

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102009901731519A1

Publication Date

20101113

Applicant

POLITECNICO DI MILANO

Title

REATTORE PER REAZIONI CATALITICHE ESOTERMICHE O
ENDOTERMICHE

Reattore per reazioni catalitiche esotermiche o endotermiche

La presente invenzione riguarda un reattore per
5 reazioni catalitiche esotermiche o endotermiche.

Più in particolare, la presente invenzione riguarda un reattore per reazioni catalitiche esotermiche o endotermiche anche multifase.

Più in particolare ancora, la presente invenzione
10 riguarda un reattore per la reazione di Fischer-Tropsch.

Nel presente testo, tutte le informazioni e condizioni operative e non operative riportate devono ritenersi preferite anche se non esplicitamente
15 indicato.

Come è noto, la reazione di Fischer-Tropsch è una reazione chimica che si sviluppa in sistemi sostanzialmente trifasici dove una fase gassosa fluisce a contatto di un catalizzatore solido, il prodotto di
20 reazione essendo costituito prevalentemente da idrocarburi liquidi e gassosi. In particolare, la fase gassosa reagente è una miscela di idrogeno e monossido di carbonio (gas di sintesi), con rapporto molare H_2/CO variabile da 1 a 3, la fase liquida è costituita da
25 idrocarburi essenzialmente lineari (cere paraffiniche) ad alto numero di atomi di carbonio, la fase solida è rappresentata dal catalizzatore.

L'esotermicità della reazione di Fischer-Tropsch (35-45 kcal/mol) rende indispensabile la presenza di
30 dispositivi di scambio termico per il controllo della temperatura entro i limiti operativi della reazione e per prevenire la formazione di "hot spot" locali,

responsabili del deterioramento del catalizzatore.

E' stato proposto, ad esempio nella domanda di brevetto internazionale WO 2008/074496, di condurre la reazione di Fischer-Tropsch in reattori definiti
5 "Slurry Bubble Column" nei quali la reazione di Fischer-Tropsch si sviluppa in sistemi trifasici dove il gas di sintesi gorgoglia, sotto forma di bolle, in una sospensione del catalizzatore nel liquido di reazione. Il sistema di reazione, continuamente agitato
10 dal flusso ascendente di gas, consente di asportare facilmente il calore di reazione tramite un sistema di scambio termico a tubi, immerso nel liquido, al cui interno circola un fluido refrigerante, ad esempio acqua.

15 I reattori tipo "Slurry Bubble Column", pur consentendo di avere rese di reazione molto favorevoli ed un efficace controllo della temperatura, presentano una serie di problematiche operative. Innanzi tutto è necessario separare il prodotto di reazione dal
20 catalizzatore: dal reattore si preleva una sospensione di catalizzatore nel liquido di reazione, per cui diventa necessario disporre di uno stadio di separazione, interno od esterno al reattore stesso.

In secondo luogo, il sistema di reazione deve
25 essere gestito con condizioni fluidodinamiche appropriate, in modo da avere una dispersione omogenea del catalizzatore.

Infine, i reattori industriali per la sintesi di Fischer-Tropsch di ultima generazione, in particolare
30 quelli che adottano la tecnologia "Slurry Bubble Column", sono caratterizzati da dimensioni elevate. Ad esempio si possono avere costruzioni cilindriche di

altezza dell'ordine di 60 metri e diametro dell'ordine 10 metri. La gestione di questi reattori ed in particolare la loro manutenzione, ad esempio la manutenzione dei tubi del dispositivo di scambio termico, può essere difficoltosa. Infatti, la semplice
5 sostituzione di un tubo danneggiato del dispositivo di scambio termico in un reattore di 40-60 metri di altezza, o più, può non essere facilmente praticabile.

L'alternativa ai reattori tipo "Slurry Bubble
10 Column" è rappresentata dai reattori a letto fisso. Tali reattori sono costituiti essenzialmente da un dispositivo comprendente un involucro o mantello ed una coppia di elementi di chiusura, superiore ed inferiore, nei quali generalmente sono previsti i mezzi di
15 alimentazione dei reagenti e di scarico dei prodotti di reazione. All'interno del mantello è inserita una pluralità di tubi ognuno dei quali è riempito di catalizzatore, ad esempio sotto forma di pellet.

Il gas reagente, ad esempio gas di sintesi,
20 fluisce all'interno dei tubi, lambisce le particelle catalitiche e reagisce.

