## Válvulas especiais de UFCCs

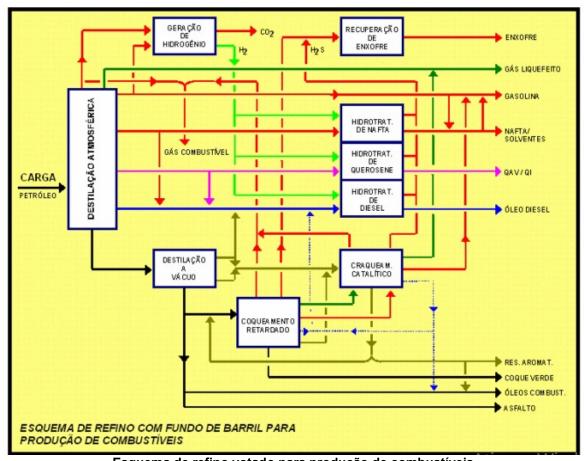
Colaboração de Osmar José Leite da Silva e Aurélio Dubois da Petrobras e de Marcelo Salles da Remosa Spa

#### 1. Introdução

O Refino de Petróleo é um processo químico no qual a matéria-prima (petróleo bruto) é convertida em produtos comerciais acabados, combustíveis e matéria prima para petroquímica, que são armazenados em tanques e esferas de armazenamento..

Uma refinaria de petróleo, normalmente, comporta várias unidades de processo como:

- destilação 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.



Esquema de refino votado para produção de combustíveis
Fonte: O refino de petróleo <a href="https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/11898/11898">https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/11898/11898</a> 4.PDF

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

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 Vácuo, produz uma quantidade adicional de até 40% de combustíveis, com a conversão dos resíduos de fundo das Torres de Destilação.

#### 2. Unidade de Craqueamento Catalítico Fluido-UFCC

O craqueamento catalítico fluido é um processo de conversão química, 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.

Historicamente, o craqueamento catalítico fluido foi a primeira aplicação da fluidização de pó fino, e a primeira unidade comercial de FCC foi desenvolvida pela Exxon em 1942, para atender a demanda de combustíveis, durante a 2ª guerra mundial.

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.

Na UFCC a carga é pré-aquecida em um forno e segue para o Riser, onde acontece o craqueamento (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, ainda 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.

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

- Seção de conversão do gasóleo e dos resíduo da destilação em gases craqueados;
- 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 ou Conjunto Conversor da UFCC-Unidade de Craqueamento Catalítico Fluido *Fluid Catalyst Cracking Unit* são:

- a. Regenerador Regenerator;
- b. Riser;
- c. Vaso Separador Disengager;
- d. Ciclones Cyclones:
- e. Retificador Stripper;
- f. Resfriador de Catalisador Catalyst Cooler
- g. Soprador de ar *Air blower* acionado por motor elétrico ou turbina a vapor;
- h. Dutos e stand pipes;
- i. Válvulas de controle especiais.

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

**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.

Vaso Separador: os gases craqueados e o catalisador arrastado são separados, passando os gases para a 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, 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.

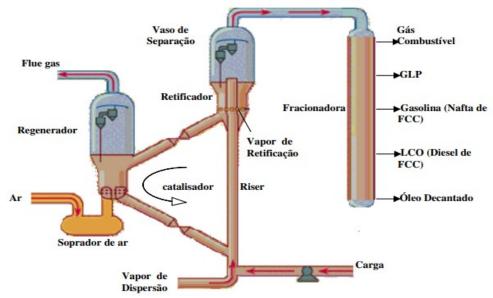
**Ciclones do Regenerador**: promovem a separação entre os pós de catalisador regenerado e os gases provenientes da combustão do coque. O catalisador volta para o Riser e os gases efluentes (ricos em CO) vão para uma Caldeira de CO, para serem reaproveitados, gerando energia.

**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 sai dos ciclones do Vaso Separador e vai para o Regenerador.

Resfriadores de Catalisador Cat Coolers - nos Regeneradores de queima total, 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, resfriando o catalisador fluidizado que circula pelo casco, ao sair pelo fundo do Regenerador, voltando em seguida 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. **Dutos stand pipes**: permitem a circulação dos gases e do pó de catalisador fluido, entre os equipamentos, com características semelhantes às de um líquido, devido à sua fluidez.

**Válvulas especiais**: são válvulas de alta performance e rápida atuação, com as funções de controle de processo e bloqueio de vedação estanque, dos seguintes tipos: *Slide valve, Plug valve, Diverter valve.* 



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

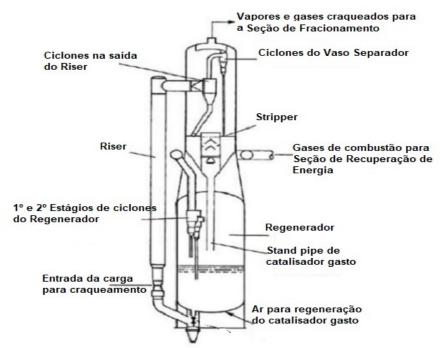


Ilustração dos equipamentos principais da Seção de Conversão da UFCC Projeto modelo *stacked* da projetista americana Kellogg Brown Root

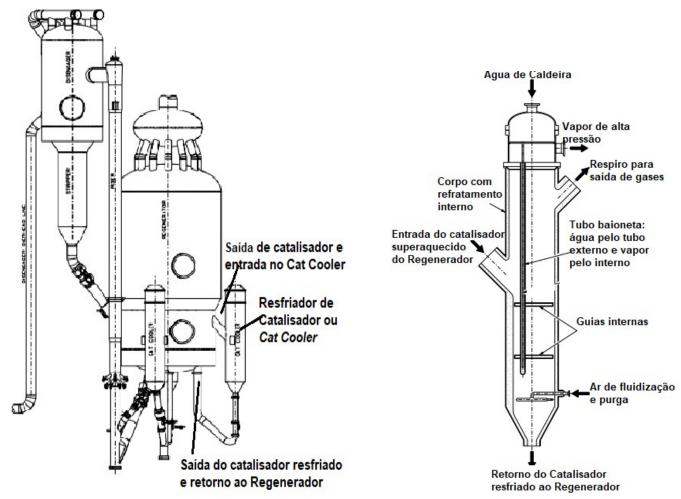


Ilustração do Resfriador de Catalisador instalado no Regenerador Esquema de um Resfriador de Catalisador *Cat Cooler* 

# 4. Seção de Recuperação de Energia de UFCC-Unidade de Craqueamento Catalítico Fluido Fluid Catalyst Cracking Unit

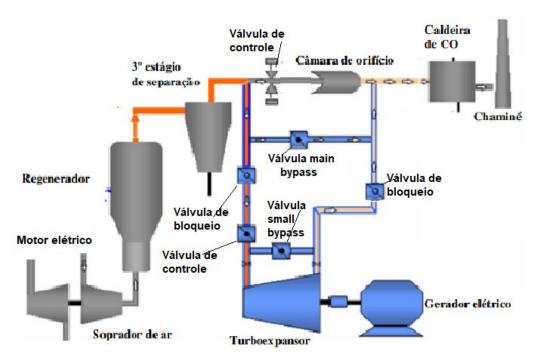
Os principais equipamentos que constam da Seção de Recuperação de Energia da UFCC *Fluid Catalyst Cracking Unit* são:

- a. Vaso 3º Estágio de Recuperação de Catalisador;
- b. Turboexpansor;
- c. Gerador elétrico;
- d. Válvulas de controle e de bloqueio especiais.

