

DESCRIÇÃO
DA
PATENTE DE INVENÇÃO

N.º 98 580


REQUERENTE: MAN Technologie Aktiengesellschaft, alemã com sede em Dachauer Strasse 667, D-8000 München 50, Alemanha

EPÍGRAFE: "TUBO DE ESCAPE COM UM FILTRO DE PARTÍCULAS E UM QUEIMADOR DE REGENERAÇÃO"

INVENTORES: Nikolaus König, Alfred Zöbl, David Michael Simpkin e Josef Kreutmair

Reivindicação do direito de prioridade ao abrigo do artigo 4.º da Convenção de Paris de 20 de Março de 1883.

República Federal Alemã, 7 de Agosto de 1990, sob o n.º P 40 25 017.2




Descrição referente à patente de invenção de MAN Technologie Aktiengesellschaft, alemã, industrial e comercial, com sede em Dachauer Strasse 667, D-8000 München 50, Alemanha (inventores: Nikolaus König, Alfred Zöbl, David Michael Simpkin e Josef Kreutmair, residentes na República Federal Alemã), para "TUBO DE ESCAPE COM UM FILTRO DE PARTÍCULAS E UM QUEIMADOR DE REGENERAÇÃO"

D E S C R I Ç Ã O

A presente invenção refere-se a um tubo de escape de um motor de combustão interna com um filtro de partículas e um queimador para a regeneração do filtro, desembocando o queimador no tubo de escape antes do filtro, no sentido da corrente dos gases de escape.

É conhecido um sistema de escape deste género da patente US 4 615 173, no qual um filtro de partículas está colocado numa secção de um tubo de escape e no qual desemboca, antes do filtro e segundo um ângulo agudo, um queimador, no tubo de escape. O combustível misturado com ar pulverizado e ar de combustão primário no queimador é inflamado por meio de uma vela de ignição e em seguida escoar-se, queimado mais ou menos completamente, para o tubo de escape, com uma certa inclinação. O gás quente entra então em contacto principalmente com o gás de escape, sendo o combustível não queimado oxidado com o oxigénio residual dos gases de escape.

Neste dispositivo conhecido não se verifica qualquer mistura íntima entre os gases quentes e os gases de escape. Além disso, a oxidação do combustível não



queimado com o oxigénio residual dos gases de escape faz-se relativamente próximo da entrada do filtro, de modo que chamas oxidantes podem provocar sobreaquecimentos locais e portanto danificação do filtro.

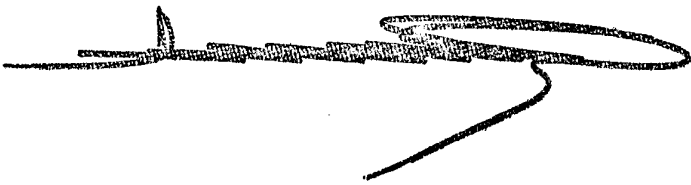
A presente invenção tem por objectivo aperfeiçoar um sistema de escape do género atrás mencionado, de modo tal que se garanta uma combustão completa e uma mistura correcta entre o gás de escape e o gás quente.

Segundo a presente invenção, o problema resolve-se com um sistema com as características da reivindicação 1.

De acordo com essas características, o gás de escape e o gás quente não entram em contacto mútuo unilateralmente, como sucede no estado da técnica, mas sim o gás de escape pode misturar-se com o gás quente à volta deste e portanto de maneira homogénea, garantido a mistura escalonada uma mistura completa das duas correntes gasosas.

Daí resultam outras vantagens que consistem no facto de que uma parte substancial do combustível não queimado é oxidada pelo oxigénio residual já desde muito cedo, de modo que na vizinhança do filtro já só se formam chamas oxidantes pequenas, isto é, curtas. O queimador pode portanto ser colocado relativamente próximo do filtro. Por meio da mistura escalonada do gás de escape exclui-se também o perigo de se apagarem as chamas do queimador.

