

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 656 791**

51 Int. Cl.:

B01J 8/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.12.2009 PCT/EP2009/067238**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.07.2010 WO10076208**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.12.2009 E 09768402 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.10.2017 EP 2379216**

54 Título: **Reactor y procedimiento para la producción de fosgeno**

30 Prioridad:

16.12.2008 EP 08171730

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

28.02.2018

73 Titular/es:

**BASF SE (100.0%)
Carl-Bosch-Strasse 38
67056 Ludwigshafen am Rhein, DE**

72 Inventor/es:

**OLBERT, GERHARD;
GERLINGER, WOLFGANG y
KIM, BYOUNG YEON**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 656 791 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Reactor y procedimiento para la producción de fosgeno

La invención se refiere a un reactor y un procedimiento para la producción de fosgeno por reacción en fase gaseosa de monóxido de carbono y cloro en presencia de un catalizador sólido.

5 El fosgeno se produce en gran escala técnica en una reacción catalítica en fase gaseosa de monóxido de carbono y cloro en presencia de un catalizador sólido, con preferencia, carbón activo. La reacción es fuertemente exotérmica, la entalpía de formación es de -107,6 kJ/mol. La reacción se lleva a cabo por lo general en un reactor de haz de tubos de acuerdo con el procedimiento descrito en Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie, Vol. A 19, página 413 a 414. Según él, el catalizador granular, con una granulometría en el rango de 3 a 5 mm, se usa en tubos con un diámetro interno de entre 50 y 70 mm. De 40 a 50 °C, comienza la reacción, la temperatura aumenta en los tubos hasta aproximadamente 580 °C y luego vuelve a bajar. El monóxido de carbono se usa en un pequeño excedente para garantizar que se convierta todo el cloro y para obtener fosgeno sin cloro. La reacción se puede llevar a cabo sin presión o bajo presión, a menudo de 2 a 5 bar, a fin de poder condensar el fosgeno ya con agua refrigerante.

15 El fosgeno es un importante excipiente en la producción de productos intermediarios y finales en casi todas las ramas de la química. El ámbito de aplicación más grande en cuanto a cantidad es la producción de diisocianatos para la química de los poliuretanos, en especial de diisocianato de toluileno y de 4,4-diisocianato-difenilmetano.

20 Para una mejor eliminación del calor de reacción a través del portador de calor que circula entre los tubos de contacto, se incorporan deflectores entre los tubos de contacto, que producen un flujo transversal de los tubos de contacto por el portador de calor.

25 Los reactores de haz de tubos conocidos para la producción de fosgeno se tubulan por completo para un máximo aprovechamiento del espacio interior del reactor. Presentan deflectores entre los tubos de contacto que se mantienen relativamente cortos, es decir, en el área de desviación no llegan a la pared interior del reactor, sino que dejan libre en cada caso una proporción de aproximadamente el 25 al 30 % de toda la sección transversal del reactor, a fin de limitar la caída de la presión del portador de calor y con ello, los costos operativos para la bomba de circulación del portador de calor. En el área de desviación, se modifica el perfil de flujo del portador de calor alrededor de los tubos de contacto de flujo transversal a flujo longitudinal. Los tubos de contacto se enfrían peor, y a continuación, aparecen problemas de corrosión en los tubos de contacto en el área de desviación.

30 El documento WO 03/072237 describe un reactor mejorado para la preparación de fosgeno que permite una mayor sollicitación específica de la sección transversal y, con ello, una mayor capacidad, al evitar los problemas de la corrosión en los tubos de contacto en el área de desviación. Para ello, el documento WO 03/072237 propone un reactor con un haz de tubos de contacto dispuestos paralelos entre sí, en la dirección longitudinal del reactor, que están sujetos de sus extremos en las bases de los tubos, con un capuchón en ambos extremos del reactor, así como con deflectores dispuestos perpendicularmente a la dirección longitudinal del reactor en el intersticio entre los tubos de contacto, que dejan libres aberturas de paso opuestas alternantes en la pared interior del reactor, en donde los tubos de contacto están rellenos con el catalizador sólido, la mezcla de reacción gaseosa se lleva desde un extremo del reactor a través de un capuchón por los tubos de contacto y se extrae del extremo opuesto del reactor a través del segundo capuchón y por el intersticio alrededor de los tubos de contacto se conduce un portador de calor líquido y en donde el reactor no está tubulado en el área de las aberturas de paso.

40 Sin embargo, se mostró que, en el caso de reactores con un mayor diámetro, en especial a partir de diámetros de reactores de aproximadamente 3,50 m, con aumento del diámetro del reactor, es demasiado grande la pérdida de presión del portador de calor que fluye en el espacio de la camisa a través de la sección transversal del reactor, de una abertura de paso a la otra opuesta en la pared interior del reactor. Más allá de ello, también se hacen demasiado grandes las pérdidas de portador de calor y con ello, la pérdida de presión a través de la columna entre la pared exterior de los tubos de contacto y los deflectores, que están presentes por razones técnicas de fabricación. Correspondientemente, el gasto de bombeo para el portador de calor es demasiado grande.

45 Más allá de ello, la gran pérdida de presión a través de la sección transversal del reactor entre las dos aberturas de paso opuestas en la pared interior del reactor lleva a mayores diferencias de los coeficientes de transferencia de calor en la interfaz entre los tubos de contacto y el portador de calor, en donde pueden aparecer factores de 1 : 2 entre las áreas con buena transferencia de calor y áreas con mala transferencia de calor dentro de una sección transversal del reactor. Según ello, los tubos de contacto en las áreas con mala transferencia de calor se enfrían de peor modo. Sin embargo, como los tubos de contacto, en función del material usado, en especial acero doble, presentan una sollicitación máxima de temperatura, a menudo en el rango de aproximadamente 160 a 200 °C, en especial de aproximadamente 170 a 180 °C, que no se puede superar porque, de lo contrario, se incrementa mucho

la corrosión del material, las áreas con mala transferencia de calor limitan la producción y, con ello, la capacidad del reactor.

