

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

(21) **PI0614596-5 A2**



\* B R P I 0 6 1 4 5 9 6 A 2 \*

(22) Data de Depósito: 08/08/2006  
(43) Data da Publicação: 05/04/2011  
(RPI 2100)

(51) *Int.Cl.:*  
B01D 53/34

(54) Título: **MÉTODO PARA REMOÇÃO DE IMPUREZAS DE UM GÁS**

(30) Prioridade Unionista: 07/08/2006 US 11/500,132,  
08/08/2005 US 60/706,327

(73) Titular(es): Linde, Inc

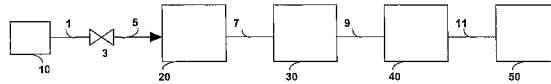
(72) Inventor(es): RAVI JAIN

(74) Procurador(es): Dannemann, Siemsen, Bigler &  
Ipanema Moreira

(86) Pedido Internacional: PCT US2006030907 de 08/08/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/019512 de 15/02/2007

(57) Resumo: MÉTODO PARA REMOÇÃO DE IMPUREZAS DE UM GÁS. A presente invenção proporciona um método e aparelho para purificar o dióxido de carbono. Bactérias, pesticidas e impurezas de metais pesados da corrente gasosa do dióxido de carbono são removidos usando adsorção, lavagem com água, precipitação eletrostática ou filtragem.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**MÉTODO PARA REMOÇÃO DE IMPUREZAS DE UM GÁS**".

CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção provê um método para remover impurezas de um gás. Mais particularmente, essa invenção provê um método para re-  
5 mover impurezas de um gás de dióxido de carbono.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

O dióxido de carbono é usado em uma série de aplicações industriais e domésticas, muitas das quais exigem que o dióxido de carbono  
10 seja livre de várias impurezas. Infelizmente, o dióxido de carbono obtido de fontes naturais tais como poços de gás, processos químicos, processos de fermentação ou produzidos em indústria, particularmente dióxido de carbono produzido pela combustão de produtos de hidrocarboneto, podem conter  
15 metais, pesticidas e impurezas de bactérias além de compostos de enxofre tais como sulfeto de carbonila (COS) e sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S), oxigenados tais como acetaldeídos e álcoois, e aromáticos tal como benzeno. Quando o dióxido de carbono é planejado para uso em uma aplicação que exige que o dióxido de carbono seja de alta pureza, tal como na fabricação e  
20 limpeza de produtos alimentícios e carbonatação de bebidas, produtos médicos e dispositivos eletrônicos, os metais, os pesticidas e outras impurezas contidas na corrente de gás devem ser removidos para níveis muito baixos antes do uso.

Dependendo da aplicação (remoção de metais requerida para eletrônicos e alimentos, remoção de pesticidas requerida para alimentos/bebidas) a remoção de tais metais e pesticidas pode ser requerida e métodos para remover essas impurezas são desejáveis.

A presente invenção provê um método simples e eficiente para realizar esses objetivos.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

30 Uma modalidade da presente invenção é direcionada para um método para a remoção de impurezas de uma corrente de gás compreendendo passar a corrente de gás através de pelo menos um tratamento sele-

cionado do grupo consistindo em adsorção, lavagem com água, precipitação eletrostática e filtração.

Uma outra modalidade da presente invenção é direcionada para um método para a remoção de impurezas de uma corrente de gás de dióxido de carbono compreendendo passar a corrente de gás de dióxido de carbono através de pelo menos um tratamento selecionado do grupo consistindo em adsorção, lavagem com água, precipitação eletrostática e filtração.

Em uma modalidade, a adsorção compreende passar a corrente de gás através de leitos de absorção selecionados de usos de um adsorvente selecionado de uma alumina ativada e um zeólito ou um zeólito na sua forma de troca iônica.

Em uma modalidade, o zeólito é selecionado do grupo consistindo em uma forma de 4A, 5A, 13X e NaY e o zeólito nas suas formas de troca iônica. A lavagem com água compreende tratamentos com um oxidante ou um desinfetante em uma coluna condensada.

