

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

(21) **PI0905257-7 A2**

(22) Data de Depósito: 28/12/2009
(43) Data da Publicação: 23/08/2011
(RPI 2120)



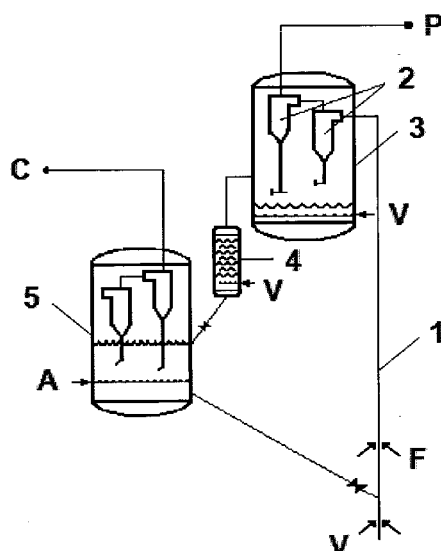
(51) *Int.Cl.:*
C10G 11/18 2006.01
B01J 38/12 2006.01
B01J 8/26 2006.01

(54) Título: **PROCESSO DE CRAQUEAMENTO CATALÍTICO FLUIDO COM EMISSÃO REDUZIDA DE DIÓXIDO DE CARBONO**

(73) Titular(es): Petroleo Brasileiro S.A. - Petrobras

(72) Inventor(es): Gustavo Torres Moure, Leonardo Fialho de Mello, Luiz Carlos Casavechia, Odnei Cesar Macalossi, Oscar Rene Chamberlain Pravia, Wilson Kenzo Huziwara

(57) Resumo: PROCESSO DE CRAQUEAMENTO CATALÍTICO FLUIDO COM EMISSÃO REDUZIDA DE DIOXIDO DE CARBONO A presente invenção trata de um processo de craqueamento catalítico fluido com emissão reduzida de monóxido de carbono que modifica a etapa de regeneração do catalisador gasto ao utilizar o oxigênio puro, sem necessidade de diluição, na queima do coque aderido ao catalisador. Adicionalmente a presente invenção aprimora a etapa de retificação do catalisador, incorporando um retificador complementar aos convencionais, que emprega o nitrogênio como gás de arraste, na retificação do catalisador já regenerado.





PROCESSO DE CRAQUEAMENTO CATALÍTICO FLUIDO COM EMIÇÃO REDUZIDA DE DIÓXIDO DE CARBONO

CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção diz respeito a processo de craqueamento catalítico fluido (FCC) com emissão reduzida de CO_2 , onde a remoção de coque do catalisador gasto é feita por uma combustão total com oxigênio puro, seguindo uma rota inovadora que contempla a operação global da unidade.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

As unidades de FCC são tradicionalmente consideradas como importantes fontes de emissão de CO_2 para a atmosfera e como este gás é um dos maiores causadores do efeito estufa. A operação e o projeto dessas unidades vêm sendo continuamente aprimorados no sentido de minimizar ao máximo o impacto ambiental causado pelo CO_2 .

As emissões de CO_2 das unidades de FCC ocorrem na fase do processo em que se promove a combustão da camada de coque que se forma sobre a superfície do catalisador durante a etapa de regeneração do catalisador, no regenerador.

Essa remoção da camada de coque se faz necessária porque a presença da mesma desativa o catalisador, e tal remoção é feita no regenerador, que pode operar em regime de combustão parcial, com caldeira de CO ou em regime de combustão total, com caldeira recuperadora de energia; utilizando o ar, como fonte de oxigênio, para a queima do coque, e dessa forma, parte da atividade do catalisador é regenerada. Nessa queima são gerados os efluentes gasosos que são constituídos majoritariamente por nitrogênio, num teor de aproximadamente, 79% a 81%, em volume, e o CO_2 , num teor de aproximadamente, 12% a 21%, em volume, gases esses que podem ou não serem lançados na atmosfera.

A corrente de gases efluentes do regenerador que opera com ar,

pode ser submetida a processos posteriores de recuperação de CO₂ que, geralmente, demandam grandes equipamentos e um consumo considerável de energia, justamente devido a essa presença abundante do nitrogênio proveniente do ar usado na queima. Para recuperação do CO₂ oriundo de tais correntes; de modo a poder reutilizá-lo ou vendê-lo como um produto acabado com um mínimo de 95% em volume de pureza dando economicidade ao processo global; seria necessário utilizar técnicas de separação criogênicas ou processos de separação por peneiras moleculares, que são extremamente caros, ou mais comumente, separação por absorção desse CO₂ em substâncias que funcionam como absorventes de CO₂, tais como, a mono e a dietanolamina (DEA) separando o N₂ para outras destinações ou liberando-o para a atmosfera.

