



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

(21) **PI0612863-7 A2**

(22) Data de Depósito: 22/06/2006  
(43) Data da Publicação: 30/11/2010  
(RPI 2082)



(51) *Int.Cl.:*  
F01N 3/22  
B01D 53/94  
F01N 3/08

(54) Título: **MÉTODO PARA REGENERAÇÃO DE CONVERSORES CATALÍTICOS DE ARMAZENAMENTO DE ÓXIDO DE NITROGÊNIO**

(30) Prioridade Unionista: 16/07/2005 DE 10 2005 033 395.8

(73) Titular(es): UMICORE AG & CO. KG

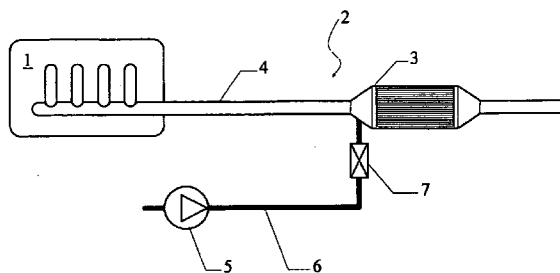
(72) Inventor(es): CHRISTIAN MANFRED TOMANIK, STEPHAN BREMM, THOMAS KREUZER, ULRICH GOEBEL, WILFRIED MUELLER

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

(86) Pedido Internacional: PCT EP2006005994 de 22/06/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/009550 de 25/01/2007

(57) **Resumo:** MÉTODO PARA REGENERAÇÃO DE CONVERSORES CATALÍTICOS DE ARMAZENAMENTO DE ÓXIDO DE NITROGÊNIO. A presente invenção refere-se a conversores catalíticos de armazenamento de óxido de nitrogênio para purificar o gás de exaustão de motores de combustão pobre, conversores estes que são periodicamente regenerados mediante comutação do motor de modo combustão pobre para modo combustão rica. Depois da regeneração ter ocorrido, o motor é comutado de volta ao modo combustão pobre. Nesse instante, gás de exaustão rico ainda flui na linha de exaustão do motor para o conversor catalítico, gás de exaustão rico que é ejetado via conversor catalítico para o meio ambiente pelo gás de exaustão pobre seguinte. Isso leva a picos breves de emissões dos constituintes do gás de exaustão rico e prejudica o nível de limpeza do gás de exaustão que pode ser obtida. A fim de resolver esse problema, propõe-se criar condições oxidantes mediante injeção de ar a montante do conversor catalítico de armazenamento, de modo que os constituintes do gás de exaustão rico que ainda fluem na linha de exaustão a montante do conversor catalítico de armazenamento possam ser convertidos no conversor catalítico de armazenamento para formar produtos não nocivos. O método proposto pode conduzir a um aperfeiçoamento considerável na purificação de gás de exaustão, em particular no caso de conversores catalíticos que já estão prejudicados por envelhecimento em termos de sua capacidade de armazenamento e que têm de ser regenerados significativamente com mais frequência do que conversores catalíticos novos.





PI0612863-7

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**MÉTODO PARA REGENERAÇÃO DE CONVERSORES CATALÍTICOS DE ARMAZENAMENTO DE ÓXIDO DE NITROGÊNIO**".

A presente invenção refere-se a um método para regeneração  
5 de conversores catalíticos de armazenamento de óxido de nitrogênio que  
reduz os picos de emissões curtas de hidrocarbonetos e monóxido de car-  
bono que usualmente ocorrem durante regeneração quando se comuta no-  
vamente para o modo armazenamento. O método é particularmente vantagio-  
so no caso de conversores catalíticos que já estão prejudicados por enve-  
10 lhecimento e que têm de ser regenerados mais freqüentemente do que con-  
versores catalíticos novos.

Conversores catalíticos de armazenamento de óxido de nitrogê-  
nio são usados para remover os óxidos de nitrogênio contidos no gás de e-  
xaustão pobre de chamados motores de combustão pobre. Aqui, o efeito de  
15 purificação baseia-se no fato de que, em uma fase de operação de combus-  
tão pobre (fase de armazenamento, modo combustão pobre) do motor, os  
óxidos de nitrogênio são armazenados pelo material de armazenamento do  
conversor catalítico de armazenamento na forma de nitratos. Em uma fase  
subseqüente de operação de combustão rica (fase de regeneração, modo  
20 combustão rica) do motor, os nitratos anteriormente formados são decom-  
postos e os óxidos de nitrogênio liberados são convertidos com os constitu-  
intes ricos, que têm uma ação redutora, do gás de exaustão durante o modo  
combustão rica no conversor catalítico de armazenamento para formar nitro-  
gênio, dióxido de carbono e água. Constituintes ricos do gás de exaustão  
25 incluem hidrocarbonetos, monóxido de carbono e hidrogênio.

