

(11) Número de Publicação: **PT 1339479 E**

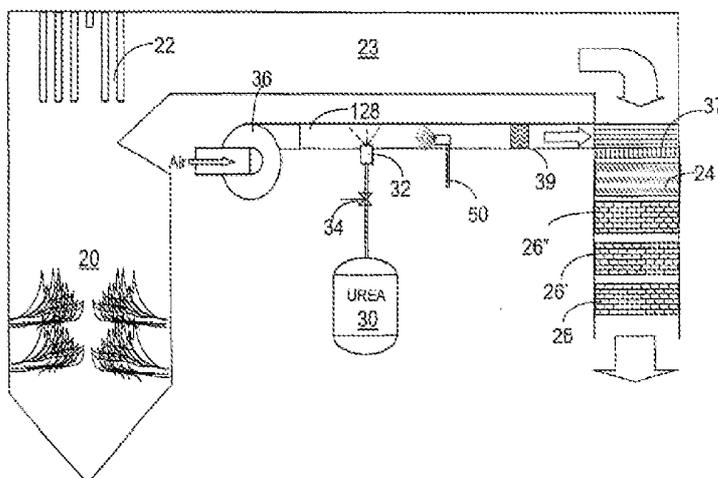
(51) Classificação Internacional:
B01D 53/86 (2006.01) **B01D 53/94** (2006.01)
F01N 3/20 (2006.01)

(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO

(22) Data de pedido: 2001.12.03	(73) Titular(es): FUEL TECH, INC. 512 KINGSLAND DRIVE BATAVIA, IL 60510-2299 US
(30) Prioridade(s): 2000.12.01 US 250618 P	
(43) Data de publicação do pedido: 2003.09.03	
(45) Data e BPI da concessão: 2007.03.07 005/2007	(72) Inventor(es): WILLIAM H. SUN US WILLIAM E. JR. CUMMINGS US PIERS DE HAVILLAND IT PAUL G. CARMIGNANI US JOHN M. BOYLE US
	(74) Mandatário: ALBERTO HERMÍNIO MANIQUE CANELAS RUA VÍCTOR CORDON, 14 1249-103 LISBOA PT

(54) Epígrafe: **REDUÇÃO CATALÍTICA SELECTIVA DO NO, POSSIBILITADA PELA DECOMPOSIÇÃO DE UREIA NUMA CORERENTE SECUNDÁRIA**

(57) Resumo:

RESUMO**"REDUÇÃO CATALÍTICA SELECTIVA DE NO, POSSIBILITADA PELA
DECOMPOSIÇÃO DE UREIA NUMA CORRENTE SECUNDÁRIA"**

Um processo preferido utiliza a entalpia do gás de combustão, que pode ser complementado, se necessário, para converter ureia (30) em amoníaco para RCS. A ureia (30), que se decompõe a temperaturas acima dos 140°C, é injectada (32) numa corrente de gás de combustão dividida (28) a seguir a um permutador de calor (22) como um sobreaquecedor primário ou um economizador. Idealmente, a corrente secundária gaseificaria a ureia sem necessidade de outro aquecimento; mas, quando é necessário calor, é muito menos do que o que seria necessário para aquecer quer todo o efluente (23) quer a ureia (30). Esta corrente secundária, tipicamente inferior a 3% do gás de combustão, fornece a temperatura e o tempo de residência necessários

para a completa decomposição da ureia (30). Um separador ciclónico pode ser usado para remover partículas e misturar completamente o reagente e o gás de combustão. Esta corrente pode então ser dirigida para uma grelha de injeção (37) à frente do RCS usando um insuflador (36). A mistura com o gás de combustão é facilitada devido a uma massa mais elevada em ordem de grandeza da corrente secundária comparada com a que foi injectada através de AIG num processo tradicional de RCS - amoníaco.

DESCRIÇÃO**"REDUÇÃO CATALÍTICA SELECTIVA DE NO, POSSIBILITADA PELA
DECOMPOSIÇÃO DE UREIA NUMA CORRENTE SECUNDÁRIA"**

A invenção visa uma nova redução catalítica de NO_x que é possibilitada por uma corrente secundária de gás que pode ser separada da corrente principal, ou uma corrente secundária de ar quente para produzir a decomposição da ureia nos seus componentes activos incluindo amoníaco.

Em muitas jurisdições têm sido envidados esforços para reduzir as emissões de óxidos de azoto (NO_x). As tecnologias incluíram as que modificam as condições de combustão, conhecidas como medidas secundárias. Quando se utilizam medidas primárias eficazes, as medidas secundárias podem ainda ser utilizadas para conseguir outras reduções. Para se produzir a melhor redução de NO_x , é evidente que serão necessárias medidas tanto primárias como secundárias.

Entre as medidas secundárias conhecidas estão a redução catalítica selectiva (RCS) e a redução catalítica não selectiva (RCNS). Ambas têm sido conduzidas tanto com amoníaco como com ureia. Ver, por exemplo, a patente U.S. No. 3 900 554, onde Lyon divulga a RCNS de monóxido de azoto (NO) num efluente de combustão pela injeção de

amoníaco, precursores de amoníaco especificados ou suas soluções aquosas no efluente para misturar com o monóxido de azoto a uma temperatura na gama dos 1600°F até 2000°F. Lyon também sugere o uso de agentes de redução, tais como hidrogénio ou vários hidrocarbonetos, para permitir o uso eficaz de amoníaco a temperaturas efluentes tão reduzidas quanto 1300°F. Contudo, estas temperaturas são frequentemente demasiado elevadas para um tratamento eficaz e é difícil lidar com o amoníaco em segurança, e a RCNS não é tão eficaz quando a RCS. Processos similares para a ureia estão explicados por Arand, Muzio e Sotter na Pat. U.S. No. 4 208 386 e Arand, Muzio e Teixeira na Pat. U.S. No. 4 325 924. Mais uma vez, as temperaturas são elevadas e não é possibilitado o uso de temperaturas inferiores.

A RCS pode funcionar com amoníaco a temperaturas inferiores, geralmente na gama dos 100° até 900°F. A este respeito, ver as Pat. U.S. No. 3 032 387 e 3 599 427. Há anos que a RCS (redução catalítica selectiva) foi disponibilizada em certos contextos para a redução de NO_x. Até hoje, contudo, a RCS tem dependido do uso de amoníaco, que tem problemas de segurança associados ao seu armazenamento, manuseamento e transporte. A ureia é mais segura mas não tem sido prática para muitas aplicações de RCS devido à dificuldade em convertê-la a partir de uma forma sólida ou aquosa até às espécies gasosas activas que são reactivas num leito de catalisador para a redução de NO_x. Por outro lado, a economia de reagente favorece tipicamente o amoníaco anidro em relação à ureia. Em "A

Selective Catalytic Reduction of NO_x from Diesel Engines Using Injection Of Urea" (tese de Doutoramento, Setembro 1995), Hultermans descreve um número de desafios técnicos no contexto de motores a Diesel enquanto fornece um vasto cenário sobre a tecnologia.

O uso de catalisadores para a redução de NO_x utilizando ureia é eficaz mas sensível a partículas e a ureia não decomposta, o que pode contaminar um catalisador. A este respeito deve lembrar-se que as temperaturas na extremidade inferior da gama de temperaturas do tratamento por RCS não serão suficientemente elevadas para gaseificar completamente a ureia. Além disso, a RCS exige uma mistura muito uniforme de espécies gasosas activas antes do contacto com o catalisador e é difícil misturar a ureia uniformemente ou os seus produtos de decomposição com as grandes quantidades de efluente que necessitam de tratamento. As limitadas tentativas para usar a RCS de ureia para fontes estacionárias e móveis tais como motores a diesel, têm sido descritas em várias patentes recentes incluindo a Patente U.S. No. 5 431 893, de Hug, *et al.* Para proteger o catalisador contra a contaminação, Hug, *et al.*, propõem equipamento em massa capaz de tratar todos os efluentes com ureia. Independentemente da forma física, a ureia leva tempo a decompor-se em gases de exaustão quentes e pode fazer com que o bico feche a temperaturas que mais conduzam a gaseificação. Esta revelação ilustra os problemas fazendo com que seja necessário que a solução de ureia seja mantida a uma temperatura abaixo dos 100° C para

evitar a hidrólise no equipamento de injeção. Propõem o uso de pressões de ureia moderadas quando alimentam a ureia e consideram necessário ter meios alternativos para introduzir ar a alta pressão na linha de alimentação quando fecha. Os bicos utilizados por Hug, *et al.*, usam ar auxiliar para ajudar a dispersão. Utilizam também soluções diluídas que exigem calor significativo para simplesmente evaporar a água. Ver também WO 97/01387 e a Descrição da Patente Europeia 487 886 A1.

Na Descrição da Patente Europeia 615 777 A1, é descrito um dispositivo que alimenta com ureia sólida um canal contendo gases de exaustão, que se diz serem hidrolisados na presença de um catalisador. Para uma operação bem sucedida a divulgação indica que é necessário utilizar um catalisador de hidrólise, ar comprimido para a dispersão de sólidos finos, meios para triturar a ureia em sólidos finos e um revestimento para evitar que os peletes esféricos de ureia se colem uns aos outros. A divulgação faz notar que, se o interior do catalisador e o bico fossem apenas revestidos com o catalisador, ocorreria corrosão e deposição. Apesar de se atingir o objectivo de remover água do processo, a especificação introduz ureia sólida na corrente de gás - possivelmente depositando ureia no catalisador de RCS.

Na Patente U.S. No. 6 146 605 de Spokoyny, é descrito um processo combinado de RCS/RCNS num processo faseado envolvendo um passo separado de hidrolisar a ureia

antes de uma fase de RCS. Um processo similar está divulgado nas Patentes U.S. No. 5 985 224 3 e 6 093 380 de Lagana, et al., que descrevem um método e dispositivo envolvendo a hidrólise de ureia seguida por uma separação de uma fase de gás de uma fase de hidrolisado líquido. Também, Copper, et al., divulgou um processo de hidrólise de ureia para gerar amoníaco na Patente U.S. No. 6 077 491. Em todos estes processos há a necessidade de manusear uma quantidade significativa de gás a alta temperatura e a alta pressão e fases líquidas contendo amoníaco durante e depois da hidrólise. Este processamento extra exige a compra e a manutenção de equipamento adicional, um plano de emergência e equipamento para manusear a libertação de amoníaco em caso de falhas de processo e seria desejável ter um sistema que funcionasse com maior segurança, simplicidade e eficiência.

A técnica aguarda o desenvolvimento de um processo e dispositivo que permitissem o uso de ureia num processo de RCS que fosse simples, fiável, económico e seguro.

