

Refratamento dos equipamentos de UFCCs Unidades de Craqueamento Catalítico Fluido

1. Introdução

Os revestimentos refratários dos equipamentos, dutos e válvulas especiais, das UFCCs-Unidades de Craqueamento Catalítico Fluido, são selecionados e especificados a partir da Norma Petrobras N-1728 Concretos Refratários,

Para identificar as Classes de refratário da Norma Petrobras N-1728, com os refratários disponíveis no mercado, adotou-se como referência o fabricante norte americano Resco Products, tradicional fornecedor de refratários para a indústria de óleo&gás, particularmente para o refratamento dos equipamentos, dutos e válvulas especiais de unidades UFCC-Unidade de Craqueamento Catalítico Fluido.

As Classes de concretos refratários apresentadas pela Norma N-1728 são:

Concreto refratário	Mistura de um ou mais agregados refratários, de granulometrias adequadas, com um ligante de pega hidráulica ou química
Isolantes Classes A, B e C	Mistura de cimento refratário com agregados de baixa densidade, obtendo-se uma massa específica aparente final, igual ou inferior a 1 300 kg/m ³ , após a secagem a 110 °C
Semi Isolante	Mistura de cimento refratário com agregados de baixa e média densidade, obtendo-se uma massa específica aparente final, superior a 1 300 kg/m ³ e igual ou inferior a 1 700 kg/m ³ , após a secagem a 110 °C
Antierrosivos Classe A, B e C	Concreto denso mistura de cimento refratário com agregados de alta densidade, obtendo-se uma massa específica aparente final, superior a 1 700 kg/m ³ , após a secagem a 110 °C

A tabela a seguir orienta a seleção dos refratários disponíveis no mercado, com base nos produtos da Resco.

<p>Concreto refratário antierrosivo N-1728 Classe C</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rescobond AA-22S • Actchem 85. • Thermbond Formula 12 L 	<p>Rescobond AA-22S é um refratário antierrosivo de componente único, resistente à abrasão, usado principalmente em aplicações de revestimento fino para proteger contra abrasão severa. Ele também pode ser usado como reparo de outros revestimentos refratários.</p> <p>Actchem® 85 é refratário antierrosivo de componente único, com boa resistência à abrasão, resistência ao esmagamento a frio e resistência química, que pode ser aplicado à mão ou compactado em aplicações de revestimento fino. Actchem® 85 também pode ser projetado, com baixas perdas por rebote.</p> <p>Thermbond Formula 12 L é um refratário antierrosivo de resistência superior à abrasão, para desempenho de longo prazo, e, normalmente, utilizado em ciclones, distribuidores de ar <i>pipe-grids</i>, válvulas especiais de UFCCs. A aplicação é por compactação manual em malha hexagonal com 1 polegada de espessura, para preencher a base das células, e, em seguida, compactação pneumática para concluir a instalação.</p>
---	---

<p>Concreto refratário isolante N-1728 Classe A</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rescocast 3 	<p>Rescocast 3 é um refratário isolante de bom desempenho e de alta relação resistência versus isolamento. Este material pode ser instalado por métodos de projeção ou fundição. Em aplicações de bombeamento para projeção, o Rescocast 3 PC é recomendado.</p>
<p>Concreto refratário semi isolante N-1728</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rescocast 7 • Rescocast 8 	<p>Rescocast 7 é o refratário semi isolante para uso em paredes de vasos de reatores e regeneradores de FCC. Boa resistência combinada com bom isolamento tornam este material uma escolha ideal para muitas aplicações em equipamentos de UFCC. Embora usado principalmente como material de projeção, ele também pode ser fundido ou alisado no lugar.</p> <p>Rescocast 8 é um refratário semi isolante de baixo teor de Ferro, que o torna adequado para equipamentos e dutos de UFCCs, incluindo as Caldeiras de CO. Ele pode ser instalado por fundição ou projeção.</p>
<p>Concreto refratário antierosivo baixo cimento N-1728 Classe C</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rescocast 17EC • Resco Sureflow 17E 	<p>Rescocast 17EC é um refratário antierosivo a ser aplicado com vibração e vertimento em formas metálicas, apresentando bons resultados de resistência estrutural e resistência à abrasão, em curvas em U, seções em Y e em dutos de transferência de catalisador e de gases craqueados, de UFCCs..</p> <p>Resco Sureflow 17E é um refratário antierosivo de alta resistência estrutural e excelente resistência à abrasão. Ele tem as mesmas propriedades físicas do Rescocast 17EC com a vantagem adicional de fluência livre <i>free flow</i> para o local sem vibração. Este produto deve ser instalado por vertimento em formas metálicas; nenhuma vibração é necessária durante a instalação. O Sureflow 17E não pode ser bombeado e projetado.</p>

Referência: Norma Petrobras N-1728 Concretos refratários

O refratamento consiste no uso do refratário adequado e suas ancoragens, todos resistentes às condições do meio, elevadas temperaturas e abrasividade do pó de catalisador.

Os revestimentos com os refratários isolantes e semi-isolantes podem ser instalados, utilizando os métodos de aplicação por derramamento ou vertimento em forma metálica ou por projeção pneumática.

Já o revestimento refratário do tipo antierosivo Classe C, Rescocast 17EC, deve ser aplicado pelo método de derramamento ou vertimento com formas metálicas, utilizado vibradores pneumáticos.

E o refratário antierosivo Classe C de fluência livre *free flow*, Resco Sureflow 17E, deve ser aplicado por derramamento ou vertimento com forma metálica, sem vibradores.

Nos revestimentos refratários aplicados por derramamento ou vertimento e projeção pneumática é conveniente adicionar agulhas ou fibras metálicas, tipo "*melt extracted*" de material aço inoxidável 304SS, com a finalidade de conferir melhoria das propriedades de resistência mecânicas, evitando perdas por lascamento e escamação.

Os equipamentos, dutos e válvulas da UFCC são classificados em de “parede quente” e de “parede fria”.

Os de “parede fria” são assim chamados por receberem uma camada interna de revestimento refratário isolante, para a proteção da parede metálica das temperaturas elevadas do processo e da erosão pelos pós de catalisador, que são muito abrasivos.

Os de “parede quente” têm as superfícies metálicas em contato direto com os fluxos de gases e de pós de catalisador.

Nos equipamentos de “parede fria”, a saber, Regenerador, Vaso Separador, Stripper externo, Stand pipes, Vaso de 3º estágio de ciclones, Câmara de Orifícios, dutos e as Válvulas especiais, por serem construídos de aço Carbono, requerem proteção contra a temperatura alta (de 500°C até 760°C) e a erosão provocada pelo catalisador de pó abrasivo.

Já os internos dos equipamentos de “parede fria”, como os Ciclones, o Stripper interno, os pratos perfurados da Câmara de Orifício e internos das Válvulas especiais devem ser de aço inoxidável austenítico, resistente às elevadas temperaturas, e necessitam apenas serem revestidos internamente de refratamento antierosivo, nas partes atingidas pelo fluxo de fluido abrasivo.

Nos equipamentos, dutos e válvulas especiais de “parede fria”, fabricados de aço Carbono ou de aço de Baixa Liga Cr-Mo, o revestimento refratário isolante deve ser o refratário de antierosivo Classe C tipo Vibrocast refractory lining Rescocast 17EC, aplicado em forma metálica com vibradores pneumáticos.

Ou o refratário tipo fluência livre *free flow* Resco Sureflow-17E, que deve ser aplicado por derramamento ou vertimento em formas metálicas sem vibração,

Nos internos das Válvulas especiais e componentes de equipamentos de “parede quente”, fabricados de aço inoxidável austenítico, o revestimento a ser aplicado deve ser o resistente à abrasão tipo antierosivo Classe C Resco AA-22S ou Actchem 85.ou Thermbond Fórmula 12 L

Um fato de conhecimento geral é a susceptibilidade dos revestimentos refratários aos gradientes térmicos, que sempre acontecem com as variações de temperatura impostas durante os ciclos de resfriamento e aquecimento, quando a unidade para de operar ou quando entra em operação após uma parada prolongada. Por isso, é de suma importância minimizar as oscilações operacionais, principalmente as paradas não programadas e de emergência, as quais, se forem acima de certa duração, impõem um ciclo completo de tensões térmicas ao equipamento. Quanto mais paradas intermediárias ocorrerem em uma campanha operacional, maior é a probabilidade de ter que parar a unidade novamente antes do final da campanha, devido a problemas com os revestimentos refratários.

2. Normas de referência

Normas Petrobras

N-1728 Concreto Refratário

N-1617 - Aplicação de Concreto Refratário;

N-1910 Projeto de Revestimentos de Concreto Refratário

3. Esquemas de Conversor de FCC existentes na Petrobras

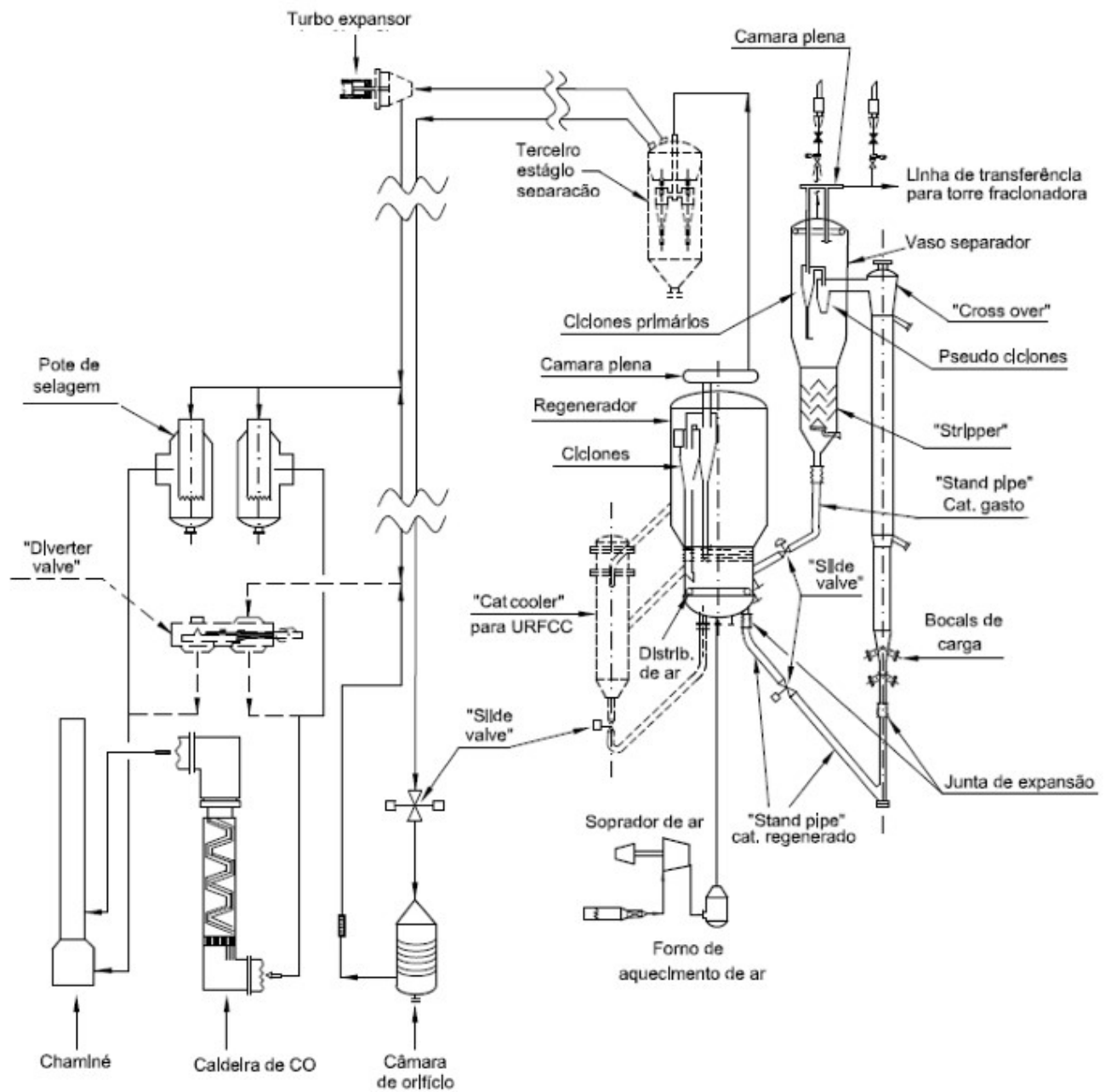
Nas refinarias da Petrobras há os Conversores de FCC das seguintes projetistas:

- Kellogg Brown & Root (antiga M.W. Kellogg);
- Honeywell UOP;
- Petrobras.

Da Kellogg há os modelos “stacked” e os Orthoflow; da UOP há o modelo “side-by-side”; e da projetista Petrobras há o modelo híbrido, assumindo algumas características da Kellogg e outras da UOP.