5 En los reactores de fosgeno con diámetros muy buenos, a partir de 2,5 m, hasta diámetros de 6 m, la pérdida de portador de calor y la pérdida de presión por los flujos de desviación por la columna entre los deflectores y los tubos de contacto son a menudo tan grandes que los tubos internos, en el área central del reactor, ya no tienen un flujo suficiente y así ya no pueden ser refrigerados de modo suficiente y, por ello, tiene peligro de corrosión.

Por ello, era objeto de la invención poner a disposición un procedimiento para la preparación de fosgeno en gran escala técnica y un reactor que pueda ser operado con una alta carga de fosgeno, sin embargo, asegurando una refrigeración suficiente, incluso de los tubos de contacto en el área central del reactor.

10 El objeto se soluciona por medio de un reactor según la definición en la reivindicación 1.

15 En una forma de realización preferida, se separan los dos haces entre sí iguales de tubos de contacto en otros dos haces entre sí iguales de tubos de contacto, de modo que en total haya cuatro haces de tubos de contacto, que están separados entre sí por dos áreas libres de tubos de contacto que se extienden a ambos lados de diámetros perpendiculares entre sí del reactor. En este caso, los deflectores deben ser adaptados en su geometría, con preferencia la geometría de la rebaba interna de los tubos, es decir, la disposición de los tubos de contacto a través de la sección transversal del reactor. Se prefiere dotar el espacio de la camisa alrededor de cada uno de los cuatro haces de tubos de contacto con una alimentación y una descarga propias para el portador de calor.

20 En otra forma de realización preferida, se siguen ajustando las trayectorias de flujo del portador de calor en cada sección transversal del reactor, en cada caso medidas desde el primer hasta el último tubo de contacto en la dirección de flujo del portador de calor, mediante la incorporación de tubos ficticios.

25 Se halló que, mediante la segmentación del haz de tubos de contacto en dos o cuatro áreas iguales entre sí, que están separadas por áreas que están libres de deflectores y por las que puede circular así el portador de calor sin impedimentos, es posible lograr otra mejora del flujo de los tubos de contacto por el portador de calor y con ello, una ulterior homogeneización del coeficiente de transferencia de calor α a través de cada sección transversal del reactor. De este modo, los reactores de fosgeno con diámetros aún mayores y con carga de fosgeno aún mayor se pueden operar sin problema, sin que se corroan los tubos de contacto.

Para el flujo del portador de calor en el espacio de la camisa del reactor entre dos deflectores, dentro de una sección transversal del reactor, de un área sin tubos (apertura de paso) al área opuesta sin tubos, en cada caso en la pared interior del reactor, la pérdida de presión es la misma para todas las trayectorias de flujo del portador de calor.

30 La pérdida de presión Δp se puede describir mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta p = l/d_R (\zeta_1 \cdot \eta \cdot v + \zeta_2 \cdot \rho/2 v^2),$$

35 en donde Δp designa la pérdida de presión en Pascal, ζ_1 y ζ_2 designa el coeficiente de pérdida de presión adimensional (coeficientes de pérdida de presión), l designa el largo de la trayectoria de flujo en m, d_R designa el diámetro de un tubo de contacto (magnitud característica) en m, ρ designa la densidad en kg/m^3 , v designa la velocidad en m/s y η designa la viscosidad en Pa·s.

En la fórmula anterior, el primer término corresponde a una parte de la pérdida de presión laminar, que es proporcional a la velocidad y el segundo término corresponde a una parte turbulenta, que es proporcional al cuadrado de la velocidad.

40 Como la pérdida de presión para cada trayectoria de flujo es la misma, en otras condiciones sin cambios, en especial con igual división de tubos, para trayectorias de flujo más cortas, como en el medio de la rebaba interna del tubo de un reactor según el estado de la técnica, con limitaciones opuestas del haz de tubos de contacto en forma de nervios circulares, respecto de las trayectorias de flujo en la pared interior del reactor, la velocidad del portador de calor según la fórmula anterior para la pérdida de presión es correspondientemente mayor. Como el coeficiente de transferencia de calor α casi directamente proporcional a la velocidad 0,8, resultan para las trayectorias de flujo, en la camisa interior del reactor, menores velocidades de flujo del portador de calor y correspondientemente menores coeficientes de transferencia de calor, es decir, una peor transferencia de calor, respecto de las trayectorias de flujo más cortas, en el centro del reactor.

El reactor según la invención tiene una conformación cilíndrica, con un diámetro interno de preferentemente 0,5 a 8 m, con mayor preferencia, de 2,5 a 6 m, en especial de 3,5 a 6 m.

ES 2 656 791 T3

En el reactor está dispuesto un haz, es decir, un sinnúmero de tubos de contacto, paralelos entre sí en la dirección longitudinal del reactor.

La cantidad de tubos de contacto está preferentemente en el rango de 100 a 10000, en especial de 2000 a 6000.

- 5 Los tubos de contacto están formados de un material a prueba de corrosión, por ejemplo, acero inoxidable, con preferencia, acero doble 1.4462, acero inoxidable 1.4571 o acero inoxidable 1.4541 o también de aleaciones a base de níquel o de níquel. También se prefieren las bases de los tubos o todo el reactor formados de los materiales previamente mencionados, en especial de acero doble o acero inoxidable.

Cada tubo de contacto presenta preferentemente un espesor de pared en el rango de 2,0 a 4,0 mm, en especial de 2,5 a 3,0 mm, y un diámetro interno de tubo en el rango de 20 a 90 mm, con preferencia, en el rango de 30 a 50 mm.

- 10 Los tubos de contacto presentan preferentemente un largo en el rango de 1,5 a 6,0 m, en especial en el rango de 2,5 a 4,5 m.