Il calore di reazione viene asportato da un flusso continuo di un fluido di raffreddamento, ad esempio acqua, che occupa il volume libero all'interno del
25 mantello.

I limiti principali della configurazione a letto fisso dipendono sostanzialmente dal trasferimento di massa intraparticellare (responsabile, ad esempio, di una bassa attività e selettività verso il prodotto
30 liquido, nel caso di reazione Fischer-Tropsch) e dal trasferimento di calore radiale all'interno del reattore (che può generare "hot spot" locali con

potenziale disattivazione di parte del catalizzatore). Inoltre, si possono avere cadute di pressione anche molto elevate dipendenti da come è strutturato il letto fisso e, in particolare, dal rapporto altezza/diametro
5 dei tubi e dalle dimensioni delle particelle di catalizzatore. In conclusione, i reattori a letto fisso sono caratterizzati da una produttività specifica (per unità di volume di catalizzatore utilizzato) molto bassa e per questo, per aumentarla, è necessario usare
10 quantità di catalizzatore molto elevate e, quindi, dimensioni del reattore molto grandi.

Una soluzione alternativa ai reattori tradizionali a letto fisso o a bolle (Slurry Bubbled) è rappresentata dai reattori multi-tubolari con
15 catalizzatori monolitici. Un esempio di questa soluzione si trova nella domanda di brevetto USA pubblicata 2005/0142049 A1.

Secondo quanto descritto in questa domanda, reazioni esotermiche, come l'ossidazione catalitica
20 selettiva di benzene o n-butano ad anidride maleica, l'ossidazione di o-xilene ad anidride ftalica o la sintesi di Fischer-Tropsch, ovvero reazioni endotermiche, come lo steam reforming di idrocarburi a gas di sintesi (CO e H₂), possono essere realizzate in
25 reattori multi-tubolari caricati con catalizzatori monolitici conduttivi. Questi reattori comprendono un recipiente al cui interno sono disposti una pluralità di tubi. Ciascun tubo del fascio tubiero incorpora il catalizzatore costituito da una struttura monolitica
30 metallica a nido d'ape che supporta il catalizzatore.

La struttura monolitica inglobata in ciascun tubo è costituita da un corpo cilindrico continuo al cui

interno sono ricavati una pluralità di canali paralleli. Queste strutture monolitiche sono descritte, ad esempio, anche nel brevetto USA 6.881.703.

Il materiale catalitico è distribuito sulle pareti
5 interne dei canali dei monoliti mediante la tecnica di "washcoating", in modo da essere lambito dai reagenti che fluiscono in ciascun canale del monolita.

La struttura monolitica garantisce un buono scambio di calore con il fluido di termo-regolazione che circola nel recipiente esternamente ai tubi, in
10 quanto il materiale del monolita, essendo caratterizzato da una buona conducibilità termica, favorisce il trasferimento radiale di calore.

Il limite dei reattori multi-tubolari con
15 catalizzatori monolitici "washcoated" risiede nel fatto che la disponibilità di fase attiva catalitica per unità di volume del reattore è inferiore a quella dei reattori tradizionali. Per questo motivo, per avere produttività significative, è necessario aumentare i
20 volumi di reazione.

La Richiedente ha ora trovato che la soluzione ai problemi sopra descritti può essere quella di disporre di un reattore di dimensioni più ridotte grazie ad una più elevata densità volumetrica di fase attiva del
25 catalizzatore e ad un sistema di rimozione del calore di reazione più efficiente. I reattori della presente invenzione, pertanto, presentano dimensioni più ridotte rispetto ai reattori tradizionali o della tecnica nota. Questa caratteristica consente ai reattori descritti
30 nella presente invenzione di essere posizionati a bordo di navi e/o di mezzi di movimentazione terrestri dedicati per essere trasportati in posizioni remote

dove sono presenti fonti di materie prime per gas di sintesi, ad esempio giacimenti di gas naturale offshore e/o onshore, che non rendono conveniente o possibile l'uso di reattori di grosse dimensioni, ad esempio i
5 reattori "Slurry Bubble Column" o i reattori a letto fisso ovvero i reattori multi-tubolari con catalizzatori monolitici tradizionali.

