

425778

P.- 57.492

INT. CL. B01J; H05B; C10B; C10G

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar PATENTE DE INVENCION en ESPAÑA por 20 años

a nombre de BOLIDEN AKTIEBOLAG

entidad sueca

establecida en Sturegatan 22, Estocolmo, Suecia

por: "UN METODO DE EFECTUAR PROCEDIMIENTOS QUIMICOS Y/O FISICOS QUE REQUIEREN CALOR EN UN REACTOR QUE CONTIENE UN LECHO FLUIDIZADO"

(Clase Internacional B01j, G22b)

25 MAR 1974



La presente invención se refiere a un mé
todo de realización de procedimientos químicos y/o
físicos que requieren calor en una cámara de reac-
ción que tiene un lecho fluidizado dispuesto en su
5 interior, en el cual al menos una parte de la ener-
gía requerida para dicho procedimiento se genera
electroinductivamente en el propio lecho mediante
la utilización de al menos una bobina de inducción,
a través de la cual se hace pasar una corriente al-
10 terna y que está localizada en el exterior de la cá-
mara de reacción.

El lecho fluidizado se emplea en la técni
ca para un gran número de propósitos, para los cua-
les son útiles las propiedades especiales poseídas
15 por el lecho y las ventajas proporcionadas por aqué-
llas, a saber una gran capacidad de transferencia de
masa y de calor, la posibilidad de mantener una tem-
peratura uniforme en el lecho y de controlar fácil-
mente la misma, y su particular idoneidad para proce-
20 dimientos continuos.

Cuando se llevan a cabo reacciones endotér-
micas en un lecho fluidizado, sin embargo, el suminis-
tro de calor al lecho origina en muchos casos un pro-
blema. Si fuese posible calentar eléctricamente un le
25 cho fluidizado, su utilidad en el campo químico y en



el metalúrgico aumentaría notablemente.

Por consiguiente, se han hecho intentos para calentar eléctricamente el lecho por cierto número de formas diferentes. Por ejemplo, se puede calentar el lecho por medio de una resistencia haciendo pasar una corriente eléctrica a través de aquél, mediante electrodos sumergidos en el mismo, o bien puede suministrarse el calor por medio de elementos de resistencia eléctrica sumergidos en el lecho.

Las técnicas de calentamiento electroinductivo se han aplicado también con la finalidad antes mencionada. Cuando se utiliza corriente de baja frecuencia, se suministra calor al lecho por la vía de un anillo metálico calentado por inducción sumergido en el lecho, o bien se calienta del mismo modo la envoltura del reactor. Se ha aplicado también la generación de calor en el lecho propiamente dicho por inducción, aun cuando hasta ahora este método sólo ha podido aplicarse con el empleo de frecuencias muy altas, a saber frecuencias de tal magnitud que la profundidad de penetración del campo electromagnético en cada partícula del lecho es del mismo orden de magnitud que la dimensión transversal de dicha partícula.

Sorprendentemente, se ha encontrado ahora que



puede conseguirse un resultado particularmente favorable desde un aspecto técnico y económico cuando se llevan a cabo procedimientos del tipo mencionado en la introducción si, de acuerdo con la presente invención, se utiliza un lecho fluidizado que contiene un material que proporciona al lecho una resistividad comprendida entre 10^{-1} y 10 ohm.metro, con lo cual la frecuencia de la corriente alterna se selecciona de tal modo dependiendo de la dimensión transversal más pequeña seleccionada (d) del área del lecho y de la resistividad (ρ) del lecho que se mantiene una relación entre dicha dimensión más pequeña (d) y la profundidad de penetración del campo electromagnético (δ), la cual está determinada por la frecuencia y la resistividad, comprendida entre 0,2 y 1,5, preferiblemente de un valor determinado por la relación

$$\frac{d}{\rho} = k (0,54 - 0,35 \cdot \log_{10} \rho)$$

donde k es un número comprendido entre 1,1 y 1,5, y que preferiblemente es aproximadamente 1,2. El término de profundidad de penetración se emplea en su significado aceptado, a saber, designado

$$\delta = \sqrt{\frac{2 \cdot \rho}{\omega \cdot \mu}}$$

donde ω es la frecuencia angular del campo electromagnético medida en radianes por segundo, μ es la permea-



bilidad (para un material no magnético, aproximada-
mente $4\pi \cdot 10^{-7}$) y ρ es la resistividad del lecho flui-
dizado medida en ohm.metro. La dimensión transversal
d del área del lecho se mide en metros. La resisti-
5 vidad del lecho se puede ajustar dentro de ciertos
límites seleccionando, entre otras cosas, el grado de
fluidización del lecho, el medio de fluidización, el
tamaño de partícula del material del lecho y la tempe-
ratura del lecho.

10 De acuerdo con la invención, se ha encontra-
do posible llevar a cabo procedimientos del tipo con-
siderado en lechos fluidizados que se calientan direc-
tamente por inducción y que tienen dimensiones adecua-
das para operaciones en escala industrial, sin emplear
15 frecuencias extremadamente altas. A modo de ejemplo,
puede mencionarse que cuando se calienta inductivamen-
te un lecho fluidizado circular que tiene un diámetro
de 7,5 m y que comprende partículas de coque con un
tamaño medio de partícula de 0,15 mm, y que tiene una
20 resistividad de 6,5 ohm.metro, se ha encontrado sufi-
ciente una frecuencia tan baja como 2600 Hz con una
proporción entre la altura y el diámetro de la bobina
de inducción de 0,6:1.

De acuerdo con la invención, se ha encon-
25 trado que pueden generarse cantidades muy altas de



energía en un lecho fluidizado con un campo electro-
magnético de intensidad moderada. Al propio tiempo,
se ha encontrado que las pérdidas causadas por el
calentamiento inductivo de la bobina de inducción,
5 cuando la bobina es de cobre, ascienden sólo a unas
pocas unidades por ciento de la energía suministrada.
Así, en el caso del ejemplo antes mencionado, se ge-
neraron en el lecho de coque aproximadamente 30 MW
con una intensidad de campo de sólo 50 kA/m; las pér-
10 didas en la bobina de cobre fueron sólo de 600 kW,
es decir, el 2% de la energía suministrada.

Este resultado satisfactorio se consiguió
para una proporción entre el diámetro del reactor y
la profundidad de penetración de sólo 0,29:1, com-
15 parada con la proporción clásica de 2,5:1 cuando se
calienta un material de baja resistividad de acuerdo
con las técnicas conocidas. Debe observarse también
la eficiencia eléctrica obtenida con la presente in-
vención, la cual es extremadamente alta en compara-
20 ción con las técnicas de calentamiento inductivo co-
nocidas.

Comparado con los métodos convencionales de
suministrar calor a un lecho fluidizado, el método de
la presente invención proporciona también otras ven-
25 tajadas, tales como:



- pueden generarse grandes cantidades de energía en el lecho sin el riesgo de sobrecalentamientos locales causados por el empleo de técnicas de combustión en el lecho o por el calentamiento del lecho a través de la pared del reactor, o por elementos de calentamiento o electrodos;
- se eliminan los problemas de materiales creados por los métodos de suministro de calor antes mencionados;
- puede utilizarse una corriente de frecuencia moderadamente alta, la cual, a diferencia de las frecuencias ultra-elevadas utilizadas previamente, se puede obtener con costes reducidos;
- la eliminación del complicado equipo de electrodos y de los costes de operación relacionados con el mismo;
- una regulación sencilla de la potencia, con la posibilidad de controlar automáticamente la temperatura del reactor de una manera simple;
- una construcción sencilla del reactor;
- posibilidad mejorada de hacer hermético el reactor;
- un mayor grado de flexibilidad con respecto al diseño del reactor.

En un reactor construido de acuerdo con la invención se pueden realizar simultáneamente procedi-



mientos de reducción y de oxidación. Por ejemplo, una parte del calor requerido para la realización del procedimiento se puede suministrar quemando en el reactor sustancias combustibles, bien sea por
5 combustión controlada en el lecho propiamente dicho o bien por combustión total o parcial por encima de la superficie del lecho; las sustancias combustibles pueden comprender gases que se originan en el lecho fluidizado y/o combustible adicional suministrado por
10 encima del lecho. En este último caso, la ausencia de electrodos junto con un reactor de sección transversal relativamente grande proporciona grandes ventajas, dado que es posible operar a temperaturas altas y transferir grandes cantidades de calor a la
15 superficie del lecho fluidizado. Así, de acuerdo con el método de la invención, no es necesario suministrar por electroinducción la totalidad del calor requerido.

Quando se queman en el reactor sustancias
20 combustibles, el calor que no es absorbido por el material en la cámara del reactor puede recuperarse en una zona de radiación de una caldera de vapor dispuesta adyacente al reactor, estando localizada dicha zona de radiación en la cámara del reactor por encima
25 del lecho, con lo cual al menos una parte del conte-



nido de calor de los gases formados en la cámara del reactor puede utilizarse para producir vapor de agua o energía eléctrica. Indiferentemente de que tenga lugar o no combustión en el reactor, el contenido calorífico de los gases que salen del reactor se puede utilizar para producir energía eléctrica, por ejemplo, mediante una turbina de vapor o de gas, convenientemente mediante una turbina de aire caliente.

La energía eléctrica producida se puede emplear para suministrar energía al procedimiento, y la energía eléctrica puede producirse en forma de corriente alterna a la frecuencia utilizada para el procedimiento de que se trata. Análogamente, el aire todavía caliente que sale de la turbina de aire caliente puede emplearse para el procedimiento de combustión antes mencionado en la cámara del reactor, obteniéndose así un alto grado de eficiencia térmica en el procedimiento.

