

Projeto Básico Padronizado de Fornos

1. Objetivo

Esta especificação técnica padroniza o escopo do projeto básico, para a aquisição de fornos, a ser aplicado aos projetos comprados de Empresas Licenciadoras de tecnologia de fornos.

O projeto básico padronizado é dividido em quatro fases:

- Projeto conceitual,
- Projeto de processo,
- Projeto térmico,
- Projeto mecânico,

que são aplicáveis aos tipos de fornos, conforme definidos neste documento.

O projeto de detalhamento de fabricação, a ser executado pelo Fornecedor Fabricante do forno, deve ter a inclusão uma Maquete Eletrônica, contemplando todos os equipamentos e instalações de todas as disciplinas de mecânica, tubulação, dutos, estrutura metálica, isolamento térmico e refratamento, elétrica, instrumentação e controle, a ser validada pelo Montador e Cliente, antes do início da fase de montagem do Equipamento.

Os Fornos, atualmente, estão sendo fornecidos com uma estratégia de EPC (Engineering, Procurement and Construction), ou seja, Engenharia de Detalhamento, Suprimento e Montagem, pela contratação de firmada em consórcio, normalmente constituído por 3 empresas, cada uma responsável por uma fase da obra, sob a liderança da firma Montadora.

No passado, o escopo do fabricante incluía a montagem no campo, mas se chegou à conclusão de que para a redução dos custos das compras dos Fornos, é conveniente que as mobilizações no canteiro da obra, no campo, devem ficar com o Montador, para eliminar a duplicidade de funções.

Desta forma, a estratégia de contratação passou para EP, Engenharia de Detalhamento e Suprimento, ficando o C, Construção & Montagem, a cargo do Montador da unidade de processo, sendo que a forma da instalação do canteiro de obras deve ser definida em Contrato.

O projeto básico do forno (composto pelos projetos conceitual, processo, térmico-analítico e mecânico) cabe à Licenciadora contratada. Já o projeto de detalhamento é realizado pelo Fabricante do forno e comentado pelo Montador. Nessa fase a maquete eletrônica 3D, que é uma ferramenta de projeto e de montagem, é fundamental e deve ser elaborada pela durante o projeto de detalhamento da fabricação.

2. Tipos de fornos de processo

Nas plantas de refino de petróleo e petroquímicas, há uma gama de processos que ocorrem em forno e que caracterizam a finalidade do mesmo, conforme abaixo:

- Aquecimento

O forno com simples aquecimento pode também ser chamado de forno de carga, que é bastante genérico. Esse tipo de forno tem como função incrementar a temperatura do processo para que o mesmo seja introduzido em outro equipamento, como uma coluna de destilação, ou mesmo em um trocador de calor.

- Vaporizador

Esse tipo de forno recebe uma carga total ou parcial líquida e o fluido é vaporizado no forno para ser introduzido em um equipamento.

- Superaquecedor de vapor

Forno destinado a superaquecer o vapor a altíssimas temperaturas e pressão para processos específicos.

- Forno de pirólise

Forno que aquece um produto, geralmente hidrocarboneto, para alterar as cadeias carbônicas, através de aquecimento a altas temperaturas.

- Reformador catalítico

Forno que muda as características dos componentes do fluido, através de reação catalítica que é endotérmica (necessita de calor para a reação) para geração de Hidrogênio a partir da mistura de hidrocarboneto com vapor d'água.

- Forno de etileno

Forno que produz o etileno através de pirólise a partir da nafta ou etano.

- Forno de coque

Forno que aquece hidrocarbonetos pesado, para produção de Coque e retirada final de hidrocarbonetos leves.

3. Projeto Conceitual

A fase de projeto conceitual do forno consiste em se fazer o dimensionamento prévio do equipamento, levando em consideração os dados preliminares de processo e possui os seguintes objetivos:

- Verificar a viabilidade de se projetar um equipamento para as condições de processo desejadas;
- Avaliar a instalação de um sistema de recuperação de calor (preaquecimento de ar ou de outro tipo);
- Estimar as dimensões do equipamento;
- Estimar eficiência, calor a ser liberado e quantidade de queimadores necessários;
- Estimar diâmetro dos tubos e número de passes;
- Executar o cálculo preliminar da perda de carga;
- Posicionar do forno dentro da planta de arranjo, verificando possíveis interferências na unidade.