A presente invenção refere-se a um processo para reduzir a concentração de óxidos de azoto numa corrente de gases de combustão, compreendendo: fornecer uma corrente secundária de gases compreendendo menos de 3% do volume dos gases de combustão totais a uma temperatura suficiente para gaseificação num tempo de residência de 1 até 10 segundos de pelo menos 140°C; introduzir uma solução aquosa de ureia

na referida corrente secundária sob condições eficazes para gaseificar a referida ureia aquosa; introduzir a referida corrente secundária de gases contendo os gases resultantes da gaseificação da ureia numa corrente primária de gases contendo NO_x de volume superior ao da corrente secundária para criar uma corrente de gases combinados; e passar a corrente de gases combinados através de um catalisador de redução de NO_x sob condições eficazes para reduzir a concentração de NO_x na corrente de gases combinados, onde a solução de ureia é introduzida na referida corrente secundária a uma velocidade relativa à concentração de NO_x na referida corrente combinada antes da passagem através do referido catalisador de redução de NO_x eficaz para produzir uma RNS de cerca de 0,1 até cerca de 2 e a ureia é aspergida para dentro da corrente secundária em gotículas de tamanho inferior a 500 micrones, onde RNS se refere aos equivalentes relativos de azoto na ureia até aos equivalentes de azoto no NO_x nos gases de combustão a serem tratados.

A presente invenção também se refere a um aparelho para reduzir a concentração de óxidos de azoto numa corrente de gases de combustão, compreendendo: meios de condução para transportar uma corrente secundária de gases compreendendo menos de 3% do volume dos gases de combustão totais a uma temperatura suficiente para gaseificação num tempo de residência de 1 até 10 segundos de pelo menos 140°C ; meios para introduzir uma solução aquosa de agente de redução de NO_x na referida corrente

secundária sob condições eficazes para gaseificar o referido agente de redução de NO_x aquoso; meios para introduzir a referida corrente secundária de gases contendo os gases resultantes da gaseificação do agente de redução de NO_x para dentro de uma corrente primária de gases contendo NO_x de volume superior ao da corrente secundária para criar uma corrente de gases combinados; e meios para passar a corrente de gases combinados através de um catalisador de redução de NO_x sob condições eficazes para reduzir a concentração de NO_x na corrente de gases combinados, onde são fornecidos meios para introduzir a solução de ureia na referida corrente secundária a uma velocidade relativa à concentração de NO_x na referida corrente combinada antes da passagem através do referido catalisador de redução de NO_x eficaz para produzir uma RNS de 0,1 até cerca de 2 e para aspergir a ureia na corrente secundária em gotículas de tamanho inferior a 500 micrones, onde a RNS se refere aos equivalentes relativos de azoto na ureia para os equivalentes de azoto no NO_x nos gases de combustão a serem tratados.

A invenção fornece uma forma prática de se conseguir a mistura uniforme de reagentes gasosos activos para a redução de NO_x por RCS usando ureia como reagente e a novas disposições de processo que asseguram que os gases estão à temperatura apropriada para a eficaz redução de NO_x .

O novo desenho da invenção permite a gaseificação

de ureia e a mistura completa com os gases de combustão contendo NO_x e pode, vantajosamente, utilizar a entalpia do gás queimado, que pode ser complementada, se necessário, para converter ureia até reagentes de RCS tais como amoníaco. A ureia, que se decompõe a temperaturas superiores a 140°C , é injectada numa corrente secundária onde é gaseificada e misturada com outros gases. Numa concepção altamente eficaz, a corrente secundária é uma corrente de gás queimado dividido depois de um sobreaquecedor primário ou um economizador. Idealmente, a corrente secundária decomporia a ureia sem a necessidade de maior aquecimento; mas, quando é necessário calor, é muito menos do que o que seria necessário para aquecer todo o efluente. Dependendo da temperatura, esta corrente secundária, tipicamente inferior a 3% do gás queimado, fornece a necessária entalpia e quantidade de movimento para a completa gaseificação da ureia e mistura completa da corrente secundária contendo reagente para dentro da corrente principal.

Um dispositivo de mistura, tal como um separador por exaustão, misturador estático ou insuflador, pode misturar mais completamente o reagente e o gás queimado antes da re-injecção na corrente principal. Um separador ciclónico tem a vantagem de que também pode remover partículas que podem estar presentes. A corrente secundária contendo ureia gaseificada pode então ser dirigida para uma grelha de injecção à frente de um catalisador de RCS usando um insuflador a alta temperatura. Misturadores de remoinho

ou outros tipos de misturador estático podem ser instalados a jusante da grelha de injeção para misturar completamente a corrente secundária e a corrente principal. A mistura com o gás queimado é facilitada devido a uma ordem de grandeza de maior massa de corrente secundária comparada com a que foi injectada através da grelha de injeção de amoníaco (AIG) num processo tradicional de RCS de amoníaco.

Este novo processo e o dispositivo para o efectuar utilizam a característica de fácil manuseamento do reagente de ureia sem necessitar quer do ar transportador do reagente quer de uma fonte adicional de calor apenas dirigida para aquecer e hidrolisar a ureia e a corrente secundária da massa de gás produz a mistura completa necessária para altos níveis de redução de NO_x .

De acordo com um modelo de realização da invenção, uma corrente secundária é separada da corrente de efluente principal a partir de um combustor e a ureia é injectada na mesma a uma temperatura suficiente para decompor completamente ou, alternativamente, gaseificar a ureia até espécies de gás activo.

De acordo com outro modelo de realização da invenção, uma corrente secundária é separada da corrente de efluente principal a partir de um combustor a seguir ao tratamento final e a ureia é injectada na mesma a uma temperatura suficiente para gaseificar a ureia completamente até espécies de gás activo.

De acordo com mais um modelo de realização da invenção, uma corrente secundária é introduzida a partir de uma fonte externa ao combustor e é injectada ureia no mesmo a uma temperatura suficiente para gaseificar a ureia completamente até espécies de gás activo.

De acordo com outro modelo de realização da invenção, uma corrente secundária é separada da corrente de efluente principal a partir de um combustor, é fornecido um calorífero para aumentar suficientemente a temperatura da corrente dividida até gaseificar completamente a ureia até espécies de gás activo e é injectada ureia no mesmo onde é decomposta ou, alternativamente, gaseificada.

De acordo com outro modelo de realização da invenção, uma corrente secundária é separada da corrente de efluente principal a partir de um combustor e é injectada ureia na mesma, sendo as duas correntes então combinadas e passadas através de um exaustor para efectuar a mistura completa e a separação de partículas.

Noutro modelo de realização da invenção, uma corrente secundária é separada da corrente de efluente principal a partir de um combustor e é passada através de um exaustor antes de o aquecer e de injectar ureia no mesmo.

Ainda noutro modelo de realização da invenção,

uma corrente secundária é separada da corrente de efluente principal a partir de um combustor, a corrente é aquecida e a ureia é injectada no mesmo antes de passar através de um exaustor.

Um modelo de realização alternativo da invenção utiliza uma corrente de ar, ar pré-aquecido por um permutador de calor de gás queimado para ar, ou ar de combustão pré-aquecido, que é mais aquecido e combinado com ureia, sendo a corrente resultante então passada através de uma misturadora, se pretendido, e da grelha de injeção à medida que é combinada com a corrente de efluente a partir de um combustor e passada através de um reactor de RCS.

Em qualquer destes modelos de realização pode ser utilizado vapor para assegurar a produção máxima de amoníaco e como fonte suplementar de calor para gaseificação ou para manter a temperatura do catalisador. Também, a corrente secundária contendo reagente de RCS activo pode ser reintroduzida na corrente principal de gás queimado através de uma grelha de injeção de amoníaco (GIA) concebida apropriadamente num processo tradicional de RCS de amoníaco em qualquer destes modelos de realização. Além disso, um insuflador apropriado para fornecer ar ou gás queimado a temperaturas desejadas pode estar localizado antes ou depois da injeção de ureia, consoante for mais adequado para uma aplicação, para fornecer pressão suficiente para reintroduzir a corrente secundária na corrente principal de gás queimado.

Muitos dos aspectos preferidos da invenção estão descritos a seguir. Estão contempladas composições equivalentes.

A invenção será melhor compreendida e as suas vantagens tornar-se-ão mais óbvias a partir da descrição pormenorizada que se segue, especialmente quando consideradas com os desenhos em anexo, onde:

A Figura 1 é uma representação esquemática de um modelo de realização da invenção onde uma corrente secundária é separada da corrente de efluente principal a partir de um combustor e a ureia é injectada no mesmo a uma temperatura suficiente para decompor completamente a ureia até espécies de gás activo. Um insuflador que pode estar localizado antes ou depois da injeção de ureia fornece pressão suficiente para introduzir a corrente secundária na corrente principal. Uma grelha de injeção ou uma grelha de injeção de amoníaco tradicional é utilizada para distribuir completamente o reagente para dentro da corrente principal à frente do reactor de RCS.

A Figura 2 é uma representação esquemática de outro modelo de realização da invenção, onde uma corrente secundária é separada da corrente de efluente principal a partir de um combustor e um queimador ou outro meio para aquecer o gás de combustão é fornecido para elevar a temperatura da corrente dividida suficientemente para

decompor completamente a ureia até espécies de gás activo e é injectada ureia no mesmo onde é decomposta ou, alternativamente, gaseificada.

A Figura 3 é uma representação esquemática de outro modelo de realização da invenção, onde uma corrente secundária é separada da corrente de efluente principal a partir de um combustor e é injectada ureia no mesmo e é eventualmente aquecida, sendo as duas correntes então combinadas e passadas através de um exaustor para efectuar a mistura completa e a separação de partículas.

A Figura 4 é uma representação esquemática de outro modelo de realização da invenção, onde uma corrente secundária é separada da corrente de efluente principal a partir de um combustor e é passada através de um exaustor antes do aquecimento e da injeção de ureia no mesmo, sendo a corrente secundária avançada através de uma grelha de injeção com o auxílio de um insuflador.

A Figura 5 é uma representação esquemática de outro modelo de realização da invenção onde uma corrente secundária é separada da corrente de efluente principal a partir de um combustor e a corrente é aquecida e injectada com ureia antes da sua passagem através de um exaustor.

A Figura 6 é uma representação esquemática de outro modelo de realização da invenção, onde uma corrente de ar é aquecida e é injectada ureia na mesma, sendo a

corrente resultante então passada através de uma misturadora, se desejável, e da grelha de injeção e combinada com a corrente de efluente a partir de um combustor e passada através de um reactor de RCS.

A Figura 7 é uma representação esquemática de outro modelo de realização da invenção similar à Figura 6, onde se utiliza vapor como fonte de calor.

A Figura 8 é uma representação esquemática de outro modelo de realização da invenção, similar à Figura 7, onde o vapor é introduzido a seguir à introdução da ureia.

A Figura 9 é uma representação esquemática de outro modelo de realização da invenção, onde a corrente secundária é formada a partir de gases de combustão a seguir ao tratamento no reactor de RCS, sendo a corrente resultante aquecida e injectada com ureia.

A Figura 10 é uma representação esquemática de outro modelo de realização da invenção, onde a corrente secundária é formada a partir de gases de combustão a seguir ao tratamento no reactor de RCS e um dispositivo de recolha de partículas tal como ESP, saco de filtro, ou separadores de exaustão, sendo a corrente resultante aquecida e injectada com ureia.

A Figura 11 é uma modificação da injeção de ureia da Figura 6, onde em vez da injeção de ureia aquosa,

é injectada uma ureia sólida finamente moída, pulverizada ou micronizada usando ar pneumático de transporte.

