

UFCCs

Unidades de Craqueamento Catalítico Fluidizado

1. Introdução

O Refino de Petróleo é composto de vários processos físicos e químicos, nos quais a matéria-prima (petróleo bruto) é convertida em derivados e produtos comerciais acabados, combustíveis e matéria prima para petroquímica, que são armazenados em tanques e esferas..

Uma refinaria de petróleo, normalmente, comporta várias unidades de processo dentre outras:

- Destilações atmosférica e a vácuo,
- Craqueamento catalítico fluido-FCC,
- Isomerização e alquilação,
- Geração de Hidrogênio,
- Hidrotratamentos,
- Hidrocraqueamento,
- Coqueamento retardado,
- Várias unidades de tratamento e acabamento de produtos destilados,
- Unidades ditas ambientais, de redução da poluição atmosférica,
- Estações de tratamento d'água e de despejos industriais,
- Caldeiras para produção de vapor e geração de energia elétrica.

Dentre os principais processos de conversão química, um dos mais empregados é o craqueamento, que pode ser térmico ou catalítico.

O craqueamento térmico é o processo empregado em Unidades de Coqueamento Retardado, para produção de coque sintético.

A unidade de craqueamento catalítico fluido-UFCC é um ativo fundamental nas refinarias, pois, após a destilação do petróleo em seus derivados, nas Torres de Destilação Atmosférica e a Destilação a Vácuo, produz uma quantidade adicional de até 40% de combustíveis, com a conversão dos resíduos pesados de fundo das Torres de Destilação em produtos mais leves.

2. Unidade de Craqueamento Catalítico Fluido-UFCC

O craqueamento catalítico fluido é um processo de conversão química e catalítica, usado em refinarias de petróleo, para converter frações de hidrocarbonetos de alto peso molecular e alto ponto de ebulição, quebrando as moléculas de hidrocarbonetos de cadeia longa em hidrocarbonetos de cadeia menor, por ação de um catalisador, à base de pó de sílica-alumina, em altas temperaturas.

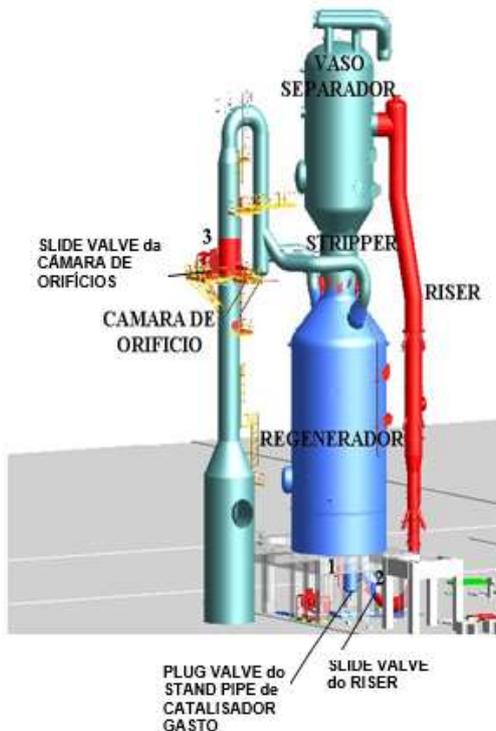
O craqueamento catalítico fluido visa, principalmente, aumentar a produção de gasolina, óleo diesel e gás GLP, butano e propano, convertendo uma carga de gasóleos e resíduos em frações mais leves de alto valor comercial.

No mundo, os principais Licenciadores de tecnologia **Fluid Catalyst Cracking** são:

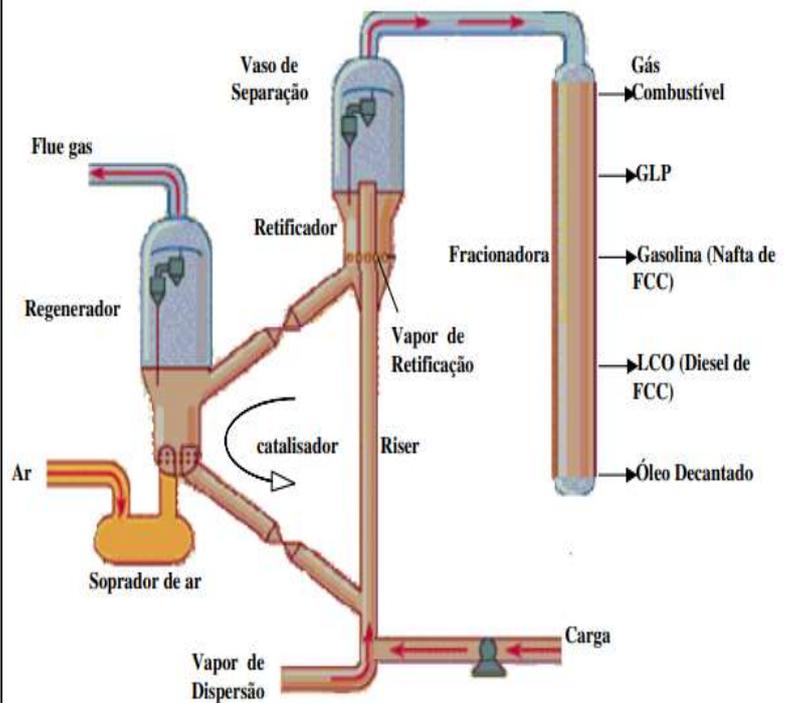
- ABB Lummus
- ExxonMobil
- IFP
- Kellogg Brown & Root (antiga M.W. Kellogg)
- Stone and Webster (Shaw Groups)
- Honeywell UOP
- Petrobras