La invención puede utilizarse con ventaja en conjunción con el craqueo de hidrocarburos, por ejemplo, de productos del petróleo, durante la fabricación simultánea de coque de petróleo, suministrándose los hidrocarburos con preferencia de un modo sustancialmente continuo a un lecho de coque fluidizado, con lo cual se mantiene inductivamente, en el lecho una temperatura su-

25 MAR 70



ficiente para craquear los hidrocarburos y formar coque a partir de los mismos y de los productos de craqueo resultantes, reconstituyéndose continuamente dicho lecho por dicha formación de coque, con lo cual se retiran de la cámara del reactor cantidades sustancialmente iguales de coque para mantener un volumen de lecho prácticamente inalterado. A este respecto, los hidrocarburos se inyectan convenientemente en el interior del lecho de coque de petróleo fluidizado calentado inductivamente.

El lecho se mantiene en un estado fluidizado por medio de un gas, el cual puede estar constituido ventajosamente por una parte del gas que sale del reactor, recirculándose dicho gas, convenientemente en estado precalentado. Puede también aprovecharse para contribuir a la fluidización del lecho el gas desprendido durante el procedimiento de craqueo y de producción de coque. En ciertos casos, este último gas puede ser suficiente por sí solo para fluidizar el lecho.

El volumen del lecho fluidizado puede mantenerse constante, bien sea retirando por el fondo del reactor el exceso de material del lecho o mediante la instalación de un dispositivo de rebose. Si se aumenta la velocidad del gas a través del reactor, se puede



hacer que el coque acompañe al gas de salida, del cual se separará el coque en ciclones. La velocidad con la que pasa el gas a través del reactor puede ser tan alta que la cantidad de coque arrastrada con el gas sea mayor que la producida. El exceso de coque puede hacerse volver desde los ciclones al lecho.

La ventaja proporcionada por el método descrito con respecto a la fabricación convencional de coque de petróleo reside en la simplicidad estructural del reactor y en la elevada capacidad volumétrica que alcanza un tal reactor. Una ventaja adicional radica en el hecho de que el método permite libertad en la elección de la temperatura de coquización. Empleando una combinación adecuada de temperatura alta y tiempo de permanencia prolongado, es posible, por ejemplo, lograr la desulfuración del coque de petróleo producido.

El método se puede aplicar también a la eliminación de sustancias indeseables del coque de petróleo producido por otros métodos, por ejemplo, para refinar tal coque en lo que se refiere a azufre. En este caso, se carga el coque de petróleo preferiblemente de un modo sustancialmente continuo a un lecho fluidizado constituido en esencia por un material de coque refinado, con lo cual el calor generado inductivamente en el lecho y la temperatura del lecho y el tiempo de

25



permanencia del material en el lecho se ajustan de tal manera que se obtenga el efecto de refino deseado, después de lo cual el material de coque refinado se descarga de un modo sustancialmente continuo del reactor para mantener un volumen de lecho sustancialmente inalterado. El gas de fluidización, el cual está precalentado convenientemente, puede ser un gas inerte al coque, o un gas que contenga hidrógeno, por ejemplo, hidrógeno gaseoso.

La invención puede utilizarse también con ventaja en conjunción con el craqueo de hidrocarburos pesados. A este respecto se utiliza un lecho fluidizado permanente, calentado por inducción, que comprende partículas metálicas que tienen un efecto catalítico sobre la reacción de craqueo. Los hidrocarburos pesados pueden cargarse al lecho de un modo sustancialmente continuo, por ejemplo, pueden inyectarse en dicho lecho, el cual se mantiene en un estado fluidizado por medio de, al menos, los gases formados en el propio lecho durante el procedimiento de craqueo. El lecho se puede mantener también en un estado fluidizado por medio de hidrógeno gaseoso suministrado al mismo, el cual se hace reaccionar con los hidrocarburos pesados para formar nuevos hidrocarburos más ricos en hidrógeno. Estos hidrocarbu-



ros se separan del lecho en forma gaseosa y se recuperan de una manera convencional en el exterior del reactor. Puede utilizarse también vapor de agua como medio de craqueo y de fluidización.

5 La ventaja proporcionada por este método de craqueo reside en que es posible convertir grandes cantidades de material en un reactor de volumen relativamente pequeño, debido a las altas velocidades de reacción que pueden alcanzarse en el lecho fluidizado, al propio tiempo que el calentamiento por inducción proporciona una solución constructivamente sencilla al problema del suministro de calor a un reactor de craqueo.

10 Otro campo en el que se puede utilizar con ventaja el método de la invención es la pirólisis de materiales orgánicos sólidos, por ejemplo, lignito, o la calcinación de tales materiales, por ejemplo, antracita.

15 El material que ha de someterse a pirólisis o calcinarse se carga preferiblemente de un modo continuo en un lecho que sustancialmente comprende coque o productos calcinados formados durante el procedimiento. El lecho se calienta inductivamente, al menos a una temperatura de tal magnitud que el material cargado al lecho se descomponga para formar coque o un pro-



25

ducto calcinado e hidrocarburos liberados, los cuales reaccionan con el residuo sólido formado durante la precipitación de carbono, para formar un material que rellena el lecho, junto con hidrocarburos
5 más ligeros, y/o hidrógeno gaseoso. Los gases requeridos para fluidizar el lecho pueden comprender gas de salida del reactor que se recircula al lecho, convenientemente en un estado precalentado. El gas producido durante la pirólisis puede hacerse contribuir
10 también a la fluidización del lecho. En ciertos casos, este último gas puede ser suficiente por sí solo para fluidizar el lecho. El lecho se mantiene en un volumen prácticamente constante mediante la extracción de material del mismo, por ejemplo, del modo descrito
15 con referencia a la fabricación de coque de petróleo. Los productos de carbono o de coque resultantes pueden utilizarse, por ejemplo, para la fabricación de briquetas...

Con el método de acuerdo con la invención,
20 se puede producir coque o carbono a partir de un combustible sólido que tenga propiedades de coquización deficientes, por ejemplo, lignito, o a partir de tipos diferentes de materiales de desecho, por ejemplo, serrín. Una ventaja importante conseguida por este método es
25 que no se forma alquitrán ni ningún otro de los produc-



25

tos de destilación engorrosos que se encuentran normalmente.

5 Cuando se utiliza el método de la invención para la calcinación de antracita, se obtiene un producto que posee propiedades extremadamente uniformes y fácilmente controladas, debido al calentamiento uniforme del lecho a través de la totalidad del mismo.

10 El método de la invención se puede aplicar también en combinación con la reducción de un medio gaseoso y/o de la denominada carburación del mismo, en cuyo caso el gas se hace pasar a través de un lecho calentado inductivamente y fluidizar simultáneamente el mismo, donde el medio se pone en contacto
15 con un reductor, opcionalmente en presencia de un material que tiene un efecto catalítico sobre el procedimiento de reducción y/o de carburación, manteniéndose el lecho a una temperatura tal que el reductor reacciona con dicho medio durante la reducción y/o la
20 carburación de éste. Como ejemplo de la aplicación de este método se puede mencionar la regeneración del gas procedente de un horno de esponja de hierro. Este gas contiene, entre otros componentes, CO, H₂, CO₂ y H₂O. Los dos últimos tipos de gas se convierten en
25 CO y H₂ de acuerdo con lo que antecede, después de lo

25



5 cual el gas se recircula al horno de esponja de hierro. La ventaja proporcionada por este método sobre los carburadores utilizados hasta ahora, provistos de electrodos, incluye los bajos costes de operación implicados, la posibilidad de emplear combustibles sólidos secundarios y la eliminación sustancial de las limitaciones hasta ahora necesarias en cuanto al tamaño del reactor.

10 De acuerdo con una realización de la invención, se utiliza un lecho de material de coque, el cual, al mismo tiempo, forma dicho reductor y se consume progresivamente. El coque consumido puede reemplazarse suministrando material orgánico sólido, líquido o gaseoso al lecho, con lo cual el lecho se mantiene al menos a una temperatura tal que se forma coque por pirólisis de dicho material y por craqueo del gas de pirólisis. A 15 medida que se consume el coque, se forman cenizas. La temperatura del lecho se mantiene convenientemente tan alta que la ceniza se aglomera en productos de grano relativamente grueso, los cuales, debido a su mayor peso en comparación con el coque, se recogen en el fondo del reactor, desde donde pueden extraerse, bien sea de 20 modo intermitente o continuamente.

25 De acuerdo con otra realización de la invención, el lecho puede estar constituido sustancialmente por un material metálico, convenientemente un material



que tenga un efecto catalítico sobre las reacciones de reducción y/o carburación. En una realización adicional, el material del lecho puede comprender partículas recubiertas con carbono. La capa de carbono hace que las partículas sean conductoras de la electricidad, y actúa también como reductora. La capa de carbono se consume progresivamente, pero puede reemplazarse suministrando hidrocarburos, los cuales se craquean, dando como resultado que se precipite carbono durante el procedimiento de craqueo. Ejemplos de casos en los que se pueden aplicar con ventaja los dos últimos métodos mencionados incluyen la re-formación del gas natural, en la cual dicho gas se hace reaccionar con vapor de agua.

El método de la presente invención se puede utilizar también con ventaja en combinación con la reducción de materiales oxidicos, especialmente óxidos de metales del grupo del hierro o materiales oxidicos de cobre. Los óxidos de metales se suministran en un tamaño de partícula fluidizable a un lecho fluidizado calentado inductivamente que comprende principalmente coque. El coque se consume progresivamente y puede ser reemplazado suministrando un material orgánico sólido, líquido o gaseoso al lecho, con lo cual el lecho se mantiene a una temperatura tal que se for-



ma coque a partir del material orgánico por pirólisis y craqueo, al mismo tiempo que se separa carbono por precipitación.