O modo de operação de conversores catalíticos de armazena-  
mento de óxido de nitrogênio é descrito em detalhes no documento SAE  
950809. A composição de conversores catalíticos de armazenamento de  
óxido de nitrogênio é suficientemente bem-conhecida daquele versado no  
30 estado da técnica. Os materiais de armazenamento de óxido de nitrogênio  
são geralmente compostos alcalinos de metais alcalinos ou alcalino-terrosos  
tais como, por exemplo, óxidos, hidróxidos ou carbonatos de bário e estrôn-

cio que são aplicados sob forma finamente distribuída em materiais de suporte adequados. Adicionalmente, um conversor catalítico de armazenamento de óxido de nitrogênio também apresenta metais nobres cataliticamente ativos do grupo da platina e materiais de armazenamento de oxigênio. A dita  
5 composição fornece um conversor catalítico de óxido de nitrogênio com a função de um conversor catalítico de três vias sob condições estequiométricas de operação.

A fase de armazenamento (modo combustão pobre) usualmente dura 100 a 200 segundos e é dependente da capacidade de armazenamento  
10 do conversor catalítico e da concentração dos óxidos de nitrogênio no gás de exaustão. No caso de conversores catalíticos envelhecidos com reduzida capacidade de armazenamento, a duração da fase de armazenamento pode contudo também cair para 50 segundos e menos. A fase de regeneração (modo combustão rica) é, em contraste, sempre significativamente mais curta e dura somente alguns segundos. O gás de exaustão que emerge do conversor catalítico de armazenamento de óxido de nitrogênio durante regeneração é substancialmente livre de poluentes e é de composição estequiométrica. Sua proporção de ar  $\lambda$  é aproximadamente igual a 1 durante esse tempo.  
15

No final da fase de regeneração, os óxidos de nitrogênio liberados e o oxigênio que se liga aos componentes de armazenamento de oxigênio do conversor catalítico não são mais suficientes para oxidar todos os constituintes do gás de exaustão rico. Há, portanto, uma ruptura desses constituintes através do conversor catalítico e a razão de ar cai a um valor  
20 abaixo de 1. A dita ruptura indica o fim da regeneração e pode ser registrada por meio de uma chamada sonda lâmbda a jusante do conversor catalítico de armazenamento.  
25

A regeneração de um conversor catalítico de armazenamento associa-se, portanto, inevitavelmente a picos de emissões curtas de hidrocarbonetos e monóxido de carbono, que são intensificados todavia adicionalmente pelo seguinte efeito: a linha de exaustão entre o motor e o conversor catalítico de armazenamento usualmente possui um comprimento finito.  
30

Durante a comutação do modo combustão rica para o modo combustão pobre, toda a linha de exaustão está ainda cheia de gás de exaustão rico, que é descarregado por meio do conversor catalítico no meio ambiente após a troca pelo gás de exaustão agora pobre do motor. O conversor catalítico não pode mais purificar a proporção residual de gás de exaustão rico, uma vez que os constituintes oxidantes anteriormente armazenados já foram consumidos durante o modo combustão rica. Há, portanto, um pico de emissões intensificadas resultantes de hidrocarbonetos e monóxido de carbono no fim de uma regeneração.

10 Trata-se de um objetivo da presente invenção especificar um método que seja capaz de reduzir os picos de emissões e permitir purificação global aperfeiçoada de gás de exaustão, em particular no caso de conversores catalíticos de armazenamento já envelhecidos.

Esse objetivo é alcançado por meio de um método para regeneração de um conversor catalítico de armazenamento de óxido de nitrogênio, que é disposto na linha de exaustão de um motor de combustão pobre, comutando o motor de modo combustão pobre com gás de exaustão pobre para modo combustão rica com gás de exaustão rico, e comutar de volta para o modo combustão pobre após regeneração ter ocorrido. O método caracteriza-se pelo fato de que, com a comutação de volta ao modo combustão pobre, ar é injetado no gás de exaustão diretamente a montante do conversor catalítico de armazenamento, e, portanto, a composição do gás de exaustão temporariamente ainda rica muda para uma composição estequiométrica ou pobre, até o gás de exaustão agora pobre do motor atingir o conversor catalítico de armazenamento.