No Brasil, a empresa brasileira Petrobras possui 13 Unidades de FCC em operação e basicamente, com dois modelos fundamentais de Conversores:

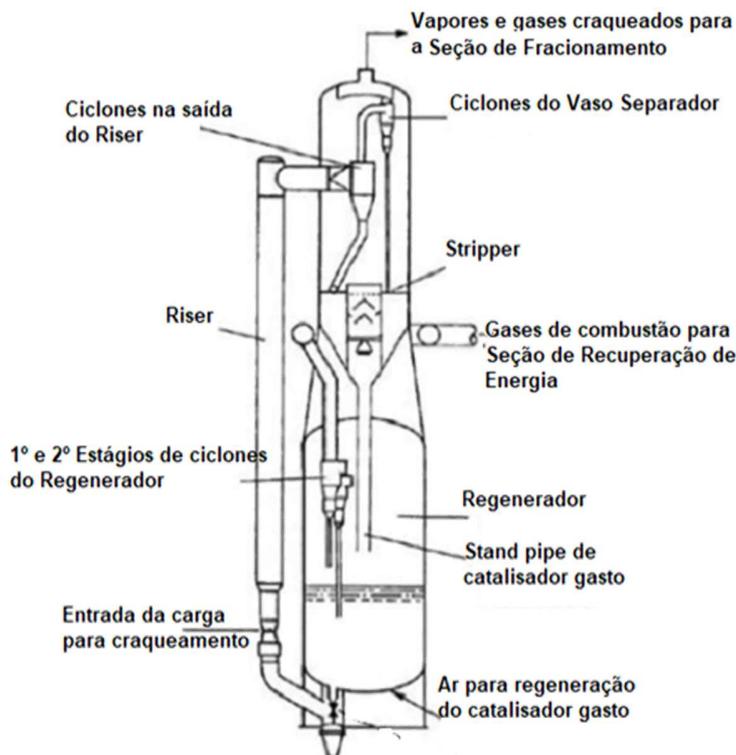
- Os Conversores denominados “*Stacked Converter*” característicos dos projetos Kellogg Brown & Root, em que o Vaso Separador e o Regenerador ficam empilhados.
- E os Conversores tipo “*Side-by-side Converter*” característicos dos projetos da Honeywell UOP e da própria Petrobras.



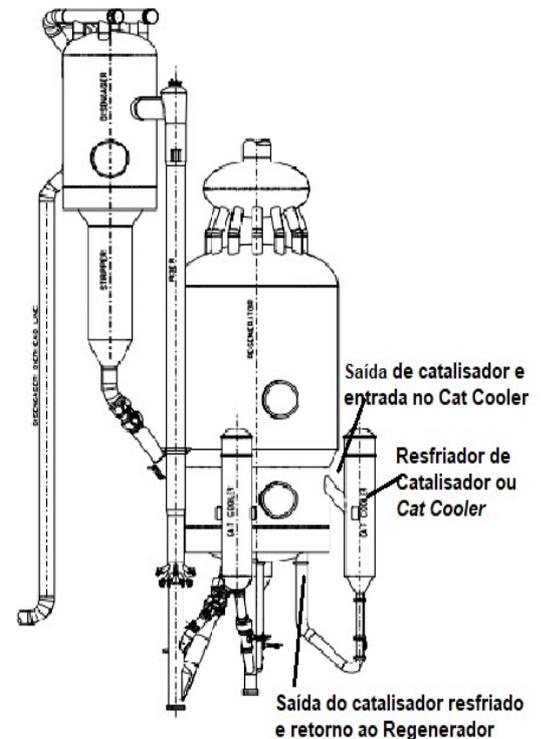
Projeto de Conversor de FCC modelo *Stacked* da projetista americana Kellogg Brown Root



Unidade típica de UFCC Projeto modelo *side-by-side* da projetista americana UOP



Projeto de Conversor de FCC modelo *Orthoflow* da projetista americana Kellogg Brown Root



Projeto de Conversor de FCC modelo *side-by-side* da projetista Petrobras

A UFCC é dividida em três seções distintas, mas interligadas em um só processamento:

- Seção de conversão do gasóleo e dos resíduo da destilação em gases craqueados; petroblog-Santini

- Seção de fracionamento dos gases craqueados em derivados combustíveis;
- Seção de recuperação da energia dos gases de combustão.