Vaso de 3º Estágio de Recuperação de catalisador: o Vaso de 3º estágio complementa a separação do catalisador dos gases de combustão, iniciada no Regenerador, viabilizando a recuperação energética dos gases, porque a quantidade de particulados de catalisador que estaria ainda presente nos gases de exaustão, sem esse vaso, causaria grande erosão nas pás ou hélices e nas paredes do Turboexpansor e, além disso, ele possibilita o enquadramento das emissões de particulados aos limites ambientais toleráveis.

**Turboexpansor:** o turboexpansor absorve a energia disponível nos gases de exaustão através da redução do seu calor sensível e da sua pressão, gerando energia mecânica. É utilizado para a geração de energia elétrica.

**Gerador elétrico:** a energia elétrica é produzida em um gerador, acoplado ao turboexpansor, e utilizada para atender as demandas da planta, sendo o excedente exportado para a concessionária local. **Válvulas especiais:** são válvulas com as funções de controle e bloqueio seguro e são dos seguintes tipos: *Slide valve, Butterfly valve, Goggle valve.* 



Equipamentos principais da Seção de Recuperação de Energia da UFCC

#### 5. Válvulas especiais da UFCC

As válvulas instaladas da UFCCs são especiais devido ás condições severas de operação, com catalisador abrasivo e temperaturas muito elevadas, e pelo porte e peso consideráveis. São válvulas projetadas e fabricadas por encomenda *tavlor 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 classificadas 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 guase 100t.
- Operação em altas temperaturas, acima de 500°C até 760°C, com disparos eventuais up sets de temperatura, resumidos na tabela:

Válvula	Temperatura de up set	Frequência
Válvula de catalisador regenerado	925°C	10 vezes/ano com duração de 1 hora
Válvula de catalisador gasto	650°C	10 vezes/ano com duração de 1 hora
Válvula de gases de combustão	843 °C	10 vezes/ano com duração de 1 hora
	982 °C	1 vez/ano com duração de 1hora

- Pressões baixas, da ordem de 3 a 6 kgf/cm² (man);
- Devido às altas temperaturas de operação, possuem revestimento interno refratário isolante e resistente à erosão.
- Acionamento e controle por atuadores e estações de óleo hidráulico de alta pressão.

O fornecimento da válvula deve incluir o sistema de atuação eletrohidráulica, consistindo em atuador, unidade de potência hidráulica e de controle (HPCU-*Hydraulic Pressure and Control Unit*) e quaisquer equipamentos auxiliares e acessórios, para assegurar a operação contínua necessária, durante uma campanha ininterrupta de, no mínimo, 4 anos. O atuador eletrohidráulico deve ser capaz de acionar e mover o obturador das válvulas de acordo com o sistema de controle e intertravamento especificado para a válvula.

## 5.1. Válvulas especiais da Seção de Conversão de UFCC

As válvulas instaladas nesta Seção são:

Item	Serviço das válvulas especiais da Seção de Conversão de UFCC	Tipo de válvula
1	Válvula de retenção e controle do fluxo de Soprador de ar para o Regenerador  Isocheck valve	Check valve
2	Válvula de controle da vazão de catalisador regenerado Regenerated Catalyst single disc slide valve Regenerated Catalyst plug valve	Single disc slide valve ou Plug valve
3	Válvula de controle da vazão de catalisador gasto Spent catalyst single disc slide valve Spent catalyst plug valve	Single disc slide valve ou Plug valve
4	Válvula de controle da vazão de gases de combustão oriundos do Regenerador para a Câmara de Orifícios Flue gas double disc slide valve	Double disc slide valve
5	Válvula de controle da vazão de catalisador resfriado no Cat Cooler de retorno para o Regenerador Cat cooler single disc slide valve	Single disc slide valve
6	Válvula de desvio dos gases de combustão para a Caldeira de CO ou para a Chaminé de <i>bypass</i> Diverter valve	Two port diverter valve
7	Válvula de isolamento de Torre Fracionadora Overhead Line Isolation Valve	Wedge gate valve

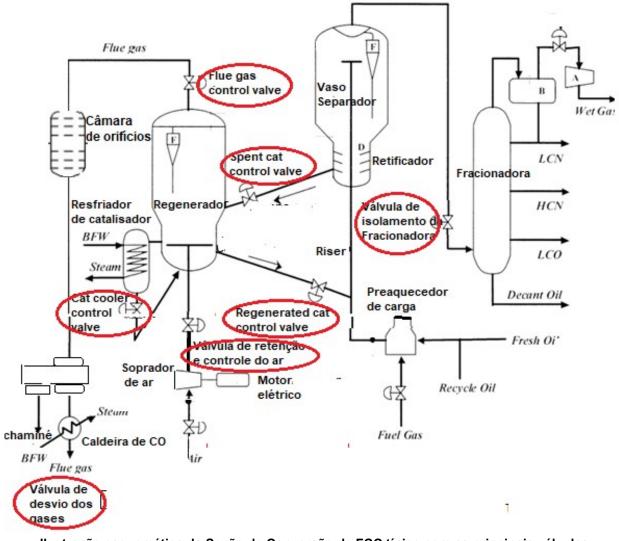


Ilustração esquemática da Seção de Conversão de FCC típico com as principais válvulas

A Seção de Conversão da UFCC é composta pelos seguintes equipamentos:

- 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;
- Câmara de Orifícios orifice chamber:
- Caldeira de CO CO boiler ou caldeira de calor residual waste heat boiler.

#### E das seguintes válvulas especiais

- Válvula de controle do fluxo de gases de combustão Flue gas control valve;
- Válvula de controle do fluxo de catalisador gasto Spent cat control valve;
- Válvula de controle do fluxo de catalisador regenerado Regenerated cat control valve;
- Válvula de controle do fluxo de catalisador resfriado Cat cooler control valve;
- Válvula de retenção e controle do fluxo de ar do Soprador de ar Air blower check and control valve;
- Válvula de isolamento à entrada da Torre Fracionadora Fractionator inlet valve;
- Válvula de desvio dos gases de combustão Flue gas diverter valve.

#### 5.1.1 Válvulas tipo slide valves

As válvulas *slide valves* são válvulas tipo corrediças, em que o obturador é uma placa deslizante e são instaladas nos *stand pipes* de catalisador e dutos de gases, nos serviços de controle de vazão. São elas:

- Regenerated catalyst single disc slide valve;
- Spent catalyst single disc slide valve;
- Cat cooler single disc slide valve;
- Flue gas double disc slide valve.

