



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

(21) **PI0611517-9 A2**

(22) Data de Depósito: 02/06/2006
(43) Data da Publicação: 14/09/2010
(RPI 2071)



(51) *Int.Cl.:*
C01B 17/54
C01B 17/50
C01B 17/775
C01B 17/80
B01J 19/26
B05B 17/00

(54) Título: **PROCESSO E APARATO PARA A COMBUSTÃO DE UM LÍQUIDO CONTENDO SÚLFUR**

(30) Prioridade Unionista: 02/06/2005 US 60/686,776

(73) Titular(es): MECS, INC.

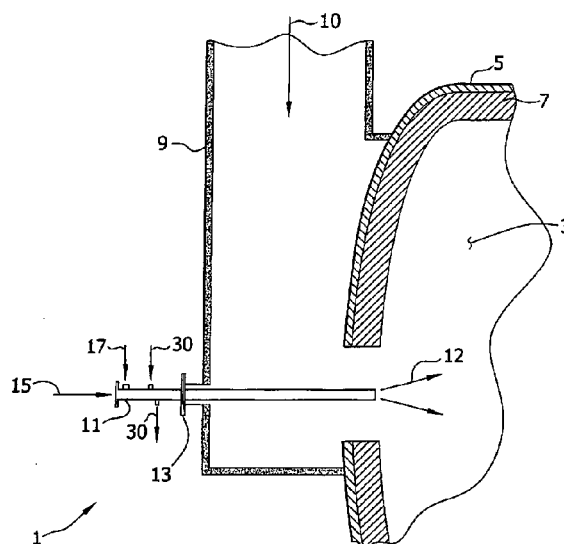
(72) Inventor(es): DAVID L. RANDOLPH III, SAMUEL CHAN

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

(86) Pedido Internacional: PCT US2006021455 de 02/06/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2006/130833 de 07/12/2006

(57) Resumo: PROCESSO E APARATO PARA A COMBUSTÃO DE UM LÍQUIDO CONTENDO SÚLFUR. A presente invenção refere-se a aparelho e processos para a produção de um gás de combustão contendo dióxido de enxofre nos quais um líquido contendo enxofre é pneumáticamente atomizado com uma lança ou pistola de enxofre que utiliza um gás atomizante para formar uma mistura de combustão atomizada para combustão em um forno de enxofre. O gás de combustão contendo dióxido de enxofre pode ser usado na fabricação de ácido sulfúrico pelo processo de contato.



Pi 0611517-9

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**PROCESSO E APARATO PARA A COMBUSTÃO DE UM LÍQUIDO CONTENDO SÚLFUR**".

Campo da Invenção

A presente invenção refere-se, de modo geral, A técnicas e aparelho para preparação de uma mistura de combustão de enxofre atomizada compreendendo partículas ou gotículas de um líquido contendo enxofre por atomização de um líquido contendo enxofre utilizando um gás atomizante. A presente invenção é particularmente adaptada para a produção de uma mistura de combustão de enxofre atomizada para combustão em um forno a enxofre para produzir um gás de combustão contendo dióxido de enxofre útil na fabricação de ácido sulfúrico pelo processo de contato.

Antecedente da Invenção

O processo de contato convencional para a fabricação de ácido sulfúrico inclui queimar ou combustar enxofre fundido em ar ou outro gás contendo oxigênio na câmara de combustão de um forno a enxofre para produzir um gás de combustão compreendendo dióxido de enxofre, oxidar o dióxido de enxofre produzido em um ou mais estágios de oxidação catalítica de um conversor para produzir um gás de conversão compreendendo trióxido de enxofre, e absorver o trióxido de enxofre em ácido sulfúrico aquoso para formar produto de ácido sulfúrico adicional.

A fim de preparar o enxofre para combustão, ele é tipicamente liqüefeito e alimentado sob pressão através de uma ou mais pistolas de enxofre ou lanças direcionadas para dentro da câmara de combustão de um forno a enxofre suprido com ar de combustão ou outro gás contendo oxigênio. A lança de enxofre produz partículas de enxofre atomizadas que são descarregadas dentro da câmara de combustão como um *spray* de gotículas de enxofre. Lanças de enxofre mais convencionais operam hidraulicamente para produzir um *spray* atomizado de partículas de enxofre. Isto é, a atomização é obtida passando o enxofre liqüefeito sob pressão através do bico da lança dentro da câmara de combustão do forno sem o auxílio de um gás atomizante. Tipicamente, a atomização hidráulica produz um *spray* de gotículas de enxofre atomizadas tendo um tamanho de partícula médio ou diâmetro

em excesso de 300 μm ou mais e contendo partículas tão grandes quanto 2000 μm ou mais. Com estes tamanhos de partícula grandes, é difícil assegurar vaporização suficientemente rápida e combustão das partículas de súrlur líquidas volume na câmara de combustão volume. Além disso, lanças de enxofre hidraulicamente operadas algumas vezes sofrem da emissão de enxofre líquido insuficientemente atomizado (isto é, "baba") do bico da lança. Como resultado destas deficiências, enxofre não queimado algumas vezes deposita-se fora da zona de combustão pretendida dentro do forno de enxofre, particularmente em instalações de forno de enxofre menores ou durante momentos declínio quando a pressão de enxofre é reduzida, induzindo à ineficiência de processo e requisitos de manutenção aumentados.

Como uma alternativa para atomização hidráulica, foi proposto pneumaticamente atomizar enxofre líquido utilizando um gás atomizante tal como ar (Veja, por exemplo, a Patente dos Estados Unidos nº 5.807,530 (Anderson); e Conroy e outros, Combustion of Sulfur in a Venturi *Spray Burner*, Industrial & Engineering Chemistry, Vol. 41, nº 12, pp. 2741-2748 (1949)). Anderson, por exemplo, descreve a atomização pneumática de enxofre fundido para um tamanho de partícula média na ordem de cerca de 10 μm utilizando uma pistola de enxofre atomizante alimentada com enxofre e ar atomizante. A fim de assegurar um adequado tempo de retenção do *spray* de partículas de enxofre atomizadas na zona de combustão, o aparelho de Anderson também inclui um combustor concêntrico e disposição de caixa de vento que confere um fluxo vorticoso de ar de combustão da caixa de vento que converge no bico da pistola de enxofre atomizante. A pistola de enxofre de Anderson inclui a montagem de bico atomizante descrita na Patente dos Estados Unidos nº 4.728.036 (Bennett e outros) em que os fluxos de enxofre e ar são misturados em e passados através de uma passagem frustocônica divergente anular estreita única para produzir um *spray* de partículas de enxofre líquido atomizadas descarregadas dentro da câmara de combustão do forno.

Embora os ensinamentos de Anderson sejam significantes, o aparelho descrito é um pouco complexo e difícil de integrar-se em uma insta-

lação existente. Além disso, atomização pneumática de líquidos contendo enxofre para um tamanho e partícula médio de 10 μm representa um custo operacional significativo. Isto é, a despeito da melhora expressa em rápida vaporização, combustão e deposição inferior de enxofre não queimado, economias de processo total são ainda estorvadas de alguma maneira pelos requisitos de força acompanhantes. Além disso, o projeto de bico empregado na pistola de enxofre de Anderson é suscetível ao bloqueio da passagem anular estreita através da qual o *spray* de enxofre atomizado é emitido por contaminantes sólidos freqüentemente encontrados em enxofre fundido contido em covas de enxofre usadas em operações de fabricação de ácido sulfúrico comercial.

Conseqüentemente, persiste uma necessidade de técnicas eficazes e aparelho para produzir misturas de combustão de enxofre atomizadas que asseguram vaporização suficientemente rápida e completa combustão dentro do volume de câmara de combustão de projeto para minimizar a deposição de enxofre não queimado no forno de enxofre, enquanto também melhorando as economias totais de ambos, o custo de capital inicial de equipamento e os custos operacionais contínuos.

Sumário da Invenção

Entre os objetivos da presente invenção, portanto, estão a provisão de um processo melhorado e aparelho para a combustão de um líquido contendo enxofre para produzir um gás de combustão compreendendo dióxido de enxofre onde o líquido contendo enxofre é pneumaticamente atomizado com um gás atomizante em uma lança de enxofre para formar uma mistura de combustão de enxofre atomizada para descarregar dentro da câmara de combustão de um forno a enxofre; a provisão de um tal processo melhorado e mecanismo capaz de formar uma mistura de combustão de enxofre tendo características de tamanho de partícula ou gotícula desejáveis que asseguram vaporização suficientemente rápida e completa combustão dentro do volume de câmara de combustão de projeto para minimizar a deposição de enxofre não queimado no forno de enxofre, enquanto também melhorando as economias totais de ambos, o custo de capital inicial de e-

quipamento e os custos operacionais contínuos; a provisão de um tal processo melhorado e mecanismo capaz de minimizar a geração de óxidos de nitrogênio no gás de combustão contendo dióxido de enxofre, e a provisão de um tal processo melhorado e mecanismo que é relativamente simples e fácil de integrar-se em uma instalação existente.

Em síntese, portanto, a presente invenção é direcionada a um aparelho para a combustão de um líquido contendo enxofre para produzir um gás de combustão compreendendo dióxido de enxofre. O aparelho compreende um forno compreendendo uma câmara de combustão, uma fonte pressurizada do líquido contendo enxofre, uma fonte pressurizada de um gás atomizante, e pelo menos uma lança de enxofre posicionada para descarregar uma mistura de combustão de enxofre atomizada compreendendo partículas do líquido contendo enxofre e gás atomizante dentro da câmara de combustão em que o líquido contendo partículas de enxofre é combustado na presença de oxigênio para produzir o gás de combustão compreendendo dióxido de enxofre. A lança de enxofre compreende um bico atomizante e de mistura direcionado para dentro da câmara de combustão, um primeiro conduíte comunicando com a fonte pressurizada de líquido contendo enxofre e o bico e um segundo conduíte comunicando com a fonte pressurizada de gás atomizante e o bico. O bico é adaptado para misturar o líquido contendo enxofre e o gás atomizante para formar a mistura de combustão de enxofre atomizada e tem uma pluralidade de aberturas de *spray* nele através da qual uma mistura de combustão de enxofre atomizada é descarregada sob pressão dentro da câmara de combustão.

A presente invenção é também direcionada a um processo para a combustão de um líquido contendo enxofre para produzir um gás de combustão compreendendo dióxido de enxofre. O processo compreende introduzir um fluxo de líquido pressurizado contendo enxofre e um fluxo de gás atomizante pressurizado em pelo menos uma lança de enxofre compreendendo os primeiro e segundo conduítes comunicando-se com um bico atomizante e de mistura tendo uma pluralidade de aberturas de *spray* nele. O líquido pressurizado contendo enxofre é passado através do primeiro con-

duíte e o gás atomizante pressurizado é passado através do segundo conduíte para dentro do bico atomizante e de mistura. O líquido contendo enxofre pressurizado e o gás atomizante pressurizado são passados através do bico atomizante e de misturação para realizar a atomização do líquido contendo enxofre e formar uma mistura de combustão de enxofre atomizada compreendendo partículas de líquido contendo enxofre e gás atomizante descarregado sob pressão através da pluralidade de aberturas de *spray* dentro de uma câmara de combustão de um forno. As partículas de líquido contendo enxofre são combustadas na presença de oxigênio na câmara de combustão para produzir o gás de combustão compreendendo dióxido de enxofre.

De acordo com outra modalidade da presente invenção, o processo inclui introduzir um fluxo de líquido pressurizado contendo enxofre e um fluxo de gás atomizante pressurizado em um lance de enxofre compreendendo o primeiro e segundo conduítes comunicando-se com um bico atomizante e de mistura tendo pelo menos uma abertura de *spray* nele. O líquido pressurizado contendo enxofre é passado através do primeiro conduíte e o gás atomizante pressurizado é passado através do segundo conduíte para dentro do bico atomizante e de mistura. O líquido contendo enxofre pressurizado e o gás atomizante pressurizado são passados através do bico atomizante e de misturação para realizar a atomização do líquido contendo enxofre e formar uma mistura de combustão de enxofre atomizada compreendendo partículas de líquido contendo enxofre e gás atomizante descarregado sob pressão através de pelo menos uma abertura de *spray* para dentro de uma câmara de combustão de um forno. A distribuição de tamanho de partícula exibida por uma mistura de combustão de enxofre atomizada descarregada dentro da câmara de combustão é caracterizada pelo menos por cerca de 90% em volume das partículas de líquido contendo enxofre contido nelas tendo um diâmetro menor do que cerca de 500 μm . Preferivelmente, pelo menos cerca de 80% em volume das partículas de líquido contendo enxofre contido em uma mistura de combustão de enxofre atomizada descarregada dentro da câmara de combustão têm um diâmetro de cerca de 50 μm a cerca de 500 μm e o diâmetro de partícula médio (base de volume ou

massa) de uma mistura de combustão de enxofre atomizada é de cerca de 50 μm a cerca de 150 μm . O líquido contendo partículas de enxofre é combustado na presença de oxigênio na câmara de combustão para produzir o gás de combustão compreendendo dióxido de enxofre.

- 5 Em uma outra modalidade, um aparelho para a combustão de um líquido contendo enxofre para produzir um gás de combustão compreendendo dióxido de enxofre é retroadaptado de acordo com a presente invenção. Mais especificamente, o aparelho a ser retroadaptado compreende um forno compreendendo uma câmara de combustão, uma fonte pressurizada
- 10 do líquido contendo enxofre, e pelo menos uma lança de enxofre adaptada para hidraulicamente atomizar o líquido contendo enxofre da fonte pressurizada e posicionada para descarregar a mistura de combustão de enxofre atomizada sob pressão dentro da câmara de combustão onde o líquido contendo partículas de enxofre é combustado na presença de oxigênio para
- 15 produzir o gás de combustão compreendendo dióxido de enxofre. O método de retroadaptação compreende fornecer uma fonte pressurizada de um gás atomizante e posicionando pelo menos uma lança de enxofre adicional ou de substituição para descarregar uma mistura de combustão de enxofre pneumaticamente atomizada compreendendo partículas do líquido contendo enxofre e um gás atomizante dentro da câmara de combustão. A lança de enxofre adicional ou de substituição compreende um bico atomizante e de mistura
- 20 direcionado para dentro da câmara de combustão, um primeiro conduíte comunicando com a fonte pressurizada de líquido contendo enxofre e o bico e um segundo conduíte comunicando com a fonte pressurizada de gás atomizante e o bico. O bico atomizante e de misturação é adaptado para misturar o líquido contendo enxofre e o gás atomizante para formar a mistura de combustão de enxofre pneumaticamente atomizada e tendo uma pluralidade de aberturas de *spray* nele através do qual a mistura de combustão de enxofre pneumaticamente atomizada é descarregada sob pressão para dentro da
- 25 câmara de combustão.
- 30

O gás de combustão contendo dióxido de enxofre produzido de acordo com a presente invenção pode ser usado na produção de ácido sul-

fúrico pelo processo de contato ou colocado para outro uso adequado.

