

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102011901962664A1

Publication Date

20130112

Applicant

SAIPEM S.P.A.

Title

PIATTO DI REATTORE PER LA PRODUZIONE DI UREA, E REATTORE E
PROCESSO DI PRODUZIONE DI UREA

DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale dal titolo:

"PIATTO DI REATTORE PER LA PRODUZIONE DI UREA, E REATTORE E
PROCESSO DI PRODUZIONE DI UREA"

di SAIPEM S.P.A.

di nazionalità italiana

con sede: VIA MARTIRI DI CEFALONIA, 67

SAN DONATO MILANESE (MI)

Inventori: AVAGLIANO Ugo, CARLESSI Lino

*** ***** ***

La presente invenzione è relativa ad un piatto di reattore per la produzione di urea, nonché ad un reattore e ad un processo di produzione di urea.

Come noto, l'urea è prodotta su scala industriale tramite processi basati sulla reazione tra biossido di carbonio e ammoniaca a formare carbammato d'ammonio, e sulla successiva reazione di decomposizione del carbammato d'ammonio a fornire urea e acqua.

In un tipico reattore per la produzione di urea sono quindi presenti una fase gassosa e una fase liquida che scorrono in equicorrente all'interno di una camera di reazione in pressione.

Allo scopo di incrementare la conversione di ammoniaca e anidride carbonica a carbammato d'ammonio e in seguito ad urea, e quindi la produttività finale di urea, è

noto ricorrere a reattori a piatti.

Un reattore a piatti per la produzione di urea consiste essenzialmente in un involucro (tipicamente cilindrico) che si estende sostanzialmente lungo un asse (normalmente verticale in uso) e al cui interno sono collocati degli elementi, i piatti appunto, costituiti da rispettivi settori metallici opportunamente sagomati e/o forati in modo da suddividere la camera di reazione in comparti e definire particolari percorsi per le sostanze presenti nel reattore.

In generale, i piatti sono sostanzialmente perpendicolari all'asse verticale del reattore e, almeno comunemente, sono disposti lungo l'intera altezza del reattore e in modo equidistante uno dall'altro lungo tale asse.

In molti casi, i piatti sono piatti forati, provvisti cioè di rispettive pluralità di fori variamente disposti e aventi eventualmente diverse geometrie e/o dimensioni.

Preferibilmente, inoltre, i piatti sono costruiti in modo tale da essere introdotti attraverso il cosiddetto "passaggio uomo" ("manhole") di cui sono comunemente forniti i reattori, così da potere essere montati anche su reattori esistenti, e/o essere rimossi e sostituiti. A tale scopo, normalmente, i piatti sono costituiti da più parti unite tra loro.

I piatti assolvono diverse funzioni e in particolare:

- massimizzare il tempo di residenza della fase leggera (più veloce);
- massimizzare l'uniformità di distribuzione dei reagenti lungo la sezione del reattore, evitando il cosiddetto "back mixing" o retromiscelazione;
- favorire la miscelazione tra la fase gassosa e la fase liquida;
- diminuire la cosiddetta "dimensione di bolla" per favorire la diffusione dell'ammoniaca nel biossido di carbonio.

Sono note numerose geometrie e configurazioni dei piatti di un reattore per la produzione di urea.

Reattori a piatti forati per la produzione di urea sono descritti per esempio in EP495418, EP781164, US6444180, US6165315.

Altre geometrie di piatti, destinati ad altre applicazioni, sono mostrate in US3070360 e US3222040.

Le configurazioni note, in particolare quelle oggetto dei documenti sopra citati e specificamente destinate alla produzione di urea, consentono in effetti incrementi di resa finale, permettendo di limitare la retromiscelazione, di contenere le perdite di carico, di assicurare una distribuzione sostanzialmente omogenea della fase leggera (gassosa) e della fase pesante (liquida) dedicando delle

vie preferenziali a ciascuna delle due fasi, di condurre una miscelazione non intensiva (senza scontro) tra un piatto e l'altro.

Tuttavia, le soluzioni note presentano ancora margini di miglioramento.

In generale, infatti, le soluzioni note presentano l'inconveniente di realizzare una miscelazione debole tra le fasi leggera e pesante (entrambe costituite da fluidi supercritici) che, a causa della differenza di densità, tendono a seguire percorsi preferenziali separati; questi percorsi sono definiti dalla specifica configurazione e disposizione dei piatti e, in particolare, dalla geometria e dal posizionamento dei fori, aventi diverse dimensioni e geometrie, sulla superficie dei piatti.

Questo inconveniente non permette, inoltre, di ottenere una elevata conversione finale dei reagenti e di conseguenza limita la produttività di urea.

È pertanto uno scopo della presente invenzione quello di fornire un piatto di reattore, un reattore e un processo per la produzione di urea che siano sostanzialmente privi degli inconvenienti qui evidenziati della tecnica nota; in particolare, è uno scopo del trovato quello di fornire un piatto di reattore, un reattore e un processo di produzione di urea che consentano di ottenere una elevata miscelazione tra la fase gassosa e la fase liquida e una elevata resa

finale di urea.

La presente invenzione è dunque relativa a un piatto di reattore per la produzione di urea come definito in termini essenziali nell'annessa rivendicazione 1.

L'invenzione è inoltre relativa ad un reattore e ad un processo di produzione di urea come definiti in termini essenziali nelle annesse rivendicazioni 13 e, rispettivamente, 16.

Caratteri addizionali preferiti dell'invenzione sono indicati nelle rivendicazioni dipendenti.

La particolare geometria del piatto di reattore in accordo all'invenzione consente di ottenere, in un reattore e un processo di produzione di urea, un elevato grado di miscelazione tra la fase gassosa e la fase liquida e, di conseguenza, anche una elevata resa finale di urea.

Il piatto di reattore del trovato, così come il reattore nel suo complesso, sono poi particolarmente semplici da realizzare ed installare.

