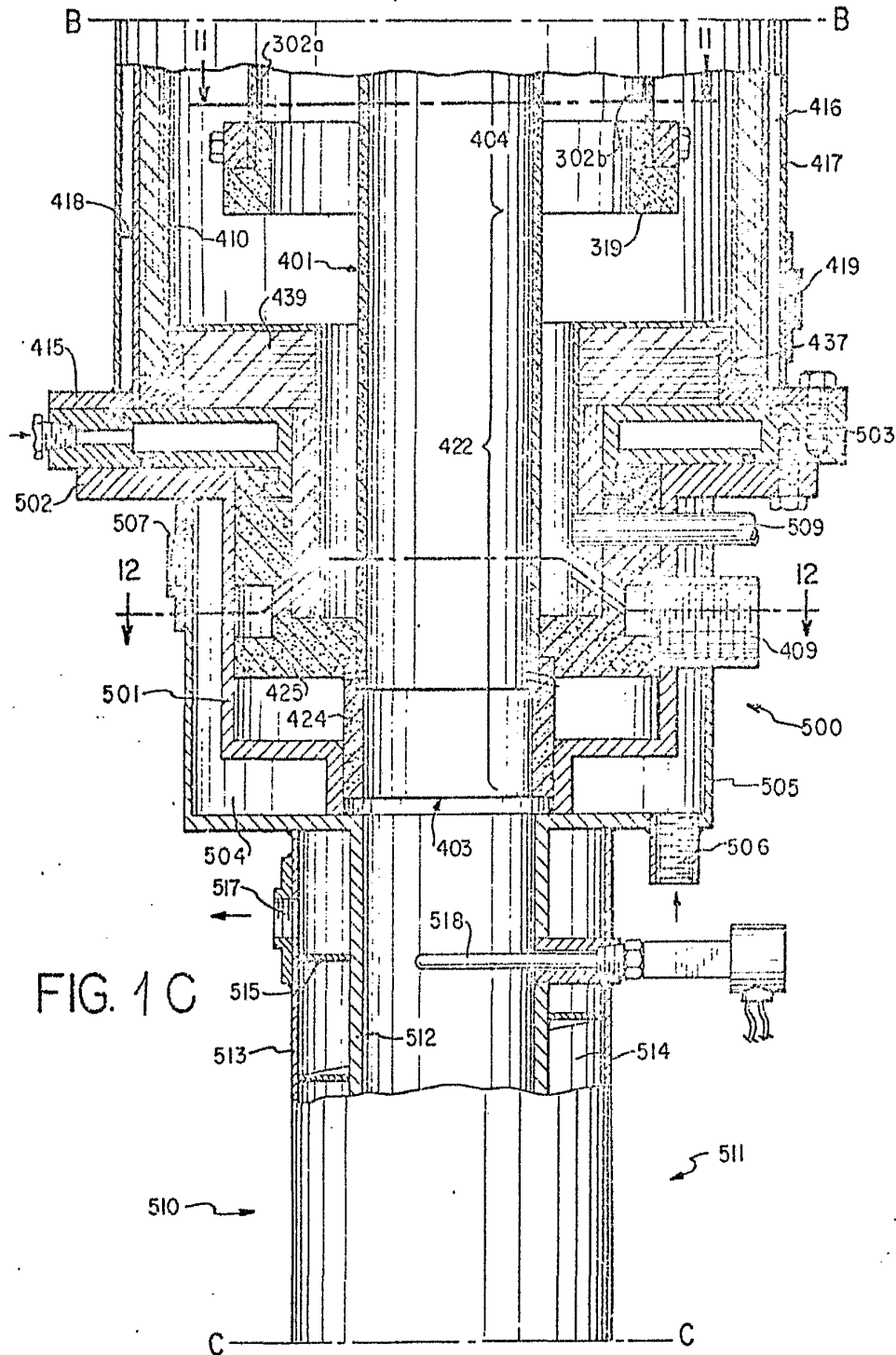


Alberto de Franchis
Per Ender

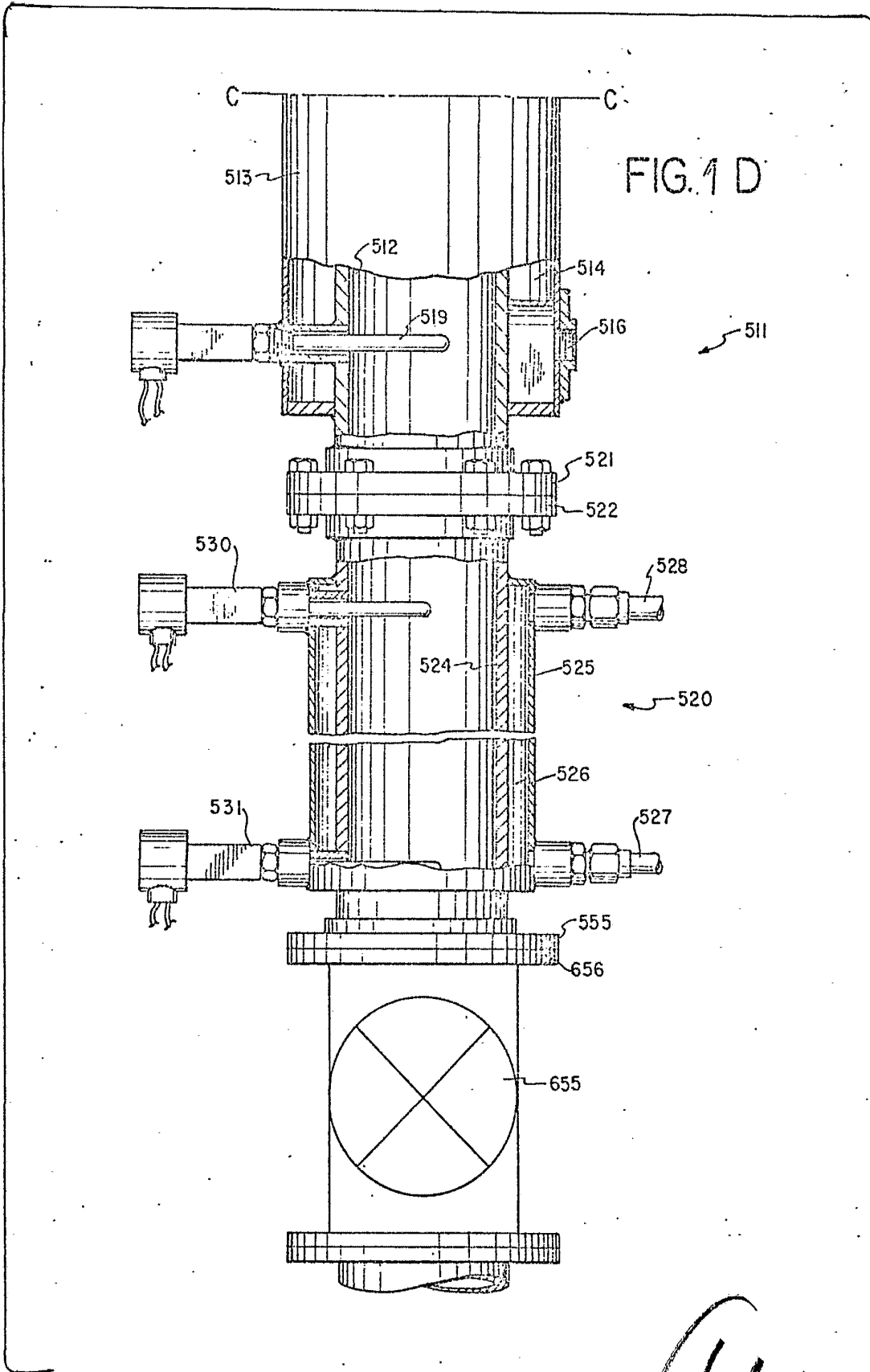