Outros objetivos e aspectos desta invenção serão em parte evidentes e em parte mostrados a seguir.

Breve Descrição dos Desenhos

5 A figura 1 é uma seção vertical fragmentar, esquemática, de um aparelho para combustão de um líquido contendo enxofre.

A figura 2 é uma seção longitudinal fragmentar de uma lança de enxofre.

A figura 3 é uma seção tirada ao longo da linha 3—3 de figura 2.

10 A figura 4 é uma seção longitudinal fragmentar, ampliada, de uma lança de enxofre mostrando um bico atomizante e de misturação.

A figura 5 é uma seção tirada ao longo da linha 5—5 da figura 4.

A figura 6 é uma vista terminal do bico atomizante e de misturação como observado pela vantagem indicada pela linha 6—6 da figura 4.

15 A figura 7 é uma fotografia da chama de enxofre da frente do forno de enxofre adjacente à extremidade de descarga da lança de enxofre olhando em direção à traseira da câmara de combustão enquanto operando a lança de enxofre em uma taxa de fluxo de enxofre de aproximadamente 12 gpm (45 lpm) no Exemplo 1.

20 A figura 8 é uma fotografia da chama de enxofre da frente do forno de enxofre adjacente à extremidade de descarga da lança de enxofre olhando em direção à traseira da câmara de combustão enquanto operando a lança de enxofre em uma taxa de fluxo de enxofre de aproximadamente 23 gpm (87 lpm) no Exemplo 1.

25 Descrição Detalhada da Invenção

De acordo com a presente invenção, aparelho melhorado e processos para pneumaticamente atomizar um líquido contendo enxofre para preparar uma mistura de combustão de enxofre compreendendo partículas ou gotículas do líquido atomizado contendo enxofre e um gás atomizante foi
30 planejado. A presente invenção é particularmente adaptada para a produção de uma mistura de combustão de enxofre atomizada para combustão em um forno a enxofre para produzir um gás de combustão contendo dióxido de

enxofre útil na fabricação de ácido sulfúrico pelo processo de contato. Em uma modalidade da presente invenção, uma lança de enxofre pneumaticamente operada usada para descarregar a mistura de combustão de enxofre em um forno de combustão de enxofre inclui um bico atomizante e de mistura adaptado para misturar o líquido contendo enxofre e o gás atomizante para formar a mistura de combustão de enxofre e tem uma pluralidade de aberturas de *spray* nele através do qual a mistura de combustão é descarregada sob pressão dentro do forno. O uso de um bico de mistura e *spray* atomizante incluindo uma pluralidade de aberturas de *spray* produz uma geometria de *spray* compacto, relativamente denso na forma de uma pluralidade de *sprays* em forma de cone, geralmente simétrico que fornece o aparelho de combustão com capacidade substancial ou produtividade para uma determinado volume de planejamento de câmara de combustão. Além disso, a lança pneumaticamente operada de acordo com a presente invenção produz uma mistura de combustão de enxofre tendo uma distribuição de tamanho de partícula que pode ser facilmente controlada para assegurar vaporização suficientemente rápida e combustão das partículas de enxofre líquido dentro do volume de planejamento da câmara de combustão, enquanto que minimizando a geração de óxidos de nitrogênio e requisitos de força total.

A figura 1 ilustra um aparelho desta invenção para a combustão de um líquido contendo enxofre para produzir um gás de combustão compreendendo dióxido de enxofre. O aparelho inclui um forno de enxofre, geralmente designado 1, compreendendo uma câmara de combustão de enxofre 3. A câmara de combustão é tipicamente geralmente cilíndrica e definida pela parede de forno 5 de construção adequada e compreendendo revestimento resistente ao aquecimento 7 feito de bloco de cerâmica ou outro material refratário. Como mostrado na figura 1, em uma extremidade do forno de combustão (geralmente oposto à extremidade da qual os gases de combustão contendo dióxido de enxofre quente saem da câmara de combustão para outro processamento) é localizada a entrada de ar de combustão ou caixa de vento 9 para introduzir um fluxo 10 de ar ambiente seco ou não seco ou outro gás contendo oxigênio dentro da câmara de combustão para

sustentar a combustão do líquido contendo enxofre nele. Pelo menos uma pistola ou lança 11 de enxofre operada pneumaticamente é posicionada para vaporizar ou descarregar uma mistura de combustão de enxofre atomizada 12 compreendendo partículas ou gotículas de um líquido contendo enxofre e um gás atomizante para dentro da câmara de combustão. A lança estende-se através de uma parede de caixa de vento 9 e é presa à ela por meio de um flange de montagem 13 de modo que a extremidade de descarga da lança seja disposta em uma abertura na parede do forno 5 através da qual o suprimento de ar de combustão da caixa de vento também entra na câmara de combustão 3. Embora o aparelho ilustrado na figura 1 inclua uma única lança de enxofre, é reconhecido que uma disposição de duas ou mais lanças similarmente posicionadas pode ser adequadamente empregada dependendo da capacidade de planejamento do sistema. Tipicamente, o aparelho de combustão incluirá uma pluralidade de lanças de enxofre. Embora não mostrado na figura 1, o aparelho de combustão inclui um queimador de queima por gás e acendedor ou mecanismo similar usado para pré-aquecer a câmara de combustão antes da partida.

A câmara de combustão pode conter dispositivo defletor nela para ajudar na mistura do fluxo de ar de combustão e da mistura de combustão de enxofre atomizada, por exemplo, quando limitações de espaço limitam o tamanho da câmara de combustão disponível para mistura adequada. Os defletores podem também ajudar na combustão fornecendo uma área de superfície aquecida expandida para contatar as gotículas do líquido contendo enxofre descarregado para dentro da câmara de combustão. Entretanto, é preferido que o forno seja de tamanho grande o suficiente com relação à capacidade de planejamento de processo, de modo que a câmara de combustão seja livre de defletores. Por exemplo, a relação do volume da câmara de combustão para a taxa de fluxo de uma mistura de combustão de enxofre atomizada descarregada dentro da câmara de combustão é geralmente pelo menos cerca de 0,5 segundo, preferivelmente de cerca de 0,5 segundo a cerca de 1,1 segundos e ainda mais preferivelmente de cerca de 0,5 segundo a cerca de 0,65 segundo.

A lança de enxofre pneumaticamente operada é suprida com uma fonte pressurizada de um líquido contendo enxofre 15 e uma fonte pressurizada de um gás atomizante 17. A seguinte descrição foca na atomização pneumática de enxofre fundido utilizando um gás contendo oxigênio (por exemplo, ar) como o gás atomizante. Entretanto, como descrito em maiores detalhes abaixo, será evidente que esta descrição de modo geral aplica-se à atomização dos outros líquidos contendo enxofre usando outros gases atomizantes para preparar uma mistura de combustão de enxofre atomizada compreendendo partículas do líquido contendo enxofre adequado para combustão na produção de um gás de combustão contendo dióxido de enxofre.

O enxofre fundido para suprimento ao forno de combustão pode ser retido em um poço de enxofre aquecido. A viscosidade de enxofre fundido aumenta rapidamente em temperaturas atingindo cerca de 160°C e, portanto, a temperatura do enxofre fundido antes da atomização é preferivelmente mantida bem abaixo de 160°C. A fim de manter o enxofre fundido em uma viscosidade adequada para atomização eficaz e para fornecer uma mistura de combustão de enxofre atomizada de distribuição de tamanho de partícula desejável como descrito em maiores detalhes abaixo, o enxofre fundido é tipicamente mantido em uma temperatura de cerca de 120° a cerca de 140°C antes da atomização. O enxofre fundido é bombeado sob pressão através de um conduíte adequado e conector para suprir a lança. Similarmente, um compressor é usado para suprir a lança com um fluxo pressurizado de ar com o gás atomizante através de um conduíte adequado e conector. A cova de enxofre, bomba de enxofre, compressor de ar, conduítes de transferência, conectores, filtros e outros componentes dos sistemas de liberação de enxofre e ar usados para suprir a lança são conhecidos por aqueles versados na técnica e foram omitidos do aparelho representado na figura 1.

Como observado acima, o forno de enxofre 1 é suprido com um fluxo 10 de gás seco ou não seco contendo oxigênio através da caixa de vento 9 para sustentar a combustão do líquido contendo enxofre na câmara

de combustão 3. Por razões de praticidade e economia, ar ambiente, tipicamente seco, é usualmente usado como a fonte de oxigênio introduzida dentro da câmara de combustão e ar ambiente não seco é usado como o gás atomizante suprido para a lança de enxofre 11. Independente da composição do gás contendo oxigênio liberado através da caixa de vento, por que existe maiores custos operacionais e de capital associados com maior equipamento de processo, é usualmente preferido minimizar o volume ao mesmo tempo que aumentando a intensidade de gás de dióxido de enxofre 5 gás de combustão resultante. Conseqüentemente, estas considerações favorecem o uso de enxofre fundido como o líquido contendo enxofre. Tipicamente, naquelas modalidades onde o gás de combustão contendo dióxido de enxofre é usado na produção de ácido sulfúrico, a taxa de fluxo de ar de combustão seco ou outro gás contendo oxigênio através da caixa de vento 9 é ajustado com relação à taxa de fluxo de enxofre através da lança 11 (ou pluralidade de tais lanças) a fim de fornecer um excesso de oxigênio de combustão em uma quantidade suficiente tal que o teor de oxigênio do gás de combustão resultante é suficiente para conversão posterior do dióxido de enxofre em trióxido de enxofre. De fato, se ar não seco ou outro gás contendo oxigênio for usado como o gás atomizante na lança de enxofre, a permissão apropriada deve ser feita para o oxigênio introduzido dentro da câmara de combustão como parte do gás atomizante e o fluxo de oxigênio introduzido através da caixa de vento ajustado conseqüentemente. Quando o ar é usado para suprir a câmara de combustão do forno de enxofre tanto através da caixa de vento quanto como o gás atomizante alimentado através da lança de enxofre, o ar atomizante tipicamente é responsável por cerca de 0,05% a cerca de 0,4% do fluxo de ar total para a câmara de combustão. 25

A título de exemplo, em um aparelho de combustão usado em conjunto com uma instalação de ácido sulfúrico de contato tendo uma capacidade de cerca de 2,500 toneladas de ácido sulfúrico por dia, o fluxo de enxofre líquido através de uma ou mais lanças em torno de 586 kPa (85 psig) e cerca de 135°C pode tipicamente ser de cerca de 291 lpm (77 gpm) e o fluxo de ar através da caixa de vento seria em torno de $3,17 \times 10^6$ SLPM (112.000 30

SCFM) em uma pressão de cerca de 146 kPa (21,2 psia) juntamente com cerca de 3964 SLPM (140 SCFM) de ar atomizante em uma pressão de magnitude comparável àquela da alimentação de enxofre líquido alimentado através da lança de enxofre. Quando enxofre fundido é queimado em um

5 excesso de ar seco, o gás de combustão resultante pode ter uma intensidade de gás de dióxido de enxofre de cerca de 8 a cerca de 14 % em mol, mais tipicamente, de cerca de 9 a cerca de 12 % em mol e uma concentração de oxigênio de cerca de 7 a cerca de 13 % em mol, mais tipicamente de cerca de 9 a cerca de 12 % em mol. Entretanto, deve ser entendido que na

10 prática da presente invenção não é necessário suprir o forno de enxofre com um excesso estequiométrico de oxigênio de combustão e que ar adicional ou suplementar ou outro gás contendo oxigênio pode ser misturado com o gás de combustão contendo dióxido de enxofre que sai do forno de enxofre em uma quantidade suficiente para permitir a conversão posterior do dióxido de

15 enxofre em trióxido de enxofre. Operação do forno de enxofre com uma quantidade estequiométrica ou quase estequiométrica de oxigênio requerida para a combustão dos valores de enxofre no líquido contendo enxofre em dióxido de enxofre pode ser vantajosa na redução da produção de óxidos de nitrogênio no forno de enxofre.

20 Referindo-se agora às figuras 2 e 3, a lança de enxofre 11 compreende um primeiro ou conduíte de enxofre 21 que tem uma extremidade de entrada na qual o fluxo de líquido contendo enxofre pressurizado é bombeado da fonte pressurizada 15, e um segundo ou conduíte de gás atomizante 23 que tem uma extremidade de entrada na qual o fluxo do gás atomizante pressurizado é introduzido na fonte pressurizada 17. Na modalidade

25 mostrada na Fig. 2, o primeiro conduíte 21 é disposto dentro e concêntrico com o segundo conduíte 23 tal que o primeiro (interno) conduíte define uma passagem axial interna 24 para o fluxo do líquido contendo enxofre e o primeiro conduíte e segundo conduíte (externo) juntos definem uma passagem axial externa 25 para fluxo do gás atomizante. As passagens de fluxo axiais

30 internas e externas 24 e 25 preferivelmente têm áreas de fluxo de perfil proporcionais ao enxofre máximo esperado e as taxas de fluxo de gás atomi-

zante para permitir fluxo adequado nas pressões operacionais de desígnio. Para pré-aquecer o gás atomizante, controlar a temperatura da lança em geral e manter as temperaturas de enxofre e gás atomizante desejadas ao longo das passagens axiais internas e externas dentro da lança em particular, o conduíte externo 23 pode ser cercado por uma jaqueta convencional 26 que tem uma entrada 27 e uma saída 28 de forma que o vapor 30 ou outro fluido de transferência de calor possa ser circulado pela jaqueta. A jaqueta pode ser de construção de parede dual e fornecidas abas de apoio 29. O conduíte externo 23 jaqueta 26 podem ser construídos com seções flexíveis ou junta de expansão 31 para permitir a expansão e contração devido às variações de temperatura durante a operação do aparelho de combustão. Além disso, a lança pneumáticamente operada alimentada com um fluxo de gás atomizante ajuda a manter a temperatura da lança dentro de limites aceitáveis, particularmente quando o fluxo de líquido contendo enxofre é interrompido.