Ulteriori caratteristiche e vantaggi della presente invenzione appariranno chiari dalla descrizione che segue di un suo esempio non limitativo di attuazione, con riferimento alle figure dei disegni annessi, in cui:

- la figura 1 è una vista schematica parziale di un reattore di produzione di urea in accordo al trovato;
- la figura 2 è una vista in scala ingrandita di un

dettaglio del reattore di figura 1;

- la figura 3 è una vista in pianta dall'alto del dettaglio di figura 2;

- le figure 4 e 5 sono viste schematiche in pianta di due piatti che possono essere impiegati nel reattore di figura 1.

In figura 1 è illustrata una porzione interna di un reattore 1 di produzione di urea, in particolare un reattore a piatti.

Il reattore 1 comprende un involucro 2, che si estende sostanzialmente lungo un asse X (verticale in uso) e delimita all'interno del reattore 1 una camera di reazione 3, e una serie di piatti 4 (uno solo dei quali mostrato in figura 1) collocati all'interno dell'involucro 2.

Per semplicità non sono illustrati gli ulteriori componenti del reattore 1, quali sistemi di alimentazione e scarico di reagenti e prodotti, sistemi di riscaldamento, di pressurizzazione, eccetera, di per sé noti e che non riguardano la presente invenzione.

L'involucro 2 presenta una parete 5 laterale, per esempio sostanzialmente cilindrica, e una coppia di porzioni di estremità (non illustrate) disposte a rispettive estremità assialmente opposte della parete 5 laterale.

La parete 5 laterale supporta, per esempio tramite staffe 6 o altri elementi di supporto, i piatti 4.

Sebbene in figura 1 sia rappresentato un solo piatto 4, il reattore 1 alloggia una pluralità di piatti 4, sostanzialmente perpendicolari all'asse X e spaziati lungo l'asse X in modo da suddividere la camera di reazione 3 in comparti 7 e definire percorsi per le sostanze presenti nella camera di reazione 3.

Vantaggiosamente, ma non necessariamente, ciascun piatto 4 è formato da più settori 8 componibili e rimovibili, che sono uniti uno all'altro tramite opportuni dispositivi di fissaggio 9.

Con riferimento anche alle figure 2-3, ciascun piatto 4 comprende una piastra 10 di base, avente per esempio forma di disco circolare, e una pluralità di elementi a tazza 11 che si protendono verso il basso dalla piastra 10 di base.

In maggior dettaglio, la piastra 10 di base presenta una faccia 13 superiore ed una faccia 14 inferiore, opposte una all'altra e per esempio sostanzialmente piate e parallele.

La faccia 13 superiore è provvista di una pluralità di aperture 15 delimitate da rispettivi bordi 16 perimetrali che, preferibilmente, sono a filo della faccia 13 superiore.

Gli elementi a tazza 11 si protendono verso il basso dalla faccia 14 inferiore della piastra 10 di base.

Ciascun elemento a tazza 11 è un elemento cavo che si estende verticalmente lungo un asse A sostanzialmente parallelo all'asse X e definisce una cavità 17 interna genericamente concava, comunicante con una rispettiva apertura 15. L'elemento a tazza 11 si estende assialmente tra una estremità 21 superiore aperta, provvista dell'apertura 15, ed una estremità 22 inferiore chiusa.

In particolare, ciascun elemento a tazza 11 comprende una parete laterale 23 e una parete di fondo 24.

Nell'esempio non limitativo illustrato nelle figure 1-3, ma non necessariamente, l'elemento a tazza 11 ha forma genericamente cilindrica: la parete laterale 23 è sostanzialmente cilindrica ed è disposta attorno all'asse A, e la parete di fondo 24 è sostanzialmente circolare e perpendicolare all'asse A.

Gli elementi a tazza 11 possono comunque avere forme diverse da quella qui descritta ed illustrata a puro titolo esemplificativo, in particolare avere pareti laterali 23 inclinate rispetto all'asse A e/o sezione trasversale (perpendicolare all'asse A) non circolare; in altre forme di attuazione non illustrate, per esempio, gli elementi a tazza 11 possono avere forma sostanzialmente tronco-conica, prismatica, tronco-piramidale, eccetera; e/o avere sezione

trasversale, costante o variabile lungo l'asse A, di varia geometria, per esempio sostanzialmente circolare o poligonale; gli elementi a tazza 11 possono anche non avere simmetria centrale come nell'esempio illustrato, ma essere allungati longitudinalmente lungo un asse orizzontale (perpendicolare all'asse A), avendo per esempio forma in pianta sostanzialmente rettangolare, ovale, genericamente oblunga, e pareti laterali 23 sostanzialmente parallele all'asse A o variamente inclinate rispetto all'asse A, per definire ad esempio una serie di risalti sotto la faccia 14 inferiore della piastra 10 di base, paralleli tra loro o variamente disposti uno rispetto all'altro.

In generale, comunque, ciascun elemento a tazza 11 ha l'estremità 21 superiore aperta, provvista dell'apertura 15, e l'estremità 22 inferiore chiusa dalla parete di fondo 24 (priva di fori).

L'orientamento degli elementi a tazza 11, e precisamente la posizione dell'estremità 21 aperta e dell'estremità 22 chiusa, sono determinati dalla normale direzione di scorrimento dei fluidi di processo all'interno della camera di reazione 3; nel reattore 1, come del resto nei reattori comuni di produzione di urea da ammoniaca e biossido di carbonio, circolano fluidi di processo che sono costituiti essenzialmente da una fase gassosa, detta anche fase leggera, e da una fase liquida, detta anche fase

pesante. Entrambe le fasi scorrono genericamente dal basso verso l'alto.

Gli elementi a tazza 11 presentano quindi, nella direzione genericamente assiale (parallela agli assi A e all'asse X) che corrisponde sostanzialmente alla direzione di scorrimento dei fluidi di processo nella camera di reazione 3, prima l'estremità 22 chiusa e poi l'estremità 21 aperta.