4. Projeto de Processo

A fase de Projeto de Processo consiste em se fazer o dimensionamento do forno, levando em consideração os dados finais de processo, a saber: *carga térmica, vazão, temperatura, pressão de operação e de projeto, perda de carga admissível, propriedades, características, contaminantes e carga*, obtidos após o fechamento do balanço de massa e energia da unidade.

Nesta fase, além dos dados de processo, devem ser considerados os requisitos descritos no IBE, no BEDQ, nas normas PETROBRAS, nas normas nacionais e estrangeiras, e nos documentos complementares.

5. Projeto Térmico ou Analítico

O Projeto Térmico, também chamado de Projeto Analítico ou Térmico-Analítico, consiste no cálculo/definição daqueles itens considerados fundamentais para garantir a performance do processo e a eficiência térmica do equipamento, tais como:

- tipo de forno (cilíndrico, caixa, cabine, etc.);
- se o forno será somente radiante ou se possuirá convecção;
- geometria e dimensões do forno;
- se o forno possuirá sistema de preaquecimento de ar;
- se o forno possuirá outros serviços (geração e superaquecimento de vapor) além do principal;
- quantidades e dimensões dos tubos da radiação e convecção (diâmetro e espessura);
- balanço térmico do equipamento com a definição do perfil de temperatura;
- cálculo da eficiência térmica esperada para o forno;
- tipo e número de queimadores com as respectivas condições operacionais;
- perda de carga das serpentinas;
- material dos tubos da radiação e da convecção;
- tipo e dimensões da superfície estendida dos tubos da convecção (pinos ou aletas);
- material da superfície estendida dos tubos da convecção;
- materiais refratários e de suas âncoras;
- espessuras dos refratários;
- materiais dos suportes dos tubos;
- dimensões da chaminé;
- dimensões dos dutos do sistema de preaquecimento;
- perdas de carga e tiragem dos circuitos de ar e de gases de combustão;
- condições operacionais dos ventiladores forçado e induzido;

- quantidade e localização dos sopradores de fuligem;
- localização das janelas de observação, das portas de acesso e das portas de alívio de explosão;
- sistema de controle e intertravamento do forno;
- sistema de descoqueamento a ar e vapor “steam air decoking” e/ou “on line spalling”;
- sistema de descoqueamento por “pigging”.

6. Projeto Mecânico

Projeto mecânico deve ser executado para os tipos de fornos que apresentam níveis elevados de temperatura e outras características especiais, como por exemplo: os fornos de reação das unidades de geração de hidrogênio e de coqueamento retardado, onde a definição de alguns detalhes construtivos são fundamentais para a garantia da performance de processo.

7. Projeto básico de Fornos de Aquecimento e Vaporização

Para estes fornos, o projeto básico consiste das seguintes atividades: projeto conceitual, definição das condições operacionais de processo e projeto térmico ou analítico.

Aplicável aos seguintes tipos de fornos:

- Fornos de destilação atmosférica e a vácuo (UDAV);
- Fornos de hidrodessulfurização (UHDS);
- Fornos de hidrotratamento (UHDT);
- Fornos de hidrocraqueamento (UHCC);
- Fornos de unidades de craqueamento catalítico (UFCC);
- Fornos vaporizadores de nafta de unidades de geração de hidrogênio (UGH);
- Fornos de unidades de processamento de gás natural (UPGN e UPCGN);
- Fornos das unidades de desasfaltação e desaromatização;
- Fornos aquecedores de água;
- Fornos aquecedores de óleo térmico.