A extremidade de descarga ou a jusante da lança 11 é fornecida com bico atomizante ou de mistura 37. Como mostrado nas figuras 4-6 e descrito em maiores detalhes abaixo, o bico atomizante e de mistura é preso à lança em uma posição tal que o bico se comunique com ambas a passagem axial interna 24, pela qual o fluxo de líquido contendo enxofre pressurizado é fornecido para o bico, e a passagem axial externa 25, pela qual o fluxo de gás atomizante pressurizado é fornecido para o bico. Ao mesmo tempo em que o bico atomizante e de mistura pode ter várias configurações, uma configuração particular descoberta ser adequada na prática desta invenção é aquela mostrada em Huffman, Patente dos Estados Unidos Nº 5.732.885, os conteúdos totais da qual estão aqui incorporados por referência.

As figuras acompanhantes ilustram o uso deste bico patenteado na prática da presente invenção. Como mostrado, o bico 37 compreende um corpo 39 com um gargalo externamente colocado 41 que é adaptado para ficar preso à extremidade de descarga do conduíte interno 21 que é fornecido com um adaptador de bico internamente colocado 43 tal que o corpo do bico vedando ocupe a extremidade de descarga dos coduítos internos e ex-

- ternos 21 e 23. Uma cabeça *spray* 45 que define uma câmara de mistura 47 é posicionada abaixo do corpo do bico 39 e é de modo removível presa ao corpo por uma porca de acoplamento 49. A extremidade de descarga ou distal da cabeça de *spray* é formada com uma ou mais aberturas de *spray* ou
- 5 descarga 51 pelas quais a câmara de mistura no bico se comunica com a câmara de combustão do forno de enxofre. O número de aberturas de *spray* pode variar, porém de acordo com uma modalidade especialmente preferida, uma pluralidade de duas ou mais (por exemplo, pelo menos, duas, quatro, seis, oito ou mais) aberturas de *spray* são fornecidas na cabeça de *spray*.
- 10 Uma pluralidade de aberturas de *spray*, oito que são mostradas na figura 6, pode ser adequadamente organizada em um padrão circular na cabeça de *spray*. Em geral, o tamanho de bico e o número de aberturas de *spray* aumentam quando a taxa de fluxo de desígnio do líquido contendo enxofre alimentado pela lança aumenta.
- 15 O corpo do bico 39 é formado com uma passagem de líquida central e axialmente estendida 53 que se comunica com a passagem axial interna 24 definida pelo conduíte interno 21 da lança e termina como um orifício de descarga axialmente oposto 54. A projeção em uma direção a jusante (isto é, relativo ao fluxo de líquido contendo enxofre) da extremidade de
- 20 descarga ou distal da cabeça de *spray* 45 dentro da câmara de mistura 47 é um membro infringente 55 na forma de um pino alongado que tem uma superfície da extremidade superior substancialmente plana 57 disposta em axialmente espaçada e opondo-se em relação ao orifício de descarga de líquido 54. Várias (por exemplo, doze como mostrado nas figuras 4 e 5) passagens de gás angularmente espaçadas 59 são formadas através do corpo
- 25 de bico. Em suas extremidades a jusante, as passagens de gás se comunicam com a passagem axial externa 25 definida por conduítes internos e externos 21 e 23 da lança tal que o gás atomizante pressurizado seja injetado nas passagens. As passagens de gás convergem em uma direção a jusante
- 30 (isto é, relativo ao fluxo do gás atomizante). As extremidades a jusante das passagens definem as saídas de gás 61 localizadas a jusante de e ao redor de um único orifício de descarga de líquido 54. Como descrito na Patente

dos Estados Unidos Nº 5.732.885 supracitada, aquela porção de corpo de bico 39 localizada a jusante das saídas de gás define um nariz 63 que tem uma superfície externa geralmente frustocônica que é inclinada a aproximadamente o mesmo ângulo como as passagens de gás. O orifício de descarga de líquido 54 abre fora da extremidade a jusante do nariz.

Uma guia de gás 65 localizado dentro da cabeça de *spray* 45 a jusante da câmara de mistura 47 e a jusante do corpo do bico 39 funciona para contrair o jatos de gás atomizante emitido das saídas gás 61 em uma cortina tubular que cerca a corrente de líquido contendo enxofre descarregada para fora de orifício 54. Em uma modalidade, a guia de gás é formado por uma inserção localizada dentro da porção de extremidade a jusante da cabeça de *spray* 45 e assentado contra um ressalto ascendentemente oposto 67 formado ao redor da parede da câmara de mistura 47. A porção de extremidade a jusante da inserção da guia de gás 65 é formada com uma abertura de descarga cilíndrica 69 que fica localizada entre e é alinhada com o orifício de descarga de líquido 54 e pino ou membro infringente 55. A área de perfil da abertura de descarga 69 é substancialmente menor do que a área de perfil da câmara de mistura 47. Como mostrado na figura 4, um intervalo ou furo 71 tendo uma parede geralmente frustocônica é formado na inserção imediatamente a jusante da abertura de descarga 69. A porção de extremidade a jusante do furo está localizada imediatamente adjacente às saídas de gás 61 e suas terminações de parede em uma direção a jusante e une a abertura de descarga cilíndrica 69. As saídas de gás geralmente se abrem axialmente no espaço anular entre a superfície geralmente frustocônica do nariz 63 e a parede frustocônica do furo 71 na inserção de guia de gás 65. O ângulo de cone do furo na inserção de guia de gás pode ser maior do que o ângulo de cone do nariz tal que o espaço anular afunile um pouco na direção a jusante.

O líquido contendo enxofre pressurizado introduzido no bico de misturar e atomizante 37 do conduíte interno 21 da lança 11 é atomizado em gotículas ou partículas finas antes de ser descarregado dentro da câmara de combustão do forno. Como descrito na Patente dos Estados Unidos Nº

5.732.885 supracitada, bico preferivelmente atomiza o líquido contendo enxofre em múltiplos estágios para permitir a atomização efetiva até mesmo quando a taxa de fluxo de líquido contendo enxofre através do bico é relativamente elevada. Um primeiro estágio da atomização é mecanicamente afetado em virtude do líquido contendo enxofre golpear o pino infringente. Em particular, a corrente de velocidade elevada do líquido contendo enxofre, ao ser descarregada de orifício de líquido 54 na câmara de mistura 47, golpeia contra a superfície da extremidade superior 57 do membro infringente 55 para criar uma distribuição de líquido contendo enxofre (isto é, o líquido é disperso em uma folha fina e/ou gotículas ou partículas individuais).

O líquido contendo enxofre distribuído inclinado pelo membro infringente é submetido a um segundo estágio de atomização que é pneumaticamente afetado pelo fluxo pressurizado do gás atomizante introduzido na misturar e bico atomizante 37 através da passagem axial externa 25 definida pelos conduítes internos e exteriores 21 e 23 da lança 11. Os jatos de gás atomizante de velocidade elevada disparando das saídas de gás 61 são formados em uma cortina anular pela superfície geralmente frustocônica do nariz 63 e pela parede frustocônica do furo 71 formado na inserção da guia de gás 65. A cortina de gás atomizante cerca a corrente de líquido contendo enxofre que sai do orifício de descarga de líquido 54 e, ao entrar nas aberturas de descarga cilíndricas 69, sofre um aumento substancial na velocidade.

Quando o gás atomizante de velocidade elevada emergir da abertura, ele golpeia a distribuição de líquido contendo enxofre que é inclinado pelo membro infringente 55 e desse modo atomiza o líquido ou também atomiza as gotículas de líquido para produzir uma mistura de combustão de enxofre compreendendo partículas do líquido contendo enxofre e do gás atomizante. O volume aberto da câmara de mistura interna 47 na cabeça de *spray* 45 do bico 37 é substancial e desse modo uma mistura de combustão de enxofre atomizada é permitida se expandir na câmara. Como um resultado, há pequena tendência para as partículas de enxofre líquidas atomizadas coalescerem juntas e se transformar em partículas maiores antes de serem descarregadas para dentro da câmara de combustão.

Um terceiro estágio de atomização ocorre quando a mistura de combustão de enxofre atomizada resultante 12 é descarregada da câmara de mistura interna 47 de bico através das aberturas de *spray* 51 dentro da câmara de combustão do forno de enxofre e as gotículas de enxofre líquidas
5 são atomizadas ainda mais finamente como um resultado de ser liberada da pressão dentro da câmara de mistura do bico.

A extremidade de descarga ou distal da cabeça de *spray* 45 na qual as aberturas de *spray* 51 são formadas pode ser substancialmente plana ou, como mostrado na figura 4, a extremidade da descarga da cabeça de
10 *spray* pode ser frustocônica (isto é, externamente angular) e configurada junto com o posicionamento das aberturas de *spray* tal que uma mistura de combustão de enxofre atomizada 12 descarregada de cada abertura de *spray* seja descarregada em um ângulo de *spray* A relativo ao eixo longitudinal central do bico. Os ângulos de *spray* maiores podem ser empregados em
15 instalações de câmara de combustão maiores. Geralmente, entretanto, o ângulo de *spray* não é maior do cerca de 45°, e para a maioria das aplicações tipicamente varia de cerca de 20° a cerca de 30° relativo ao eixo longitudinal central do bico. O ângulo de *spray* exibido pelos sprays individuais descarregados de cada das aberturas de *spray*, é dependente da geometria
20 da extremidade de descarga da cabeça de *spray* e do posicionamento das aberturas de *spray* formadas aqui bem como das pressões operacionais do líquido contendo enxofre e gás atomizante alimentado pela lança de enxofre.

Para operar eficazmente no ambiente de câmara de combustão, incluindo temperaturas operacionais que são tipicamente de cerca de 926,7°
25 a cerca de 1013,1°C (1.700° a cerca de 2.000°F), o bico atomizante e de mistura e outros componentes da lança de enxofre em contato com os fluidos do processo e/ou exposto a tais condições são adequadamente construídos de ligas resistente ao calor tal como 310SS, 304SS, 316SS ou 309SS ou materiais similares.

30 Para detalhe adicional relativo à construção e operação do bico atomizante e de mistura descrito acima, referência é feita à Patente dos Estados Unidos supracitada nº 5.732.885. Os exemplos comercialmente dispo-

níveis de bico atomizante e de mistura adequados incluem aqueles vendidos sob a designação de comércio FLOMAX disponível de Spraying Systems Company (Wheaton, IL) em uma faixa de capacidades de fluxo de líquido de menos do que 3,785 lpm (1 gpm) a 189,3 lpm (50 gpm) ou mais. Entretanto,

5 deve ser entendido que outras configurações e desígnios de bico podem ser empregadas para misturar e pneumaticamente atomizar o líquido contendo enxofre com gás atomizante liberado pela lança de enxofre desta invenção, e o processo de atomização desta invenção pode ocorrer em uma única etapa ou múltiplas etapas sem afastar-se do escopo desta invenção. Independente do desígnio de bico atomizante particular empregado, é preferido na

10 prática da presente invenção usar um bico de *spray* que internamente atomize o líquido contendo enxofre misturando-se o líquido contendo enxofre e o gás atomizante dentro de bico e descarregar a mistura de combustão de enxofre resultante por uma pluralidade de aberturas de *spray*. Esta disposição

15 produz uma geometria de *spray* relativamente densa, compacta na forma de uma pluralidade de sprays geralmente simétricos, de forma de cone que fornecem o aparelho de combustão com capacidade substancial ou completamente para um determinado volume de desígnio de câmara de combustão ao mesmo tempo em que minimizando os requerimentos de força. Quando

20 empregando um bico de mistura atomizante do tipo descrito na Patente dos Estados Unidos nº 5.732.885, os sprays de forma de cone individuais descarregados de cada da pluralidade de aberturas de *spray* são sprays de cone tipicamente substancialmente cheio que juntos podem formar um agregado oco ou semi-oco dependendo do grau ao qual os sprays individuais cruzam. Isto é, os sprays individuais poderiam eventualmente cruzar um ao outro (dependendo do ângulo do *spray*) se permitido para atravessar uma distância suficiente dentro da câmara de combustão. Entretanto, geralmente é preferido que o aparelho de combustão seja operado tal que os sprays de

25 partículas de líquido contendo enxofre encontrem a frente da chama na câmara de combustão do forno de enxofre antes de cruzar os sprays adjacentes para evitar a tendência das gotículas de líquido contendo enxofre de coalescer e formar partículas grandes. Além disso, as passagens para os fluxos

30

de líquido contendo enxofre e gás atomizante fornecidas no bico de mistura e atomizante, tal como a abertura de descarga (s), são preferivelmente de tamanho grande o bastante para substancialmente evitar o risco de entupimento por contaminantes que podem estar presente em enxofre fundido e outros materiais liberados pela lança. Preferivelmente, a dimensão mínima de tais passagens no bico é pelo menos cerca de 6,35 mm (0,25 polegada).

A lança pneumática é operada de acordo com a presente invenção para produzir uma mistura de combustão de enxofre que tem uma distribuição de tamanho de partícula que pode ser facilmente controlada para garantir combustão e vaporização suficientemente rápida das partículas líquidas contendo enxofre dentro do volume de desígnio da câmara de combustão ao mesmo tempo em que minimizando a geração de óxidos de nitrogênio e requerimentos de força totais. Mais particularmente, é preferido que pelo menos cerca de 90% em volume das gotículas ou partículas de líquido contendo enxofre contido na mistura de combustão de enxofre atomizada descarregada dentro da câmara de combustão têm um diâmetro de menos do que cerca de 500 μm . Entretanto, o diâmetro de partícula médio (base de volume ou massa) de partículas de líquido contendo enxofre na mistura de combustão de enxofre atomizada é vantajosamente mantido acima de cerca de 50 μm , preferivelmente de cerca de 50 μm a cerca de 150 μm . Por diâmetro de partícula médio é entendido o valor do diâmetro no qual 50% do volume total (ou massa) do líquido contendo enxofre pulverizado é maior do que o valor médio e 50% menor do que o valor médio. O diâmetro médio da partícula ou Diâmetro Médio do Volume (VMD) é uma indicação do tamanho de gotícula ou partícula médio. Desse modo, o número de partículas de diâmetro maior de líquido contendo enxofre (por exemplo, em excesso de cerca de 500 μm) contido na mistura de combustão de enxofre é substancialmente reduzido ao mesmo tempo em que controlando o diâmetro médio da partícula para fornecer uma distribuição de partículas, o volume das quais é popularizado por partículas mais moderadamente dimensionadas (por exemplo, diâmetros em excesso de cerca de 10 μm). De acordo com modalidades mais preferidas da presente invenção, pelo menos cerca de 80% em volume das

partículas atomizadas de líquido contendo enxofre descarregado da lança dentro da câmara de combustão têm um diâmetro de cerca de 20 μm a cerca de 500 μm , mais preferivelmente de cerca de 50 μm a cerca de 500 μm , até mesmo mais preferivelmente de cerca de 60 μm a cerca de 200 μm , e um diâmetro de partícula médio (base de volume ou massa) de cerca de 60 μm a cerca de 120 μm , mais preferivelmente de cerca de 60 μm a cerca de 100 μm . Os dados de diâmetro de gotícula para uma mistura de combustão de enxofre podem ser facilmente determinados experimentalmente empregando aparelho de teste de laboratório tal como um TSI bidimensional 2D Phase Doppler Analyzere (PDPA) com uma fonte luminosa adequada (por exemplo, um laser Argon-Ion de 300 mWatt) e os protocolos de teste estabelecidos conhecidos na técnica para exatamente medir os tamanhos das gotículas variando de submicron a 1000 μm .