Mentre la parete di fondo 24 è priva di fori, la parete laterale 23, comunque sia conformata, è provvista di fori 25 passanti.

Ciascun elemento a tazza 11 presenta quindi fori 25 genericamente trasversali rispetto all'asse A; nell'esempio illustrato, i fori 25 sono fori sostanzialmente radiali rispetto all'asse A.

Su ciascun elemento a tazza 11, i fori 25 hanno diversa dimensione: in particolare, l'elemento a tazza 11 ha fori 25A più piccoli, destinati al passaggio della fase gassosa (leggera), in una zona 26 superiore, più vicina all'estremità 21 superiore aperta, e fori 25B più grandi, destinati al passaggio della fase liquida (pesante), in una zona 27 inferiore, più vicina all'estremità 22 inferiore chiusa.

I fori 25 possono avere forma qualsiasi, non necessariamente circolare: i fori possono per esempio avere

forma circolare, poligonale, ovale, ad asola o feritoia, genericamente oblunga, eccetera.

Nell'esempio mostrato in figura 2 (in cui la disposizione dei fori 25 è mostrata in maggior dettaglio rispetto alla figura 1, dove i fori 25 sono indicati solo schematicamente), i fori 25 sono circolari e l'elemento a tazza 11 comprende un primo gruppo di fori 25A, aventi diametro D1, nella zona 26 superiore, e un secondo gruppo di fori 25B, aventi diametro D2 maggiore del diametro D1, nella zona 27 inferiore.

I fori 25 dei due gruppi sono, preferibilmente, uniformemente distribuiti sulla parete laterale 23 e sono, per esempio, disposti su più file che si succedono e sono regolarmente spaziate una dall'altra in direzione assiale. I fori 25 di file consecutive possono essere allineati (come mostrato ad esempio per i fori 25B più grandi) o sfalsati (come mostrato ad esempio per i fori 25A più piccoli).

A titolo esemplificativo, i fori 25A del primo gruppo, più piccoli, hanno diametro D1 compreso tra circa 2 e circa 20 mm e preferibilmente tra circa 2 e circa 4 mm; i fori 25A della prima fila del gruppo (cioè della fila più vicina all'estremità 21 superiore aperta del'elemento a tazza 11 e alla faccia 14 della piastra 10 di base) sono disposti ad una distanza maggiore o uguale a circa 1 mm e

preferibilmente di circa 15÷20 mm dalla faccia 14 inferiore della piastra 10 di base.

Resta inteso che le misure fornite sono puramente indicative; in caso di fori 25 non circolari, le misure fornite possono essere riferite, anziché al diametro dei fori, al diametro equivalente (o diametro idraulico: diametro che avrebbe una sezione circolare di uguale area).

Opzionalmente, i fori 25A del primo gruppo sono inclinati rispetto alla parete laterale 23; in particolare, i fori sono inclinati di circa 30° verso l'interno e, preferibilmente, verso il basso rispetto alla perpendicolare alla parete laterale 23; resta inteso che i fori 25A possono avere una inclinazione diversa da quella qui indicata, anche verso l'alto rispetto alla perpendicolare alla parete laterale 23; l'inclinazione dei fori 25A è determinata anche a seconda dello spessore della parete laterale 23 e serve a garantire che nei fori 25A passi essenzialmente o prevalentemente la sola fase gassosa.

I fori 25B del secondo gruppo, più grandi, hanno diametro D2 compreso tra circa 4 e circa 30 mm e preferibilmente tra circa 4 e circa 8 mm; la fila di fori 25B più vicina all'estremità 22 inferiore si trova ad una distanza dalla parete di fondo 24 maggiore o uguale a 0 mm, per garantire il passaggio della fase liquida.

La distanza a cui è disposta la prima fila dei fori 25A per la fase gassosa (la fila cioè più vicina alla faccia 14 inferiore della piastra 10 di base) è importante per determinare una buona distribuzione della fase gassosa sotto il piatto 4, e precisamente sotto la faccia 14 inferiore della piastra di base 10, grazie alla formazione di un uniforme "cappello" di fase gassosa.

In pratica, in ciascun comparto 7, entrambe le fasi gassosa e liquida dei fluidi di processo si muovono genericamente in direzione sostanzialmente assiale (parallela all'asse X) dal basso verso l'alto, accumulandosi contro la faccia 14 inferiore del piatto 4 fino a raggiungere un battente di altezza pari alla distanza tra la faccia 14 inferiore della piastra 10 di base e la prima fila di fori 25A. La fase gassosa transita quindi prevalentemente attraverso i fori 25A, in direzione sostanzialmente radiale rispetto agli assi A degli elementi a tazza 11, o comunque genericamente trasversale rispetto all'asse X (verticale) del reattore 1; la fase liquida, più pesante della fase gassosa, attraversa, una volta raggiunto il battente sufficiente, i fori 25B, posti più in basso dei fori 25A, sempre in direzione genericamente trasversale rispetto all'asse X (verticale) del reattore 1; entrambe le fasi risalgono poi all'interno della cavità 17, dove avviene la miscelazione locale tra fase liquida e fase

gassosa, passando al comparto 7 successivo attraverso l'apertura 15.

In questo modo, grazie alla particolare geometria in accordo al trovato, i fluidi di processo sono obbligati, seguendo i percorsi disegnati dal posizionamento dei fori 25, ad entrare radialmente in ciascun elemento a tazza 11, assicurando l'importante miscelazione fra le fasi; gli elementi a tazza 11 svolgono quindi la funzione di miscelatori locali.

Negli esempi non limitativi mostrati nelle figure 4-5, gli elementi a tazza 11 (e le aperture 15) sono distribuiti sulla piastra 10 di base secondo uno schema regolare, per esempio uniformemente spazati con passo quadrato; in particolare, gli elementi a tazza 11 sono distribuiti con passo L compreso tra circa $2D$ e $5/2D$ (dove D è il diametro degli elementi a tazza 11), per favorire la realizzazione dei settori 8. In altre forme di attuazione non illustrate, invece, gli elementi a tazza 11 sono distribuiti sulla piastra 10 di base secondo schemi diversi, anche non regolari, e/o con passo diverso da quello indicato.