Costituisce, pertanto, oggetto della presente invenzione un reattore per reazioni chimiche
10 esotermiche o endotermiche, condotte in presenza di un catalizzatore, ad esempio un reattore per la reazione di Fischer-Tropsch, in cui il catalizzatore è costituito da corpi impaccati (ad esempio, sfere, cilindri, anelli, eccetera) o strutturati (ad esempio,
15 schiume, garze, reti, eccetera) che vengono caricati ed ingabbiati in una pluralità di elementi a struttura monolitica ad elevata conducibilità termica in grado di favorire il trasferimento del calore di reazione a/da un fluido refrigerante/riscaldante che circola entro il
20 mantello del reattore e nel quale le strutture monolitiche sono immerse.

Più in particolare, costituisce oggetto della presente invenzione un reattore per reazioni chimiche esotermiche/endotermiche che si realizzano in presenza
25 di un catalizzatore, preferibilmente solido, che comprende:

- a. un recipiente sostanzialmente cilindrico nel quale sono previsti mezzi di alimentazione e di scarico di un fluido di termoregolazione della reazione
30 chimica;
- b. un elemento di chiusura superiore ed un elemento di chiusura inferiore disposti rispettivamente in

- testa e alla base del recipiente;
- c. mezzi di alimentazione della fase gassosa reagente posizionati nell'elemento di chiusura superiore e/o nell'elemento di chiusura inferiore;
 - 5 d. mezzi di scarico della fase reagita posizionati nell'elemento di chiusura superiore e/o nell'elemento di chiusura inferiore;
 - e. una pluralità di strutture monolitiche, tal quali
ovvero inserite coassialmente all'interno di
10 strutture tubolari, disposte all'interno del recipiente (a) tra l'elemento di chiusura superiore e l'elemento di chiusura inferiore, ciascuna struttura monolitica essendo costituita da un corpo sostanzialmente cilindrico al cui interno è
15 presente una pluralità di canali assiali, paralleli che si estendono da un'estremità all'altra, atti ad essere riempiti con il catalizzatore.

Il reattore oggetto della presente invenzione è particolarmente e preferibilmente adatto alla reazione
20 di Fischer-Tropsch che si sviluppa in un sistema trifasico costituito essenzialmente da una fase gassosa reagente, una fase liquida reagita ed una fase solida catalitica costituita da corpi impaccati (ad esempio sfere, cilindri, anelli, eccetera) o strutturati (ad
25 esempio schiume, garze, reti, eccetera) inseriti all'interno dei canali della struttura monolitica.

Secondo la presente invenzione, il recipiente è sostanzialmente cilindrico e può essere un recipiente di dimensioni qualsiasi, ma, preferibilmente, è
30 caratterizzato da un'altezza variabile, ad esempio, da 1 e 10 m e da un diametro compreso fra 1 e 5 m. Il recipiente sostanzialmente cilindrico, nonché gli

elementi di chiusura superiore ed inferiore, sono generalmente in acciaio al carbonio, in acciaio resistente alla corrosione o sono costituiti da acciaio legato con metalli scelti fra quelli dei Gruppi 5-10, come, ad esempio, vanadio, niobio, cromo, molibdeno, tungsteno, manganese, nichel, eccetera. Gli spessori della parete del corpo dipendono dalla temperatura e pressione alla quale avviene la reazione, ma, in generale, possono essere compresi fra 20 e 100 mm. Il reattore oggetto della presente invenzione può essere disposto sia verticalmente che orizzontalmente.

All'interno del recipiente sostanzialmente cilindrico è inserita la pluralità di strutture monolitiche, tal quali ovvero inserite all'interno di strutture tubolari. Dette strutture monolitiche si presentano come un fascio di tubi, spazati l'uno dall'altro, inserito all'interno del recipiente cilindrico ed immerso nel liquido di termoregolazione della temperatura di reazione, ad esempio acqua, nel caso di reazioni esotermiche, ovvero olio diatermico, nel caso di reazioni endotermiche.

Il fascio ha un diametro che è sostanzialmente uguale al diametro interno del recipiente cilindrico (a), o leggermente inferiore, ed occupa un volume compreso fra il 50 e 90% del volume totale del corpo (a), preferibilmente fra 60 e 80%. Il fascio comprende un numero di strutture monolitiche che varia da 10 a 20.000, preferibilmente da 100 a 10.000, più preferibilmente da 1.000 a 8.000.