A operação do sistema de atomização pneumático da presente invenção dentro destes regimes de tamanho de partícula fornecem uma mistura de combustão de enxofre que é facilmente vaporizada e combustada dentro do volume de desígnio da câmara de combustão ao mesmo tempo em que evitando os requerimentos de força excessiva associados com desnecessariamente atomizando o líquido contendo enxofre para uma distribuição de tamanho de partícula ainda mais fina.

Além disso, a atomização pneumática e processo de combustão descritos aqui podem ser empregados para desejavelmente suprimir a produção de óxidos de nitrogênio no gás de combustão contendo dióxido de enxofre. Muitos fatores afetam a formação de óxidos de nitrogênio. Vários destes fatores são positivamente influenciados operando-se o aparelho de combustão de enxofre para produzir uma mistura de combustão de enxofre atomizada que exhibe uma distribuição de tamanho de partícula de acordo com a presente invenção. Ao reduzir significativamente a população de gotículas ou partículas contendo enxofre de diâmetro maior na mistura de combustão de enxofre atomizada (particularmente quando comparando lanças de enxofre hidraulicamente operadas) a temperatura de chama ao ponto onde o enxofre líquido está visivelmente produzindo radiação de luz (isto é, na

frente de chama) é diminuída. Este fenômeno foi confirmado por análise dinâmica de fluido computacional. Como evidente para aqueles versados na técnica, a diminuição da temperatura da chama reduz a formação de óxidos de nitrogênio na câmara de combustão. Além disso, ao produzir uma mistura de combustão de enxofre dominada por gotículas de enxofre relativamente moderadamente dimensionadas (por exemplo, pelo menos cerca de 80% em volume e tendo um diâmetro de cerca de 20 μm a cerca de 500 μm), combustão ainda mais contínua ocorre, desse modo utilizando o conteúdo de oxigênio disponível na câmara de combustão mais uniformemente. Isto minimiza os locais na câmara de combustão onde o oxigênio em excesso pode existir e de outro modo exacerbar a produção de óxidos de nitrogênio. O consumo mais uniforme do oxigênio disponível e minimização do oxigênio em excesso na câmara de combustão perto da frente de chama também reduz em parte a temperatura de chama porque menos oxigênio em excesso está disponível.

De acordo com uma modalidade preferida da atomização pneumática e processo de combustão da presente invenção para gerar um gás de combustão que tem uma força de gás de dióxido de enxofre de cerca de 8 a cerca 14% em mol, mais tipicamente, de cerca de 9 a cerca 12% em mol, o gás de combustão contém não mais do que cerca de 20 ppmv de óxidos de nitrogênio, preferivelmente não mais do que cerca de 15 ppmv de óxidos de nitrogênio, mais preferivelmente não mais do que cerca de 10 ppmv de óxidos de nitrogênio e até mesmo mais preferivelmente não mais do que cerca de 5 ppmv de óxidos de nitrogênio.

A distribuição de tamanho de partícula e diâmetro de partícula médio exibidos pela mistura de combustão enxofre atomizada descarregada dentro da câmara de combustão do forno é facilmente manipulando-se a relação da pressão do líquido contendo enxofre para a pressão do gás atomizante fornecido pelo bico da lança de enxofre. Geralmente, a população de partículas de diâmetro maior e o diâmetro de partícula médio são diminuídos quando a relação da pressão de fornecimento de líquido contendo enxofre para a pressão de fornecimento de gás atomizante diminui. Como deve

ser apreciado, as pressões de fornecimento adequadas para o líquido contendo enxofre e gás atomizante necessárias para alcançar a atomização adequada são em parte dependentes da capacidade de fluxo de desígnio de bico e de suas características atomizantes. Por via de exemplo, no caso de

5 atomização pneumática de enxofre fundido empregando um bico atomizante e de mistura do tipo ilustrado nas figuras acompanhantes, quando a taxa de fluxo de desígnio de enxofre liberada pelo bico varia de cerca de 72 a cerca de 143 lpm (de cerca de 19 a cerca 38 gpm), resultados adequados são alcançados utilizando uma pressão de fornecimento de enxofre de pelo menos

10 cerca de 413,68 kPa (60 psig), preferivelmente de cerca de 448,16 a cerca de 586 kPa (de 65 a cerca de 85 psig) e uma taxa de fluxo de gás atomizante pressurizado (por exemplo, ar) de cerca de 1.699 a cerca de 4.530,7 SLPM (de cerca de 60 a cerca de 160 SCFM) em uma pressão de magnitude geralmente comparável, tipicamente pelo menos de 413,68 kPa

15 (60 psig), preferivelmente de cerca de 482,63 a cerca de 689,47 kPa (de 70 a cerca de 100 psig). Em uma tal aplicação, e aplicações similares a outras taxas de fluxo de enxofre de desígnio e empregando bicos de mistura e atomizantes de desígnios variados, a relação ideal de pressão de fornecimento de enxofre para pressão de fornecimento de ar atomizante liberada pelo bico

20 necessária para alcançar as características de diâmetro de gotícula favoráveis descritas aqui e o benefício auxiliar de produção de óxidos de nitrogênio reduzida podem ser estabelecidas facilmente por experimentação rotineira.

A lança de enxofre pneumaticamente operada descrita aqui é facilmente designada e adaptada para fornecer uma relação de redução de

25 pelo menos cerca de 10:1. O controle e flexibilidade da lança de enxofre pneumaticamente operada de acordo com a presente invenção sobre uma ampla faixa de taxas de fluxo de enxofre fornecem ao operador capacidades de redução/elevação excelentes quando ajustando as taxas de produção.

O gás de combustão contendo dióxido de enxofre resultante

30 passou através da câmara de combustão do forno de enxofre pode ser alimentado a uma instalação de ácido sulfúrico de contato convencional tal que o dióxido de enxofre contido no gás de combustão seja finalmente recupera-

do como ácido sulfúrico concentrado e/ou óleo. Instalações de ácido sulfúrico de contato e os vários aparelhos e técnicas de operação de processo empregados nelas são conhecidos por aqueles versados na técnica e podem ser adequadamente implementados em conjunto com o sistema de combustão de líquido contendo enxofre descrito aqui.

O gás de combustão contendo dióxido de enxofre saindo do forno de enxofre pode ser direcionado a uma caldeira térmica de lixo para gerar vapor ou de outro modo recuperar a energia térmica para aplicação útil em outro lugar na instalação. Se um excesso suficiente de ar de combustão ou outro gás contendo oxigênio não é alimentado ao forno de combustão, mais ar ou outro gás contendo oxigênio pode ser misturado com o gás de combustão para produzir uma corrente de gás de alimentação conversora contendo pelo menos cerca de 0,5 mols, preferivelmente pelo menos cerca de 0,75 mols de oxigênio, mais preferivelmente cerca de 0,75 a cerca de 1,3 mols de oxigênio, em mole de dióxido de enxofre. A corrente de gás de alimentação conversora é introduzida em um conversor catalítico em que a mistura de gás de alimentação é passada através de um catalisador adequado (por exemplo, vanádio ou cério-vanádio) para a oxidação de dióxido de enxofre para trióxido de enxofre, desse modo produzindo um gás de conversão compreendendo trióxido de enxofre. Tipicamente, o dióxido de enxofre é convertido em trióxido de enxofre em um conversor catalítico contendo uma pluralidade (por exemplo, quatro) de estágios leitos catalisadores, cada um contendo um catalisador de conversão adequado para a conversão progressiva de dióxido de enxofre a trióxido de enxofre. O gás de alimentação conversor pode ser secado por contactar o gás com ácido sulfúrico concentrado em uma torre de secagem antes de introduzir o gás no conversor. Preferivelmente, a intensidade de gás de dióxido de enxofre do gás de combustão é suficiente para operação autotérmica da unidade de ácido de contato e controle do equilíbrio de água de unidade de ácido. Por exemplo, a intensidade de gás de dióxido de enxofre do gás de combustão é preferivelmente suficiente para fornecer uma intensidade de gás de pelo menos cerca de 8% em volume na corrente de gás de alimentação conversora. Onde o teor de

- dióxido de enxofre do gás de alimentação conversor é 8% em volume ou maior, a relação de inertes para dióxido de enxofre é baixa o suficiente para que a transferência de calor do gás de conversão para o gás de alimentação conversor seja suficiente, sem a necessidade de qualquer fonte de calor irrelevante, para levar o gás de alimentação conversor a uma temperatura alta o suficiente para iniciar uma reação de conversão de auto-sustentação no conversor catalítico. Tipicamente, o calor de reação é recuperado na forma útil resfriando a corrente de gás de processo que sai dos estágios catalisadores do conversor.
- 5
- 10 O gás de conversão é em seguida contactado com uma solução aquosa de ácido sulfúrico na zona de absorção de um absorvente de trióxido de enxofre para absorver o trióxido de enxofre do gás de conversão e para formar mais ácido sulfúrico e/ou óleo e corrente de gás de traseira compreendendo gás depauperado absorvente de trióxido de enxofre. A fim de controlar as emissões de dióxido de enxofre, instalações de ácido sulfúrico de
- 15 alta capacidade são comumente operadas empregando-se o processo de absorção duplo. Em uma instalação de absorção dupla, a corrente de gás de processo parcialmente convertida partindo do segundo ou terceiro leito catalisador é passada através de um absorvente intermediário (isto é, um absorvente de interpassagem) para remoção de trióxido de enxofre na forma de
- 20 ácido de produto. O gás saindo do absorvente intermediário é retornado ao próximo leito do conversor catalítico. Uma vez que a conversão de dióxido de enxofre em trióxido de enxofre é uma reação de equilíbrio, a remoção de trióxido de enxofre no absorvente de interpassagem ajuda a conduzir a reação à frente no último leito ou leitos do conversor para alcançar conversões
- 25 elevadas e desse modo controlar as emissões de dióxido de enxofre no gás de traseira saindo do absorvente de trióxido de enxofre final.

- Mesmo com absorção dupla, o conversor catalítico é geralmente conservativamente classificado por tamanho para garantir conversões elevadas e conseqüentemente emissões de dióxido de enxofre baixas. Os padrões de emissão geralmente requerem que pelo menos 99,7% do dióxido de enxofre entrando no conversor sejam recuperados na forma de ácido sul-
- 30

fúrico, isto é, que não mais do que 0,3% do dióxido de enxofre de entrada saia do sistema no gás de traseira do absorvente de trióxido de enxofre.

Além do enxofre derretido, as técnicas de atomização pneumática descritas aqui podem ser utilizadas para produzir uma mistura de combustão de enxofre de uma ampla variedade de outros líquidos contendo enxofre. Por exemplo, o líquido contendo enxofre atomizado por injeção na câmara de combustão do forno de enxofre para formar um gás de combustão compreendendo dióxido de enxofre pode conter vários componentes ou materiais brutos contendo enxofre incluindo, sem limitação, sulfatos que podem ser decompostos tais como sulfato de amônio, bissulfato de amônio, sulfato de cálcio, sulfato ferroso, sulfato de metila e ácido sulfúrico (por exemplo, gasto ou de outra forma ácido sulfúrico contaminado ou diluído) tipicamente em uma solução aquosa. Vários líquidos contendo sulfeto tais como óleos de dissulfeto bem como misturas contendo líquidos contendo enxofre destes vários componentes de enxofre podem também ser atomizados na prática da invenção. Quando evidente para aqueles versados na técnica, dependendo da composição do líquido contendo enxofre, a prática da presente invenção é adequadamente modificada para ajustar a combustão destas diversas misturas de alimentação de enxofre, por exemplo, pela introdução de um material carbonáceo (isto é, um combustível) na zona de combustão do forno de enxofre para fornecer o calor necessário para evaporar a água, decompor ou queimar a fonte de enxofre e produzir um gás de combustão de dióxido de enxofre da composição desejada. Conseqüentemente, deve também ser reconhecido que o processo desta invenção pode ser praticado para produzir um gás de combustão contendo dióxido de enxofre com uma ampla faixa de concentrações de dióxido de enxofre. Como sugerido acima, em algumas modalidades, os vários aspectos da invenção são aplicados em conjunto com outros processos de fabricação que necessitam reduzir ou eliminar o conteúdo de enxofre em um material particular, ou necessitam reduzir ou eliminar um componente ou material contendo enxofre de uma corrente de excreção tal como ácido sulfúrico gasto e outro sulfato e líquidos contendo sulfeto. Na maioria de tais aplicações de salvamento de

enxofre, a concentração de dióxido de enxofre no gás de combustão resultante é tipicamente menor do que cerca de 11 % em mol, e mais tipicamente de cerca de 7 a cerca de 9 % em mol e o processo de corrente a jusante do gás de combustão é conseqüentemente modificado.