FIG. 1 B



Alto



Handwritten signature or initials



Handwritten signature

FIG. 6

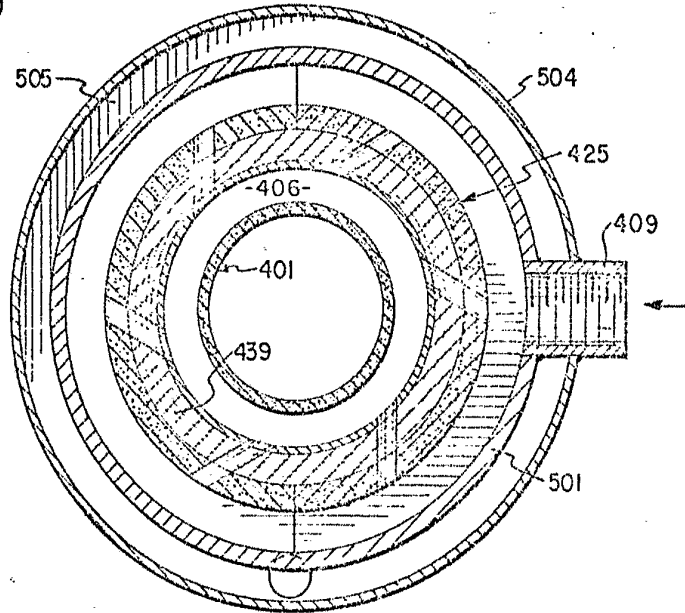
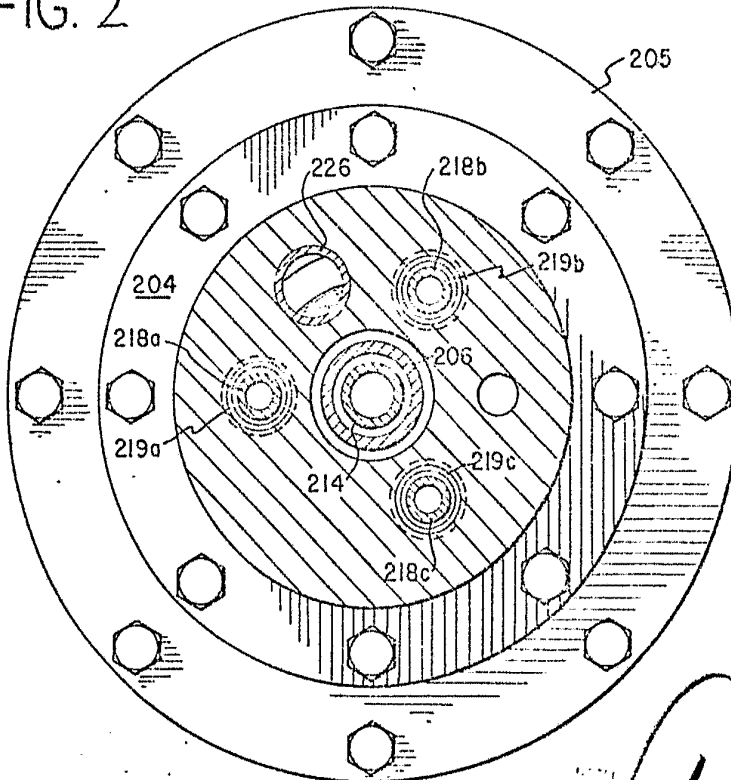
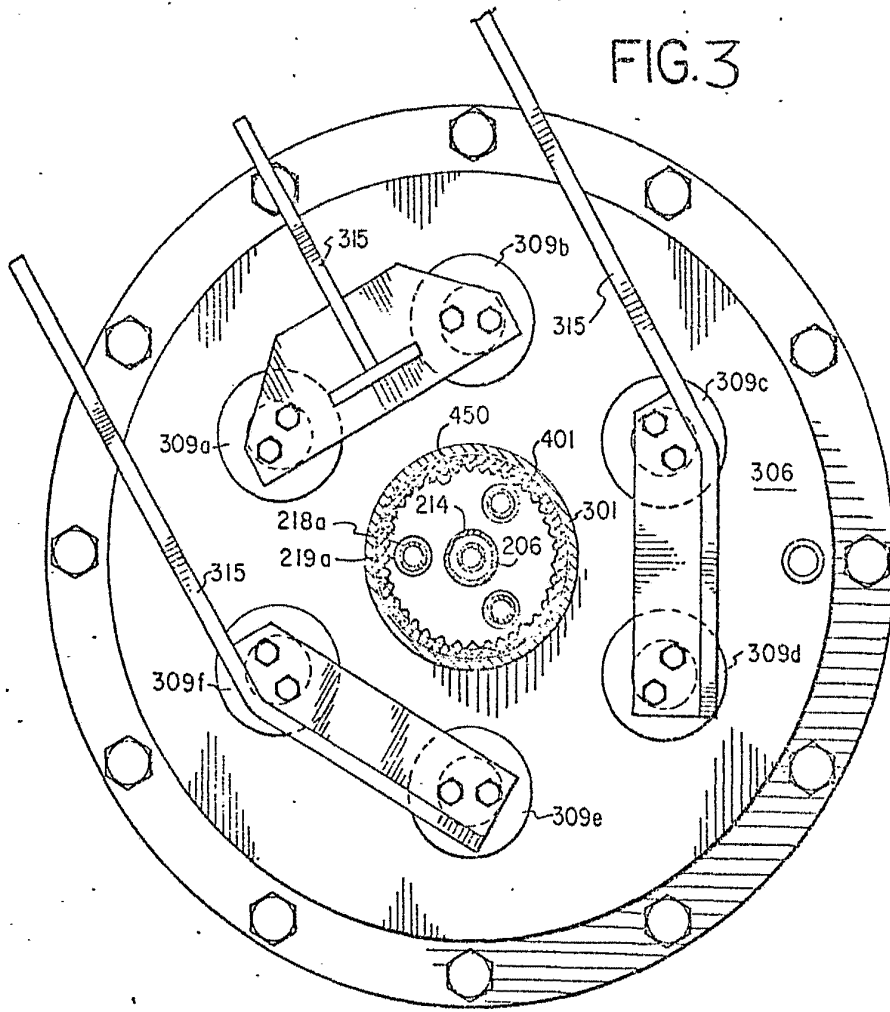