Em uma modalidade, a filtração usa um filtro selecionado do grupo consistindo em microfiltros, ultrafiltros, nanofiltros e filtros não-porosos.

Em uma modalidade, um tratamento de compressão é executado antes de ou depois de pelo menos um tratamento selecionado do grupo consistindo em adsorção, lavagem com água, precipitação eletrostática e filtração.

### BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Embora o relatório descritivo conclua com reivindicações evidenciando distintamente a matéria exposta que os requerentes consideram como sua invenção, a invenção seria entendida melhor quando tomada em conjunto com os desenhos acompanhantes nos quais:

A figura 1 é uma descrição esquemática do processo geral para purificação do dióxido de carbono em um processo de purificação do dióxido de carbono no ponto de uso e

A figura 2 é uma descrição esquemática da purificação do dióxido de carbono em uma fábrica de produção de dióxido de carbono.

### DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

O dióxido de carbono que é tipicamente produzido para operações industriais tem uma série de impurezas presente nele. Essas impurezas freqüentemente serão um problema para muitos usos do dióxido de carbono, mas na produção de produtos planejados para consumo humano tal como bebidas carbonatadas e fabricação eletrônica a pureza do dióxido de carbono é soberana e pode influenciar o sabor, qualidade e concordância legal do produto acabado.

O dióxido de carbono impuro que pode ser obtido de qualquer fonte disponível de dióxido de carbono tipicamente conterá como impurezas compostos de enxofre tais como sulfeto de carbonila, sulfeto de hidrogênio, sulfeto de dimetila, dióxido de enxofre e mercaptanas, impurezas de hidrocarboneto tais como aldeídos, álcoois, aromáticos, propano, etileno e outras impurezas tais como água, monóxido de carbono, metais e pesticidas. Essa invenção descreve novos métodos para a remoção de algumas das impurezas, tais como metais, pesticidas e bactérias. Os métodos de remoção e análise de impureza podem ser usados em várias maneiras dependendo de se o dióxido de carbono é purificado em uma fábrica de produção, ou no ponto de uso. Várias aplicações no ponto de uso do dióxido de carbono incluem uma fábrica de enchimento de bebida, uma fábrica de congelamento de alimento, uma fábrica de fabricação de eletrônicos e uma localização de dispensa de dióxido de carbono do tipo de fonte.

A remoção de impurezas de bactérias, metal e pesticida dependerá de se o dióxido de carbono é purificado em uma fábrica de produção ou no ponto de uso. Em uma fábrica de produção, essas impurezas normalmente serão removidas antes da etapa de compressão ou depois da etapa de compressão. Os métodos para a remoção dessas impurezas incluem materiais adsorventes, colunas de lavagem com água, precipitadores eletrostáticos e meios de filtragem. O material adsorvente pode ser adsorventes não-específicos tais como alumina ativada ou zeólitos e materiais especificamente impregnados para a remoção de várias impurezas de metal. Os precipitadores eletrostáticos podem remover as impurezas do metal através do uso

de um campo elétrico. As colunas de lavagem com água removem metais e outras impurezas tal como pesticidas transferindo-as para uma fase aquosa que é descartada. Ozônio pode ser usado em uma coluna de lavagem com água para oxidar e/ou degradar impurezas tais como bactérias e pesticidas e para causar a floculação das impurezas de metais que são então removidas na descarga da coluna de lavagem com água. A filtração do leite condensado ou de filtros microporosos pode também ser usada para a remoção de metais e outras impurezas. Para minimizar a queda de pressão nessa etapa, filtros com tamanho de poro muito pequeno não são possíveis.