5 Quando submetendo aos líquidos contendo enxofre diferentes de enxofre fundido ao processo de atomização pneumático como descrito aqui, as diferentes viscosidades de tais materiais afetarão as características de tamanho de partícula da mistura de combustão de enxofre descarregadas da lança de enxofre. Apesar disso, as vantagens de controlar a distribuição
10 do tamanho de partícula para substancialmente reduzir o componente de gotículas de diâmetro maior de líquido contendo enxofre e fornecer uma mistura de combustão de enxofre exibindo um diâmetro de partícula médio desejado como descrito aqui pode ser facilmente alcançado pela modificação apropriada das pressões de fornecimento de gás de atomização e líquido
15 contendo enxofre. Embora as características do tamanho de partícula da mistura de combustão de enxofre sejam adequadamente controladas ajustando-se a relação da pressão de fornecimento de líquido contendo enxofre à pressão de fornecimento de gás de atomização com uma relação menor geralmente reduzindo a população de partículas de diâmetro maior e o diâ-
20 metro de partícula médio ou mediano, quando atomizando um líquido contendo enxofre menos viscoso do que enxofre fundido, a magnitude das pressões de fornecimento à lança é tipicamente diminuída. Além disso, os materiais de construção para o bico de mistura e atomização e outros componentes da lança pneumaticamente operada quando empregados para atomizar
25 os líquidos contendo enxofre exceto enxofre fundido podem ser conseqüentemente selecionados para fornecer proteção adequada da corrosão e outros aspectos do ambiente de processo. Por exemplo, quando o ácido sulfúrico gasto é pneumaticamente atomizado de acordo com a presente invenção, o bico de mistura e atomização e outros componentes da lança podem ser ade-
30 quadamente construídos a partir das várias ligas tais como HASTELLOY e ALLOY 20 de aço inoxidável.

Embora em uma modalidade preferida, o ar seja empregado

como o gás de atomização alimentado à lança de enxofre pneumaticamente operada, outros gases contendo oxigênio de várias composições podem ser utilizados bem como outros gases. Além disso, o gás de atomização pode compreender vapor pressurizado. Por exemplo, o vapor pode ser utilizado

5 como um componente do gás de atomização para produzir um gás de combustão compreendendo dióxido de enxofre e concentrações apreciáveis de vapor de água (isto é, gás úmido) adequado para o emprego na fabricação de ácido sulfúrico pelo processo de contato como descrito, por exemplo, na Patente dos Estados Unidos nº 5.130.112, os conteúdos totais dos quais são

10 incorporados aqui por referência. O vapor de uma variedade de fontes pode ser empregado como um componente do gás de atomização pressurizado alimentado à lança de enxofre. Tais fontes incluem, por exemplo, descarga instantânea de caldeira, vapor de vento desaerador, a porta de baixa pressão em uma turbina de vapor para um gerador elétrico, o vapor gerado de

15 ácido sulfúrico de baixa temperatura, o vapor do sistema de absorção de recuperação de calor bem como o vapor fora da instalação de ácido sulfúrico. Em uma tal modalidade, pelo menos uma porção do vapor de água introduzido no gás de combustão contendo dióxido de enxofre como um componente do gás de atomização é subsequentelemente reagido com trióxido de

20 enxofre na fase gasosa para produzir ácido sulfúrico e desse modo gerar o calor de formação de ácido sulfúrico na fase gasosa. A energia de calor do calor da fase de vapor de formação de ácido sulfúrico pode em seguida ser vantajosamente recuperada por transferência de calor da corrente de gás de processo a um fluido de transferência de calor em um ou mais permutadores

25 de calor indireto. Por exemplo, uma fração substancial da energia de calor do calor da fase de vapor de formação do ácido sulfúrico pode ser recuperada passando-se a corrente de gás do processo parcialmente convertido saindo de um leito de catalisador intermediário (por exemplo, do segundo ou terceiro estágio de catalisador) do conversor catalítico através de um permutador de calor tipo tubo e casca (por exemplo, um economizador) alimentado

30 com água de alimentação para a caldeira de calor de resíduo como o fluido de transferência de calor antes da passagem da corrente de gás resfriada

através do absorvente intermediário (isto é, absorvente de interpassagem) de um sistema de recuperação de calor. O economizador compreende recurso de parede de transferência de calor entre a corrente de gás de processo e a água de alimentação da caldeira e pode ser operado de modo que

5 pelo menos uma porção do recurso de parede de transferência de calor sobre o lado de gás deste está em uma temperatura abaixo do ponto de orvalho da corrente de gás de processo que entra no economizador para causar a condensação sobre ele. A operação desta maneira permite uma porção elevada do calor de fase de gás de formação e uma fração apreciável do

10 calor de condensação de ácido sulfúrico a ser recuperado em forma útil. Uma tal modalidade pode opcionalmente também compreender primeiro transferir o calor contido na corrente de gás de processo parcialmente convertido em vapor gerado na caldeira térmica de resíduo passando a corrente de gás de processo através de um permutador de calor indireto (por exemplo, um superaquecedor) localizado entre o conversor catalítico e o economizador com respeito à direção de fluxo de gás para transferir super aquecimento para o vapor gerado na caldeira de calor de resíduo. Como será

15 apreciado por aqueles versados na técnica, a quantidade de vapor introduzida no sistema como um componente do gás atomizante é tipicamente bastante pequena e, portanto, a recuperação de energia do calor de fase de vapor de formação de ácido sulfúrico produzido desta fonte de vapor será relativamente modesta. Entretanto, vapor adicional ou vapor de água pode ser introduzido na corrente de gás de processo em uma ou mais localizações

20 entre o queimador de enxofre e o absorvente para também aumentar a recuperação de energia de térmica do calor de fase de vapor de formação de ácido sulfúrico como ensinado na Patente dos Estados Unidos nº 5.130.112 anteriormente mencionada.

Deve ser reconhecido que a presente invenção tem aplicação tanto no projeto quanto na construção de novo aparelho para a combustão

30 de líquidos contendo enxofre bem como na retroadaptação de aparelho existente. Por exemplo, o aparelho de combustão tendo pelo menos uma lança de enxofre hidráulicamente operada suprida com uma fonte pressurizada de

enxofre fundido ou outro líquido contendo enxofre, pode ser retroajustado de acordo com a presente invenção. A fim de retroajustar o aparelho, uma fonte pressurizada de ar ou outro gás atomizante é fornecido no sítio. Pelo menos uma lança de enxofre pneumaticamente operada incluindo um bico atomizante e de mistura como descrito acima é conectado ao suprimento pressurizado de gás atomizante e líquido contendo enxofre e posicionado a fim de descarregar uma mistura de combustão pneumática de enxofre atomizado compreendendo partículas do líquido contendo enxofre e gás atomizante dentro da câmara de combustão do aparelho. Geralmente, a pressão de operação para o suprimento de líquido contendo enxofre alimentado para a lança de enxofre pneumaticamente operada é geralmente ajustada menor quando comparada a uma lança de enxofre hidraulicamente operada. Retro- adaptação de um aparelho de combustão pode incluir substituir uma ou mais lanças de enxofre hidraulicamente operadas existentes com uma ou mais lanças pneumaticamente operadas de acordo com a presente invenção e/ou adicionando uma ou mais lanças pneumaticamente operadas a uma instalação existente.

Os seguintes Exemplos são simplesmente pretendidos para também ilustrar e explicar a presente invenção. A invenção, portanto, não deve ser limitada a qualquer dos detalhes nos Exemplos.

Exemplo 1

A lança de enxofre pneumaticamente operada de acordo com a presente invenção foi testada em um aparelho de combustão que queima enxofre fundido para gerar dióxido de enxofre para a produção de ácido sulfúrico. A lança de enxofre incluiu um bico de *spray* de mistura e atomização do tipo descrito acima (FLOMAX, FM25 disponibilizada por Spraying Systems Company, Wheaton, IL) e foi suprida com enxofre fundido pressurizado e ar ambiente não seco como o gás atomizante.

Durante o período de teste, a lança de enxofre foi operada em duas diferentes taxas de fluxo de enxofre. A taxa de alimentação de enxofre foi inicialmente estabelecida em torno de 45,4 lpm (12 gpm), em seguida aumentada para cerca de 87 lpm (23 gpm) após o que ela foi diminuída

novamente para cerca de 45,4 lpm (12 gpm). A duração da realização do teste permaneceu 95 minutos.

A principal ferramenta usada para estimar o grau de atomização foi o exame visual da chama de enxofre.

- 5 Observações visuais foram feitas e fotografias digitais foram tiradas em cada das condições de teste. As condições e dados registrados durante o período de teste são como segue.

10 Para operação a 45,4 lpm (12 gpm), o enxofre fundido e pressões de suprimento de ar foram estabelecidos em aproximadamente 420,6 kPa (61 psig) e 448,16 kPa (65 psig), respectivamente. As pressões de suprimento para os dois meios correlacionam-se ao enxofre fundido e taxas de fluxo de ar de cerca de 45,4 lpm (12 gpm) e cerca de 2123 SLPM (75 SCFM), respectivamente. A invenção foi operada durante um total de 65 minutos nestas condições de teste.

- 15 Enquanto operando nas condições anteriormente mencionadas, a qualidade de chama total produzida foi excelente com uma cor azul à violeta. A figura 7 mostra uma fotografia da chama de enxofre da frente do forno de enxofre adjacente à extremidade de descarga da lança de enxofre olhando em direção à traseira enquanto operando a lança na taxa de fluxo de enxofre de 45,4 lpm (12 gpm). A chama de enxofre foi aproximadamente de 20 2,74 m (9 pés) de diâmetro e de cerca de 1,5 a cerca de 2,44 m (de cerca de 5 a cerca de 8 pés) de comprimento.

- 25 O perfil da chama foi uma forma cônica uniforme com distribuição de chama uniforme em torno do perímetro e pouca a nenhuma pulsação. Enxofre foi totalmente combustado antes de alcançar a primeira parede de defletor da câmara de combustão, que foi localizada a aproximadamente 7 m (23 pés) da ponta do bico.

- 30 Para operação da lança de enxofre em uma taxa de fluxo de 87 lpm (23 gpm), as pressões de ar e enxofre fundido foram estabelecidas em aproximadamente 448,16 kPa (65 psig) e 210 kPa (30 psig), respectivamente. As pressões de suprimento para os dois meios correlacionam-se às taxas de fluxo de ar e enxofre fundido de cerca de 87 lpm (23 gpm) e cerca de 453

SLPM (16 SCFM), respectivamente. A invenção foi operada durante um total de 15 minutos nestas condições de teste.

Enquanto operando nas condições anteriormente mencionadas, a qualidade de chama total produzida foi excelente principalmente com uma cor violeta. A figura 8 fornece uma fotografia da chama de enxofre da frente do forno de enxofre adjacente à extremidade de descarga da lança de enxofre olhando em direção à traseira enquanto que operando a lança na taxa de fluxo de enxofre de 87 lpm (23 gpm). A chama de enxofre foi de aproximadamente 3,96 m (13 pés) de diâmetro e de cerca de 2,7 a cerca de 4,57 m (de cerca de 9 a cerca de 15 pés) de comprimento.

O perfil da chama foi de forma razoavelmente cônica com alguma variação em distribuição de chama e pulsação notável. Enxofre foi totalmente combustado maior do que 90% do tempo antes de atingir a primeira parede de defletor.

Os resultados do teste ilustram a capacidade da presente invenção manipular uma ampla faixa de operação de fluxos de enxofre ao mesmo tempo que mantendo superior combustão de enxofre. O controle e flexibilidade da invenção sobre uma ampla coleção de taxas de fluxo de enxofre provê o operador com excelentes capacidades de redução/elevação quando ajustando as taxas de produção.

Exemplo 2

A lança de enxofre pneumaticamente operada de acordo com a presente invenção foi testada para avaliar a formação de óxido de nitrogênio. A lança de enxofre pneumaticamente operada foi instalada em um aparelho de combustão que queima enxofre fundido para gerar um gás de combustão compreendendo dióxido de enxofre usado na produção de ácido sulfúrico em uma facilidade de produção de ácido sulfúrico de contato. A lança de enxofre pneumaticamente operada incluiu um bico de *spray* de mistura e atomização do tipo descrito acima (FLOMAX, FM25 disponibilizada por Spraying Systems Company, Wheaton, IL) e foi suprida com enxofre fundido pressurizado e ar ambiente não seco como o gás atomizante.

Durante o período de teste, a lança de enxofre pneumaticamen-

te operada foi operada em uma taxa de fluxo de enxofre aproximada de 132,49 lpm (35 gpm). Como uma comparação, duas lanças de enxofre hidráulicamente operadas padrão form também testadas no aparelho de combustão da instalação de ácido sulfúrico em uma taxa de fluxo de enxofre total

5 aproximada 132,49 lpm (35 gpm).

A principal ferramenta usada para estimar o grau de formation de óxidos de nitrogênio em uma base de volume foi a análise dos gases que saem da pilha de instalação de ácido sulfúrico (isto é, o gás traseiro que sai da torre de absorção de trióxido de enxofre final). O teor de óxido de nitrogênio dos gases traseiros que saem da pilha de instalação de ácido sulfúrico

10 pode ser facilmente determinado usando equipamento de teste de laboratório e protocolos de teste estabelecidos conhecidos na técnica. Neste Exemplo, um analisador de óxido de nitrogênio Thermo Electron modelo 42 CLS calibrado usando dois cilindros de gás de calibração de protocolo EPA foi

15 empregado para analisar o gás traseiro de instalação de ácido sulfúrico. O primeiro cilindro continha 48,44 ppmv de NO e 48,44 ppmv de óxidos de nitrogênio totais e o segundo cilindro continha 7.994 ppmv de NO e 8.042 ppmv de óxidos de nitrogênio total, comh N₂ como gás de equilíbrio. O analisador foi calibrado com o primeiro cilindro e chequado com o segundo cilindro.

20 Após calibração com o primeiro cilindro, o analisador exibiu 7,97 ppmv NO e 8,02 ppmv de óxidos de nitrogênio totais para o segundo cilindro, indicando que o instrumento foi preciso e linear. As tubulações de Teflon foram usadas para conectar o instrumento a uma porta de amostragem no topo da torre de absorção de trióxido de enxofre final acima do eliminador de neblina.

25 Um filtro de gás de amostra autoformada foi instalado na linha de amostragem para remover partículas e neblina ácida. As amostras do gás traseiro de instalação foram tiradas e analisadas e os cálculos foram realizados para determinar a quantidade de óxidos de nitrogênio em cada das condições de teste. As condições e dados registrados durante os dois períodos de teste

30 são mencionadas abaixo.