3. Seção de Conversão da UFCC-Unidade de Craqueamento Catalítico Fluido

Os principais equipamentos que constam da Seção de Conversão da UFCC-Unidade de Craqueamento Catalítico Fluido *Fluid Catalyst Cracking Unit* são:

- Pré-aquecedor da carga *feed pre-heater*;
- Riser *riser*;
- Vaso Separador *disengager*;
- Retificador *stripper*;
- Regenerador *regenerator*;
- Ciclones do Regenerador e do Vaso Separador *cyclones*;
- Resfriador de catalisador *catalyst cooler*;
- Soprador de ar *air blower*;
- Torre Fracionadora *Fractionater Tower*
- Câmara de Orifícios *orifice chamber*;
- Caldeira de CO *boiler* ou caldeira de calor residual *waste heat boiler*;
- Dutos e stand pipes;
- Válvulas de controle especiais *single disc and double disc slide valves e plug valves*;
- Válvula à entrada da Torre Fracionadora *wedge valve*;
- Válvula de retenção e controle de ar do Soprador de ar *Isocheck air blower valve*.

Na UFCC a carga é pré-aquecida em um forno e segue para o Riser, onde acontece o craqueamento, isto è, a conversão dos hidrocarbonetos de frações pesadas em frações leves, em presença de catalisador.

Após as reações químicas do craqueamento, o catalisador fica impregnado com coque.

Primeiramente, o catalisador com coque é separado dos gases craqueados, no sistema de ciclones do Vaso Separador.

Os gases craqueados vão para o processamento na Torre Fracionadora, enquanto o catalisador recuperado segue para o Regenerador, onde o coque é queimado com ar aquecido, para a purificação do catalisador.

O catalisador isento do coque é recuperado em outro sistema de ciclones, agora no Regenerador, que promovem a separação entre os gases, resultantes da combustão do coque e o catalisador limpo, que retorna ao Riser, para novo ciclo de conversão.

Riser: onde são injetados a carga pré-aquecida de gasóleo ou resíduo de vácuo e o catalisador fluidizado, e acontecem as reações de craqueamento da carga, gerando o gás craqueado, que ao ser fracionado na Torre Fracionadora produz gasolina, GLP, óleo diesel e etc.

Vaso Separador: os gases craqueados e o catalisador arrastado são separados nos ciclones do Vaso Separador, passando os gases craqueados para a Torre Fracionadora, enquanto o catalisador impregnado com coque vai para ser regenerado no Regenerador.

Ciclones do Vaso Separador: promovem a separação entre o gás de processo craqueado e o pó de catalisador.

Torre Fracionadora, onde são produzidos combustíveis, gasolina, óleo diesel e GLP-Gás Liquefeito de Petróleo; e ainda propenos e butenos que são usados para a produção de produtos petroquímicos.

Regenerador: o coque que se agrega à superfície do catalisador, durante o processo de craqueamento da carga, desativando-o, é queimado com ar no Regenerador, restabelecendo a atividade do catalisador.

Soprador de ar: é o equipamento que injeta o ar no Regenerador, que promove a queima dos resíduos de hidrocarbonetos e coque presentes dos gases craqueados, promovendo a regeneração do catalisador..

Ciclones do Regenerador: promovem a separação entre os pós de catalisador regenerado e os gases residuais provenientes da combustão do coque. O catalisador regenerado volta para o Riser e os gases da combustão efluentes (ricos em CO) vão para uma Caldeira de CO, para serem reaproveitados, gerando energia.

Retificador Stripper: é a seção inferior do Vaso Separador, com uma série de chicanas internas, para auxiliar no desprendimento dos gases residuais, arrastados no catalisador coqueado, que saem dos ciclones do Vaso Separador e vão para o Regenerador.

Resfriadores de Catalisador Cat Coolers - nos Regeneradores de queima total (combustão completa do CO), a temperatura normal de operação é de 730°C a 760°C, assim há o risco de superaquecimento e desativação do catalisador regenerado. Nesta situação, são instalados os Resfriadores de Catalisador *Cat*

Coolers, que são permutadores de calor verticais, de tubos tipo baioneta, em que a água pressurizada entra pelos tubos baioneta, resfriando o catalisador fluidizado oriundo do fundo do Regenerador, que circula pelo casco e volta ao Regenerador após resfriado, mantendo uma temperatura segura ao processo.