A injeção temporária de ar na linha de exaustão já é conhecida por exemplo de DE 198 02 631 C1, que descreve um sistema de purificação de gás de exaustão para um motor de combustão pobre composto de um conversor catalítico de armazenamento de óxido de nitrogênio e um conversor catalítico de armazenamento de  $\text{SO}_x$  disposto a montante na linha de exaustão. Nesse documento, o ar adicional é utilizado para elevar a temperatura do conversor catalítico de  $\text{SO}_x$  até a temperatura de dessulfurização

com o fim de dessulfurizar. O oxigênio do ar adicional é convertido aqui com uma parte dos constituintes redutores do gás de exaustão no conversor catalítico de armazenamento de  $\text{SO}_x$  com a liberação de energia térmica, enquanto se mantém uma composição redutora de gás de exaustão. A injeção do ar adicional começa com a comutação do motor de modo combustão pobre para o modo combustão rica.

De acordo com a invenção, em contraste, a composição do gás de exaustão rico que ainda flui na linha de exaustão entre o motor e o conversor catalítico após a comutação do modo combustão rica para o modo combustão pobre desloca-se para a faixa pobre estequiométrica ou superestequiométrica mediante injeção de ar, de modo que o conversor catalítico de armazenamento seja capaz de converter os constituintes redutores, que estão contidos no gás de exaustão, com oxigênio. Os picos de emissões de constituintes redutores de gás de exaustão que inevitavelmente ocorrem quando se comuta do modo combustão rica para o modo combustão pobre são, portanto, reduzidos ao nível mínimo exigido.

A duração da injeção de ar é dependente do tempo de deslocamento do gás de exaustão entre o motor e o conversor catalítico, e resulta da extensão da linha de exaustão e da velocidade de fluxo do gás de exaustão no respectivo ponto de operação do motor. A quantidade de ar injetado no gás de exaustão deve deslocar a razão de ar do gás de exaustão a montante da entrada do conversor catalítico de armazenamento para a faixa pobre estequiométrica ou superestequiométrica. A intensidade da injeção de ar é preferencialmente dimensionada tal que a mistura de gases resultante apresente uma razão de ar  $\lambda$  igual ou maior que 1, e, em particular, entre 1 e 1,3, e particularmente de preferência entre 1 e 1,05. Uma injeção de ar excessivamente intensa deverá ser evitada a fim de manter o resfriamento do gás de exaustão pelo ar frio tão baixo quanto possível.

A invenção é explicada mais pormenorizadamente abaixo com base nas figuras 1 e 2, em que:

Figura 1: mostra um motor de combustão interna que apresenta um sistema de purificação de gás de exaustão e alimentação secundária de

ar para realizar o método de acordo com a invenção,

Figura 2: mostra um motor de combustão interna que apresenta um sistema de purificação de gás de exaustão e alimentação secundária alternativa de ar para realizar o método de acordo com a invenção.

5 Na figura 1, o motor de combustão interna (1) é dotado de um sistema de purificação de gás de exaustão (2) que compreende uma carcaça de conversor (3) com um conversor catalítico de armazenamento de óxido de nitrogênio. A carcaça do conversor conecta-se por meio da linha de exaustão (4) e do tubo de exaustão aos cilindros do motor de combustão interna. Para injeção de ar uma curta distância a montante do conversor catalítico de armazenamento de óxido de nitrogênio, uma bomba de ar secundária (5) é dotada. A linha de alimentação de ar (6) estende-se uma curta distância a montante do conversor catalítico de armazenamento até o sistema de exaustão. O ponto de extensão pode situar-se aqui uma curta distância a montante da carcaça do conversor ou pode ocorrer diretamente na carcaça do conversor. Uma válvula dosadora (7) serve para medir a injeção de ar no tempo correto e na quantidade correta.

15 Como já discutido, a regeneração do conversor catalítico de armazenamento dura somente alguns segundos e a descarga do gás de exaustão residual rico pelo gás de exaustão pobre seguinte da linha de exaustão entre os cilindros do motor e o conversor catalítico de armazenamento termina exatamente após uma fração de segundo. A fim de assegurar uma rápida provisão de ar, é portanto conveniente operar a bomba de ar secundária continuamente e realizar a dosagem de ar no tempo correto por meio da válvula. É no entanto mais econômico em termos de energia iniciar sempre a bomba de ar secundária somente no início da fase de regeneração e efetuar do mesmo modo a dosagem de ar por meio da válvula. Após o fechamento da injeção de ar, a bomba de ar secundária é também fechada novamente.