De preferência misturam-se uma primeira parte do gás de escape no interior e uma outra parte do gás de escape no exterior da câmara de combustão, ao gás quente, sendo usada também para a mistura a câmara de combustão existente. Por outro lado, a chama do queimador pode ser apagada facilmente pelo gás de escape que se escoia para a



câmara de combustão. A variante aperfeiçoada segundo a presente invenção tem em conta este problema mediante o compromisso de que, por um lado, não é necessário alargar o espaço necessário para a câmara de mistura e, por outro lado, devido à divisão, a corrente de entrada para a câmara de combustão pode ser doseada de maneira apropriada e impedir o apagamento da chama do queimador.

Para a entrada dos gases de escape para a câmara de combustão, de acordo com uma outra forma de realização aperfeiçoada da presente invenção, prevêm-se na parede da câmara de combustão uma série de aberturas de condução, através das quais o gás de escape que entra é conduzido de modo tal que, no interior da câmara de combustão, se escoia junto da parede da câmara de combustão. No caso de uma câmara de combustão cilíndrica, a corrente do gás de escape escoia-se em forma de helice com uma forte componente axial e mistura-se com a periferia da corrente de gases quentes. O combustível não queimado na zona central dos gases quentes mantém-se neste caso não oxidado até à saída da câmara de combustão e só se queima com a segunda fracção do gás de escape. A combustão secundária no exterior da câmara de combustão pode reduzir-se por um dimensionamento apropriado de modo tal que se evitam, apesar do pequeno espaço intermédio entre o queimador e o filtro, sobreaquecimentos locais do filtro.

É conveniente que o tubo de escape tenha na zona da câmara de combustão uma configuração tal que o gás de escape possa ser conduzido helicoidalmente em torno do queimador. Isso permite ao mesmo tempo um arrefecimento da câmara de combustão, o escoamento da primeira fracção do gás de escape na câmara de combustão junto da parede e com a forma helicoidal desejada e uma mistura melhorada do gás de escape e do gás quente fora da câmara de combustão.

A mistura dos gases fora da câmara de combustão pode, de acordo com uma outra forma de realização



aperfeiçoada da presente invenção, ser ainda favorecida por dispositivos condutores, dispositivos de estancamento ou dispositivos de desvio. A formação de remoinhos no gás de escape faz-se de preferência na zona da saída dos gases quentes. Para isso colocam-se os dispositivos de desvio ou de estancamento o mais próximos possível das aberturas de saída dos gases quentes.


Dispositivos formados como discos de estancamento podem vantajosamente ser usados para fixação do queimador no tubo de escape e ser formados de maneira conveniente.

O objectivo indicado inicialmente pode, segundo a presente invenção, ser atingido por uma outra forma de realização com as características descritas na reivindicação 4.

O gás de combustão primário é então introduzido tangencialmente no tubo de mistura de modo tal que possa auxiliar a pulverização do combustível. Com o auxílio de elementos condutores adicionais é nesse caso ainda possível provocar uma recirculação da mistura combustível-ar no interior do tubo misturador.

Uma boa pulverização e mistura tornam possível uma boa combustão prévia e uma diminuição das dimensões das gotículas de combustível, de modo que podem evitar-se grandes chamas quando do contacto dos gases quentes com o oxigénio residual dos gases de escape. Mediante um doseamento apropriado da entrada de ar primário pode além disso influenciar-se e otimizar-se o andamento da combustão e em especial a pós-combustão.

Com uma valvula de retenção prevista na entrada de ar primário evita-se uma inversão da corrente no interior da conduta de entrada no caso de uma con-



trapressão elevada no sistema de escape.


De acordo com uma outra forma de realização aperfeiçoada da presente invenção, o queimador é dimensionado de modo tal que a oxidação do combustível desde a injeção até à combustão completa se faz por etapas, mais concretamente primeiro por mistura de ar primário e em seguida por mistura escalonada de gases de escape.

A presente invenção refere-se também a um processo para a regulação de um queimador para a regeneração de um filtro de partículas montado no tubo de escape de um motor de combustão interna, no qual a quantidade de combustível para o queimador é regulada em função de parâmetros predeterminados e se mantém constante o fornecimento de ar primário.