A invenção fornece um processo de RCS baseado em ureia que pode, vantajosamente, utilizar a entalpia do gás queimado, que pode ser complementado, se necessário, para converter a ureia em amoníaco. Há vários modelos de realização que serão descritos em formas preferidas. Pretende-se, contudo, que vários aspectos dos modelos de realização sejam utilizados em combinação com modelos de realização que não sejam os que especificamente pormenorizam as características. Elementos e aspectos comuns dos desenhos terão numerais de referência comuns em todos os desenhos.

Este novo processo utiliza a característica de fácil manuseamento do reagente de ureia e produz gaseificação completa e boa mistura utilizando uma corrente secundária de massa de gás para produzir uma mistura completa exigida para altos níveis de redução de NO_x . Em modelos de realização particularmente vantajosos, o calor necessário à gaseificação é derivado da entalpia dos gases de combustão.

O processo é eficaz com ureia mas pode utilizar outros reagentes redutores de NO_x capazes de gerar um gás reagente contendo amoníaco ao ser aquecido. Tal como ficará claro a partir do que se segue, quando certos destes reagentes são gaseificados, o gás reagente também conterà

HNCO que reage com água para converter até amoníaco e dióxido de carbono. É uma vantagem da invenção que isto possa ser facilmente conseguido sem a pré-hidrólise do reagente redutor de NO_x que apresenta o risco colateral de entupir os bicos e outro equipamento. Pelo termo "gaseificação" pretendemos dizer que substancialmente toda a ureia é convertida num gás, não deixando sólidos dissolvidos ou livres ou líquido significativos que contactassem e contaminassem os catalisadores de RCS.

Pretende-se que o significado do termo "ureia" inclua os reagentes que são equivalentes a ureia no sentido de formarem amoníaco e HNCO quando aquecidos, quer contenham ou não grandes quantidades da ureia química pura na forma introduzida nos gases de combustão; contudo, os reagentes que são equivalentes a ureia contêm tipicamente quantidades mensuráveis de ureia nas suas formas comerciais e por isso compreendem ureia. Entre os reagentes redutores de NO_x que podem ser gaseificados estão aqueles que compreendem um membro seleccionado a partir do grupo consistindo em: amelida; amelina; carbonato de amónio; bicarbonato de amónio; carbamato de amónio; cianato de amónio; sais de amónio de ácidos inorgânicos, incluindo ácido sulfúrico e ácido fosfórico; sais de amónio de ácidos orgânicos, incluindo ácido fórmico e ácido acético; biureto; triureto, ácido cianúrico; ácido isociânico; reia-formaldeído; melamina; triciano-ureia e misturas de qualquer número destes. Estão ainda disponíveis outros reagentes redutores de NO_x que não formam HNCO mas se

decompõem até uma mistura de gases incluindo hidrocarbonetos. Entre este grupo estão várias aminas e seus sais (especialmente os seus carbonatos), incluindo guanidina, carbonato de guanidina, carbonato de metilamina, carbonato de etilamina, carbonato de dimetilamina, hexametilamina; carbonato de hexametilamina; e subprodutos residuais contendo ureia a partir de um processo químico. Aminas com alquilos mais elevados podem ser utilizadas na medida em que os componentes de hidrocarboneto libertados não interfiram com a reacção de redução de NO_x .

Assim, pretende-se que o termo "ureia" abranja ureia em todas as suas formas comerciais e equivalentes. Tipicamente, as formas comerciais de ureia consistirão essencialmente em ureia contendo 95% ou mais de ureia em peso. Esta forma relativamente pura de ureia é preferida e tem várias vantagens no processo da invenção.

É outra vantagem da invenção que, na medida em que não é absolutamente necessário utilizar amoníaco, o dispositivo aqui descrito melhora a introdução de reagentes de RCS incluindo amoníaco e, assim, faça com que o seu uso seja mais prático embora os problemas com o seu armazenamento não estejam completamente resolvidos.

A solução de ureia é introduzida a uma velocidade relativa à concentração de NO_x na referida corrente combinada antes da passagem através do referido catalisador de redução de NO_x eficaz para produzir uma RNS desde cerca

de 0,1 até cerca de 2, dependendo de um número de factores mas, mais tipicamente, está na gama dos 0,5 até 1,1. O termo "RNS" refere-se aos equivalentes relativos de azoto na ureia ou outro agente redutor de NO_x até aos equivalentes de azoto no NO_x nos gases de combustão a serem tratados.

Pretende-se que, num sentido lato, o significado do termo "combustor" inclua todos os combustores que fazem a combustão de combustíveis carbonáceos para produzir calor, por exemplo, para conversão directa ou indirecta até energia mecânica ou eléctrica. Estes combustíveis carbonáceos podem incluir os hidrocarbonetos normalmente usados como combustíveis bem como materiais combustíveis residuais como resíduos sólidos municipais, resíduos de processos industriais e afins. Queimadores e fornos, bem como motores de combustão interna dos tipos Otto, Diesel e turbina estão incluídos na definição do termo combustor e podem beneficiar da invenção. Contudo, visto os problemas e as vantagens de se conseguir com sucesso a redução fiável de NO_x em combustores que utilizem amoníaco como um agente de redução serem tão pronunciados, o combustor de larga escala é usado em toda esta descrição para efeitos de exemplo. Contudo, estão contemplados os combustores estacionários e móveis de todos os tipos. Contudo, a presente invenção não se limita a gases queimados em combustor. De preferência, qualquer gás quente de combustão que possa beneficiar da passagem através de um reactor de RCS para a redução de NO_x pode beneficiar desta invenção.

A Figura 1 é uma representação esquemática de um modelo de realização da invenção onde uma corrente secundária é separada da corrente de efluente principal a partir de um combustor e é injectada ureia na mesma a uma temperatura suficiente para decompor completamente ou, alternativamente, gaseificar a ureia até espécies de gás activo. Um combustor em larga escala 20 queima combustível com a produção resultante de óxidos de azoto (NO_x) que devem ser removidos, pelo menos parcialmente. Os gases de combustão são usados para aquecer água na disposição de permutador de calor 22 antes de os gases de combustão serem libertados na atmosfera através da passagem 23 e do aparelho a jusante. Um dispositivo 24 é facultativo a seguir à adição de reagente de ureia a uma corrente secundária e combinando a corrente secundária com uma corrente principal de gás de combustão como será explicado. O termo "corrente secundária" é aqui usado para referir uma corrente de volume relativamente pequeno relativamente ao volume total dos gases de combustão a serem tratados por ureia gaseificada e catalisadores de redução de NO_x , 26, 26' e 26". A corrente secundária pode ser obtida dividindo uma porção de corrente secundária 29 de toda a corrente de gases de combustão na passagem 23 deixando a principal corrente 29 de gases de combustão. A separação em vários modelos de realização será efectuada antes ou depois do tratamento. Além disso, a corrente secundária pode ser formada atraindo uma corrente de ar a partir de fontes externas do combustor.

Utilizam-se os catalisadores 26, 26' e 26" numa disposição formando um reactor e são catalisadores de RCS tal como são conhecidos na técnica para reduzir NO_x utilizando amoníaco ou ureia em várias formas hidrolisadas, gaseificadas, pirolisadas e afins. Entre os catalisadores de RCS apropriados encontram-se os que são capazes de reduzir a concentração de óxidos de azoto do efluente na presença de amoníaco. Estes incluem, por exemplo, carbono activado, carvão ou coque, zeolitos, óxido de vanádio, óxido de tungsténio, óxido de titânio, óxido de ferro, óxido de cobre, óxido de manganés, óxido de crómio, metais nobres como metais do grupo platina, como platina, paládio, ródio e irídio, ou misturas destes. Outros materiais catalisadores de RCS convencionais na técnica e com os quais o artesão especializado está familiarizado também podem ser utilizados. Estes materiais catalisadores de RCS são, tipicamente, montados num suporte tal como um metal, cerâmica, zeolito ou monólito homogéneo, embora outros suportes conhecidos na técnica também possam ser usados.

Entre os catalisadores de RCS úteis encontram-se os que são representativos dos processos da técnica anterior atrás descritos. Os processos de redução catalítica selectiva para reduzir NO_x são bem conhecidos e utilizam uma variedade de agentes catalíticos. Por exemplo, no Pedido de Patente Europeia WO 210 392, Eichholtz e Weiler debatem a remoção catalítica de óxidos de azoto usando carvão activado ou coque activado, com a adição de

amoníaco, como um catalisador. Kato, *et al.*, na Pat. U.S. No. 4 138 469 e Henke na Pat. U.S. No. 4 393 931 divulgam a redução catalítica de NO_x usando metais do grupo platina e/ou outros metais como titânio, cobre, molibdénio, vanádio, tungsténio ou óxidos dos mesmos com a adição de amoníaco para conseguir a desejada redução catalítica. Ver também EP 487 886, que especifica um catalisador de $\text{V}_2\text{O}_5/\text{WO}_3/\text{TiO}_2$ com uma gama de trabalho de 220° até 280°C. Outros catalisadores baseados em platina podem ter temperaturas de funcionamento ainda mais baixas, por exemplo, reduzidas até cerca de 180°C.

Outro processo de redução catalítica é divulgado pela Patente Canadiana 1 100 292 de Knight, que se refere ao uso de um catalisador de metal do grupo platina, ouro e/ou prata depositado num óxido refractário. Mori, *et al.*, na Pat. U.S. No. 4 107 272, debatem a redução catalítica de NO_x usando oxienxofre, sulfato, ou compostos de sulfito de vanádio, crómio, manganés, ferro, cobre e níquel com a adição de gás de amoníaco.

Num sistema catalítico multi-faseado, Ginger, na Pat. U.S. 4 268 488, divulga a exposição de óxidos de azoto contendo efluente até um primeiro catalisador compreendendo um composto de cobre como sulfato de cobre e um segundo catalisador compreendendo combinações de metal tais como sulfatos de vanádio e de ferro ou tungsténio e ferro sobre um suporte na presença de amoníaco.

O efluente contendo o gás reagente é, o mais preferivelmente, passado sobre o catalisador de RCS enquanto os gases de combustão, incluindo a ureia gaseificada ou outro reagente estão a uma temperatura de pelo menos cerca de 100°C e, tipicamente, entre cerca de 180° e cerca de 650°C, preferivelmente acima de pelo menos cerca de 250°C. Desta forma, as espécies activas presentes no efluente devidas a gaseificação da solução de reagente facilitam com a maior eficácia a redução catalítica de óxidos de azoto e a condensação de água é controlada. O efluente conterà, tipicamente, um excesso de oxigénio, por exemplo, até cerca de 15% do que é necessário para oxidar completamente o combustível carbonáceo. O uso da presente invenção com qualquer dos catalisadores atrás descritos (cuja divulgação está especificamente incorporada como referência) reduz ou elimina a necessidade de transportar, armazenar e manusear grandes quantidades de amónio ou água de amónio.

Na Figura 1, a completa corrente principal de gases de combustão no cano 33 é dividida para produzir a corrente secundária 28 e uma corrente principal 29 de volume superior ao da corrente secundária. A ureia, que se decompõe a temperaturas superiores a 140°C, é injectada a partir da zona de armazenamento 30 através do bico 32 com válvulas adequadas 34 e controladores (não apresentados) para dentro de uma corrente de gás queimado 28 dividido a seguir a um sobreaquecedor primário ou economizador (geralmente apresentado como um permutador de calor 22).

