



República Federativa do Brasil
Ministério da Indústria, Comércio Exterior
e Serviços
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0800762-4 B1

(22) Data do Depósito: 25/03/2008

(45) Data de Concessão: 01/08/2017



(54) Título: MÉTODO PARA MODERNIZAÇÃO DE UMA INSTALAÇÃO DE PRODUÇÃO DE URÉIA

(51) Int.Cl.: C07C 273/04; C07C 273/00

(30) Prioridade Unionista: 29/03/2007 EP 07006566.9

(73) Titular(es): UREA CASALE S.A

(72) Inventor(es): FEDERICO ZARDI

"MÉTODO PARA MODERNIZAÇÃO DE UMA INSTALAÇÃO DE PRODUÇÃO DE URÉIA"

Campo de Aplicação

5 A presente invenção refere-se a um método para modernização de uma instalação para produção de uréia, de acordo com o processo de extração por meio de dióxido de carbono.

Mais especificamente, a invenção refere-se a um
10 método para modernização de uma instalação para produção de uréia, do tipo que compreende:

- um reator para a síntese da uréia;
- meios para alimentação de amônia e dióxido de carbono ao reator para síntese de uréia;
- 15 - uma unidade de extração com uso de dióxido de carbono, para submissão de uma mistura reacional compreendendo uréia, carbamato e amônia livre em solução aquosa, a qual deixa o reator para um tratamento de decomposição parcial do carbamato e separação parcial da amônia livre, dessa
20 forma, obtendo um fluxo que compreende amônia e dióxido de carbono na fase vapor e um fluxo compreendendo uréia e carbamato residual em solução aquosa, respectivamente;
- uma seção de recuperação para o fluxo que compreende uréia e carbamato residual em solução aquosa, o qual deixa
25 a unidade de extração para separação da uréia do carbamato residual em solução aquosa;
- pelo menos, uma unidade de condensação do tipo filme, compreendendo um feixe de tubos para submeter a uma

condensação parcial o fluxo que compreende amônia e dióxido de carbono na fase vapor que sai da unidade de extração, dessa forma, obtendo um fluxo líquido que compreende carbamato em solução aquosa e um fluxo gasoso compreendendo amônia e dióxido de carbono na fase vapor; e

5 - meios para, respectivamente, alimentar o fluxo que compreende carbamato em solução aquosa e o fluxo que compreende amônia e dióxido de carbono na fase vapor ao reator, para proporcionar a síntese da uréia.

10 Na descrição seguinte e reivindicações anexas, o termo "modernização" é idealizado de significar a modificação de uma instalação já existente, com o objetivo de melhorar o seu desempenho e a obtenção, por exemplo, de um aumento da capacidade de produção e/ou do rendimento de

15 conversão e/ou de uma redução do consumo de energia.

Na descrição seguinte e reivindicações anexas, o termo "unidade de condensação do tipo filme" é idealizado de significar um dispositivo em que a condensação da fase gasosa ocorre em um filme líquido, fluindo descendentemente

20 no interior de uma pluralidade de tubos, no mesmo sentido do fluxo gasoso. O filme líquido circula em contato com a parede do tubo, enquanto a fase gasosa circula no interior dos tubos.

De acordo com um adicional aspecto, a presente

25 invenção também se refere a um processo para produção de uréia, bem como, a uma instalação para execução de tal processo.

Estado da Técnica

Métodos para modernização de instalações existentes para produção de uréia, mediante um processo de extração com dióxido de carbono, têm sido recentemente estabelecidos no presente campo técnico.

Em particular, o documento de patente EP 1036787 divulga um método para modernização de uma instalação para produção de uréia conforme indicado acima, em que o fluxo que compreende amônia e dióxido de carbono na fase vapor proveniente da unidade de extração é separado em uma porção menor e uma porção maior. A porção menor é enviada diretamente ao reator de síntese para controlar a temperatura reacional interna do mesmo (balanço térmico, enquanto a porção maior é enviada para a unidade de condensação).

Além disso, a unidade de condensação previamente existente tipo filme é modificada e, em particular, é transformada em uma unidade de condensação do tipo submersa, para submeter a porção principal à condensação substancialmente total do fluxo que compreende amônia e dióxido de carbono na fase vapor que sai da unidade de extração, obtendo, dessa forma, um fluxo que compreende uréia e carbamato em solução aquosa.

Desse modo, se obtêm um maior rendimento de conversão e uma maior capacidade de produção, graças ao fato de ser usada uma unidade de condensação do tipo submersa, a qual proporciona uma maior eficiência que a unidade de condensação do tipo filme.

Na descrição seguinte e reivindicações anexas, o termo "unidade de condensação do tipo submersa" é idealizado de significar um dispositivo em que a fase líquida preenche (submerge) o feixe de tubos e em que a condensação da fase gasosa ocorre mediante passagem através de tal fase líquida. Em outras palavras, nesse caso, a unidade de condensação opera tendo os tubos dos feixes cheios de líquido, o que é diferente da unidade de condensação do tipo filme, onde os tubos são substancialmente vazios.

Embora vantajoso sob diversos aspectos, existe uma constante necessidade no presente campo técnico de proporcionar outros métodos para modernização da instalação acima mencionada, que sejam capazes de atender às necessidades específicas, obtendo, ao mesmo tempo, uma alta capacidade de produção e/ou rendimento de conversão, apresentando baixos custos de investimento e operação, assim como, um baixo consumo de energia.

20 Resumo da Invenção

O problema técnico que fundamenta a presente invenção, portanto, é de prover um método para modernização de uma instalação para produção de uréia mediante extração com dióxido de carbono, permitindo obter uma alta capacidade de produção e rendimento de conversão, apresentando um baixo consumo de energia e baixos custos de investimento e sendo tecnicamente fácil de ser implementada.

