



P - 27.848

7379 "Radial reaktor II"

MEMORIA DESCRIPTIVA
para solicitar
PATENTE DE INVENCION
en
E S P A Ñ A
por VEINTE años

a nombre de HALDOR FREDERIK AXEL TOPSØE, de nacionalidad danesa, residente en 73, Baunegårdsvej, Hellerup, Dinamarca, por:

"DISPOSITIVO CONVERTIDOR PARA SINTESIS DE AMONIACO"

=====

5 Todos los convertidores para síntesis de amoniac
co que funcionan actualmente presentan la característica
común de que el gas de reacción circula axialmente a tra
vés de un lecho catalítico cilíndrico. Algunas veces el
catalizador está dispuesto en varios tubos verticales en
el interior de la propia carcasa a presión, pero más a me
nudo el catalizador se dispone en una llamada cesta de ca
talizador, que tiene un diámetro del orden de 500-1200 mm.
Esta cesta de catalizador se dispone en una carcasa a pre
10 sión cilíndrica vertical, generalmente de tal manera que

305903



5 se forma un estrecho espacio anular entre la carcasa a presión y la cesta de catalizador. El gas de síntesis frío de entrada circula por este espacio anular antes de calentarse hasta la temperatura de reacción mediante intercambio de calor con el gas de salida. La parte interior del convertidor se dispone de tal forma que el gas, después del intercambio de calor, pasa a través de la capa de catalizador donde tiene lugar la reacción. A veces se disponen tubos de enfriamiento en la capa de catalizador, para controlar el perfil de temperaturas, y otras veces se divide en varias secciones a través de las cuales circula el gas sucesivamente, en dirección axial, generalmente en sentido descendentes. El contenido máximo en amoníaco que se puede obtener en la mezcla de reacción está determinado por el equilibrio termodinámico. El contenido de amoníaco de una mezcla gaseosa en condiciones de equilibrio termodinámico aumenta al aumentar la presión y al disminuir la temperatura. Sin embargo, no es necesariamente más ventajoso hacer transcurrir la reacción catalítica de tal forma que se alcance en la mezcla de reacción el contenido más alto en amoníaco que se pueda obtener. Respecto a la presión, se ha descubierto, por el contrario, que se ha conseguido una fabricación competitiva de amoníaco a cualquier presión comprendida entre 100 atm y 1000 atm, y esto es así hasta el punto de que la tendencia actual parece ser la utilización de presiones comprendidas entre 100 y 600 atm, es decir, se evita el intervalo de presiones más alto que se puede alcanzar en la práctica. Respecto a la temperatura, el deseo de obtener una velocidad de reacción razonable tiene generalmente como con-



305903

secuencia que se funcione a una temperatura mayor de 380°C, generalmente a temperaturas comprendidas entre 400 y 550°C. Además, no es ventajoso hacer transcurrir la reacción de tal forma que se alcancen las condiciones de equilibrio termodinámico, ya que esto exigiría muy bajas velocidades espaciales (m^3N de gas por m^3 de catalizador por hora). Normalmente la situación es tal que un aumento de la velocidad de circulación de gas tiene como resultado una disminución de la conversión, pero, al mismo tiempo, un aumento de la producción total de amoníaco por hora, y ha resultado ser económicamente más ventajoso el funcionamiento con velocidades de circulación de gas con las cuales no se alcanza el equilibrio termodinámico. La reacción se efectúa en la práctica de tal manera que durante el paso por el catalizador solo se deja que el contenido en amoníaco de la mezcla gaseosa alcance un nivel que corresponde a solamente una parte del contenido en amoníaco que se conseguiría a las mismas condiciones y en equilibrio termodinámico, después de lo cual, mediante dispositivos adecuados de separación, el gas de salida se separa del producto amoníaco formado, o de una parte tan grande del mismo como lo permitan las situaciones prácticas, devolviéndose el gas restante al convertidor, o a uno de los convertidores, mediante dispositivos de circulación. En un punto del circuito se introduce gas de síntesis de nueva aportación, para compensar la cantidad de producto extraído.