Para se conseguir o objectivo de gaseificar uma ureia ou um agente de redução de NO_x relacionado com ureia, usam-se, tipicamente, temperaturas acima dos cerca de 300°C para a gaseificação.

A solução de ureia é, desejavelmente, mantida a uma concentração adequada para armazenamento e manuseamento sem precipitação ou outro problema. Concentrações desde cerca de 5 até 70% podem ser utilizadas com um certo grau de praticabilidade mas são mais típicas as concentrações desde cerca de 15 até cerca de 50%. É uma vantagem da invenção que a quantidade de água na solução de ureia possa variar por si só ou com vapor adicionado para controlar adequadamente a temperatura adequada dos gases na corrente secundária.

A temperatura dos gases produzidos por reagentes de gaseificação neste grupo deveria ser mantida a um nível que evitasse a sua condensação. Tipicamente, a temperatura deveria ser mantida a uma temperatura de pelo menos 150°C e, preferivelmente, a menos de 200°C . Uma gama de temperaturas preferida para a gaseificação e para a transferência dos gases produzidos pelo grupo de reagentes indicado é, idealmente, desde cerca de 300° até cerca de 650°C . Idealmente, a corrente secundária 28 decomporia a ureia em espécies activas sem a necessidade de aquecimento adicional. Esta corrente secundária (por exemplo, desde 0,1 até 25% do gás queimado), tipicamente inferior a 10% e

usualmente inferior a 3%, por exemplo, desde 0,1 até 2% do volume total de gases de combustão (gás queimado), produz a necessária entalpia para a decomposição completa de ureia e a aceleração suficiente para misturar a corrente secundária 28 com a corrente principal 29 enquanto a corrente principal 29 pode ser utilizada para posterior permuta de calor.

O vaso que transporta a corrente secundária 28 produz o tempo e a velocidade do gás necessários para a decomposição da ureia. Depois da injeção, um tempo de residência de 1 até 10 segundos é tipicamente fornecido para decompor completamente a ureia e promover a reacção entre HNCO e vapor de água para formar amoníaco. A velocidade do gás da corrente secundária de 1 até 20 pés por segundo é mantida através de todo o vaso para otimizar as dimensões do vaso, conseguir um fluxo contínuo, potenciar a dispersão, evaporação e decomposição das gotículas de ureia para dentro da corrente secundária e minimizar a colisão das gotículas nas paredes do vaso. Podem ser preferidos canais internos e paredes múltiplas para se conseguir a óptima velocidade do gás e para minimizar a perda de calor para o ambiente exterior. O desenho óptimo do vaso pode ser derivado usando, entre outros, ferramentas de desenho bem estabelecidas tal como um modelo computadorizado de dinâmica de fluidos.

O bico de injeção de ureia 32 introduz gotículas

bem definidas. Tanto pode ser utilizado um atomizador assistido por ar como um atomizador mecânico. Tamanhos de gotícula inferiores a 500 micrones mas tipicamente inferiores a 100 e preferivelmente abaixo de 50 micrones são desejáveis para evaporar rapidamente e decompor as gotículas de ureia. Também, tendo em conta o tamanho do vaso, pequenas e lentas gotículas geradas a partir de, por exemplo, bicos ultra-sónicos, podem ser mais desejáveis do que grandes e rápidas gotículas. Se se desejar, pode ser introduzido vapor consoante for necessário ou desejado. (Ver Figuras 7-9, a este respeito). Esta corrente secundária 28 pode então ser dirigida para uma grelha de injeção 37 (ou outro dispositivo ou aparelho de introdução apropriado tal como uma grelha de injeção de amoníaco tradicional) à frente do reactor de RCS contendo catalisadores, por exemplo, 26, 26' e 26". Neste modelo de realização, um insuflador de alta temperatura 36 é utilizado para fornecer uma pressão de injeção adequada, por exemplo, cerca de 0,069 bar (1 psig) ou menos, para a grelha de injeção de amoníaco 37 e adicionalmente produzir a mistura. Alternativamente, um insuflador de alta temperatura 36 pode ficar localizado a montante do bico de ureia 32 em vez da localização ilustrada.

Uma grelha de injeção de amoníaco 37 com bicos densamente localizados, exige tão pouco quanto 0,1% do total de gás queimado do combustor como corrente secundária. Se se desejar, pode ser usada uma misturadora

estática 24. Alternativamente, a grelha de injeção 37 pode compreender bicos ou aberturas em menor quantidade e colocados de maneira dispersa com uma misturadora estática 24 localizada a jusante para obter uma distribuição uniforme. Esta concepção alternativa pode reduzir o custo e a manutenção associados à grelha de injeção. A mistura com o gás queimado é facilitada devido a uma ordem de grandeza de massa superior da corrente secundária, por exemplo, 1 até 2% do gás queimado, comparado com a que é injectada através de uma grelha de injeção de amoníaco (GIA) num processo tradicional de RCS de amoníaco. Assim, o actual modelo de realização confere flexibilidade ao tipo de grelha de injeção dependendo das necessidades da aplicação.

É uma vantagem deste e de outros modelos de realização da invenção que, como volumes relativamente grandes de gases de corrente secundária são misturados com a solução de ureia antes de se introduzirem os gases no catalisador de RCS, não é essencial um processo de mistura aberto. Será vantajoso, em muitos casos, especialmente onde houver um alto grau de flutuação em volumes de gás, fornecer meios para misturar os gases numa ou mais fases. Entre os meios de mistura adequados estão as misturadoras estáticas, os exaustores, insufladores e outro equipamento de processo que, por desenho ou efeito, misture os gases.

É outra vantagem deste modelo de realização da

invenção que, pela utilização da corrente secundária compreendida por gases de combustão antes de toda a permuta de calor, a entalpia dos gases é utilizada para gaseificação por permuta de calor directo com a solução de ureia aquosa. Surpreendentemente, os cálculos mostrarão que, desta maneira, a permuta de calor directo usando calor suplementar apenas consoante for necessário sob condições de carga reduzida - quando a necessidade de reduzir NO_x também for reduzida - será muito mais eficiente do que utilizando calor suplementar numa corrente fria para gaseificar a ureia. Vantajosamente, também, a adição de calor suplementar à corrente secundária pode ser um meio eficaz de controlar a temperatura na corrente secundária para a decomposição consistente de ureia e o catalisador de RCS e manter ambas as temperaturas dentro da sua gama de temperatura eficaz.

A Figura 2 ilustra um modelo de realização similar ao da Figura 1, mas fornece o aquecedor 38 para permitir o aumento da temperatura da corrente secundária 28 suficientemente para garantir a separação da ureia consoante for necessário. Isto é especialmente útil quando a produção é baixa para uma caldeira. É uma vantagem desta disposição que, quando é necessário calor, a quantidade necessária é muito menor do que a que seria necessária para aquecer quer todo o efluente quer simplesmente a ureia. Um insuflador de alta temperatura 36, localizado a jusante do bico de ureia 32, pode ficar localizado a montante do

aquecedor 38 em vez da localização ilustrada. Um aquecedor 38 apresentado como um queimador, pode ser substituído com um aquecedor de vapor em serpentina, permutador de calor ou outros meios para transferir calor até à corrente secundária 28.

A Figura 3 é uma representação esquemática de outro modelo de realização da invenção onde a corrente secundária 28 é separada da corrente de efluente principal a partir de um combustor e é aquecida consoante for necessário antes de se injectar ureia na mesma. As duas correntes (23 e 28) são combinadas e passadas através de um exaustor 40 para efectuar a separação das partículas e completar a mistura. Um insuflador de alta temperatura 36, localizado a jusante do bico de ureia 32, pode ficar localizado a montante do aquecedor 38. Um aquecedor 38 pode ser substituído com um aquecedor de vapor em serpentina, permutador de calor ou outro meio para transferir calor para a corrente secundária 28.

A Figura 4 é uma representação esquemática de outro modelo de realização da invenção onde a corrente secundária 28 é separada da corrente de efluente principal 23 a partir do combustor 20 e é passada através de um exaustor 40 (ou outro dispositivo ou aparelho separador de partículas) antes de se aquecer, consoante for necessário, por meio do aquecedor 38 e de se injectar ureia no mesmo através do injector 32. Um insuflador de alta temperatura

36, localizado a jusante do bico de ureia 32, pode estar localizado a montante do aquecedor 38 ou de um separador por exaustão 40. Um aquecedor 38 pode ser substituído por um aquecedor de vapor em serpentina, permutador de calor ou outro meio para transferir calor para a corrente secundária 28.

A Figura 5 é uma representação esquemática de um modelo de realização da invenção similar ao da Figura 4, onde a corrente secundária 28 é separada da corrente de efluente principal 23, a partir de um combustor 22, é aquecida e é injectada ureia na mesma imediatamente antes do ou no exaustor 40 (ou outro dispositivo ou aparelho de separação de partículas). A resultante corrente tratada é passada através de um insuflador 36 através de uma grelha de injeção 37 ou outro dispositivo ou aparelho de introdução adequado) à frente do reactor de RCS. Também está ilustrada uma misturadora estática facultativa 39. Um insuflador de alta temperatura 36, localizado a jusante do exaustor 40, pode estar localizado a montante do aquecedor 38. Um aquecedor 38 pode ser substituído por um aquecedor de vapor em serpentina, permutador de calor ou outro meio para transferir calor para a corrente secundária 28.

A Figura 6 é uma representação esquemática de outro modelo de realização da invenção, onde uma corrente de ar é forçada para dentro do cano 128 e aquecida, e a ureia é injectada no mesmo através do injector 32. A

corrente resultante é então passada através de uma misturadora e de uma grelha de injeção à medida que é combinada com a corrente de efluente a partir de um combustor e passada através de um reactor de RCS. Este modelo de realização mostra o permutador de calor 45 e o queimador 38, mas pode-se utilizar qualquer deles ou ambos, consoante for necessário. Outros meios para transferir calor para a corrente secundária 28 podem substituir o permutador de calor 45 ou um queimador 38.

Este modelo de realização é útil em situações em que a configuração do combustor 20 não permita facilmente a construção de uma corrente secundária de gases de combustão e, portanto, exija calor adicional. Este calor adicional pode ser minimizado usando o ar de combustão previamente aquecido que é comumente disponível em caldeiras utilitárias.

A Figura 7 é uma representação esquemática de outro modelo de realização da invenção similar à Figura 6, onde o vapor é introduzido por meios 50 como a fonte de calor.

A Figura 8 é uma representação esquemática de outro modelo de realização da invenção, similar à Figura 7, onde a fonte de vapor 50 está localizada a seguir à introdução da ureia.

A Figura 9 é uma representação esquemática de

outro modelo de realização da invenção similar à Figura 6, onde uma corrente secundária 228 é formada a partir de gases de combustão a seguir ao tratamento no reactor de catalisador de RCS. Este modelo de realização tem a vantagem de os gases terem um considerável valor térmico, especialmente se forem retirados antes de serem usados para aquecer previamente o ar de combustão.