De acordo com a presente invenção, esse problema é solucionado através de um método do tipo acima mencionado, o qual compreende ainda a etapa de:

- proporcionar na dita pelo menos uma unidade de 5 condensação, meios para submeter a uma condensação substancialmente total, pelo menos, uma porção do fluxo que compreende amônia e dióxido de carbono na fase vapor que sai da unidade de extração, obtendo um fluxo que compreende uréia e carbamato em solução aquosa;
- 10 sendo ainda caracterizado por compreender as etapas de:
 - proporcionar uma segunda unidade de extração;
 - proporcionar meios para alimentação de uma primeira porção do fluxo da mistura reacional que compreende uréia, carbamato e amônia livre em solução aquosa que sai do 15 reator, para a dita unidade de extração;
 - proporcionar meios para alimentação de uma segunda porção de um fluxo da mistura reacional que compreende uréia, carbamato e amônia livre em solução aquosa que sai do reator, para a dita segunda unidade de extração; e
- 20 - proporcionar meios para alimentação de pelo menos uma porção de um fluxo que compreende amônia e dióxido de carbono na fase vapor que sai da dita segunda unidade de extração, diretamente para o reator de síntese.

A principal vantagem do método de modernização de 25 acordo com a presente invenção é a obtenção de uma substancial desobstrução do equipamento de seção de alta pressão a jusante do reator de síntese, o que é particularmente significativo em instalações de grandes

dimensões.

No presente contexto, a presente invenção permite, de um lado, um acentuado aumento do coeficiente de troca e, portanto, eficiência da unidade de condensação
5 previamente existente e, por outro lado, uma acentuada melhoria da eficiência e capacidade de processamento (extração) da mistura reacional que sai do reator de síntese, tal melhoria sendo obtida mediante simples adição de uma nova unidade de extração a jusante do reator.

10 Isto resulta numa maior capacidade global de produção e maior rendimento de conversão do que aqueles encontrados nas instalações descritas pelo estado da técnica.

Além disso, o resultado acima é alcançado de uma
15 maneira simples e efetiva, com mínimas intervenções na seção de síntese de alta pressão da instalação existente e com um limitado consumo de energia.

20 Conseqüentemente, os custos de investimento, de implantação e operacionais requeridos pelo método de modernização de acordo com a invenção são também limitados ou baixos.

No presente contexto deve ser observado que, graças à presente invenção, a unidade de condensação
25 previamente existente não é atualizada nem substituída por novos equipamentos, mas, de forma vantajosa, preservada, necessitando somente de pequenas modificações internas da(s) unidade(s) de condensação, de tal modo a se obter uma condensação substancialmente total da fase gasosa ali

alimentada. Além disso, a adição de uma unidade de extração a jusante do reator de síntese requer menores custos de investimento que aqueles requeridos pela modificação da unidade de extração existente, de modo a aumentar a sua
5 capacidade.

Em conseqüência, os custos de investimento, de implantação e operacionais requeridos pelo método de modernização de acordo com a invenção são também baixos.

Além disso, graças ao fato de se proporcionar
10 meios para alimentação de pelo menos uma porção do fluxo que compreende amônia e dióxido de carbono na fase vapor que sai da nova unidade de extração, diretamente para o reator de síntese, a porção de reagentes na fase gasosa, necessária para controlar a temperatura no interior do
15 reator (balanço térmico), não precisa mais passar através da unidade de condensação juntamente com a fase líquida, como é o caso que ocorre nas citações do estado da técnica. Assim procedendo, a unidade de condensação pode ser modificada internamente, de tal modo a permitir a
20 substancial condensação de todos os reagentes gasosos alimentados (provenientes da unidade de extração previamente existente e/ou da nova unidade de extração) e, conseqüentemente, operar na máxima eficiência que possa ser obtida.

25 De acordo com uma modalidade preferida da invenção, o método de modernização compreende ainda as etapas de:

- proporcionar meios para alimentação de todo o fluxo que

compreende amônia e dióxido de carbono na fase vapor que sai da dita unidade de extração, diretamente para a base da dita pelo menos uma unidade de condensação;

- proporcionar meios para alimentação de todo o fluxo que
5 compreende amônia e dióxido de carbono na fase vapor que sai da dita segunda unidade de extração, diretamente para o reator.

Nessa modalidade, nenhuma separação da fase gasosa é realizada, ao contrário, é realizada somente a
10 separação de uma fase líquida (mistura reacional que sai do reator), a qual é vantajosamente mais simples e permite um melhor controle das porções da fase líquida a serem separadas.

Além disso, nessa modalidade, a mistura reacional
15 compreendendo uréia, carbamato e amônia livre em solução aquosa é preferivelmente alimentada em uma menor porção para a segunda (nova) unidade de extração e, em uma maior porção, à unidade de extração (pré-existente). A quantidade de menor porção da mistura reacional a ser alimentada à
20 segunda unidade de extração depende das condições de operação da instalação, sendo escolhida de modo a garantir que uma apropriada porção de reagentes na fase gasosa, proveniente da segunda unidade de extração, chegue ao reator de síntese para controlar a temperatura no seu
25 interior (balanço térmico).

Preferivelmente, a dita menor porção alimentada à nova unidade de extração é cerca de 1/3 da mistura reacional que compreende uréia, carbamato e amônia livre em

solução aquosa e a dita maior porção alimentada à unidade de extração existente é cerca de 2/3 da dita mistura reacional.

De acordo com um adicional aspecto da presente invenção, a segunda unidade de extração acima mencionada é do tipo que usa dióxido de carbono como agente de extração e o método de modernização compreende ainda a etapa de:

- proporcionar meios para enviar uma porção de dióxido de carbono alimentado para a dita segunda unidade de extração.