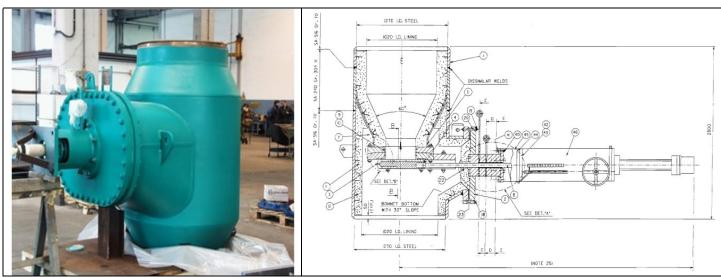


Ilustração de uma válvula de controle tipo slide valve típica de FCC

As válvulas *slides valves* são, normalmente, fabricadas de corpo de aço Carbono, com revestimento interno de refratário isolante e antierosivo, altamente resistente à abrasão, devido às altas velocidades e altas temperaturas. Já os internos são fabricados de aço inoxidável austenítico Tipo 304H. As válvulas *slides valves*, pesam entre 15 a 20 toneladas e são capazes de operar a temperaturas

As *slides valves* têm atuação e controle através de uma estação eletrohidráulica e no caso de válvula de disco duplo *double disc slide valve* é especificado atuador e estação para cada disco.

acima de 950° C.

Velocidade de atuação

Tempo total do curso, excluindo o amortecimento no final do curso::

Válvulas Slide valves:

Tempo normal de deslocamento: 5 segundos,

Tempo em emergência ESD Emergency Shut Down: 3 segundos no máximo;

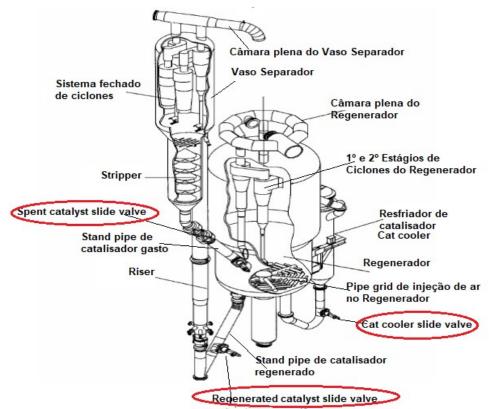


Ilustração da instalação das slide valves

## 5.1.2 Válvulas tipo plug valves

As válvulas *plug valves* podem ser utilizadas nos serviços de controle de vazão de catalisador gasto e de catalisador regenerado e são do tipo em que o obturador é um plugue cônico São elas:

- Regenerated Catalyst plug valve;
- Spent catalyst plug valve.

Ambas também têm atuação e controle através de uma estação eletrohidráulica.

Velocidade de atuação

Tempo total do curso, excluindo o amortecimento no final do curso::

Válvulas Plug valves:

Tempo normal de deslocamento: 5 segundos,

Tempo em emergência ESD Emergency Shut Down: 3 segundos no máximo;

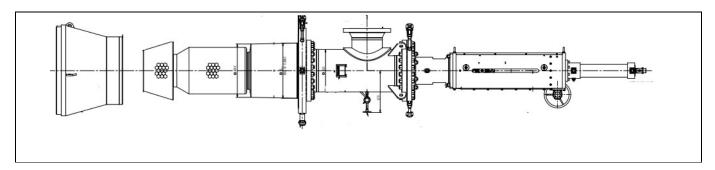




Ilustração de uma válvula de controle tipo plug valve típica de FCC

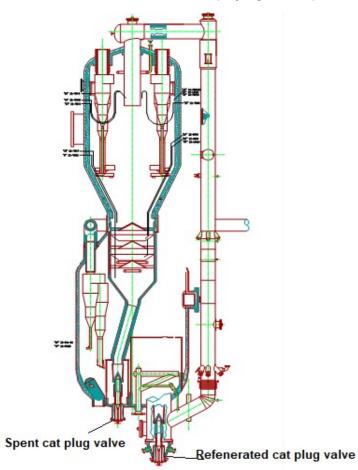


Ilustração da instalação das plug valves

## 5.1.3 Bloqueio e abertura na entrada da Torre Fracionadora

A Torre Fracionadora recebe a carga de gases craqueados, que saem do Vaso Separador, e promove o fracionamento desses gases, produzindo os produtos: GLP, nafta pesada, óleo diesel, LCO, HCO e borra pelo fundo.

Durante a operação da UFCC, é necessário executar a abertura ou o bloqueio da Linha de Transferência, que é o duto de condução dos gases craqueados entre o Vaso Separador e a Torre Fracionadora.

É um serviço crítico devido ao arraste de catalisador e à tendência de formação de coque, com o resfriamento dos gases craqueados, que se depositam no bocal de entrada da Torre, dificultando as operações de abertura e fechamento.

Há duas alternativas de dispositivos de bloqueio em uso.

a. Raquete automatizada à entrada da Torre Fracionadora ao final da Linha de Transferência Também chamada de raquetão ou flanjão pode ser utilizada no bocal de entrada da Torre Fracionadora, para as operações de abertura e fechamento da Linha de Transferência, entre o Vaso Separador e a Torre Fracionadora.

É acionada por um sistema pneumático, para a abertura ou bloqueio do bocal da Torre, durante a operação da UFCC.

Normalmente, acarreta muita dificuldade na fase de abertura da raquete, devido ao depósito interno de coque, junto à sede do bocal, durante o procedimento de partida da UFCC, sendo considerada uma etapa crítica e perigosa da operação.

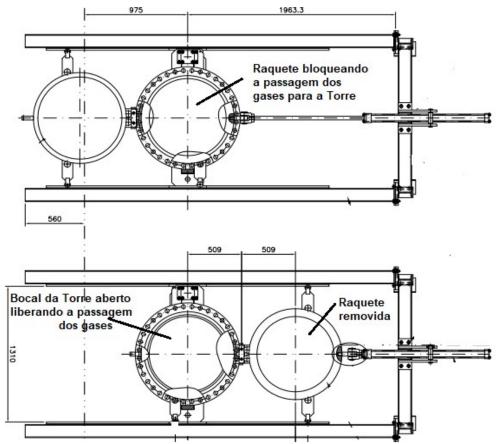


Ilustração da raquete automatizada à entrada da Torre Fracionadora

## b. Válvula de isolamento à entrada da Torre Fracionadora ao final da Linha de Transferência Overhead Line Isolation Valve Wedge Gate

É uma válvula tipo "Wedge gate" destinada a substituir o raquetão e apresenta características especiais para abertura e bloqueio, mesmo com a formação e presença de depósito de coque na sede, que garantem a vedação e a estanqueidade, quando fechada.

O acionamento é com atuador pneumático, de potência suficiente para quebrar e esmagar as pedras de coque na entrada do bocal da Torre Fracionadora.

Pesa em torno de 25 a 40 toneladas a depender do diâmetro nominal.