A Figura 10 é uma representação esquemática de outro modelo de realização da invenção similar à Figura 9, onde uma corrente secundária 328 é formada a partir de gases de combustão a seguir ao tratamento no reactor de catalisador de RCS e a jusante do dispositivo de recolha de partículas 60 tal como um precipitador electrostático, saco de filtração ou um separador ciclónico. Enquanto os gases têm menos valor térmico do que a representação anterior, este esquema oferece a vantagem de ser substancialmente isento de partículas quando aplicado em combustores alimentados por sólidos ou líquidos. Um número reduzido de partículas minimiza as necessidades de manutenção.

Na Figura 11 está representada uma modificação de injeção de ureia a partir da Figura 6. Em vez da injeção de ureia aquosa é injectada uma ureia sólida pulverizada ou micronizada usando ar de transporte pneumático através da linha 31 e do bico 232 a partir da linha 234. Esta injeção de ureia sólida pode ser adaptada a todas as representações anteriores. Sem água, a ureia sólida tem a vantagem de menores necessidades de aquecimento.

A descrição que antecede destina-se a permitir ao especialista na técnica pôr a invenção em prática. Não se destina a pormenorizar todas as possíveis modificações e variações que se tornarão evidentes para o especialista ao ler a descrição. Pretende-se, contudo, que todas essas modificações e variações sejam incluídas no âmbito da invenção que consta da descrição que antecede e é definida pelas reivindicações que se seguem.

Lisboa, 17 de Maio de 2007

REIVINDICAÇÕES

1. Um processo para reduzir a concentração de óxidos de azoto numa corrente de gases de combustão, compreendendo: fornecer uma corrente secundária de gases compreendendo menos de 3% do volume dos gases de combustão totais a uma temperatura suficiente para gaseificação num tempo de residência de 1 até 10 segundos de pelo menos 140°C; introduzir uma solução aquosa de ureia na referida corrente secundária sob condições eficazes para gaseificar a referida ureia aquosa; introduzir a referida corrente secundária de gases contendo os gases resultantes da gaseificação da ureia numa corrente primária de gases contendo NO_x de volume superior ao da corrente secundária para criar uma corrente de gás combinado; e passar a corrente de gás combinado através de um catalisador de redução de NO_x sob condições eficazes para reduzir a concentração de NO_x na corrente de gás combinada, onde a solução de ureia é introduzida na referida corrente secundária a uma velocidade relativa à concentração de NO_x na referida corrente combinada antes da passagem através do referido catalisador de redução de NO_x eficaz para produzir uma RNS de cerca de 0,1 até cerca de 2 e a ureia é aspergida para dentro da corrente secundária em gotículas de tamanho inferior a 500 micrones, onde a RNS se refere aos equivalentes relativos de azoto na ureia para os equivalentes de azoto no NO_x nos gases de combustão a serem tratados.

2. Um processo, de acordo com a reivindicação 1, onde a corrente secundária compreende gases de combustão separados por uma corrente de gás de combustão para produzir a referida corrente secundária e a referida corrente primária.

3. Um processo, de acordo com a reivindicação 1, onde a corrente secundária compreende ar exterior.

4. Um processo, de acordo com a reivindicação 1, onde a corrente secundária compreende gases retirados da referida corrente de gases combinados a seguir à sua passagem através do referido catalisador de redução de NO_x.

5. Um processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1-4, onde a referida corrente secundária de gases é aquecida até uma temperatura de pelo menos 200°C antes da introdução da solução aquosa de ureia.

6. Um processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1-4, onde a ureia aquosa tem uma concentração de 5 até 70%.

7. Um processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1-4, onde a corrente secundária é aquecida pelo uso de vapor para facilitar a gaseificação da ureia.

8. Um processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1-4, onde a corrente secundária é passada

através de um dispositivo de mistura antes da introdução da referida corrente secundária de gases contendo os gases resultantes da gaseificação da ureia na referida corrente primária de gases contendo NO_x para criar a referida corrente de gases combinados.

9. Um processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1-4, onde a ureia é introduzido na corrente secundária a seguir à passagem dos gases aí contidos através de meios de redução de partículas.

10. Um processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1-4, onde a referida corrente secundária de gases é aquecida até uma temperatura de pelo menos 200°C antes da introdução da solução aquosa de ureia tendo uma concentração de 5 até 70% a uma velocidade relativa à concentração de NO_x na referida corrente combinada antes da passagem através do referido catalisador de redução de NO_x , e a corrente secundária é passada através de um dispositivo de mistura antes de se introduzir a referida corrente secundária de gases contendo os gases resultantes da gaseificação da ureia na referida corrente primária de gases contendo NO_x para criar a referida corrente de gases combinados.

11. Um processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1-4, onde a referida corrente secundária de gases compreende 2% ou menos do volume da corrente de gases combinados sob condições standard.

12. Um aparelho para reduzir a concentração de óxidos de azoto numa corrente de gases de combustão, compreendendo: meios de condução para transportar uma corrente secundária de gases compreendendo menos de 3% do volume dos gases de combustão totais a uma temperatura suficiente para a gaseificação num tempo de residência de 1 até 10 segundos de pelo menos 140°C; meios para introduzir uma solução aquosa de ureia na referida corrente secundária sob condições eficazes para gaseificar a referida ureia aquosa; meios para introduzir a referida corrente secundária de gases contendo os gases resultantes da gaseificação de ureia numa corrente primária de gases contendo NO_x de volume superior ao da corrente secundária para criar uma corrente de gases combinados; e meios para passar a corrente de gases combinados através de um catalisador de redução de NO_x sob condições eficazes para reduzir a concentração de NO_x na corrente de gases combinados, onde são fornecidos meios para introduzir a solução de ureia na referida corrente secundária a uma velocidade relativa à concentração de NO_x na referida corrente combinada antes da passagem através do referido catalisador de redução de NO_x eficaz para produzir uma RNS de cerca de 0,1 até cerca de 2 e para aspergir a ureia para dentro da corrente secundária em gotículas de tamanho inferior a 500 micrones, onde a RNS se refere aos equivalentes relativos de azoto na ureia para os equivalentes de azoto no NO_x nos gases de combustão a serem tratados.

13. Um aparelho, de acordo com a reivindicação 12, onde são fornecidos meios para separar a corrente secundária de uma corrente de gás de combustão para produzir a referida corrente secundária e a referida corrente primária.

14. Um aparelho, de acordo com a reivindicação 12, onde são fornecidos meios para introduzir ar exterior como corrente secundária.

15. Um aparelho, de acordo com a reivindicação 12, onde são fornecidos meios para retirar gases da referida corrente de gases combinados a seguir à sua passagem através do referido catalisador de redução de NO_x para formar a referida corrente secundária.

16. Um aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 12 - 15, onde são fornecidos meios para aquecer a referida corrente secundária de gases até uma temperatura de pelo menos 200°C antes de introduzir a solução aquosa de ureia.

17. Um aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 12 - 15, onde são fornecidos meios para introduzir uma solução de ureia a uma concentração de 5 até 70%.

18. Um aparelho, de acordo com qualquer uma das

reivindicações 12 - 15, onde são fornecidos meios para aquecer a corrente secundária por meio de vapor para facilitar a gaseificação do agente de redução de NO_x.

19. Um aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 12 - 15, onde são fornecidos meios de mistura na referida corrente secundária de gases.

20. Um aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 12 - 15, que compreende ainda meios para a remoção de partículas e a corrente secundária é retirada do efluente a jusante dos referidos meios para a remoção de partículas.