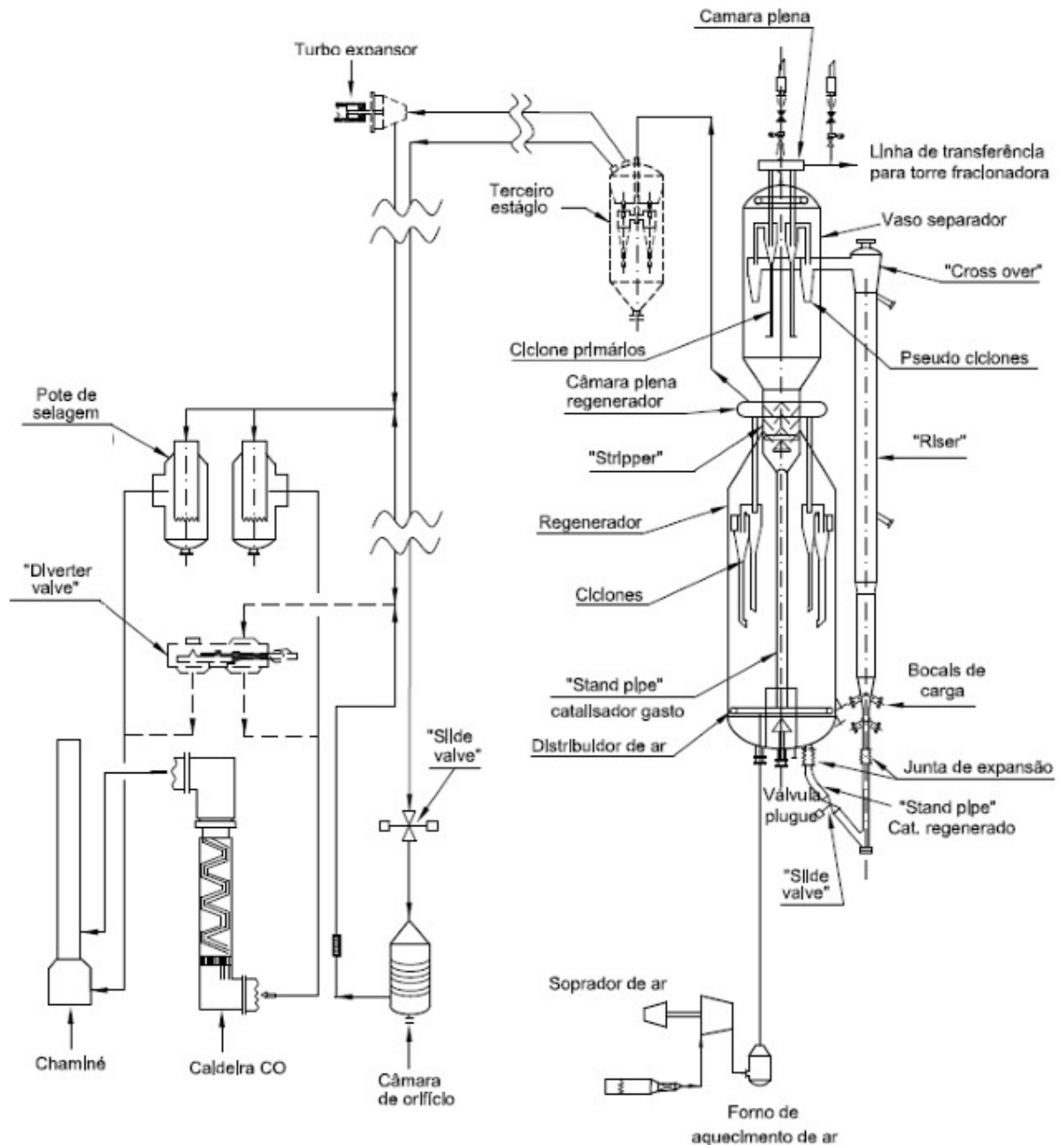
Este trabalho está baseado no modelo Orthoflow da Kellogg.

Conversor tipo "Side by Side" projeto da Licenciadora Honeywell UOP



Referência Norma Petrobras N-1910

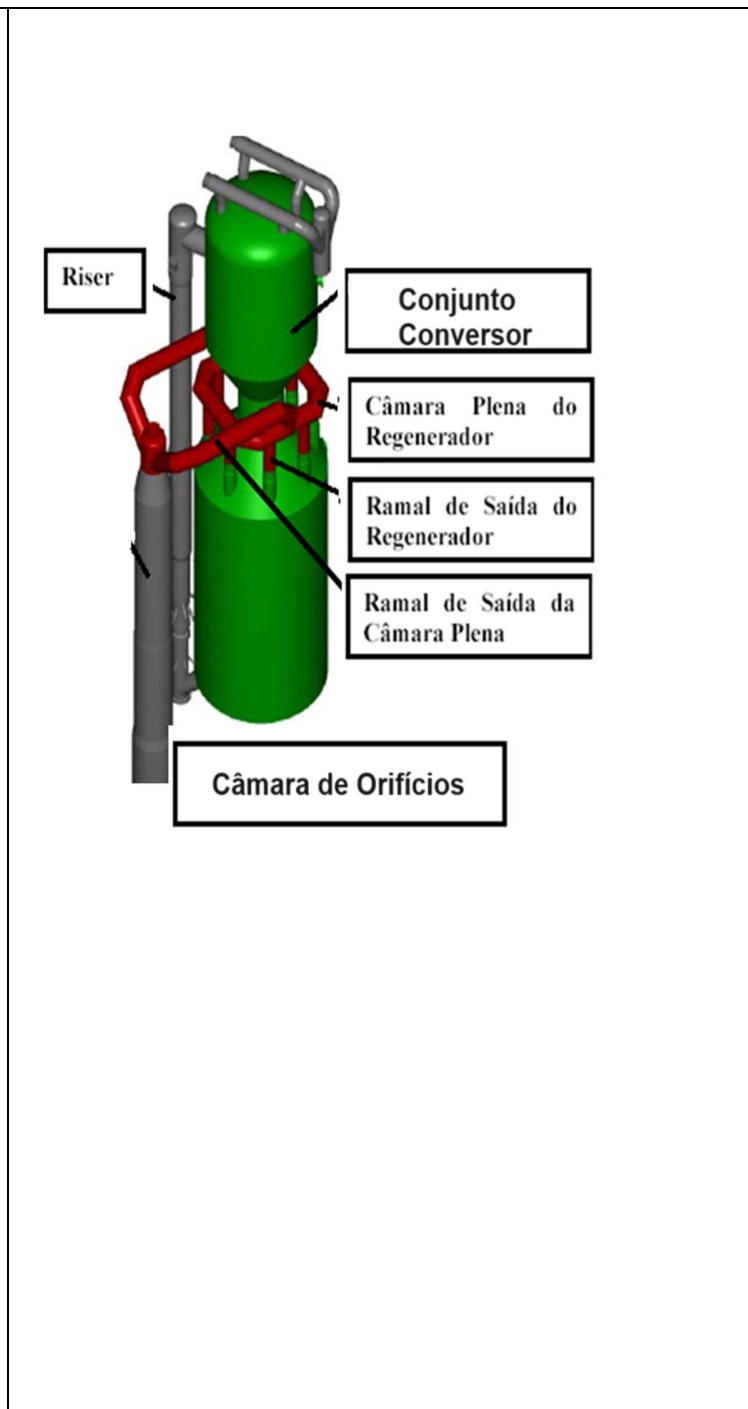
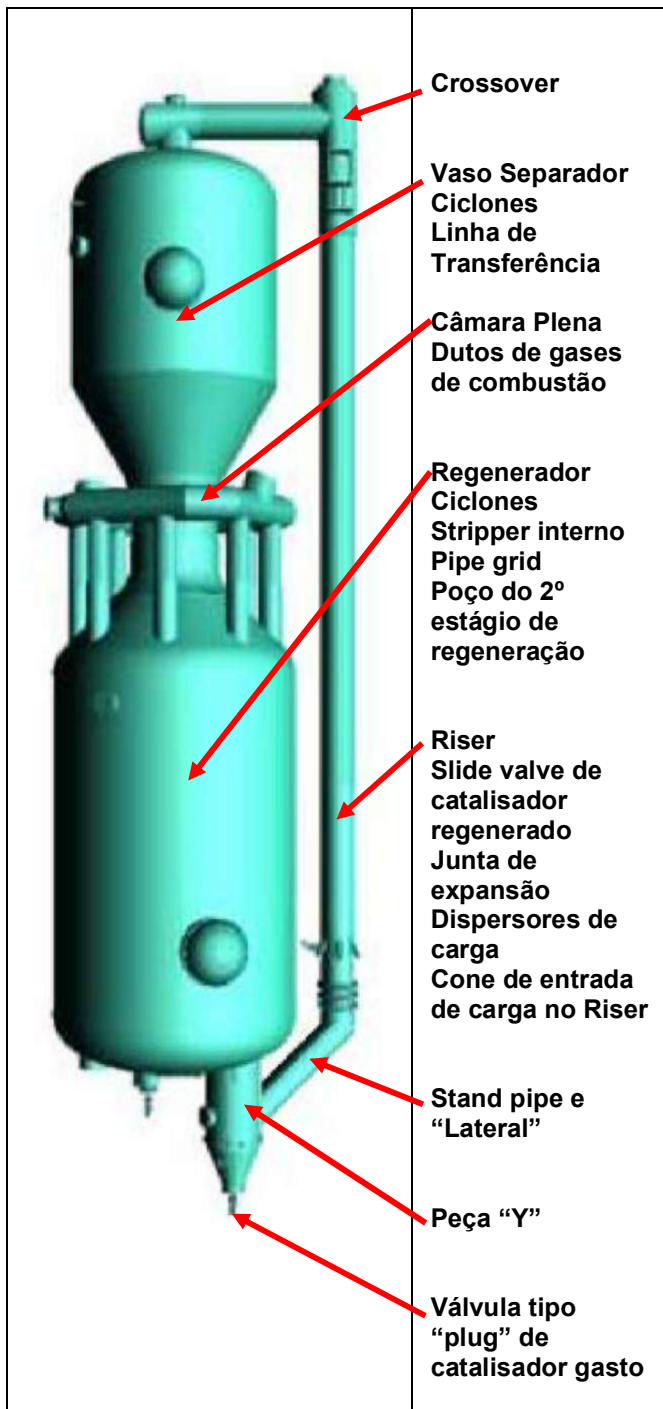
Conversor tipo Orthoflow projeto da Licenciadora Kellogg Brown & Root



Referência Norma Petrobras N-1910

4. Esquema do Conversor de FCC em análise neste trabalho

O Conversor em análise é o de projeto de equipamentos empilhados "stacked", modelo Orthoflow da Licenciadora norte americana Kellogg Brown & Root, instalados em várias refinarias da Petrobras. Os equipamentos, dutos e válvulas especiais são construídos conforme Código de vasos de pressão ASME Sec VIII Div 1 e da Norma ASME B.31.3 para tubulações e dutos.



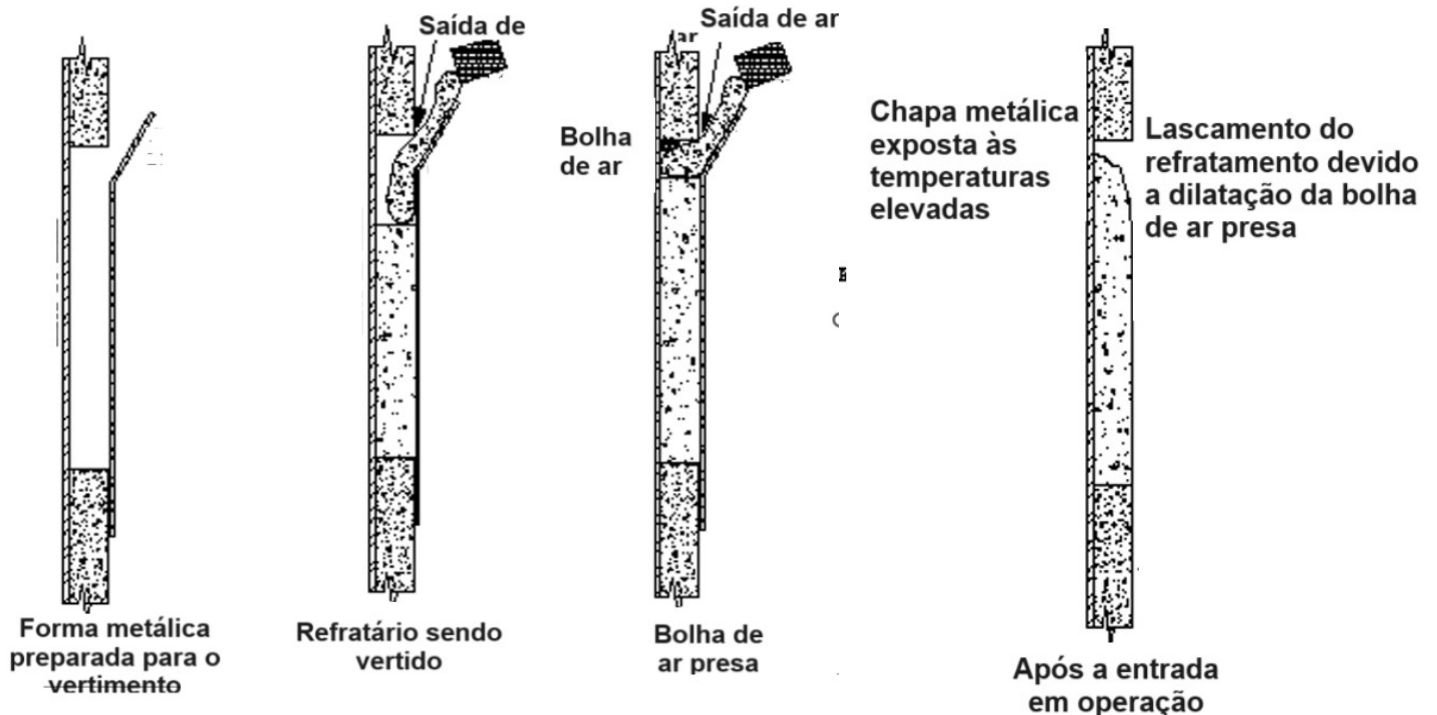
5. Emendas entre revestimentos refratários

Durante a aplicação do refratamento, há ocasiões em é necessário a emenda entre paredes refratadas.

O grande risco é restar alguma(s) bolha(s) aprisionada(s) na emenda.