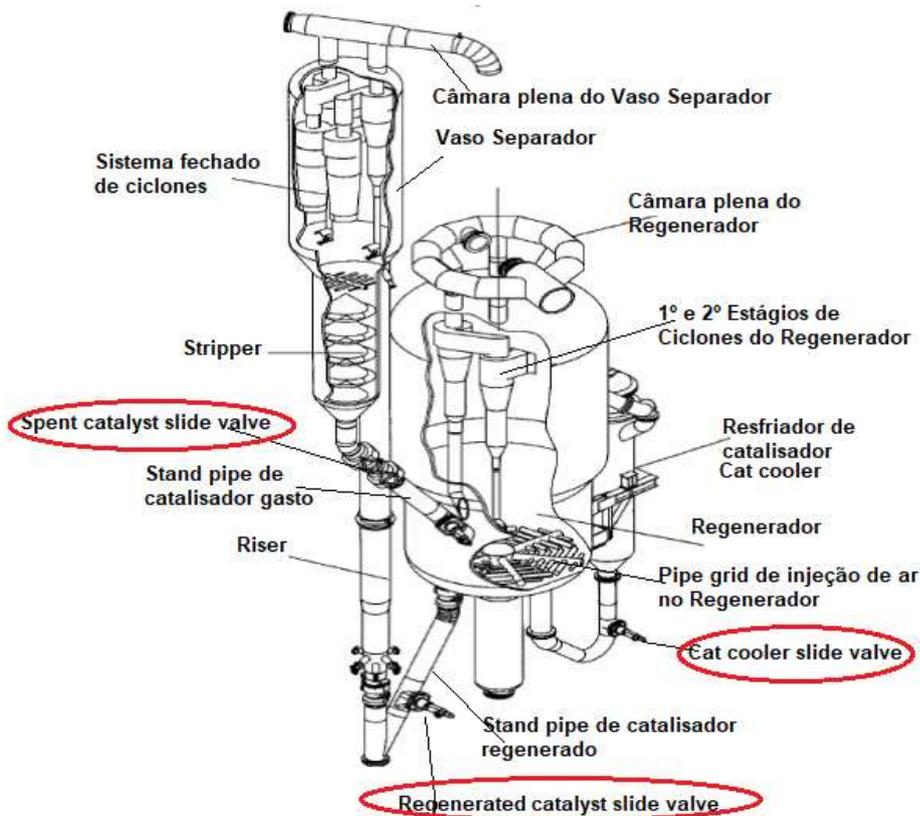
No **Cat Cooler**, a água vaporiza, produzindo vapor de alta pressão, que é consumido na própria UFCC.

Câmara de orifícios: é um torre ou coluna, com vários pratos perfurados, de orifícios calibrados, que promove a despressurização dos gases de combustão, antes de serem admitidos na Caldeira de CO e, finalmente, descartados pela Chaminé para a atmosfera.

Nos FCCs que contemplam a recuperação de energia, a Câmara de Orifícios também pode ser utilizada e serve como alternativa à passagem dos gases, para a Caldeira ou Chaminé, criando um *bypass* do Turboexpansor, quando este entra em parada de manutenção ou em emergência.

Dutos e stand pipes: permitem a circulação dos gases e do pó de catalisador fluidizado, entre os equipamentos, com características semelhantes às de um líquido, devido à sua elevada fluidez, conseguida com a injeção de ar de fluidização em pontos específicos.

Válvulas especiais: são válvulas de controle dos fluxos de gases e catalisador, de projeto especial para altas temperaturas (até 760°C) e resistentes às características abrasivas das correntes contendo pó de catalisador.



Equipamentos principais da Seção de Conversão de UFCC

4. Seção de Recuperação de Energia da UFCC-Unidade de Craqueamento Catalítico Fluido

A UFCC-Unidade de Craqueamento Catalítico Fluido ou Fluidizado *Fluid Catalyst Cracking Unit* comporta a Seção de Conversão e em algumas é acrescentada a Seção de Recuperação de Energia.

Tradicionalmente, a energia térmica, contida nos Gases de Combustão, oriundos do Regenerador da UFCCs, é recuperada em forma de geração de vapor d'água, nas Caldeiras de CO *CO boiler* ou em Caldeiras Recuperadoras de Calor *Waste Heat Boiler*.

Porém, esses gases também contêm um potencial de energia, associada à pressão e à vazão mássica do grande volume desses gases, que pode ser aproveitada em Turboexpansores, para geração de energia elétrica.

Para a recuperação da energia contida nos gases efluentes do Regenerador, são acrescentados à Seção de Conversão os seguintes equipamentos:

- Turboexpansor;
- Vaso 3º Estágio de Separação de Catalisador;
- Gerador elétrico;
- Dutos;

e. Válvulas de controle e de bloqueio especiais

Turboexpansor: é uma turbina a gás de fluxo axial ou centrífugo, através da qual um gás pressurizado é expandido para produzir potência, ou seja, converter a energia de pressão da corrente de gás em energia mecânica, frequentemente, usada para acionar um gerador de eletricidade.