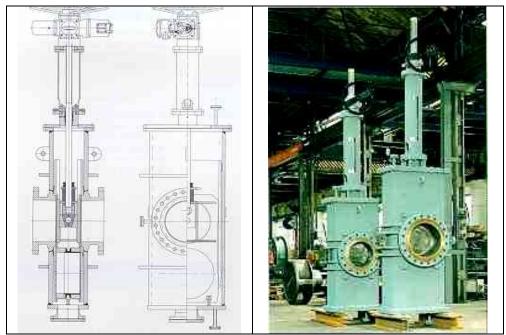


Ilustração da Válvula de Isolamento Wedge Gate à entrada da Torre Fracionadora

## 5.1.4 Válvula de retenção e controle de ar do Soprador de ar Isocheck air blower valve

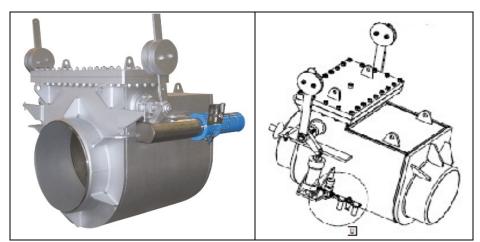
O Soprador de ar é um compressor e requer uma válvula de retenção *check valve* na linha de descarga, para impedir a entrada ou refluxo de catalisador proveniente do Regenerador, em uma eventual falha de suprimento de ar, devido à problema no compressor ou parada *shut down* da unidade.

Essa válvula tem o nome particular de Isocheck air blower valve.

A válvula deve ser fornecida com unidade pneumática para atuador e controle, alavancas para atuação manual com conjunto de contrapesos, equipamentos auxiliares e acessórios, que assegurem operação contínua durante uma campanha ininterrupta operacional da unidade, por pelo menos 4 anos.

É um produto totalmente personalizável *taylor made*, projetado e fabricado especificamente para atender às necessidades da planta, devendo ter alta confiabilidade na proteção do Soprador de ar e apresentar característica e recursos especiais, tais como:

- Válvula de abertura total *full bore*, em que o disco e o eixo devem ser posicionados fora das linhas de fluxo de ar, minimizando as perdas de energia.
- O porte do castelo deve permitir a retirada rápida dos componentes internos, para manutenção ou reparos, sem remover a válvula da linha.
- O corpo da válvula pode ser fundido ou forjado, mas as mais modernas são construídas de chapas de aço Carbono ASTM A516 Gr70 ou aço inoxidável 304H.
- As válvulas de retenção podem ser fornecidas com extremidades para solda de topo ou flangeadas, de acordo com os requisitos do cliente.
- As áreas de contato entre o disco obturador e a sede devem ser revestidas com material de alta dureza superficial à base de Cobalto.
- O atuador da válvula é com cilindro pneumático e retorno por mola.
- Fornecer com amortecedor de óleo *dashpot*, para evitar oscilações, trepidações ou vibrações indevidas do disco interno da válvula.
- Para atuação manual, em caso de emergências, deve haver alavancas externas com contrapesos.
- Caixas de gaxetas com vedações de material autolubrificante.



Válvula isocheck valve de retenção e controle da descarga do soprador de ar

## 5.1.5 Válvula e Potes de desvio dos gases de combustão para Caldeira de CO ou Chaminé de By-pass

O circuito dos gases de combustão, quando a UFCC não contempla o sistema de recuperação de energia, com o turboexpansor, ou na hipótese de este existir mas estar fora de operação, passa por uma Caldeira de queima de gás CO, ou por uma Caldeira Recuperadora, e nas emergências, os gases são dirigidos diretamente para a Chaminé, que recebe o nome de Chaminé de By-pass.

Portanto, há necessidade de um dispositivo ou válvula que faça o desvio dos gases para a Caldeira, em operação normal, e para a Chaminé de By pass, nas emergências.

Estes dispositivos são o Pote de Selagem e a Válvula de Desvio Diverter Valve

## 5.1.5.1. Potes de Selagem

No passado, esse desvio era conseguido com o equipamento denominado "Potes de Selagem", que eram instalados aos pares.

Durante a operação normal, enquanto um permitia a passagem dos gases para a Caldeira, o outro ficava selado com água, e em caso de emergência operacional, a situação se invertia, e o da Caldeira era selado com água, e o outro era esvaziado e possibilitava a passagem dos gases para a Chaminé de By-pass.

#### Pote em operação ou não selado

Cada pote tem um duto interno, chamado de camisa, que permite a circulação dos gases em operação, quando não está selado.

O fluxo de gases, em alta temperatura e alta velocidade, requer um revestimento refratário interno, do corpo metálico do pote, resistente à erosão.

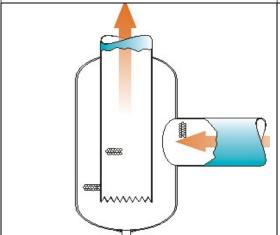
Quando os gases entram no pote, a água retida no refratário se expande e detona o refratamento.

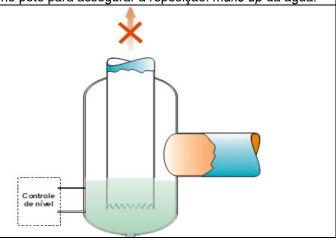
#### Pote fora de operação ou selado

Quando é necessário o desvio dos gases, o pote em operação é selado com água, e simultaneamente, o outro deve entrar em operação, permitindo a passagem dos gases. Ao penetrar a água de selagem, o refratário esfria e absorve a água.

Os gases presentes no pote condensam e acidificam a água, que corrói a ancoragem do refratário.

Com o tempo, ocorre a evaporação da água, concentrando os ácidos condensados, o que requer o controle do nível da água no pote para assegurar a reposição. *make up* da água.





petroblog-Santini

## 5.1.5.2. Principais problemas dos Potes de Selagem Seal Pots

- a. O tempo de disponibilizar o pote para operação é demorado, pois depende da vazão de enchimento e esvaziamento da água de selagem, podendo levar horas.
- b. São equipamentos sujeitos a choques térmicos intensos, tanto nos componentes metálicos como no refratamento interno, e, portanto, requerem manutenção extensiva em todas as paradas, tanto na camisa interna como no refratamento..
- c. As conexões de fundo sofrem fadiga térmica, pois operam com variações bruscas de temperatura de mais de 600°C e trincam;
- d. Os repetidos choques térmicos e a rápida expansão de água no refratário, aliados à corrosão das ancoragens, faz com que o refratário falhe, provocando superaquecimento do casco metálico; Além disso, a rápida expansão da água, que penetra no interior dos poros do revestimento refratário, explode o refratamento.
- e. O controle do nível de água no pote é crítico, pois, a perda de nível em um pote pode fazer transbordar água para o outro pote, porém as tomadas dos transmissores de nível ficam com indicação falsa ou inoperantes, entupidas com catalisador e partículas de refratário removidas por variações de temperatura.
- f. As deformações provocadas pelos choques e tensões térmicas podem deformar, trincar e colapsar a camisa interna ou duto central, impedindo o fluxo. Se o pote que ficar inoperante for o da chaminé, a campanha da unidade deve ser interrompida. A vida média de uma camisa é de uma a duas campanhas, em torno de 4 a 6 anos.
- g. Como o fluxo normal dos gases é para a Caldeira, as juntas de expansão, do duto para a Chaminé que permanece frio, apresentam intenso processo de corrosão por condensação da umidade ácida, da atmosfera que cerca os potes.
  - h. Quando o controle do pH da água falha, a água é descartada extremamente ácida e sobrecarrega a operação da ETDI-Estação de Tratamento de Despejos Industriais.