Lisboa, 17 de Maio de 2007

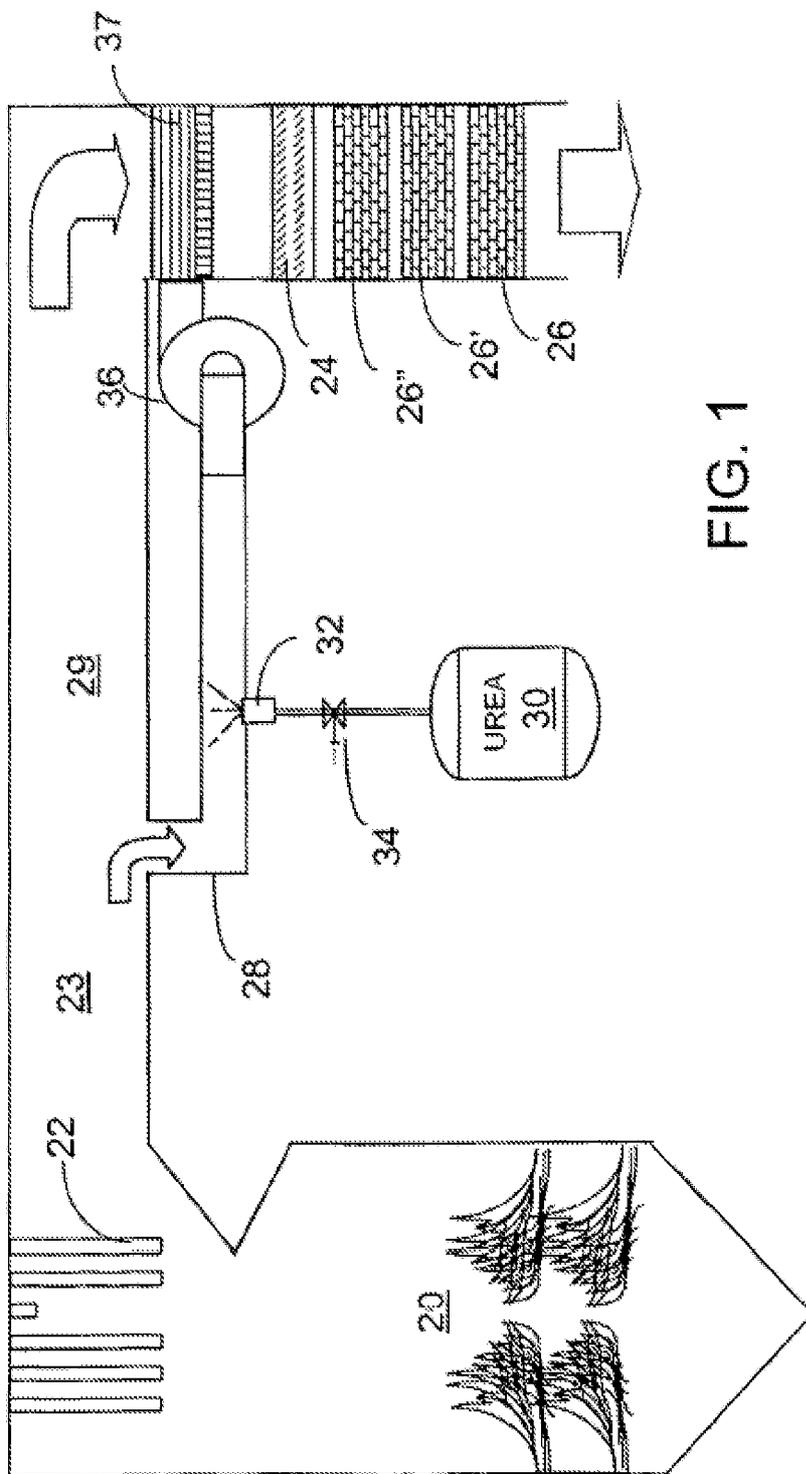


FIG. 1

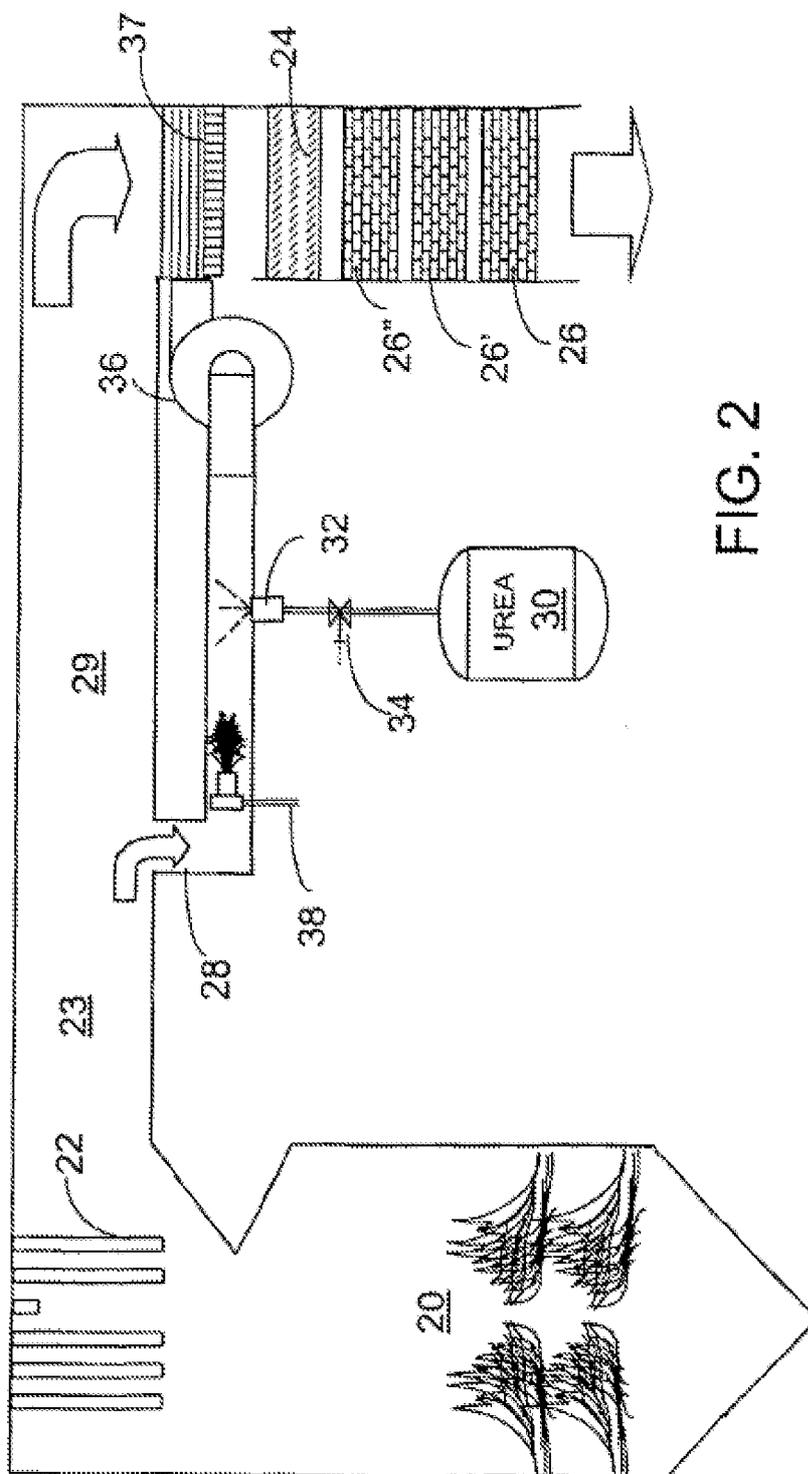


FIG. 2

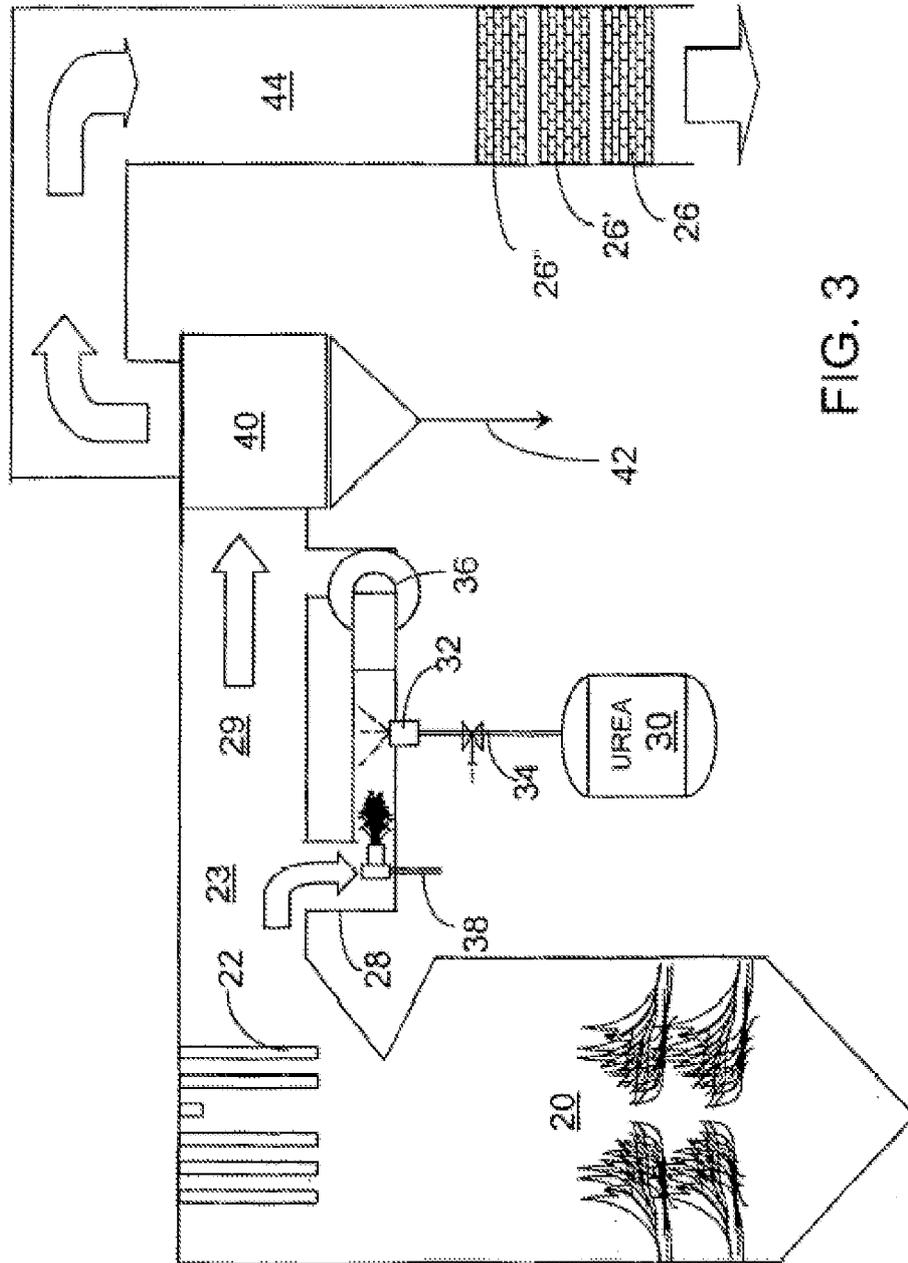


FIG. 3