Preferibilmente, il numero di elementi a tazza 11 è variabile da 12 a 18 per metro quadro, in funzione del numero di fori 25.

Il numero di fori 25 dei due gruppi (cioè per il

passaggio delle due fasi) è selezionato in funzione del numero di elementi a tazza 11 presenti sul piatto 4, che è a sua volta stabilito in funzione del diametro del piatto 4 e della posizione del piatto 4 all'interno del reattore 1; in generale, i vari parametri geometrici del piatto 4 (in particolare dimensione dei fori 25, numero di fori 25, numero degli elementi a tazza 11) sono stabiliti in modo tale da avere una sezione di passaggio complessiva per la fase gassosa (in altri termini, un'area complessiva dei fori 25A) compresa tra circa 0 e circa 20%, e preferibilmente tra circa 0 e circa 4%, dell'area totale del piatto 4, e una sezione di passaggio complessiva per la fase liquida (in altri termini, un'area complessiva dei fori 25B) compresa tra circa 1% e circa 20%, e preferibilmente tra circa 1% e circa 5%, dell'area totale del piatto 4, anche a seconda della posizione del piatto 4 all'interno del reattore 1.

In generale, le sezioni di passaggio complessive per la fase gassosa e per la fase liquida (e quindi le aree complessive dei fori 25A e 25B) possono variare a seconda della posizione del piatto 4 nel reattore 1: piatti 4 disposti ad altezze diverse nel reattore 1 possono avere, e preferibilmente hanno, sezioni di passaggio complessive per la fase gassosa e per la fase liquida diverse uno rispetto agli altri: in particolare, passando da un piatto 4

all'altro dal basso verso l'alto, la sezione di passaggio complessiva per la fase gassosa diminuisce (potendo anche ridursi praticamente a zero nel piatto 4 più in alto), mentre la sezione di passaggio complessiva per la fase liquida aumenta.

Non vi sono fori per il passaggio diretto di fluidi da un comparto 7 all'altro sulla superficie del piatto 4 (precisamente, della piastra 10 di base), né sulle pareti di fondo 24 degli elementi a tazza 11, in modo tale da evitare di creare percorsi preferenziali alle due fasi.

Sulla superficie del piatto 4 (ma non sulle pareti di fondo 24 degli elementi a tazza 11) possono però essere presenti dei fori 28 antiristagno, aventi la funzione di evitare la formazione di sacche di gas ristagnante che possono essere causa di fenomeni di corrosione; i fori 28 antiristagno (solo uno dei quali è schematicamente illustrato in figura 1) hanno diametro inferiore a entrambi i diametri D1 e D2 dei fori 25 per il passaggio delle fasi gassosa e liquida, preferibilmente intorno a 2 mm, e sono anche in numero inferiore, indicativamente di almeno un ordine di grandezza, dei fori 25, sempre allo scopo di evitare di creare percorsi preferenziali dei fluidi.

In uso, in attuazione del processo di produzione di urea in accordo al trovato, all'interno del reattore 1 si conduce la reazione tra ammoniaca e biossido di carbonio,

in opportune condizioni di pressione e temperatura; in particolare, la fase liquida contenente ammoniaca e la fase gassosa contenente biossido di carbonio sono circolate in equicorrente dal basso verso l'alto nella camera di reazione 3, attraversando in successione i comparti 7 separati uno dall'altro dai piatti 4.

Come descritto in precedenza, in ciascun comparto 7 entrambe le fasi liquida e gassosa risalgono in direzione sostanzialmente assiale (parallela all'asse X) e si accumulano contro la faccia 14 inferiore del piatto 4; la fase gassosa entra poi nelle cavità 17 degli elementi a tazza 11 prevalentemente attraverso i fori 25A, mentre la fase liquida entra nella cavità 17 prevalentemente attraverso i fori 25B; nelle cavità 17 le due fasi si miscelano localmente, passando quindi al comparto 7 successivo.

Resta infine inteso che al piatto di reattore, al reattore e al processo qui descritti ed illustrati possono essere apportate ulteriori modifiche e varianti che non escono dall'ambito delle annesse rivendicazioni.

RIVENDICAZIONI

1. Piatto (4) di reattore per la produzione di urea, comprendente almeno una piastra (10) di base e una pluralità di elementi a tazza (11) cavi, che si protendono verticalmente dalla piastra (10) di base lungo rispettivi assi (A) sostanzialmente paralleli tra loro e perpendicolari alla piastra (10) di base e sono provvisti di rispettive cavità (17) interne genericamente concave, comunicanti con rispettive aperture (15) formate nella piastra (10) di base; il piatto (4) essendo caratterizzato dal fatto che ciascun elemento a tazza (11) si estende assialmente tra una estremità (21) superiore aperta, provvista dell'apertura (15), e una estremità (22) inferiore chiusa; e ciascun elemento a tazza (11) comprende una parete laterale (23) provvista di fori (25) passanti sostanzialmente trasversali rispetto all'asse (A), e una parete di fondo (24) che chiude l'estremità (22) inferiore ed è priva di fori.

2. Piatto di reattore secondo la rivendicazione 1, in cui la parete laterale (23) di ciascun elemento a tazza (11) è provvista di primi fori (25A), destinati prevalentemente al passaggio di una fase gassosa, e secondi fori (25B), destinati prevalentemente al passaggio di una fase liquida, tutti sostanzialmente trasversali rispetto all'asse (A); i primi fori (25A) essendo collocati più

Daniele CERNUZZI
(Iscrizione Albo nr. 959/BM)

vicino all'estremità (21) superiore aperta rispetto ai secondi fori (25B).

3. Piatto di reattore secondo la rivendicazione 2, in cui i primi fori (25A) e i secondi fori (25B) hanno rispettive dimensioni diverse gli uni dagli altri.