De acordo com outro aspecto, a presente invenção se refere a um processo para produção de uréia, caracterizado pelo fato de compreender as etapas de:

- alimentar amônia e dióxido de carbono em um espaço reacional, obtendo uma mistura reacional que compreende uréia, carbamato e amônia livre em solução aquosa;
- alimentar uma primeira porção da mistura reacional a uma seção de extração com uso de dióxido de carbono e submeter a dita primeira porção a um tratamento de decomposição parcial do carbamato e separação parcial da amônia livre, obtendo um primeiro fluxo que compreende amônia e dióxido de carbono na fase vapor e um primeiro fluxo que compreende uréia e carbamato residual em solução aquosa;
- alimentar uma segunda porção da mistura reacional a uma segunda seção de extração e submeter a dita segunda porção a um tratamento de decomposição parcial do carbamato e separação parcial da amônia livre, obtendo um segundo fluxo que compreende amônia e dióxido de carbono na fase vapor e um segundo fluxo que compreende uréia e carbamato residual

em solução aquosa;

- alimentar os ditos primeiro e segundo fluxos compreendendo uréia e carbamato residual em solução aquosa a uma seção de recuperação de uréia;
- 5 - alimentar pelo menos uma porção do dito primeiro fluxo que compreende amônia e dióxido de carbono na fase vapor a pelo menos uma unidade de condensação, e submeter a dita pelo menos uma porção à condensação substancialmente total, obtendo um fluxo que compreende uréia e carbamato na fase
- 10 líquida;
- alimentar pelo menos uma porção do dito segundo fluxo compreendendo amônia e dióxido de carbono na fase vapor diretamente ao espaço reacional;
- alimentar ao fluxo que compreende uréia e carbamato na
- 15 fase líquida, ao espaço reacional.

De acordo com outro aspecto, a presente invenção se refere ainda a uma instalação idealizada para execução do processo acima mencionado para produção de uréia, compreendendo:

- 20 - um reator para a síntese da uréia;
- meios para alimentação de amônia e dióxido de carbono ao reator, para efetivação da síntese da uréia;
- uma primeira unidade de extração com uso de dióxido de carbono, para submeter uma primeira porção da mistura
- 25 reacional que compreende uréia, carbamato e amônia livre em solução aquosa que sai do reator, para um tratamento de decomposição parcial do carbamato e separação parcial da amônia livre, obtendo um primeiro fluxo que compreende

amônia e dióxido de carbono na fase vapor e um primeiro fluxo que compreende uréia e carbamato em solução aquosa;

- pelo menos uma unidade de condensação do tipo submersa;

cujas instalações são caracterizadas pelo fato de compreender

5 ainda:

- uma segunda unidade de extração;

- meios para alimentar uma primeira porção do fluxo de mistura reacional que compreende uréia, carbamato e amônia livre em solução aquosa que sai do reator para a dita
10 primeira unidade de extração;

- meios para alimentar uma segunda porção de fluxo da mistura reacional compreendendo uréia, carbamato e amônia livre em solução aquosa que sai do reator para a dita
segunda unidade de extração;

15 - meios para alimentar pelo menos uma porção de um fluxo que compreende amônia e dióxido de carbono na fase vapor que sai da dita segunda unidade de extração diretamente para o reator de síntese.

De acordo com a invenção, as instalações
20 idealizadas para execução do processo para produção de uréia podem ser produzidas a partir de anteriores novas instalações ou mediante modificação de instalações previamente existentes, de modo a obter um aumento na capacidade de produção e, em alguns casos, uma melhoria de
25 desempenho, com relação ao consumo de energia.

Outras características e vantagens da presente invenção irão aparecer mais claramente a partir da seguinte descrição não-limitativa de duas modalidades do método de

modernização e processo de síntese de uréia de acordo com a invenção, fazendo-se referência aos desenhos anexos.

Breve Descrição dos Desenhos

5 Nos desenhos que acompanham a invenção:

- a Figura 1 ilustra de forma esquemática e parcial uma instalação para produção de uréia, mediante um processo de extração com dióxido de carbono, conforme o estado da técnica; e
- 10 - a figura 2 ilustra de forma esquemática e parcial uma instalação para produção de uréia, mediante um processo de extração com dióxido de carbono, executado através da modernização da instalação apresentada na figura 1, em conformidade com uma modalidade do método de modernização.
- 15 de acordo com a invenção.

Descrição Detalhada de uma Modalidade Preferida

Com o objetivo de simplificar a divulgação da presente invenção, apenas uma porção de uma instalação para
20 produção de uréia é esquematicamente representada na figura 1, mais precisamente, a seção de síntese de alta pressão (circuito de síntese), as seções restantes não sendo significativas para a compreensão da presente invenção.

Além disso, será feita referência específica aos
25 dutos, per si convencionais, das diversas partes da instalação aqui descrita e ilustrada na figura 1, apenas quando for estritamente necessário.

Com referência à figura 1, uma instalação

existente para produção de uréia de acordo com o processo de extração com dióxido de carbono, com características de reciclagem dos reagentes para o espaço reacional, é indicada integralmente pela referência numérica (1).

5 A instalação (1), mais especificamente, a seção de síntese de alta pressão, compreende um reator (2) (ou espaço reacional) para a síntese de uréia, uma unidade de extração (3) com dióxido de carbono, uma seção de condensação compreendendo uma unidade de condensação vertical (4) do tipo filme e uma unidade de lavagem (5) de
10 agentes de passivação e outras possíveis substâncias inertes à reação.

Além disso, a instalação (1) compreende uma seção de recuperação para a uréia produzida, não representada na
15 figura 1, e um dispositivo (6) para a separação de vapor produzido pelo líquido de resfriamento alimentado à unidade de condensação (4).

O reator (2) opera normalmente a uma temperatura compreendida entre 180 e 185°C, com uma proporção molar de
20 NH_3/CO_2 compreendida entre 2,8 e 3,0, uma proporção molar de $\text{H}_2\text{O}/\text{CO}_2$ compreendida entre 0,4 e 0,5 e um rendimento de conversão compreendido entre 58 e 60%.

A pressão do processo (isobárico) na seção de síntese da figura 1 é normalmente compreendida entre 140 e
25 145 bar. Essa pressão é normalmente indicada nos processos de síntese de uréia como "alta" pressão, se comparada com os termos "média" (cerca de 18 bar) e "baixa" (3-4 bar) pressão, respectivamente, usados no segmento da técnica

para indicar a pressão nas seções a jusante do circuito de síntese.

Na figura 1, de um modo geral, são indicados pelos numerais (7) a (21) os respectivos meios para
5 alimentação de diversos fluxos aos equipamentos da instalação (1) para produção de uréia.