Ogni struttura monolitica è costituita da un corpo sostanzialmente cilindrico, di diametro compreso fra 1 e 10 cm, avente una struttura continua a nido d'ape,

termicamente connessa, che, in fase operativa, consente di smaltire il calore di reazione, nel caso di reazione esotermica, o di recepire il calore, nel caso di reazione endotermica, con un elevato coefficiente di scambio termico radiale. La struttura monolitica, continua, a nido d'ape, si presenta, quindi, come una pluralità di canali longitudinali, a sezione trasversale preferibilmente a forma di un quadrato o di un rettangolo avente lunghezza dei lati compresa da 0,5 a 5 mm, immersa in un corpo continuo. La sezione trasversale dei canali longitudinali della struttura monolitica non deve essere necessariamente quadrata o rettangolare. Si possono ottenere anche sezioni poligonali, circolari, semicircolari ed ellittiche, o di forma più complessa.

La struttura monolitica oggetto della presente invenzione non svolge il compito di supporto del catalizzatore, ma deve favorire la rimozione efficiente del calore di reazione. Per questo motivo viene realizzata in materiale con una conducibilità termica intrinseca superiore a 10 W/m/K, preferibilmente compresa fra 100 e 300 W/m/K. Per motivi di stabilità dimensionale alle temperature di reazione, il materiale è scelto fra i metalli come l'acciaio, dello stesso tipo del corpo cilindrico, alluminio o lega di alluminio. Preferibilmente il metallo è alluminio o lega di alluminio. In alternativa si possono utilizzare materiali ceramici, conduttivi termicamente, come il carburo di silicio.

Un esempio di preparazione di una struttura monolitica secondo la presente invenzione è riportato nel brevetto USA 6.881.703 o nella domanda di brevetto

internazionale WO 2005/011889.

All'interno di ogni canale della struttura monolitica viene disposto il catalizzatore in forma di corpi impaccati (ad esempio, sfere, cilindri, anelli, eccetera) o strutturati (ad esempio, schiume rigide, garze, reti, eccetera) in modo da riempirne il volume per un fattore di riempimento, $\text{Volume catalizzatore/Volume canale longitudinale}$, compreso fra 0,2 e 0,8. Con questa disposizione del catalizzatore si riesce ad ottenere un compromesso ottimale fra le perdite di carico dei flussi a cavallo del reattore, la disponibilità di quantità adeguate di catalizzatore per unità di volume del reattore e un'efficiente rimozione del calore di reazione grazie alla struttura monolitica conduttiva continua.

Il reattore oggetto della presente invenzione può essere utilizzato, in particolare, per reazioni catalitiche, esotermiche, quali la reazione di Fischer-Tropsch dove una fase gassosa reagente, costituita da una miscela di CO e H₂ (gas di sintesi), fluisce lambendo un letto sostanzialmente fisso di catalizzatore ad esempio in granuli, dando origine ad una fase liquida/vapore, alla temperatura e pressione di reazione, costituita da cere paraffiniche.

In particolare, il reattore per reazioni di tipo Fischer-Tropsch è un reattore all'interno del quale si realizzano reazioni chimiche che si sviluppano in sistemi trifasici dove una fase gassosa/vapore fluisce a contatto con la fase solida e genera una fase vapore ed una fase liquida che bagna il catalizzatore. Nel presente caso, la fase gassosa/vapore è costituita essenzialmente dal gas di sintesi e da prodotti di

reazione leggeri, la fase vapore/liquida è il prodotto pesante della reazione, ovvero idrocarburi essenzialmente ad alto numero di atomi di carbonio, e la fase solida è rappresentata dal catalizzatore.

5 Il gas di sintesi proviene, preferibilmente, dallo steam reforming e/o dalla ossidazione parziale del gas naturale o di altri idrocarburi, sulla base delle reazioni descritte, ad esempio, nel brevetto USA 5.645.613. In alternativa, il gas di sintesi può
10 provenire da altre tecniche di produzione come, ad esempio, da "autothermal reforming", da C.P.O. (Catalytic Partial Oxidation) o dalla gassificazione del carbone, o altri prodotti carboniosi, con vapore acqueo ad alta temperatura come descritto in "Catalysis
15 Science and Technology", vol. 1, Springer-Verlag, New York, 1981.

Dalla reazione Fischer-Tropsch si producono sostanzialmente due fasi, una più leggera, in fase vapore, costituita essenzialmente da una miscela di
20 idrocarburi leggeri, con un numero di atomi di carbonio compreso fra 1 e 25 e temperatura di ebollizione a pressione ambiente, per la frazione C₅-C₂₅, uguale o inferiore a circa 150°C e da sottoprodotti di reazione, come vapore acqueo, CO₂, alcoli, eccetera.