4. Piatto di reattore secondo la rivendicazione 2 o 3, in cui i primi fori (25A) hanno dimensioni minori dei secondi fori (25B).

5. Piatto di reattore secondo una delle rivendicazioni da 2 a 4, in cui i primi fori (25A) sono collocati in una zona (26) superiore dell'elemento a tazza (11), prossima all'estremità (21) superiore aperta; e i secondi fori (25B) sono collocati in una zona (27) inferiore dell'elemento a tazza (11), prossima all'estremità (22) inferiore chiusa.

6. Piatto di reattore secondo una delle rivendicazioni da 2 a 5, in cui i primi fori (25A) hanno diametro (D1) compreso tra circa 2 e circa 20 mm e preferibilmente tra circa 2 e circa 4 mm; e i secondi fori (25B) hanno diametro (D2) compreso tra circa 4 e circa 30 mm e preferibilmente tra circa 4 e circa 8 mm.

7. Piatto di reattore secondo una delle rivendicazioni da 2 a 6, in cui i primi fori (25A) sono disposti su una o più file che si succedono in direzione assiale, e la fila più vicina all'estremità (21) superiore

Daniele CERNUZZI
(Iscrizione Albo nr. 959/BM)

aperta è disposta ad una distanza maggiore o uguale a circa 1 mm, e preferibilmente di circa 15÷20 mm, da una faccia (14) inferiore della piastra (10) di base.

8. Piatto di reattore secondo una delle rivendicazioni da 2 a 7, in cui i primi fori (25A) sono inclinati rispetto alla parete laterale (23).

9. Piatto di reattore secondo una delle rivendicazioni da 2 a 8, in cui i secondi fori (25B) sono disposti su una o più file che si succedono in direzione assiale, e la fila più vicina all'estremità (22) inferiore chiusa è disposta ad una distanza dalla parete di fondo (24) maggiore o uguale a 0 mm.

10. Piatto di reattore secondo una delle rivendicazioni da 2 a 9, in cui le dimensioni e il numero dei primi e dei secondi fori (25A, 25B) e il numero degli elementi a tazza (11) sono tali da avere un'area complessiva dei primi fori (25A) compresa tra circa 0% e circa 20%, e preferibilmente compresa tra circa 0% e circa 4%, dell'area totale del piatto (4), e un'area complessiva dei secondi fori (25B) compresa tra circa 1% e circa 20%, e preferibilmente compresa tra circa 1% e circa 5%, dell'area totale del piatto (4).

11. Piatto di reattore secondo una delle rivendicazioni precedenti, in cui gli elementi a tazza (11) hanno forma genericamente cilindrica.

Daniele CERNUZZI
(Iscrizione Albo nr. 959/BM)

12. Piatto di reattore secondo una delle rivendicazioni precedenti, in cui gli elementi a tazza (11) sono distribuiti sulla piastra (10) di base con passo quadrato, compreso tra circa $2D$ e $5/2D$ dove D è il diametro degli elementi a tazza (11).

13. Reattore (1) per la produzione di urea, comprendente un involucro (2), che si estende sostanzialmente lungo un asse (X) verticale e delimita una camera di reazione (3), e una serie di piatti (4) di reattore collocati all'interno dell'involucro (2) in mutua relazione spaziale uno con l'altro; il reattore (1) essendo caratterizzato dal fatto che i piatti (4) sono piatti secondo una delle rivendicazioni precedenti.

14. Reattore secondo la rivendicazione 13, in cui ciascun piatto (4) è collocato in modo tale che la piastra (10) di base sia sostanzialmente perpendicolare all'asse (X) e gli elementi a tazza (11) si protendano verso il basso dalla piastra (10) di base, così che gli elementi a tazza (11) presentino, nella direzione assiale verticale dal basso verso l'alto che corrisponde sostanzialmente alla direzione di scorrimento normale dei fluidi di processo nella camera di reazione (3), prima l'estremità (22) chiusa e poi l'estremità (21) aperta.

15. Reattore secondo la rivendicazione 13 o 14, in cui piatti (4) disposti ad altezze diverse lungo l'asse (X)

Daniele CERNUZZI
(Iscrizione Albo nr. 959/BM)

hanno rispettivi primi fori (25A) e secondi fori (25B), destinati prevalentemente al passaggio di una fase gassosa e, rispettivamente, di una fase liquida, e aventi aree complessive, definenti rispettive sezioni di passaggio complessive per la fase gassosa e per la fase liquida, diverse a seconda della posizione del piatto (4) nel reattore (1); e in cui l'area complessiva dei primi fori (25A) diminuisce da un piatto (4) all'altro dal basso verso l'alto, mentre l'area complessiva dei secondi fori (25B) aumenta da un piatto (4) all'altro dal basso verso l'alto.

16. Processo di produzione di urea, comprendente le fasi di: condurre una reazione tra ammoniaca e biossido di carbonio in un reattore (1), facendo fluire una fase liquida contenente ammoniaca ed una fase gassosa contenente biossido di carbonio in equicorrente dal basso verso l'alto nel reattore, attraverso comparti (7) separati uno dall'altro da piatti (4); il processo essendo caratterizzato dal fatto che la fase gassosa e la fase liquida transitano da un comparto (7) al successivo attraversando fori (25) trasversali formati attraverso pareti laterali (23) di una pluralità di elementi a tazza (11) cavi che si protendono inferiormente da ciascun piatto (4) lungo rispettivi assi (A) tra rispettive estremità (21) superiori aperte e rispettive estremità (22) inferiori chiuse; gli elementi a tazza (11) avendo rispettive

Daniele CERNUZZI
(Iscrizione Albo nr. 959/BM)

estremità (22) inferiori chiuse da pareti di fondo (24) prive di fori, in modo tale che dette fasi entrino in ciascun elemento a tazza (11) solo in direzione trasversale agli assi (A) attraverso detti fori (25) trasversali.