De qualquer forma, mesmo esses citados processos mais comuns requerem muita energia, além de equipamentos muito grandes por causa da grande quantidade de N₂ presente na corrente gasosa que sai do regenerador da unidade de FCC.

A título de comparação referente às citadas demandas energéticas, os processos mais recentes de FCC; como o da presente invenção, que utilizam o O₂ puro (acima de 95%, em volume de pureza) na sua etapa de regeneração do catalisador gasto, chegam a consumir de 50% a 60% menos energia do que os processos que utilizam o ar, porque geram uma corrente de gases efluentes com um teor de CO₂ acima de 85% em volume. Pois, sem a presença do N₂ do ar, uma simples remoção da umidade dessa corrente, leva a pureza do CO₂ a ser capturado e armazenado aos 95% em volume, com um gasto bem menor de energia.

As atuais unidades de FCC, além de buscar um menor impacto ambiental, também estão tendo que incorporar uma série de melhoramentos para manter níveis de rendimento e economicidade razoáveis, porque a escassez de petróleo de boa qualidade no mundo, trouxe a necessidade de processar cargas e frações residuais cada vez

mais pesadas, contendo altos teores de resíduo de carbono, que depositam ainda mais coque na superfície dos catalisadores, além de conterem outros contaminantes de difícil processamento tais como: compostos nitrogenados básicos, organometálicos e sulfurados.

5 Dentre os problemas reportados pela literatura especializada estão aqueles relacionados com a presença de CO_2 nos produtos efluentes do vaso separador do conversor. Tais problemas aparecem na área fria da unidade e nos eventuais processamentos subsequêntes da corrente de produtos craqueados.

10 O consumo excessivo da dietanolamina (DEA) utilizada nos sistemas de tratamento do gás combustível que é um dos produtos gerados no “riser” de FCC é apontado como um desses problemas.

15 A presença do CO_2 nos produtos efluentes do vaso separador do conversor também impacta negativamente a operação das Unidades de Recuperação de Enxofre (URE), quando a mesma está sobrecarregada com CO_2 , pois esse reduz a concentração do gás ácido (H_2S) efluente da recuperação da (DEA) e diminui o rendimento da URE.

20 Os novos projetos de unidades FCC também têm de superar o aumento excessivo de temperatura nos regeneradores, principalmente ao operar com oxigênio puro.

As unidades de FCC trabalham em regime de balanço de calor, onde o calor perdido da reação de craqueamento é suprido pelo calor gerado na queima do coque depositado sobre o catalisador.

25 Quando a unidade de FCC recebe uma carga mais pesada, maior é a formação de coque no catalisador; e o calor gerado na reação exotérmica de transformação do coque em CO_2 é maior do que o requerido pela reação endotérmica de craqueamento, aumentando a temperatura do regenerador de forma que os gases efluentes saiam a uma temperatura mais alta, situação esta que vai impactar negativamente, com maior gasto de energia para resfriamento e recuperação desses gases.

30

Temperaturas muito altas causam fadiga no material de construção do regenerador. Outro problema observado é que as temperaturas elevadas, acima de 750°C, desativam o catalisador de FCC.

5 Outra dificuldade a ser superada pelas novas unidades é como evitar a presença de vapor no regenerador. O vapor é reconhecidamente um causador de desativação de catalisador e, mesmo não sendo intencionalmente adicionado, está invariavelmente presente, seja adsorvido no catalisador gasto retificado, seja como produto da reação de combustão do coque presente na superfície do catalisador a CO₂. Uma
10 operação de retificação mal realizada origina um teor elevado de vapor no regenerador. O vapor chega ao regenerador adsorvido ao catalisador e os hidrocarbonetos retidos nas cavidades do catalisador irão queimar no regenerador, produzindo a água que por sua vez vai causar a degradação hidrotérmica do catalisador, na temperatura do regenerador. A situação é
15 tão mais séria quanto mais alta for a temperatura do regenerador.

Há também que se considerar a influência das vazões, da adequada fluidização do catalisador e da relação catalisador/carga que têm que ser readaptadas para operação de unidades de FCC a temperaturas não usuais e mais elevadas. Os equipamentos da unidade de FCC funcionam
20 num ciclo contínuo, cujo fluxo de materiais é regido e orientado basicamente por um balanço de calor entre os equipamentos, mas a literatura técnica já apresenta soluções plausíveis para esses problemas, se bem que ainda não tão completas como desejável.

TÉCNICA RELACIONADA

25 A literatura especializada disponibiliza, uma série de ensinamentos relacionados a essa forma de processamento de unidades de FCC, que empregam o oxigênio puro, e não o ar, na etapa de regeneração do catalisador gasto, com o objetivo de gerar uma corrente mais rica em CO₂, que facilita e torna mais econômica a captura deste gás, evita a emissão
30 do mesmo para a atmosfera e ainda o reaproveita para posterior venda

como um produto acabado.