## 5.1.5.3. Válvula de desvio Two port diverter valve dos gases de combustão

É uma válvula muito especial e de grande porte, projetada e construída para o desvio rápido do fluxo de gases de combustão para a caldeira de CO ou a chaminé.

Possui um bocal de entrada e dois bocais de saída: um conectado à Caldeira de CO e o outro à Chaminé de *bypass*, que são abertos ou fechados por um disco obturador interno.

Normalmente, os gases de combustão fluem do bocal de entrada para o bocal de saída correspondente à Caldeira de CO, enquanto o bocal para a Chaminé está fechado pelo disco.

Quando o fluxo dos gases de combustão para a Caldeira de CO deve ser interrompido, o bocal do lado da Chaminé é totalmente aberto, enquanto, simultaneamente, o disco fecha o bocal do lado da Caldeira de CO.

É uma válvula de porte avantajado, chegando a pesar mais de 100 t, e é acionada por uma estação de pressão hidráulica.

#### 5.1.5.4. Vantagens da Two port diverter valve

As válvulas *Diverter Valves* substituem, com vantagens, os potes de selagem:

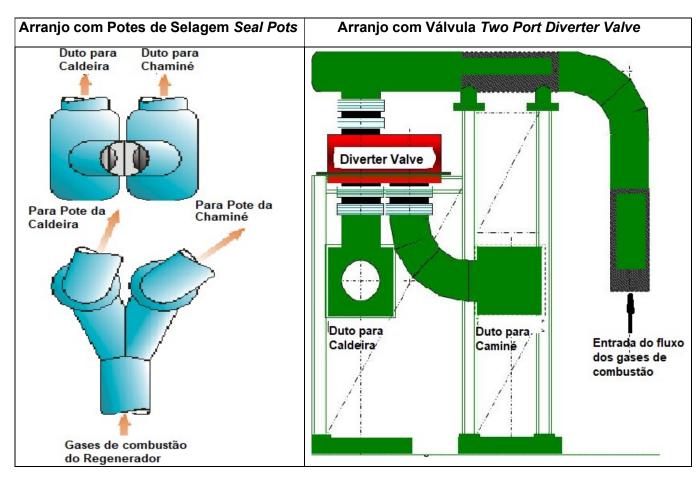
- a. Mais confiáveis;
- b. Operação de *bypass*, da Caldeira para a Chaminé, ou vice-versa, é feita em 60 segundos ou menos;
- c. Total automação e controle pelo SDCD "Sistema Digital de Controle Distribuído";
- d. Pouca ou nenhuma manutenção preventiva em operação;
- e. Pouca manutenção e em paradas;
- f. Não têm consumo de água;
- g. Não trazem problemas ambientais com descarte de água;
- h. Não trazem problemas de corrosão ácida;
- i. Não apresentam choque térmico intenso;
- j. Velocidade de atuação

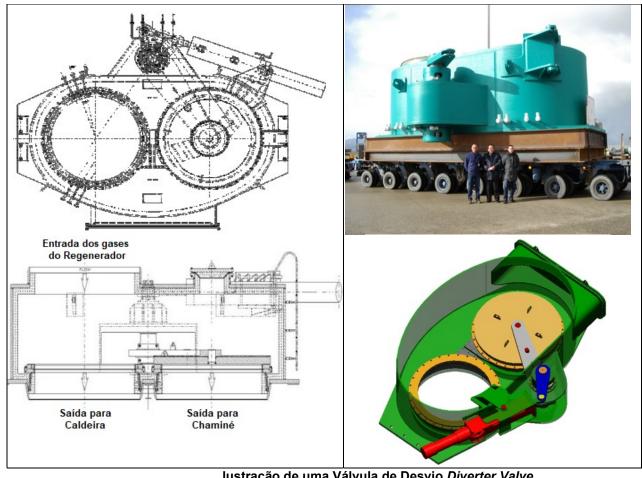
Tempo total do curso, excluindo o amortecimento no final do curso::

Válvula Two port diverter valve

Tempo de curso normal 90 seg:

Tempo em emergência ESD Emergency Shut Down: 60 segundos no máximo;





lustração de uma Válvula de Desvio Diverter Valve

## 5.2. Seção de Recuperação de Energia da UFCC

Os principais equipamentos da Seção de Recuperação de Energia da UFCC são:

- a. Vaso 3º Estágio de Recuperação de Catalisador;
- b. Turboexpansor;
- c. Gerador elétrico;
- d. Válvulas de controle e de bloqueio especiais.

O catalisador de FCC é um pó com tamanhos típicos entre 2,5 e 150 micra, aproximadamente. Há sempre uma perda normal, apesar dos ciclones de alta eficiência instalados, constituída de partículas mais finas, abaixo de 20 ou 30 micra.

Essa perda ocorre pelo Regenerador e pelo Vaso Separador.

As perdas pelo Regenerador, parte são arrastadas pelos gases craqueados, indo para o Vaso Separador, e a maior parte, se concentra nos gases de combustão efluentes do Regenerador.

As perdas pelo Vaso Separador vão para a Torre Fracionadora, contaminando os produtos e se concentrando na borra de fundo da Torre, obstruindo os internos da Torre, as tomadas de instrumentação e as tubulações conectadas.

Essas perdas de catalisador, que são os finos não retidos nos ciclones, levam à alta emissão de material particulado para a atmosfera, pelo lado do Regenerador, e contaminação no produto, pelo lado do Vaso Separador.

Essa perda de catalisador pode constituir uma fonte relevante de emissão de material particulado, chegando a constituir uma parcela razoável do total de material emitido em uma refinaria.

Para atender com mais eficácia aos requisitos de especificação dos produtos da Torre Fracionadora, ao mesmo tempo em que se cumpre a legislação ambiental, é recomendável a utilização de um Turboexpansor, tirando proveito da pressão e da vazão dos gases.

Porém, como o pó de catalisador é muito abrasivo e pode acarretar a erosão dos internos do turboexpansor, se deve prover, à montante do turbo, um sistema adicional para separação e descarte dos finos de catalisador.

#### 5.2.1. Vaso de 3º Estágio de Separação de catalisador

Para reduzir essas perdas de finos de catalisador, que saem com os gases de combustão, diversos equipamentos podem ser inseridos no circuito de gases de combustão, após o Regenerador, para minimizar a emissão de particulados à atmosfera.

Por exemplo: ciclones do Vaso de 3º estágio de separação de sólidos; Precipitadores eletrostáticos, Filtros de manga e Sistemas lavadores de gases.

O arranjo depende da exigência ambiental local e da análise aprofundada de custos e benefícios, confiabilidade, etc. da UFCC.

O precipitador eletrostático e o lavador de gases atendem bem, sendo que o último também abate o gás poluente atmosférico SOx, entretanto, são caros, de grande porte, geram subprodutos em seus tratamentos, necessitam de muito espaço, demanda de água e outros insumos, riscos operacionais, complexidade, etc.