17. Processo secondo la rivendicazione 16, comprendente le fasi di:

- fare fluire la fase gassosa prevalentemente attraverso primi fori (25A) formati attraverso le pareti laterali (23) degli elementi a tazza (11);
- fare fluire la fase liquida prevalentemente attraverso secondi fori (25B), anch'essi formati nelle pareti laterali (23) degli elementi a tazza (11) e collocati più in basso dei primi fori (25A) sulle pareti laterali (23).

18. Processo secondo la rivendicazione 17, in cui i primi fori (25A) e i secondi fori (25B) hanno rispettive dimensioni diverse gli uni dagli altri.

19. Processo secondo la rivendicazione 17 o 18, in cui i primi fori (25A) hanno dimensioni minori dei secondi fori (25B).

20. Processo secondo una delle rivendicazioni da 17 a 19, in cui i primi fori (25A) hanno diametro (D1) compreso tra circa 2 e circa 20 mm e preferibilmente tra circa 2 e circa 4 mm; e i secondi fori (25B) hanno diametro (D2) compreso tra circa 4 e circa 30 mm e preferibilmente tra circa 4 e circa 8 mm.

Daniele CERNUZZI
(Iscrizione Albo nr. 959/BM)

21. Processo secondo una delle rivendicazioni da 17 a 20, in cui i primi fori (25A) sono disposti su una o più file che si succedono in direzione assiale, e la fila più vicina all'estremità (21) superiore aperta è disposta ad una distanza maggiore o uguale a circa 1 mm, e preferibilmente di circa 15÷20 mm, da una faccia (14) inferiore della piastra (10) di base.

22. Processo secondo una delle rivendicazioni da 17 a 21, in cui i primi fori (25A) sono inclinati rispetto alla parete laterale (23).

23. Processo secondo una delle rivendicazioni da 17 a 22, in cui i secondi fori (25B) sono disposti su una o più file che si succedono in direzione assiale, e la fila più vicina all'estremità (22) inferiore chiusa è disposta ad una distanza dalla parete di fondo (24) maggiore o uguale a circa 0 mm.

24. Processo secondo una delle rivendicazioni da 17 a 23, in cui le dimensioni e il numero dei primi e dei secondi fori (25A, 25B) e il numero degli elementi a tazza (11) sono tali da avere un'area complessiva dei primi fori (25A) compresa tra circa 0% e circa 20%, e preferibilmente tra circa 0% e circa 4%, dell'area totale del piatto (4), e un'area complessiva dei secondi fori (25B) compresa tra circa 1% e circa 20%, e preferibilmente circa 1% e circa 5%, dell'area totale del piatto (4).

Daniele CERNUZZI
(Iscrizione Albo nr. 959/BM)

25. Processo secondo la rivendicazione 24, in cui piatti (4) disposti ad altezze diverse lungo l'asse (X) hanno diverse aree complessive dei primi fori (25A) e dei secondi fori (25B), e quindi diverse sezioni di passaggio complessive per la fase gassosa e per la fase liquida; e in cui l'area complessiva dei primi fori (25A) diminuisce da un piatto (4) all'altro dal basso verso l'alto, mentre l'area complessiva dei secondi fori (25B) aumenta da un piatto (4) all'altro dal basso verso l'alto.

p.i.: SAIPEM S.P.A.
Daniele CERNUZZI

Daniele CERNUZZI
(Iscrizione Albo nr. 959/BM)

CLAIMS

1. A reactor tray (4) for production of urea, comprising at least one base plate (10) and a plurality of hollow cup elements (11), that project vertically from the base plate (10) along respective axes (A) substantially parallel to one another and perpendicular to the base plate (10) and are provided with respective generically concave inner cavities (17), communicating with respective openings (15) formed in the base plate (10); the tray (4) being characterized in that each cup element (11) extends axially between an upper open end (21), provided with the opening (15), and a lower closed end (22); and each cup element (11) comprises a lateral wall (23), provided with through holes (25) substantially transversal with respect to the axis (A), and a bottom wall (24), that closes the lower end (22) and is without holes.

2. A reactor tray according to claim 1, wherein the lateral wall (23) of each cup element (11) is provided with first holes (25A), predominantly intended for flow of a gas phase, and second holes (25B), predominantly intended for flow of a liquid phase, all substantially transversal with respect to the axis (A); the first holes (25A) being positioned closer to the upper open end (21) than the second holes (25B).

3. A reactor tray according to claim 2, wherein the

Daniele CERNUZZI
(Iscrizione Albo nr. 959/BM)

first holes (25A) and the second holes (25B) have respective dimensions different from one another.

4. A reactor tray according to claim 2 or 3, wherein the first holes (25A) have dimensions smaller than the second holes (25B).

5. A reactor tray according to one of claims 2 to 4, wherein the first holes (25A) are positioned in an upper zone (26) of the cup element (11), close to the upper open end (21); and the second holes (25B) are positioned in a lower zone (27) of the cup element (11), close to the lower closed end (22).

6. A reactor tray according to one of claims 2 to 5, wherein the first holes (25A) have diameter (D1) ranging between about 2 and about 20 mm and preferably between about 2 and about 4 mm; and the second holes (25B) have diameter (D2) ranging between about 4 and about 30 mm and preferably between about 4 and about 8 mm.

7. A reactor tray according to one of claims 2 to 6, wherein the first holes (25A) are set on one or more rows that follow one another in axial direction, and the row closer to the upper open end (21) is positioned at a distance greater than or equal to about 1 mm, and preferably of about 15÷20 mm, from a lower face (14) of the base plate (10).

8. A reactor tray according to one of claims 2 to 7,

Daniele CERNUZZI
(Iscrizione Albo nr. 959/BM)

wherein the first holes (25A) are slanted with respect to the lateral wall (23).

9. A reactor tray according to one of claims 2 to 8, wherein the second holes (25B) are set on one or more rows that follow one another in axial direction, and the row closer to the lower closed end (22) is positioned at a distance from the bottom wall (24) greater than or equal to 0 mm.