5 De acuerdo con una realización de este método, la temperatura se controla de tal manera que el metal reducido se aglomere en gránulos, los cuales, debido al hecho de que tienen un peso mayor en relación con el lecho de coque, se recogen en el fondo de la cámara del reactor, desde donde pueden extraerse, bien sea de modo intermitente o continuamente, opcionalmente junto con cenizas de coque aglomeradas de un modo correspondiente. Esta realización es de un interés particular cuando se trata de metales del grupo del hierro.

10

15 De acuerdo con una segunda realización de dicho método, la temperatura del lecho fluidizado se controla de tal modo que el metal reducido funde y se recoge en el fondo de la cámara del reactor, desde el cual puede extraerse la masa fundida de metal, opcionalmente junto con escorias. En el caso de la reducción de los óxidos de hierro, el hierro se carboniza en una cierta proporción al ponerse en contacto con el lecho de coque, con lo que se reduce el punto de fusión.

20

25 De acuerdo con una tercera realización de

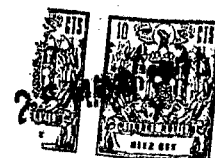
25 MAR 1974

dicho método, se cargan óxidos metálicos al fondo de la cámara del reactor en un estado finamente dividido tal que el óxido es arrastrado hacia arriba a través del lecho por el gas de fluidización al mismo tiempo que se reduce, y se separa del lecho en un estado reducido junto con los gases procedentes del lecho, de cuyos gases se separa el material reducido, por ejemplo, en un ciclón. El lecho de coque se mantiene a una temperatura inferior a aquélla a la cual el material reducido se aglomeraría en un grado apreciable.

De acuerdo con una cuarta realización de dicho método, el óxido metálico se suministra a la superficie del lecho fluidizado en una forma granulada de tal tamaño de grano que desciende a través del lecho mientras que se reduce y durante el consumo progresivo del coque, después de lo cual el material reducido se extrae del reactor por la parte inferior del lecho, preferiblemente separado del material de coque.

El gas formado en el lecho existente como resultado de la pirólisis y el craqueo del material orgánico suministrado a aquél, puede utilizarse para la fluidización del lecho de coque en los procedimientos de reducción arriba mencionados.

La principal ventaja lograda sobre la reducción convencional de los óxidos metálicos en lechos fluidizados



dizados cuando se aplican los cuatro ejemplos arriba mencionados de la invención con respecto a la reducción de óxidos metálicos, es que la sinterización, que se produce fácilmente con los métodos convencionales, se evita con la presente invención, o bien se permite que tenga lugar en formas controladas.

En ciertos casos, sin embargo, el método de la presente invención puede utilizarse con ventaja en combinación con la reducción de óxidos metálicos, particularmente cuando se trata de óxidos de hierro, en un lecho fluidizado calentado por inducción que comprende principalmente polvo metálico o gránulos de metal. Los óxidos metálicos se suministran al lecho junto con un agente de reducción sólido, líquido o gaseoso y se hacen reaccionar en dicho lecho dando como resultado la formación de productos de reacción gaseosos y metal en forma de polvo o de gránulos, y el polvo o los gránulos de metal se separan del reactor a una velocidad suficiente para mantener el volumen del lecho prácticamente constante. El riesgo antes mencionado de sinterización del lecho de partículas metálicas puede evitarse cuando se emplea el calentamiento por inducción de acuerdo con la presente invención debido al estricto control de temperatura proporcionado por el método.

25 MAR 1954

La síntesis que requiere calor de compuestos químicos orgánicos o inorgánicos puede realizarse con ventaja de acuerdo con la invención en un lecho fluidizado, en el cual se mantiene inductivamente una temperatura suficiente para efectuar la reacción de síntesis, opcionalmente en presencia de un material que tenga un efecto catalítico sobre la reacción de síntesis. Este material puede comprender polvo metálico o gránulos metálicos y simultáneamente forma el lecho calentado por inducción. Además, el gas requerido para fluidizar el lecho puede comprender totalmente o en parte las sustancias reaccionantes suministradas al lecho. Los compuestos inorgánicos que se pueden producir de esta manera incluyen, por ejemplo, carburos, nitruros y compuestos halogenados. Un ejemplo de síntesis orgánica es la obtención de hidrocarburos, por ejemplo, etileno, por la reacción entre hidrógeno gaseoso y un lecho de coque calentado por inducción, en la cual pueden obtenerse rendimientos elevados de los hidrocarburos deseados ajustando la temperatura del lecho y el tiempo de permanencia del material en el mismo.

En los reactores del tipo que se considera aquí, el aislamiento eléctrico entre las espiras individuales de la bobina y, en caso aplicable, entre las



25 MAR 1974

bobinas parciales, puede crear ciertos problemas, si
las paredes del reactor tienen un cierto grado de permeabilidad. Entre otras cosas, se ha encontrado que
un gas que contiene monóxido de carbono, en ciertos
casos, es capaz de penetrar desde la carga a través
de la pared del reactor y causar una precipitación de
carbono, lo cual puede dar como resultado descargas
disruptivas en la bobina. Estos problemas se acentuarán
en el caso de reactores y hornos extremadamente
grandes calentados por inducción, en los cuales puede
ser necesario utilizar voltajes hasta ahora no utilizados
en las técnicas de calentamiento por inducción. Una
desventaja particularmente grave encontrada con las
bobinas construidas de acuerdo con las técnicas
actuales es que, con objeto de reparar la bobina,
ésta ha de ser desmontada por completo, lo cual constituye
un procedimiento costoso y no podría aceptarse
con los métodos antes mencionados desde un punto
de vista operativo y económico.

Se ha encontrado posible, sin embargo, evitar las descargas disruptivas en la bobina de inducción en una proporción sorprendentemente grande, cuando se lleva a cabo el método de la invención en un reactor, cuya cámara de reacción está definida por elementos de pared, los cuales separan la bobina de inducción de di-



cha cámara y tienen un cierto grado de permeabilidad a los gases, si se hace pasar a dichos elementos de pared un gas que se encuentra a una presión que
5 dicha cámara localizada frente a la bobina de inducción, y que no es capaz de establecer conexión conductora de la electricidad entre las espiras de la bobina.

De acuerdo con un método adecuado de procedimiento, se puede evitar que el gas a presión que se
10 hace pasar a los elementos de pared emigre en una dirección de alejamiento de dicha cámara. Esto puede lograrse de acuerdo con un ejemplo confinando al menos la porción del reactor cubierta por la bobina de inducción en una cámara de presión. El gas a presión puede
15 hacerse pasar convenientemente a los elementos de pared por medio de la cámara de presión. De acuerdo con otro ejemplo en combinación con el primer método de procedimiento mencionado, las regiones entre espiras de
20 bobina adyacentes pueden aislarse herméticamente contra la atmósfera que rodea el reactor, mientras que el gas a presión se suministra a dichos elementos de pared interiormente a dichas regiones herméticamente aisladas.

25 El riesgo de la producción de descargas dis-



ruptivas entre las espiras de la bobina de inducción no puede eliminarse totalmente, sin embargo. Por esta razón, se ha encontrado ventajoso combinar el método antes mencionado de procedimiento con etapas de reparación que hacen posible que se reparen partes de una bobina de inducción sin que sea necesario el desmontaje completo del reactor. Esto puede lograrse utilizando una bobina de inducción construida a base de una pluralidad de elementos que se extienden alrededor del reactor alrededor de 180° como máximo.

Puede ser ventajoso también utilizar una bobina de inducción construida a base de una pluralidad de bobinas parciales. Además, cada espira de la bobina puede estar dispuesta en un plano. De esta forma se obtienen circuitos de una sola espira separados, los cuales pueden unirse entre sí para formar bobinas parciales que tienen cualquier número de espiras. Las ventajas proporcionadas por esta disposición residen en el hecho de que:

- permite un diseño estructuralmente sencillo del cierre hermético aislante entre las espiras de la bobina entre las cuales se inyecta el gas hacia el interior del cierre hermético como se ha descrito arriba;
- permite la máxima posibilidad concebible de ajustar el número de espiras de las bobinas parciales a la carac-



terística eléctrica del medio calentado;

- simplifica la división de la bobina en elementos y, al mismo tiempo, facilita el cambio de dichos elementos; y
- 5 - mejora la posibilidad de absorber la expansión que normalmente se produce en el reactor durante la operación, mientras que se mantiene la hermeticidad a los gases de dicho reactor.

Una ventaja adicional proporcionada con los
10 circuitos planos de una sola espira es que los circuitos pueden unirse entre sí para formar bobinas parciales que tienen un número seleccionado de espiras de tal modo que el voltaje 0 se produce entre las espiras adyacentes de dos bobinas parciales. Esto es posible si
15 se da a las bobinas parciales adyacentes diferentes direcciones de arrollamiento y si, al mismo tiempo, los extremos adyacentes de las bobinas parciales adyacentes están conectados al mismo punto en el sistema de suministro de corriente.

20 Esta disposición asegura que la separación localizada entre dos bobinas parciales no está cargada con el alto voltaje correspondiente al voltaje entre las espiras de una bobina parcial multiplicado por el número de espiras de dicha bobina parcial.

25 El gas a presión antes mencionado que se hace



pasar a dichos elementos de pared, fluirá hacia el interior de la cámara que acomoda el material que se está calentando a través de dichos elementos de pared, los cuales son en cierto grado permeables a dicho gas. Por esta razón, es importante que la composición del gas seleccionado no sea perjudicial para la naturaleza del procedimiento de calentamiento que se esté efectuando.

10 Cuando existe un riesgo de que se separe por precipitación carbono en los elementos de pared, por ejemplo cuando se efectúan procedimientos de reducción en dicha cámara mientras que se utilizan agentes de reducción carbonosos, puede ser ventajoso utilizar un gas sustancialmente inerte cuyo potencial de oxígeno o de hidrógeno sea tal que la precipitación de carbono se impida al menos en las porciones de los elementos de pared localizados adyacentes a la bobina de inducción.