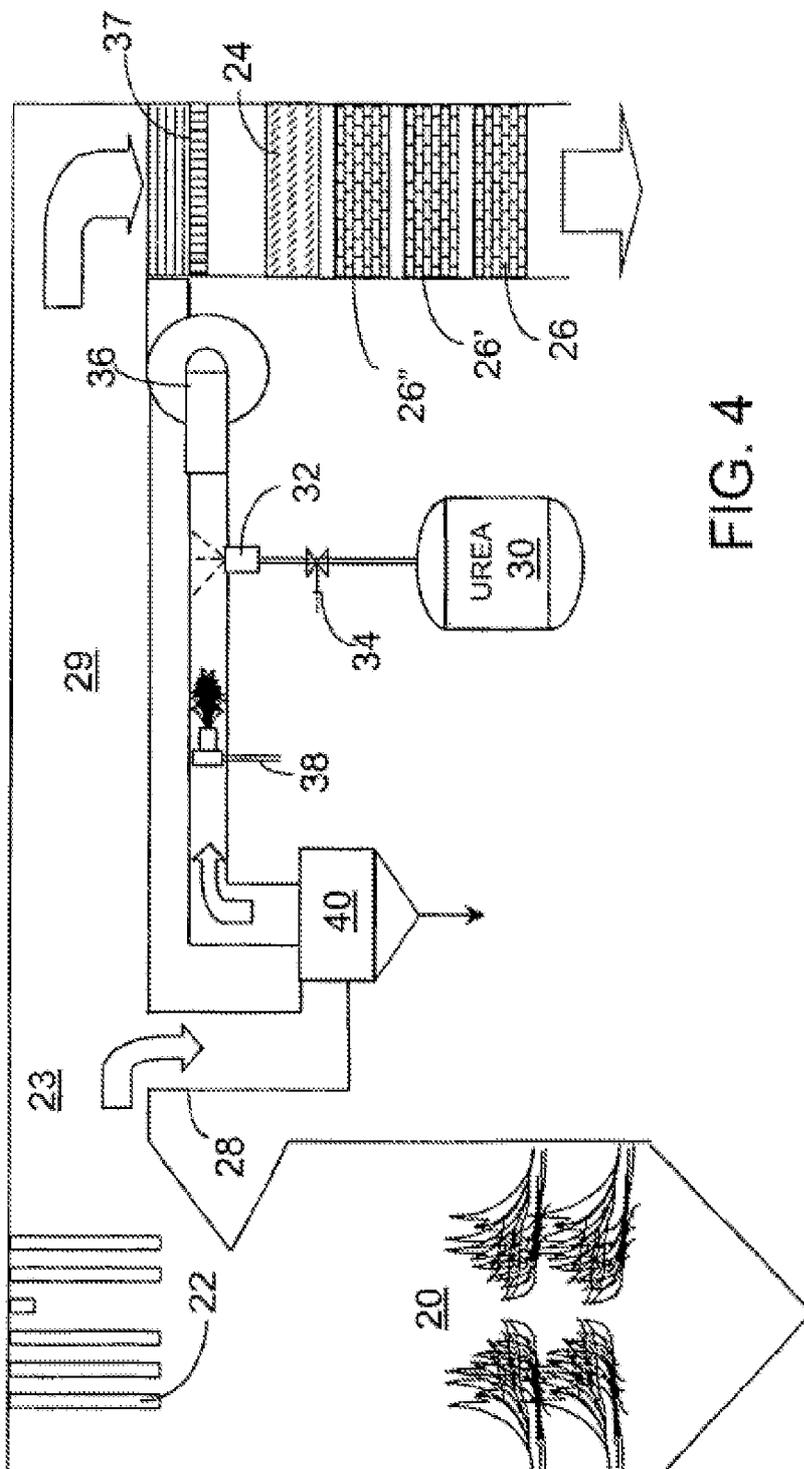


FIG. 4

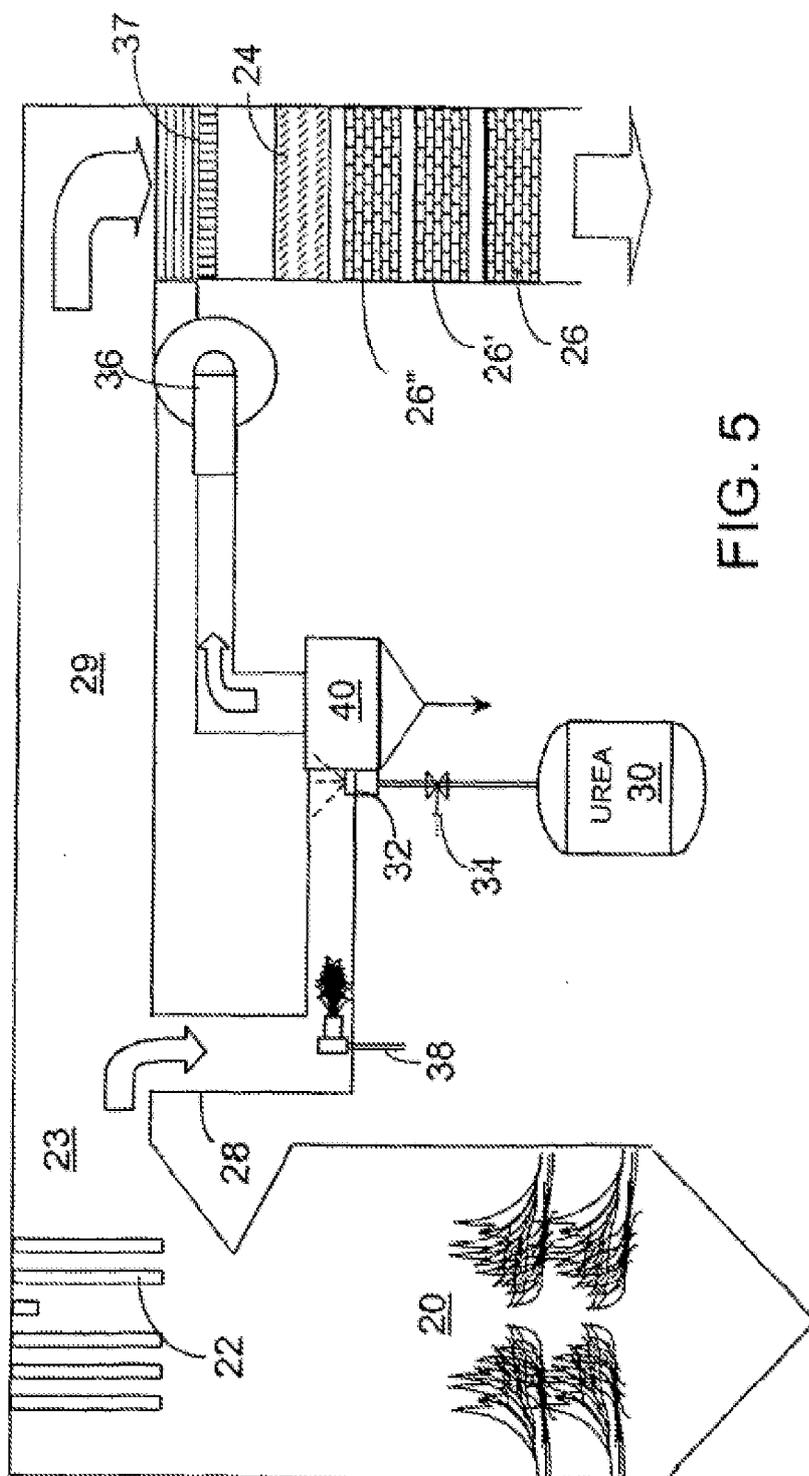


FIG. 5

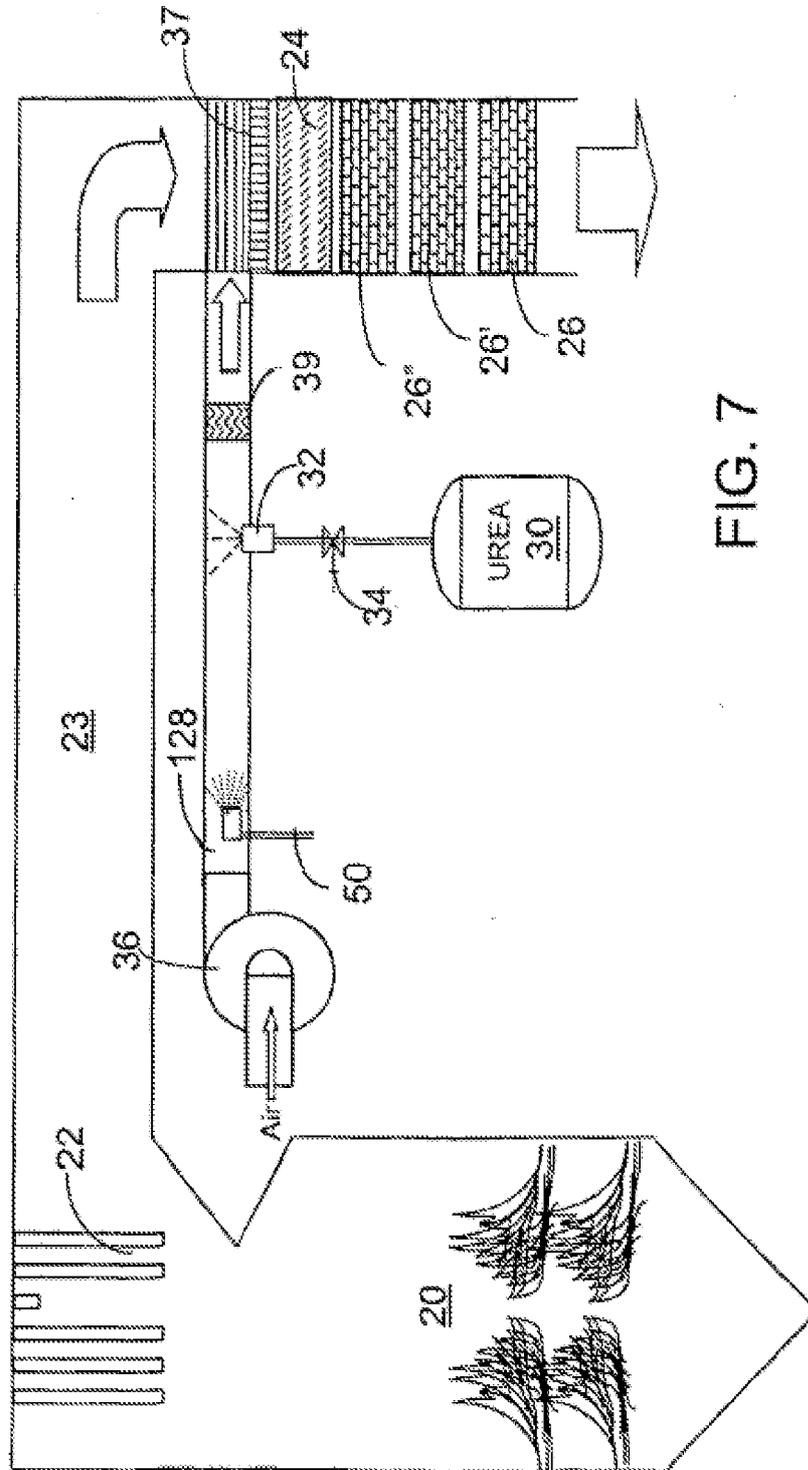


FIG. 7

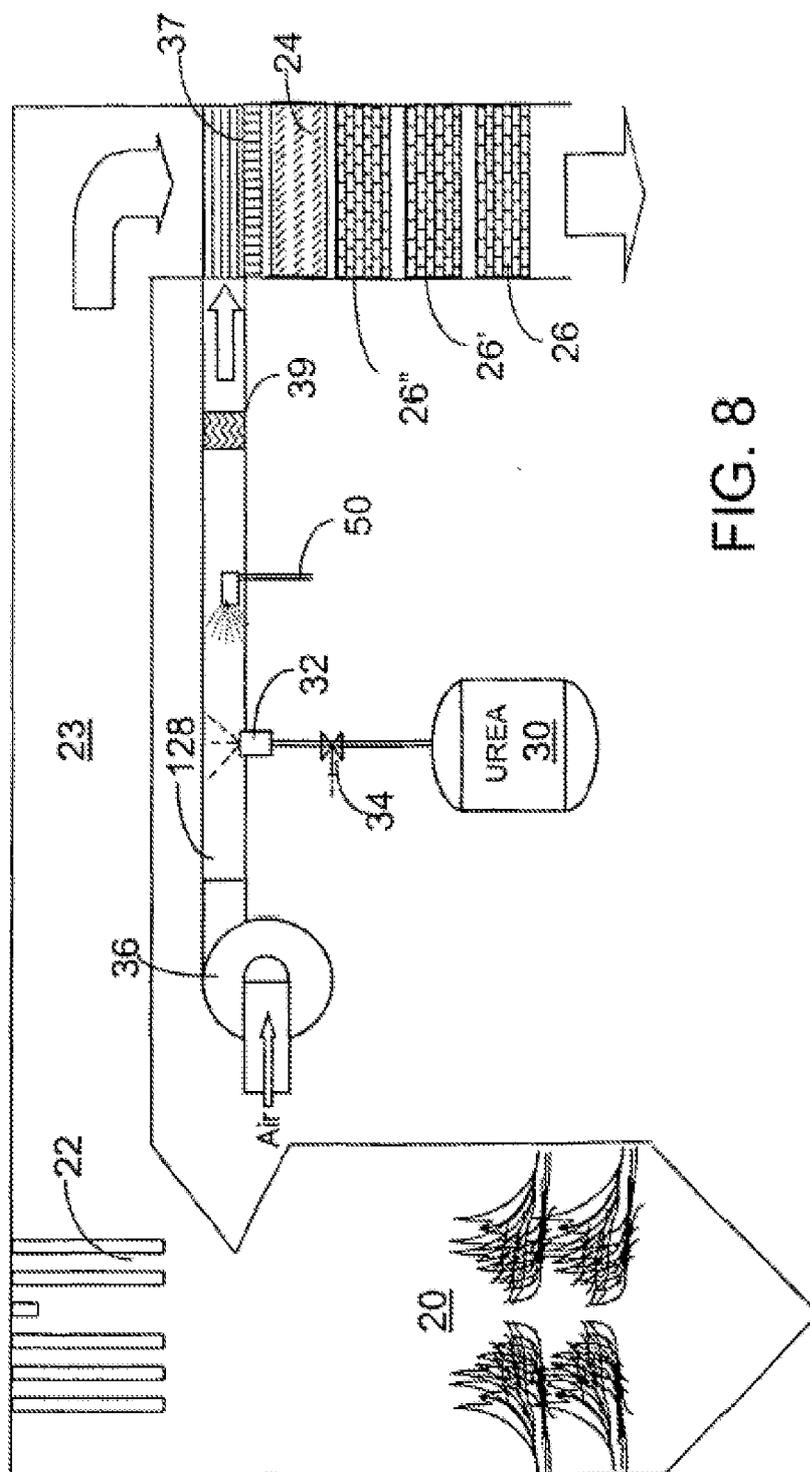