A patente norte americana **US 4,542,114**, por exemplo, ensina a operação de um regenerador de uma unidade FCC que utiliza uma corrente de O_2 puro com intuito de gerar uma corrente de efluentes rica em CO_2 . Para evitar picos de temperatura e fluidização deficiente do catalisador dentro do regenerador, a invenção prevê a utilização de um reciclo de CO_2 para diluir a corrente de O_2 na entrada do regenerador. Essa solução requer o emprego de grandes equipamentos e um consumo extra de energia para reprocessar e reciclar a quantidade de CO_2 necessária para ajustar a citada operação do regenerador.

É recomendado, que a diluição da corrente de oxigênio seja feita com 70% a 76% de CO_2 , e menciona-se que a maior economicidade do processo da invenção se deve não somente à recuperação do CO_2 , mas porque ao mesmo tempo o processo permite recuperar também o hidrogênio, ou o gás de síntese, e compostos de enxofre da corrente de gases efluentes do regenerador, para serem posteriormente comercializados.

A patente norte americana **US 5,565,089** ensina um processo de regeneração de catalisador de FCC semelhante ao da patente citada acima, sendo que desta feita, a injeção do gás oxidante no vaso regenerador se inicia com o emprego do ar, e, à medida em que o CO_2 é recuperado dos efluentes gasosos, o mesmo é reciclado e gradativamente incorporado à corrente do gás oxidante, junto com o ar e o oxigênio puro, até uma determinada condição em que, dependendo da temperatura desejada no vaso regenerador, o gás oxidante venha a se tornar apenas O_2 diluído com CO_2 .

Vale ressaltar que as duas patentes citadas tratam apenas de melhoramentos incorporados ao processamento do regenerador e do tratamento dos gases efluentes do mesmo, não havendo menção a alterações nas demais etapas que correspondem ao ciclo contínuo do

processo de craqueamento catalítico fluido.

A utilização de um retificador adicional ao que tradicionalmente se adota nas unidades de FCC é ensinada nos documentos de patente **US 5,601,787** e **US 6,162,402**. Tal aprimoramento diz respeito à necessidade de melhorar a retificação de catalisador gasto com o intuito, não só de aumentar o rendimento da unidade, com também evitar os recorrentes transtornos causados pelo arraste de vapor e hidrocarbonetos para o regenerador, que tanto prejudicam a operação desse equipamento, causando a desativação precoce dos catalisadores.

A proposta das citadas patentes é promover uma retificação mais eficiente do catalisador gasto, aumentando a temperatura de operação do retificador de catalisador gasto. Tal aumento de temperatura se consegue por meio de uma transferência direta de calor, pela introdução, no retificador de catalisador gasto, de uma carga de catalisador regenerado quente para ser processado em mistura com o catalisador gasto.

A melhoria do processo é muito evidente para os especialistas da área. No caso da patente **US 5,601,787**, a configuração do equipamento, é prejudicada pois possibilita arrastes de CO ou CO₂ para a área do vaso separador do conversor, o que não é recomendável, uma vez que contamina os produtos obtidos no craqueamento catalítico fluido.

Nesta mesma linha, nota-se que a configuração do equipamento apresentado na patente **US 6,162,402** pode levar a um aumento da geração de CO ou de CO₂, gases estes que vão direto do retificador para o regenerador.

Outras patentes pesquisadas, como por exemplo, **US 2,451,619**, **US 3,821,103**, **US 5,346,613** e **US 6,808,621**, apresentam soluções específicas para contornar os novos desafios que se apresentam para as unidades de FCC, mas nenhuma delas consegue trazer, ao mesmo tempo, tantas melhorias no processo global de FCC como a proposta da invenção que aqui se apresenta, como se demonstra a seguir.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A presente invenção diz respeito a um processo de craqueamento catalítico fluido com reduzida emissão de dióxido de carbono que compreende as seguintes etapas:

- 5 **a)** alimentar uma carga de hidrocarbonetos pesados e uma carga de catalisador no “riser” principal de uma unidade de FCC;
- b)** proceder à reação de craqueamento catalítico fluido ao longo do “riser” principal da unidade;
- c)** separar, no final do “riser” principal da unidade, no interior do vaso
10 separador do conversor, por intermédio de ciclones, o catalisador gasto dos produtos gerados pelo craqueamento catalítico fluido da carga de hidrocarbonetos pesados;
- d)** alimentar o catalisador gasto oriundo do vaso separador do conversor no retificador de catalisador gasto, junto com uma carga
15 do catalisador regenerado e retificado com nitrogênio oriunda do outro retificador de catalisador regenerado e proceder à retificação da dita mistura de catalisadores utilizando vapor d’água;
- e)** alimentar a carga de catalisador retificada em d) no “riser” do regenerador junto com o oxigênio puro, para iniciar no referido
20 “riser” do regenerador o processo de regeneração que vai ser finalizado no interior do regenerador;
- f)** alimentar o catalisador regenerado no regenerador, no retificador de catalisador regenerado e proceder à retificação do mesmo utilizando o nitrogênio;
- 25 **g)** alimentar uma parte do catalisador retificado com nitrogênio no retificador de catalisador gasto, junto com o catalisador gasto oriundo do vaso separador do conversor e proceder a retificação da mistura de catalisadores utilizando vapor d’água;
- h)** alimentar uma parte da mistura de catalisadores retificada em g),
30 junto com o O₂, no riser do regenerador, para dar início ao processo