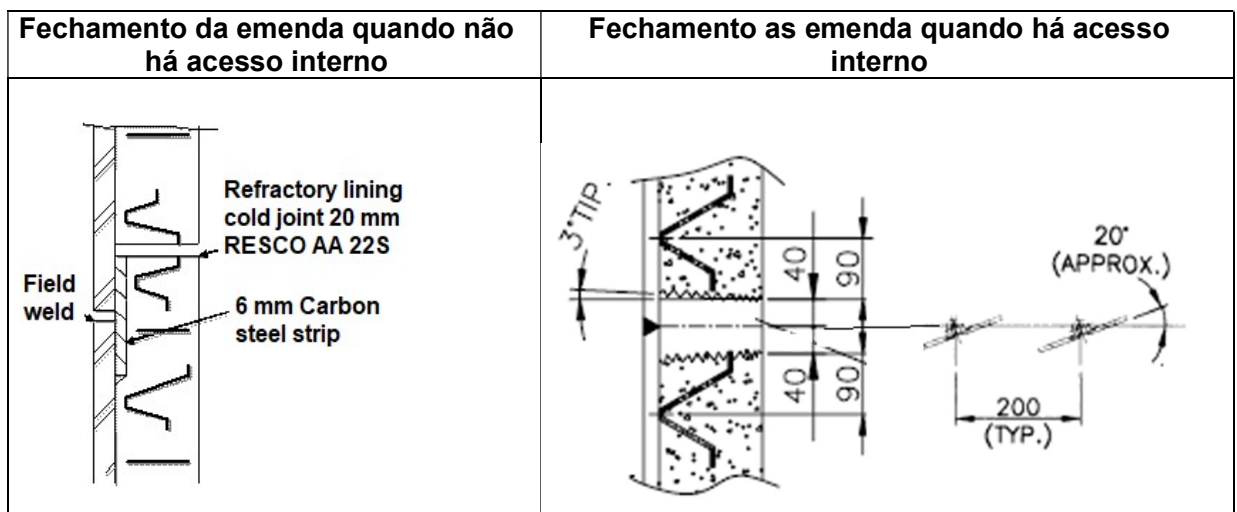
O efeito do ar aprisionado é derrubar o refratamento durante a operação, devido à expansão do ar, nas altas temperaturas de operação.

A emenda entre retratamentos é chamada de "junta fria".



Problemas típicos de ar aprisionado durante a aplicação do refratário para emenda entre refratamentos

O fechamento da junta fria de refratários, com a soldagem da chapa metálica do corpo do equipamento, depende se há ou não o acesso ao interior do equipamento.



Detalhe do fechamento de junta fria entre revestimentos de refratário

6. Alteração da cor da Tinta sensível à temperatura

Os equipamentos, dutos e válvulas especiais das UFCCs, que têm revestimento refratário, internamente, são pintados de cor verde, de tinta especial sensível à temperatura, que altera a cor, para identificar os locais de queda de refratário.

Faixa de Variação da Cor	Tipo 1	Tipo 2
cor até 180 °C		azul escura
cor até 260 °C	verde escura	
entre 20 °C e 230 °C		mudança de cor para azul-claro esverdeado em 36 h a 60 h
a 260 °C		mudança para cor clara em algumas horas, tornando-se branco em 24 h
a 290 °C	deslocação observada após 3 semanas	
a 315 °C	deslocação perceptível após 18 h	
a 400 °C	mudança de cor para branco após 3 h	

7. Regenerador

O Regenerador fabricado com aço Carbono acalmado e normalizado, especificação ASME SA516 Gr 70.

Utilizar no corpo de Regenerador o revestimento refratário monolítico, Semi Isolante, agulhado (3%), com espessura do refratamento de 125 mm (5 pol), ancorado em grampos tipo tridente ou “V” ondulado, de aço inox 304SS, e aplicado com projeção pneumática ou vertimento em forma metálica com vibração interna.

8. Câmara Plena do Regenerador

Fabricados com aço Carbono acalmado e normalizado, especificação ASME SA516 Gr 70.

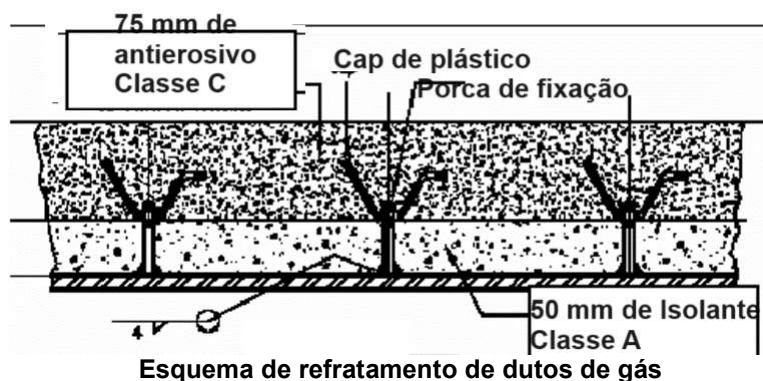
Empregar revestimento refratário monolítico, com grampos tipo “V” ondulado e refratário antierosivo Classe C, Rescocast 17EC, monolítico, agulhado (3%), com espessura do refratamento de 125 mm (5 pol), aplicado por vertimento em forma metálica com vibradores pneumáticos.

9. Dutos de gás de combustão entre Câmara Plena do Regenerador e a Câmara de Orifícios e entre o Vaso de 3º Estágio de Ciclones e a Câmara de Orifícios

Fabricados com aço Carbono acalmado e normalizado, especificação ASME SA516 Gr 70.

Para reduzir a temperatura da chapa metálica dos dutos de gases de combustão, que reduz a expansão térmica e facilita o cálculo da flexibilidade, o refratamento é em duas camadas, sendo:

- camada inferior com 50 mm de refratário isolante Classe A, aplicado por projeção pneumática em grampo tipo “Y”;
- camada superior com 75 mm de refratário antierosivo Classe C de fluência livre *free flow* Resco Sureflow 17E, aplicado por vertimento em forma metálica, sem vibração.

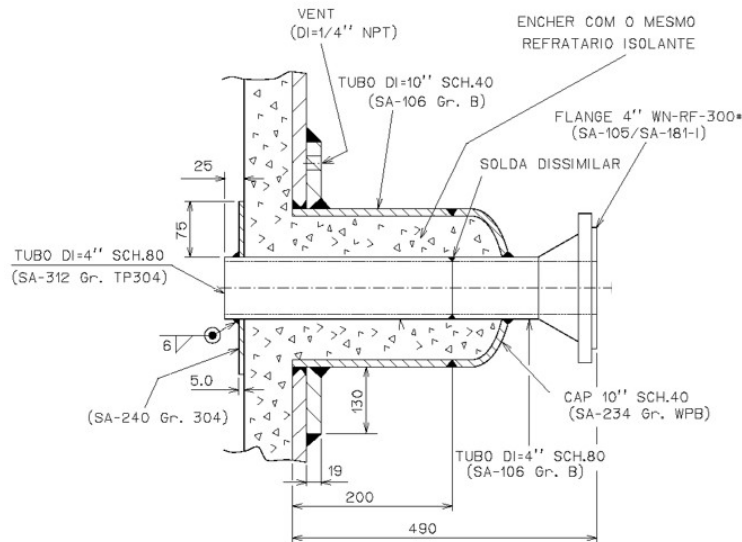


10. Bocais de interligação com tubulações e de instrumentação

Fabricados com aço Carbono acalmado e normalizado, especificação ASME SA106 GrB ou SA105. O projeto de refratamento de bocal é especial, para garantir que não vai gerar “ponto quente”, isto é, de temperatura alta, na ligação com a chapa metálica do corpo do equipamento.

Encher o espaço interno com refratário isolante Classe A e instalar o anel de chapa de inoxidável de contenção do refratamento.

A figura a seguir ilustra como é a construção dos bocais refratados.



Exemplo do refratamento de um bocal de diâmetro nominal de 10”.

11. Boca de visita no costado, do Vaso Separador e do Regenerador, para retirada e instalação de ciclones

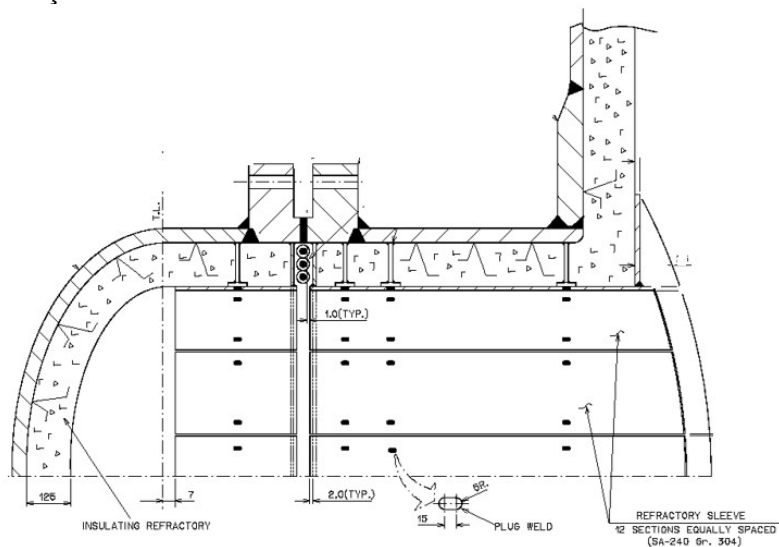
Fabricada com aço Carbono acalmado e normalizado, especificação ASME SA516 Gr 70.

Aplicar o refratário isolante Classe A, com 100 mm de espessura e agulhado 3% no pescoço e no tampo da boca de visita.

Recobrir com chapa metálica de aço inoxidável austenítico, de proteção do refratamento, como indicado na figura.

O local mais frágil com queda de refratário é no canto vivo da mudança de direção do costado para o pescoço, por onde o fluxo de catalisador acaba erodindo e arrancando pedaços de refratário.

Manter este local recoberto, estendendo a chapa de proteção do refratário do pescoço e instalando o anel de chapa de contenção do refratamento.



Boca de remoção e instalação dos ciclones de Regenerador e do Vaso Separador

12. Vaso Separador e Câmara Plena Externa

Fabricado com aço Carbono acalmado e normalizado, especificação ASME SA516 Gr 70.

Para a região do costado cilíndrico e calota do Vaso Separador aplicar o revestimento refratário Semi Isolante, na espessura total de 100 mm monolítico com 3% de agulhas, que estabilizam os pedaços de refratário que se trincam e partem, impedindo que caiam, ancorado em grampo "V" ondulado de inox 304SS, de altura igual a espessura do refratamento, ou seja, a perna mais longa do grampo "V" ondulado, deve ser de 4" de altura.

Na região cônica aumentar o teor de agulhas (5%) e reduzir o espaçamento entre grampos ao mínimo permitido pela Norma Petrobras N-1910.

O método de aplicação deste material deve ser por vertimento com vibração interna ou por projeção, a ser qualificado por ocasião da aplicação.

A distribuição da ancoragem, deve ser de acordo com a Figura A11 da Norma Petrobras N-1910 rev "h", sempre levando em consideração o menor espaçamento entre grampos permitido pela norma e reduzindo o espaçamento vertical entre grampos, dos 0,8A previsto na norma para 0,7A.

O revestimento refratário da Câmara Plena Externa deve ser com refratário semi isolante, aplicado por vertimento com vibração interna, com 100 mm de espessura e grampos tipo V ondulado de inox 304SS.

Resumo do revestimento refratário a ser adotado no Vaso Separador e em sua Câmara Plena:

- a- espessura do refratamento 100 mm (4 pol);
- b- grampos "V" ondulados e solubilizados;
- c- refratário semi isolante, similar ao Resco RS-8, pois provoca poucas trincas durante a secagem, o que prolonga a vida do refratamento;
- d- teor de agulha máximo possível (3% limitado pela aplicação por projeção);
- e- secagem com maçaricos a gás, não é permitida a secagem operacional.

13. "Stripper" e "stand-pipe"

Fabricados com chapas especificação de aço liga 2 ¼ Cr 1 Mo, conforme os requisitos adicionais do ASME SA387 Gr22, incluindo o Fator "J" (controla a tenacidade do material) e o Fator "X (Bruscato)" (controla a tenacidade do cordão de solda).

A especificação de material para o "stripper" e o "stand pipe", no interior do Regenerador deve atender:

a- Especificação do material: ASME Sec II SA 387 Gr22 Cl 2.

b- Additional Supplementary Requirements

S62.1 The composition of the steel, based on heat analysis, shall be restricted in accordance with the following requirement: $J < \text{or} = 150$.

S62.1.3 The values of J shall be reported.

S62.1.4 The welding consumable composition shall be restricted in accordance with the following requirement: $X < \text{or} = 15$

S62.2.5 The values of X shall be reported.

O revestimento refratário deve ser, internamente, com 50 mm de antierosivo Classe A em malha hexteel, e externamente com 100 mm de refratário antierosivo Classe C Resco Sureflow 17 E, aplicado com vertimento em forma metálica, sem vibração, agulhado 3 %, monolítico, ancorado em grampo "V" ondulado de inox 304SS.

14. Dificuldade de circulação de catalisador por entupimento do "stand pipe", com pedaços de coque e/ou de refratário provenientes do Vaso Separador

Instalar "guarda-debris" do tipo gaiola, no cone inferior do "Stripper", junto à entrada do "Stand pipe".

A abertura do "guarda-debris" deve ser determinada para reter pedaços de coque ou refratário, que não conseguem passar pela Válvula de catalisador gasto.

O "guarda-debris" deve ter altura aproximadamente de 800 mm e ter boca de visita, ou ser removível, fixado por parafusos, para permitir a passagem do pessoal de manutenção nas paradas.



15. Linha de transferência do Vaso Separador para a Torre Fracionadora

Fabricada com aço Carbono acalmado e normalizado, especificação ASME SA516 Gr 70.

Não há revestimento refratário a ser aplicado.

Remover todos os excessos de solda internos, pois levam à geração e formação localizada de coque, que ao se desprenderem se depositam no fundo da Torre Fracionadora.

16. Poço de 2º estágio de regeneração de catalisador no Regenerador

- a- Fabricar com chapa de 25 mm como espessura mínima de chapa de aço inoxidável austenítico 304H para o poço de 2º estágio de regeneração de catalisador;
- b- Adotar como temperatura de projeto a temperatura de 760°C, da fase diluída do Regenerador, que é bem mais elevada que a do fundo do Regenerador.
- c- Verificar a possível flambagem localizada com o fator B do ASME Sec VIII Div 1, para a temperatura de operação máxima.

Revestir, internamente, com malha hexsteel de aço inoxidável e refratário antierosivo Classe A, com 50 mm de espessura, aplicado manualmente e compactado pneumáticamente.

17. Riser

Fabricado com aço Carbono acalmado e normalizado, especificação ASME SA516 Gr 70.