El consumo de potencia para superar la pérdida de carga provocada por el paso del gas a través de lecho de catalizador participa como una parte considerable de

305903



los costes de funcionamiento de los procedimientos técnicos de síntesis y este consumo de potencia aumenta al aumentar la pérdida de carga que, a su vez, aumenta al aumentar la velocidad de circulación. Sin embargo, los
5 costes para superar la pérdida de carga no consisten solamente en costes de potencia, sino que comprenden además los costes del interés y de la amortización de las máquinas para la circulación. Además, una pérdida de carga grande a través del convertidor exige mayor espesor de
10 la pared entre la sección del catalizador y el anteriormente mencionado espacio anular a lo largo de la carcasa a presión del interior del reactor, pared que se fabrica con un material caro. Esta característica tiene alguna importancia en el caso de convertidores grandes, con pérdidas de carga del orden de 10-15atm. La velocidad lineal del gas por el material catalítico y, por tanto, la pérdida de carga se podrían disminuir si los convertidores se realizasen de tal forma que el catalizador se dispusiera en un espacio comprendido entre una pared perforada exterior y un tubo perforado central, de tal manera
20 que el gas pasase en dirección radial por el catalizador, desde el tubo central hacia la pared exterior, o bien, en sentido contrario, desde la pared hacia el tubo central, pero hasta ahora no se ha usado esta característica en el
25 diseño de convertidores. Desde luego, hace más de 40 años que se propuso dejar pasar el gas de síntesis radialmente a través del lecho de catalizador, pero solamente en relación con la división del espacio del reactor mediante paredes cilíndricas con canales finos, con objeto de evitar de esta forma el flujo de retroceso del producto for-

30

305903



5 mado. De esta forma no se ha tenido la intención de disminuir la pérdida de carga, que tampoco se habría conseguido aunque se hubieran puesto en funcionamiento tales convertidores. Además, tales convertidores no se podían
10 hacer funcionar en la práctica sin dispositivos especiales. Es un objeto de la presente invención proporcionar un convertidor con el catalizador dispuesto en por lo menos un lecho cilíndrico de catalizador, situado entre una pared perforada exterior y un tubo perforado central, en
15 el cual convertidor se pueden conseguir en la práctica una pérdida de carga baja, y las ventajas asociadas.

 Para este fin, el convertidor según la presente invención está caracterizado por el hecho de que el espacio ininterrumpido comprendido entre la pared exterior y tubo central anteriormente mencionados está lleno
20 de un catalizador de óxido de hierro activado, introducido en un estado reducido previamente.

 Es sabido que los catalizadores de óxido de hierro activados son inactivos catalíticamente hasta que el
25 óxido de hierro se reduce a hierro. También se conoce la realización de esta reducción del óxido de hierro después de haber dispuesto el material catalítico en el convertidor. Por tanto, es de la mayor importancia que la reducción se efectúe bajo condiciones tales que se consiga una
30 actividad grande del catalizador reducido. Así pues, es muy importante que la reducción, que se puede efectuar con hidrógeno o con gas de síntesis calentado a la temperatura de reacción mediante un dispositivo de calentamiento eléctrico o por llama de gas, transcurre uniformemente a través del lecho de catalizador y empiece por aquél ex-