Esses meios de alimentação compreendem tubulações ou dutos de conexão, bombas, compressores, ejetores e outros dispositivos de tipo conhecido, geralmente
10 empregados nesses tipos de instalações e, portanto, não sendo posteriormente descritos na presente descrição.

Geralmente, na presente descrição e nas reivindicações anexas, não se refere diferentemente indicado, nos termos: "meios de alimentação, conexão ou
15 extração", são idealizados de significar tubulações, linhas ou dutos de conexão, bombas, compressores, ejetores e outros dispositivos de tipo conhecido, nos quais são usados para transportar um líquido ou fluxo gasoso de um local para outro na instalação.

20 Mais particularmente, (7) e (8) indicam os respectivos meios para alimentar um fluxo gasoso, compreendendo a alimentação de dióxido de carbono à unidade de extração (3), e um fluxo compreendendo a alimentação de amônia (na fase líquida) à unidade de condensação (4).

25 A alimentação de dióxido de carbono enviada para a unidade de extração (3) através do dispositivo (7) é utilizada como agente de extração de uma mistura reacional compreendendo uréia, carbamato e amônia livre em solução

aquosa que sai do reator (2) e que é alimentada à unidade (3) através do dispositivo (9).

A unidade de extração (3) é do tipo filme, com um aquecimento externo com vapor. Os meios para alimentação e
5 extração de vapor para aquecimento da unidade de extração (3) no lado do casco são geralmente indicados por (22).

A mistura reacional que circula descendentemente na unidade (3), em contracorrente com o fluxo gasoso que compreende dióxido de carbono, é submetida a um tratamento
10 de decomposição parcial de carbamato e separação parcial da amônia livre, obtendo-se um fluxo que compreende amônia e dióxido de carbono na fase vapor e um fluxo que compreende uréia e carbamato residual em solução aquosa.

O fluxo que compreende uréia e carbamato residual
15 em solução aquosa é extraído da base da unidade de extração (3) e enviado para a seção de recuperação de uréia (não representada) através do dispositivo de alimentação (10).

O fluxo gasoso obtido na unidade de extração (3) e compreendendo também água, além de amônia e dióxido de
20 carbono, circula fora de uma extremidade superior de tal unidade (3), sendo alimentado a uma extremidade superior da unidade de condensação (4), através do dispositivo de alimentação (11).

A unidade de condensação (4) é do tipo filme
25 vertical, para submeter à condensação parcial todo o fluxo que compreende amônia e dióxido de carbono na fase vapor, proveniente da unidade (3), através do dispositivo (11).

Além disso, o fluxo que compreende amônia é

alimentado à extremidade superior da unidade de condensação (4) através do dispositivo (8), juntamente com um fluxo reciclado que compreende amônia e carbamato em solução aquosa. O fluxo reciclado de amônia e carbamato em solução aquosa é alimentado dentro do fluxo que compreende a 5 alimentação de amônia através do dispositivo de alimentação (13). Meios de conexão (12) são também providos entre o reator (2) e o dispositivo de alimentação (13).

A condensação parcial da fase gasosa ocorre como 10 resultado do contato de tal fase com uma fase líquida, circulando no mesmo sentido descendente, no interior de uma pluralidade de tubos de um feixe de tubos incluído em um casco da unidade de condensação (4).

A fase que compreende amônia e dióxido de carbono 15 na fase gasosa, bem como, a fase que compreende carbamato em solução aquosa, são, em consequência, separadamente enviadas a partir da base da unidade de condensação (4) para o reator (2) para síntese de uréia, através dos respectivos dispositivos de alimentação (14), (15).

20 O calor produzido durante a condensação parcial do fluxo que compreende amônia e dióxido de carbono na fase vapor, no interior da unidade (4), é removido ao fazer um líquido de resfriamento, isto é, água, circular através do feixe de tubos - sobre a lateral do casco - produzindo vapor de recuperação (geralmente, a uma pressão absoluta de 25 4,5 bar).

O fluxo de água é alimentado sobre o lado do casco para a unidade de condensação (4) através do

dispositivo (16) e extraído de tal unidade através do dispositivo (17).

O fluxo de água proveniente da unidade (4) e compreendendo também o vapor produzido por troca de calor indireta com os fluidos do processo que circulam no interior da unidade de condensação (4) nas laterais dos tubos, é alimentado através do dispositivo (17) ao dispositivo (6) para separação do vapor produzido a partir da água. Essa água é então reciclada através do dispositivo (16) para a unidade de condensação (4) sobre a lateral do casco, enquanto o vapor é extraído do equipamento de separação (6) através do dispositivo (18).

Na linguagem técnica do presente segmento da técnica, o equipamento de separação (6) é também indicado pelo termo "tambor de vapor".

A fim de proteger os dispositivos da seção de síntese de alta pressão da corrosão, a instalação (1) compreende ainda a possibilidade de circular um ou mais agentes de passivação, por exemplo, oxigênio ou ar, inertes à reação de síntese de uréia, através de tais dispositivos.

Para este fim, são geralmente providos meios de alimentação de um fluxo gasoso, compreendendo os agentes de passivação, para a unidade de extração (3) e de tal unidade de extração para o reator de síntese de uréia (2), passando através da unidade de condensação (4).

No exemplo da figura 1, os agentes de passivação são diretamente misturados com o fluxo gasoso que compreende a alimentação de dióxido de carbono, portanto,

os meios acima mencionados para alimentação do fluxo gasoso que compreende os agentes de passivação, correspondem ao dispositivo de alimentação (7).

Além disso, o fluxo gasoso que compreende dióxido de carbono alimentado à unidade de extração (3) através do dispositivo (7), contém uma certa quantidade de outras substâncias inertes, por exemplo, 1-3% em volume, que, juntamente com os agentes de passivação, passa através de diversos equipamentos da seção de síntese de alta pressão.

O fluxo de substâncias inertes passa através do reator de síntese de uréia (2), arrastando uma parte da amônia e dióxido de carbono não-reagidos na fase vapor, sendo então alimentado através do dispositivo (19), a partir de uma extremidade superior do reator (2), para a unidade de lavagem (5).