Originalmente, era revestido com dupla camada: 100 mm de concreto isolante Classe A e 25 mm de concreto antierosivo Classe A, em malha hexagonal “hexsteel” de aço inoxidável tipo 304, porém havia a queda frequente dos hexágonos de refratário, com exposição do concreto isolante, que falhava rapidamente por erosão.

Também não aprovou o concreto refratário antierosivo Classe C, aplicado por projeção, pois ocorria o coqueamento, que associado às variações de temperatura ao longo do Riser, levavam à escamação e queda de refratário.

O de melhores resultados é o refratário antierosivo, baixo cimento, Classe C, Rescicast 17EC, monolítico, aplicado em forma metálica com vibração externa, pois, é muito mais resistente à falha, quando comparado com refratário projetado ou de dupla camada.

Assim, adotar refratamento com refratário antierosivo, baixo cimento, Classe C, Rescicast 17EC, monolítico, aplicado com forma metálica e vibração externa, espessura de 127 mm (5 pol), ancorado em gramp “V” ondulado de inox 304SS, e agulhado (3%).

Para preenchimento das “juntas frias” de campo, usar refratário de fluência livre Resco Sureflow 17E, aplicado com forma. Cuidado especial com a vedação da forma, para não haver o vazamento com perda de refratário e bolhas de ar aprisionado. Não usar forma de madeira ou madeirite, pois não resiste à pressão do refratário sendo vertido, usar forma metálica.

18. Cone de entrada da carga no Riser

Fabricado com aço Carbono acalmado e normalizado, especificação ASME SA516 Gr 70.

No cone de entrada de carga, o revestimento que melhor se tem comportado é o refratário antierosivo Classe C, Rescocast 17EC, com vibração externa.

A deterioração é por desgaste generalizado e perda de espessura da superfície do refratamento, devido à intensa turbulência local.

Portanto, usar o revestimento refratário concreto antierosivo Classe C, Rescocast 17EC, monolítico, baixo cimento, com vibração externa, agulhado 3% e ancorado em grampo "V" ondulado, de inox 304SS, com 125 mm (5 pol) de espessura.

19. Curva "J" do Riser

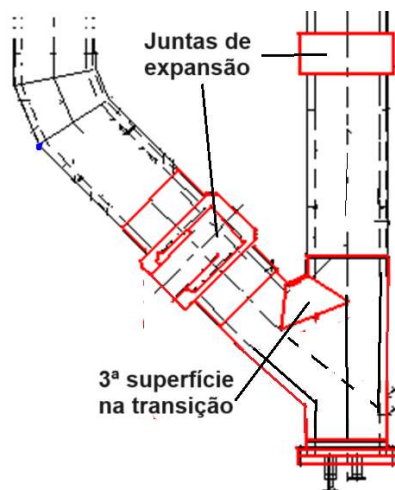
Fabricada com aço Carbono acalmado e normalizado, especificação ASME SA516 Gr 70.

Utilizar revestimento refratário concreto antierosivo Classe C, monolítico, baixo cimento, Rescocast 17EC, com vibração externa, agulhado 3% e ancorado em grampo "V" ondulado de inox 304SS, com 125 mm (5 pol) de espessura.

20. Peça "Y" do Riser

Fabricada com aço Carbono acalmado e normalizado, especificação ASME SA516 Gr 70.

Adotar a transição de geometria com uma 3ª superfície, e instalar refratário antierosivo Classe C, baixo cimento, Rescocast 17EC, com vibração externa e agulhado (3%), com 125 mm (5 pol) de espessura e ancorados em grampos "V" de inox 304SS.



Peça "Y" com 3ª superfície para melhorar a transição

Preventivamente, pode ser adotada a instalação de uma camada 25 mm de refratário antierosivo Classe A internamente, sobre a superfície de metal.

Neste caso, o refratamento com 5 pol de antierosivo classe C, não pode ser de aplicação com vibração externa, e deve ser adotado o refratário de fluência livre *free flow* Rescocast 17E, com vertimento sobre forma de metal sem vibração e ancorado em grampos "Y" de inox 304SS.

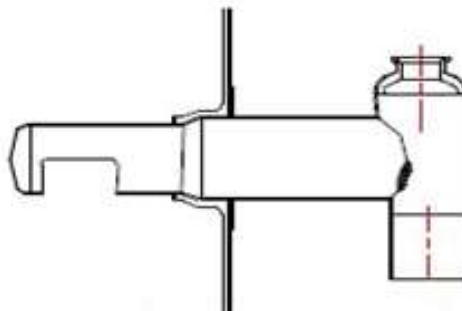
Nota:

Em toda mudança brusca de superfície, adoçar com uma terceira superfície de transição.

21. "Crossover" do Riser

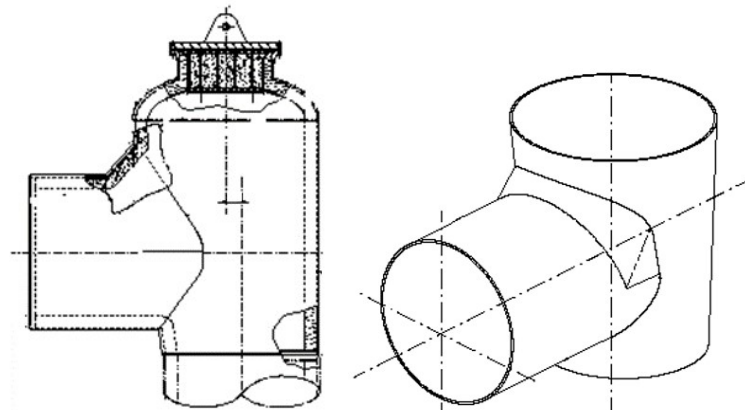
Fabricado com aço Carbono acalmado e normalizado, especificação ASME SA516 Gr 70.

A região da transição entre o topo do "Riser" e o "Crossover" é uma região que apresenta alta erosão, o que acarreta ao dano por queda de refratário e tende a ser progressivo, levando, normalmente, a requerer a aplicação de reparo tipo capote, durante a campanha operacional da UFCC.



Região de maior erosão no Crossover

- a-** O revestimento refratário do “Crossover” deve ser com refratário antierosivo Classe C, baixo cimento, Rescocast 17EC, aplicado com vibração externa e agulhado (3%) e ancorados em grampos “V” ondulado de inox 304SS, com espessura de 125 mm.
- b-** Considerar no projeto que há uma diferença de cerca de 30°C, entre a geratriz superior (mais quente) e a geratriz inferior (mais fria), no “Crossover”, devido à radiação e convecção provenientes da parede do Vaso Separador.
- c-** No projeto adotar que as temperaturas de projeto do metal no “Cabeçote” do Riser é 245°C e nos trechos verticais do Riser, Curva “J”, Peça “Y” a temperatura de metal é 343°C.
- d-** Usar o recurso da 3ª superfície para adoçar a ligação do topo do “Crossover” com o cabeçote do d Riser.
- e-** Nas emendas de refratário de campo, no trecho horizontal superior do “Crossover”, aplicar refratário de fluência livre *free flow* Resco Sureflow 17E por vertimento, com forma metálica e cuidados para não se deixar bolhas de ar aprisionado.



Eliminação do canto vivo no Crossover (3ª superfície)

- g-** Preventivamente, utilizar uma camada de malha hexagonal, internamente, junto à parede metálica do Crossover, com a aplicação de 25 mm de concreto antierosivo Classe A sobre grampos coroa soldados pelo lado interno da chapa.
Neste caso, aplicar de 100 mm de concreto antierosivo Classe C de fluência livre *free flow* Resco Sureflow 17E, vertido sem vibração em forma metálica e ancorado em grampos “Y” de inox 304SS.

É interessante investigar uma possível melhoria no traçado e na geometria interna nesta seção, com a finalidade de proporcionar um escoamento mais suave e uniforme, com menor turbulência e sem “descolamentos” do fluxo das paredes, com a análise do fluxo na região da entrada do Crossover, usando a ferramenta CFD-Computer Flow Analysis com a finalidade de propor alterações profundas na geometria e projeto desta seção.

22. “Lateral” do Riser

Fabricado com aço Carbono acalmando e normalizado, especificação ASME SA516 Gr 70.

Refratamento antierosivo Classe A, com 25 mm de espessura, ancorado em malha hexteel ou grampos coroa de inox 304SS sobre a chapa metálica.

Em seguida aplicar o refratário antierosivo Classe C de fluência livre *free flow*, Resco Sureflow 17E com 100 mm de espessura, agulhado (3%), ancorado em grampos “Y” de inox 304SS, vertido em forma metálica com vibração interna.

23. Câmara de Orifícios

Fabricada com aço Carbono acalmado e normalizado, especificação ASME SA516 Gr 70.

A eliminação das falhas passa pela revisão das condições de perda de pressão operacional, nas válvulas “*slide valves*” e nos pratos perfurados da Câmara de Orifícios, e também pela utilização de um revestimento refratário de maior resistência à vibração.

a- É importante que a perda de pressão total na Câmara de Orifícios seja, 1/3 nas válvulas “*slide valves*” e 2/3 nos pratos perfurados da Câmara de orifícios.

Para isso deve haver a instrumentação para medir a pressão diferencial, à montante e à jusante das válvulas e à jusante dos pratos perfurados.

b- No caso de duas “*slide valves*” em série, o espaçamento mínimo entre elas deve ser 4 vezes o diâmetro nominal do duto.

c- O revestimento refratário, na região do costado da Câmara de Orifícios, que compreende a(s) válvulas *slide-valvas*(s), deve ser com refratário antierosivo Classe C, baixo cimento, de fluência livre *free flow*, Resco Sureflow 17E, monolítico, vertido em forma metálica, sem vibração, com 125 mm (5”), agulhado (3%), ancorado em grampos tipo “V” ondulado de aço inox 304SS.

Este refratamento deve continuar até 3,0 m abaixo de cada *slide valve*;

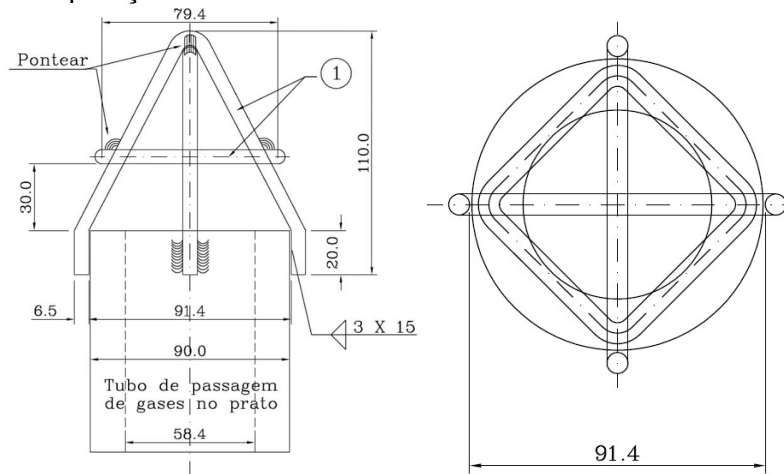
A secagem deve ser com maçaricos a gás.

Nos demais trechos cilíndricos da Câmara de Orifícios, atrás da camisa de 25 mm aço inox 304SS, que suporta os pratos perfurados, incluindo a calota de fundo, imediatamente, após as válvulas “*slide valves*”, as chapas devem ter espessura mínima de 19 mm, o refratamento deve ser com refratário Semi Isolante, Rescocast 8 com 100 mm de espessura, agulhado (3%), ancorado em grampos tipo “V” ondulado de 304SS;

Somente o 1º prato perfurado, que recebe o impacto direto do fluxo dos gases de combustão, tem revestimento refratário antierosivo Classe A, de 25 mm de espessura, ancorado em malha hexteel ou grampo coroa, ambos de aço inox 304SS.

Os tubos sobre os furos do 1º prato perfurado, no sentido do fluxo dos gases de combustão, devem ser de espessura “sch 40” revestidos internamente com “stellite”, para endurecimento superficial ou então empregar tubos “sch 160” sem revestimento de endurecimento superficial, ambos com a “pirâmide” de arame sobre cada tubo, como forma de proteção contra a entrada e o entupimento com refratário.

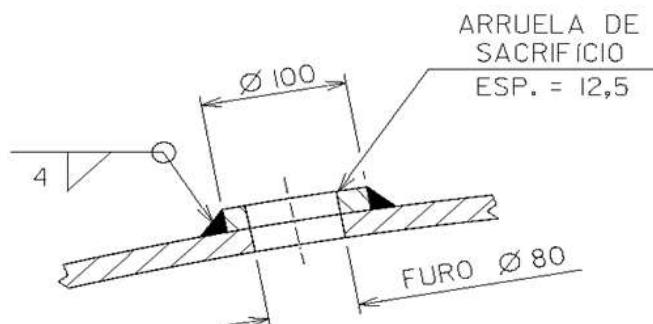
Não utilizar os “ferrules” de cerâmica nos tubos dos furos deste prato perfurado, pois tornam-se quebradiças durante a operação e caem.



“Pirâmide” de arame sobre os tubos do 1º prato perfurado

Nos demais pratos a deterioração, que ocorre durante a operação, normalmente é a ovalização dos furos, devido à erosão do fluxo de gases de combustão, com o arraste de finos de catalisador.

A recomendação -e soldar arruelas sobrepostas com furo do diâmetro de projeto.



24. Ciclones do Vaso Separador e do Regenerador

São fabricados com chapas de aço inoxidável 304SS, espessura de 8 mm e as pernas também em aço inox 304SS.

Aplicar, internamente, revestimento refratário antierosivo Classe A, ancorado em malha hexagonal hexteel de aço inox 304SS, com 19 mm de espessura.

Nos ciclones, a região de desgaste do refratamento interno é a transição da ligação do cone com a perna, especialmente nos ciclones de 1º estágio.

A solução proposta é a instalação, preventivamente, de um “capote” externo nessa região.

Nota:

“Capote” é o reforço estrutural, soldado externamente no trecho de possível erosão, feito com chapa metálica, de aço inox com 8 mm de espessura, em que internamente é aplicada uma camada de refratário antierosivo Classe A, de 19 mm de espessura, ancorado em malha *hexteel* de aço inox 304SS.