Vaso de 3º Estágio de Separação de catalisador: para reduzir as perdas de finos de catalisador, que saem do Regenerador, arrastados com os gases de combustão, é inserido no circuito de gases de combustão, após o Regenerador, um equipamento denominado Vaso de 3º Estágio de Ciclonos de Separação de catalisador. Este vaso contém um conjunto de ciclones internos que recolhem esses finos de catalisador, que poderiam provocar a erosão das palhetas do Turboexpansor, além de minimizar a emissão de particulados à atmosfera. Os gases de combustão após passarem por estes ciclones fluem, pelo topo do Vaso, para o sistema do Turboexpansor. Os finos de catalisador recuperados e retidos se acumulam no fundo do Vaso, em um *container*, e são removidos e transportados por caminhões, para destinação, normalmente, em fábricas de cimento.

Ciclones do Vaso de Terceiro Estágio de Ciclonos: o Vaso de 3º Estágio de Separação contém, em seu interior um sistema de ciclones de 1º e 2º estágios, com a finalidade de coletar os resíduos de pó de catalisador dos gases de combustão do Regenerador.

Gerador elétrico: é um equipamento acoplado ao eixo do Turboexpansor, que produz energia elétrica utilizada no próprio UFCC ou exportada para outros consumidores.

Válvulas especiais de controle e fechamento rápido: devido à sensibilidade da operação do Turboexpansor às mudanças de pressão, que ocorrem no fluxo dos gases, e de possíveis problemas no próprio Turboexpansor, como perda do acoplamento ou sobrevelocidade, é empregado um rápido e eficiente controle, através de válvulas tipo borboleta *butterfly valves* de alta velocidade até 0,6 segundos. Para o bloqueio estanque dos dutos de admissão e de exaustão do Turboexpansor, são empregadas válvulas de vazamento zero *man safe* do tipo *goggle valve*.