25 La seconda fase prodotta è costituita essenzialmente da cere paraffiniche, liquide alla temperatura di reazione, comprendenti miscele di idrocarburi lineari, ramificati, saturi o insaturi ad elevato numero di atomi di carbonio. Generalmente si
30 tratta di miscele idrocarburiche che hanno un punto di ebollizione, a pressione ambiente, superiore a 150°C, ad esempio tra 160 e 380°C.

La reazione Fischer-Tropsch è condotta a temperature uguali o superiori a 150°C, ad esempio comprese fra 200 e 350°C, mantenendo all'interno del reattore una pressione compresa fra 0,5 e 30 MPa.

5 Dettagli più significativi sulla reazione Fischer-Tropsch sono disponibili su "Catalysis Science and Technology" menzionato precedentemente.

Generalmente il catalizzatore è a base di cobalto o ferro supportato su solido inerte. Il catalizzatore, che preferibilmente si adatta al reattore secondo la presente invenzione, è a base di cobalto disperso su un supporto solido costituito da almeno un ossido scelto fra uno o più dei seguenti elementi: Si, Ti, Al, Zr, Mg. Supporti preferiti sono la silice, l'allumina o la

10 titania.

Nel catalizzatore, il cobalto è presente in quantità comprese fra 1 e 50% in peso, generalmente tra 5 e 35%, rispetto al peso totale. Il catalizzatore utilizzato, inoltre, può comprendere ulteriori elementi

20 addizionali. Ad esempio può comprendere, rispetto al totale, da 0,05 a 5% in peso, preferibilmente da 0,1 a 3%, di rutenio e da 0,05 a 5% in peso, preferibilmente da 0,1 a 3%, di almeno un terzo elemento scelto fra quelli che appartengono al gruppo 3 (normativa IUPAC).

25 Catalizzatori di questo tipo sono noti in letteratura e descritti, unitamente alla loro preparazione, nel brevetto europeo 756.895.

Ulteriori esempi di catalizzatori sono sempre a base di cobalto ma contenenti, come elemento promotore, il tantalio nelle quantità 0,05-5% in peso, rispetto al

30 totale, preferibilmente 0,1-3%. Questi catalizzatori sono preparati prima deponendo sul supporto inerte

(silice od allumina) un sale di cobalto, ad esempio mediante la tecnica di impregnazione a umido, facendo poi seguire uno stadio di calcinazione e, opzionalmente, uno stadio di riduzione e passivazione
5 del prodotto calcinato.

Sul precursore catalitico così ottenuto si deposita un derivato del tantalio (particolarmente alcolati di tantalio) preferibilmente con la tecnica di impregnazione a umido seguita da calcinazione e,
10 opzionalmente, riduzione e passivazione.

Il catalizzatore, qualunque sia la sua composizione chimica, è utilizzato in forma strutturata o particellare, ad esempio di granuli sferici con una dimensione media inferiore a 3 mm, preferibilmente
15 compresa fra 0,3 e 1 mm.

Allo scopo di meglio comprendere il reattore per reazioni chimiche esotermiche/endotermiche oggetto della presente invenzione si farà riferimento ai disegni della Figura allegata che ne rappresentano una
20 forma di esecuzione esemplificativa e non limitativa. In particolare, il disegno 1 della Figura rappresenta, in forma schematica, una sezione longitudinale del reattore mentre i disegni 2 e 3 rappresentano i particolari di una delle strutture monolitiche disposte
25 al suo interno e del catalizzatore in esso presente.

Secondo la Figura, il reattore 1 risulta costituito essenzialmente da un recipiente cilindrico A e da due elementi di chiusura B1 e B2. Il corpo cilindrico A è dotato di ingresso (2) ed uscita (3) del
30 fluido di termoregolazione della reazione chimica coinvolta mentre gli elementi di chiusura B1 e B2 sono dotati di ingresso (4) e/o uscita (5) dei reagenti e

dei prodotti di reazione. In alternativa, ingresso ed uscita possono essere invertiti.

All'interno del recipiente cilindrico A è disposto il fascio (6) di strutture monolitiche, il cui
5 dettaglio è visibile dal disegno della Figura 2. Ogni struttura monolitica (7) è costituita da un corpo cilindrico (8) il cui interno comprende una pluralità di canali (9) immersi nel corpo continuo 10. All'interno dei canali, come mostrato dal disegno della
10 Figura 3, viene disposto il catalizzatore, ad esempio in forma di letto impaccato (11) di granuli.