O processo segundo a presente invenção é caracterizado por se medir a quantidade de ar primário de modo tal que ele seja precisamente o suficiente para garantir uma combustão completa por ajustamento mais reduzido de fornecimento de combustível predeterminado.

O fornecimento de combustível é de preferência regulado de modo tal que o queimador seja alimentado, quando do arranque, com uma quantidade de combustível que permita uma subida brusca da temperatura dos gases quentes até à temperatura dos gases de escape. Em seguida, regula-se a quantidade de combustível de modo que se verifique uma subida deslizante da temperatura dos gases de escape antes do filtro. Impedem-se deste modo variações bruscas de temperatura no filtro e no ambiente.

O fornecimento de combustível faz-se de preferência intermitentemente por meio de dispositivos conhecidos.



A quantidade mínima de combustível regulável é dimensionada para a manutenção de uma chama de inflamação, que é então regulada quando a percentagem de oxigênio residual nos gases de escape for pequena, isto é, inferior a 6-8%. Isso faz-se, por exemplo, quando no serviço a plena carga do motor de combustão interna. Portanto, o ajustamento da quantidade mínima de combustível pode fazer-se em função da barra reguladora do motor de combustão interna. O ajustamento da quantidade mínima de combustível é também possível por meio de um sensor de oxigênio, que mede o oxigênio residual dos gases de escape antes do queimador.

No restante, a quantidade de combustível é de preferência regulada em função do funcionamento do motor, mais concretamente de modo que se mantenha constante a temperatura dos gases de escape antes do filtro depois de se atingir a temperatura de inflamação das partículas. Os parâmetros de regulação podem então ser o número de rotações do motor, a temperatura dos gases de escape que saem do motor e similares. De preferência faz-se a regulação em função da temperatura que reina imediatamente antes do filtro. Este parâmetro inclui a influência do queimador.

Portanto, o queimador ou a potência do queimador é regulada dentro dos períodos de regeneração em função do funcionamento do motor, em especial para obter uma temperatura constante dos gases de escape que atravessam o filtro, escolhendo-se então uma temperatura entre 600 e 700°C. Mas tem prioridade a regulação da quantidade mínima de combustível com base num valor pequeno de oxigênio residual nos gases de escape.

O início da fase de regeneração pode fazer-se por processos conhecidos, por exemplo em função da diferença de pressões no filtro. Deve preferir-se uma regulação em que, utilizando famílias de curvas características das partículas, se calcula a quantidade de partículas geradas no




intervalo de tempo considerado e, quando se atingir um valor predeterminado, inicia-se a fase de regulação.

O fim de uma fase de regeneração pode, de acordo com uma forma de realização aperfeiçoada da presente invenção, fazer-se em função da temperatura depois do filtro. Então desliga-se o fornecimento de combustível para o queimador quando se atingir uma temperatura de 500°C depois do filtro e depois de decorrido um intervalo de tempo adicional. O funcionamento do queimador, a manter depois de se atingirem os 500°C, serve para a oxidação completa da fuligem mantida no filtro. O intervalo de tempo, que é de cerca de 3 minutos, no caso de uma maior carga reduzida do motor, é regulado em função do número de rotações do motor de combustão interna.

No desenho anexo está representado esquematicamente um exemplo de realização da presente invenção. O desenho mostra uma secção de um tubo de escape (10) no qual estão colocados um queimador de regeneração (11) e um filtro de partículas (12). Nesta zona desemboca uma secção (13) do tubo de escape, tangencialmente, na secção seguinte (14) do tubo de escape, na qual está montado um tubo de fogo (15) do queimador (11), colocado axialmente. Nesta forma de realização, o gás de escape (16) é conduzido num trajecto helicoidal num espaço anular (17), que envolve o tubo de fogo (15), para o filtro (12).