FIG. 2



Handwritten signature

FIG. 3



Alberto de
Por Foder,

FIG. 4

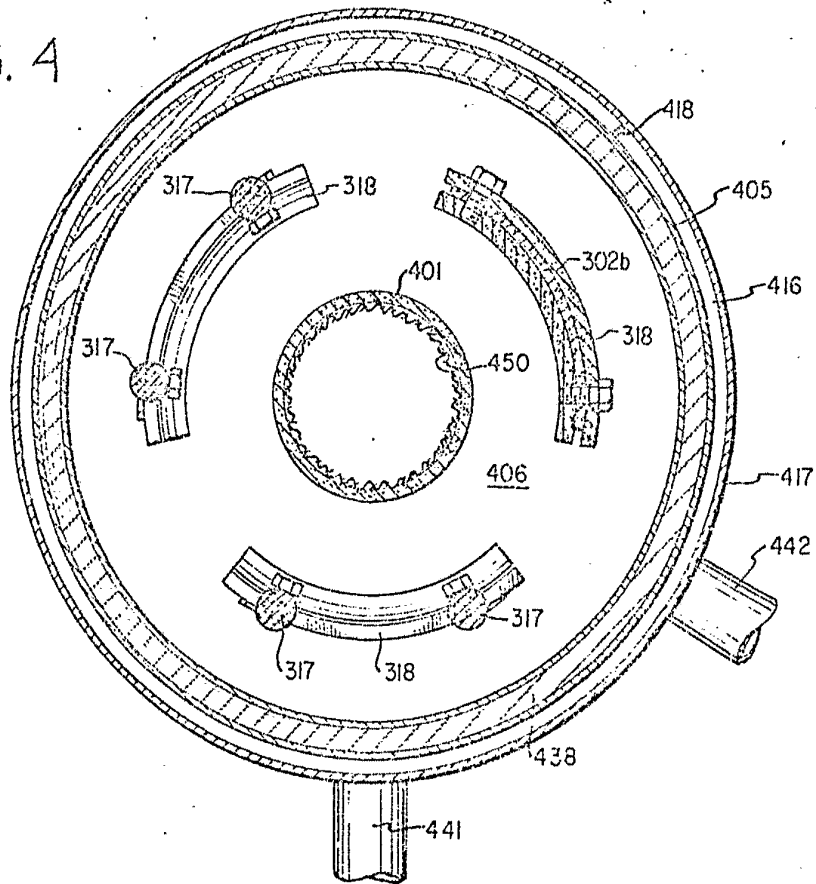
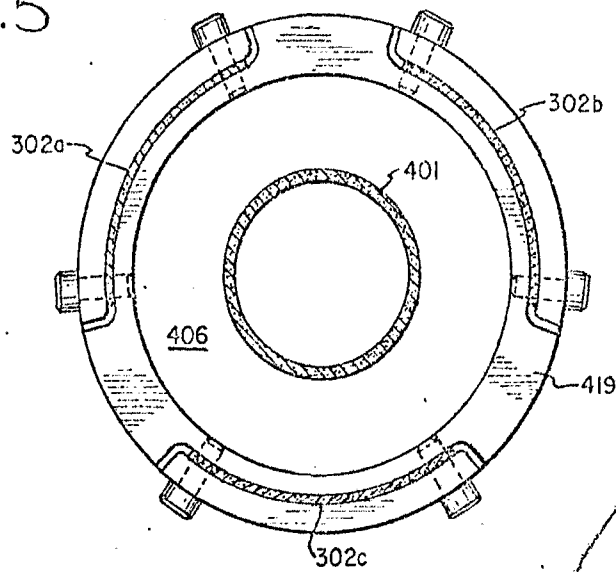


FIG. 5



Alberto de S.
Por Feder.