- 15 Los tubos de contacto se disponen preferentemente en el espacio interior del reactor de modo tal que la relación esté entre la distancia de los puntos medios de tubos de contacto directamente adyacentes y el diámetro exterior de los tubos de contacto en el rango de 1,15 a 1,4, con preferencia en el rango de 1,2 a 1,3 y de modo tal que los tubos de contacto estén dispuestos en división triangular en el reactor.

Los tubos de contacto están sujetos en ambos extremos en las bases de los tubos en forma estanca a los líquidos, preferentemente están soldados. Las bases de los tubos están compuestas en todo caso de un material a prueba de corrosión, con preferencia, de acero inoxidable, en especial de acero doble, con preferencia especial del mismo material que los tubos de contacto.

- 20 Ambos extremos de los reactores están limitados hacia afuera por capuchones. A través de un capuchón se produce la alimentación de la mezcla de reacción en los tubos de contacto, a través del capuchón del otro extremo del reactor, se extrae la corriente de producto.

En los capuchones están dispuestos preferentemente los distribuidores de gas para la homogeneización de la corriente gaseosa, por ejemplo, en forma de una placa, en especial una placa perforada.

- 25 En el espacio intermedio entre los tubos de contacto están dispuestos deflectores perpendicularmente a la dirección longitudinal del reactor.

- 30 Los deflectores se conforman de modo tal que cada deflector presenta dos entalladuras en forma de segmento circular opuestas entre sí, y el deflector que sigue inmediatamente presenta una abertura de paso en un área central del reactor, que está limitado por dos rectas paralelas entre sí y con respecto a un diámetro del reactor y equidistante del diámetro del reactor.

En una forma de realización preferida, los deflectores presentan dos aberturas de paso centrales.

Los deflectores ocasionan una desviación del portador de calor que circula en el interior del reactor, en el espacio intermedio entre los tubos de contacto, de modo tal que los tubos de contacto sean atravesados por el portador de calor, con lo cual se mejora la disipación del calor.

- 35 La cantidad de deflectores es, con preferencia, de aproximadamente 6 a 21.

Con preferencia, los deflectores están dispuestos de modo equidistante entre sí, con particular preferencia, el deflector inferior y el superior están más separados de la base del tubo que la distancia de dos deflectores sucesivos entre sí, con preferencia aproximadamente 1,5 veces.

En el área de las aberturas de paso, el reactor no está tubulado, es decir, está libre de tubos de contacto.

- 40 Con preferencia, todos los deflectores dejan libres las mismas aberturas de paso.

La superficie de cada abertura de paso es preferentemente del 5 al 20 %, en especial del 8 al 14 % de la sección transversal del reactor.

La superficie total del área central sin tubos o bien la suma de las superficies de las dos áreas sin tubos central dispuesta en una sección transversal del reactor en forma perpendicular entre sí se ha de diseñar preferentemente

de modo tal que la velocidad de flujo axial del portador de calor a través de una o de las dos áreas centrales sin tubos sea de aproximadamente 0,25 a 2,0 m/s, con preferencia, de aproximadamente 0,5 a 1,5 m/s.

5 Con preferencia, los deflectores no están dispuestos en alta densidad alrededor de los tubos de contacto, y permiten una corriente de fuga de hasta el 40 % en volumen de la corriente total del portador de calor. Para ello, entre los tubos de contacto y los deflectores, se prevé una columna en el rango de 0,1 a 0,6 mm, con preferencia, de 0,2 a 0,4 mm.

Es ventajoso configurar los deflectores a prueba de líquidos a excepción de las áreas de las aberturas de paso hacia la pared interior del reactor, de modo que allí no aparezca una corriente de fuga adicional.

10 Los deflectores se forman preferentemente de un material anticorrosivo, con preferencia, de acero inoxidable, en especial de acero doble, con preferencia en un espesor de 8 a 30 mm, con preferencia de 10 a 20 mm. El material de los deflectores debe ser compatible electroquímicamente con el material de los tubos de contacto.

Los tubos de contacto están rellenos con un catalizador sólido, con preferencia, carbón activo. La distribución del catalizador en los tubos de contacto presenta preferentemente un volumen de huecos de 0,33 a 0,5, en especial de 0,33 a 0,40.

15 Según la invención, a partir de la disposición de los tubos de contacto antes descrita de acuerdo con la publicación WO 03/072237, la disposición de los tubos de contacto está modificada al cambiar las limitaciones laterales del haz de tubos de contacto en la rebaba interna del tubo de nervios circulares a arcos circulares. Así, se reduce lo más posible respecto de un reactor según el estado de la técnica la cantidad de los tubos de contacto a la trayectoria de flujo más larga del portador de calor en la pared interior del reactor, y en el centro del reactor, se eleva de modo correspondiente. En este caso, no es necesario que las limitaciones laterales del haz de tubos de contacto en la disposición según la invención de los tubos de contacto respondan exactamente de una forma de arco circular, únicamente se prefiere que se aproximen a una forma de arco circular.

20

En especial, las limitaciones laterales del haz de tubos de contacto se pueden modificar en cada caso respecto de una línea poligonal, que está inscrita en un arco circular.

25 En otra forma de realización, se pueden ajustar los coeficientes de transferencia de calor a la interfaz entre los tubos de contacto y el portador de calor de modo tal que en las áreas con la peor transferencia de calor, es decir, en las áreas cercanas a las paredes interiores del reactor con las trayectorias de flujo más largas del portador de calor, se incorporen tubos ficticios o de modo tal que de esta área se extraigan tubos de contacto. Más allá de ello, también es posible cerrar los tubos de contacto en las áreas con peligro de corrosión, con peor coeficiente de transferencia de calor.

30

En otra forma de realización, es posible prever, en el área interior del reactor, donde las trayectorias de flujo del portador de calor son más cortas y con ello los coeficientes de transferencia de calor son más grandes, piezas insertadas que perturban el flujo, por ejemplo, chapas perforadas, a fin de seguir ajustando los coeficientes de transferencia de calor en toda la sección transversal del reactor.