As pernas dos ciclones, primários e secundários, de Regenerador e Vaso Separador, costumam furar junto à ligação como o cone inferior de entrada na perna, sendo recomendado a instalação de “capote” preventivo, externamente, junto às transições de cone para cilindro, com furo interno (na própria perna) para alívio do ar retido.

Caso este furo na perna não tenha sido feito, na fabricação do “capote”, furar todo o conjunto “capote” mais a perna e depois fechar o furo no “capote” com ponto de solda.

As pernas devem vir com os “capotes” instalados na fábrica, externamente, nas regiões de transições de cone para cilindro, com furo interno (na própria perna) para alívio do gás no interior.

Caso o furo na perna não tenha sido feito, na fabricação do capote, furar todo o conjunto “capote” mais perna e depois fechar o furo do “capote” com ponto de solda.

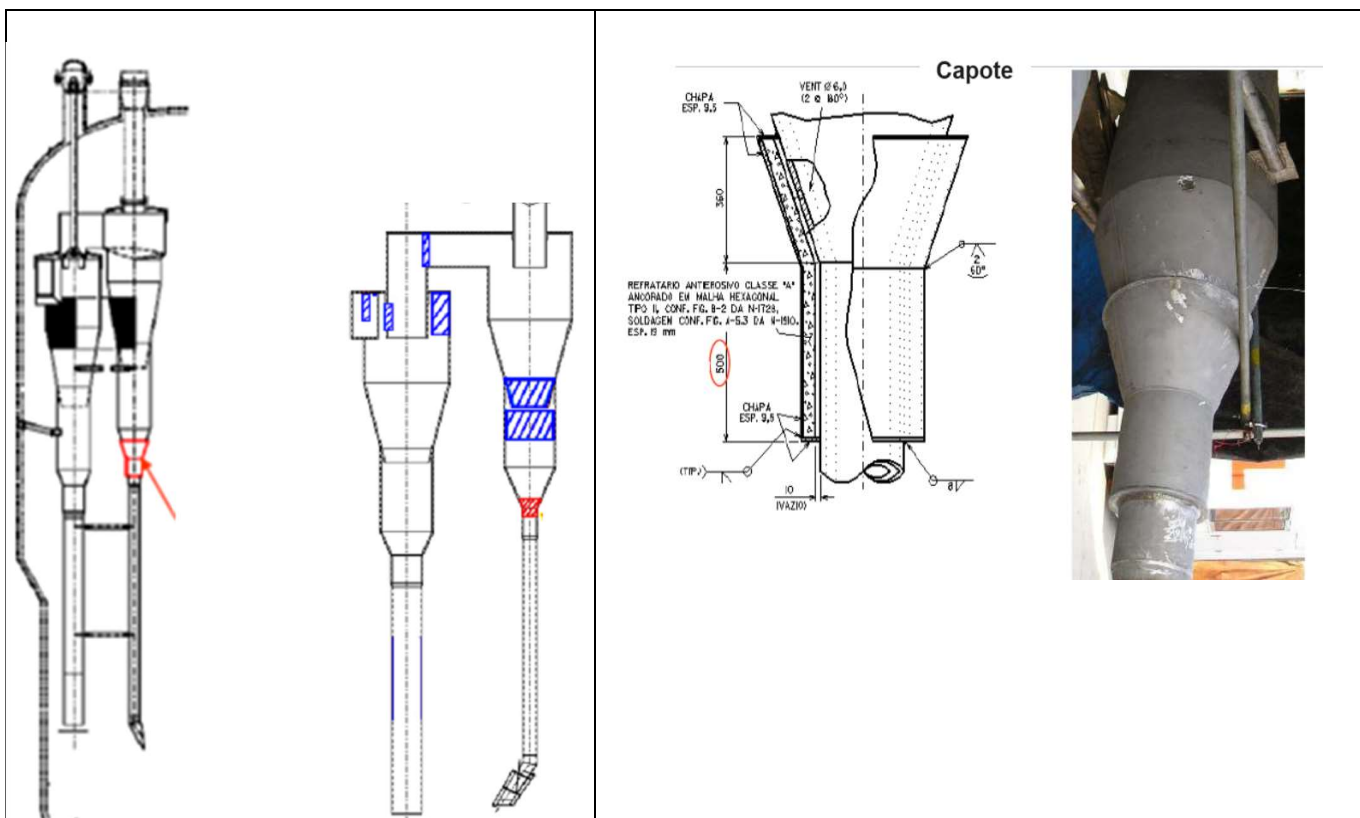
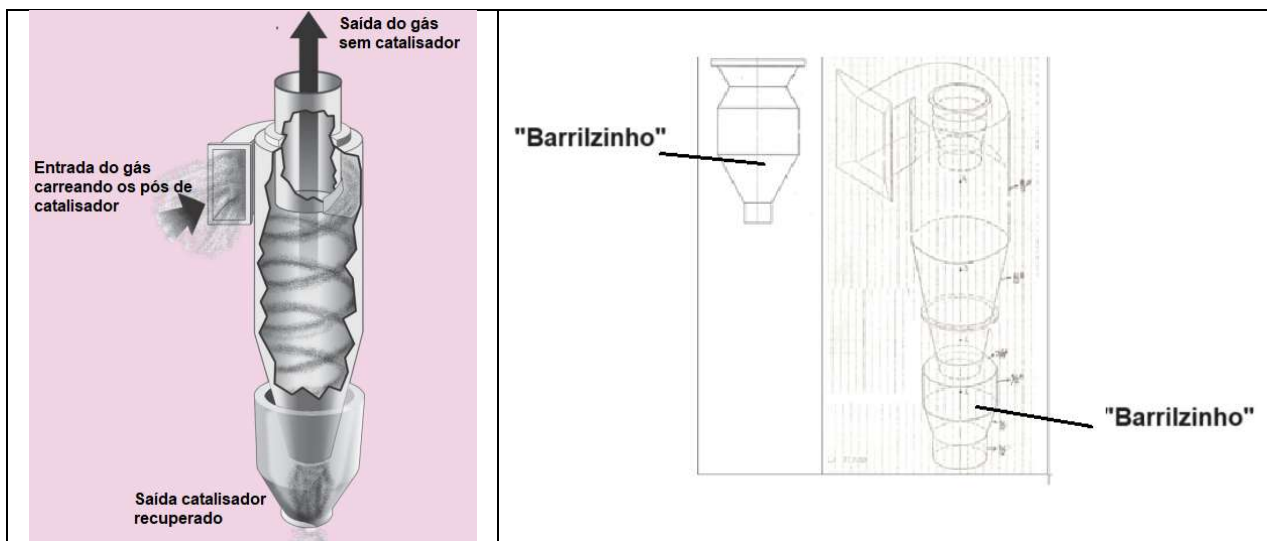
Também deve ser prevista a instalação de “capote”, durante a fabricação, no duto retangular de transição entre o 1º e 2º estágios de ciclones

Esta região costuma apresentar furos, obrigando à instalação do “capote”, preventivamente, externamente.

Nos ciclones, em pequenos reparos de malha, usar os grampos “coroa” de aço inox 304SS.

As pontas das malhas de hexteel dos ciclones não devam ser emendadas, elas devem ter as extremidades soldadas, cerca de 50 mm, com soldas de filetes em ambos os lados, sobrepondo os hexágonos.

Instalar um “barrilzinho” no início da perna que resulta em uma distância maior, entre a espiral de gás ascendente e o catalisador descendente, e isso evita erosão significativa nesta região.

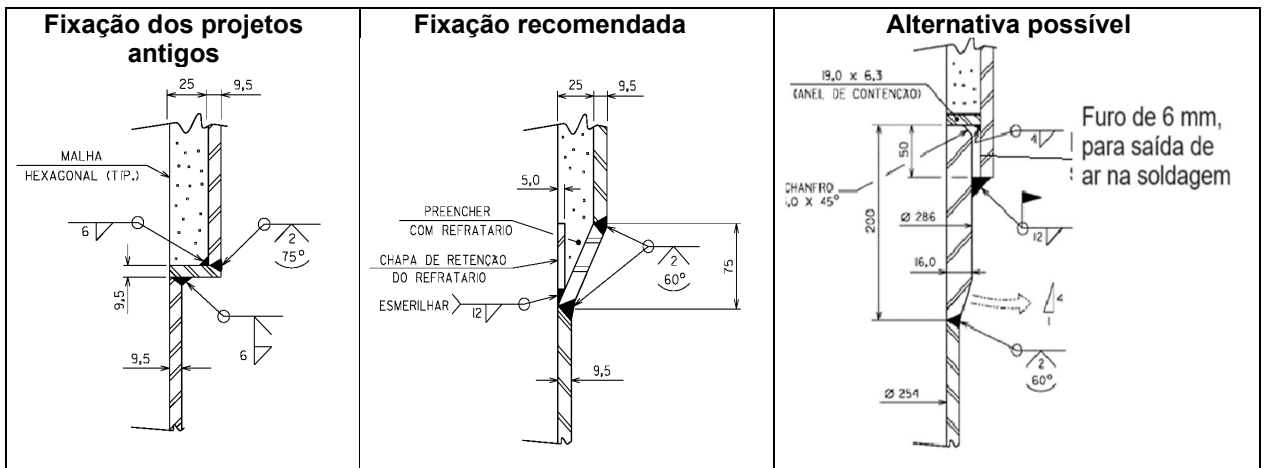


25. Solda de fixação das pernas de ciclone

A solda entre o trecho de perna refratada e o trecho liso e reto das pernas dos ciclones, deve ter uma chapinha de terminação de refratário, que apresenta deformações do tipo calombos e reenrâncias, na malha hexateel que é difícil dobrar e aplicar em diâmetros pequenos, daí soltar-se em operação, o que pode provocar erosão pronunciada e até furo, nas pernas durante a campanha.

As recomendações são:

- Usar malha hexagonal "hexteel" tipo "flexmetal", que permite dobras com menor diâmetro;
- Adotar o detalhe da fixação recomendada conforme a figura em seguida.



26. Vaso de 3º Estágio de Ciclones

Na UFCCs que contemplam a Seção de Recuperação de Energia são acrescentados os equipamentos Vaso 3º Estágio de Separação de Catalisador, dutos e Válvulas de controle e de bloqueio seguro *man-safe* e as máquinas: Turboexpansor e Gerador elétrico.

O Vaso de 3º estágio de Ciclones, fabricado de aço Carbono acalmado e normalizado especificação ASME SA516 Gr.70, tem um duto de entrada, para os gases de combustão, oriundos do Regenerador, e três dutos de saída: um duto para o Turboexpansor; um 2º duto de *by-pass* para manutenção e reparo do Turboexpansor, descartando para a Câmara de Orifício; e um 3º duto de *by-pass* de emergência com descarte também para a Câmara de Orifícios.

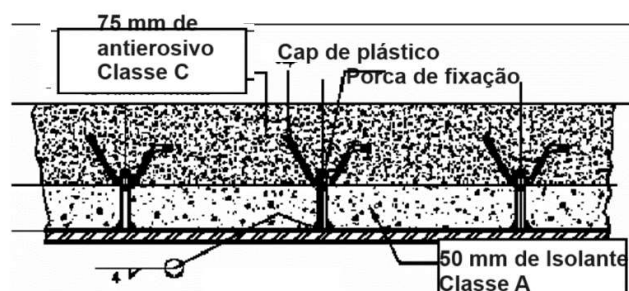
O refratamento do Vaso de 3º Estágio é com revestimento refratário semi isolante tipo Rescocast 8, com 100 mm de espessura, ancorado em grampos “V” ondulado de aço inox 304SS, que deve ser aplicado, por derramamento ou vertimento ou por projeção pneumática.

O duto de entrada dos gases de combustão, oriundos do Regenerador, no Vaso de 3º estágio deve ser de aço Carbono e refratado.

Da mesma forma, os dutos de saída de *by-passes* de manutenção e de emergência do Vaso de 3º Estágio de Ciclones devem ser de aço Carbono e refratados.

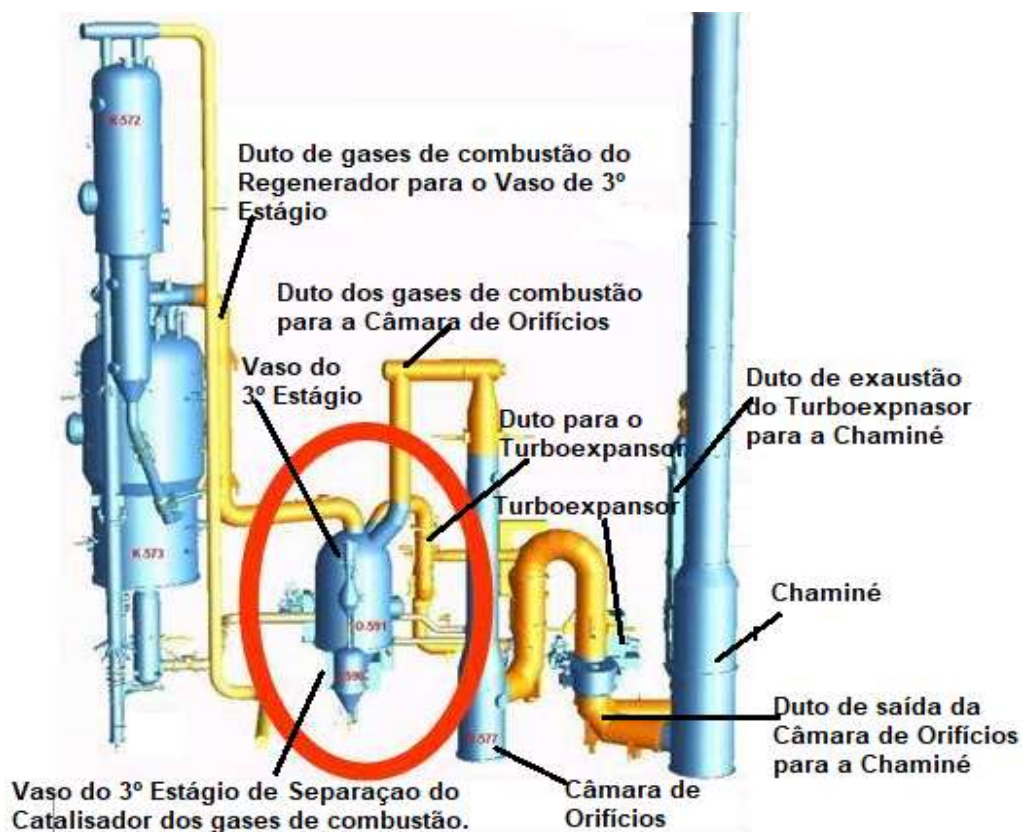
Para reduzir a temperatura da chapa metálica dos dutos de gases de combustão, o que reduz a expansão térmica e facilita o cálculo da flexibilidade, o refratamento dos dutos é em duas camadas, sendo:

- camada inferior com 50 mm de refratário isolante Classe A, aplicado por projeção pneumática em grampo tipo “Y”;
- camada superior com 75 mm de refratário antierosivo Classe C de fluência livre *free flow* Resco Sureflow 17E, aplicado por vertimento em forma metálica, sem vibração.