Para a remoção no ponto de uso de bactérias, metais e outras impurezas, uma variedade mais ampla de opções está disponível devido à maior queda de pressão permissível. Além dos métodos com base em adsorvente, uma série de filtros pode ser usada. Esses incluem microfiltros, ultrafiltros, nanofiltros e filtros não-porosos tal como membranas de separação de gás. Alguns desses filtros removerão todas as impurezas acima de um certo nível de tamanho e podem remover virtualmente todas as impurezas de metal e pesticida.

Várias combinações de técnicas de purificação descritas podem ser usadas para tratar várias necessidades de purificação do CO<sub>2</sub>. Para a purificação no ponto de uso tal como purificação do dióxido de carbono antes do enchimento de bebidas ou fabricação eletrônica, o dióxido de carbono impuro será transportado de um tanque de armazenamento para o equipamento de purificação em fluxo típico de uso do consumidor. Essas taxas de fluxo podem variar de 80 a 1.500 sm<sup>3</sup>/h (metros cúbicos padrões por hora) dependendo da aplicação final e do tamanho da instalação de produção. O dióxido de carbono tipicamente estará em uma pressão na faixa de aproximadamente 170 kPa a aproximadamente 2150 kPa (1,7 a aproximadamente 21,5 bara) com aproximadamente 1600 kPa a aproximadamente 2000 kPa (16 a aproximadamente 20 bara) sendo típico. Em certas aplicações, particularmente essas relacionadas com o dióxido de carbono para limpeza eletrônica, as pressões poderiam variar entre 6000 kPa a vários milhares de kPa (60 a vários milhares de bara).

De volta para as figuras, a figura 1 é uma visão geral do processo de purificação do dióxido de carbono no ponto de uso. Dependendo das impurezas na alimentação, alguns componentes desse processo podem ser eliminados. O dióxido de carbono contendo impurezas é direcionado do tanque 10 ao longo da linha 1 através do regulador de pressão 3 e linha 5 para uma unidade de purificação 20. Um controlador de fluxo opcional, não mostrado, pode ser utilizado para medir e controlar o fluxo do dióxido de carbono impuro do tanque 10. O dióxido de carbono deixa a primeira unidade de purificação através da linha 7 e entra em uma segunda unidade de purificação 30. Em uma purificação no ponto de uso, a primeira unidade de purificação 20 pode ser uma unidade de remoção de enxofre e a segunda unidade de purificação 30 pode ser um reator catalítico e/ou uma unidade de adsorção. O gás sai da segunda unidade de purificação 30 através da linha 9 e entra na unidade 40 para a remoção de impurezas tais como metais, pesticidas e bactérias e deixa a unidade 40 através da linha 40 e entra em um processo de uso do dióxido de carbono 50. Os métodos para a remoção dessas impurezas incluem materiais adsorventes, precipitadores eletrostáticos e meios de filtragem. O material adsorvente pode ser adsorventes não específicos tais como alumina ativada ou zeólitos e materiais especificamente impregnados para a remoção de várias impurezas de metal. Os precipitadores eletrostáticos podem remover impurezas de metal através do uso de um campo elétrico. Filtragem de leito condensado ou filtros microporosos podem também ser usados para a remoção de metais e outras impurezas. Uma série de filtros pode ser usada e inclui microfiltros, ultrafiltros, nanofiltros e filtros não-porosos tal como membranas de separação de gás. Alguns desses filtros removerão todas as impurezas acima de um certo nível de tamanho e podem remover virtualmente todas as impurezas de metal e pesticida. Desde que o dióxido de carbono entrando na unidade 40 está em alta pressão, 1600 a 2000 kPa (16 a 20 bara), e a unidade 50 tipicamente estaria a menos do que 1000 kPa (10 bara), uma alta pressão pode ser tolerada através da unidade 40 e isso proporciona a opção de usar filtro que pode causar grande queda de pressão tal como os nanofiltros.