25 30 Na figura 2, o motor de combustão interna é dotado de uma alimentação de ar secundária alternativa. Nesse arranjo, um depósito de ar comprimido (8) é proporcionado, do qual o ar para a injeção de ar é extraído

via válvula (6). A pressão no depósito de ar comprimido é mantido em um intervalo de pressão predefinido pela bomba de ar secundária. A bomba de ar secundária é sempre iniciada quando a pressão no depósito cai abaixo de um valor limite inferior e é fechada quando a pressão excede um valor limite superior predefinido. Dessa maneira, os processos de iniciação da bomba de ar secundária são desacoplados dos eventos de regeneração e o número de processos de iniciação reduz-se globalmente em relação à disposição da figura 1.

## REIVINDICAÇÕES

1. Método para regeneração de um conversor catalítico de armazenamento de óxido de nitrogênio, que é disposto na linha de exaustão de um motor de combustão pobre, mediante comutação do motor do modo combustão pobre com gás de exaustão pobre para modo combustão rica com gás de exaustão rico, e comutação novamente para o modo combustão pobre após ocorrer regeneração, caracterizado pelo fato de que, com a comutação de volta ao modo combustão pobre, ar é injetado no gás de exaustão diretamente a montante do conversor catalítico de armazenamento, e portanto, a composição do gás de exaustão temporariamente ainda rica muda para uma composição estequiométrica ou pobre, até o gás de exaustão agora pobre do motor atingir o conversor catalítico de armazenamento.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a quantidade de ar injetado no gás de exaustão é dimensionada tal que a mistura de gases resultante apresenta uma razão de ar  $\lambda$  igual ou maior que 1.

3. Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que a quantidade de ar injetado no gás de exaustão é dimensionada tal que a mistura de gases resultante apresenta uma razão de ar  $\lambda$  entre 1 e 1,05.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o ar exigido é proporcionado por uma bomba de ar secundária (5) e é misturado com o gás de exaustão no tempo correto e na quantidade correta por meio de uma válvula (7).

5. Método, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que a bomba de ar secundária é operada continuamente.

6. Método, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que a bomba de ar secundária é somente iniciada imediatamente antes do fim do modo combustão rica e é fechada outra vez após o fim da alimentação de ar ao gás de exaustão.

7. Método, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que a bomba de ar secundária é iniciada no começo do modo com-

bustão rica.

8. Método, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que a bomba de ar secundária alimenta ar a um depósito de ar comprimido (8), do qual o ar é extraído para a injeção de ar via válvula (7).