de regeneração do catalisador gasto que vai ser finalizada acima no vaso regenerador;

- i) carregar uma outra parte do catalisador retificada com nitrogênio em f) no “riser” principal da unidade, para dar continuidade ao processo contínuo de craqueamento catalítico fluido.

O processo da presente invenção otimiza o processo global de FCC praticamente evitando a emissão de CO₂ para a atmosfera; atuando sobre a etapa de regeneração do catalisador gasto, onde introduz uma forma mais efetiva de queima do coque aderido ao catalisador, e sobre a etapa de retificação do catalisador, incorporando um retificador complementar ao que se utiliza convencionalmente, que emprega o nitrogênio como gás de arraste na retificação do catalisador já regenerado.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Para que o processo de craqueamento catalítico fluido com emissão reduzida de dióxido de carbono, objeto da presente invenção, seja mais bem compreendido e avaliado, será agora explicado a partir da descrição detalhada que se segue, tendo por base os desenhos abaixo referenciados, os quais são parte integrante do presente relatório.

A Figura 1 mostra uma representação esquemática de um processo convencional de FCC.

A Figura 2 mostra uma representação esquemática do processo de FCC da presente invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

Visando melhor compreensão e avaliação do invento, a descrição detalhada do processo de craqueamento catalítico fluido com emissão reduzida de CO₂, objeto da presente invenção, será referenciada às Figuras, de acordo com a identificação dos seus respectivos componentes.

A Figura 1 apresenta um esquema simplificado de um processo convencional de FCC, no qual, atendendo a parâmetros especificados pelo projeto do mesmo, uma carga de hidrocarbonetos pesados pré-aquecida é

colocada em contato com uma carga, fluidizada por vapor, de catalisador regenerado, também aquecida, na base do “riser” (1) da unidade, para ser craqueada cataliticamente.

5 A reação de craqueamento se dá enquanto o fluxo da carga de hidrocarbonetos pesados (F) e catalisador ascendem pelo “riser” (1), e é tida como encerrada ao final do dito “riser” (1), quando o fluxo da carga de hidrocarbonetos, já contendo os produtos do craqueamento e o catalisador gasto, é forçado a passar por ciclones de separação gás/sólido (2).

10 Os produtos gasosos do craqueamento (P), que saem pelo topo do vaso separador do conversor (3), são separados das partículas sólidas do catalisador que, por sua vez, escoam pelas pernas dos ciclones e vão se depositando no fundo deste mesmo vaso separador do conversor (3), de onde são continuamente transferidas para um retificador de catalisador gasto (4). Neste retificador de catalisador gasto (4) o catalisador é
15 submetido a uma corrente de vapor d’água (V) que visa extrair eventuais traços de hidrocarbonetos retidos nas partículas do catalisador, arrastando e redirecionando os mesmos de volta para o vaso separador do conversor (3). Após a retificação o catalisador é encaminhado para o vaso regenerador (5) onde o catalisador é submetido a altas temperaturas, em
20 presença de um gás oxidante, geralmente o oxigênio do ar (A), para queimar o coque que se depositou sobre sua superfície durante o processo de craqueamento no “riser” (1).

O catalisador assim regenerado recupera a sua atividade e é então reciclado para o “riser” (1) para dar continuidade ao processo de
25 craqueamento catalítico fluido. Os gases de combustão (C) são removidos pelo topo do vaso regenerador (5).

A Figura 2 mostra um esquema simplificado do processo da presente invenção, onde se verifica, inicialmente, que o afluxo de carga do catalisador regenerado para a base do “riser” principal (1) da unidade,
30 somente é feito depois de o catalisador regenerado ter sido submetido a

uma retificação por nitrogênio num retificador de catalisador regenerado (6). Tal modificação do processo convencional traz melhoria ao processo global de FCC, na medida em que elimina o arraste de CO₂ pela corrente de catalisador que vai retificado para o “riser” principal (1), reduz o consumo de água industrial e ainda evita a perda de atividade catalítica do catalisador que ocorre na retificação convencional com vapor d’água. A corrente de nitrogênio (G) que sai do retificador também pode vir a ser utilizada para manter um ambiente inerte nos tanques de processo.