A purificação do dióxido de carbono em uma fábrica de produção de dióxido de carbono usando vários aspectos dessa invenção é mostrada na figura 2. O dióxido de carbono da fonte 100 é enviado para uma unidade de remoção opcional de metais/pesticidas/bactérias 105. Como discutido anteriormente, essa unidade pode consistir de um ou mais processos de purificação escolhidos de adsorção, coluna de lavagem com água, precipitador eletrostático ou uma unidade de filtragem. Os métodos para a remoção dessas impurezas incluem materiais adsorventes, colunas de lavagem com água, precipitadores eletrostáticos e meios de filtragem. O material adsorvente pode ser adsorventes não-específicos tais como alumina ativada ou zeólitos e materiais especificamente impregnados para a remoção de várias impurezas de metal. Precipitadores eletrostáticos podem remover impurezas de metal através do uso de um campo elétrico. As colunas de lavagem com água removem metais e outras impurezas tal como pesticidas transferindo-as para uma fase aquosa que é descartada. O ozônio pode ser usado em uma coluna de lavagem com água para oxidar e/ou degradar as impurezas tais como bactérias e pesticidas e para causar a floculação das impurezas de metal que são então removidas na descarga da coluna de lavagem com água. A filtragem com leito condensado ou filtros microporosos pode também ser usada para a remoção de metais e outras impurezas. Para minimizar a queda de pressão nessa etapa, os filtros com tamanho de poro muito pequeno não são praticáveis. O gás que deixa a unidade 105 é comprimido na unidade 110, resfriado na unidade 115 e enviado para uma unidade opcional de lavagem com água 120. Na prática, uma coluna de lavagem com água como parte da unidade 105 ou coluna de lavagem com água 120 é usada. Na coluna de lavagem com água 120, a corrente de água 125 entra na coluna e uma corrente 130 contendo impurezas sai da coluna. A coluna de lavagem com água tipicamente conteria materiais de adensamento tais como anéis de "rashig" ou adensamento estruturado e o fluxo da corrente de dióxido de carbono é contracorrente ao fluxo da corrente de dióxido de carbono. Como mencionado anteriormente, a corrente de água que chega 125 pode conter o ozônio para facilitar a remoção de impurezas de metal e a de-

gradação das impurezas de pesticida e bactérias. Tempo de permanência suficiente é provido para a remoção dessas impurezas.

5 A corrente que sai da coluna de lavagem com água 120 entra em uma unidade de purificação 135 que pode conter módulos para a remoção de impurezas de enxofre e hidrocarboneto, módulos para liquefação e destilação e recurso de análise. O gás que deixa a unidade de purificação 135 entra na unidade 140 que pode ser um tanque de armazenamento de dióxido de carbono ou um processo utilizando dióxido de carbono.

10 As indústrias ou consumidores onde a presente invenção terá utilidade incluem, mas não são limitados a, fabricação e limpeza de gêneros alimentícios; fabricação de eletrônicos, componentes eletrônicos e subconjuntos; limpeza de produtos médicos; carbonatação de refrigerantes, cerveja e água; cobertura de tanques de armazenamento e recipientes que contêm líquidos ou pós inflamáveis; cobertura de materiais que degradariam no ar,  
15 tais como óleo vegetal, temperos e fragrâncias.

#### Exemplo 1

Teste foi executado usando uma coluna de lavagem com água (10 cm de diâmetro) usando adensamento de 2,5 cm. A altura da coluna era aproximadamente de 1,0 metro. O dióxido de carbono em uma taxa de fluxo  
20 de 26,6  $\text{sm}^3/\text{h}$  e em uma pressão de 151,325 kPa (0,5 barg) foi passado de modo contracorrente à corrente de água em 0,4 Litros por minuto. O dióxido de carbono continha uma impureza de metal pesado em uma concentração de aproximadamente 140 ppb. Cerca de 80% da impureza de metal foi removida pela lavagem com água.

25 O ozônio em uma concentração de 10 ppm foi adicionado na corrente de água e acima de 95% de remoção do metal pesado foi obtida. O uso do ozônio melhora a remoção das impurezas de metal significativamente nesse caso.