O tubo de fogo (15) está provido num plano periférico de aberturas de condução (20), que estão distribuídas a distâncias regulares na periferia. Através destas aberturas de condução (20), uma parte (16a) dos gases de escape chegam à câmara de combustão (21) formada pelo tubo de fogo (15). As aberturas de condução (20) são formadas de modo tal que a fracção (16a) dos gases que entra circula helicoidalmente na vizinhança da parede da câmara de combustão (21), misturando-se então apenas com a zona periférica dos gases quentes (22) gerados pelo queimador. Deve então impedir-se que a fracção (16a) dos gases de escape que entra na câmara




de combustão apague a chama (22) dos gases quentes. Se necessário podem prever-se várias séries de aberturas de condução no tubo de fogo (15).

A fracção residual (16b) dos gases de escape (16) circula em torno do tubo de fogo (15) e chega a um disco de estancamento (25), disposto perpendicularmente ao eixo do escoamento e que está dotado de passagens (26), através das quais a segunda fracção dos gases de escape (16b) forma, depois da passagem, remoinhos (27). Os remoinhos (27) formam-se no ambiente dos gases quentes (28) que saem do tubo de fogo (15). Para a saída dos gases quentes da câmara de combustão (21) previram-se aberturas radiais de saída (29), que estão distribuídas a distâncias regulares, pelo menos num plano na periferia do tubo de fogo (15). A face de topo (30) do tubo de fogo (15), que se estende paralela à superfície de entrada (31) do filtro, é fechada.

Por meio da condução atrás descrita dos gases de escape e dos gases quentes obtém-se uma oxidação escalonada do combustível introduzido no queimador (11). O número de etapas de oxidação pode ser multiplicado no andamento axial dos gases quentes (22), misturando-se através de várias fiadas de aberturas o gás de escape (16), em vários andares, ao gás quentes (22).


Adicionalmente ao oxigénio residual dos gases de escape (16), leva-se ao queimador (11) ar primário (40). Com o ar primário e o oxigénio residual dos gases de escape garante-se uma combustão completa no queimador (11) para todas as cargas ou regimes de funcionamento do motor de combustão interna que produz os gases de escape (16). O queimador (11) está para isso provido de um tubo misturador (41), no qual desemboca tangencialmente a conduta de alimentação de ar primário (42). A partir do injector de pulverização (45), a mistura de combustível e ar chega ao tubo misturador (41). O ar primário (40) ajuda a pulverização do com-



bustível (46) e imprime à mistura de combustível-ar no interior do tubo misturador (41) um movimento turbilhonar. Por meio de elementos adicionais condutores no interior do tubo misturador (41) pode produzir-se uma recirculação da mistura de combustível e ar inflamada no tubo misturador para obter uma utilização completa do oxigénio disponível na câmara misturadora (47) e uma pulverização fina do combustível.

Na câmara de combustão (21) efectuam-se uma ou várias outras etapas de oxidação do combustível ainda não queimado, pela introdução já descrita da primeira fracção (16a) dos gases de escape. A combustão completa faz-se o mais tardar na extremidade do tubo de fogo (15) oposta ao injector de pulverização (45), quando o gás quente (28) sai do tubo de fogo (15) e se mistura com a fracção (16b) dos gases de escape.


O queimador é em qualquer caso posto em serviço durante o funcionamento do motor de combustão interna. Para a colocação do queimador (11) em serviço, previu-se um regulador (50) que, em função do grau de enchimento do filtro, actua numa válvula (51) do combustível e numa válvula (52) do ar primário. O inicio da fase de regeneração pode fazer-se em função da contrapressão no tubo de escape (14), da diferença de pressões antes e depois do filtro (12), dos tempos de funcionamento do motor de combustão interna ou de outros parâmetros. Recomenda-se um processo no qual se tem em conta a família de curvas características de emissão de partículas. A emissão de partículas pode ser determinada em ligação com o número de rotações ou com a carga do motor de combustão interna. Com base nesta família de curvas características e nos tempos de serviço dependentes da carga pode estimar-se ou calcular-se a carga do filtro. Quando se atingir um valor máximo da carga, inicia-se o funcionamento do queimador, abrindo-se o injector de combustível (51) e o injector de ar primário (52). Para a regulação do funcionamento do queimador mantém-se a quantidade de ar primário constante com um valor