10. A reactor tray according to one of claims 2 to 9, wherein dimensions and numbers of the first and second holes (25A, 25B) and number of the cup elements (11) are such as to have a total area of the first holes (25A) ranging between about 0% and about 20%, and preferably between about 0% and about 4%, of the total area of the tray (4), and a total area of the second holes (25B) ranging between about 1% and about 20%, and preferably between about 1% and about 5%, of the total area of the tray (4).

11. A reactor tray according to one of the preceding claims, wherein the cup elements (11) have a generically cylindrical shape.

12. A reactor tray according to one of the preceding claims, wherein the cup elements (11) are arranged on the base plate (10) with a square pitch, ranging between about $2D$ and $5/2D$, where D is the diameter of the cup elements

Daniele CERNUZZI
(Iscrizione Albo nr. 959/BM)

(11).

13. Reactor (1) for production of urea, comprising a shell (2), that extends substantially along a vertical axis (X) and delimits a reaction chamber (3), and a series of reactor trays (4) set inside the shell (2) in mutually spaced relationship; the reactor (1) being characterized in that the trays (4) are trays according to one of the preceding claims.

14. A reactor according to claim 13, wherein each tray (4) is set in such a way the base plate (10) is substantially perpendicular to the axis (X) and the cup elements (11) project downwards from the base plate (10), so as the cup elements (11) have, in an upward vertical axial direction that substantially corresponds to the normal flow direction of process fluids in the reaction chamber (3), first the closed end (22) and then the open end (21).

15. A reactor according to claim 13 or 14, wherein trays (4) set at different heights along the axis (X) have respective first holes (25A) and second holes (25B), predominantly intended for flow of a gas phase and a liquid phase respectively, and having respective total areas, defining respective total flow sections for the gas phase and the liquid phase, different according to the position of the tray (4) in the reactor (1); and wherein the total

area of the first holes (25A) decreases upwards from a tray (4) to another, while the total area of the second holes (25B) increases upwards from a tray (4) to another.

16. A process for production of urea, comprising the steps of: reacting ammonia and carbon dioxide in a reactor (1), by flowing a liquid phase containing ammonia and a gas phase containing carbon dioxide co-currently upwards in the reactor, through compartments (7) separated from one another by trays (4); the process being characterized in that the gas phase and the liquid phase pass from a compartment (7) to the next by crossing through transverse holes (25) formed through lateral walls (23) of a plurality of hollow cup elements (11) that project inferiorly from each tray (4) along respective axes (A) between respective upper open ends (21) and respective lower closed ends (22); the cup elements (11) having respective lower ends (22) closed by bottom walls (24) without holes, so as said phases enter each cup element (11) only in a direction transverse to the axes (A) through said transverse holes (25).

17. A process according to claim 16, comprising the steps of:

- flowing the gas phase predominantly through first holes (25A) formed in the lateral walls (23) of the cup elements (11);

Daniele CERNUZZI
(Iscrizione Albo nr. 959/BM)

- flowing the liquid phase predominantly through second holes (25B), also formed in the lateral walls (23) of the cup elements (11) and positioned lower than the first holes (25A) on the lateral walls (23).

18. A process according to claim 17, wherein the first holes (25A) and the second holes (25B) have respective dimensions different from one another.

19. A process according to claim 17 or 18, wherein the first holes (25A) have dimensions smaller than the second holes (25B).

20. A process according to one of claims 17 to 19, wherein the first holes (25A) have diameter (D1) ranging between about 2 and about 20 mm and preferably between about 2 and about 4 mm; and the second holes (25B) have diameter (D2) ranging between about 4 and about 30 mm and preferably between about 4 e about 8 mm.

21. A process according to one of claims 17 to 20, wherein the first holes (25A) are set on one or more rows that follow one another in axial direction, and the row closer to the upper open end (21) is positioned at a distance greater than or equal to about 1 mm, and preferably of about 15÷20 mm, from a lower face (14) of the base plate (10).

22. A process according to one of claims 17 to 21, wherein the first holes (25A) are slanted with respect to

the lateral wall (23).

23. A process according to one of claims 17 to 22, wherein the second holes (25B) are set on one or more rows that follow one another in axial direction, and the row closer to the lower closed end (22) is positioned at a distance from the bottom wall (24) greater than or equal to 0 mm.

24. A process according to one of claims 17 to 23, wherein dimensions and numbers of the first and second holes (25A, 25B) and number of the cup elements (11) are such as to have a total area of the first holes (25A) ranging between about 0% and about 20%, and preferably between about 0% and about 4%, of the total area of the tray (4), and a total area of the second holes (25B) ranging between about 1% and about 20%, and preferably between about 1% and about 5%, of the total area of the tray (4).

25. A process according to claim 24, wherein trays (4) set at different heights along the axis (X) have different total areas of the first holes (25A) and the second holes (25B), and hence different total flow sections for the gas phase and the liquid phase; and wherein the total area of the first holes (25A) decreases upwards from a tray (4) to another, while the total area of the second holes (25B) increases upwards from a tray (4) to another.