O duto de saída do Vaso de 3º Estágio de Ciclones para o Turboexpansor não deve ter nenhum revestimento refratário interno e ser fabricado de aço inoxidável austenítico grau H. A razão é que possíveis resíduos do refratamento poderiam desestabilizar a máquina Turboexpansor, ao erodir as pás e os internos.

Os ciclones internos no Vaso de 3º Estágio devem ser de corpo de aço inoxidável austenítico e revestidos internamente com 19 mm de espessura, de refratário antierosivo Classe C, resistente à abrasão, tipo Resco AA-22S ou Actchem 85 ou Thermbond Formula 12 L, aplicados manualmente por socagem e depois compactados pneumáticamente.



Seção de Recuperação de Energia de UFCC

27. Linhas de descarte de catalisador quente

Uma opção é usar curva dupla, com refratário entre as curvas: tubo interno de diâmetro nominal DN4" dobrado, com raio de 5 a 6 diâmetros, e curva externa de diâmetro nominal DN8" de raio longo, ambas de aço Carbono, com previsão de substituição a cada 2 paradas de manutenção.

O enchimento com refratário de fluência livre deve ser através de bocal de diâmetro nominal 2", na curva externa.

a- Usar a curva dupla, como detalhada no desenho seguir.

- Secagem em forno: não instalar sem secagem, pois em operação a água se expande explode o tubo;
- Manter estoque para trocar em cada parada e em caso de ocorrência de furo durante a campanha.

b- Usar bloqueio duplo junto ao bocal do Regenerador, com válvulas macho "wedge plug", fabricadas pela Stockham de diâmetro nominal DN4", de material aço liga 5% Cr, com injeção de vapor na sede e no engastamento.

Recuperar em cada parada.

c- Usar injeção de ar de arraste nas curvas e nos trecho retos da tubulação a cada 15 m, para garantir o escoamento.

d- O material do bocal no Regenerador é aço inoxidável tipo 321; a partir da válvula pode ser aço carbono, que costuma ser trocado a cada duas campanhas.

Como alternativa podem ser usadas as curvas com revestimento interno de tubo de cerâmica.



Material cerâmico: Corguard®
(Fundido: Alumina+Zircônio+Silica)

DET. PARA CURVA 90° (1X)

DET. PARA CURVA 45° (2X)

DOCUMENTOS DE REFERENCIA			
15-REPLAN-220-100-008			
NOTAS GERAIS			
1- DIMENSÕES EM MILÍMETROS, EXCETO INDICADO AO CONTRÁRIO.			
E			
D			
C			
B			
A	REVEST. CERAM.	1/10/2008	M2/410g MP
D	EMISSÃO ORIGINAL	6/20/05	M2/410g MP
REV	DESCRIÇÃO	DATA	E.I.E.C. APROV

ESTE DOCUMENTO É DE PROPRIEDADE DO PETROBRAS S.A. PETROBRAS, E NÃO PODE SER REPRODUZIDO OU USADO PARA QUALQUER FINALIDADE SEM A AUTORIZAÇÃO DA PETROBRAS S.A. ESTÁ SENDO FORNECIDO.

PETROBRAS PETROBRAS S.A. PETROBRAS	UN-REPLAN	
QUANTIDADE: UN-REPLAN		
EMPREENHIMENTO: U-220		
UNIDADE: U-220		
TÍTULO: CAMISA P/ LINHA DE DESCARTE DE CATALIZADOR DA U-220		
PROJ. JCC	DES. MJJ	VERIF. CR
APROV. MP	REG. 1374	
DATA: 16/09/03	ESCALA: 1:10	FOLHA: 1 DE 1

LISTA DE MATERIA		
TEM	DESCRIÇÃO	QTD
1	TUBO AC API 5L GrE SCH40 48"	7,2M
2	MEIA LAVA 3/4" AC AFO A105 NPT 8000#	09
3	CAPA GROSSA AC A283 GrC ESP.3/8"	0,8M
4	CUNHA O ANTIREFLEXIVO CLASSE "B"	

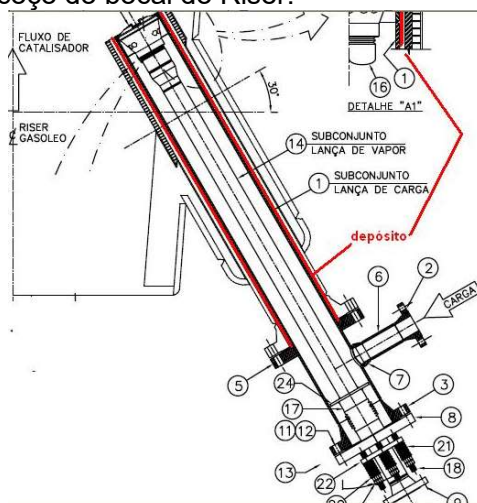
28. Dispersores de carga

Fabricados de tubos e flanges de aço inoxidável austenítico 304SS.

Os dispersores de carga são os dispositivos tipo “baioneta”, por onde a carga entra nos bocais do Riser.

A função dos dispersores é pulverizar a carga líquida, gasóleo ou resíduo de vácuo, de modo a promover uma contatado íntimo com o catalisador regenerado, que vem subindo pelo Riser. É onde começa a reação catalítica, de quebra das cadeias longas de hidrocarbonetos da carga e as transforma em cadeias bem menores, que gerarão os produtos na Torre Fracionadora: óleo diesel, GLP, propano e butano, dentre outros.

Os dispersores da carga vinham apresentado sérios problemas, dificultando e impedindo a remoção, nas paradas de manutenção. Esta fase de remoção das peças é extremamente crítica, pois pode comprometer o prazo da parada da unidade. Frequentemente, eram empregadas marretas pesadas (alto risco e muitos danos às peças removidas), finalizando com o uso de macacos hidráulicos, para vencer o elevado atrito gerado pela presença de depósito, de coque duro, entre o tubo da lança ou baioneta de carga e o tubo pescoço do bocal do Riser.



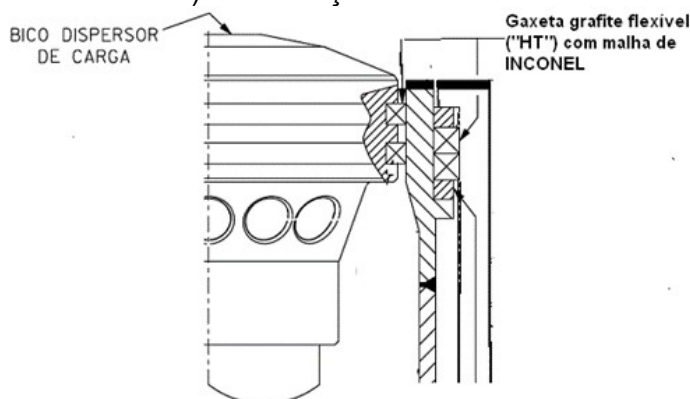
Dispersor de carga típico com as regiões de incrustação de coque

Este problema foi objeto de melhorias, resultando no projeto dos dispersores com engaxetamento interno, desenvolvido pelos técnicos do CENPES-Centro de Pesquisas da Petrobras.

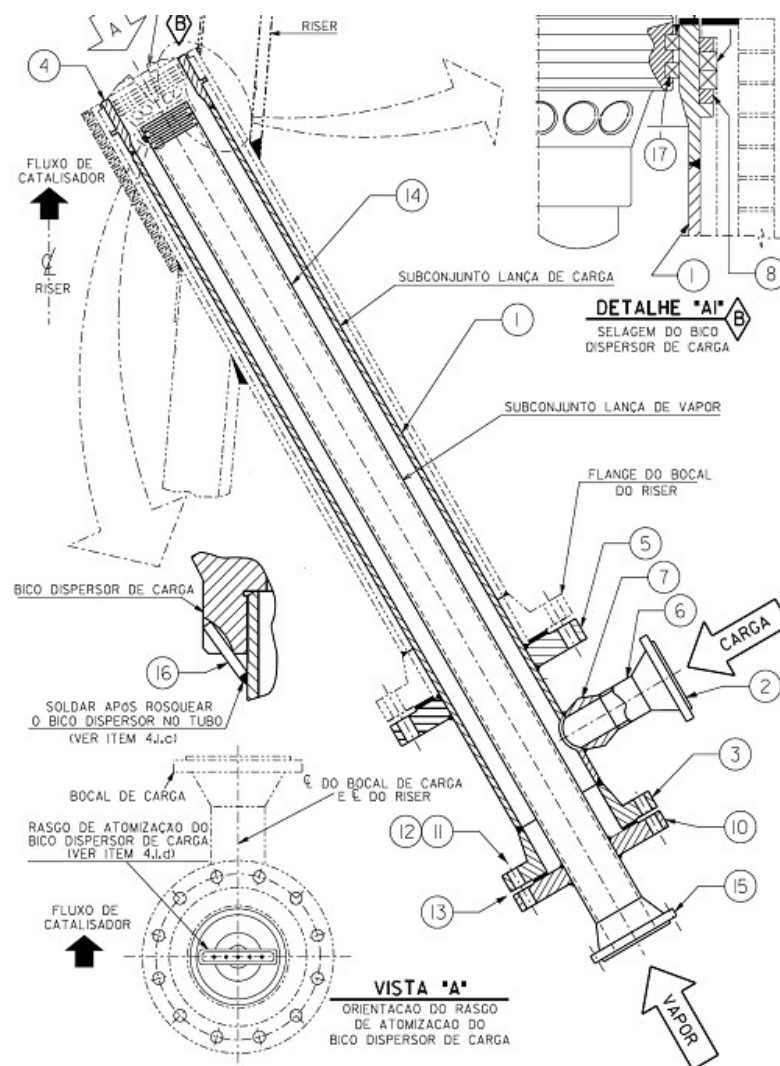
Conforme mostrado no desenho a seguir, pelo tubo interno passa o vapor de atomização da carga e a carga passa pelo anel circular, entre o tubo interno e o tubo externo, penetrando no Riser pelos furos existentes no cabeçote ou bico do dispersor.

No dispersor, que apresentava a região de incrustação, a construção do bico dispersor permitia a entrada de carga, entre a lanca e o pescoço do bocal, que coqueava e endurecia, gerando a incrustação.

Para selar essa passagem, decidiu-se engaxetar o bico, de nova geometria, com gaxetas de Grafite Flexível HT (para temperatura elevada) com reforço de malha de fios de Inconel.



Selagem do bico dispersor



Projeto do dispersor com engaxetamento



29. Fixação, ajuste e soldagem de malhas hexagonais tipo "hexteel"

As malhas hexagonais "hexteel" devem ser instaladas conforme os padrões dos desenhos da Norma Petrobras N-1728.

30. Alternativa de ancoragem de revestimentos refratários de Ciclones e do Pipe grid

Esta alternativa de ancoragem de revestimentos refratários se baseia em grampos do tipo "coroa", fixados ao metal, em lugar da malha *hexteel*, através de pinos soldados pelo processo de *stud welding* (conforme ilustrado abaixo), buscando redução no tempo de preparação e instalação da ancoragem durante os serviços de manutenção.



Grampo "coroa" típico

31. Caldeira de CO

Recomendam-se o uso de ramonadores sônicos, para não se permitir a deposição dos finos de catalisador provenientes da Câmara de Orifícios e do Vaso de 3º Estágio de Ciclones, sobre os internos da Caldeira de CO.

Os materiais de fabricação e os revestimentos refratários das zonas de radiação e convecção e da chaminé são por conta da experiência do fabricante.

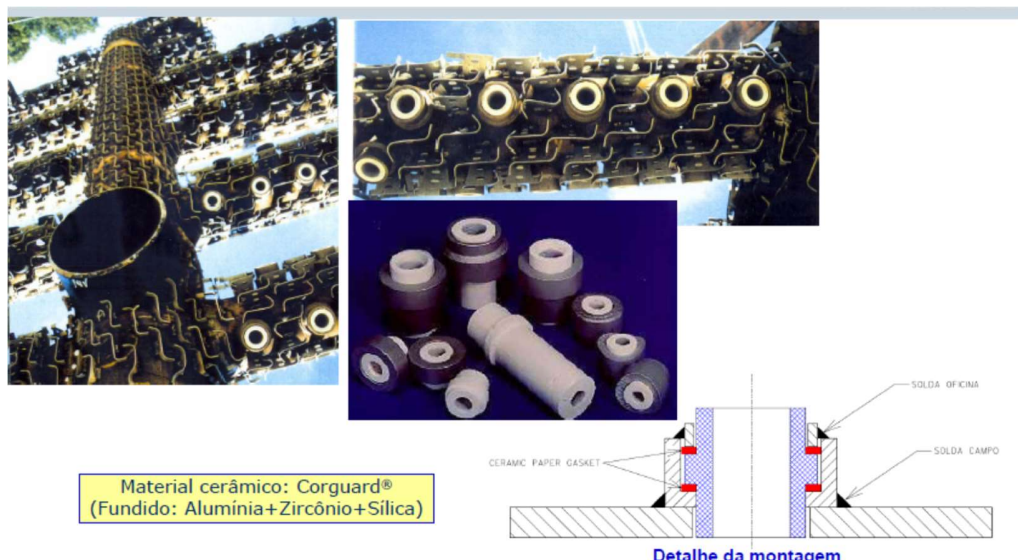
32. Distribuidor de Ar *pipe grid* do Regenerador

O Distribuidor de Ar *pipe grid* é o equipamento, localizado no fundo do Regenerador, que através da injeção de ar distribuída, uniformemente, por bicos, promove a queima do coque que fica agregado ao catalisador que sai do Vaso Separador.