30 Embora a presente invenção tenha sido descrita com referência às várias modalidades e exemplos, numerosas mudanças, adições e omissões, como ocorrerão para aqueles versados na técnica, podem ser feitas sem se afastar do espírito e do escopo da presente invenção.

## REIVINDICAÇÕES

1. Método para remoção de impurezas de uma corrente gasosa compreendendo passar a corrente gasosa através de pelo menos um tratamento selecionado do grupo consistindo em adsorção, lavagem com água, precipitação eletrostática e filtração.  
5
2. Método, reivindicação 1, em que a corrente gasosa é uma corrente gasosa de dióxido de carbono.
3. Método, como reivindicado na reivindicação 1, em que a dita adsorção compreende passar a corrente gasosa através de leitos de absorção selecionados de usos de um adsorvente selecionado de uma alumina ativada e um zeólito ou um zeólito na sua forma de troca iônica.  
10
4. Método, como reivindicado na reivindicação 1, no qual o zeólito é selecionado do grupo consistindo em uma forma 4A, 5A, 13X e NaY.
5. Método, como reivindicado na reivindicação 1, no qual a lavagem com água compreende tratamentos com um oxidante.  
15
6. Método, como reivindicado na reivindicação 1, no qual a lavagem com água compreende tratamento com um desinfetante.
7. Método, como reivindicado na reivindicação 1, no qual a dita filtração usa um filtro selecionado do grupo consistindo em microfiltros, ultrafiltros, nanofiltros e filtros não-porosos.  
20
8. Método, como reivindicado na reivindicação 1, no qual a corrente gasosa também compreende um pré-tratamento para remover compostos de enxofre.
9. Método, como reivindicado na reivindicação 1, também compreendendo um tratamento de compressão depois de pelo menos um tratamento selecionado do grupo consistindo em adsorção, lavagem com água, precipitação eletrostática e filtração.  
25
10. Método para remover impurezas de uma corrente gasosa de dióxido de carbono compreendendo passar a corrente gasosa de dióxido de carbono através de pelo menos um tratamento selecionado do grupo consistindo em adsorção, lavagem com água, precipitação eletrostática e filtração.  
30

11. Método, como reivindicado na reivindicação 10, no qual a dita adsorção compreende passar a corrente gasosa de dióxido de carbono através de leitos de absorção selecionados de usos de um adsorvente selecionado de uma alumina ativada e um zeólito ou um zeólito na sua forma de troca iônica.
- 5
12. Método, como reivindicado na reivindicação 10, no qual o zeólito é selecionado do grupo consistindo em uma forma 4A, 5A, 13X e NaY.
13. Método, como reivindicado na reivindicação 10, no qual a lavagem com água compreende tratamentos com um oxidante.
- 10
14. Método, como reivindicado na reivindicação 10, no qual a lavagem com água compreende tratamento com um desinfetante.
15. Método, como reivindicado na reivindicação 10, no qual a dita filtragem usa um filtro selecionado do grupo consistindo em microfiltros, ultrafiltros, nanofiltros e filtros não porosos.
- 15
16. Método, como reivindicado na reivindicação 10, no qual a corrente gasosa também compreende um pré-tratamento para remover compostos de enxofre.
17. Método, como reivindicado na reivindicação 10, também compreendendo um tratamento de compressão depois de pelo menos um tratamento selecionado do grupo consistindo em adsorção, lavagem com água, precipitação eletrostática e filtragem.
- 20