35 En especial, la modificación de la disposición de los tubos de contacto para un ajuste de las trayectorias de flujo del portador de calor en cada sección transversal del reactor se puede llevar a cabo según el siguiente algoritmo:

40 - primero se dibuja la rebaba interna del tubo, es decir, la disposición de los tubos de contacto en una sección transversal del reactor, en donde las dos limitaciones laterales opuestas del haz de tubos de contacto en la rebaba son nervios circulares; y en donde en la rebaba interna del tubo, la dirección de flujo principal del portador de calor se designa como coordenada y, y la coordenada perpendicular a ella, en el plano de la sección transversal del reactor, se designa como coordenada x;

- la rebaba interna del tubo se subdivide luego en n rectas paralelas a los nervios circulares y equidistantes entre sí;

45 - cada una de las rectas n se divide en m puntos equidistantes, que se numeran de modo continuo con un número natural i, en donde $i = 1$ a m, y en donde los puntos más externos, es decir, los puntos $i = 1$ y los puntos $i = m$ están en cada caso en el borde más exterior de la rebaba interna del tubo, es decir, en la camisa del reactor;

- los puntos i en las rectas se unen entre sí, obteniendo las trayectorias de flujo cuyas longitudes se ajustan por medio de las siguientes etapas de iteración:

(1) calcular la trayectoria de flujo más larga i_{max} y la trayectoria de flujo más corta i_{min} ; en caso de que existan más de una trayectoria de flujo más larga o más corta, seleccionar aleatoriamente una,

- (2) calcular la diferencia de las longitudes de las trayectorias de flujo de la trayectoria de flujo más corta y más larga, es decir, la desigualdad de las longitudes de las trayectorias de flujo; si la desigualdad de las longitudes de las trayectorias de flujo es inferior al 1 % del valor medio de las longitudes de las trayectorias de flujo, ir a (8);
- 5 (3) reducir la trayectoria de flujo más larga i_{max} en un 25 % de la desigualdad, reduciendo la coordenada y y de los dos puntos más exteriores, es decir, del punto en la recta 1 y del punto en la recta n en esta trayectoria de flujo de modo uniforme y volviendo a distribuir de modo equidistante los puntos que se hallan entre medio;
- (4) análogamente, se alarga la trayectoria de flujo más corta de modo tal que la superficie de la rebaba interna del tubo, es decir, no se altera la superficie limitada por los dos nervios circulares y la camisa del reactor en comparación con la anterior iteración;
- 10 (5) si no se trata de las trayectorias de flujo exteriores $i = 1$ o bien $i = m$, no se modifican las coordenadas x con esta modificación de la coordenada i de los puntos;
- (6) si se trata de una de las dos curvas exteriores, se modifica la coordenada x de modo tal que los puntos están en la camisa del reactor; si es necesario un desplazamiento x de un punto, se desplazan todos los puntos en la línea a $i = n$ de modo tal que sean nuevamente equidistantes;
- 15 (7) volver a (1);
- (8) fin de la iteración.

Según el algoritmo anterior, se considera únicamente la dirección de flujo principal del portador de calor en el plano de la sección transversal del reactor, que se designa en la presente como coordenada y , entre las aberturas de paso opuestas en la pared interior del reactor. Esta observación simplificada ya es suficiente, por lo general, como base para el cálculo de una disposición modificada de los tubos de contacto.

20

En el caso de una observación más precisa de las trayectorias de flujo del portador de calor, se debe considerar la dirección de flujo, sin embargo, perpendicular a la dirección de flujo anterior en el plano de la sección transversal del reactor y se designa en la presente como coordenada x .

Si sólo se tiene en cuenta la dirección de flujo principal, a lo largo de la coordenada y , sobre la sección transversal del reactor, entonces la disposición de los tubos de contacto se debe modificar de modo tal que las trayectorias de flujo en cada sección transversal del reactor sean iguales desde el primero hasta el último tubo de contacto.

25

Sin embargo, como ventajosamente se ha de considerar además el flujo del portador de calor a lo largo de la coordenada x , para una compensación del flujo también además en dirección x , la disposición de los tubos de contacto se debe adaptar de modo tal que las trayectorias de flujo del portador de calor en la camisa interior del reactor sean hasta un 25 % más cortas que a lo largo del eje medio.

30

Al acortar mediante la disposición según la invención de los tubos de contacto de las trayectorias de flujo en general respecto de un reactor según el estado de la técnica, de acuerdo con el documento WO 03/072237, la pérdida de presión del portador de calor con igual velocidad del portador de calor es menor en general. De modo correspondiente, también el flujo de desviación del portador de calor a través de la columna entre los deflectores y los tubos de contacto es menor y las cantidades de circulación necesarias de portador de calor son menores.

35

También es objeto de la invención un procedimiento para la preparación de fosgeno por reacción en fase gaseosa de monóxido de carbono y cloro en presencia de un catalizador sólido en un reactor, que contiene el catalizador sólido en un sinnúmero de tubos de contacto dispuestos paralelamente entre sí en dirección longitudinal del reactor, que están soldados en ambos extremos en la base de los tubos, con alimentación de los eductos en el extremo superior de los tubos de contacto y desviación de la mezcla de reacción gaseosa en el extremo inferior de los tubos de contacto, en cada caso a través de un capuchón, así como con dispositivos de alimentación o de descarga para un portador de calor líquido en el espacio de la camisa entre los tubos de contacto, en donde el flujo del portador de calor en el espacio de la camisa entre los tubos de contacto se conduce en forma de meandros mediante deflectores, en donde en cada caso un deflector libera dos aberturas de paso en forma de segmentos circulares opuestos en la pared interior del reactor, y el deflector directamente a continuación en cada caso libera una abertura de paso central, que está limitada por dos rectas paralelas entre sí y respecto de un diámetro del reactor y equidistantes, y en donde el reactor en el área de las aberturas de paso en forma de segmentos circulares y la abertura de paso central no está tubulado, caracterizado porque el sinnúmero de los tubos de contacto orientados paralelos entre sí en dirección longitudinal del reactor están dispuestos en haces iguales entre sí de tubos de contacto, que están separados entre sí por un área sin tubos de contacto, y porque el coeficiente de transferencia de calor en la interfaz entre los tubos de contacto y el portador de calor se homogeneiza a través de cada sección transversal del reactor, al ajustar las trayectorias de flujo del portador de calor en cada sección transversal del

40

45

50

reactor, en cada caso medidas desde el primero hasta el último tubo de contacto en la dirección de flujo del portador de calor mediante una disposición modificada de los tubos de contacto entre sí.