Il funzionamento del reattore, ad esempio per la reazione esotermica di Fischer-Tropsch, risulta evidente dalla descrizione precedente e dai disegni.
15 Caricato il catalizzatore (11) nelle strutture monolitiche, si alimenta il gas di sintesi, ad esempio tramite il condotto di ingresso (4). Fluendo all'interno dei canali riempiti delle strutture monolitiche, i gas reagenti lambiscono il catalizzatore
20 e reagiscono formando la fase vapore/liquida, costituita essenzialmente da cere paraffiniche ad alto peso molecolare. Il prodotto di reazione è scaricato tramite il condotto di uscita (5) insieme ai sottoprodotti di reazione, a gas/vapori idrocarburici
25 ed ai reagenti non reagiti. Durante la reazione, si ha produzione di calore che viene asportato da un fluido di raffreddamento alimentato e scaricato tramite (2) e (3). Grazie alla struttura monolitica ed al materiale termicamente conduttivo con cui sono costruiti i
30 monoliti, il calore di reazione viene trasferito per conduzione al fluido di raffreddamento con un'efficienza superiore rispetto al caso di un reattore

a letto fisso tradizionale.

Allo scopo di dimostrare la migliore efficienza di scambio termico e la migliore produttività associati alla presente invenzione, si propone di seguito un
5 esempio applicativo che ha lo scopo solo di rappresentare l'invenzione e non di limitarla.

ESEMPIO

Si considera dapprima un reattore monotubolare refrigerato esternamente costituito da un monolita a
10 nido d'ape a canali quadrati lungo 1 metro, in alluminio, avente un diametro esterno pari a 25,4 mm ed una densità di cella di 4 celle per centimetro quadrato.

I canali di tale monolita, avente un grado di vuoto pari a 0,57, sono stati ricoperti (mediante
15 "washcoating") con uno strato di catalizzatore per la sintesi di Fischer-Tropsch, a base di cobalto supportato su allumina, avente uno spessore pari a 50 μm .

Il reattore viene esercito operando con una
20 pressione in testa pari a 20 bar, alimentando 5000 $\text{Ncm}^3/\text{h/g}_{\text{cat}}$ di una miscela di CO e H_2 preriscaldata a 235°C ed avente un rapporto tra le due specie pari a 2,1 moli di H_2 per mole di CO . Il refrigerante viene
25 mantenuto alla temperatura costante di 235°C .

La produttività specifica totale di questo reattore è pari a 35 kg/h/m^3 e le perdite di carico sono trascurabili. Il profilo di temperatura del monolita è praticamente piatto e si discosta dalla
30 temperatura del refrigerante per meno di 2°C ($T_{\text{max}} = 237^\circ\text{C}$).

Successivamente, si considera lo stesso reattore

monotubolare refrigerato esternamente, costituito da un monolita a nido d'ape a canali quadrati lungo 1 metro, in alluminio, avente un diametro esterno pari a 25,4 mm ed una densità di cella di 4 celle per centimetro quadrato. In questo caso, però, i canali del monolita sono riempiti con particelle catalitiche impaccate di cobalto supportato su allumina aventi un diametro esterno di 500 μm .

Il reattore viene esercito operando con una pressione in testa pari a 20 bar, alimentando 5000 $\text{Ncm}^3/\text{h/g}_{\text{cat}}$ di una miscela di CO e H₂ preriscaldata a 228°C ed avente un rapporto tra le due specie pari a 2,1 moli di H₂ per mole di CO. Il refrigerante viene mantenuto alla temperatura costante di 228°C.

La produttività specifica totale di questo reattore è pari a 264 kg/h/m^3 e le perdite di carico, leggermente superiori a quelle del caso precedente, sono sempre tollerabili, essendo di 0,76 bar. Anche il profilo di temperatura del monolita, pur essendo più accentuato del precedente, presenta una differenza di temperatura sempre contenuta al di sotto dei 3°C e si discosta dalla temperatura del refrigerante per non più di 11°C ($T_{\text{max}} = 239^\circ\text{C}$).

25

Barzanò & Zanardo Milano S.p.A.