A temperatura menor do catalisador no fundo do Regenerador propicia o uso de material de baixa liga Cr-Mo para a fabricação do *pipe-grid*.

O corpo é refratado com refratário antierosivo Classe A, tipo Resco AA-22S ou Actchem 85 ou Thermbond Formula 12 L, de 25 mm de espessura, ancorado em malha de *hexteel* e em grampos "tipo S" ou grampos "tipo coroa", de aço inoxidável 304SS, aplicado por socagem manual e pneumaticamente.

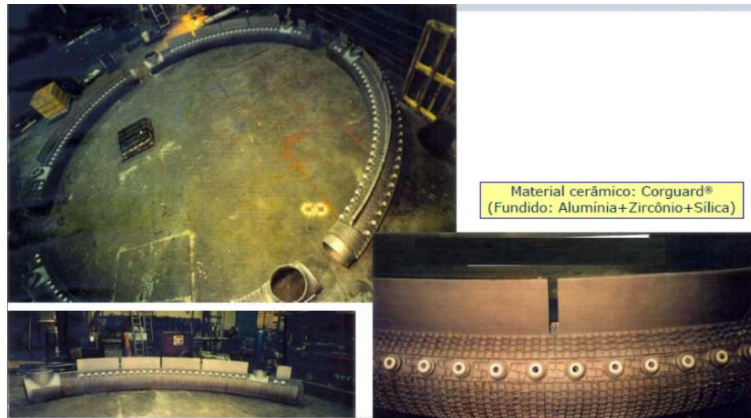
Nos bicos *pipe-grid*, costumava-se usar tubos de aço Cr-Mo com revestimento interno de endurecedor superficial tipo "*stellite*", porém devido às inúmeras falhas, optou-se pela inserção de tubos de material cerâmico, que passou a ser a regra para a construção desses bicos.



Construção dos bicos do *pipe-grid* com material cerâmico

33. Anéis de injeção de ar ou vapor

Para fluidização do catalisador são utilizados anéis de vapor injetado em regiões críticas para circulação, em que os bicos são preenchidos com tubos de material cerâmico.



34. Refratamento das Válvulas Especiais de controle e de bloqueio

34.1. Informações sobre as válvulas especiais

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

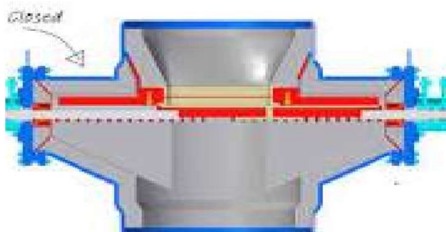
- *Slide valves*
- *Plug valves*
- *Two port diverter valves*
- *Butterfly valves*
- *Goggle valve*



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



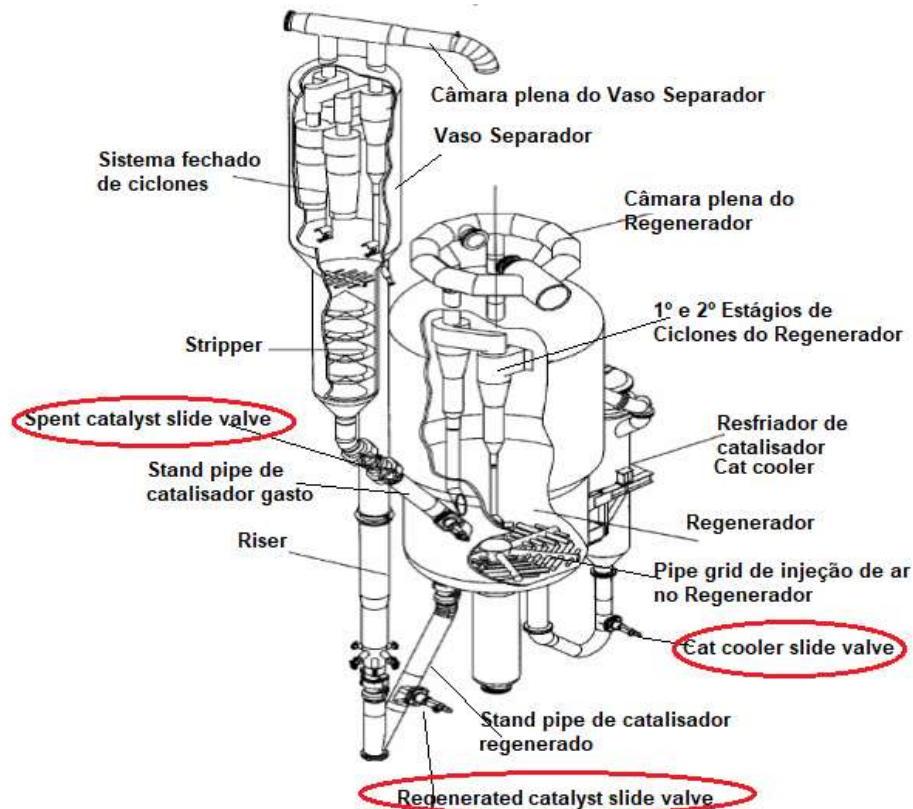
Típica válvula *two port diverter valve*



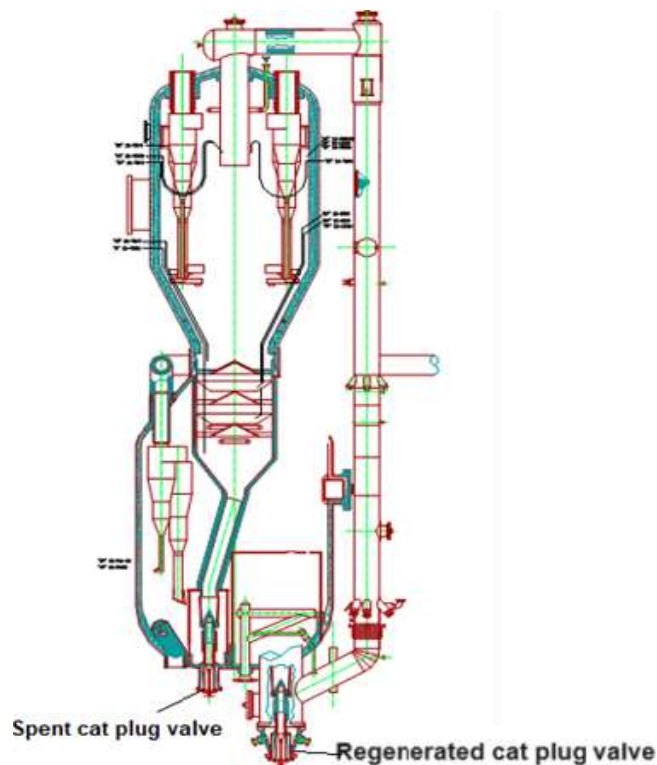
Válvula de isolamento Seguro *man safe* tipo *Goggle Valve* utilizada em UFCC
Enclosed Goggle Valve / Automatic Blind Isolation Valve

Um aspecto fundamental nessas válvulas especiais é a qualidade do revestimento refratário interno, que consiste no refratário adequado e as ancoragens resistentes às condições do meio: elevadas temperaturas e alta abrasividade do pó de catalisador.

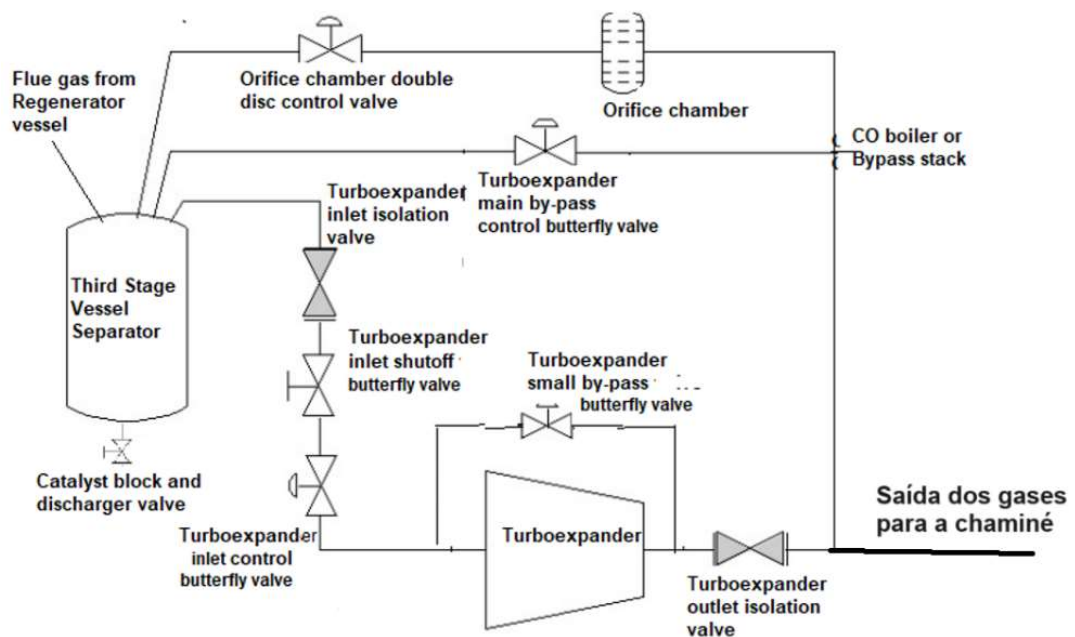
34.1.1. Esquema da instalação das válvulas “slide valves”



34.1.2. Esquema da instalação das válvulas “plug valves”



34.1.3. Esquema de instalação das válvulas borboleta “butterfly valves”

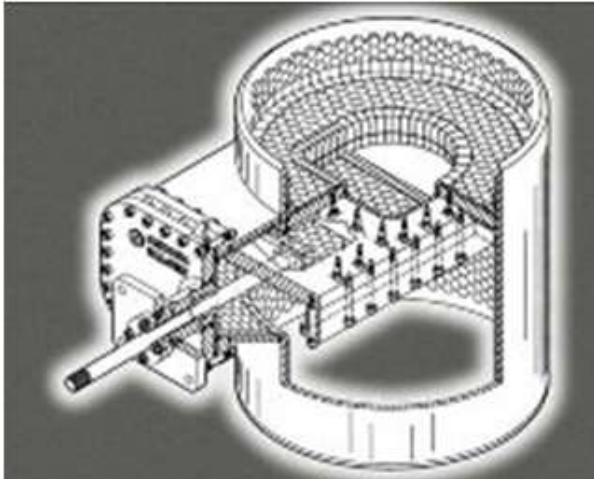


34.2. Válvula especial de controle de vazão tipo slide valve

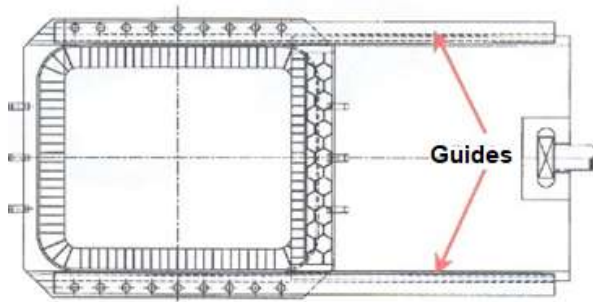
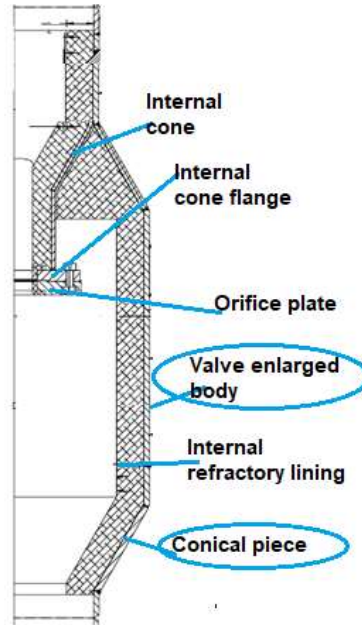
O refratamento interno a ser considerado deve contemplar o conjunto refratado: cone de suportaçõ dos internos, gaveta, placa *orifice plate*, guias de apoio da gaveta.

Para as válvulas *slide valves* de “parede quente”, o revestimento refratário se constitui de refratário anti erosivo Classe C, Rescobond AA-22S ou Actchem 85 ou Thermbond Formula 12 L, com 25 mm de espessura, ancorado em malha de *hexsteel* de aço inox 304SS e aplicado manualmente e, em seguida, compactado.

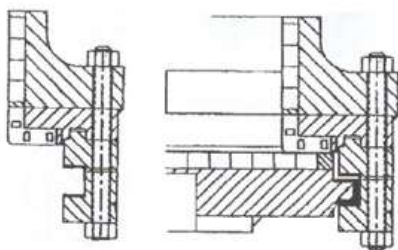
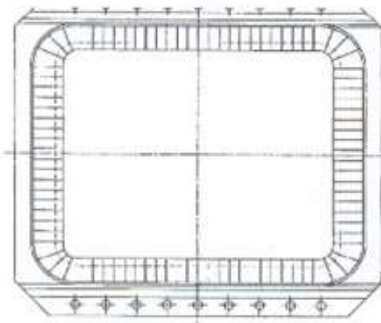
Para as válvulas *slide valves* de “parede fria”, o revestimento refratário se constitui de refratário antierosivo Classe C, Rescocast 17EC, com 125 mm (5 pol) de espessura. aplicado por vertimento em formas metálicas e com vibração por vibradores pneumáticos. Para as válvulas *slide valves* maiores, as de duas gavetas, utilizar o revestimento com refratário antierosivo Classe C, de fluência livre *free flow* Resco Sureflow 17E com 125 mm (5 pol) de espessura, aplicado por vertimento em formas metálicas sem vibração.