Após, regenerado e retificado com nitrogênio, sempre atendendo a parâmetros de processo estipulados pelo projeto da unidade; os quais são de conhecimento público e já plenamente dominados pelos especialistas na área, o catalisador é injetado em um fluxo de carga de hidrocarbonetos ascendente na base do “riser” principal (1) da unidade junto com a carga de hidrocarbonetos pesados (F), numa vazão regulada por uma primeira válvula (7), para essa mistura de cargas ser craqueada ao longo do dito “riser” principal (1).

No final do “riser” principal (1), a reação de craqueamento é tida como encerrada, e o fluxo de carga de hidrocarbonetos, já contendo os produtos gasosos do craqueamento misturados às partículas sólidas do catalisador gasto, é forçado a passar por ciclones de separação gás/sólido (2). Os produtos gasosos do craqueamento (P) saem pelo topo do vaso separador do conversor (3), e são separados das partículas sólidas do catalisador gasto, que, por sua vez, escoam pelas pernas dos ciclones (2) e vão se depositando no fundo do vaso separador do conversor (3), de onde são continuamente transferidas para um primeiro retificador de catalisador gasto (4).

O primeiro retificador de catalisador gasto (4) recebe simultaneamente a carga de catalisador gasto que vem do vaso separador do conversor (3); daqui por diante denominada “carga A”, através de uma primeira tubulação (8) que liga o conversor (3) ao primeiro retificador de

catalisador gasto (4) e a carga de catalisador regenerado e retificado por nitrogênio em um segundo retificador de catalisador regenerado (6), daqui por diante chamada “carga B”, através de uma segunda tubulação (9) que liga o segundo retificador de catalisador regenerado (6) ao riser principal (1).
5 (1). Procede-se a retificação da mistura das referidas cargas A e B, utilizando uma corrente de vapor d’água (V) que visa a extrair e recuperar os eventuais traços de hidrocarbonetos retidos nas partículas do catalisador; arrastando e redirecionando os mesmos de volta para o vaso separador do conversor (3), por intermédio de uma terceira tubulação (10),
10 que liga o primeiro retificador de catalisador gasto (4) ao vaso separador do conversor (3).

A mistura da carga de catalisador regenerado e retificado com nitrogênio (carga A) que vem do segundo retificador de catalisador regenerado (6), com a carga de catalisador gasto que vem do vaso
15 separador do conversor (3) (carga B), poder ser feita numa proporção de 0,1% a 100% em peso da carga A para a carga B, preferencialmente, na faixa de 50% a 70 %, em peso, da carga A para a carga B.

Este processo modificado de retificação é mais eficiente do que o tradicional porque consegue realizar a dita operação a temperaturas mais
20 altas do que as que se alcançam nos equipamentos convencionais. Dependendo da vazão da carga B, que é regulada por uma segunda válvula (11), a mistura das cargas A e B a ser processada dentro do retificador de catalisador gasto (4), pode estar numa temperatura de 50°C a 100°C acima das temperaturas em que se operam tais tipos
25 convencionais de retificadores. Outra vantagem do processo de retificação da presente invenção é que não há arraste de CO ou CO₂ para o vaso separador do conversor (3) como ocorre no atual estado da técnica.

Através de uma quarta tubulação (12) que liga o primeiro retificador de catalisador gasto (4), ao “riser” do regenerador (14); e com a vazão
30 regulada por uma terceira válvula (13), a carga de catalisador retificada no

primeiro retificador de catalisador gasto (4), é então direcionada para a base do “riser” do regenerador (14), onde, também é feita a primeira injeção de oxigênio puro, podendo ter adição de CO₂ para facilitar o escoamento e a mistura catalisador oxigênio; e onde começa a queima do coque depositado no referido catalisador gasto, que se processará ao longo de toda a extensão do “riser” do regenerador (14), e terminará no interior do vaso regenerador (5).

A temperatura da carga de catalisador oriunda do retificador de catalisador gasto (4) obtida através da mistura com o catalisador quente proveniente do segundo retificador de catalisador regenerado (6); garante que a combustão do coque presente na mesma ocorra assim que tal carga entrar em contato com o oxigênio puro, mas, para assegurar que a combustão se mantenha controlada ao longo do trajeto ascendente pelo “riser” do regenerador (14), novas injeções de oxigênio devem ser feitas ao longo do referido “riser” (14).