20 A continuación se describirán cierto número de realizaciones de la invención con mayor detalle con referencia a los dibujos que se acompañan, los cuales representan en forma muy esquematizada vistas en corte vertical de instalaciones en las cuales se puede llevar a cabo la invención.

25 La Figura 1 muestra un reactor para la produc-



ción de coque de petróleo.

La Figura 2 muestra un reactor para la reducción y/o la carburación de un medio gaseoso.

5 Las Figuras 3 a 5 muestran reactores para la reducción de óxidos metálicos.

Las Figuras 6 a 9 muestran en corte vertical una porción de una pared de reactor provista de cuatro dispositivos diferentes para evitar las descargas disruptivas en la bobina de inducción.

10 La Figura 10 es una vista plana fragmentaria de una bobina de inducción construida a base de una pluralidad de elementos que tienen un pequeño ángulo de abertura.

15 La Figura 11 es una vista fragmentaria en perspectiva de una bobina de inducción construida sustancialmente de acuerdo con las Figuras 9 y 10.

La Figura 12 es una vista lateral fragmentaria de dos bobinas parciales construidas a base de espiras planas y excitadas de una manera preferida.

20 En la Figura 1 se muestra un reactor 10 que tiene una entrada de gas 11, una salida de gas 12 y una parrilla 13 para soportar un lecho 14 de material fluidizado localizada en el reactor. A nivel con el lecho 14, el reactor está rodeado por una bobina de inducción 15, la cual está conectada a una fuente de

25



corriente alterna (no representada). Hidrocarburos, tales como fracciones pesadas de hidrocarburos obtenidas por craqueo de petróleo, se inyectan continuamente al lecho 14 a través de tuberías 16.

5 En el lecho 14, que comprende principalmente coque, se mantiene una temperatura de tal magnitud que los hidrocarburos, los cuales se cargan preferiblemente al lecho en un estado precalentado, se craquean y forman nuevo coque junto con productos
10 combustibles gaseosos, los cuales, junto con el gas de fluidización, salen del reactor por la salida 12. Estos gases se pueden utilizar como combustible. Opcionalmente, una parte de los gases, convenientemente en estado caliente, se pueden recircular por la entrada
15 da 11 al reactor 10 para la fluidización del material del lecho. Los productos gaseosos formados durante el procedimiento de craqueo contribuyen también a la fluidización del material del lecho y, en ciertos casos, contribuyen a este respecto en tal proporción
20 que puede suprimirse el aporte de gas por la entrada 11.

 El tiempo de permanencia del material sólido en el lecho y la temperatura del lecho se pueden ajustar de tal modo que el residuo sólido resultante
25 de los hidrocarburos cargados al reactor sea de la



calidad deseada. Por ejemplo, el tiempo de permanencia y la temperatura del lecho se pueden ajustar de tal manera que el coque resultante esté refinado también en lo que se refiere a azufre.

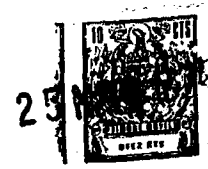
5 El coque se retira del lecho 14 por una tubería de descarga 17 a la misma velocidad que se forma coque nuevo en dicho lecho, estando localizado el extremo abierto superior de dicha tubería al nivel en que se desea mantener la superficie superior del lecho 14.

10 En la Figura 2, los números de referencia 10 a 13 y 16 tienen el mismo significado que en la Figura 1. A través de la entrada 11 se hace pasar un gas que ha de reducirse y carburarse, por ejemplo, un gas
15 utilizado para la reducción de óxidos metálicos y que contiene CO , H_2 , CO_2 y H_2O . El gas, preferiblemente, precalentado, se hace pasar al reactor 10, en el cual provoca la fluidización del material del lecho. Los hidrocarburos requeridos para efectuar el procedimiento de reducción y carburación se cargan al lecho 14 a
20 través de tuberías 16. En este caso, el lecho 14 comprende partículas de metal recubiertas con carbono y que tienen un efecto catalítico sobre el procedimiento de reducción y carburación. El recubrimiento de
25 carbono sobre las partículas de metal, el cual se con-



sume durante el procedimiento de reducción y carburación, se renueva manteniendo una temperatura del lecho de tal magnitud que se forma carbono por pirólisis de los hidrocarburos suministrados a través de tuberías 16 y por craqueo del gas resultante de la pirólisis, que da como resultado la precipitación de carbono.

En la Figura 3, los números de referencia 10 a 13, 15 y 16, tienen los mismos significados que los números de referencia en las Figuras 1 y 2. Un material de óxido metálico; por ejemplo, óxido de hierro que tiene un tamaño de partícula fluidizable, se carga por la tubería 16 a la porción inferior del lecho 14, el cual comprende principalmente coque, junto con un reductor, preferiblemente hidrocarburos, requerido para reducir el material de óxido metálico. Si el reductor se encuentra en forma de gas, puede cargarse al lecho a través de la entrada 11 en lugar de la tubería 16. La temperatura en el reactor 10 se ajusta de tal modo que los hidrocarburos cargados al reactor se pirolizan y se craquean para formar coque, y de tal modo que el metal reducido, opcionalmente junto con las cenizas del coque resultante, se aglomera en gránulos de mayor tamaño, los cuales, como resultado de su mayor densidad en comparación con



el material del lecho, descienden a través del lecho para formar una capa 18 de material relativamente grueso, la cual se retira del reactor a través de una tubería 19. El material se retira por dicha tubería 19 a un ritmo tal que el volumen del lecho en la cámara del reactor se mantiene prácticamente inalterado.

En la Figura 4, en la que los números de referencia 10 a 16, 18 y 19 tienen los mismos significados que en la Figura 3, la porción superior del reactor 10 tiene la forma de una porción de radiación de una caldera de vapor (no representada). Así, la porción superior del reactor forma una camisa 20 aislada térmicamente en su parte externa, a través de la cual se permite el paso de agua a vapor de agua. El óxido metálico a reducir, junto con coque o carbón en un tamaño de partícula fluidizable, se cargan en la superficie superior del lecho por tuberías de suministro 21 que se extienden concéntricamente. De modo opcional, hidrocarburos, por ejemplo, se pueden inyectar en el lecho 14 por la tubería 16. Análogamente, el agente de fluidización suministrado por la entrada 11 puede comprender un gas reductor. La temperatura del reactor se selecciona de la manera descrita con referencia a la Figura 3,



de tal modo que se forma una capa inferior 18 de material relativamente grueso que comprende metal reducido y posiblemente también cenizas de coque aglomeradas. El material de grano grueso se retira por la tubería 19 a una velocidad tal que se mantiene un volumen de lecho prácticamente constante en la cámara del reactor. Los gases combustibles formados durante los procedimientos de reducción se queman suministrando aire y opcionalmente combustible adicional a través de tuberías 22 a la cámara del reactor por encima del lecho 14, con lo cual el calor obtenido por el procedimiento de combustión contribuye al suministro de energía para el procedimiento.

En la Figura 5, en la que los números de referencia 10, 12, 14 a 16 y 19 a 22 tienen esencialmente el mismo significado que en la Figura 4, se muestra una instalación en la cual se lleva a cabo un procedimiento de reducción relativamente similar al descrito con referencia a la Figura 4. En este caso, sin embargo, la temperatura en el reactor 10 se ajusta de tal modo que el metal reducido se obtiene en forma fundida en una zona 23 localizada en el fondo del reactor, desde cuya zona se extrae la masa fundida por 19. Además del óxido metálico y el



reductor sólido, se pueden suministrar también a través de las tuberías de entrada 21 formadores de escoria o agentes de afino. El material del lecho se mantiene en un estado fluidizado, principalmente por medio del gas formado durante el procedimiento de reducción. Un medio de fluidización adicional, por ejemplo, hidrocarburos líquidos o un gas reductor o inerte, puede suministrarse a través de las tuberías 16 por encima de la zona 23.

La Figura 6 muestra una porción de una pared de reactor, que comprende un revestimiento cerámico 24 y una envolvente 25. El número de referencia 15 identifica una bobina de inducción que está dispuesta externamente con respecto al revestimiento 24 y que está construida a base de tubos que se pueden enfriar haciendo pasar un líquido de refrigeración a su través. La bobina 15 está empotrada parcialmente en una masa de relleno cerámica 26. Tanto el revestimiento 24 como la masa de relleno 26 tienen un cierto grado de permeabilidad a los gases.

Para evitar el paso de material sólido, líquido o gaseoso, a la bobina 15 desde el lado de la pared del reactor situada frente a la bobina, esto es, desde la cámara del reactor en la cual está alojado el material a calentar, se mantiene cierta presión



en los elementos de pared 24 y 26 situados al nivel de la bobina 15 por medio de un gas, excediendo dicha presión de la presión máxima que reina en la zona de la cámara del reactor localizada frente a la bobina de inducción. El gas seleccionado es uno que sea incapaz de establecer conexión conductora de la electricidad entre las espiras de la bobina 15. La presión se mantiene haciendo pasar gas a presión, por ejemplo aire o un gas sustancialmente inerte, a través de una tubería de suministro 27 a una cámara de presión 28 que rodea la bobina de inducción 15 y que aísla herméticamente ésta última contra la atmósfera ambiente.

La Figura 7 muestra también una porción de una pared de reactor que tiene un revestimiento 24, una masa de relleno 26 y una bobina de inducción 15. Las regiones entre las espiras adyacentes están aisladas herméticamente contra la atmósfera que rodea al reactor por medio de un dispositivo de cierre hermético 29 fabricado a base de un material aislante adecuado. En el dispositivo 29 se ha dispuesto cierto número de aberturas 30 a través de las cuales se hace pasar gas a presión a las porciones de la pared del reactor 24, 26, localizadas al mismo nivel de la bobina 15, como se muestra mediante las flechas.