tremo del lecho por el que se introduce el gas, de tal forma que aquella parte del lecho por la que el gas pasa a lo último sea también la última en reducirse. Dado que la reacción de reducción no produce calor, y que no es económicamente posible construir el dispositivo de calentamiento de tal forma que proporcione una cantidad de calor que corresponde aproximadamente al desprendimiento de calor que tiene lugar durante la formación de amoníaco, cuando el convertidor se encuentra en funcionamiento normal, durante la reducción se ha de mantener la velocidad de circulación a través del convertidor en un valor mucho más bajo que durante el funcionamiento normal. En un convertidor según la presente invención, donde se pasa en dirección radial por el lecho cilíndrico de catalizador, la velocidad lineal del gas es considerablemente más baja que en los convertidores conocidos, generalmente tan solo una pequeña fracción de la velocidad lineal del gas en estos últimos. Por tanto, es casi imposible asegurar una circulación regular durante la reducción y, en consecuencia, conseguir por todo el lecho catalítico un transcurso de la reducción lo suficientemente uniforme como para evitar daños en el catalizador. En particular, los daños se provocan por el siguiente procedimiento: se forma agua como resultado de las reacciones de reducción, y este agua, a su vez, reacciona con el hierro libre ya formado. Esta situación, que nunca se puede evitar del todo, tiene un efecto desfavorable sobre la actividad del catalizador. El efecto del agua de reducción sobre el catalizador ya reducido será particularmente pronunciado en el caso de que haya flujo irregular o difusión de retroceso en el lecho de catali-

305903



zador. Sin embargo, hace algunos años que aparecieron los llamados catalizadores reducidos previamente, catalizadores que se fabrican a partir de un catalizador normal para amoniaco, sin reducir, de tal forma que se reduce a hierro libre el óxido de hierro contenido, después de lo cual se estabiliza el catalizador mediante la llamada oxidación en película. El catalizador reducido previamente se puede activar en el convertidor de producción sin que desprenda cantidades sustanciales de agua. Se descubrió ahora que cuando se llena el convertidor con tal catalizador de óxido de hierro reducido previamente, y se le reduce en el convertidor desde un estado en el que no ha contenido más oxígeno que el correspondiente a 10 % del contenido original en oxígeno, se dispone de un convertidor en el que la carga de catalizador posee una actividad exactamente igual de buena que la que se puede obtener en los convertidores conocidos con circulación axial, en los que la reducción se realiza en el convertidor, basándose en un catalizador sin reducir o en uno reducido previamente.

De esta forma se alcanza el fin perseguido por la presente invención, puesto que el convertidor según la presente invención puede funcionar con poca pérdida de carga, debido a su estructura, y, debido a su carga, presenta una actividad catalítica exactamente igual de buena que la de los convertidores con dirección axial de circulación.

Estas características se pueden aprovechar de maneras diferentes, con objeto de conseguir menores costes de funcionamiento, construcción y amortización, y/o



305903

con objeto de construir convertidores más grandes, es decir, convertidores que tengan una capacidad de producción más grande que la que ha sido posible hasta ahora. Para obtener convertidores de mayor capacidad de producción se puede proceder de dos formas con el convertidor según la presente invención, las cuales se pueden combinar si se desea. Se puede funcionar con mayor velocidad espacial sin cambiar el volumen de catalizador, obteniéndose así una producción mayor. Por otra parte, se puede aumentar el volumen de catalizador, aprovechando el hecho de que, debido a la poca pérdida de carga existente, el aumento de volumen del lecho de catalizador no se tiene que conseguir necesariamente, total o parcialmente, mediante un aumento del diámetro de la carcasa a presión; el aumento del volumen de catalizador se puede conseguir total o principalmente aumentando la longitud del lecho cilíndrico de catalizador. Desde luego, también se puede obtener un aumento de producción combinando el aumento de velocidad espacial y el aumento de volumen de catalizador. Sin embargo, independientemente de las ventajas obtenidas utilizando las posibilidades de aumentar la capacidad de producción, se consiguen considerables ahorros de los costes de funcionamiento mediante el convertidor de la presente invención, debido a su menor pérdida de carga.

Según la presente invención, el catalizador reducido previamente se puede cargar en el lecho de catalizador sin estabilización, cuando esta operación se realiza bajo condiciones de protección tales que no tenga lugar ninguna oxidación en virtud de la cual el catalizador experimente un daño, pero también se puede, de for-

305903



ma ya conocida, usar el catalizador reducido previamente en su estado estabilizado, es decir, en el estado llenado de oxidación en película. De esta forma se consigue cargar el catalizador de manera más fácil.