Durante o primeiro teste conduzido empregando-se as duas lanças de enxofre hidráulicamente operadas padrão operadas em uma taxa de

fluxo de enxofre total de aproximadamente 132,49 lpm (35 gpm), a temperatura da câmara de combustão em operação foi de 926°C e o teor de oxigênio do gás traseiro de instalação foi de 9,30% do fluxo de gás total que sai da pilha. As duas lanças de enxofre hidraulicamente operadas padrão foram operadas durante um total de 30 minutos nestas condições de teste. Ao mesmo tempo que operando nas condições anteriormente mencionadas, o teor de óxidos de nitrogênio total do gás traseiro de instalação de ácido sulfúrico foi de 11,6 ppmv.

Durante o segundo teste conduzido usando a lança simples de enxofre pneumaticamente operada de acordo com a presente invenção, operada em uma taxa de fluxo de enxofre de aproximadamente 132,49 lpm (35 gpm), a temperatura de operação da câmara de combustão foi de 930° C e o teor de oxigênio do gás traseiro de instalação foi de 7,10% do fluxo de gás total que sai da pilha. A lança de enxofre pneumaticamente operada foi operada durante um total de 51 minutos nestas condições de teste. Ao mesmo tempo que operando nas condições anteriormente mencionadas, o teor de óxidos de nitrogênio total do gás traseiro de instalação de ácido sulfúrico foi de 9.3 ppmv. Isto representa quase uma redução de 20% nos níveis de óxido de nitrogênio atingidos usando a lança de enxofre pneumaticamente operada de acordo com a presente invenção quando comparada às lanças de enxofre hidraulicamente operadas.

Os resultados deste Exemplo ilustram a capacidade da presente invenção de eficazmente reduzir o nível de óxidos de nitrogênio no gás traseiro que sai de uma pilha de instalação de ácido sulfúrico.

A descrição acima das modalidades preferidas é destinada apenas para informar outros versados na técnica com a invenção, seus princípios, e sua aplicação prática, de modo que outros versados na técnica possam adaptar e aplicar a invenção em suas formas numerosas, quando pode ser melhor adaptada aos requisitos de uso particular. A presente invenção, portanto, não está limitada às modalidades acima, e pode ser variadamente modificada.

Com referência ao uso da(s) palavra(s) "compreendem" ou

- "compreende" ou "compreendendo" neste relatório descritivo, incluindo as reivindicações anexas, a menos que o contexto requeira de outro modo, aquelas palavras são usadas no entendimento de base e claro de que eles devem ser interpretados inclusivamente, em vez de exclusivamente, e que
- 5 pretende-se que cada daquelas palavras sejam desse modo interpretadas na construção deste relatório descritivo.

REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho para a combustão de um líquido contendo enxofre para produzir um gás de combustão compreendendo dióxido de enxofre, o aparelho compreendendo: um forno compreendendo uma câmara de combustão; uma fonte pressurizada do líquido contendo enxofre; uma fonte pressurizada de um gás atomizante; e pelo menos uma lança de enxofre posicionada para descarregar uma mistura de combustão de enxofre atomizada compreendendo partículas do líquido contendo enxofre e gás atomizante na referida câmara de combustão na qual as partículas de líquido contendo enxofre são combustadas na presença de oxigênio para produzir o gás de combustão compreendendo dióxido de enxofre, a referida lança de enxofre compreendendo uma mistura e bico atomizante direcionado na referida câmara de combustão, um primeiro conduíte que comunica com a referida fonte pressurizada de líquido contendo enxofre e o referido bico e um segundo conduíte que comunica com a referida fonte pressurizada de gás atomizante e o referido bico, o referido bico sendo adaptado para misturar o líquido contendo enxofre e o gás atomizante para formar a mistura de combustão de enxofre atomizada e tendo uma pluralidade de aberturas de spray neste lugar através das quais a mistura de combustão de enxofre atomizada é descarregada sob pressão na referida câmara de combustão.

2. Aparelho de acordo com a reivindicação 1, no qual a referida mistura e bico atomizante têm pelo menos quatro aberturas de spray.

3. Aparelho de acordo com a reivindicação 1, no qual a referida mistura e bico atomizante têm pelo menos seis aberturas de spray.

4. Aparelho de acordo com a reivindicação 1, no qual a referida mistura e bico atomizante têm pelo menos oito aberturas de spray.

5. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 2 a 4, no qual a referida pluralidade de aberturas de spray da referida mistura e bico atomizante são dispostas em um padrão circular.

6. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, no qual o referido primeiro conduíte está disposto em e concêntrico com o referido segundo conduíte, o primeiro conduíte definindo uma passagem axial

interna para o fluxo do líquido contendo enxofre e os primeiro e segundo conduítes definindo uma passagem axial externa para o fluxo do gás atomizante.

7. Aparelho de acordo com a reivindicação 6, no qual a referida
5 mistura e bico atomizante compreendem uma cabeça de spray tendo a referida pluralidade de aberturas de spray formadas neste lugar, uma câmara na referida cabeça de spray, e um membro de intrusão projetando-se da referida cabeça de spray na referida câmara de cabeça de spray em uma localização geralmente oposta à referida passagem axial interna através da qual o
10 líquido contendo enxofre é passado no referido bico por meio do qual o fluxo do líquido contendo enxofre é direcionado contra o referido membro de intrusão.

8. Aparelho de acordo com a reivindicação 7, no qual a referida pluralidade de aberturas de spray são formadas em uma superfície distal da
15 referida cabeça de spray.

9. Aparelho de acordo com a reivindicação 8, no qual pelo menos quatro aberturas de spray são formadas na referida superfície distal da referida cabeça de spray.

10. Aparelho de acordo com a reivindicação 8, no qual pelo menos seis aberturas de spray são formadas na referida superfície distal da referida cabeça de spray.

11. Aparelho de acordo com a reivindicação 8, no qual pelo menos oito aberturas de spray são formadas na referida superfície distal da referida cabeça de spray.

25 12. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 9 a 11, no qual a referida pluralidade de aberturas de spray formadas na referida superfície distal da referida cabeça de spray são dispostas em um padrão circular.

13. Aparelho de acordo com a reivindicação 8, no qual a referida
30 mistura e bico atomizante e a referida pluralidade de aberturas de spray formadas na referida superfície distal da referida cabeça de spray são adaptadas e configuradas para descarregar a mistura de combustão de enxofre

atomizada na referida câmara de combustão na forma de uma pluralidade de geralmente simétrica, sprays em forma de cone.

14. Aparelho de acordo com a reivindicação 8, no qual a referida superfície distal da referida cabeça de spray tendo a referida pluralidade de aberturas de spray formadas neste lugar é angulada para fora do eixo longitudinal central da referida mistura e bico atomizante.

15. Aparelho de acordo com a reivindicação 14, no qual a referida mistura e bico atomizante e a referida pluralidade de aberturas de spray formadas na referida superfície distal da referida cabeça de spray são configuradas para descarregar a mistura de combustão de enxofre atomizada em um ângulo de spray de cerca de 20° a cerca de 30° relativo ao eixo longitudinal central do referido bico.

16. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 15, no qual a referida câmara de combustão é livre de defletores.

17. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 16, no qual a referida lança de enxofre tem uma relação em declínio de pelo menos cerca de 10:1.

18. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 17, no qual a referida fonte pressurizada do líquido contendo enxofre compreende um componente de enxofre selecionado do grupo consistindo em enxofre fundido, sulfato de amônio, bissulfato de amônio, sulfato ferroso, sulfato de metila, ácido sulfúrico, óleo de dissulfeto e misturas destes.

19. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 17, no qual a referida fonte pressurizada do líquido contendo enxofre compreende enxofre fundido.

20. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 19, no qual a referida fonte pressurizada do gás atomizante compreende oxigênio.

21. Aparelho de acordo com a reivindicação 20, no qual a referida fonte pressurizada do gás atomizante compreende ar ambiente não seco.

22. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 19, no qual a referida fonte pressurizada do gás atomizante compreende

vapor.

23. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 22, compreendendo uma pluralidade das referidas lanças de enxofre posicionadas para descarregar a mistura de combustão de enxofre atomizada compreendendo partículas do líquido contendo enxofre e gás atomizante na referida câmara de combustão para produzir o gás de combustão compreendendo dióxido de enxofre.

24. Processo para a combustão de um líquido contendo enxofre para produzir um gás de combustão compreendendo dióxido de enxofre, o processo compreendendo:

introduzir um fluxo de líquido pressurizado contendo enxofre e um fluxo de gás atomizante pressurizado em pelo menos uma lança de enxofre compreendendo os primeiro e segundo conduítes que comunicam com uma mistura e bico atomizante tendo uma pluralidade de aberturas de spray neste lugar;

passar o líquido pressurizado contendo enxofre através do referido primeiro conduíte e o gás atomizante pressurizado através do referido segundo conduíte na referida mistura e bico atomizante;

passar o líquido pressurizado contendo enxofre e o gás atomizante pressurizado através da referida mistura e bico atomizante para realizar a atomização do líquido contendo enxofre e formar uma mistura de combustão de enxofre atomizado compreendendo partículas de líquido contendo enxofre e gás atomizante descarregado sob pressão através da referida pluralidade de aberturas de spray em uma câmara de combustão de um forno; e

combustar as partículas de líquido contendo enxofre na presença de oxigênio na referida câmara de combustão para produzir o gás de combustão compreendendo dióxido de enxofre.

25. Processo de acordo com a reivindicação 24, no qual a mistura de combustão de enxofre atomizada é descarregada na referida câmara de combustão através da referida pluralidade de aberturas de spray na forma de uma pluralidade geralmente simétrica, de sprays em forma de cone.

26. Processo de acordo com a reivindicação 24, ou reivindica-

ção 25 no qual pelo menos cerca de 90% em volume das partículas de líquido contendo enxofre contidas na mistura de combustão de enxofre atomizada descarregada na referida câmara de combustão têm um diâmetro menor do que cerca de 500 μm .

5 27. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 24 a 26, no qual pelo menos cerca de 80% em volume das partículas de líquido contendo enxofre contidas na mistura de combustão de enxofre atomizada descarregada na referida câmara de combustão têm um diâmetro de cerca de 50 μm a cerca de 500 μm .

10 28. Processo de acordo com a reivindicação 27, no qual pelo menos cerca de 80% em volume das partículas de líquido contendo enxofre contidas na mistura de combustão de enxofre atomizada descarregada na referida câmara de combustão têm um diâmetro de cerca de 60 μm a cerca de 200 μm .

15 29. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 26 a 28, no qual o diâmetro de partícula médio (com base no volume ou massa) de partículas de líquido contendo enxofre na mistura de combustão de enxofre atomizada descarregada na referida câmara de combustão é de cerca de 50 μm a cerca de 150 μm .

20 30. Processo de acordo com reivindicação 29, no qual o diâmetro de partícula médio (com base no volume ou massa) de partículas de líquido contendo enxofre na mistura de combustão de enxofre atomizada descarregada na referida câmara de combustão é de cerca de 60 μm a cerca de 120 μm .

25 31. Processo de acordo com a reivindicação 30, no qual o diâmetro de partícula médio (com base no volume ou massa) de partículas de líquido contendo enxofre na mistura de combustão de enxofre atomizada descarregada na referida câmara de combustão é de cerca de 60 μm a cerca de 100 μm .

30 32. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 26 a 31, no qual o controle do tamanho da partícula das partículas de líquido contendo enxofre na mistura de combustão de enxofre atomizada descarre-

gada na referida câmara de combustão compreende ajustar a relação da pressão do líquido contendo enxofre introduzido na referida lança de enxofre à pressão do referido gás atomizante introduzido na referida lança de enxofre.

5 33. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 24 a 32, no qual o referido primeiro conduíte está disposto em e concêntrico com o referido segundo conduíte, o primeiro conduíte definindo uma passagem axial interna para o fluxo do líquido contendo enxofre e os primeiro e
10 segundo conduítes definindo uma passagem axial externa para o fluxo do gás atomizante.

 34. Processo de acordo com a reivindicação 33, também compreendendo direcionar o fluxo do líquido contendo enxofre passado na referida mistura e bico atomizante contra um membro de intrusão no referido bico para facilitar a atomização do líquido contendo enxofre.

15 35. Processo de acordo com a reivindicação 34, no qual a referida mistura e bico atomizante compreendem uma cabeça de spray tendo a referida pluralidade de aberturas de spray neste lugar e uma câmara na referida cabeça de spray, o referido membro de intrusão projetando-se da referida cabeça de spray na referida câmara de cabeça de spray em uma localiza-
20 ção geralmente oposta à referida passagem axial interna através da qual o líquido contendo enxofre é passado no referido bico por meio do qual o fluxo do líquido contendo enxofre é direcionado contra o referido membro de intrusão.

 36. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações
25 24 a 35, no qual a referida mistura de combustão de enxofre atomizada é descarregada na referida câmara de combustão através da referida pluralidade de aberturas de spray da referida mistura e bico atomizante em um ângulo de spray relativo ao eixo longitudinal central do bico.

 37. Processo de acordo com a reivindicação 36, no qual a refe-
30 rida mistura de combustão de enxofre atomizada é descarregada na referida câmara de combustão através da referida pluralidade de aberturas de spray da referida mistura e bico atomizante em um ângulo de spray de cerca de

20° a cerca de 30° relativo ao eixo longitudinal central do referido bico.

38. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 24 a 37, no qual a mistura de combustão de enxofre atomizada é descarregada na referida câmara de combustão através de pelo menos quatro aberturas de spray da referida mistura e bico atomizante.

39. Processo de acordo com a reivindicação 38, no qual a mistura de combustão de enxofre atomizada é descarregada na referida câmara de combustão através de pelo menos seis aberturas de spray da referida mistura e bico atomizante.

40. Processo de acordo com a reivindicação 39, no qual a mistura de combustão de enxofre atomizada é descarregada na referida câmara de combustão através de pelo menos oito aberturas de spray da referida mistura e bico atomizante.

41. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 38 a 40, no qual a referida pluralidade de aberturas de spray da referida mistura e bico atomizante através das quais a referida mistura de combustão de enxofre atomizada é descarregada na referida câmara de combustão são dispostas em um padrão circular.