La Figura 8 muestra una realización que, en principio, coincide con la realización de la Figura 7. Una porción de una pared de reactor que comprende un revestimiento 24 y una masa de relleno 26 está rodeada por una bobina de inducción 15 arrollada en espiral. El cierre hermético entre las espiras adyacentes es proporcionado por medio de una manguera 31 arrollada análogamente en espiral, o similar, hecha de un material elastómero. Con el fin de obtener superficies de contacto más pequeñas y por tanto de cierre hermético más efectivo entre la manguera 31 y la bobina 15, están soldadas tuberías 32 de pequeño diámetro a dicha bobina 15. La manguera 31 sirve también para suministrar gas a presión a los elementos de pared 24, 26 y, a este fin, está acoplada a una fuente de medio a presión (no representada) y está provista de aberturas 33 de salida de gas dirigidas hacia la pared del reactor.

La Figura 9 muestra también una porción de una pared de reactor que comprende un revestimiento 24 y una masa de relleno 26 y que está rodeada por una bobina de inducción 15. Cada espira de la bobina tiene una forma de sección transversal de trapecio y está provista en los extremos superior e

23 MAR 1974



inferior de la misma con rebordes 34 que se proyec
tan hacia fuera. Dispuestas entre los rebordes adya
centes 34 de las espiras adyacentes de la bobina hay
juntas de cierre hermético 35 que están hechas de ma
5 terial elastómero y que están provistas de aberturas
36 a través de las cuales puede hacerse pasar gas a
presión hasta la masa de relleno 26. Una pluralidad
de aberturas dispuestas a lo largo de toda la longi-
tud de las espiras de la bobina están provistas en la
10 junta hermética 35 entre las espiras sucesivas. Se
hace pasar el gas a las aberturas 36 a través de tu-
berías de distribución 37, las cuales se extienden
desde una tubería de suministro 38 que está dispues-
ta para servir a cierto número de tuberías de distri-
15 bución 37.

La Figura 10 ilustra cómo cada espira de
una bobina 15 puede estar construida de varios elemen-
tos 39a-39d los cuales están situados convenientemente
en un sólo y mismo plano, y cada uno de los cuales abar
ca un ángulo inferior a 180°. El número de referencia
20 40 identifica tuberías para la conducción de un líqui-
do de refrigeración y opcionalmente también la corrien-
te entre los elementos adyacentes 39a-39d, mientras
que el número de referencia 41 identifica medios de
25 junta hermética dispuestos para hacer un cierre hermé-



tico entre los extremos adyacentes de dichos elementos 39.

La Figura 11 muestra con mayor detalle el punto de conexión entre dos elementos adyacentes 39a, 39b de acuerdo con la Figura 10, teniendo dichos elementos sustancialmente la construcción que se muestra en la Figura 9. Los rebordes 34 de un elemento 39a terminan cerca del extremo de dicho elemento, mientras que el otro elemento 39b tiene un reborde 42 que se proyecta más allá del elemento 39a. El cierre hermético entre los extremos de los elementos adyacentes se efectúa por medio de una junta hermética 43 fijada entre el lado interior del reborde 42 y el lado exterior del elemento 39a, permitiendo dicha junta hermética 43 un cierto grado de movimiento entre los elementos 39a, 39b en su dirección longitudinal.

La Figura 12 muestra una bobina de inducción que está construida a base de dos bobinas parciales, cada una de las cuales comprende tres espiras 44-46 y 47-49, respectivamente. Cada espira está dispuesta en un solo y mismo plano y puede dividirse en elementos de la manera que se muestra en la Figura 10. Están dispuestas juntas herméticas 50 entre los extremos enfrentados de cada espira de la bobina y entre las espiras adyacentes. El número de referencia 51 identifica lí-



neas para el suministro de la corriente a las bobinas parciales 44-46 y 47-49. La corriente se toma de las líneas de suministro por medios de contacto 52-55, mientras que dicha corriente se hace pasar
5 entre las espiras adyacentes de cada bobina parcial por medios de contacto 56-59. Como se verá en la Figura, las bobinas parciales 44-46 y 47-49 tienen direcciones de arrollamiento diferentes y los extremos adyacentes de las bobinas parciales están conectados, en principio, al mismo punto en el sistema de
10 suministro de corriente, por lo cual el voltaje entre las espiras 46 y 47 de la bobina es constantemente cero.

Las ventajas proporcionadas por el método de la presente invención se ilustrarán a continuación con referencia a cierto número de ejemplos.

Ejemplo 1: Un lecho fluidizado que tenía un diámetro de 7,0 m y una altura de aproximadamente 5,0 m se mantuvo a una temperatura de aproximadamente 1200°C en un reactor del tipo que se muestra en la Figura 1.
20 Se suministraron aproximadamente 20.000 metros cúbicos normales por hora de un gas ligeramente reductor a aproximadamente la temperatura del lecho a través del fondo del reactor para fluidizar el material del lecho, el cual
25 estaba constituido por partículas de coque que tenían un



25 MAR 1974

tamaño medio de partícula de 0,15 mm. Se inyectó en el lecho un aceite mineral que tenía un contenido de carbono de aproximadamente 85% en peso, un contenido de hidrógeno de aproximadamente 10% en peso y un contenido de azufre de aproximadamente 3% en peso, en una cantidad de aproximadamente 116,8 toneladas métricas por día. Se extrajo del extremo superior del lecho coque en una cantidad de aproximadamente 40,6 toneladas métricas/día y que tenía un contenido de azufre menor de 0,1% en peso, y durante el mismo período de tiempo se obtuvieron aproximadamente 128.000 metros cúbicos normales de un gas constituido por productos de craqueo gaseosos que contenían aproximadamente 25% en volumen de hidrógeno y el resto de los hidrocarburos más ligeros, gas que se dejó escapar del reactor junto con el gas de fluidización. Una parte de este gas se quemó parcialmente y se recirculó para formar el gas ligeramente reductor utilizado para la fluidización. Se suministro energía en una cantidad de 120 MWh/día al lecho electroinductivamente a una frecuencia de 2600 Hz por medio de una bobina de inducción que rodeaba al reactor al mismo nivel del lecho fluidizado y que tenía un diámetro de 7,5 m y una altura de 4,5 m. Dicha energía fué suficiente para mantener la temperatura del lecho y para formar el coque de petróleo.



Ejemplo 2: Un lecho fluidizado que tenía un diámetro de 2 m y una altura de aproximadamente 1,8 m se mantuvo a una temperatura de aproximadamente 1100°C en un reactor del tipo que se muestra en la Figura 2. Aproximadamente 4500 metros cúbicos normales por hora de un gas obtenido en un horno de esponja de hierro, que tenía una composición de aproximadamente 40% en volumen de CO₂, 10% en volumen de H₂O y el resto sustancialmente de H₂ y CO, se suministraron a una temperatura de aproximadamente 900°C a través del fondo del reactor para fluidizar el material del lecho, el cual estaba constituido por partículas de coque que tenían un tamaño medio de partícula de 0,4 mm. Aproximadamente 190.000 metros cúbicos normales por día de un gas que tenía una composición de 52% en volumen de H₂, 45% en volumen de CO y el resto sustancialmente de CO₂ y H₂O se dejaron escapar del reactor. Se inyectó en el lecho aceite del tipo Bunker C en una cantidad de 36,6 toneladas métricas/día para reemplazar el coque consumido debido a la reducción del gas de fluidización. Se suministró energía en una cantidad de 137 MWh por día al lecho electroinductivamente, a una frecuencia de 36,5 kHz por medio de una bobina de inducción que rodeaba el reactor al mismo nivel del lecho fluidizado



y que tenía un diámetro de 2,5 m y una altura de 1,5 m. Dicha energía fue suficiente para mantener la temperatura del lecho, reducir el gas de fluidización y formar coque de petróleo a partir del aceite.

5 Ejemplo 3: Un lecho fluidizado que tenía un diámetro de 7,0 m y una altura de aproximadamente 5,0 m se mantuvo a una temperatura de aproximadamente 1050°C en un reactor del tipo que se muestra en la Figura 3. Aproximadamente 20.000 metros cúbicos normales por hora de un gas inerte se suministraron a una temperatura de 900°C a través del fondo del reactor para fluidizar el material del lecho, el cual estaba constituido por partículas de coque que tenían un tamaño medio de partícula de 0,15 mm. Se cargó continuamente óxido de hierro que contenía 65% en peso de Fe y que tenía un tamaño medio de partícula sustancialmente igual al del coque, en la porción inferior del lecho en una cantidad de aproximadamente 152,4 toneladas métricas/día junto con polvo de carbón en una cantidad de 35,5 toneladas métricas/día y que contenía aproximadamente 30% en peso de materias volátiles y 12% en peso de cenizas. Se retiró del fondo del lecho esponja de hierro en una cantidad de aproximadamente 101,6 toneladas métricas/día y que tenía un contenido total de hierro de 97% en peso y un conte-

10

15

20

25



nido de carbono de aproximadamente 1% en peso, junto con 4,06 toneladas métricas/día de cenizas aglomeradas. Se dejaron salir del reactor 23.000 metros cúbicos normales/hora de un gas que contenía aproximadamente 4% en volumen de CO. Se suministró energía en una cantidad de 110 MWh por día al lecho electroinductivamente a una frecuencia de 2600 Hz por medio de una bobina de inducción que rodeaba el reactor al nivel del lecho fluidizado y que tenía un diámetro de 7,5 m y una altura de 4,5 m. Dicha energía fue suficiente para mantener la temperatura del lecho y para satisfacer la demanda de energía para las reacciones de coquización y de reducción. La cantidad de polvo de carbón suministrada al lecho fue suficiente para reemplazar el coque consumido debido a la reducción.