5 Se prefiere un procedimiento, según el cual los dos haces de tubos de contacto iguales entre sí están separados en cada caso en otros dos haces de tubos de contacto iguales entre sí, de modo que en general hay cuatro haces de tubos de contacto, que están separados por dos áreas sin tubos de contacto, que se extienden a ambos lados de los diámetros del reactor que están perpendiculares entre sí.

Con preferencia, las trayectorias de flujo del portador de calor en cada sección transversal del reactor, en cada caso medidas desde el primero hasta el último tubo de contacto en la dirección de flujo del portador de calor se pueden ajustar adicionalmente por la incorporación de tubos ficticios.

10 Mediante la conformación del reactor según la invención, con separación de los tubos de contacto en dos o cuatro haces, se diseñan las trayectorias de flujo mediante una disposición modificada de los tubos de contacto, en donde en las rebabas internas de los tubos se modifican los nervios circulares en arcos circulares, las trayectorias de flujo de la pared interior del reactor se diseñan iguales o hasta el 15 % más pequeñas que a lo largo del eje medio del reactor.

15 Mediante la disposición de los tubos de contacto según la invención, se pueden reducir las discrepancias entre el coeficiente de transferencia de calor α dentro de cada sección transversal del reactor, de originalmente aprox. el 13 al 20 % en un reactor según el estado de la técnica, de acuerdo con la publicación WO 03/072237 hasta diferencias de sólo el 8 al 10 %.

20 La invención se explica con mayor detalle a continuación por medio de ejemplos de realización, así como de un dibujo.

Ejemplos de realización

25 En un reactor en gran escala técnica, como se representa esquemáticamente en las Figuras 1 y 1A, se preparó fosgeno, en donde en un ejemplo de realización según el estado de la técnica los tubos de contacto estaban dispuestos de modo tal que la rebaba interna del tubo presentara dos limitaciones opuestas entre sí en forma de nervios circulares, o bien según la invención, al modificar la disposición de los tubos de contacto en la rebaba interna del tubo de modo tal que las limitaciones laterales opuestas de nervios circulares se modificaran en líneas poligonales, y en donde más allá de ello, se dejó un área central del reactor libre de tubos de contacto y de deflectores.

30 Para el reactor según la invención con dos haces de tubos de contacto, son necesarias en cada caso dos entradas y dos salidas para el portador de calor monoclorobenceno. La mezcla de reacción se conduce desde arriba hacia abajo a través de los tubos de contacto dispuestos en forma vertical, y el portador de calor monoclorobenceno se puede conducir en la misma corriente, es decir, con alimentación en el área superior del reactor y desviación en el área inferior del reactor y corriente en forma de meandros del espacio de la camisa alrededor de los tubos de contacto o en contracorriente a la mezcla de reacción, con alimentación en el área inferior del reactor, corriente en forma de meandros del espacio de la camisa alrededor de los tubos de contacto y desviación en el área superior del reactor.

En el reactor se dispusieron 5210 tubos de contacto, con un diámetro exterior de tubo de 44,5 mm, un espesor de pared de 2,6 mm, una longitud de tubo de 3800 mm, con una división de 55 mm, y en donde los tubos de contacto están dispuestos en cada caso en las esquinas de triángulos equiláteros.

40 En el reactor estaban dispuestos 14 deflectores.

45 A través de los tubos, se conduce la mezcla de reacción, monóxido de carbono y cloro, mediante un catalizador de carbón activo. A través del espacio de la camisa entre los tubos de contacto, se pasó como portador de calor monoclorobenceno, en donde la cantidad de refrigerante era de 3500 t/h, a una temperatura de entrada del monoclorobenceno de 67 °C, y una temperatura de salida del monoclorobenceno de 78 °C para el ejemplo de realización según el estado de la técnica y para el primer ejemplo según la invención, con igual carga de fosgeno que según el estado de la técnica, o bien 81 °C para el segundo ejemplo de realización, con mayor carga de fosgeno.

50 El monóxido de carbono se usó en un exceso del 3,5 % en peso, respecto del peso total de la mezcla de reacción. La temperatura de entrada de la mezcla de reacción era de 40 °C, la presión de entrada 4,8 bar absolutos y la cantidad de fosgeno 48 t/h para el ejemplo de realización según el estado de la técnica y para el primer ejemplo de realización según la invención o bien 62,4 t/h para el segundo ejemplo de realización según la invención.

Para el ejemplo de realización en comparación, se logró un peor coeficiente de transferencia de calor α de 1290 W/m²/K en una disposición no ajustada de los tubos de contacto, es decir, en el caso de una rebaba interna del tubo con dos limitaciones opuestas entre sí en forma de nervios circulares. Esto llevó con una carga de fosgeno de 2,11 kg de fosgeno/m²/s a una temperatura máxima de la pared interior de los tubos de contacto de 154 °C.

5 Mediante una disposición adaptada de los tubos de contacto de acuerdo con la invención, es decir, con modificación de la rebaba interna del tubo de dos limitaciones laterales opuestas en forma de nervios circulares a una línea poligonal y adicionalmente liberación de un área interior central sin tubos, en cada caso con las dimensiones según las indicaciones en la representación de la sección transversal en la Figura 1, se pudo elevar en otras condiciones no modificadas el peor coeficiente de transferencia de calor α a 1537 W/m²/K. De esta manera, la temperatura
10 máxima de la pared interior de los tubos de contacto era de sólo 147 °C.