determinado, enquanto se regula o fornecimento de combustível em função do funcionamento do motor de combustão interna. A regulação da quantidade de combustível consiste em primeiro lugar na passagem de uma grande quantidade no arranque, que juntamente com o ar pulverizado (53) proveniente do injetor de pulverizador (45) é injectado no espaço misturador (47), é aí inflamado e misturado com o ar primário (40). A quantidade elevada de combustível no arranque depende da temperatura dos gases de escape medida no início da fase de regeneração. Para isso previu-se na conduta de escape (14), antes do filtro (12), um sensor de temperatura (60), cujos sinais são fornecidos ao regulador (50). A quantidade elevada no arranque serve para a subida brusca da temperatura dos gases quentes gerados (22) para o valor da temperatura que reina nos gases de escape.

A fase que se segue do aquecimento dos gases de escape (16) faz-se de maneira deslizante até uma temperatura de cerca de 700°C. O aquecimento lento deve evitar tensões térmicas e danos consequentes no sistema de escape, e em especial do filtro (12). Depois de atingir a temperatura desejada de combustão das partículas, continua-se a regulação do fornecimento de combustível em função dos sinais do sensor de temperatura (60) de modo tal que se mantém uma temperatura o mais constante possível.

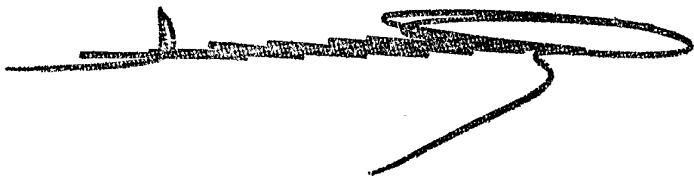
A regulação atrás descrita é acompanhada com uma vigilância do oxigénio residual no gás de escape (16) por meio da qual se faz uma actuação na alimentação de combustível em função do oxigénio residual, que tem prioridade na regulação do combustível. Serve para assegurar uma combustão completa do combustível fornecido. O sistema do queimador é dimensionado de modo tal que a combustão completa se efectua por etapas, mais concretamente na utilização sucessiva do ar (43) do pulverizador, do ar primário (40) introduzido no tubo misturador, do oxigénio dos gases de escape (16a) introduzidos no tubo de fogo e



finalmente do oxigénio residual da fracção (16b) dos gases de escape misturada no exterior da câmara de combustão (21). O ar de combustão secundário dos gases de escape é portanto incluído no processo da combustão. No funcionamento a plena carga do motor de combustão interna que produz os gases de escape, os gases de escape terão apenas uma pequena fracção de oxigénio residual, de modo que uma grande quantidade de combustível para uma temperatura necessária mais elevada não seria queimado completamente. A fim de evitar períodos com combustão incompleta do combustível, reduz-se o fornecimento de combustível em função da necessidade instantânea para uma quantidade mínima, mais concretamente até o teor de oxigénio residual descer abaixo de um limite predeterminado. Este limite depende do dimensionamento de todo o sistema do queimador e da quantidade de ar primário com ele ligado. Em regra, o sistema é ajustado de modo tal que, para um teor de oxigénio residual inferior a 6-8%, se reduz o combustível a um valor que é ainda precisamente suficiente para manter uma chama de inflamação. Depois de, neste caso, se dispor um valor tão bom como nenhum oxigénio nos gases de escape, a quantidade de ar primário (40) é calculado de modo que, em ligação com a quantidade mínima de combustível, se garanta uma combustão completa. Só depois de uma elevação do oxigénio residual se abreavia de novo para a regulação normal.

Para a limitação da quantidade de combustível a operar com prioridade pode prever-se uma regulação que é combinada com a posição da barra reguladora do motor de combustão interna. Com isso sinaliza-se directamente o funcionamento a plena carga e trabalha-se através do regulador (53) para a redução da quantidade de combustível. Mas esta regulação pode também fazer-se em função dos sinais de uma sonda de medição do oxigénio (55), que é colocada por exemplo na entrada dos gases de escape no tubo de escape (14), no queimador (11).