Ejemplo 4: En un procedimiento de reducción como el que se ha descrito en el Ejemplo 3, se utilizó un reactor del tipo que se muestra en la Figura 4. El gas que salía del lecho se quemó en la cámara de reacción existente encima del lecho suministrando para ello aire a dicho gas. La demanda de energía eléctrica se rebajó entonces a 99 MWh al día.

Ejemplo 5: En un procedimiento de reducción como el que se ha descrito en el Ejemplo 3, se utilizó



un reactor del tipo que se muestra en la Figura 5 y una temperatura del lecho de aproximadamente 1400°C. Se retiró del fondo del reactor hierro fundido bruto en una cantidad de 99,5 toneladas métricas/día y que tenía un contenido de carbono de aproximadamente 2% en peso, junto con escorias fundidas en una cantidad de aproximadamente 5,08 toneladas métricas/día. El gas que salía del lecho se quemó como se ha descrito en el Ejemplo 4. La demanda de energía eléctrica ascendió a 120 MWh al día.

Ejemplo 6: En la producción de etileno por craqueo de hidrocarburos, un lecho fluidizado que tenía un diámetro de 2,0 m y una altura de aproximadamente 1,8 m se mantuvo a una temperatura de aproximadamente 1200°C en un reactor del tipo que se muestra en la Figura 2. Aproximadamente 4.000 metros cúbicos normales/hora de hidrocarburos constituidos esencialmente por etano se suministraron a una temperatura de aproximadamente 900°C a través del fondo del reactor para fluidizar el material del lecho que estaba constituido por gránulos de níquel recubiertos de plata, los cuales, tenían un diámetro medio de 0,10 mm. Aproximadamente 180.000 metros cúbicos normales/día de un gas constituido por productos de craqueo gaseosos que contenían aproximadamente 47% en volumen de etileno y



47% en volumen de hidrógeno se dejaron salir del reactor. Se suministró electroinductivamente al lecho energía en una cantidad de 110 MWh/día, a una frecuencia de 5.000 Hz por medio de una bobina de inducción que rodeaba el reactor al mismo nivel del lecho fluidizado y que tenía un diámetro de 2,5 m y una altura de 1,5 m. Dicha energía fue suficiente para mantener la temperatura del lecho y para satisfacer la demanda de energía para las reacciones de craqueo.

La invención no está limitada a los ejemplos ilustrados y descritos, sino que puede modificarse dentro del alcance de las reivindicaciones que siguen.

La presente solicitud que corresponde a la presentada en Suecia, el 30 de Abril de 1973, bajo el número 73 06065-9, el 23 de Octubre de 1973, bajo el número 73 14373-7 y el 1 de Marzo de 1974, bajo el número 74 02747-5, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

REIVINDICACIONES

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:

- 5 1ª.- Un método de efectuar procedimientos químicos y/o físicos que requieren calor en un reactor que contiene un lecho fluidizado, en el cual al menos una parte de la energía requerida para llevar a cabo el procedimiento se genera electroinductivamente en el propio lecho mediante la utilización de al menos una bobina de inducción localizada externamente a la cámara del reactor y a través de la cual se hace pasar una corriente alterna, en cuyo método se utiliza un lecho fluidizado que contiene un material que proporciona al lecho como tal una resistividad comprendida entre 10^{-1} y 10 ohm.metro, seleccionándose de tal modo la frecuencia de la corriente alterna en dependencia de la dimensión transversal más pequeña seleccionada (d) del área del lecho y de la resistividad (ρ) del lecho, que se mantiene una relación entre dicha dimensión transversal más pequeña y la profundidad de penetración del campo electromagnético (δ), la cual está determinada por la frecuencia y la resistividad, comprendida entre 0,2 y 1,5, preferiblemente de un valor determinado por la reacción
- 10
- 15
- 20
- 25

17-5-74

- 45 -

MG



$$\frac{d}{f} = k (0,54 - 0,35 \cdot \log_{10} f),$$

donde k es un número comprendido entre 1,1 y 1,5, preferiblemente de aproximadamente 1,2.

5 2ª.- Un método de acuerdo con la reivindicación 1ª, en el cual una parte del calor requerido para el procedimiento se aporta a la cámara del reactor quemando en el interior de la misma sustancias combustibles.

10 3ª.- Un método de acuerdo con las reivindicaciones 1ª ó 2ª, en el cual el método se aplica en combinación con el craqueo de hidrocarburos, por ejemplo productos de petróleo, produciéndose simultáneamente coque de petróleo, suministrándose dichos hidrocarburos preferiblemente de un modo prácticamente continuo a un lecho de coque fluidizado, y en el cual se
15 mantiene electroinductivamente una temperatura de lecho fluidizado suficiente para craquear los hidrocarburos y producir coque a partir de los mismos y de los productos de craqueo resultantes, lecho que es relleno
20 continuamente por el coque así formado, por lo cual se retira coque de la cámara del reactor en cantidades que corresponden sustancialmente a la cantidad de coque nuevamente formado, a fin de mantener el volumen del lecho prácticamente inalterado.

25 4ª.- Un método de acuerdo con la reivindicación



ción 3ª, en el que el gas formado como consecuencia del craqueo de los hidrocarburos en el propio lecho se utiliza para fluidizar el material del lecho.

5 5ª.- Un método de acuerdo con la reivindicación 3ª ó 4ª, en el que el tiempo de permanencia del coque formado en el lecho y la temperatura del lecho se ajustan de tal modo que dicho coque resulta afinado en lo que se refiere a azufre.

10 6ª.- Un método de acuerdo con la reivindicación 1ª ó 2ª, en el que dicho método se aplica en combinación con el refinado de un material coquizado, por ejemplo, la eliminación de azufre del coque de petróleo, material que se suministra preferiblemente de un modo sustancialmente continuo a un lecho fluidizado que comprende principalmente material de coque refinado, en el cual el calor creado por inducción se genera en el lecho fluidizado y la temperatura del lecho y el tiempo de permanencia del material en el lecho se regulan de tal modo que se obtiene el efecto de refinado deseado, y en el que el material de coque refinado se retira de un modo sustancialmente continuo del reactor para mantener el volumen del lecho sustancialmente inalterado, utilizándose convenientemente un gas inerte o que contiene hidrógeno, preferiblemente precalentado, para fluidizar el material

15

20

25

ME



del lecho.

7ª.- Un método de acuerdo con la reivindicación 1ª, en el que dicho método se aplica en combinación con el craqueo de hidrocarburos pesados que preferiblemente se suministran de un modo sustancialmente continuo a un lecho fluidizado permanente que comprende partículas de metal que tienen un efecto catalítico sobre la reacción, en el cual el calor inductivamente que se requiere para mantener la temperatura de craqueo correcta se genera en el lecho fluidizado, el cual se mantiene en un estado fluidizado por medio de al menos los gases formados en el propio lecho durante el curso del procedimiento de craqueo.

8ª.- Un método de acuerdo con la reivindicación 7ª, en el que el lecho se mantiene también en un estado fluidizado por medio de hidrógeno gaseoso suministrado al mismo, haciéndose reaccionar dicho gas con los hidrocarburos suministrados al lecho para formar nuevos hidrocarburos más ricos en hidrógeno, saliendo dichos últimos hidrocarburos del lecho en forma de gas y recuperándose en el exterior del reactor.

9ª.- Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3ª, 4ª, 5ª, 7ª y 8ª, en el que se utiliza también vapor de agua como medio de craqueo y de fluidización del lecho.

ME



25 MAR 1974

10^a.- Un método de acuerdo con la reivindicación 1^a ó 2^a, en el que dicho método se aplica en combinación con la pirólisis de un material orgánico sólido; el cual se carga preferiblemente de un modo sustancialmente continuo a un lecho fluidizado que comprende principalmente material de coque formado durante la pirólisis, en el que se mantiene inductivamente en el lecho al menos una temperatura de pirólisis de tal magnitud que el residuo sólido formado durante la pirólisis y los hidrocarburos liberados en la misma reaccionan entre sí dando lugar a la precipitación de carbono sobre dicho residuo sólido, con lo que se forma un material de coque que rellena el lecho e hidrocarburos ligeros y/o hidrógeno gaseoso que salen del lecho en forma de gas, y en el que una cantidad de material de coque que corresponde sustancialmente a la cantidad de material de coque nuevamente formado se retira del reactor para mantener el volumen del lecho prácticamente inalterado.

11^a.- Un método de acuerdo con la reivindicación 10^a, en el que los gases formados por pirólisis del material orgánico en el propio lecho se utilizan para fluidizar el material del lecho.

12^a.- Un método de acuerdo con la reivindicación 1^a ó 2^a, en el que el método se aplica en combi-

ME

25 MAR



nación con la calcinación de materiales orgánicos sólidos, especialmente de antracita.

5 13ª.- Un método de acuerdo con la reivindicación 1ª, en el que el método se aplica en combinación con la reducción y/o carburación de un medio gaseoso que se hace atravesar y simultáneamente fluidizar un lecho calentado inductivamente, en el cual el medio, opcionalmente en presencia de un material que tenga un efecto catalítico sobre el procedimiento de reducción y/o carburación, se pone en contacto con un reductor, y en el que el lecho se mantiene a una temperatura tal que el reductor reacciona con dicho medio durante la reducción y/o la carburación del mismo.

15 14ª.- Un método de acuerdo con la reivindicación 13ª, en el que se utiliza un lecho de material de coque que simultáneamente forma dicho reductor y que se consume progresivamente durante el procedimiento de reducción y/o carburación.

20 15ª.- Un método de acuerdo con la reivindicación 14ª, en el que el lecho se mantiene al menos a una temperatura tal que las cenizas formadas durante el consumo progresivo del lecho de coque se aglomeran para formar un material constituido por partículas de un tamaño de grano relativamente grueso, el cual,

MGE



como resultado de su peso mayor que el del coque, se recoge en el fondo del reactor, del que se retira bien sea de modo intermitente o continuamente.