A solução do Vaso de 3º Estágio de Separação é muito usada, normalmente, acoplada à instalação de Turboexpansor, para recuperação e aproveitamento da energia (pressão e vazão) contida nos gases de combustão.

Em uma das tecnologias existentes, o Vaso de 3º estágio é composto por um conjunto de ciclones internos.

Os gases de combustão após passarem por estes ciclones fluem, pelo topo do Vaso, para o sistema do Turboexpansor.

Os finos de catalisador recuperados se acumulam no fundo do Vaso, em um container *hopper*, e são removidos e transportados por caminhões, para destinação, normalmente, em fábricas de cimento.

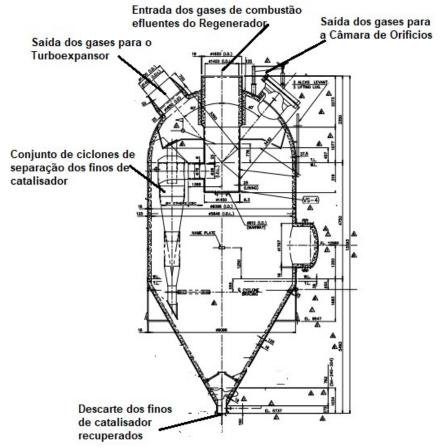
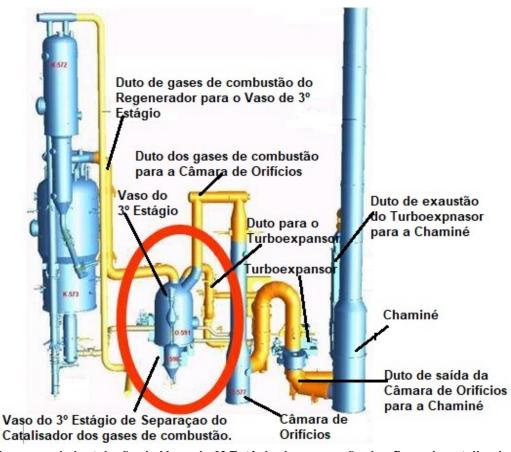


Ilustração do Vaso de 3º Estágio de Separação de Catalisador



Esquema da instalação do Vaso de 3º Estágio de separação dos finos de catalisador dos gases efluentes do Regenerador

## 5.2.2. Turboexpansor

O aproveitamento da energia potencial dos gases de exaustão do processo de FCC trouxe um importante ganho em eficiência energética nas refinarias.

Isso foi possível através da introdução do Turboexpansor, após o terceiro estágio de separação dos gases de exaustão provenientes do Regenerador, que promove a retirada do catalisador residual, ainda arrastado nos gases e que acarretaria muita erosão nos internos do Turboexpansor.

O Turboexpansor, também conhecido como turbina de expansão, é uma turbina de fluxo axial ou centrífugo, através da qual um gás de alta pressão é expandido para produzir potência, ou seja, converter a energia de pressão da corrente de gás em energia mecânica, frequentemente, usada para acionar um compressor ou um gerador de eletricidade.

#### 5.2.3. Válvulas especiais da Seção de Recuperação de Energia de UFCC

Devido à sensibilidade da operação do Turboexpansor às mudanças nas diferenças de pressão, que ocorrem no fluxo dos gases, e de possíveis problemas no próprio Turboexpansor, como perda do acoplamento ou sobrevelocidade, um rápido e eficiente controle, através de válvulas tipo borboleta butterfly valve de alta velocidade, é empregado.

Além do controle também são requeridas *isolation valv*es válvulas de fechamento rápido e isolamento seguro *man safe*, para proteção do Turbo nas emergências e aos executantes das paradas de manutenção ou reparo.

Todos os dutos, tubulações e válvulas, a partir do Vaso de 3º estágio de Separação de Catalisador até ao Turboexpansor, devem ser de "parede quente" *hot wall*, isto é, sem qualquer revestimento refratário interno, pois, há o risco de desprendimento desse refratário e danificar as palhetas do Turboexpansor. Com isso, os materiais construtivos desses componentes devem ser de Aço Inoxidável Austenítico Tp304H, resistente às elevadas temperaturas do processo, com isolamento térmico externo.

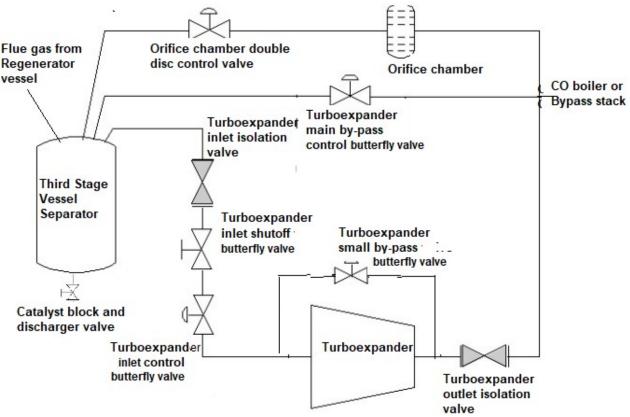
Já os dutos e válvulas, após um distanciamento seguro à jusante do Turboexpansor, podem ser de "parede fria" *cold wall*, isto é com revestimento refratário isolante internamente, porém se deve atentar que o arranjo da instalação seja de tal forma, que não haja risco de que fragmentos do refratamento possam, ao se desprenderem, caírem dentro do Turbo.

As válvulas de controle, bloqueio e isolamento dos equipamentos da seção de Recuperação de energia, com turboexpansor, são as seguintes:

Item	Serviço das válvulas especiais da Seção de Recuperação de Energia de UFCC	Tipo de válvula
1	Válvulas de isolamento e bloqueio seguro de admissão e de descarga do Turboexpansor	Goggle Valve
2	Válvula de bloqueio operacional de Turboexpansor	Butterfly valve
3	Válvula de controle de admissão de Turboexpansor	Butterfly valve
4	Válvula de controle "large by pass" de Turboexpansor	Butterfly valve
5	Válvula de controle "small by pass" de Turboexpansor	Butterfly valve
6	Válvula de bloqueio e descarte dos finos de catalisador recuperados no Vaso de 3º estágio.	Withdrawal valve ou Ball valve

## 5.2.4. Arranjo de Válvulas Especiais no Sistema de Turboexpansor

Um arranjo completo das válvulas de controle e bloqueio seguro do turboexpansor pode ser visualizado na figura a seguir.