Dependendo das condições de projeto da unidade que devem reger a altura e o diâmetro do “riser” do regenerador (14); seriam necessárias pelo menos, três novas injeções do gás oxidante puro, sendo uma a cada terço do referido riser, para controlar a temperatura ao longo do mesmo, e evitar a ocorrência de pontos quentes quando da entrada do oxigênio ao longo do riser do regenerador (14). A utilização do oxigênio puro, na etapa de regeneração do catalisador, eleva sobremaneira a temperatura no interior do vaso de regeneração (5), além de apresentar risco de pico desta temperatura e fluidização insuficiente do catalisador no interior do vaso regenerador (5). Esses problemas ficam inteiramente sanados pelo emprego inovador desse “riser” do regenerador (14), que junto com o resfriador de catalisador (15) conseguem controlar a temperatura de regeneração e evitam a desativação do catalisador, que tende a ocorrer a uma temperatura próxima a 720°C.

A operação do vaso regenerador (5) feita da forma preconizada pela

presente invenção permite a utilização de uma densidade na faixa de 85 kg a 95 kg de catalisador/m³ de oxigênio, o que torna ainda mais eficiente a queima do coque presente na superfície do catalisador.

5 A título de comparação, os “risers” de regeneradores citados na literatura, que somente operam com o ar, apresentam baixa efetividade de eliminação de coque porque somente conseguem trabalhar com densidades da ordem de 24 kg de catalisador/m³ de oxigênio, justamente devido à presença da grande concentração de nitrogênio no ar.

10 A utilização do oxigênio puro no “riser” do regenerador (5) também permite que a queima do coque, na base do regenerador, se dê a temperaturas de cerca de 50°C a 150°C menores do que quando se utiliza o ar. Este fato permite que a queima do coque ocorra já nas temperaturas típicas em que os catalisadores gastos saem dos retificadores.

15 Duas outras vantagens adicionais relativas à utilização do oxigênio na fase de regeneração do catalisador são: a possibilidade de projetar vasos regeneradores de tamanho menor, devido ao menor tempo de residência dos catalisadores dentro dos referidos vasos de regeneração, e, a redução das emissões de particulados para atmosfera, em torno dos 20% em massa, pelo topo do vaso regenerador (5), em virtude da menor
20 vazão de gás requerida para efetuar a combustão do coque.

A presente invenção também permite que a unidade de FCC opere com as circulações de catalisadores limitadas apenas pelo balanço térmico entre as correntes, desde que se adote uma configuração “lado a lado”. Ou seja, o vaso regenerador (5) e o vaso separador do conversor (3) estejam
25 localizados na mesma altura, para evitar as restrições do balanço de pressão que o desnível entre esses dois citados vasos usualmente trazem.

Finalmente, vale ressaltar que a viabilização do emprego do oxigênio puro na fase de regeneração do catalisador pela presente invenção; representa um avanço considerável da técnica de
30 processamento das unidades de FCC, porque praticamente elimina a

emissão de CO₂ para a atmosfera, e ainda, o recupera como um produto com valor comercial, consumindo muito menos energia do que os processos do estado da técnica.

EXEMPLO

- 5 O exemplo a seguir visa apenas a ilustrar como é efetiva a operação da fase de regeneração de catalisador, parte principal da presente invenção, sem que, no entanto, possa ser considerada como limitante do seu conteúdo global. Uma regeneração de um catalisador, típico do processo de FCC, contendo um teor de coque situado na faixa entre 0,7% e 2% em peso, foi realizada com a utilização de um gás oxidante, contendo uma mistura em volume de 21% de O₂ e 79% de He; para simular uma regeneração feita com o ar e comparada com outra regeneração, operada em condições idênticas à anterior, mas, desta feita empregando como gás oxidante o O₂ puro.
- 10 e 2% em peso, foi realizada com a utilização de um gás oxidante, contendo uma mistura em volume de 21% de O₂ e 79% de He; para simular uma regeneração feita com o ar e comparada com outra regeneração, operada em condições idênticas à anterior, mas, desta feita empregando como gás oxidante o O₂ puro.
- 15 A temperatura da reação foi elevada linearmente a uma taxa de 10°C por minuto, desde a temperatura ambiente até 1000°C. Os resultados obtidos estão mostrados na Tabela 1.

<u>TABELA 1</u>		
Condição	Temperatura de máxima queima do coque (°C)	Relação CO/CO₂
O ₂ diluído	545	1,37
O ₂ puro	430	0,64

- Os resultados obtidos indicam que, efetivamente, a temperatura em que se dá a máxima queima do coque do catalisador, utilizando o O₂ puro é bem inferior à temperatura medida para a outra condição, e que a razão CO/CO₂ obtida para a “condição O₂ puro” é menor do que a metade da outra condição. Portanto, torna-se evidente que a “condição O₂ puro” gera uma corrente bem mais rica em CO₂ do que a outra condição, por consequência, mais fácil de isolar o referido gás, sem grandes
- 20
- 25 necessidades de consumo de energia.