Na unidade de lavagem (5), amônia e dióxido de carbono na fase vapor são condensados por meio de um fluxo de lavagem que compreende - no exemplo da figura 1 - carbamato em solução aquosa proveniente da seção de recuperação de uréia (não representada), alimentado à unidade (5) através do dispositivo (20).

A partir da unidade de lavagem (5), a extração dos agentes de passivação e das substâncias inertes, em geral, da seção de síntese de alta pressão, ocorre através do dispositivo (21), enquanto que o fluxo de lavagem adequadamente enriquecido de amônia e dióxido de carbono é enviado para a unidade de condensação (4), através do dispositivo (13).

Com referência à figura 2, a instalação para produção de uréia mostrada na figura 1 é vantajosamente representada através de uma adequada modificação, de acordo com uma modalidade preferida do método de modernização da
5 presente invenção.

A instalação resultante do método de modernização de acordo com a dita modalidade preferida da invenção é globalmente indicada pela referência numérica (46).

Na figura 2, os detalhes da instalação (46),
10 equivalente no que diz respeito à estrutura e operação ilustradas na figura 1, serão indicados pelas mesmas referências numéricas e não serão novamente aqui descritos.

Graças à presente invenção, a unidade de condensação (4) é vantajosamente modificada na sua parte
15 interna, de modo a permitir, uma condensação substancialmente total do fluxo gasoso que compreende amônia e dióxido de carbono proveniente da unidade de extração (3), de uma maneira simples e efetiva.

Em outras palavras, a unidade de condensação
20 vertical existente de tipo filme é vantajosamente transformada em uma unidade de condensação vertical do tipo "submersa", isto é, com o feixe de tubos cheio de líquido de condensação, acentuadamente melhorando a eficiência de tal unidade e, dessa forma, de sua capacidade. Além disso,
25 essa mudança permite o aumento do tempo de residência de formação de carbamato na unidade de condensação (4), que parcialmente reage na uréia.

Adequados meios para transformar uma unidade de

condensação do "tipo filme" em uma unidade de condensação do "tipo submersa" são bem conhecidos na técnica. Os meios preferidos são aqueles divulgados no documento de patente EP 1036787 e/ou EP 1333918, os quais são aqui incorporados por meio dessas referências.

Além disso, de acordo com a modalidade da figura 2, o dispositivo (11) da instalação existente mostrada na figura 1 é modificado, sendo providos dispositivos (36) para alimentação do fluxo que compreende amônia e dióxido de carbono na fase vapor, proveniente da unidade de extração (3), para a base da unidade de condensação (4). O dispositivo (36) compreende, por exemplo, um duto de conexão. Além disso, o dispositivo (8) da instalação previamente existente mostrada na figura 1 é modificado, de modo a alimentar o fluxo reciclado que compreende amônia e solução de carbamato em solução aquosa e alimentar amônia à base da unidade de condensação (8).

Na unidade de condensação (4), o líquido de condensação que compreende carbamato em solução aquosa e amônia é vantajosamente obrigado a circular no interior do feixe de tubos com um movimento tipo termo-sifão. O fluxo que compreende amônia e dióxido de carbono na fase vapor, ao invés disso, é alimentado através do dispositivo (36) dentro do espaço inferior próximo da extremidade inferior do feixe de tubos da unidade de condensação (4).

Ao proceder assim, a amônia e dióxido de carbono na fase vapor passam através da unidade de condensação (4) ascendentemente - no mesmo sentido do líquido de

condensação - borbulhando no interior dos tubos cheios de líquido do feixe de tubos e, assim, com um considerável coeficiente de troca sobre os lados dos tubos.

Além disso, de acordo com o presente método de modernização, é provida uma segunda unidade de extração (47), a jusante do reator de síntese (2).

Além disso, são usados dispositivos (9) para alimentar uma primeira porção de fluxo da mistura reacional que compreende uréia, carbamato e amônia livre que sai do reator de síntese (2) para a unidade de extração (3) previamente existente, sendo providos dispositivos (48) para alimentar uma segunda porção de fluxo de mistura reacional que compreende uréia, carbamato e amônia livre em solução aquosa que sai do reator de síntese (2), para a segunda unidade de extração (47).

No presente exemplo, a segunda unidade de extração (47) utiliza uma porção de alimentação de dióxido de carbono como agente de extração para a segunda porção da mistura reacional que compreende uréia, carbamato e amônia livre em solução aquosa que sai do reator (2). Conseqüentemente, adequados dispositivos (52) são providos para alimentar uma porção da alimentação de dióxido de carbono para a segunda unidade de extração.

A unidade de extração (47) é do tipo filme, apresentando aquecimento externo com vapor. Meios ou dispositivos para alimentação e extração de vapor para aquecimento da unidade de extração (47) sobre o lado do casco são geralmente indicados pela referência numérica

(51).

Logicamente, de acordo com uma modalidade alternativa (não mostrada), a segunda unidade de extração (47) pode utilizar calor ao invés de dióxido de carbono 5 como agente de extração. O calor pode ser provido mediante um adequado fluido de aquecimento, por exemplo, vapor, circulando através do feixe de tubos da unidade de extração (47) sobre o lado do casco.

De acordo com o método de modernização da 10 presente invenção, são também providos dispositivos (49) para alimentação do segundo fluxo que compreende amônia e dióxido de carbono na fase vapor que sai da segunda unidade de extração (47), diretamente para o reator de síntese (2). Desse modo, a temperatura de reação no interior do reator 15 de síntese (2) é controlada em torno de valores ótimos, para se obter um alto rendimento de conversão (balanço térmico).

Além disso, o método de modernização de acordo com a presente modalidade da invenção proporciona ainda 20 meios ou dispositivos (50) para alimentação do segundo fluxo que compreende uréia e carbamato residual em solução aquosa que sai da segunda unidade de extração (47), para a seção de recuperação de uréia (não mostrada).