42. Processo para a combustão de um líquido contendo enxofre para produzir um gás de combustão compreendendo dióxido de enxofre, processo compreendendo:

introduzir um fluxo de líquido pressurizado contendo enxofre e um fluxo de gás atomizante pressurizado em uma lança de enxofre compreendendo os primeiro e segundo conduítes que comunicam com uma mistura e bico atomizante tendo pelo menos uma abertura de spray neste lugar;

passar o líquido pressurizado contendo enxofre através do referido primeiro conduíte e o gás atomizante pressurizado através do referido segundo conduíte na referida mistura e bico atomizante;

passar o líquido pressurizado contendo enxofre e o gás atomizante pressurizado através da referida mistura e bico atomizante para realizar a atomização do líquido contendo enxofre e formar uma mistura de combustão de enxofre atomizada compreendendo partículas de líquido contendo

enxofre e gás atomizante descarregado sob pressão através da referida pelo menos uma abertura de spray em uma câmara de combustão de um forno, a distribuição de tamanho de partícula exibida pela mistura de combustão de enxofre atomizada descarregada na referida câmara de combustão sendo

5 caracterizada por pelo menos cerca de 90% em volume das partículas de líquido contendo enxofre contidas neste lugar tendo um diâmetro menor do que cerca de 500 μm e um diâmetro de partícula médio (com base no volume ou massa) de cerca de 50 μm a cerca de 150 μm ; e

combustar as partículas de líquido contendo enxofre na presença de oxigênio na referida câmara de combustão para produzir o gás de combustão compreendendo dióxido de enxofre.

10

43. Processo de acordo com a reivindicação 42, no qual a distribuição de tamanho de partícula exibida pela mistura de combustão de enxofre atomizada descarregada na referida câmara de combustão é caracterizada por pelo menos cerca de 80% em volume das partículas de líquido contendo enxofre contidas neste lugar tendo um diâmetro de cerca de 50 μm a cerca de 500 μm .

15

44. Processo de acordo com a reivindicação 43, no qual a distribuição de tamanho de partícula exibida pela mistura de combustão de enxofre atomizada descarregada na referida câmara de combustão é caracterizada por pelo menos cerca de 80% em volume das partículas de líquido contendo enxofre contidas neste lugar tendo um diâmetro de cerca de 60 μm a cerca de 200 μm .

20

45. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 42 a 44, no qual o diâmetro de partícula médio (com base no volume ou massa) das partículas de líquido contendo enxofre na mistura de combustão de enxofre atomizada descarregada na referida câmara de combustão é de cerca de 60 μm a cerca de 120 μm .

25

46. Processo de acordo com a reivindicações 45, no qual o diâmetro de partícula médio (com base no volume ou massa) das partículas de líquido contendo enxofre na mistura de combustão de enxofre atomizada descarregada na referida câmara de combustão é de cerca de 60 μm a cer-

30

ca de 100 μm .

47. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 42 a 46, no qual o controle do tamanho da partícula das partículas de líquido contendo enxofre na mistura de combustão de enxofre atomizada descarregada na referida câmara de combustão compreende ajustar a relação da
5 pressão do líquido contendo enxofre introduzido na referida lança de enxofre à pressão do referido gás atomizante introduzido na referida lança de enxofre.

48. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações
10 24 a 47, no qual o gás de combustão tem uma intensidade de gás de dióxido de enxofre de cerca de 8 a cerca de 14 % em mol e contém não mais do que cerca de 20 ppmv de óxidos de nitrogênio.

49. Processo de acordo com a reivindicação 48, no qual o gás de combustão contém não mais do que cerca de 15 ppmv de óxidos de ni-
15 trogênio.

50. Processo de acordo com a reivindicação 49, no qual o gás de combustão contém não mais do que cerca de 10 ppmv de óxidos de nitrogênio.

51. Processo de acordo com a reivindicação 50, no qual o gás
20 de combustão contém não mais do que cerca de 5 ppmv de óxidos de nitrogênio.

52. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 24 a 51, no qual o líquido pressurizado contendo enxofre compreende um componente de enxofre selecionado do grupo consistindo em enxofre fundido, sulfato de amônio, bissulfato de amônio, sulfato ferroso, sulfato de meti-
25 la, ácido sulfúrico, óleo de dissulfeto e misturas destes.

53. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 24 a 51, no qual o líquido pressurizado contendo enxofre compreende enxofre fundido.

30 54. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 24 a 53, no qual o gás atomizante pressurizado compreende oxigênio.

55. Processo de acordo com a reivindicação 54, no qual o gás

atomizante pressurizado compreende ar ambiente não seco.

56. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 24 a 53, no qual o gás atomizante pressurizado compreende vapor.

57. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 24 a 56, no qual a relação do volume da referida câmara de combustão para a taxa de fluxo da mistura de combustão de enxofre atomizada descarregada na referida câmara de combustão é pelo menos cerca de 0,5 segundo.

58. Processo de acordo com a reivindicação 57, no qual a relação do volume da referida câmara de combustão para a taxa de fluxo da mistura de combustão de enxofre atomizada descarregada na referida câmara de combustão é de cerca de 0,5 segundo a cerca de 1,1 segundo.

59. Processo de acordo com a reivindicação 58, no qual a relação do volume da referida câmara de combustão para a taxa de fluxo da mistura de combustão de enxofre atomizada descarregada na referida câmara de combustão é de cerca de 0,5 segundo a cerca de 0,65 segundo.

60. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 24 a 59, no qual a referida câmara de combustão é livre de defletores.

61. Processo para preparação de ácido sulfúrico, o processo compreendendo:

20 cataliticamente oxidizar o dióxido de enxofre contido em um gás de alimentação conversor compreendendo o gás de combustão contendo dióxido de enxofre produzido de acordo com qualquer uma das reivindicações 24 a 60, e oxigênio em um conversor catalítico contendo um catalisador de oxidação eficaz para oxidizar dióxido de enxofre em trióxido de enxofre para formar um gás de conversão compreendendo trióxido de enxofre; e

25 contactar o gás de conversão com uma solução aquosa de ácido sulfúrico em uma zona de absorção de trióxido de enxofre para formar ácido sulfúrico e/ou óleo adicional.

62. Processo de acordo com a reivindicação 61, no qual o gás atomizante pressurizado compreende vapor.

63. Processo de acordo com a reivindicação 62, no qual pelo menos uma porção do vapor de água introduzida no gás de combustão con-

tendo dióxido de enxofre como um componente do gás atomizante pressurizado é reagida com trióxido de enxofre na fase gasosa para produzir ácido sulfúrico e desse modo gerar o aquecimento de formação de ácido sulfúrico na fase gasosa.

- 5 64. Processo de acordo com a reivindicação 63, também compreendendo recuperar a energia do aquecimento do aquecimento da fase de vapor de formação de ácido sulfúrico por transferência de calor de corrente de gás de processo compreendendo o ácido sulfúrico produzido para um fluido de transferência de calor em um ou mais permutadores de calor indiretos.

- 10 65. Método para retroajustar um aparelho para a combustão de um líquido contendo enxofre para produzir um gás de combustão compreendendo dióxido de enxofre no qual o aparelho compreende um forno compreendendo uma câmara de combustão, uma fonte pressurizada do líquido contendo enxofre, e pelo menos uma lança de enxofre posicionada para descarregar uma mistura de combustão de enxofre atomizado compreendendo partículas do líquido contendo enxofre na referida câmara de combustão na qual as partículas de líquido contendo enxofre são combustadas na presença de oxigênio para produzir o gás de combustão compreendendo dióxido de enxofre, a referida lança de enxofre sendo adaptada para hidraulicamente atomizar o líquido contendo enxofre da referida fonte pressurizada e descarregar a mistura de combustão de enxofre atomizada sob pressão na referida câmara de combustão, o método compreendendo:

- 25 fornecer uma fonte pressurizada de um gás atomizante; e
25 posicionar pelo menos uma lança de enxofre de substituição ou adicional para descarregar uma mistura de combustão de enxofre pneumaticamente atomizada compreendendo partículas do líquido contendo enxofre e um gás atomizante na referida câmara de combustão na qual as partículas de líquido contendo enxofre são combustadas na presença de oxigênio para
30 produzir o gás de combustão compreendendo dióxido de enxofre, a referida lança de enxofre de substituição ou adicional compreendendo uma mistura e bico atomizante direcionado na referida câmara de combustão, um primeiro

- conduíte que comunica com a referida fonte pressurizada de líquido contendo enxofre e o referido bico e um segundo conduíte que comunica com a referida fonte pressurizada de gás atomizante e o referido bico, o referido bico sendo adaptado para misturar o líquido contendo enxofre e o gás atomizante para formar a mistura de combustão de enxofre pneumaticamente atomizada e tendo uma pluralidade de aberturas de spray neste lugar através das quais a mistura de combustão de enxofre pneumaticamente atomizada é descarregada sob pressão na referida câmara de combustão.
- 5