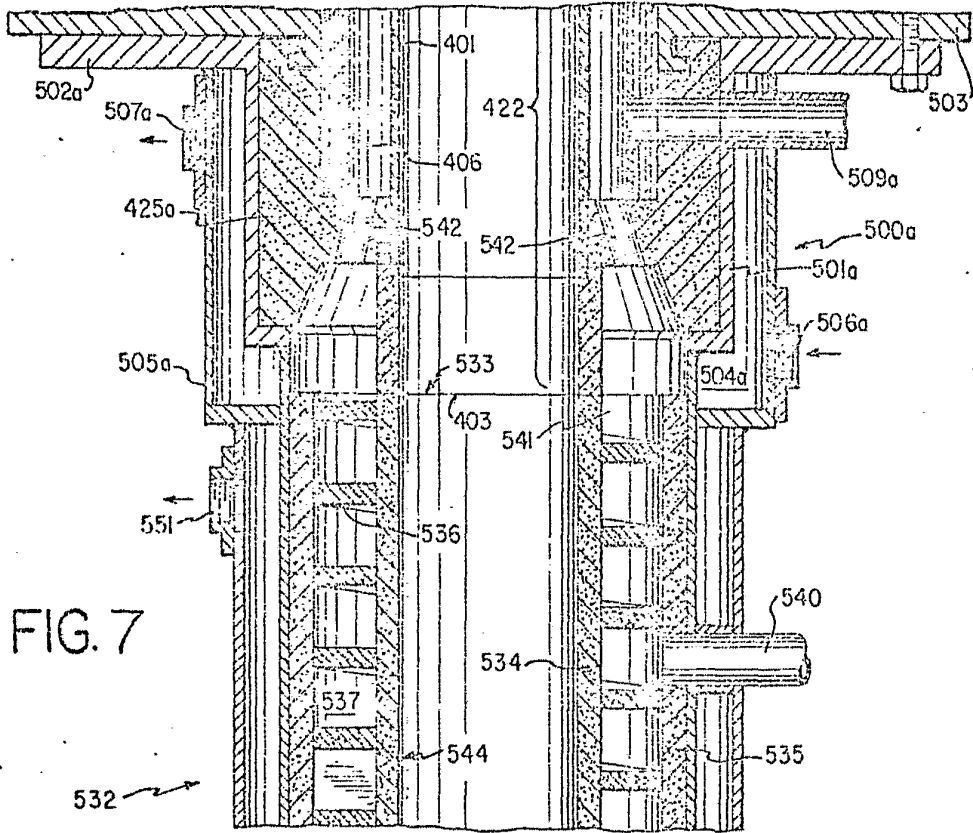
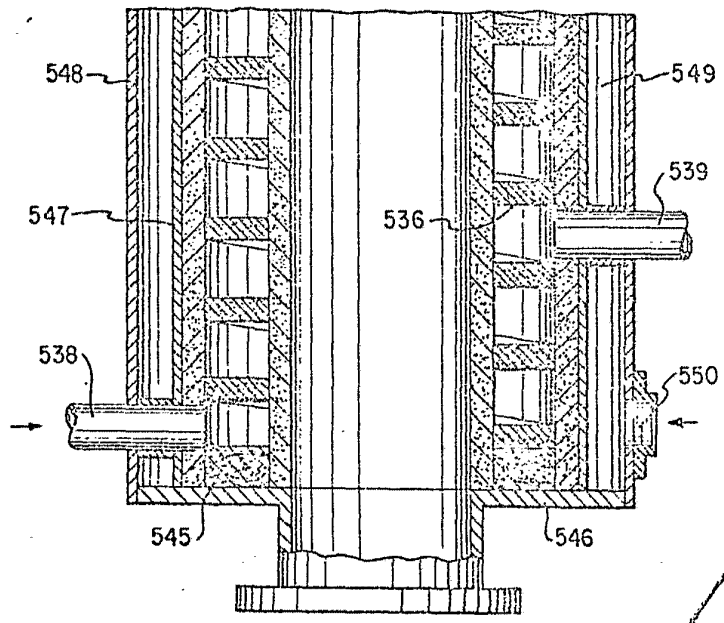


FIG. 7



Attorney at Law
Per [Signature]