Particularmente, nessa modalidade, o segundo 25 fluxo que compreende uréia e carbamato residual em solução aquosa que sai da segunda unidade de extração (47) é misturado com o fluxo que compreende uréia e carbamato residual em solução aquosa que sai da unidade de extração

(3) previamente existente e o resultante fluxo de mistura é enviado para a seção de recuperação de uréia.

O esquema da figura 2 representa apenas uma modalidade preferida da modernização das instalações existentes de produção de uréia, de acordo com a presente invenção, não impedindo novas instalações serem produzidas de uma maneira vantajosa, de acordo com os ensinamentos da presente invenção.

No presente contexto, as vantagens descritas com referência à modernização de instalações existentes ocorre também com as instalações produzidas com a categoria de anteriormente novas, com a exceção dos custos de investimento que são, logicamente, muito superiores aos de uma nova instalação.

Graças à instalação conforme mostrado na figura 2, obtida após a modernização de uma instalação existente com a categoria de anteriormente nova, é vantajosamente possível executar o processo para produção de uréia, tal como descrito e reivindicado nas reivindicações anexas 5-7.

Em particular, tal processo é caracterizado pelo fato de que uma primeira porção da mistura reacional que compreende uréia, carbamato e amônia livre provenientes do reator (2) é alimentada a uma seção de extração (3) com dióxido de carbono, onde a mesma é submetida a um tratamento de decomposição parcial do carbamato e separação parcial da amônia livre, obtendo um primeiro fluxo que compreende amônia e dióxido de carbono na fase vapor e um primeiro fluxo que compreende uréia e carbamato residual em

solução aquosa.

Além disso, uma segunda porção da dita mistura reacional é alimentada à segunda seção de extração (47), onde é submetida a um tratamento de decomposição parcial do carbamato e separação parcial da amônia livre, obtendo-se
5 carbamato e separação parcial da amônia livre, obtendo-se um segundo fluxo que compreende amônia e dióxido de carbono na fase vapor e um segundo fluxo compreendendo uréia e carbamato residual em solução aquosa.

Os ditos primeiro e segundo fluxos que
10 compreendem uréia e carbamato residual em solução aquosa saem da unidade de extração (3) e da segunda unidade de extração (47) e são enviados para uma seção de recuperação de uréia.

Ao invés disso, pelo menos uma primeira porção do
15 segundo fluxo que compreende amônia e dióxido de carbono na fase vapor que sai da unidade de extração (47) é alimentado diretamente ao reator (2) para o balanço térmico, enquanto que pelo menos uma porção do primeiro fluxo que compreende amônia e dióxido de carbono na fase vapor que sai da
20 unidade de extração (3) é alimentada à unidade de condensação (4), onde é submetida a uma condensação substancialmente total, obtendo um fluxo que compreende uréia e carbamato na fase líquida. O fluxo compreendendo uréia e carbamato na fase líquida obtido na unidade de
25 condensação (4) é depois reciclado para o reator (2).

Em particular, de acordo com uma modalidade preferida do processo da invenção (figura 2), a unidade de condensação (4) é alimentada juntamente com todo o primeiro fluxo compreendendo amônia e dióxido de carbono na fase

vapor que sai da seção de extração (3), enquanto que o reator (2) é alimentado com todo o segundo fluxo compreendendo amônia e dióxido de carbono na fase vapor que sai da segunda unidade de extração (47).

5 Além disso, a mistura reacional compreendendo uréia, carbamato e amônia livre em solução aquosa que sai do reator (2) é preferivelmente alimentada em uma menor porção à segunda unidade de extração (47) e em uma maior porção à unidade de extração (3).

10 Preferivelmente, a dita menor porção alimentada à segunda unidade de extração (47) é cerca de 1/3 da mistura reacional que compreende uréia, carbamato e amônia livre que sai do reator (2) e a dita maior porção alimentada à unidade de extração (3) é cerca de 2/3 da dita mistura
15 reacional.

São diversas as vantagens alcançadas com o processo de acordo com a presente invenção. Em particular, deve ser mencionado que o presente processo permite se obter - de modo simples e efetivo - altos rendimentos de
20 conversão e, portanto, alta capacidade de produção, especialmente em grandes instalações, onde é operada uma substancial desobstrução dos equipamentos do circuito de alta pressão a jusante do reator de síntese. Além disso, sua execução é tecnicamente fácil, apresentando um baixo
25 consumo de energia e baixos custos de investimentos.

Finalmente, o escopo de proteção definido pelo método de modernização conforme a invenção deverá ser considerado como sendo estendido - além da modificação de estruturas já existentes - também, para o caso particular

de uma substituição (devido ao desgaste) da unidade de condensação existente por uma nova unidade do tipo submersa. Esse caso específico ocorre sempre que a unidade existente se encontra no final de sua vida de operação e
5 não garante mais uma operação confiável e duradoura.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para modernização de uma instalação (1) para produção de uréia, do tipo que compreende:

- um reator (2) para a síntese da uréia;
- 5 - dispositivos (7,8) para alimentação de amônia e dióxido de carbono ao reator (2) para síntese de uréia;
- uma unidade de extração (3) com uso de dióxido de carbono para submeter uma mistura reacional compreendendo uréia, carbamato e amônia livre em solução aquosa, a qual sai do
- 10 reator (2) para um tratamento de decomposição parcial do carbamato e separação parcial da amônia livre, dessa forma, obtendo um fluxo que compreende amônia e dióxido de carbono em fase vapor e um fluxo compreendendo uréia e carbamato residual em solução aquosa, respectivamente;
- 15 - uma seção de recuperação para o fluxo que compreende uréia e carbamato residual em solução aquosa, o qual sai da unidade de extração (3) para separação da uréia do carbamato residual em solução aquosa;
- pelo menos uma unidade de condensação (4) do tipo filme,
- 20 para submeter à condensação parcial o dito fluxo que compreende amônia e dióxido de carbono na fase vapor que sai da dita unidade de extração (3), dessa forma, obtendo um fluxo líquido que compreende carbamato em solução aquosa e um fluxo gasoso compreendendo amônia e dióxido de carbono
- 25 na fase vapor;
- dispositivos (14, 15) para, respectivamente, alimentar o fluxo que compreende carbamato em solução aquosa e o fluxo gasoso que compreende amônia e dióxido de carbono na fase

vapor ao dito reator (2), para proporcionar a síntese da uréia;

dito método de modernização compreendendo ainda a etapa de:

- proporcionar na dita pelo menos uma unidade de
5 condensação (4), meios para submeter a uma condensação substancialmente total, pelo menos, uma porção de um fluxo que compreende amônia e dióxido de carbono na fase vapor que sai da unidade de extração (3), obtendo um fluxo que compreende uréia e carbamato em solução aquosa; e

10 o dito método sendo **caracterizado** por compreender ainda as etapas de:

- proporcionar uma segunda unidade de extração (47);

- proporcionar dispositivos (9) para alimentação de uma primeira porção do fluxo da mistura reacional que
15 compreende uréia, carbamato e amônia livre em solução aquosa que sai do reator (2) para a dita unidade de extração (3);

- proporcionar dispositivos (48) para alimentação de uma segunda porção do fluxo da mistura reacional que compreende
20 uréia, carbamato e amônia livre em solução aquosa que sai do reator (2) para a dita segunda unidade de extração (47);
e

- proporcionar dispositivos (49) para alimentação de pelo menos uma porção de um fluxo que compreende amônia e
25 dióxido de carbono na fase vapor, saindo da dita segunda unidade de extração (47) diretamente para o reator de síntese (2).

2. Método, de acordo com a reivindicação 1,

caracterizado pelo fato de compreender ainda as etapas de:

- proporcionar meios ou dispositivos (36) para alimentar todo o fluxo que compreende amônia e dióxido de carbono na fase vapor que sai da dita unidade de extração (3) para a base da dita pelo menos uma unidade de condensação (4);
- proporcionar meios ou dispositivos (49) para alimentar todo o fluxo que compreende amônia e dióxido de carbono na fase vapor que sai da dita segunda unidade de extração (47) diretamente para o reator (2).

10 3. Método, de acordo com as reivindicações 1 ou 2, **caracterizado** pelo fato de compreender ainda a etapa de:

- proporcionar meios ou dispositivos (50) para alimentar o fluxo que compreende uréia e carbamato residual em solução aquosa que sai da dita segunda unidade de extração (47) para a dita seção de recuperação de uréia.

20 4. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizado** pelo fato de que a dita segunda unidade de extração (47) é do tipo que usa dióxido de carbono como agente de extração e em que compreende ainda a etapa de:

- proporcionar meios ou dispositivos (52) para enviar uma porção da alimentação de dióxido de carbono para a dita segunda unidade de extração (47).

25 5. Processo para produção de uréia, **caracterizado** pelo fato de compreender as etapas de:

- fazer reagir amônia e dióxido de carbono em um espaço reacional (2), obtendo uma mistura reacional que compreende uréia, carbamato e amônia livre em solução aquosa;

- alimentar uma primeira porção da mistura reacional a uma seção de extração (3) com uso de dióxido de carbono e submeter a dita primeira porção a um tratamento de decomposição parcial do carbamato e separação parcial da amônia livre, obtendo um primeiro fluxo que compreende amônia e dióxido de carbono na fase vapor e um primeiro fluxo que compreende uréia e carbamato residual em solução aquosa;
- alimentar uma segunda porção da mistura reacional a uma segunda seção de extração (47) e submeter a dita segunda porção a um tratamento de decomposição parcial do carbamato e separação parcial da amônia livre, obtendo um segundo fluxo que compreende amônia e dióxido de carbono na fase vapor e um segundo fluxo que compreende uréia e carbamato residual em solução aquosa;
- alimentar o dito primeiro fluxo e o dito segundo fluxo compreendendo uréia e carbamato residual em solução aquosa a uma seção de recuperação de uréia;
- alimentar pelo menos uma porção do dito primeiro fluxo que compreende amônia e dióxido de carbono na fase vapor a pelo menos uma unidade de condensação (4), e submeter a dita pelo menos uma porção à condensação substancialmente total, obtendo um fluxo que compreende uréia e carbamato na fase líquida;
- alimentar pelo menos uma porção do dito segundo fluxo compreendendo amônia e dióxido de carbono na fase vapor diretamente ao espaço reacional (2); e
- alimentar o fluxo que compreende uréia e carbamato na

fase líquida ao espaço reacional (2).

6. Processo, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado** pelo fato de que o dito primeiro fluxo que compreende amônia e dióxido de carbono na fase vapor, 5 proveniente da dita unidade de extração (3) é alimentado a pelo menos uma unidade de condensação (4) e o dito segundo fluxo que compreende amônia e dióxido de carbono na fase vapor proveniente da dita segunda unidade de extração (47) é alimentado ao espaço reacional (2).

10 7. Processo, de acordo com as reivindicações 5 ou 6, **caracterizado** pelo fato de que a dita segunda porção da mistura reacional que compreende uréia, carbamato e amônia livre em solução aquosa alimentado à segunda unidade de extração (47) é uma porção menor do fluxo total da mistura 15 reacional que sai do espaço reacional (2).

8. Processo, de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado** pelo fato de que a dita porção menor alimentada à segunda unidade de extração (47) é cerca de 1/3 do fluxo total da mistura reacional que sai do espaço 20 reacional (2).