Por ello, en un segundo ejemplo de realización según la invención, se elevó la carga de fosgeno, hasta alcanzar una temperatura máxima de la pared interior de los tubos de contacto de 154 °C, como en el caso del reactor según el estado de la técnica. Esta temperatura máxima de la pared interior de los tubos de contacto de 154 °C se logró en el caso de un reactor de fosgeno según la invención con una carga de fosgeno de 2,74 kg de fosgeno/m²/s, según un aumento de la capacidad del 30 % respecto de un reactor según el estado de la técnica.
15

En el dibujo, se muestran en detalle:

La Figura 1 muestra una sección transversal mediante una forma de realización de un reactor según la invención con una disposición adecuada de los tubos de contacto, con representación de corte longitudinal a través del reactor en la Figura 1A, y

20 la Figura 2 muestra un corte a través de una forma de realización de un reactor según la invención con una sección transversal en el plano B-B en la Figura 2A.

La sección transversal en la Figura 1 a través de un reactor 1 muestra una rebaba interna del tubo para una forma de realización de un reactor según la invención, en donde se modifican las limitaciones laterales de la rebaba interna del tubo en las aberturas de paso 6 opuestas entre sí en la pared interior del reactor desde los nervios circulares hasta las líneas poligonales. Más allá de ello, se prevé en el área central del reactor una abertura de paso central 11 que está limitada por dos rectas que están dispuestas en forma paralela y equidistante a ambos lados de un diámetro del reactor, que está dispuesto paralelo a los nervios circulares 9 que limitan la rebaba interna del tubo según el estado de la técnica y que asimismo está libre de tubos.
25

La representación del corte longitudinal en la Figura 1A a través de un reactor 1 muestra la disposición de los deflectores 5, con aberturas de paso 6 en la camisa interior del reactor y abertura de paso central 11.
30

La Figura 2 muestra un corte longitudinal mediante una forma de realización de un reactor 1 según la invención, con dos haces de tubos de contacto 2 dispuestos paralelos entre sí, que están soldados en sus dos extremos en una base tubular 3. A través del espacio de la camisa alrededor de los tubos de contacto 2 pasa un portador de calor 7, para lo cual están previstas en cada caso dos entradas y dos salidas. En este caso, el portador de calor 7 puede llevar con la corriente a la mezcla de reacción llevada desde arriba hacia abajo a través de los tubos de contacto, es decir, con alimentación en el parea superior y descarga en el área inferior del reactor, o viceversa, en contracorriente a la mezcla de reacción, con alimentación en el área inferior del reactor y desviación en el área superior del reactor.
35

El flujo del portador de calor a través del espacio de la camisa se pasa a través de los deflectores 5, que liberan las aberturas de paso 6 en forma de segmentos circulares en la camisa interior del reactor y una abertura de paso central 11.
40

En la representación de la sección transversal en la Figura 2A plano B-B, se ha de reconocer la disposición modificada de los tubos de contacto en el área de la abertura de paso 6 en forma de segmento circular, así como la liberación de la abertura de paso central 11 de los tubos de contacto. Más allá de ello, se prevén en las áreas con mayor peligro de corrosión tubos ficticios 8.