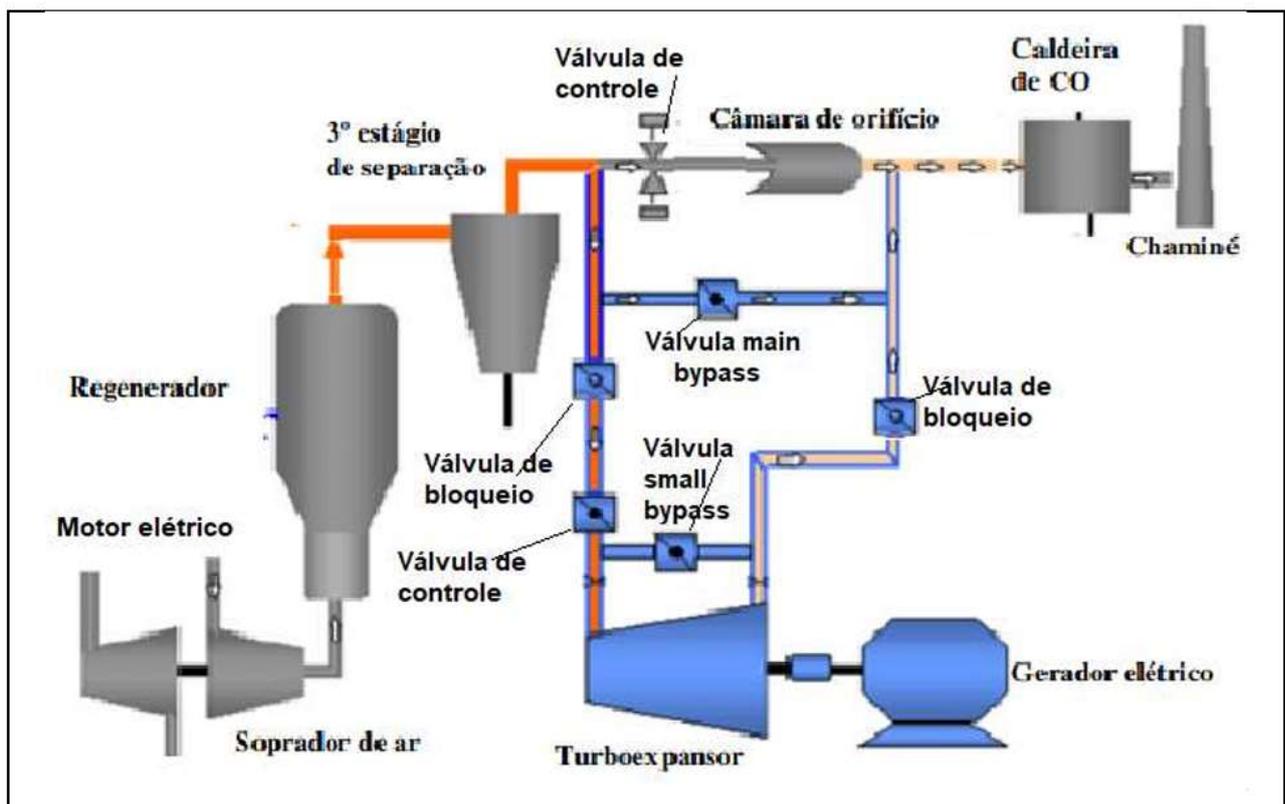
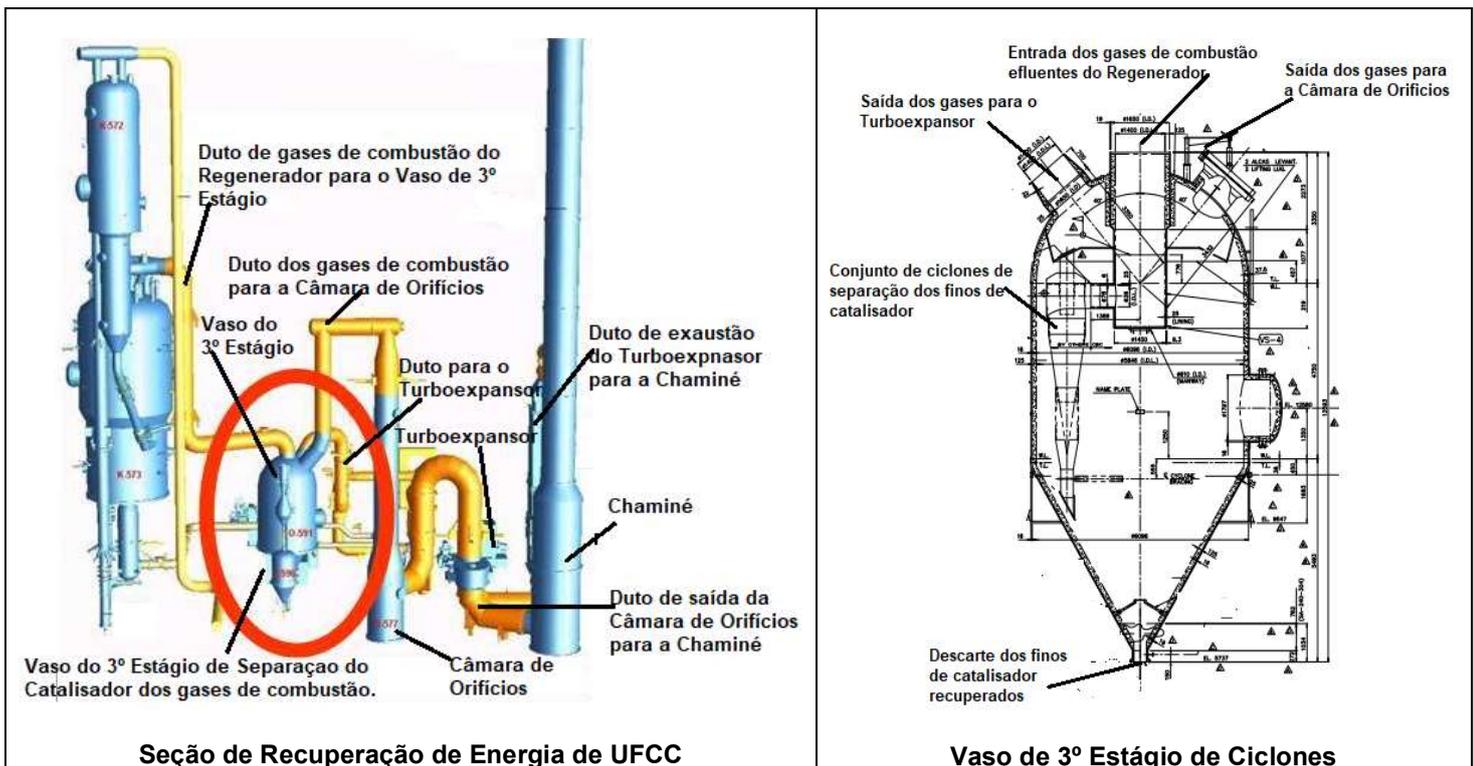


Ilustração dos equipamentos principais da Seção de Recuperação de Energia da UFCC



5. Válvulas especiais da UFCC

As válvulas instaladas da UFCCs são especiais devido às condições severas de operação, com catalisador abrasivo e temperaturas muito elevadas, e pelo porte e peso consideráveis.

São válvulas projetadas e fabricadas por encomenda *taylor made*.

Os serviços dessas válvulas são muito particulares, pois, operam com catalisador em pó fluidizado, gases craqueados e gases de combustão, em altas temperaturas e correntes ricas em gás CO.

Dependendo da Seção da UFCC em que as válvulas são instaladas, eles são classificados em:

- Válvulas da Seção de Conversão da UFCC;
- Válvulas da Seção de Recuperação de Energia da UFCC.