FIG. 1

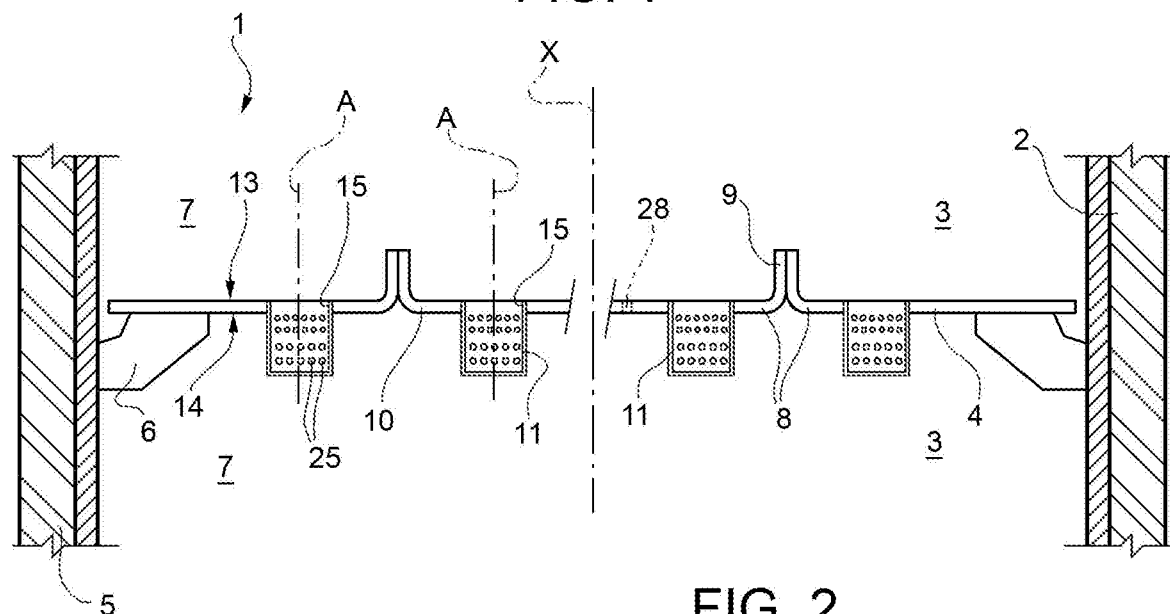


FIG. 2

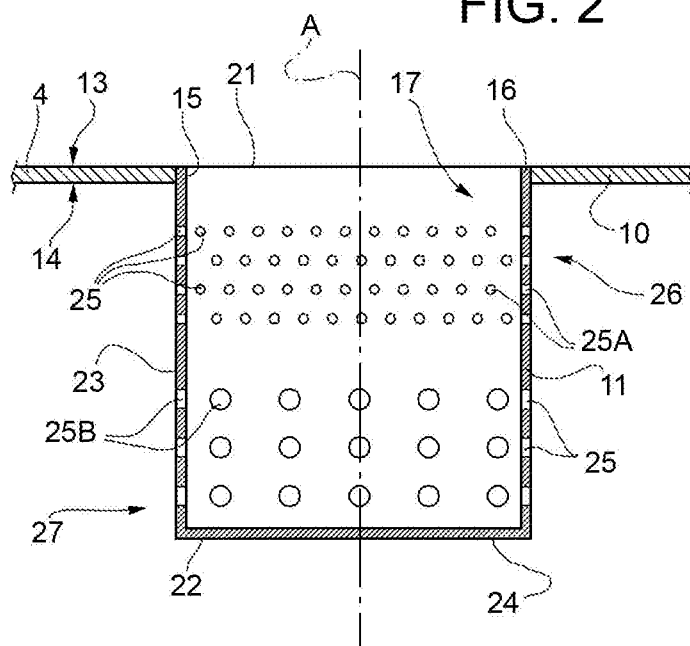


FIG. 3

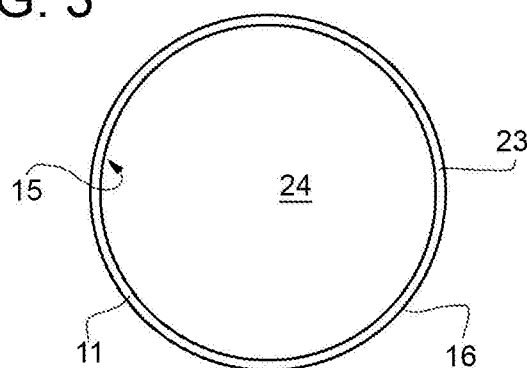


FIG. 4

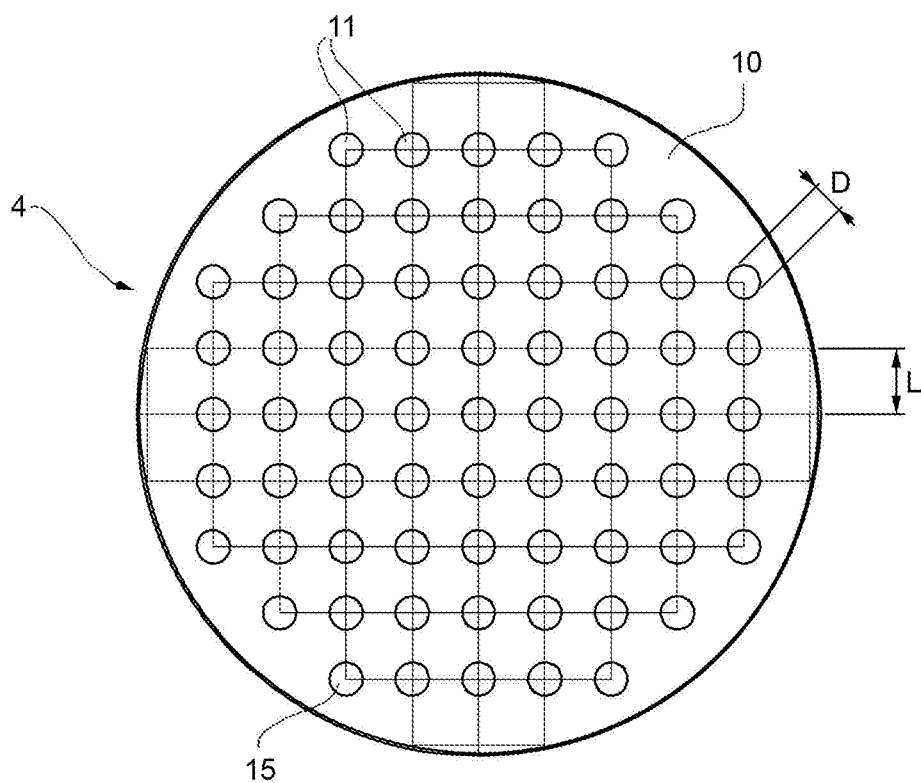


FIG. 5