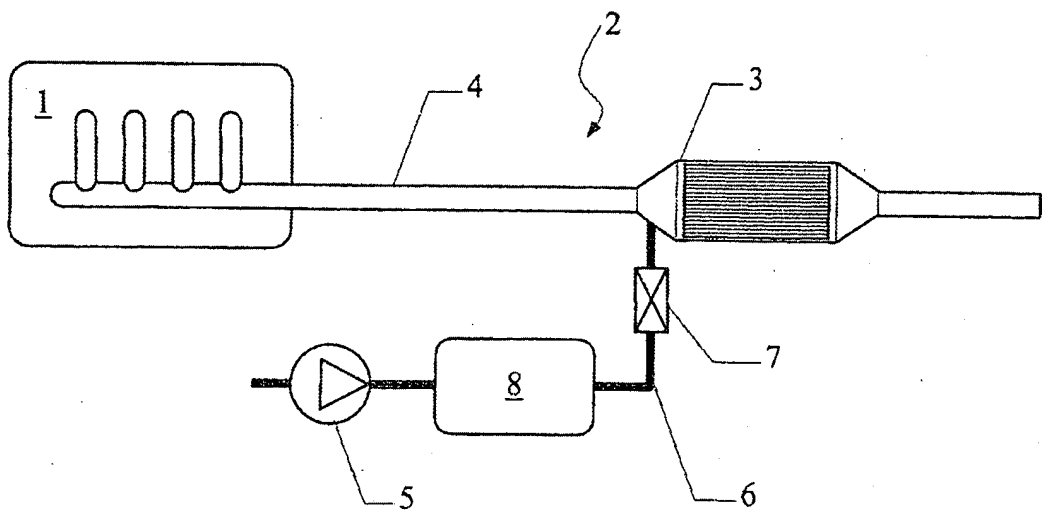
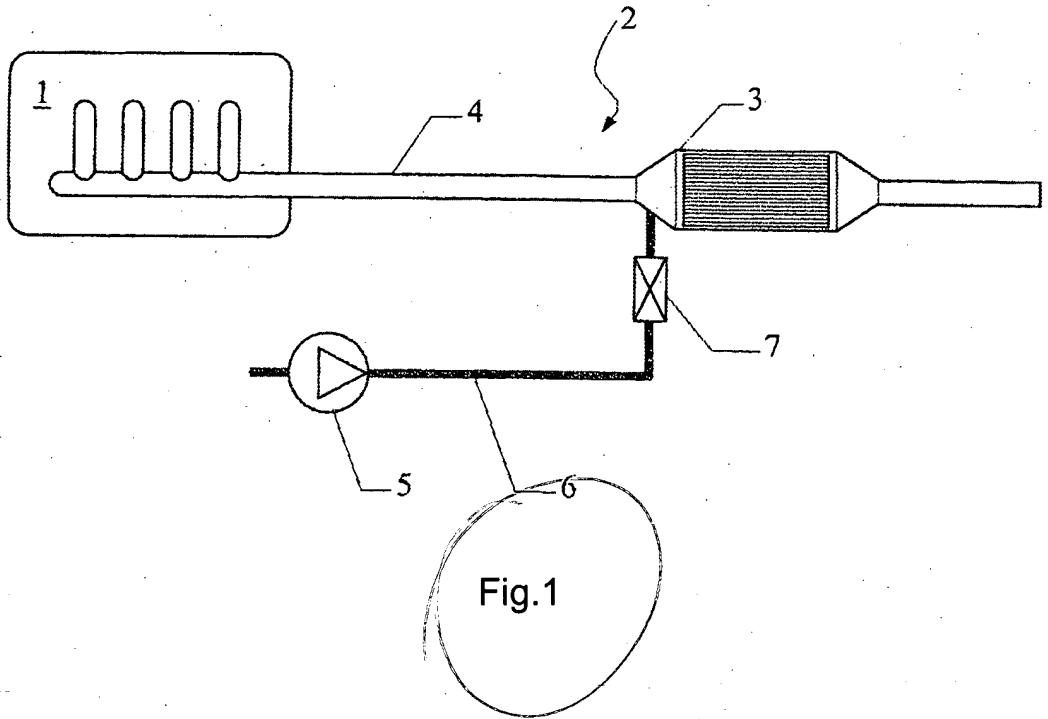


Fig.2

## RESUMO

Patente de Invenção: "MÉTODO PARA REGENERAÇÃO DE CONVERSORES CATALÍTICOS DE ARMAZENAMENTO DE ÓXIDO DE NITROGÊNIO".

5           A presente invenção refere-se a conversores catalíticos de armazenamento de óxido de nitrogênio para purificar o gás de exaustão de motores de combustão pobre; conversores estes que são periodicamente regenerados mediante comutação do motor de modo combustão pobre para modo combustão rica. Depois da regeneração ter ocorrido, o motor é comu-

10       tado de volta ao modo combustão pobre. Nesse instante, gás de exaustão rico ainda flui na linha de exaustão do motor para o conversor catalítico, gás de exaustão rico que é ejetado via conversor catalítico para o meio ambiente pelo gás de exaustão pobre seguinte. Isso leva a picos breves de emissões dos constituintes do gás de exaustão rico e prejudica o nível de limpeza do

15       gás de exaustão que pode ser obtida. A fim de resolver esse problema, propõe-se criar condições oxidantes mediante injeção de ar a montante do conversor catalítico de armazenamento, de modo que os constituintes do gás de exaustão rico que ainda fluem na linha de exaustão a montante do conversor catalítico de armazenamento possam ser convertidos no conversor catalítico

20       de armazenamento para formar produtos não nocivos. O método proposto pode conduzir a um aperfeiçoamento considerável na purificação de gás de exaustão, em particular no caso de conversores catalíticos que já estão prejudicados por envelhecimento em termos de sua capacidade de armazenamento e que têm de ser regenerados significativamente com mais freqüência

25       do que conversores catalíticos novos.