As principais características destas válvulas especiais são:

- Grande porte, com diâmetros nominais variando de 30 pol a 100 pol;
- Peso próprio de 20 a 30t, até quase 100t.
- Operação em altas temperaturas, acima de 500°C até 760°C, com disparos eventuais *up sets* de temperatura.:
- Pressões baixas, da ordem de 3 a 6 kgf/cm² (man);
- Devido às altas temperaturas de operação, as válvulas especiais da seção de conversão são fabricados de aço Carbono e possuem revestimento interno refratário isolante e resistente à erosão.
- As válvulas especiais da seção de recuperação de energia, também expostas às temperaturas elevadas, são fabricadas em aço inoxidável austenítico, sem qualquer refratamento interno, por causa do turboexpansor, que é uma máquina muito sensível, e o pó e/ou pedaços de refratário soltos poderiam erodir, depositar, desbalancear os internos e causar paradas de emergência.
- As válvulas especiais têm acionamento e controle por atuador hidráulico e estação de óleo hidráulico de alta pressão (HPCU-*Hydraulic Pressure and Control Unit*).

As válvulas especiais de UFCC- Unidade de Craqueamento Catalítico Fluido *Fluid Catalyst Cracking Unit* são válvulas com as funções de controle e bloqueio seguro *man safe* dos seguintes tipos:

- Slide valves
- Plug valves
- Two port diverter valves

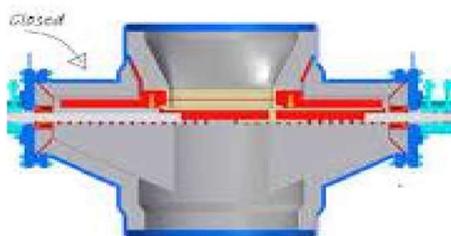
- Butterfly valves
- Goggle valve



Típica válvula de controle tipo *single disc slide valve*



Típica válvula *wedge gate valve* de entrada à Torre Fracionadora



Típica válvula de controle tipo *double disc slide valve*



Típica válvula de controle tipo *plug valve*



Típica válvula *butterfly valve* de alta velocidade de atuação de controle



Típica válvula *two port diverter valve*



Válvula de isolamento Seguro tipo Goggle Valve utilizada em UFCC
Man safe Enclosed Goggle Valve / Automatic Blind Isolation Valve

6.1. Válvulas especiais da Seção de Conversão de UFCC

As válvulas instaladas nesta Seção são:

petroblog-Santini

- Válvula de retenção e controle do fluxo de Soprador de ar para o Regenerador *Isocheck valve*
- Válvula de controle da vazão de catalisador regenerado *Regenerated Catalyst single disc slide valve* e *Regenerated Catalyst plug valve*
- Válvula de controle da vazão de catalisador gasto *Spent catalyst single disc slide valve* e válvula *Spent catalyst plug valve*
- Válvula de controle da vazão de gases de combustão oriundos do Regenerador para a Câmara de Orifícios *Flue gas double disc slide valve*
- Válvula de controle da vazão de catalisador resfriado no *Cat Cooler* de retorno para o Regenerador *Cat cooler single disc slide valve*
- Válvula de desvio dos gases de combustão para a Caldeira de CO ou para a Chaminé de *bypass* *Two port diverter valve*
- Válvula de isolamento da Torre Fracionadora *Overhead line isolation valve*