9. Instalação para produção de uréia, compreendendo:

- um reator (2) para a síntese da uréia;
- meios ou dispositivos (7,8) para alimentação de amônia e 25 dióxido de carbono ao reator, para síntese da uréia;
- uma primeira unidade de extração (3) com uso de dióxido de carbono, para submeter uma primeira porção da mistura reacional que compreende uréia, carbamato e amônia livre em

solução aquosa que sai do reator (2), para um tratamento de decomposição parcial do carbamato e separação parcial da amônia livre, obtendo um primeiro fluxo que compreende amônia e dióxido de carbono na fase vapor e um primeiro
5 fluxo que compreende uréia e carbamato residual em solução aquosa;

- pelo menos uma unidade de condensação (4) compreendendo um feixe de tubos adequados para serem preenchidos com uma fase líquida através do qual uma fase gasosa passa;

10 cuja instalação é **caracterizada** pelo fato de compreender ainda:

- uma segunda unidade de extração (47);

- meios ou dispositivos (9) para alimentar uma primeira porção do fluxo de mistura reacional que compreende uréia,
15 carbamato e amônia livre em solução aquosa que sai do reator (2) para a dita primeira unidade de extração (3);

- meios ou dispositivos (48) para alimentar uma segunda porção de fluxo da mistura reacional compreendendo uréia, carbamato e amônia livre em solução aquosa que sai do
20 reator (2) para a dita segunda unidade de extração (47); e

- meios ou dispositivos (49) para alimentar pelo menos uma porção de um fluxo que compreende amônia e dióxido de carbono na fase vapor que sai da dita segunda unidade de extração (47) diretamente para o reator de síntese (2).

25 10. Instalação, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizada** pelo fato de compreender:

- meios ou dispositivos (36) para alimentar o fluxo que compreende amônia e dióxido de carbono na fase vapor que

sai da dita unidade de extração (3) diretamente para a dita pelo menos uma unidade de condensação (4); e

- meios ou dispositivos (49) para alimentar o fluxo que compreende amônia e dióxido de carbono na fase vapor que
5 sai da dita segunda unidade de extração (47) diretamente para o reator (2).

11. Instalação, de acordo com qualquer uma das reivindicações 9 ou 10, **caracterizada** pelo fato de compreender ainda:

10 - meios ou dispositivos (50) para alimentar o fluxo que compreende uréia e carbamato residual em solução aquosa que sai da dita segunda unidade de extração (47) para a dita seção de recuperação de uréia.

12. Instalação, de acordo com qualquer uma das
15 reivindicações 9 a 11, **caracterizada** pelo fato de que a dita segunda unidade de extração (47) é do tipo que usa dióxido de carbono como agente de extração e em que compreende ainda:

- meios ou dispositivos (52) para enviar uma porção da
20 alimentação de dióxido de carbono para a dita segunda unidade de extração (47).

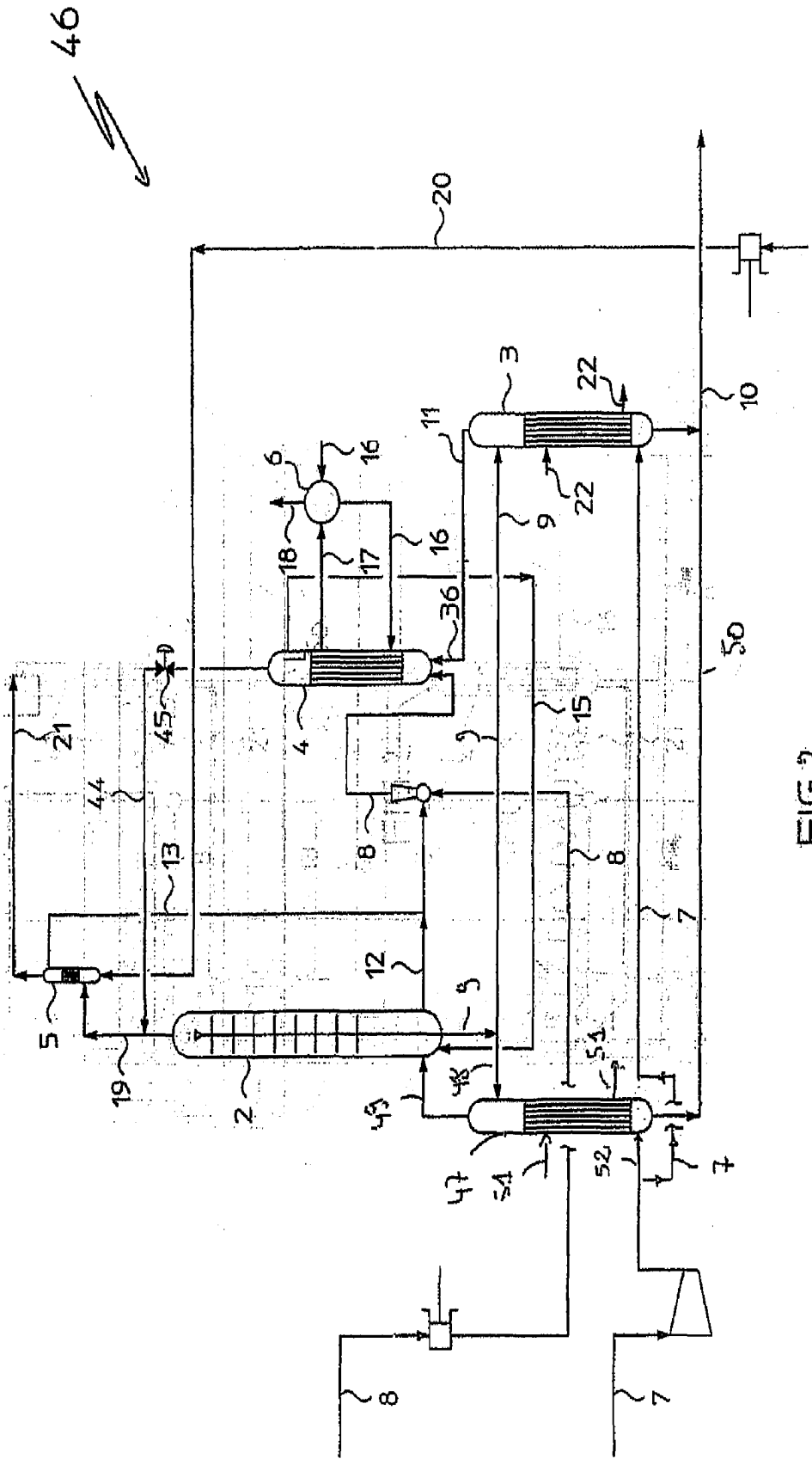


FIG. 2