REIVINDICAÇÕES

1- PROCESSO DE CRAQUEAMENTO CATALÍTICO FLUIDO COM EMISSÃO REDUZIDA DE DIÓXIDO DE CARBONO, que envolve as etapas iniciais de:

- 5 a) alimentar uma carga de hidrocarbonetos pesados (F) e uma carga de catalisador no “riser” principal (1) de uma unidade de FCC;
- b) proceder à reação de craqueamento catalítico fluido ao longo do “riser” principal (1) da unidade;
- 10 c) separar, no final do “riser” principal da unidade, no interior do vaso separador do conversor (3), por intermédio de ciclones (2), o catalisador gasto dos produtos (P) gerados pelo craqueamento catalítico fluido da carga de hidrocarbonetos pesados (F);
- d) alimentar o catalisador gasto oriundo do vaso separador do conversor (3) no primeiro retificador de catalisador gasto (4), junto com uma carga do catalisador regenerado e retificado com
- 15 nitrogênio oriunda do segundo retificador de catalisador regenerado (6) e proceder à retificação da dita mistura de catalisadores utilizando vapor d’água (V);
- caracterizado por o referido processo incluir as etapas adicionais de:
- 20 e) alimentar a carga de catalisador retificada em d) no “riser” do regenerador (14) junto com o oxigênio puro, para iniciar no referido “riser” do regenerador (14) o processo de regeneração que vai ser finalizado no interior do vaso do regenerador (5);
- f) alimentar o catalisador regenerado no vaso regenerador (5), no
- 25 retificador de catalisador regenerado (6) e proceder à retificação do mesmo utilizando o nitrogênio;
- g) alimentar uma parte dessa carga de catalisador retificada com nitrogênio no primeiro retificador de catalisador gasto (4), junto com a carga de catalisador gasto oriunda do vaso separador do
- 30 conversor (3) e proceder a retificação da mistura de catalisadores

utilizando vapor d'água (V);

h) alimentar uma parte da mistura de catalisadores retificada em g) junto com o O_2 , no "riser" do regenerador (14), para dar início ao processo de regeneração do catalisador gasto que vai ser finalizada no vaso regenerador (5);

i) carregar uma outra parte da carga de catalisador retificada com nitrogênio em f) no "riser" principal (1) da unidade, para dar continuidade ao processo contínuo de craqueamento catalítico fluido.

10 **2- PROCESSO DE CRAQUEAMENTO CATALÍTICO FLUIDO COM EMISSÃO REDUZIDA DE DIÓXIDO DE CARBONO**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a mistura da carga de catalisador regenerado e retificado com nitrogênio (carga A) que vem do segundo retificador de catalisador regenerado (6), com a carga de catalisador gasto que vem do vaso separador do conversor (3) (carga B), ser feita numa proporção de 0,1% a 100% em peso da carga A para a carga B, preferencialmente, na faixa de 50% a 70%, em peso, da carga A para a carga B.

20 **3- PROCESSO DE CRAQUEAMENTO CATALÍTICO FLUIDO COM EMISSÃO REDUZIDA DE DIÓXIDO DE CARBONO**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a razão entre a carga de catalisador gasto retificada no primeiro retificador de catalisador gasto (4) e o gás O_2 puro, a serem alimentados no "riser" do regenerador (14) ser da ordem de 10 kg a 50 kg de catalisador para cada metro cúbico do gás.