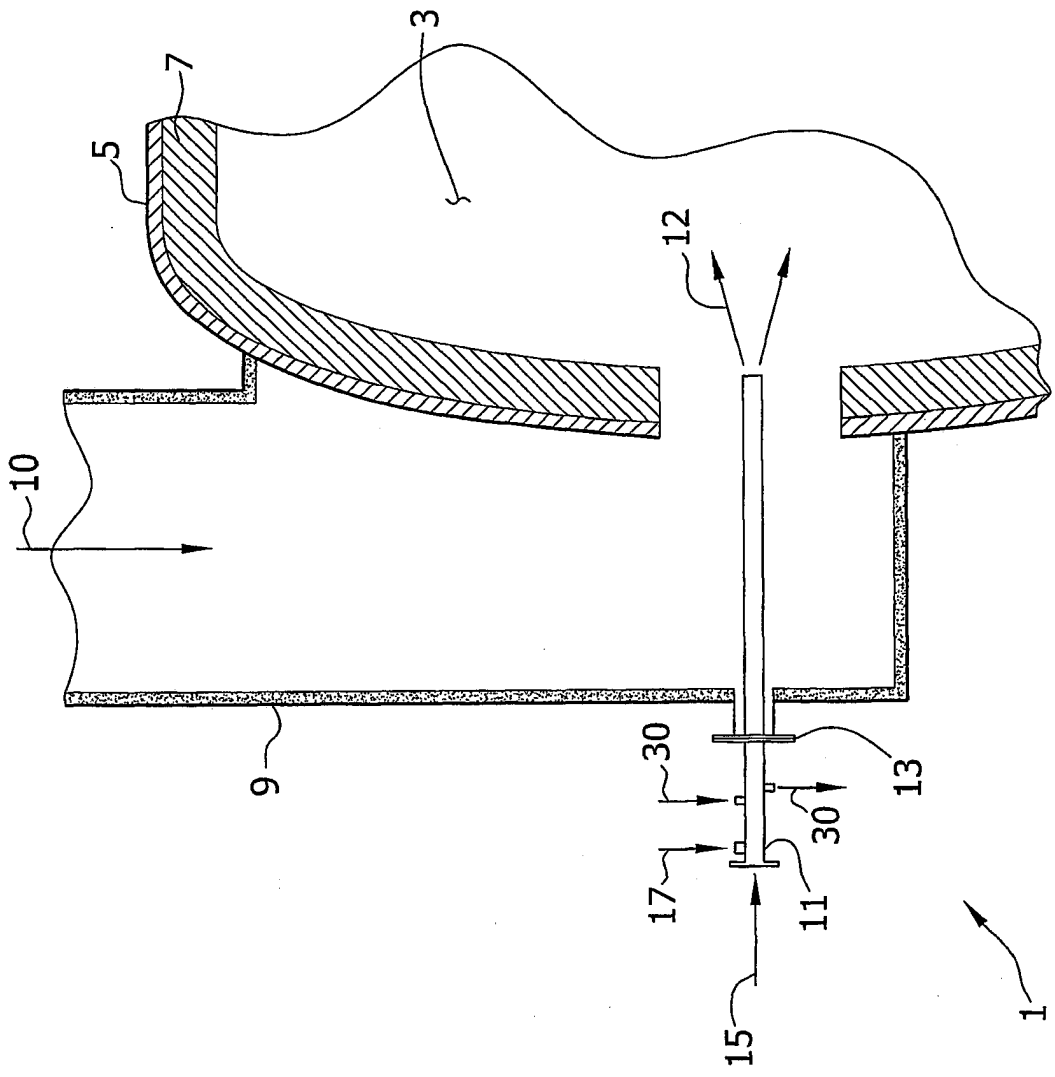


FIG. 1

FIG. 2

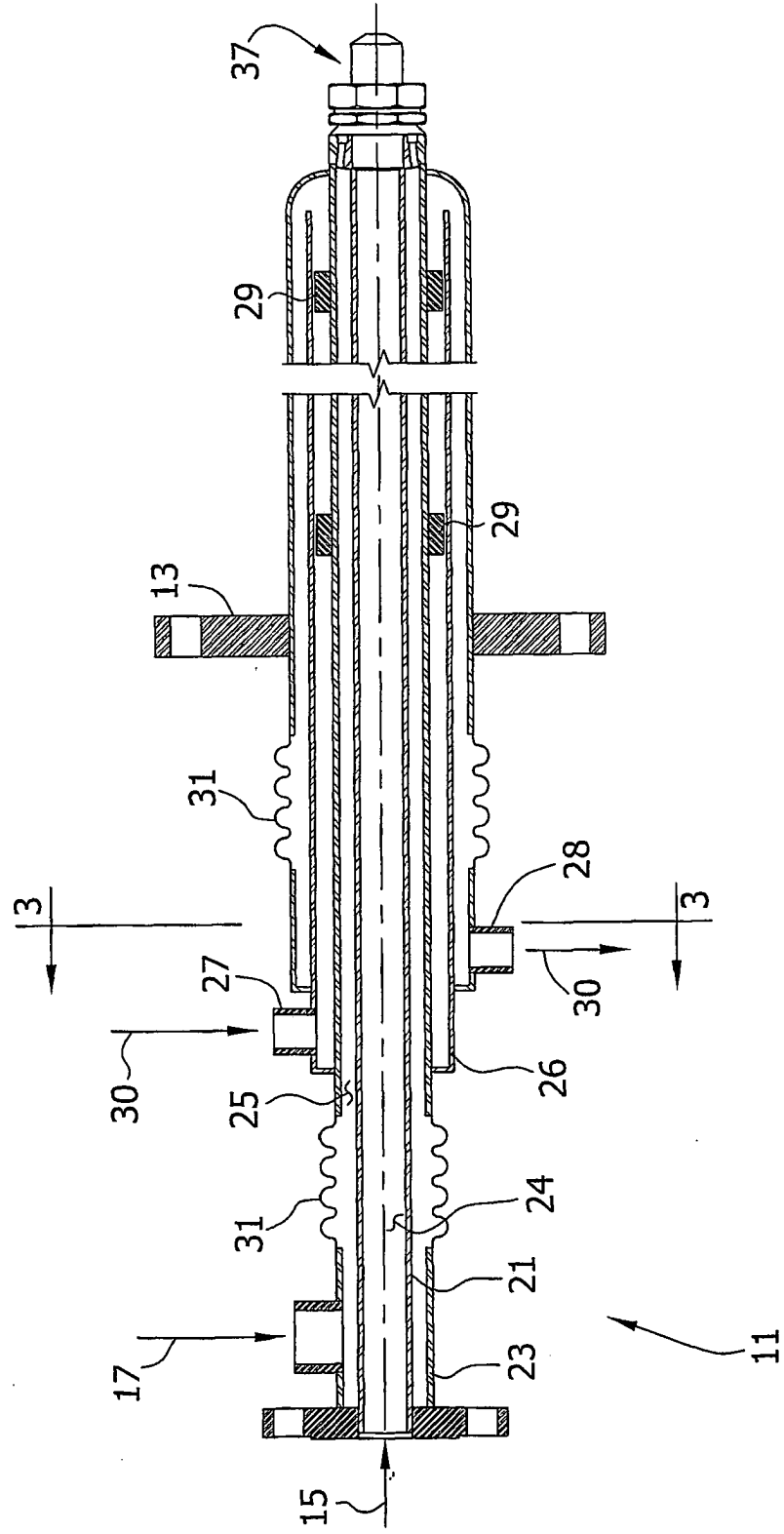


FIG. 3

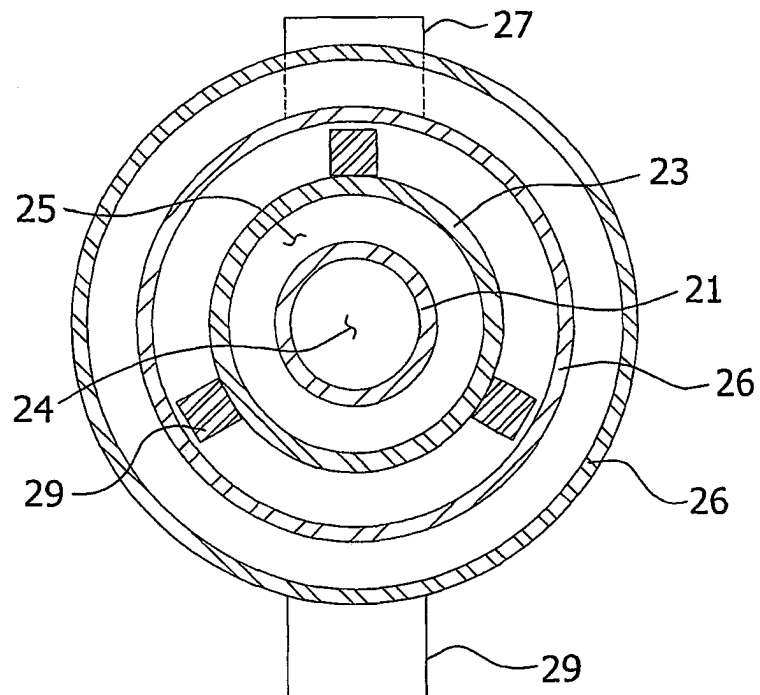


FIG. 4

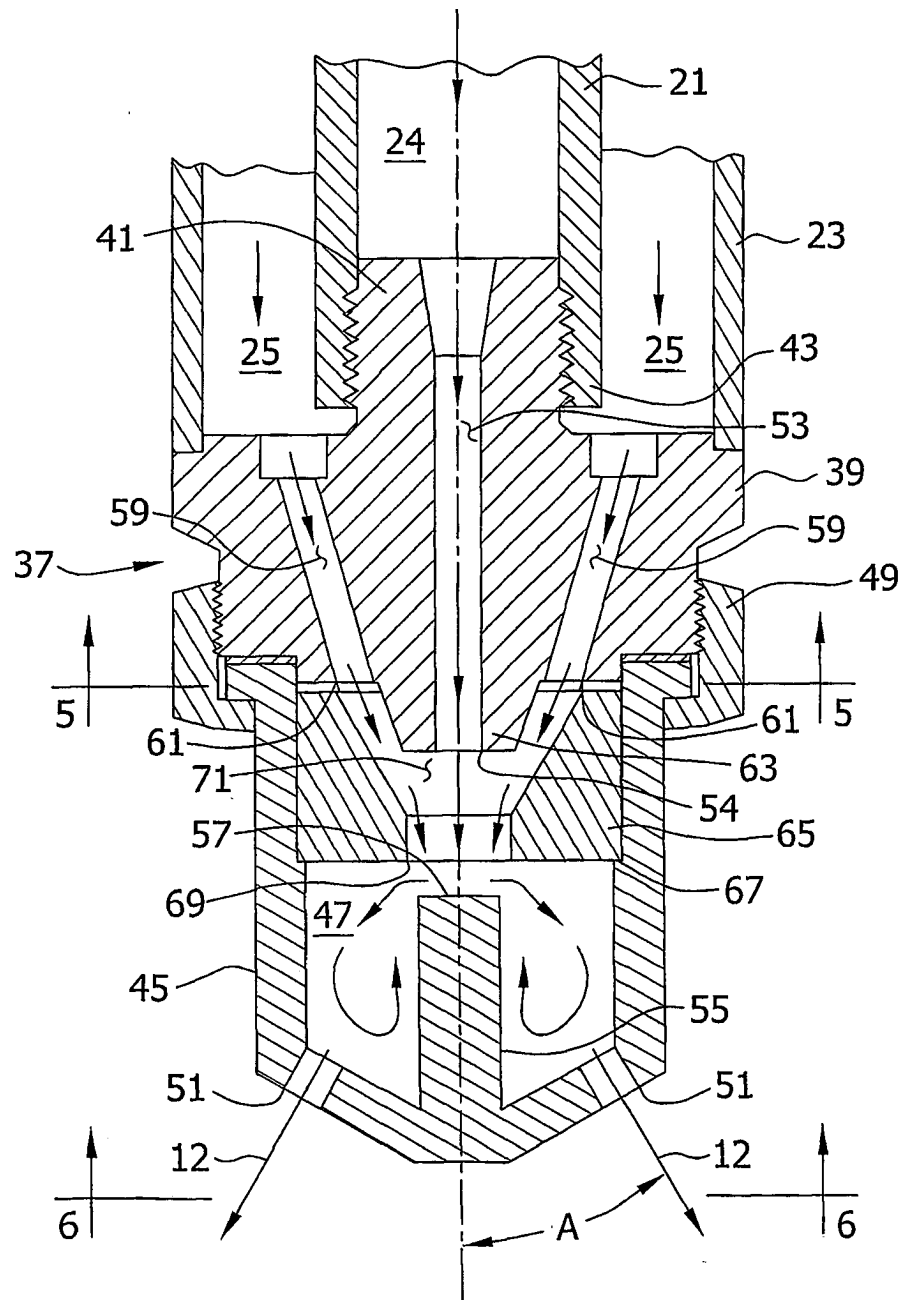


FIG. 5

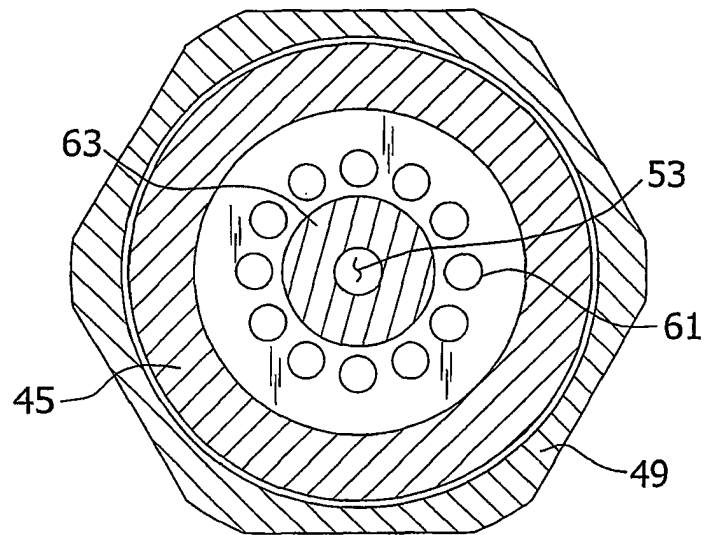


FIG. 6

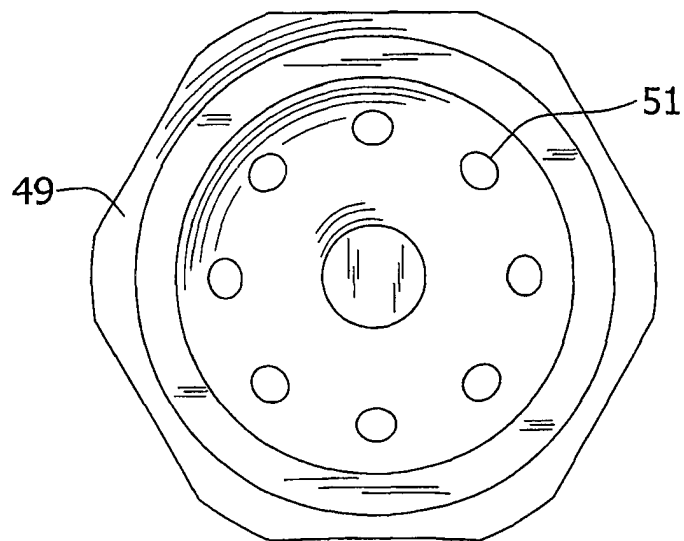


FIG. 7

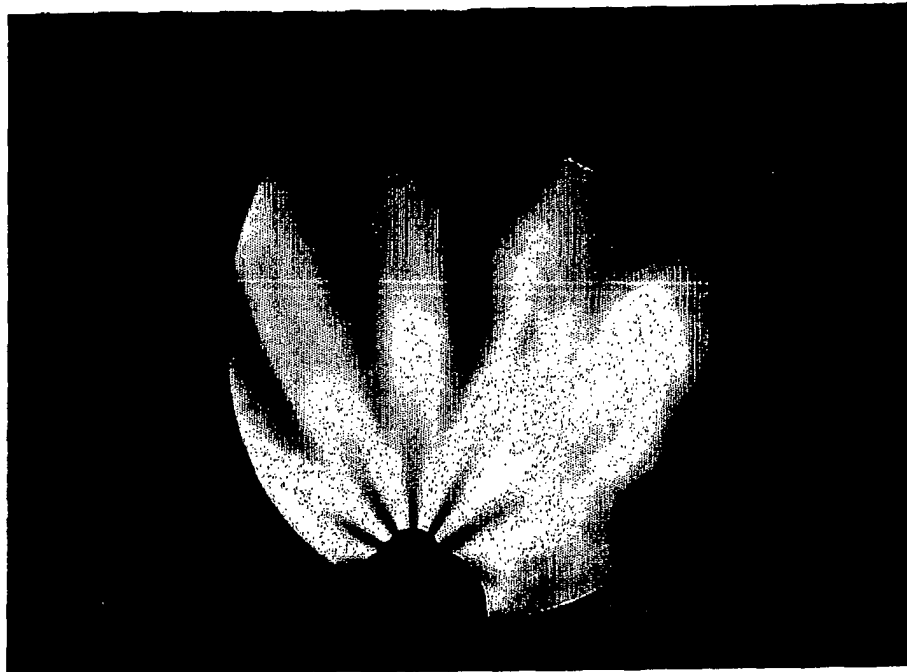
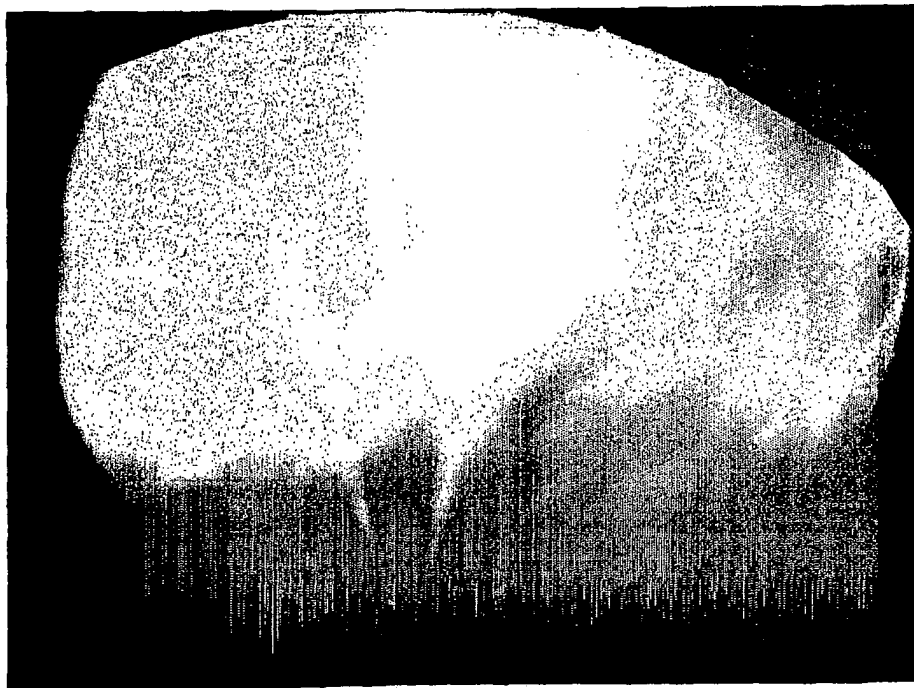


FIG. 8



RESUMO

Patente de Invenção: "**PROCESSO E APARATO PARA A COMBUSTÃO DE UM LÍQUIDO CONTENDO SÚLFUR**".

5 A presente invenção refere-se a aparelho e processos para a produção de um gás de combustão contendo dióxido de enxofre nos quais um líquido contendo enxofre é pneumaticamente atomizado com uma lança ou pistola de enxofre que utiliza um gás atomizante para formar uma mistura de combustão atomizada para combustão em um forno de enxofre. O gás de combustão contendo dióxido de enxofre pode ser usado na fabricação de

10 ácido sulfúrico pelo processo de contato.