45

REIVINDICACIONES

- 5 1. Reactor cilíndrico (1) para la preparación de fosgeno por reacción en fase gaseosa de monóxido de carbono y cloro en presencia de un catalizador sólido, que está previsto en un sinnúmero de tubos de contacto (2) dispuestos paralelos entre sí en dirección longitudinal del reactor (1), que están soldados en ambos extremos de ellos en cada base de tubo (3), con alimentación de los eductos en el extremo superior de los tubos de contacto (2) y desviación de la mezcla de reacción gaseosa en el extremo inferior de los tubos de contacto (2), en cada caso a través de un capuchón, así como con dispositivos de alimentación o de descarga para un portador de calor líquido (7) en el espacio de la camisa (4) entre los tubos de contacto (2), en donde el flujo del portador de calor (7) en el espacio de la camisa (4) entre los tubos de contacto (2) se conduce mediante deflectores (5) en forma de meandros, en donde en cada caso un deflector (5) libera dos aberturas de paso (6) en forma de segmentos circulares opuestas en la pared interior del reactor, y el deflector directamente a continuación en cada caso libera una abertura de paso central (11), que está limitada por dos rectas paralelas entre sí y respecto de un diámetro del reactor y equidistantes, y en donde el reactor (1) en el área de las aberturas de paso en forma de segmentos circulares (6) y en el área la abertura de paso central (11) no está tubulado, caracterizado porque el sinnúmero de los tubos de contacto (2) orientadas paralelamente entre sí en dirección longitudinal del reactor (1) están dispuestos en dos haces de tubos de contacto (2) iguales entre sí, que están separados entre sí a través de un área sin tubos de contacto, que se extiende a ambos lados a lo largo de un diámetro de un reactor, y porque los coeficientes de transferencia de calor en la interfaz entre los tubos de contacto (2) y el portador de calor (7) están homogeneizados a través de cada sección transversal del reactor al ajustar las trayectorias de flujo del portador de calor (7) en cada sección transversal del reactor, en cada caso medidas desde el primero hasta el último tubo de contacto (2) en la dirección de flujo del portador de calor (7) mediante una disposición de los tubos de contacto (2) de modo tal que las limitaciones laterales de los haces de tubos de contacto (2) a las áreas no tubuladas en la pared interior del reactor estén conformadas en forma de arcos circulares.
- 25 2. Reactor (1) de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque los dos haces de tubos de contacto iguales entre sí (2) están separados en cada caso en otros dos haces de tubos de contacto (2) iguales entre sí, de modo que en general hay cuatro haces de tubos de contacto (2), que están separados entre sí por dos áreas sin tubos de contacto, que se extienden a ambos lados de diámetros del reactor (1) perpendiculares entre sí.
- 30 3. Reactor (1) de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque las trayectorias de flujo del portador de calor (7) en cada sección transversal del reactor, en cada caso medidas desde el primero hasta el último tubo de contacto (2) en la dirección de flujo del portador de calor (7) se ajustan por incorporación de tubos ficticios (8).
- 35 4. Procedimiento para la preparación de fosgeno por reacción en fase gaseosa de monóxido de carbono y cloro en presencia de un catalizador sólido en un reactor cilíndrico (1), que contiene el catalizador sólido en un sinnúmero de tubos de contacto (2) dispuestos paralelamente entre sí en la dirección longitudinal del reactor (1), que están soldados en ambos extremos de él en una base de tubo (3), con alimentación de los eductos en el extremo superior de los tubos de contacto (2) y desviación de la mezcla de reacción gaseosa en el extremo inferior de los tubos de contacto (2), en cada caso a través de un capuchón, así como con dispositivos de alimentación o de descarga para un portador de calor líquido en el espacio de la camisa (4) entre los tubos de contacto (2), en donde el flujo del portador de calor en el espacio de la camisa (4) entre los tubos de contacto (2) se conduce mediante deflectores (5) en forma de meandros, en donde en cada caso un deflector libera dos aberturas de paso (6) opuestas en forma de segmentos circulares en la pared interior del reactor, y el deflector directamente a continuación en cada caso libera una abertura de paso central (11), que está limitada por dos rectas paralelas entre sí y respecto de un diámetro del reactor y equidistantes, y en donde el reactor (1) en el área de las aberturas de paso en forma de segmentos circulares (6) y la abertura de paso central (11) no está tubulado, caracterizado porque el sinnúmero de los tubos de contacto (2) orientados paralelamente entre sí en dirección longitudinal del reactor (1) están dispuestos en dos haces de tubos de contacto (2) iguales entre sí, que están separados entre sí por un área sin tubos de contacto, y porque los coeficientes de transferencia de calor en la interfaz entre los tubos de contacto (2) y el portador de calor (7) están homogeneizados a través de cada sección transversal del reactor, al ajustar las trayectorias de flujo del portador de calor (7) en cada sección transversal del reactor, en cada caso medidas desde el primero hasta el último tubo de contacto (2) en dirección de flujo del portador de calor (7) mediante una disposición de los tubos de contacto (2), de modo tal que las limitaciones laterales de los haces de tubos de contacto (2) a las áreas no tubuladas en la pared interior del reactor están conformadas en forma de arcos circulares.
- 40 45 50 55 5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado porque los dos haces de tubos de contacto iguales entre sí (2) están separados en cada caso en otros dos haces de tubos de contacto (2) iguales entre sí, de modo tal que hay un total de cuatro haces de tubos de contacto (2), que están separados por dos áreas sin tubos de contacto, que se extienden a ambos lados de los diámetros del reactor (1) perpendiculares entre sí.
6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4 ó 5, caracterizado porque las trayectorias de flujo del portador de calor (7) en cada sección transversal del reactor, en cada caso medidas desde el primero hasta el último tubo de contacto (2) en dirección de flujo del portador de calor (7) se ajustan por la incorporación de tubos ficticios (8).