RIVENDICAZIONI

1. Reattore per reazioni chimiche esotermiche/endotermiche che si realizzano in presenza di un catalizzatore, preferibilmente solido, che
5 comprende:
- a. un recipiente sostanzialmente cilindrico nel quale sono previsti mezzi di alimentazione e di scarico di un fluido di termoregolazione della reazione chimica;
 - 10 b. un elemento di chiusura superiore ed un elemento di chiusura inferiore disposti rispettivamente in testa e alla base del recipiente;
 - c. mezzi di alimentazione della fase gassosa reagente posizionati nell'elemento di chiusura superiore
15 e/o nell'elemento di chiusura inferiore;
 - d. mezzi di scarico della fase reagita posizionati nell'elemento di chiusura superiore e/o nell'elemento di chiusura inferiore;
 - e. una pluralità di strutture monolitiche a nido
20 d'ape inserite all'interno del recipiente sostanzialmente cilindrico (a) tra l'elemento di chiusura superiore e l'elemento di chiusura inferiore, ciascuna struttura monolitica essendo costituita da un corpo sostanzialmente cilindrico
25 continuo al cui interno è prevista una pluralità di canali assiali, paralleli che si estendono da un'estremità all'altra separati da una matrice continua a nido d'ape e riempiti con il catalizzatore.
- 30 2. Reattore secondo la rivendicazione 1, in cui detto reattore è disposto sia verticalmente che orizzontalmente.

3. Reattore secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui la pluralità di strutture monolitiche costituisce un fascio che ha un diametro che è sostanzialmente uguale al diametro interno del recipiente cilindrico (a), o
5 leggermente inferiore, ed occupa un volume compreso fra il 50 e 90% del volume totale del corpo (a).
4. Reattore secondo la rivendicazione 3, in cui il fascio comprende da 10 a 20.000 strutture monolitiche.
5. Reattore secondo una qualsiasi delle rivendicazioni
10 precedenti, in cui la struttura monolitica si presenta come una pluralità di canali longitudinali, a sezione trasversale quadrata o rettangolare con lunghezza dei lati compresa da 0,5 a 5 mm, immersa in un corpo continuo.
- 15 6. Reattore secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la struttura monolitica è realizzata in materiale con una conducibilità termica intrinseca superiore a 10 W/m/K.
7. Procedimento per la realizzazione di reazioni
20 catalitiche esotermiche/endotermiche, che comprende alimentare i reagenti ad un reattore secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 6.
8. Procedimento secondo la rivendicazione 7, in cui la reazione è la reazione di Fischer-Tropsch.
- 25 9. Procedimento secondo la rivendicazione 7 o 8, in cui il catalizzatore è utilizzato in forma di corpi impaccati o strutturati.
- 30 Barzanò & Zanardo Milano S.p.A.