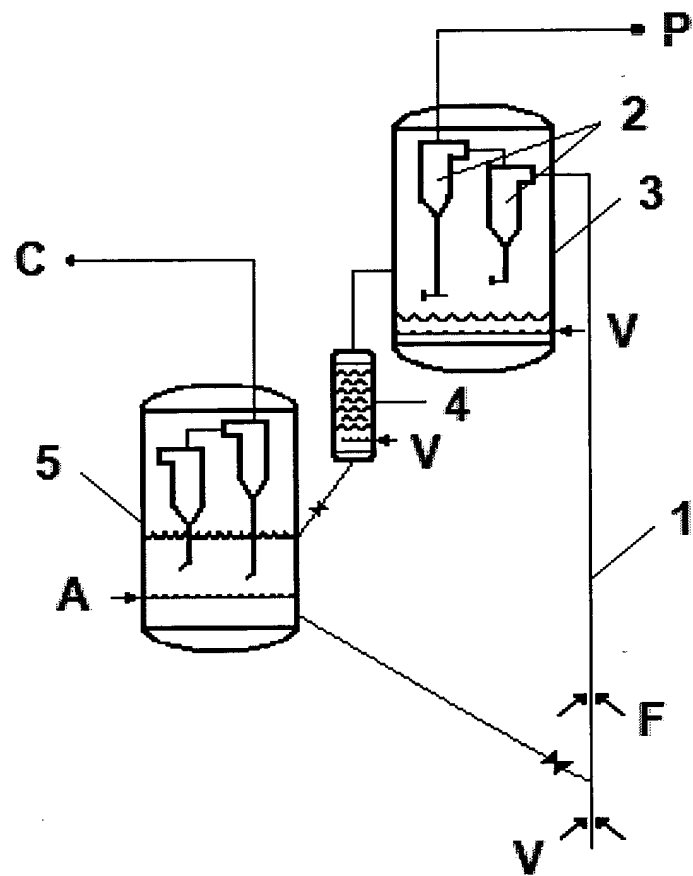


FIG.1

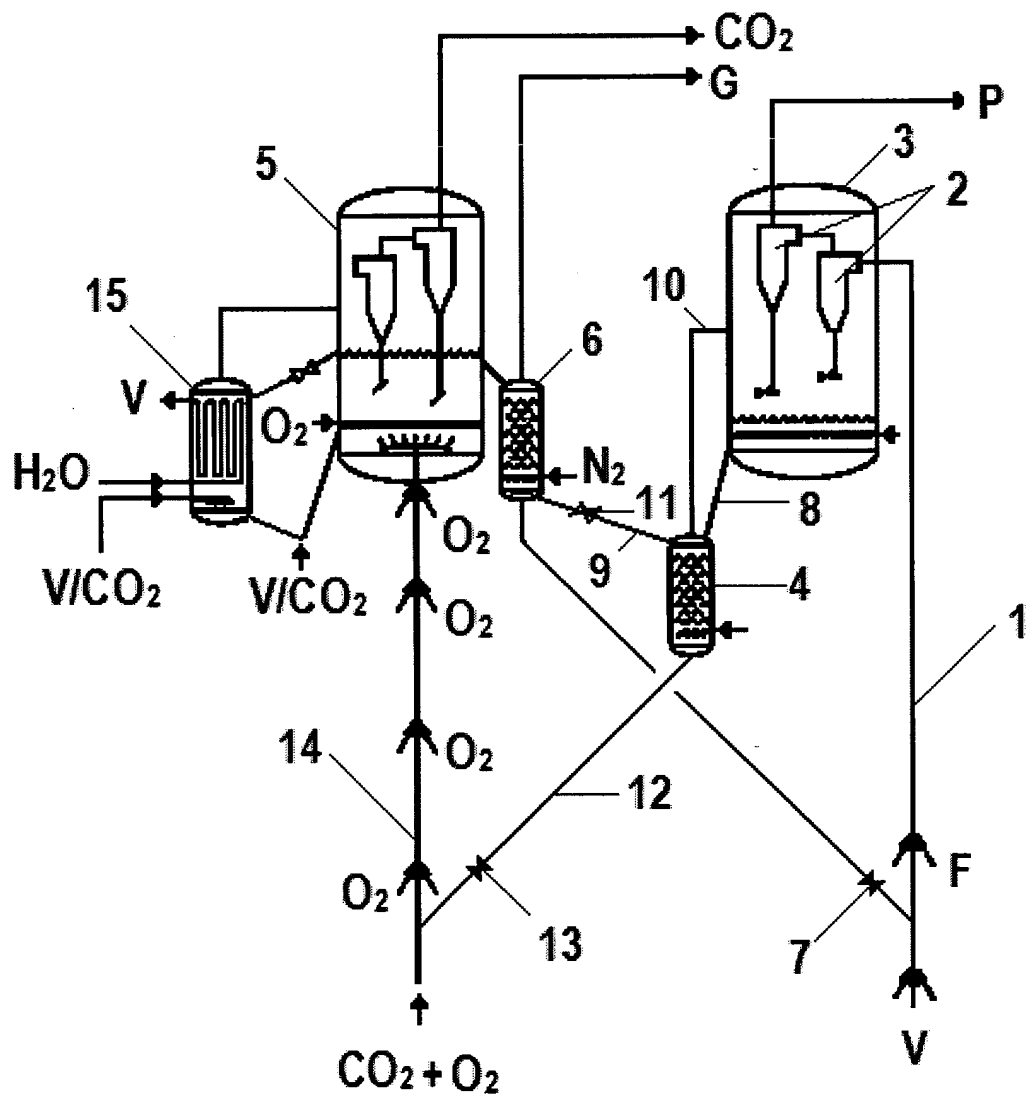


FIG. 2

B0905357-1

RESUMO**PROCESSO DE CRAQUEAMENTO CATALÍTICO FLUIDO COM
EMIÇÃO REDUZIDA DE DIÓXIDO DE CARBONO**

A presente invenção trata de um processo de craqueamento catalítico fluido com emissão reduzida de monóxido de carbono que modifica a etapa de regeneração do catalisador gasto ao utilizar o oxigênio puro, sem necessidade de diluição, na queima do coque aderido ao catalisador. Adicionalmente a presente invenção aprimora a etapa de retificação do catalisador, incorporando um retificador complementar aos convencionais, que emprega o nitrogênio como gás de arraste, na retificação do catalisador já regenerado.