FIG.1

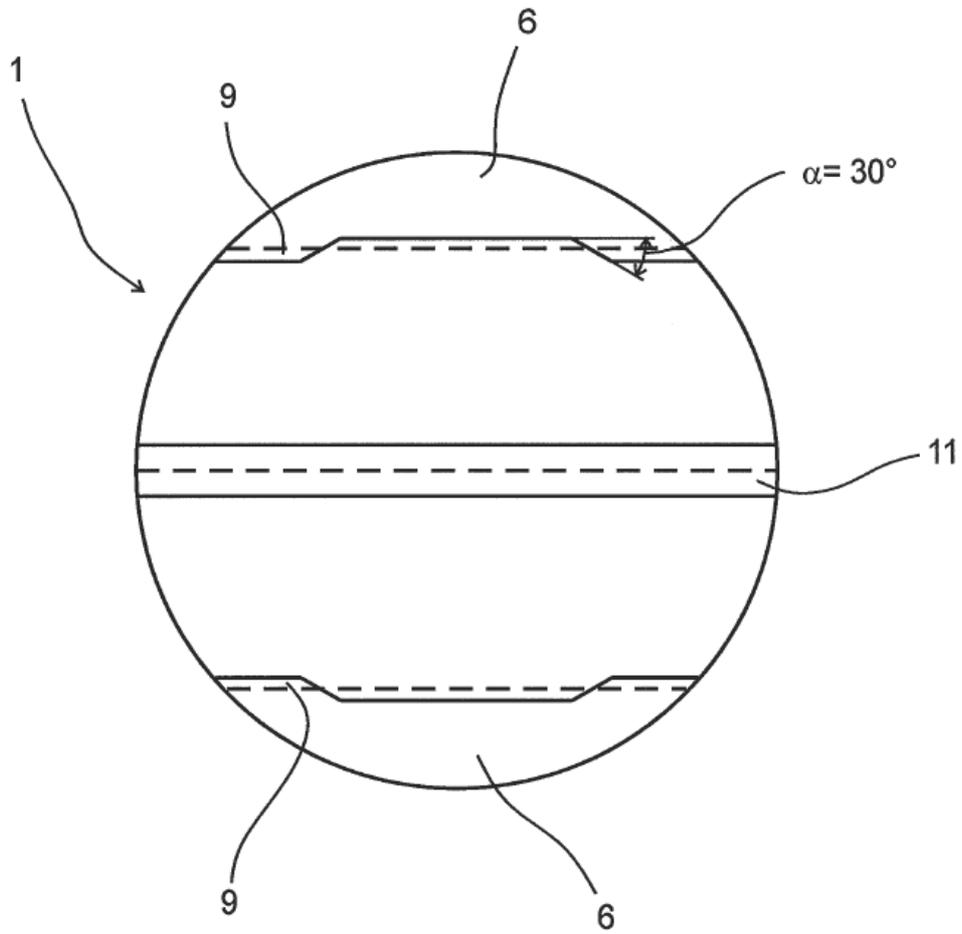


FIG.1A

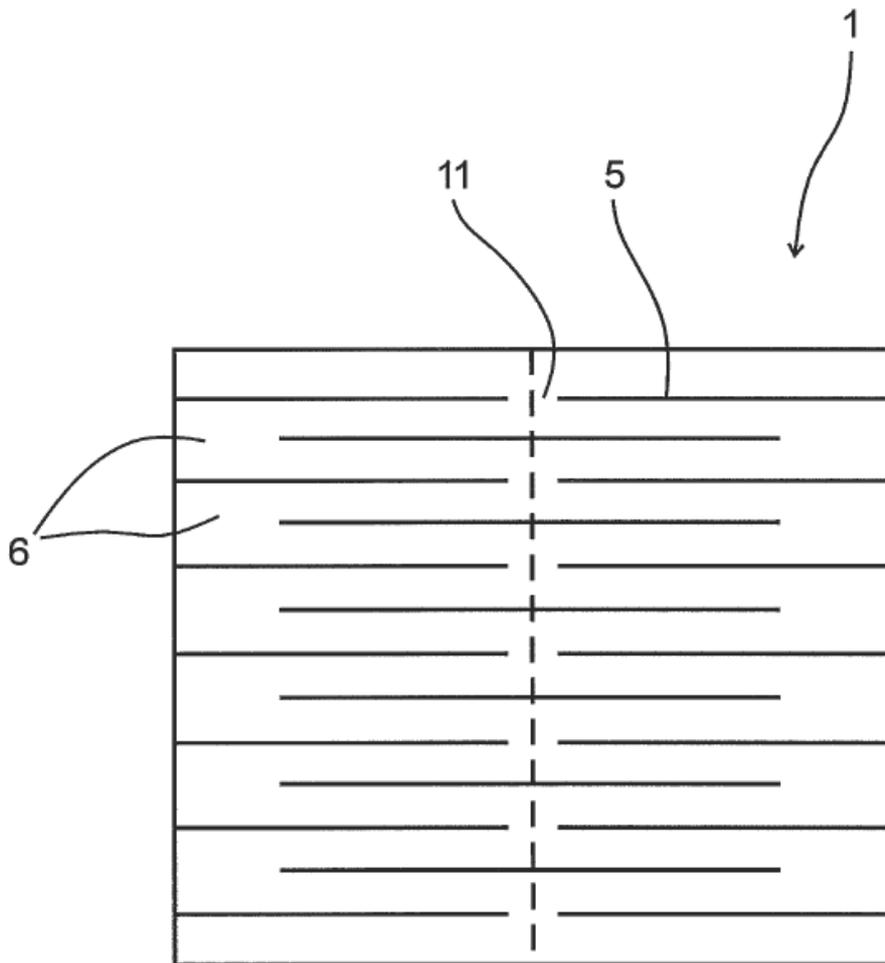


FIG.2

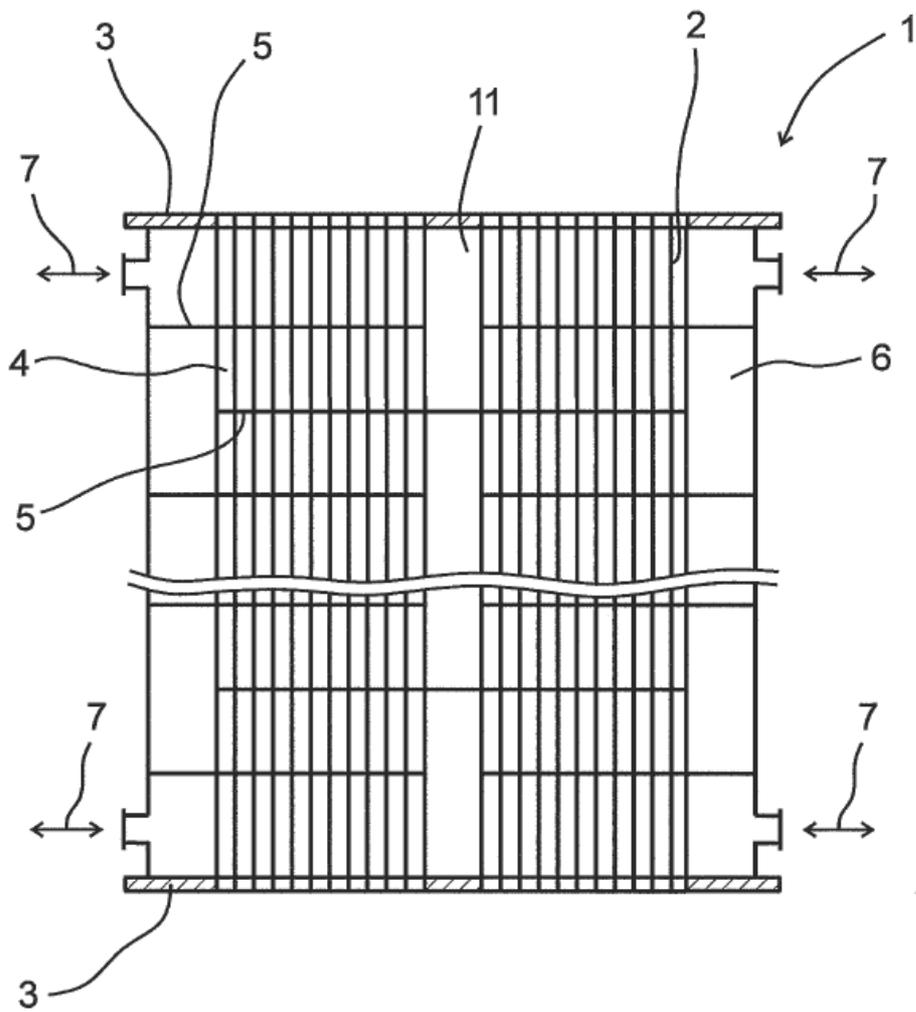


FIG.2A