O fim do período de regeneração pode



ser determinado em função da temperatura (62) depois do filtro. Uma temperatura (62) neste ponto de cerca de 500°C é um sinal para a oxidação das partículas retidas no filtro (12). Para permitir que se complete a oxidação, mantém-se o funcionamento do queimador, depois de se terem medido os 500°C, ainda durante um intervalo de tempo de alguns minutos. Recomenda-se determinar ou alterar este intervalo de tempo em função do número de rotações do motor ou do regime de carga, mais concretamente de modo que se prolonga o intervalo de tempo com a carga mais baixa. Se o motor estiver, quando da medição de 500°C depois do filtro (12), em plena carga, então serão suficientes cerca de 3 minutos para completar a oxidação das partículas. Para cargas inferiores, é necessário prolongar este intervalo de tempo até 5 a 6 minutos.

R E I V I N D I C A Ç Õ E S

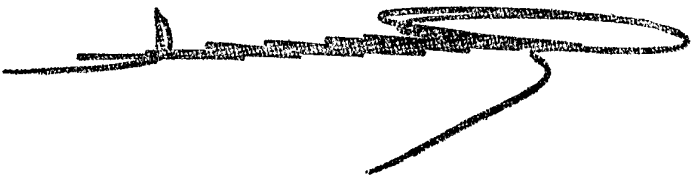
- 1ª -

Tubo de escape de uma máquina de combustão interna com um filtro de partículas e um queimador para a regeneração do filtro, desembocando o queimador no tubo de escape antes do filtro no sentido do escoamento dos gases de escape, caracterizado por, pelo menos a câmara de combustão (25) do queimador (11), estar colocada no interior do tubo de escape (10;14) e ser susceptível de ser envolvida pela corrente do gás de escape (16), e por a câmara de combustão ser formada de modo tal que os gases de escape são misturados escalonadamente ao gás quente (22).

- 2ª -

Tubo de escape de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a parede da câmara de combustão estar dotada de aberturas de condução (20), através das quais se escoam uma primeira fracção (16a) dos gases de escape que pode ser conduzida no interior da câmara de combustão na vizinhança da parede da câmara de combustão, e por

- 12 -



uma outra fracção dos gases de escape poder ser misturada fora da câmara de combustão (17) aos gases quentes (28).

- 3ª -

Tubo de escape de acordo com as reivindicações 1 ou 2, caracterizado por o tubo de escape (14) ser formado na zona da câmara de combustão (15,21) de modo tal que os gases de escape (16,16b) possam ser conduzidos em espiral em torno do queimador e por, no trajecto de escoamento da segunda fracção (16b) dos gases de escape, se dispor pelo menos um dispositivo de estancamento e/ou de desvio para o desvio e formação de remoinhos dos gases de combustão.

- 4ª -

Tubo de escape com filtro de partículas e um queimador para a regeneração do filtro, desembocando o queimador no tubo antes do filtro no sentido do escoamento dos gases de escape, caracterizado por o queimador (11) estar equipado com um pulverizador (45) que desemboca num tubo misturador (41), por ao tubo misturador estar associado uma alimentação de ar primário (40) entrar tangencialmente no tubo misturador e por a alimentação de ar primário estar equipada com uma válvula de retenção (56).

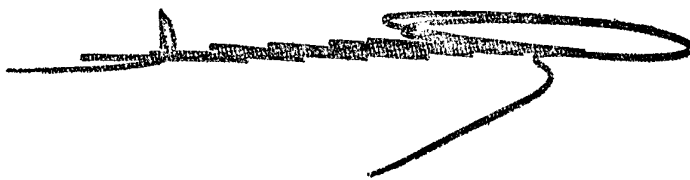
- 5ª -

Tubo de escape de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, caracterizado por o queimador (11) ser dimensionado de modo tal que a oxidação do combustível até à combustão completa se faz por misturas sucessivas de ar primário (40) e em seguida a mistura, por fases, de gases de escape (16).