5 16a.- Un método de acuerdo con la reivindicación, 13a, en el que se utiliza un lecho de un material sustancialmente metálico, que tiene preferiblemente un efecto catalítico sobre la reacción de reducción y/o de carburación.

10 17a.- Un método de acuerdo con la reivindicación 13a ó 16a, en el que se utiliza un lecho que comprende sustancialmente partículas recubiertas de carbono, en el que el recubrimiento de carbono forma dicho reductor y se consume progresivamente durante el procedimiento de reducción y/o de carburación, y en
15 el que el recubrimiento de carbono se renueva suministrando de un modo que preferiblemente es sustancialmente continuo hidrocarburos líquidos o gaseosos a la cámara de reacción y manteniendo una temperatura de lecho tal que se forma carbono por pirólisis de los
20 hidrocarburos y por craqueo del gas de pirólisis, dando como resultado la precipitación de carbono.

25 18a.- Un método de acuerdo con la reivindicación 1a ó 2a, en el que el método se aplica en combinación con la reducción de óxidos metálicos, particularmente óxidos de metales del grupo del hierro o

17-5-74

MCE



25

un material oxidico de cobre, el cual se suministra en un tamaño de partícula fluidizable a un lecho fluidizado que comprende principalmente coque, y en el que dicho lecho se calienta inductivamente durante el consumo progresivo del mismo.

5

19ª.- Un método de acuerdo con la reivindicación 18ª, en el que el lecho de coque se mantiene a una temperatura tal que el metal reducido, en especial hierro, se aglomera en gránulos que, como resultado de su peso mayor que el del coque que forma el lecho, se recogen en el fondo de la cámara del reactor, desde donde se retiran bien sea intermitentemente o de manera continua, opcionalmente junto con las cenizas de coque que se aglomeran de un modo correspondiente.

10

15

20ª.- Un método de acuerdo con la reivindicación 18ª, en el que el lecho de coque se mantiene a una temperatura tal que el metal reducido, en especial hierro, funde, y en el que el metal fundido durante su paso a través del lecho y mientras que posiblemente se carboniza, se recoge en el fondo de la cámara del reactor, desde donde se retira de un modo intermitente o continuo junto con las escorias formadas simultáneamente con aquél.

20

25

21ª.- Un método de acuerdo con la reivindi-

ME

25



cación 1ª, en el que el método se aplica en combinación con la reducción de óxidos metálicos, en particular óxidos de hierro, los cuales se suministran a un lecho fluidizado calentado inductivamente que comprende principalmente coque, y en el que dichos óxidos metálicos se suministran al lecho en una forma finamente dividida tal que dichos óxidos son arrastrados hacia arriba a través del lecho por el gas de fluidización preferiblemente precalentado, y en el que los óxidos se reducen total o parcialmente durante el consumo progresivo de coque y se retiran del lecho y de la cámara del reactor junto con el gas de fluidización, y en el que el lecho de coque se mantiene a una temperatura inferior a aquella temperatura a la que el material reducido se aglomerará en un grado apreciable.

22ª.- Un método de acuerdo con la reivindicación 1ª ó 2ª, en el que el método se aplica en combinación con la reducción de óxidos metálicos, en especial óxidos de hierro, los cuales se suministran a un lecho fluidizado calentado inductivamente que comprende principalmente coque, y en el que dichos óxidos metálicos se suministran preferiblemente a la superficie del lecho en una forma constituida por partículas gruesas tales que las mismas descienden a través del lecho mientras que se reducen y con simultaneidad al consumo pro-

MGE



gresivo del coque en el lecho, en el lado inferior de
cuyò lecho el material reducido se extrae del reactor,
preferiblemente separado del material de coque.

5 23ª.- Un método de acuerdo con cualquiera
de las reivindicaciones 14ª, 15ª y 18ª a 22ª, en el
que el coque consumido se reemplaza suministrando al
lecho preferiblemente de un modo sustancialmente con-
tinuo un material orgánico sólido, líquido o gaseoso, y
en el que el lecho se mantiene al menos a una tempera-
10 tura tal que se forma coque a partir del material orgá-
nico por pirólisis y/o craqueo produciéndose al mismo
tiempo la precipitación de carbono.

15 24ª.- Un método de acuerdo con la reivindi-
cación 23ª, en el que el gas formado en el lecho pro-
piamente dicho por pirólisis y craqueo del material or-
gánico suministrado se utiliza para fluidización del le-
cho de coque.

20 25ª.- Un método de acuerdo con la reivindi-
cación 1ª ó 2ª, en el que el método se aplica en com-
binación con la reducción de óxidos metálicos, en par-
ticular óxidos de hierro, los cuales en un tamaño de
partícula fluidizable se suministran a un lecho
fluidizado que comprende principalmente polvo de metal
o gránulos metálicos, y en el que dicho lecho es calen-
25 tado inductivamente y se suministra al lecho un agente



de reducción sólido, líquido o gaseoso y se verifica así la reducción de dichos óxidos metálicos en el mismo durante la formación de productos de reacción gaseosos y metal en forma de polvo o de gránulos, retirándose del reactor el polvo de metal o los gránulos de metal a un ritmo suficiente para mantener el volumen del lecho prácticamente constante.

26ª.- Un método de acuerdo con la reivindicación 1ª ó 2ª, en el que el método se aplica en combinación con la producción sintética y que requiere calor, de compuestos orgánico o inorgánicos, y en el que las materias de partida se suministran a un lecho fluidizado, opcionalmente en presencia de un material que tiene un efecto catalítico sobre la reacción de síntesis, y en el que se mantiene inductivamente una temperatura adecuada para la reacción de síntesis.

27ª.- Un método de acuerdo con la reivindicación 26ª, en el que se utiliza un lecho de polvo metálico o gránulos metálicos que tienen un efecto catalítico sobre la reacción de síntesis.

28ª.- Un método de acuerdo con las reivindicaciones 26ª y 27ª, en el que el gas requerido para fluidizar el lecho está constituido total o parcialmente por las sustancias reaccionantes suministradas al lecho.

ME



25

29ª.- Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2ª a 6ª, 10ª a 12ª, 18ª a 20ª, 22ª, 25ª y 26ª, en el que la combustión de las sustancias susceptibles de ser quemadas se efectúa en la cámara del reactor por encima del lecho fluidizado, y en el que una parte del calor requerido para la realización del procedimiento se aplica al lecho principalmente por radiación procedente de los gases de combustión.

30ª.- Un método de acuerdo con la reivindicación 29ª, en el que el calor formado por combustión de las sustancias susceptibles de ser quemadas y no absorbido por el material que se encuentra en la cámara del reactor, se recupera en dicha cámara en una porción de radiación de una caldera de vapor dispuesta adyacente al reactor, estando localizada dicha porción de radiación en dicha cámara de reacción.

31ª.- Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 30ª, en el que al menos una parte del contenido de calor de los gases formados en la cámara del reactor se utiliza para producir vapor de agua o energía eléctrica, por ejemplo, por medio de una turbina de vapor de agua o una turbina de gas, adecuadamente por medio de una turbina de aire caliente.

M/E

25 MAR 1953



32ª.- Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 31ª, en el que la energía eléctrica producida se utiliza para suministrar energía al procedimiento.

5 33ª.- Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 32ª, efectuado en un reactor, estando definida la cámara de dicho reactor por elementos de pared que separan la bobina de inducción de dicha cámara y tienen un cierto grado de permeabilidad a los gases, en el que se introduce en 10 dichos elementos de pared un gas que se encuentra a una presión que excede de la presión máxima que reina en la zona de dicha cámara localizada frente a la bobina de inducción y que es incapaz de establecer 15 una conexión conductora de la electricidad entre las espiras de la bobina.

34ª.- Un método de acuerdo con la reivindicación 33ª, en el que el gas a presión que se introduce en los elementos de pared se ve impedido de 20 fluir al exterior a través de dichos elementos de pared en una dirección de alejamiento de dicha cámara.

35ª.- Un método de acuerdo con la reivindicación 34ª, en el que al menos una porción del reactor cubierta por la bobina de inducción está confinada 25

17-5-74

ME



en una cámara de presión.

36ª.- Un método de acuerdo con la reivindicación 35ª, en el que el gas se hace pasar al interior de dichos elementos de pared a través de dicha cámara de presión.

5

37ª.- Un método de acuerdo con la reivindicación 34ª, en el que las regiones entre las espiras adyacentes de la bobina están aisladas herméticamente contra la atmósfera que rodea dicho reactor, y en el que el gas se suministra hacia el interior de dichas regiones aisladas herméticamente.

10

38ª.- Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 33ª a 37ª, en el que se utiliza una bobina de inducción construida de una pluralidad de elementos, cada uno de los cuales rodea dicho reactor a lo largo de 180ª como máximo.

15

39ª.- Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 33ª a 38ª, en el que se utiliza una bobina de inducción construida de una pluralidad de bobinas parciales.

20

40ª.- Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 33ª a 39ª, en el que cada espira de la bobina está dispuesta en un solo plano.

41ª.- Un método de acuerdo con la reivindicación 39ª ó 40ª, en el que las bobinas parciales

25



adyacentes están arrolladas en direcciones diferentes, y en el que los extremos adyacentes de las bobinas parciales adyacentes están conectados al mismo punto en el sistema de suministro de corriente.

5 42ª.- Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 33ª a 41ª, en el que se utiliza un gas cuya composición no es perjudicial para el procedimiento de calentamiento.

10 43ª.- Un método de acuerdo con la reivindicación 42ª, en el que se utiliza un gas sustancialmente inerte que tiene un potencial de oxígeno o de hidrógeno de tal magnitud que la precipitación de carbono se impide al menos en las porciones de los elementos de pared localizados en posiciones adyacentes a la bobina de inducción.
15

44ª.- Un método de efectuar procedimientos químicos y/o físicos que requieren calor en un reactor que contiene un lecho fluidizado.