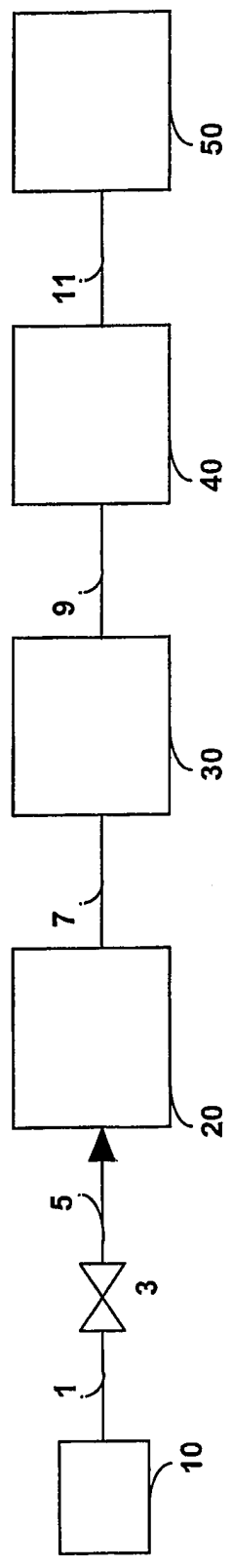


Fig.1

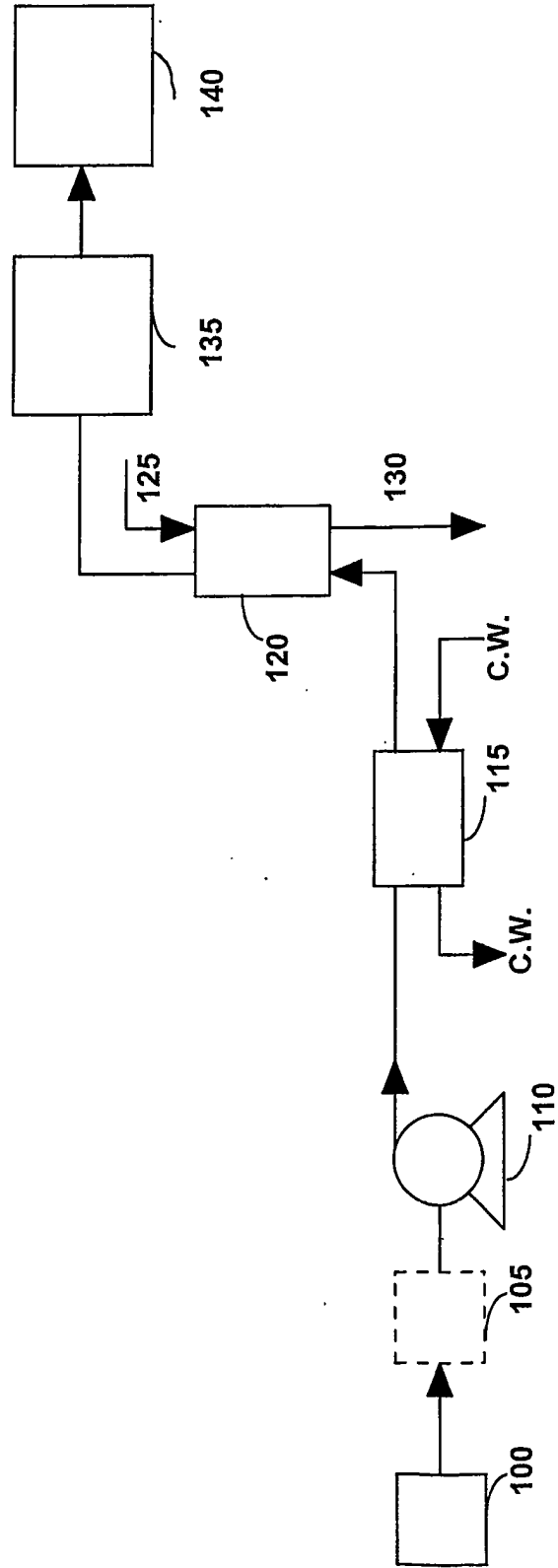


Fig.2

**RESUMO**

Patente de Invenção: **"MÉTODO PARA REMOÇÃO DE IMPUREZAS DE UM GÁS"**.

5 A presente invenção proporciona um método e aparelho para purificar o dióxido de carbono. Bactérias, pesticidas e impurezas de metais pesados da corrente gasosa do dióxido de carbono são removidos usando adsorção, lavagem com água, precipitação eletrostática ou filtragem.