5

El convertidor se puede construir de tal forma que el lecho de catalizador esté dividido axialmente en dos o más secciones, por las que el gas pasa sucesivamente en dirección radial, preferiblemente de forma alternativa hacia y desde la línea central. De esta forma, el convertidor no queda restringido al caso en que solo existe un lecho cilíndrico de catalizador, que tiene una pared exterior y un tubo central perforados.

10

Los convertidores que tienen tales secciones de lechos de catalizador son objeto de la solicitud de patente Danesa nº 4572/63, y el convertidor de la presente invención se puede construir según la Memoria descriptiva y reivindicaciones de esta solicitud de patente.

15

En un convertidor según la presente invención, la activación de una carga de catalizador reducido previamente se puede efectuar, por ejemplo, de la siguiente forma:

20

Se carga el catalizador en el lecho cilíndrico de catalizador, que tiene un tubo central perforado y una pared exterior perforada, y se cierra el convertidor. Se introduce gas de síntesis por una de las entradas, y este gas circula radialmente por el lecho de catalizador, por ejemplo desde la línea central en dirección hacia fuera, es decir, a través del tubo central, material catalítico y pared exterior perforada o porosa, hasta un espacio anular que rodea a toda la cesta de catalizador.

25

30



305903

También se puede dirigir el gas en la dirección opuesta a través del catalizador, haciéndolo salir por el tubo central. Entonces puede quedar activado el catalizador en el sentido en que se calienta hasta la temperatura de activación, mediante gas de síntesis que circula por el convertidor y un dispositivo de calentamiento situado en el interior o en el exterior del convertidor. La velocidad de circulación se regula de tal forma que se consiga la elevación de temperatura deseada, controlada, por ejemplo, mediante dispositivos de control situados en el tubo central de entrada. El gas de síntesis transmite calor al catalizador, en parte por conversión directa y en parte por transmisión de calor a través del tubo central. De esta forma podría presentarse una diferencia de temperatura a distintas alturas del lecho de catalizador, y la parte de catalizador que estuviese más cerca de la parte más caliente del tubo central se activaría posiblemente un poco de tiempo antes que el resto del lecho de catalizador. Sin embargo, debido al uso de un catalizador reducido previamente, que no desprende cantidades sustanciales de agua, aquí no tiene importancia esta posible desigualdad del transcurso de la activación, en lo que se refiere a la actividad obtenida. La activación transcurre por regulación del flujo, de tal forma que se obtengan las temperaturas deseadas en la totalidad del lecho de catalizador. Al final de la activación se va disminuyendo gradualmente el calentamiento del gas de síntesis y, finalmente, se detiene cuando el material catalítico se puede mantener a la temperatura deseada de la forma normal, mediante el calor de reacción producido en la síntesis del amoníaco.

305903



Esta solicitud que corresponde a la presentada en Dinamarca, el día 12 de Noviembre de 1.963, con el número 5296/63, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

5

- N O T A -

10 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 siguientes:

15 1.- Dispositivo convertidor para síntesis de amoniaco, en el cual el catalizador está cargado en por lo menos un lecho cilíndrico que tiene una pared exterior perforada y un tubo central perforado, caracterizado por el hecho de que el espacio no interrumpido entre dicha pared exterior y dicho tubo central está lleno de un catalizador de óxido de hierro promovido, el cual se
20 ha cargado en el convertidor en estado reducido previamente.

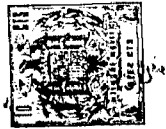
25 2.- Dispositivo convertidor según el punto 1, caracterizado por el hecho de que el catalizador reducido previamente se carga en dicho espacio en el llamado estado de oxidación en película.

3.- Dispositivo convertidor para síntesis de amoniaco.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, y con los fines que se han especificado.

30

Esta Memoria consta de doce hojas escritas a



3059031

máquina por una sola cara.

Madrid,

11 MAR 1900

P. A.

Arta