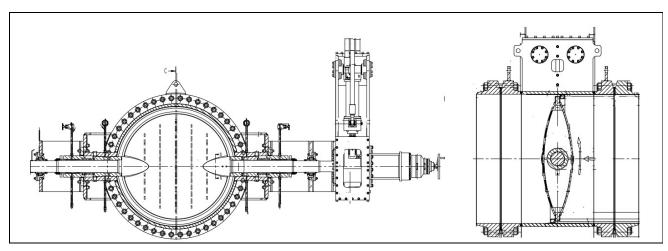
#### Notas:

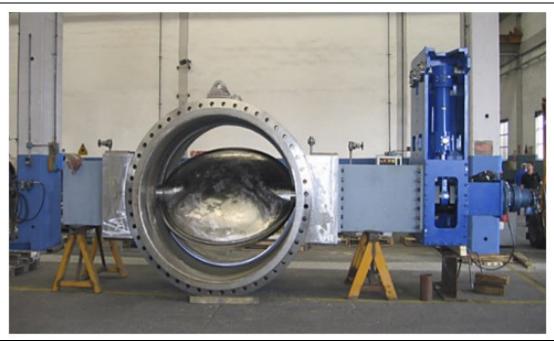
- 1. As válvulas de isolamento à entrada e à saída do turboexpansor "Inlet and outlet isolation valves "são do tipo "Goggle Valve":
- 2. A válvula de controle "main by-pass" é do tipo "butterfly control valve";
- 3. A válvula de controle "trim or small by-pass" é do tipo "butterfly control valve";
- 4. A válvula de bloqueio operacional "inlet shut-off" é do tipo "butterfly shut off valve";
- 5. A válvula de controle "inlet control" é do tipo "butterfly control valve";
- 6. A válvula de controle na entrada da Câmara de Orifícios é do tipo "double disc slide valve";
- 7. A válvula de descarte de finos de catalisador na saída do Vaso de 3º estágio é do tipo placa corrediça ou de esfera.

## 5.2.5. Válvulas de controle e bloqueio tipo borboleta butterfly valve

As válvulas tipo borboleta butterfly valve são utilizadas especificamente nos seguintes serviços

- a. Turboexpander inlet shutoff Butterfly Valve;
- b. Turboexpander inlet control Butterfly Valve;
- c. Turboexpander main by-pass control Butterfly Valve;
- d. Turboexpander small by-pass control Butterfly Valve.





Válvula do tipo borboleta butterfly valve do sistema do Turboexpansor

## Especificação técnica resumida das Válvulas do Sistema do Turboexpansor

Há duas condições básicas requeridas para as válvulas do circuito do Turboexpansor:

a. Classe de vedação interna da válvula, para assegurar que haja o mínimo vazamento por passagem dos gases entre a sede e o obturador;

b. Velocidade alta de atuação da válvula, de abertura, fechamento e controle, para proteção do Turboexpansor, em caso de emergência, por exemplo, falha do sistema de lubrificação da máquina ou quebra do acoplamento com o gerador elétrico, em que haveria o risco de supervelocidade ou disparo do Turbo. Para isso há necessidade de válvula acionada por sistema de atuador hidráulico com estação eletrohidráulica

 Válvulas de isolamento seguro de entrada e saída do Turboexpansor, tipo Goggle Valve, de parede quente (à montante do Turbo) ou parede fria (à jusante do Turbo), com vedação Classe V ANSI FCI 70-2, de comando manual e atuação automática por estação eletrohidráulica.

Turboexpander inlet and outlet isolation Goggle Valve Type, hot wall ou cold wall, Class V sealing with automatic command.

São válvulas de proteção do Turboexpansor e o acionamento deve ser rápido o suficiente para atuar nas emergências ou falhas da máquina, pois a válvula de bloqueio tipo borboleta permite um vazamento ainda suficiente para continuar girando a máquina.

 Válvula borboleta de bloqueio shutoff operacional na entrada do Turboexpansor, tipo Butterfly Valve, step seated, parede quente, com vedação Classe II ANSI FCI 70-2; de bloqueio em emergências em 0,6 seg, e de atuação automática por estação eletrohidráulica.

Turboexpander inlet shutoff hot wall Butterfly Valve Type, "step seated" and Class II sealing, EDS-Emergency Shut Down 0.6 sec

• Válvula borboleta de controle na entrada do Turboexpansor, tipo *Butterfly Valve, step seated*, parede quente, com vedação Classe II ANSI FCI 70-2; de fechamento em emergências em 0,6 seg, e de atuação automática por estação eletrohidráulica.

Turboexpander inlet control hot wall Butterfly Valve Type, "step seated" and Class II sealing, EDS-Emergency Shut Down 0.6 sec.

 Válvula borboleta de controle do bypass principal do Turboexpansor tipo Butterfly Valve, step seated, parede quente, com vedação Classe II ANSI FCI 70-2 e fechamento em emergências em 0,6 seg, e de atuação automática por estação eletrohidráulica. Turboexpander main bypass control hot wall Butterfly Valve Type, "step seated" and Class II sealing, ESD-Emergency Shut Down 0,6 sec.

 Válvula borboleta do pequeno bypass do Turboexpansor, tipo Butterfly Valve, non step seated, parede quente, com vedação Classe II ANSI FCI 70-2, usada para sincronização nas partidas do Turbo, e de atuação automática por estação eletrohidráulica.

Turboexpander small bypass control hot wall Butterfly Valve Type, "non step seated" and Class II sealing, used for synchronization.

 Válvula tipo Double Disc Slide Valve, parede fria, com vedação Classe II ANSI FCI 70-2, usada para liberar a passagem dos gases de combustão para a Câmara de Orifícios, e de atuação automática por estação eletrohidráulica em cada disco slide.

Orifice chamber double disc control cold wall Slide Valve Type, with ESD-Emergency Shut Down 5 sec

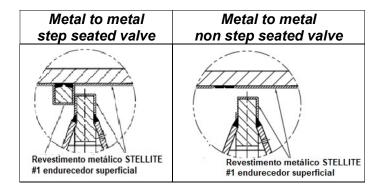
A válvula *Flue gas double disc slide valve* à entrada Câmara de Orifício, nos Sistema de Turboexpansor, além da função de controle da vazão dos gases, também participa do esquema de segurança do Turbo, com a abertura imediata nos casos de emergência operacional do Turbo.

Esta válvula tem disco ou *slide* duplo, com as seguintes características:

- a. Nas UFCCs que não possuem a Seção de Recuperação de Energia, os discos nunca se fecham completamente, assegurando uma área mínima aberta, suficiente para o alívio de pressão do Conjunto Conversor, em situações de emergência operacional;
- b. Já, nas UFCCs com Seção de Recuperação de Energia, enquanto o Turboexpansor está em operação, essa válvula deve permanecer totalmente fechada, para não haver perda do fluxo de gases e assegurar que toda a vazão dos gases passe pelo Turbo. Nessa situação, são instaladas Válvulas de Segurança e Alívio de pressão do Conjunto Conversor.

#### Notas:

1. A vedação *metalxmetal com step seat* é necessária para reduzir as perdas de energia, isto é, a passagem de gás, internamente, pela sede das válvulas.



- 2. O ângulo máximo operacional de abertura da *Butterfly Valve* é de 70°, pois a partir daí o efeito sombra do eixo interno não deixa aumentar a área de fluxo. A condição normal de trabalho é na faixa de 50 a 60% da abertura.
- 3. A válvula de controle é uma válvula de atuador de posicionamento do obturador interno, com energia para movê-lo para qualquer posição, em relação a uma sede, em resposta e em proporção a um sinal externo.