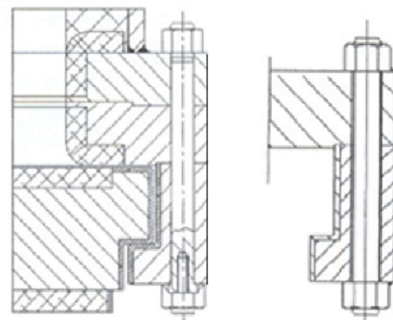
Conjunto de uma *slide valve* de só uma gaveta *single disc slide valve* com reepratamento antierosivo Classe C, aplicado com malha hexsteel



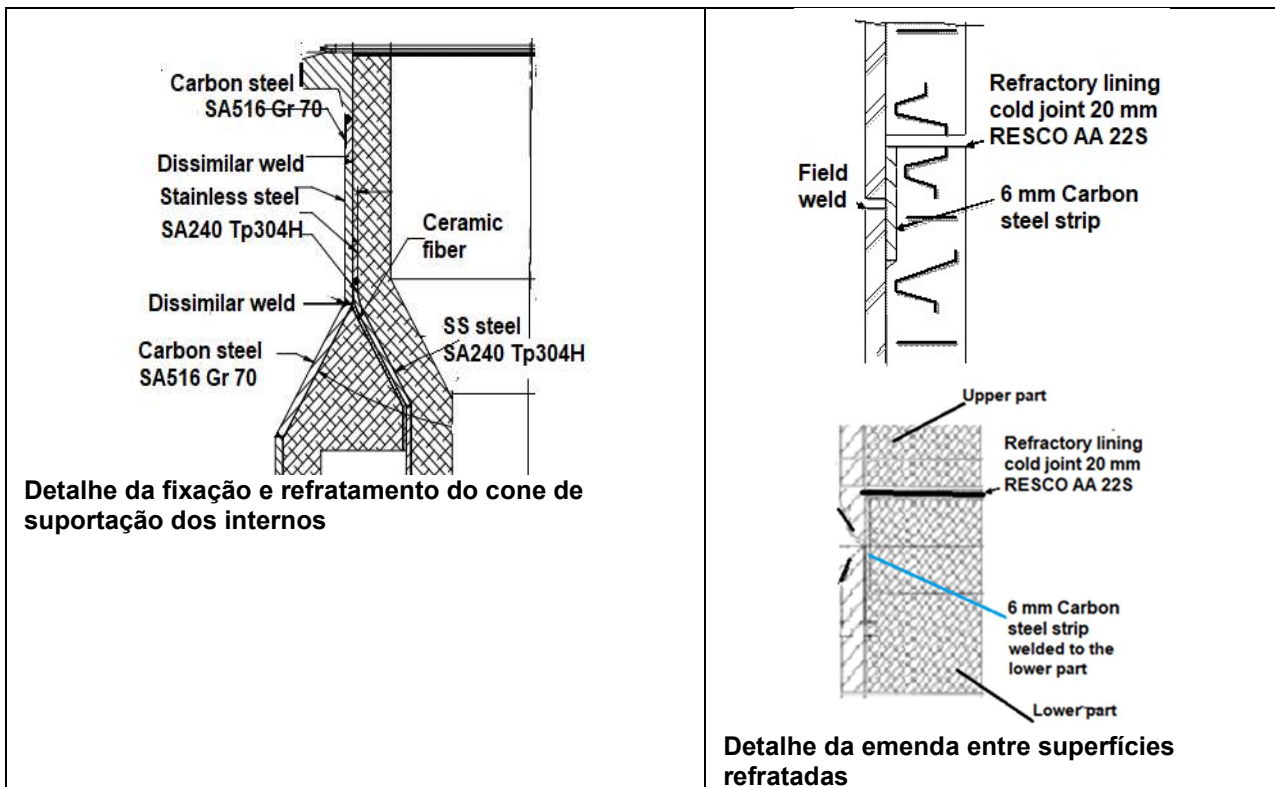
Gaveta refratada



Refratamento do conjunto: cone de suportação e fixação dos internos, gaveta, suporte da gaveta, placa de orificio e guias em formato de “L”

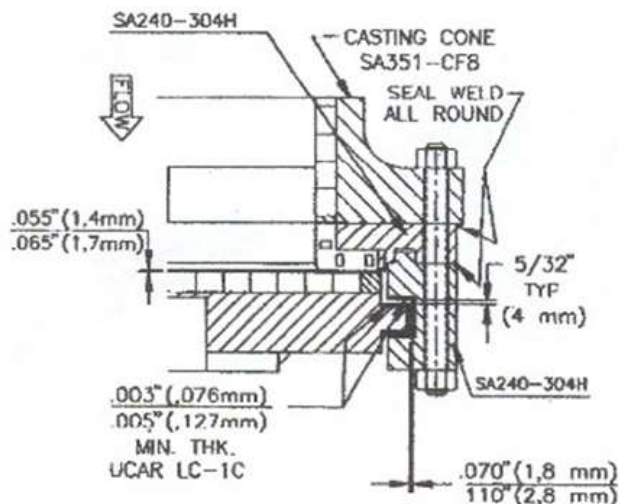


Detalhe da fixação das guias em “L”



34.3. Folgas operacionais entre os internos da válvula *slide valve*

Para que não ocorra a interferência e agarramento entre os internos, nas temperaturas de operação acima de 700°C, devem ser adotadas as folgas (*clearances*) seguintes.



Folgas operacionais da válvula *slide valve*

34.4. Válvula especial de controle de vazão tipo *plug valve*

A válvula especial de controle tipo *plug valve* pode ser utilizada nos serviços de controle de vazão de catalisador gasto e de catalisador regenerado:

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

O controle da vazão é por meio de um obturador, que é um plugue cônico, sobre uma sede também cônica.

O refratamento da válvula *plug valve* é por conta do fabricante, sendo essencial a proteção contra a erosão na região da sede e no obturador *plug*, pela exposição ao fluxo do catalisador abrasivo.

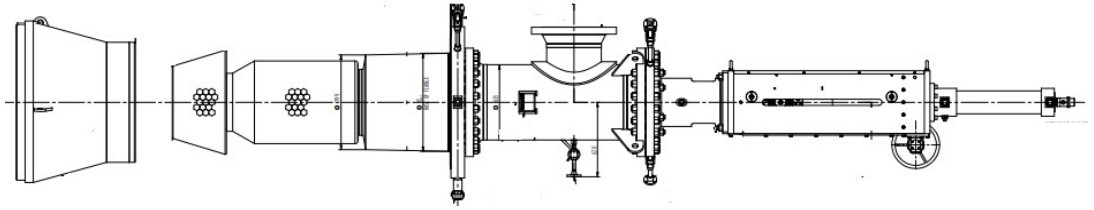
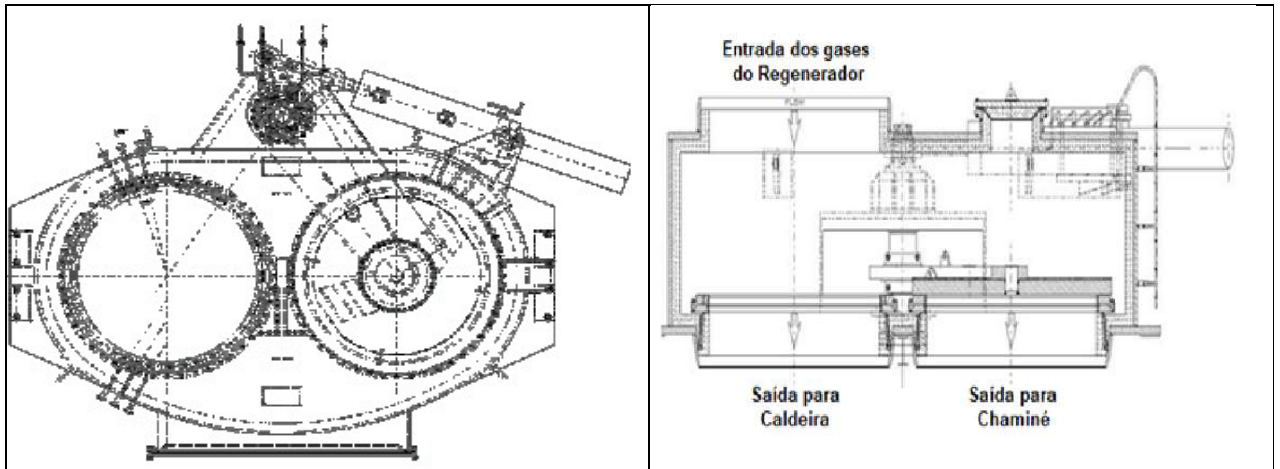


Ilustração de válvula especial tipo *plug valve*

34.5. Válvula de desvio *Two port diverter valve* dos gases de combustão

É uma válvula muito especial e de grande porte (até 100 t), com a função de desvio rápido do fluxo de gases de combustão da Câmara de Orifícios para a Caldeira de CO ou a Chaminé de by-pass. 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.

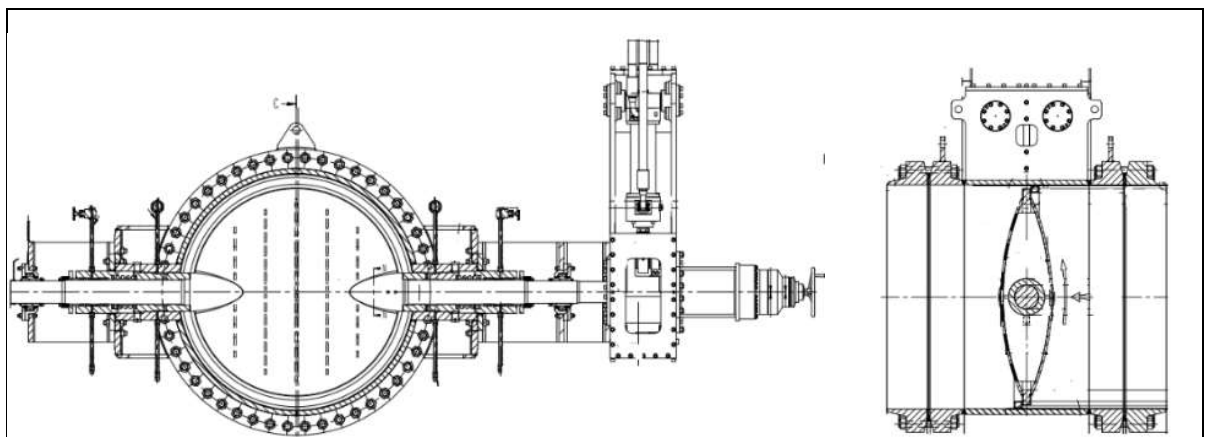


Válvula especial de desvio *Two Port Diverter Valve* dos gases de combustão oriundos do Regenerador

O refratamento do corpo é com refratário antierosivo Classe C, de fluência livre *free flow* Resco Sureflow 17E, vertido em forma metálica sem vibradores, de 125 mm de espessura, ancorado em grampos V ondulado de aço inox 304SS, sendo críticos os revestimentos dos bocais de entrada e de saída, devido à movimentação térmica, entre o corpo e os bocais.

34.6. Válvula especial de controle tipo "*Butterfly Valve*"

Os equipamentos, dutos e inclusive as válvulas especiais à jusante do Vaso de 3º Estágio de Ciclones e alinhados com o Turboexpansor não devem ter qualquer revestimento refratário.



Válvula especial de controle tipo *Butterfly Valve* de controle das vazões dos fluxos de gases através do Turboexpansor

34.7. Válvula especial de bloqueio absoluto *man safe* tipo “*Goggle Valve*”

A válvula especial tipo *Goggle Valve*, a saber: *Turboexpander inlet valve* e *Turboexpander outlet valve* não têm revestimento refratário, a proteção contra o desgaste por erosão é conforme designado pelo Fabricante.

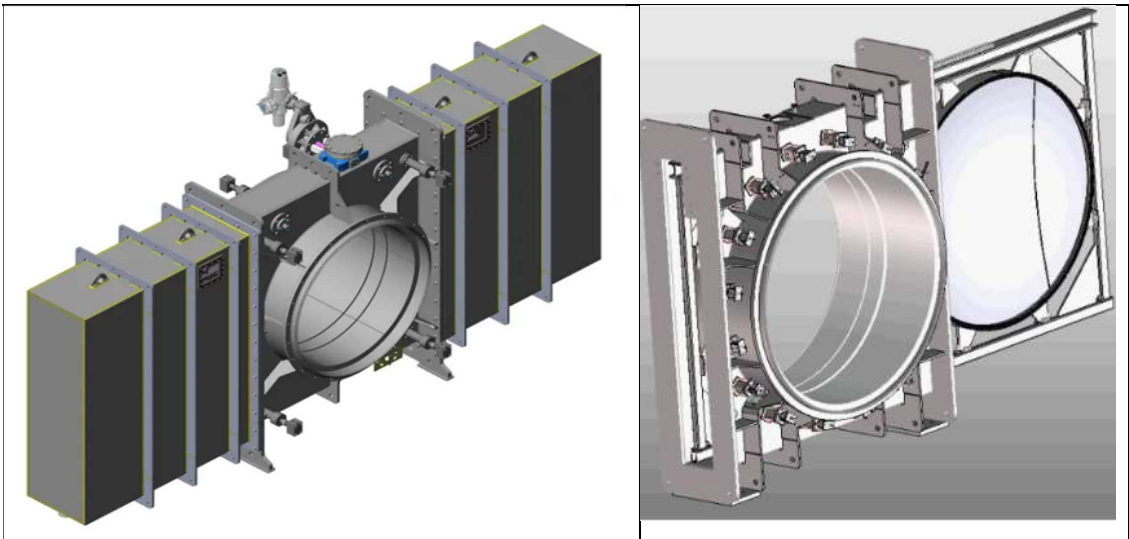


Ilustração de válvula *Goggle Valve* de bloqueio absoluto *man safe* à entrada e à saída do Turboexpansor