20 Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de cincuenta y nueve hojas escritas a máquina por una sola cara.

25 MAY 1974
Madrid, P.A. Fernando de Elzab
Per P.A.

ME 25

P57492

BOLIDEN AKTIEBOLAG

I/IV



Fig. 1

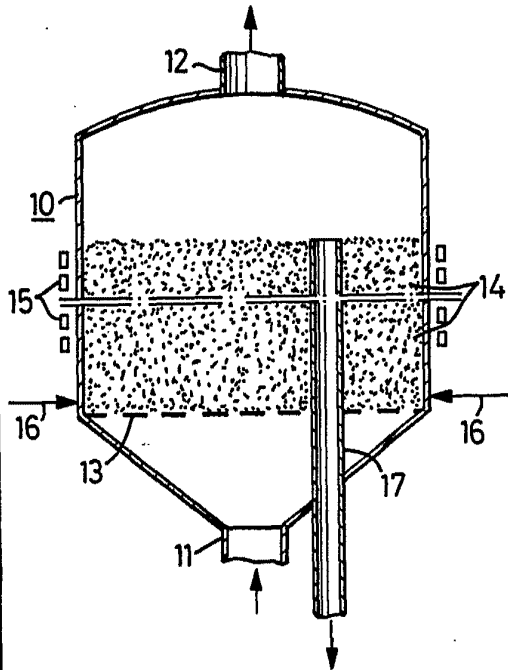


Fig. 2

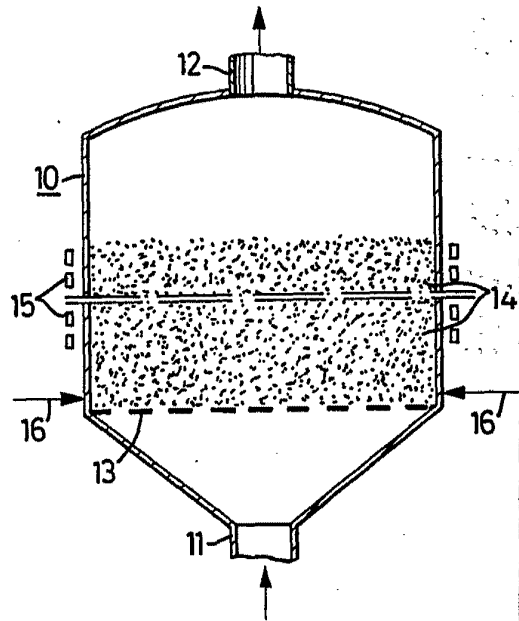
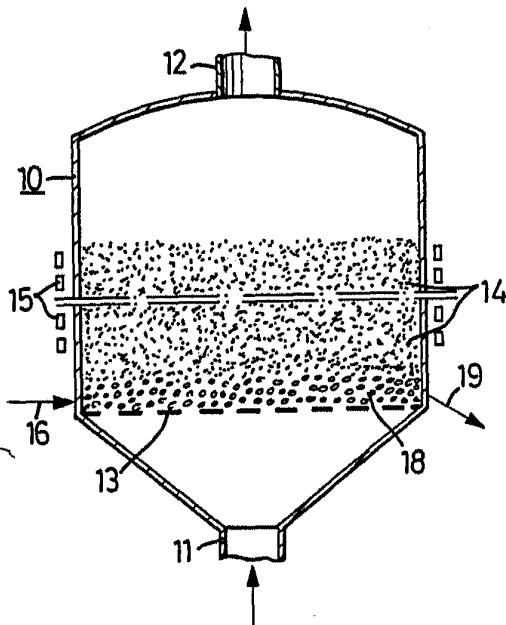


Fig. 3



Fernando de Elzaburu
Per Poder



Fig. 4

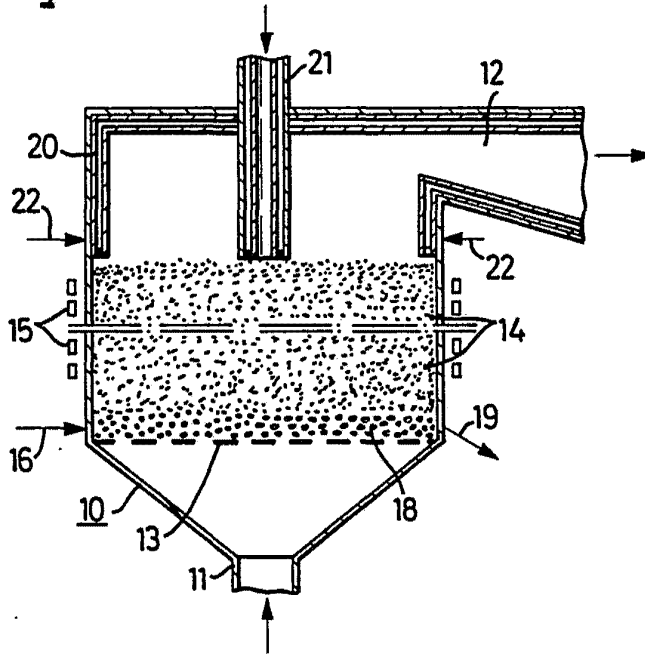
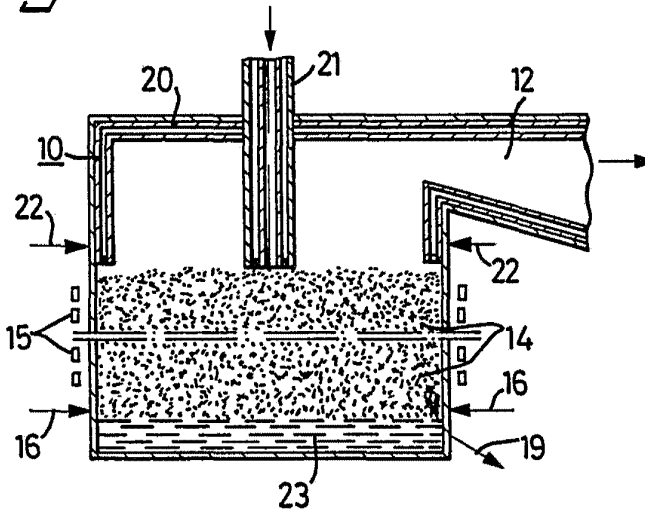


Fig. 5



Fernando de Elizaburu
Per Poder

Fig. 11

25 M

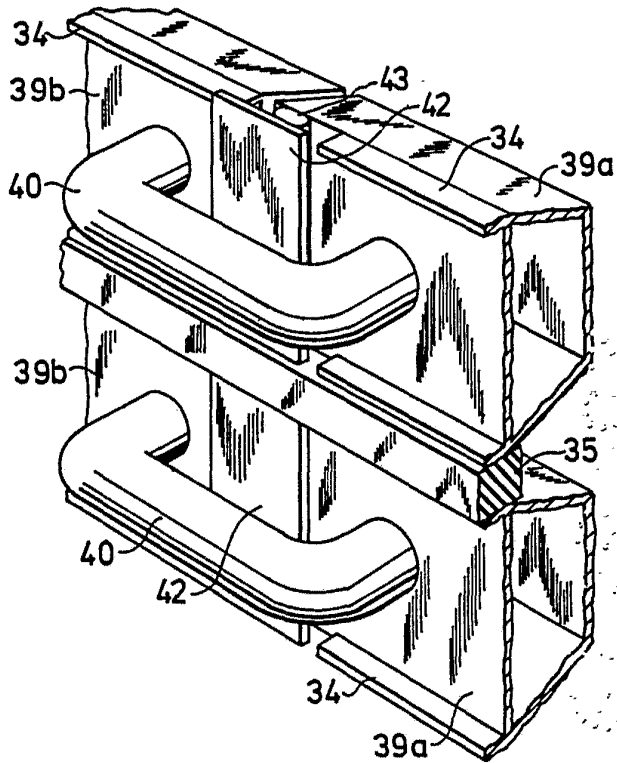


Fig. 10

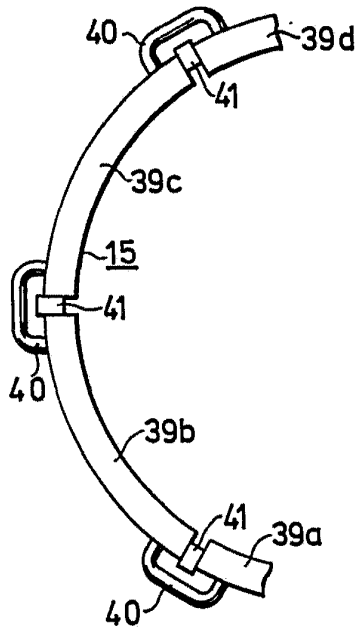
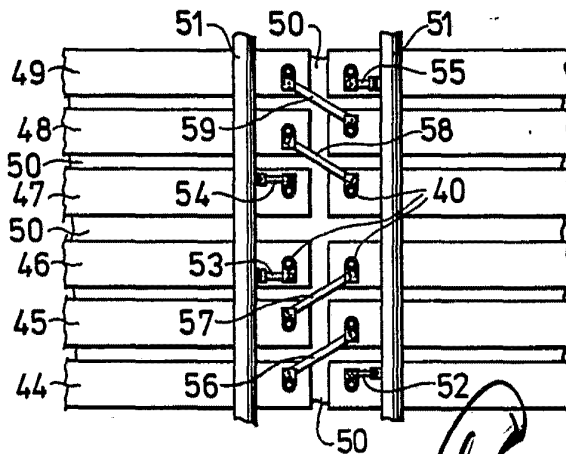


Fig. 12



Fernand...
Per Fedes