- 6ª -

Processo para a regulação de um queimador para a regeneração de um filtro de partículas que

- 13 -



está disposto no tubo de escape de uma máquina de combustão interna, sendo a quantidade de combustível para o queimador regulada em função de parâmetros predeterminados e sendo o fornecimento de ar primário constante, caracterizado por a quantidade de ar primário ser calculada de modo tal que seja precisamente a suficiente para garantir uma combustão completa no caso de o ajustamento da alimentação do combustível ter o valor mais baixo predeterminado.

- 7ª -

Processo de acordo com a reivindicação 6, caracterizado por a regulação do combustível ser feita de modo tal que o queimador (11) seja alimentado, no arranque, com uma grande quantidade de combustível, para elevar rapidamente a temperatura dos gases quentes até à temperatura dos gases de escape e por, em seguida, se regular a quantidade de combustível de modo tal que se realize uma subida deslizante da temperatura dos gases antes do filtro até à temperatura de oxidação das partículas.

- 8ª -

Processo de acordo com as reivindicações 6 ou 7, caracterizado por o fornecimento de combustível se fazer intermitentemente.

- 9ª -

Processo de acordo com qualquer das reivindicações 6 ou 8, caracterizado por, no caso da fracção pequena de combustível residual nos gases de escape (16), se reduzir a quantidade de combustível para o queimador (11) para a manutenção de uma chama de inflamação com a quantidade mínima predeterminada e por a regulação ser feita em função da barra reguladora da máquina de combustão interna.

- 10ª -

Processo de acordo com qualquer das

- 14 -

reivindicações 6 a 9, caracterizado por a quantidade de combustível ser regulada em função da temperatura na corrente de gases de escape, de preferência da temperatura dos gases de escape antes do filtro.

- 11ª -

Processo de acordo com a reivindicação 6, caracterizado por a fase de regeneração ser iniciada em função da família de curvas características das partículas da máquina de combustão.

- 12ª -

Processo de acordo com a reivindicação 6, caracterizado por a fase de regeneração terminar em função da temperatura depois do filtro.

- 13ª -

Processo de acordo com a reivindicação 12, caracterizado por, ao atingir-se uma temperatura à roda de 500°C depois do filtro e depois de decorrido um lapso de tempo, dependente da carga da máquina de combustão interna, terminar a fase de regeneração.

A requerente reivindica a prioridade do pedido alemão apresentado em 7 de Agosto de 1990, sob o nº P 40 25 017.2.

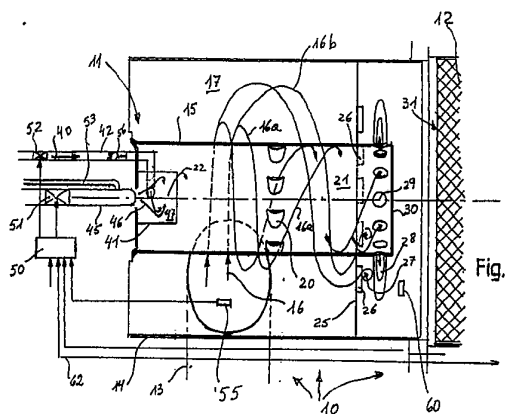
Lisboa, 6 de Agosto de 1991



R E S U M O

"TUBO DE ESCAPE COM UM FILTRO DE PARTÍCULAS E UM QUEIMADOR DE REGENERAÇÃO"

A invenção refere-se a um sistema de escape de uma máquina de combustão interna que contém um filtro de partículas (12) e um queimador (11) para a regeneração do filtro, no qual se proporciona um dispositivo no qual o combustível para o queimador é oxidado em várias fases. O combustível é primeiramente injectado num tubo misturador (41) com ar pulverizado e aí inflamado e misturado com ar de combustão primário (40). Uma parte do combustível ainda não queimado é queimado com o oxigénio do gás de escape (16a) que entra na câmara de combustão (21). Finalmente, o resto do combustível, não queimado, é completamente queimado quando sai da câmara de combustão (21), pelo oxigénio residual do gás de escape (16b) que se escoa em torno do tubo de fogo (15). O funcionamento do queimador é regulado, durante a fase de regeneração, por variação da quantidade de combustível, mantendo-se constante a quantidade de ar primário.



98580