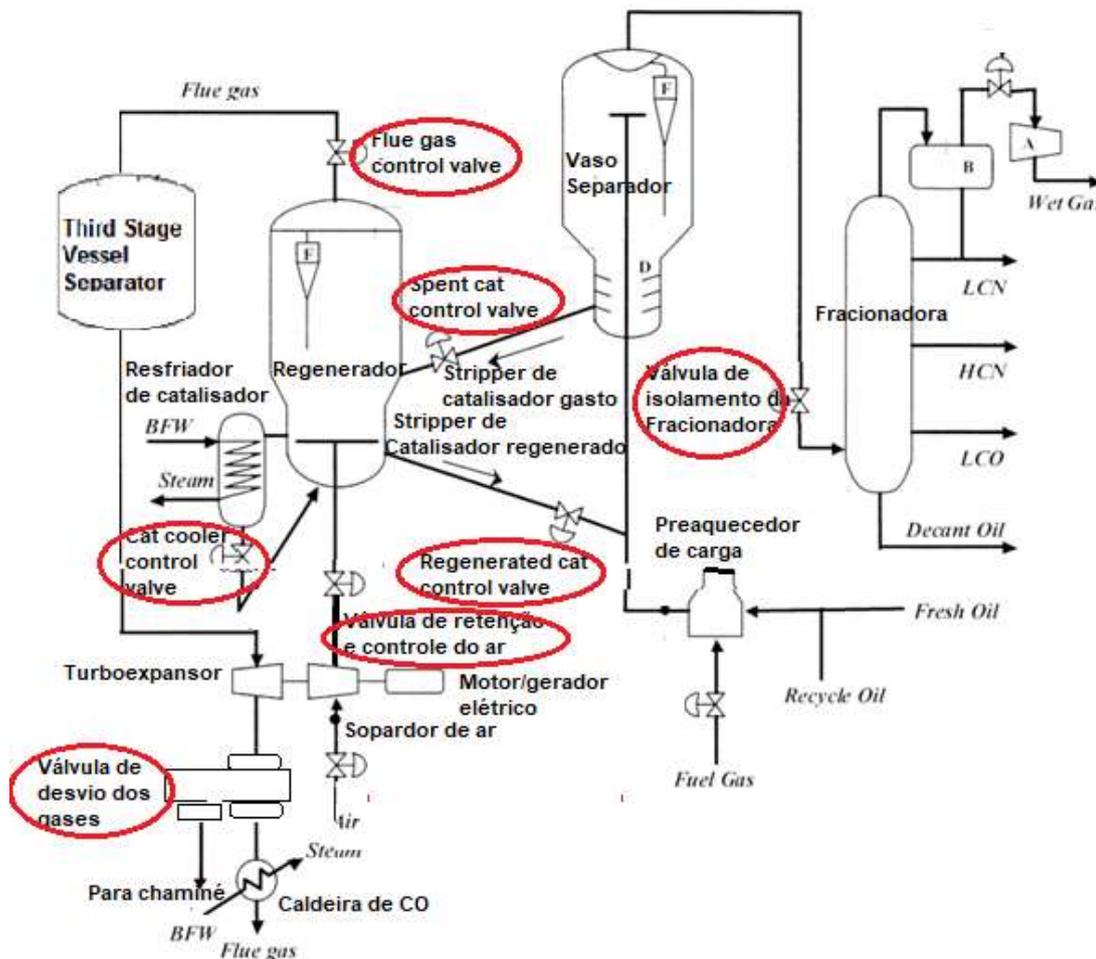


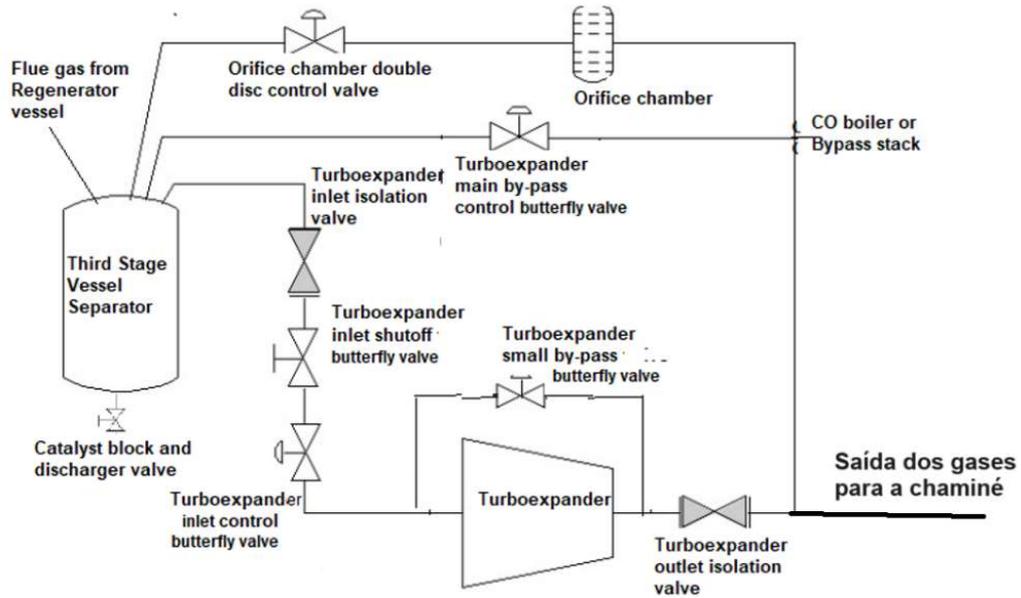
Ilustração esquemática da Seção de Conversão de FCC típico com as principais válvulas especiais

6.2. Válvulas especiais da Seção de Recuperação de Energia de UFCC

As válvulas instaladas nesta Seção são:

- Válvulas de isolamento e bloqueio seguro de admissão e de descarga do Turboexpansor *Goggle Valve*
- Válvula de bloqueio operacional de Turboexpansor *Butterfly valve*
- Válvula de controle de admissão de Turboexpansor *Butterfly valve*
- Válvula de controle "large by pass" de Turboexpansor *Butterfly valve*
- Válvula de controle "small by pass" de Turboexpansor *Butterfly valve*
- Válvula de bloqueio e descarte dos finos de catalisador recuperados no Vaso de 3º estágio *Ball valve*

As *Goggle Valves* são válvulas de fechamento hermético, encapsuladas, sem qualquer vazamento, interno ou externo, que permitem a operação em altas temperaturas, até 1100°C, sem deformações..O projeto deve assegurar 100% de bloqueio do fluxo de gases na posição fechada, garantindo assim nenhuma passagem interna ou vazamento para o exterior, ou seja, isolamento seguro para o homem *man safe operation*.



6. Outros modelos de UFCCs de diversos licenciadores

A seguir é feito um resumo de UFCCs de projeto de outros licenciadores de tecnologia FCC