A energia para o atuador é fornecida por uma fonte externa, independente, pneumática ou hidráulica.

4. Velocidade de atuação

Tempo total do curso, excluindo o amortecimento no final do curso:

• Válvulas Expander Butterfly valve

Tempo de acionamento normal: 1 seg;

Tempo em emergência ESD Emergency Shut Down: 0,6 segundos máximo.

• Válvula Flue Gas Double Disc Slide valve:

Tempo normal de deslocamento: 5 segundos, Tempo em emergência ESD Emergency Shut Down: 3 segundos no máximo;

 A tolerância para o vazamento ou passagem através da vedação sedexobturador de válvula de controle é definida por Classes de Vedação conforme Norma - ANSI FCI 70-2 Control Valve Seat Leakage.

Leakage Class Designation	Maximum Leakage Allowable	Test Medium	Test Pressure	Testing Procedures Required for Establishing Rating
1	XXX	XXX	XXX	No test required provided user and supplier so agree
,II.	0.5% of rated capacity	Air or water at 50-125° F (10-52° C)	45-60 psig or max. operating differential whichever is lower	Pressure applied to valve inlet with outlet open to atmosphere or connected to a low head loss measuring device full normal closing thrust provided by actuator.
,III	0.1% of rated capacity	Air or water at 50-125° F (10-52° C)	45-60 psig or max. operating differential whichever is lower	Pressure applied to valve inlet with outlet open to atmosphere or connected to a low head loss measuring device full normal closing thrust provided by actuator.
IV	0.01% of rated capacity	Air or water at 50-125° F (10-52° C)	45-60 psig or max. operating differential whichever is lower	Pressure applied to valve inlet with outlet open to atmosphere or connected to a low head loss measuring device full normal closing thrust provided by actuator.
V	0.0005 ml per minute of water per inch of port diameter per psi differential	Water at 50-125° F (10-52° C)	Max service pressure drop across valve plug, not to exceed ANSI body rating.	Pressure applied to valve inlet after filling entire body cavity and connected piping with water and stroking valve plug closed. Use net specified max actuator thrust, but no more, even if available during test. Allow time for leakage flow to stabilize.

Fonte: ANSI Valve Leakage Standards

https://gemcovalve.com/wp-content/uploads/2015/01/ANSI-VALVE-LEAKAGE-STANDARDS-Gemco-Valve.pdf American National Standard Control Valve Seat Leakage https://tajhizkala.ir/doc/ANSI/ANSI/20FCI%2070.2.pdf

**5.2.6.** Válvulas de isolamento seguro à entrada e à saída do Turboexpansor tipo *Goggle Valve* Como as válvulas borboleta *control and shutoff butterfly valves* não são de vazamento zero, é necessário a instalação de válvulas de isolamento *zero leakage*, à entrada e à saída do Turbo para permitir o trabalho seguro ao homem, durante a montagem de raquetes nos dutos de entrada e de saída, para manutenção da máquina. A válvula, normalmente, utilizada é do tipo *Goggle Valve*. Nota:

Nas paradas do Turboexpansor, após fechadas as válvulas Goggle Valves, à entrada e à saída do Turbo, é necessário o raqueteamento do Turbo, para garantir a proteção dos executantes de manutenção e reparos. O raqueteamento do Turboexpansor, para os trabalhos de manutenção e reparo, é executado com flanges cegos, nos dutos de entrada e saída, requeridos para isolar completamente a máquina do restante da Unidade. Para possibilitar esse serviço, à entrada e à saída do Turboexpansor há carretéis flangeados, que são removidos, após o fechamento das válvulas Goggle valves de isolamento, permitindo a instalação de flanges cegos nas extremidades dos dutos de gases.

A seguir, foto de um sistema existente, mostrando a distância entre flanges e tamanho do carretel, que possibilita o trabalho de raqueteamento.



Foto ilustrando a retirada do carretel na entrada e na saída do Turboexpansor petroblog-Santini

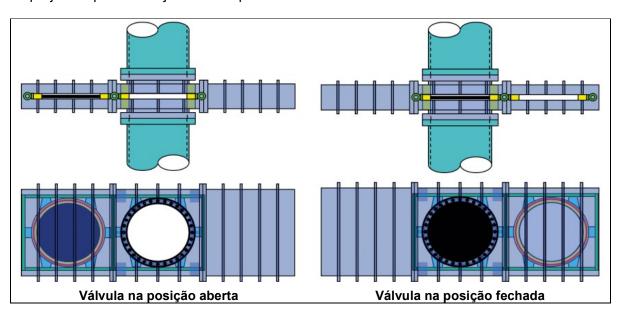
As *Goggle Valves* são válvulas de fechamento hermético, encapsuladas, sem qualquer vazamento, interno ou externo, que permitem a operação em altas temperaturas, até 1100°C, sem deformações.. O projeto deve assegurar 100% de bloqueio do fluxo de gases na posição fechada, garantindo assim nenhuma passagem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



Foto de Válvula de isolamento Seguro tipo Goggle Valve utilizada em UFCC Man safe Enclosed Goggle Valve / Automatic Blind Isolation Valve Cortesia da empresa IMI Critical Engineering

#### Características:

- Fechamento hermético, isto é, sem passagem interna e vazamento para o exterior, de acordo com as normas de segurança.
- Altas temperaturas de operação em design de parede quente hot wall ou parede fria cold wall.
- Várias posições de instalação possíveis: Horizontal Vertical Inclinado.
- Válvula projetada para flutuações de temperatura.



## 5.2.7. Válvulas do Vaso de 3º estágio de separação

Ao saírem do Vaso de 3º Estágio de Recuperação, os gases livres dos finos de catalisador saem pelo topo e são dirigidos para o Turboexpansor, enquanto o pó de catalisador recuperado é recolhido e sai pelo fundo, controlado pela válvula de descarte de catalisador.

Esta válvula tem um serviço muito severo, devido à alta temperatura, acima de 600°C, às características de abrasão do catalisador e à necessidade de vedação metal x metal, entre a sede e o obturador.

#### petroblog-Santini

Para evitar os entupimentos nas tomadas de instumentação, há vários pontos de injeção de ar de purga para limpeza interna.

Os tipos de válvulas mais utilizados são de obturador de placa corrediça ou de esfera ball valve.

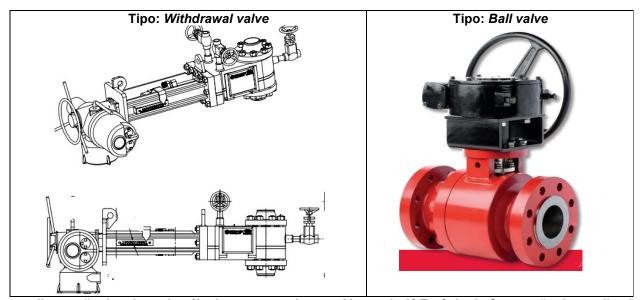


Ilustração dos tipos de válvulas empregadas nos Vasos de 3º Estágio de Separação de catalisador

ANEXO
Esquema das Seções de Conversão e de Recuperação de Energia de FCC típico com os principais equipamentos e válvulas especiais