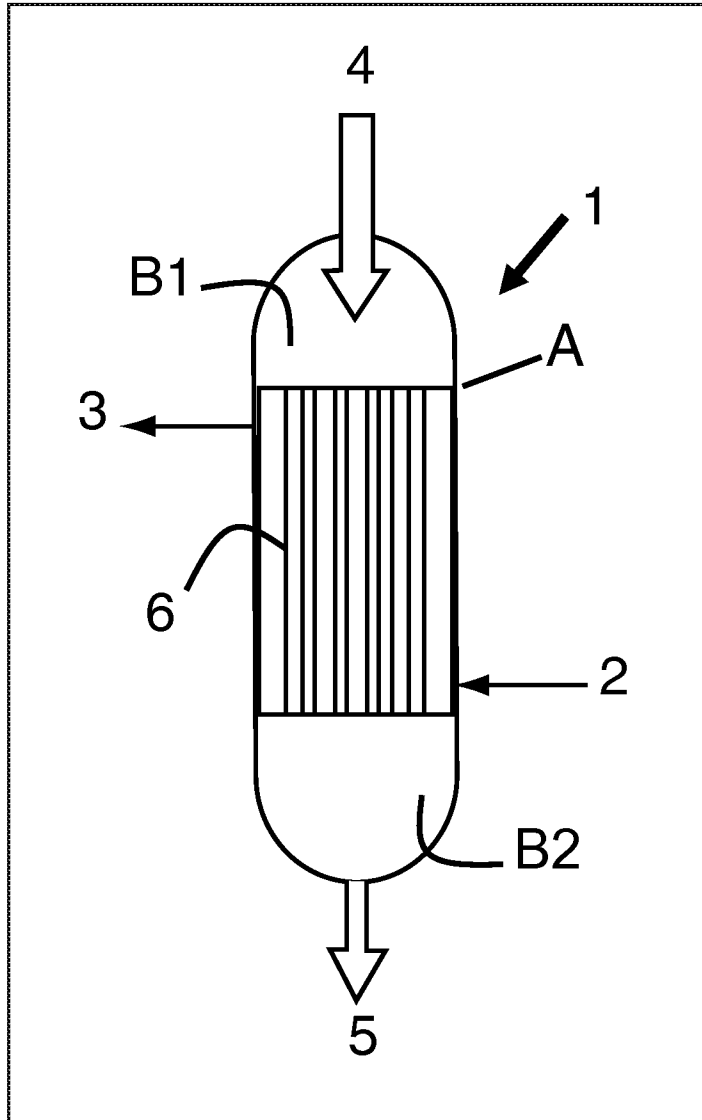
- 1 -

CLAIMS

1. A reactor for exothermic/endothermic chemical reactions which are effected in the presence of a catalyst, preferably solid, which comprises:
- 5 a. a substantially cylindrical recipient equipped with feeding and discharge means of a thermoregulation fluid of the chemical reaction;
- b. an upper closing element and a lower closing element respectively positioned at the head and base of the recipient;
- 10 c. feeding means of the reagent gaseous phase positioned in the upper closing element and/or in the lower closing element;
- d. discharge means of the reacted phase positioned in the upper closing element and/or in the lower closing element;
- 15 e. a plurality of honeycomb monolithic structures inserted inside the substantially cylindrical recipient (a) between the upper closing element and the lower closing element, each monolithic structure consisting of a substantially cylindrical continuous body inside which there is a series of parallel axial channels (tubes) which extend from one end to the other, separated by the continuous honeycomb matrix, and filled with the catalyst.
- 20
2. The reactor according to claim 1, wherein said reactor is arranged both vertically and horizontally.
3. The reactor according to claim 1 or 2, wherein the series of monolithic structures forms a bundle which
- 25
- 30 has a diameter which is substantially equal to the internal diameter of the cylindrical recipient (a), or slightly less, and occupies a volume ranging from 50 to

- 90% of the total volume of the body (a).
4. The reactor according to claim 3, wherein the bundle comprises from 10 to 20,000 monolithic structures.
- 5 5. The reactor according to any of the previous claims, wherein the monolithic structure appears as a series of longitudinal channels, with a square or rectangular transversal section having a length of the sides ranging from 0.5 to 5 mm, immersed in a
10 continuous body.
6. The reactor according to any of the previous claims, wherein the monolithic structure is made of a material having an intrinsic thermal conductivity higher than 10 W/m/K.
- 15 7. A process for carrying out exothermic/endothermic catalytic reactions, which comprises feeding the reagents to a reactor according to any of the claims from 1 to 6.
8. The process according to claim 7, wherein the
20 reaction is a Fischer-Tropsch reaction.
9. The process according to claim 7 or 8, wherein the catalyst is used in the form of packed or structured bodies.

Fig. 1



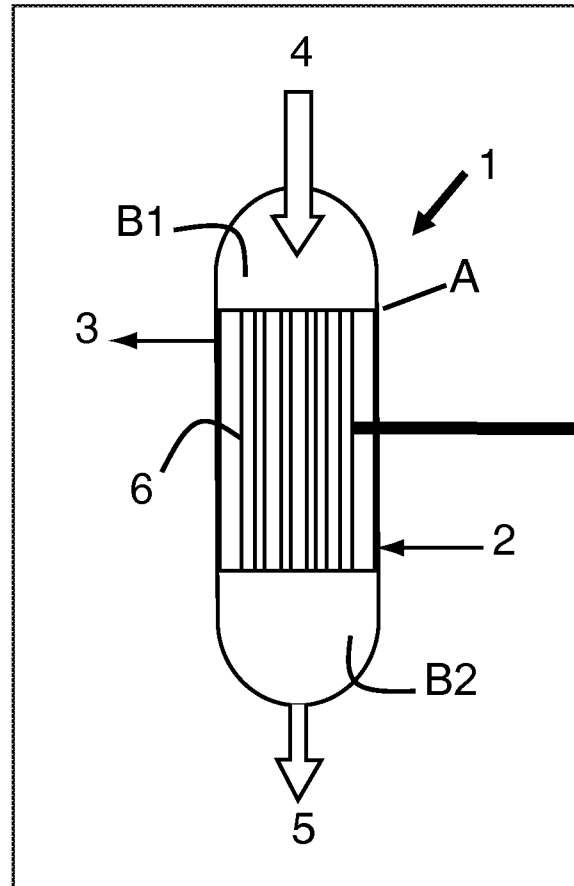


Fig. 2