FIG. 8

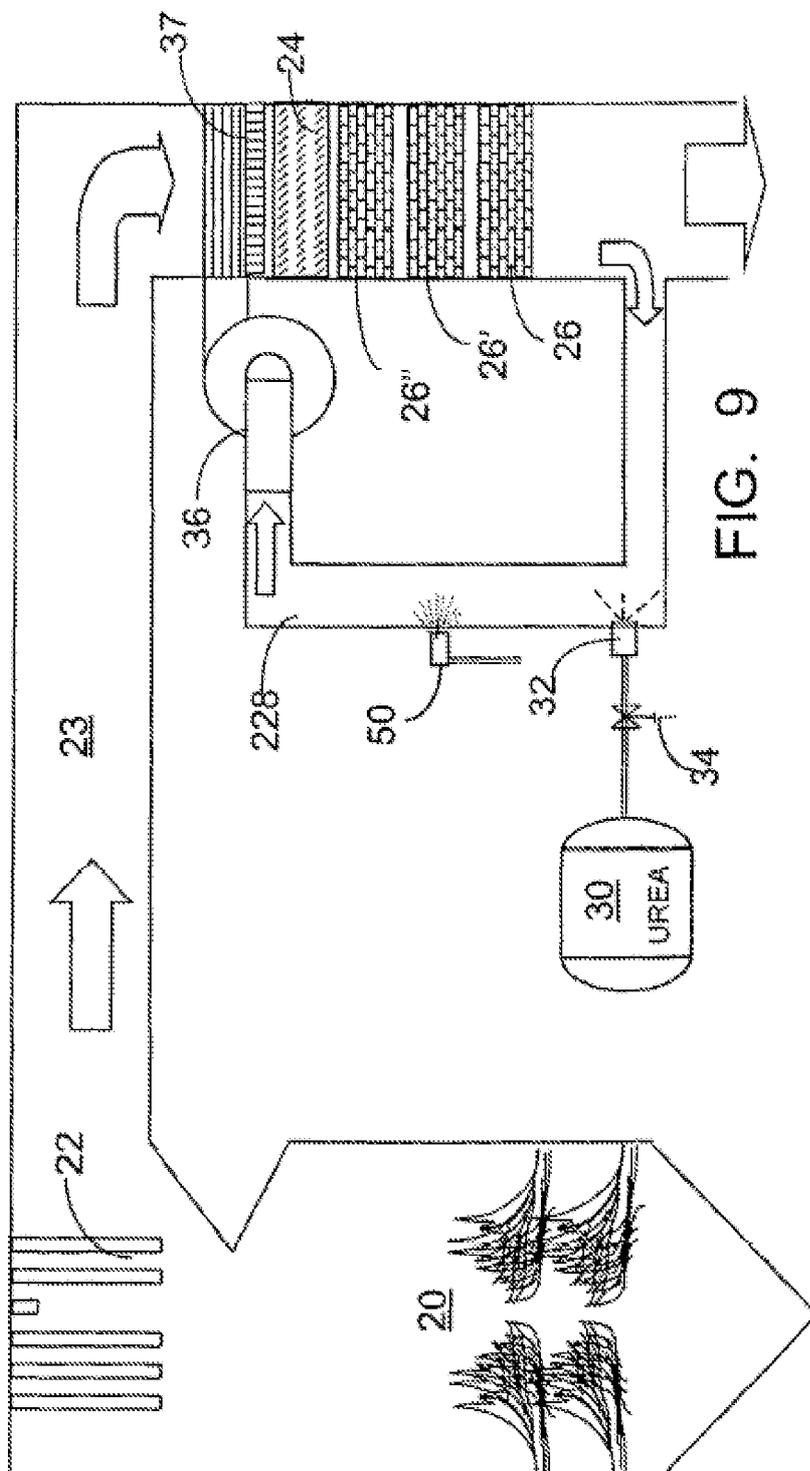


FIG. 9

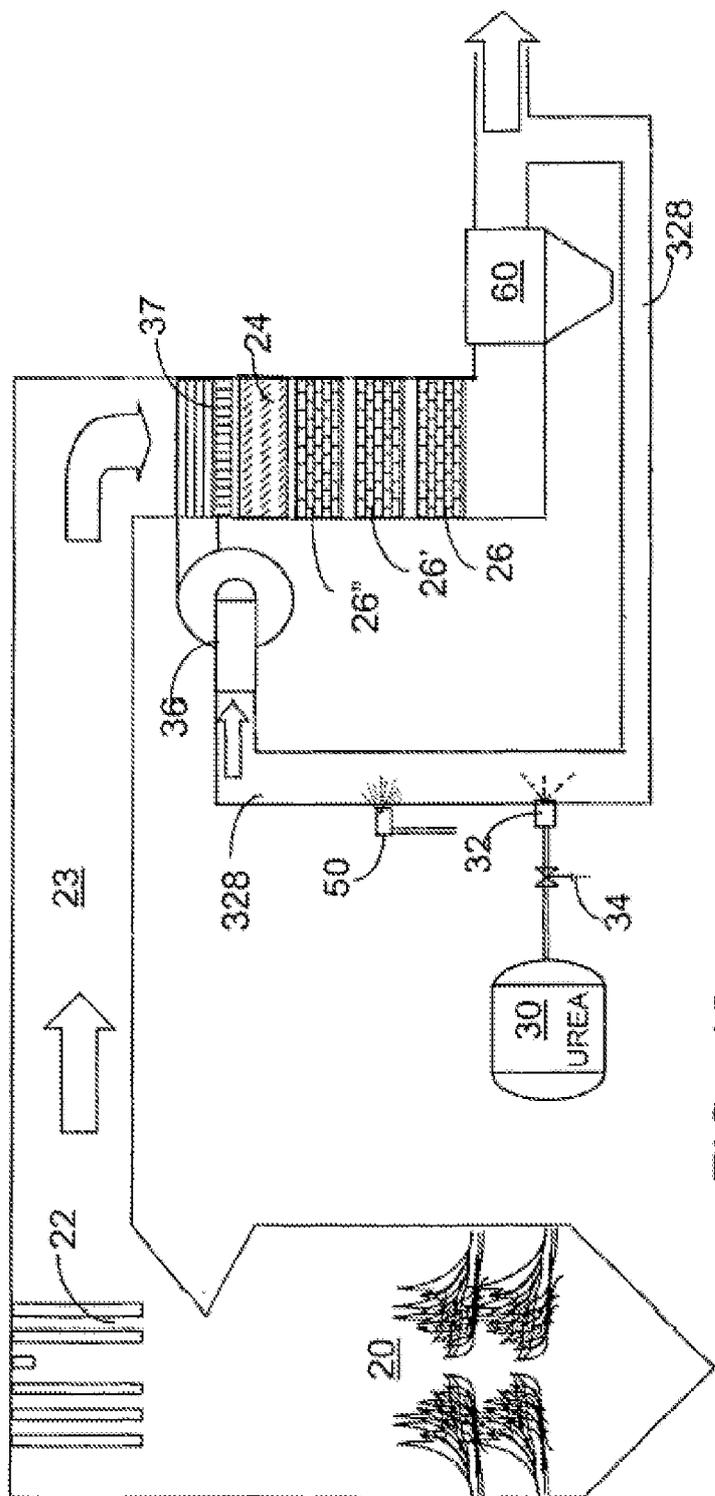


FIG. 10

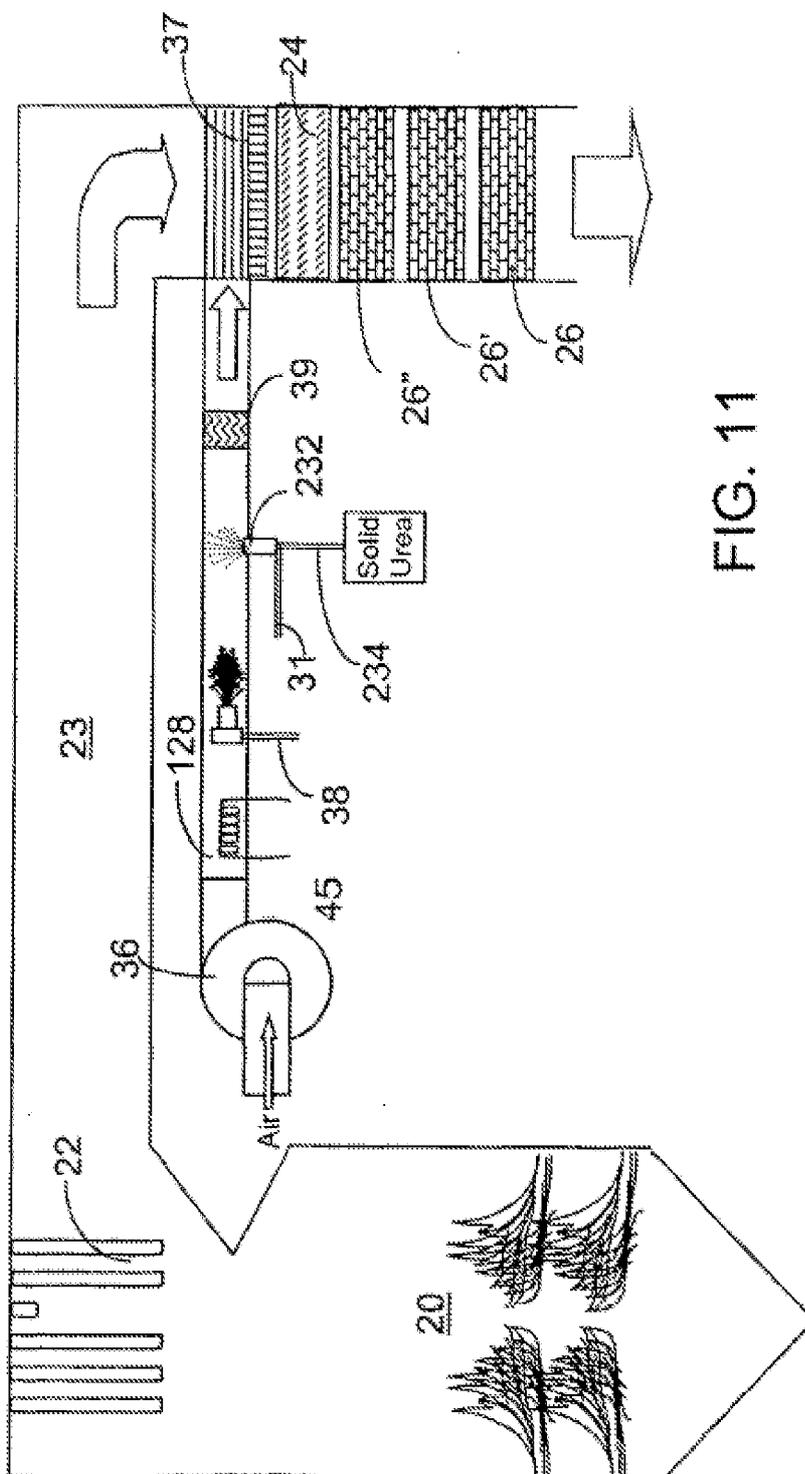


FIG. 11