O escopo do projeto básico destes fornos consiste na emissão da seguinte documentação:

- Memorial descritivo do equipamento;
- Especificação técnica com definições para as etapas de detalhamento, construção e montagem;
- Folha de dados do forno conforme API STD 560;
- Folha de dados de queimadores com os acessórios;
- Desenho de arranjo geral do forno com os acessórios requeridos:
 - o Escadas e plataformas de operação;
 - o Porta de acesso - *Access door*;
 - o Porta de explosão - *Explosion door*;
 - o Janelas de observação das serpentinas – *Coil observation doors*;
- Desenho de instalação do *skin point*;
- Especificação técnica de fabricação da serpentina (apenas para materiais especiais);
- Folha de dados dos sopradores de fuligem ou ramonadores;
- Folha de dados de processo dos instrumentos;
- Folha de dados de processo e especificação técnica dos analisadores de oxigênio e CO;
- Fluxogramas de engenharia dos diversos sistemas:
 - o Sistemas de combustíveis *fuel oil e fuel gás*
 - Folha de dados do vaso coalescedor
 - o Sistema de descoqueamento *steam air decoking*
 - Folha de dados do vaso de “*blowdown*”
 - o Sistema de abafamento com vapor *snuffing steam system*
- Memorial descritivo de automação e intertravamento (SIS), contendo:
 - o Especificação Técnica;
 - o Folha de dados de processo dos instrumentos;
 - o Fluxograma lógico de controle e de intertravamento;
 - o Matriz ou Tabela de causa-efeito.

- Especificação técnica com as definições dos requisitos de instrumentação;

Além da documentação descrita acima, quando o forno possuir um sistema de preaquecimento de ar de combustão, os seguintes documentos deverão ser emitidos:

- Folha de dados de processo do preaquecedor a vapor;
- Folha de dados de processo do preaquecedor principal (recuperativo ou regenerativo);
- Documentação referente ao ventilador forçado;
- Documentação referente ao ventilador induzido;
- Desenho de arranjo dos dutos de ar para combustão;
- Desenho de arranjo dos dutos dos gases de combustão;
- Fluxogramas de engenharia descrevendo o sistema de preaquecimento de ar.

8. Projeto básico de fornos de reação

Para estes fornos, o projeto básico consiste das seguintes atividades: projeto conceitual, definição das condições operacionais de processo, projeto térmico ou analítico e projeto mecânico dos componentes considerados críticos.

Aplicável aos seguintes tipos de forno:

- Fornos reformadores de unidades de geração de hidrogênio (UGH);
- Fornos de Coqueamento Retardado tipo “*double fired*”;
- Fornos de Amônia;
- Fornos de Pirólise.

8.1. Fornos Reformadores de UGH - Unidades de Geração de Hidrogênio

Para estes fornos, além da documentação listada no item 6, são emitidos os seguintes documentos referentes ao projeto mecânico dos sistemas e componentes críticos:

- Especificações técnicas com requisitos de fornecimento dos materiais especiais de construção dos tubos e suportes das harpas da seção de radiação;
- Desenho de detalhamento com dimensões, arranjo e suportação das harpas;
- Desenho de detalhamento com dimensões, arranjo e suportação das serpentinas da convecção;
- Desenhos do sistema de entrada de carga na radiação;
- Desenhos do sistema de saída da carga da radiação;
- Desenhos dos dutos de transferência entre saída da carga da radiação e a caldeira recuperadora;
- Desenhos do sistema de transferência dos gases de combustão para a convecção.
- Dutos do circuito de ar pré- aquecido;
- Dutos do circuito de gases de combustão;
- Especificação técnica definindo o critério de modularização do forno.

8.2. Fornos de Coqueamento Retardado tipo “*double fired*”

Para esse tipo de fornos, além da documentação listada no item 2.1 referente ao projeto analítico (térmico), são emitidos os seguintes documentos referentes ao projeto mecânico de alguns sistemas e componentes críticos:

- Especificações técnicas com requisitos de fornecimento dos materiais especiais de construção dos tubos e suportes da seção de radiação;
- Desenho de detalhamento com dimensões, arranjo e suportação das serpentinas da radiação;
- Desenho de detalhamento com dimensões, arranjo e suportação das serpentinas da convecção;
- Desenhos dos sistemas de entrada e de saída da carga da radiação;
- Desenho da linha que liga a saída da convecção à entrada radiação;
- Especificação técnica definindo o critério de modularização do forno.

9. Lista de Documento de Memória de Cálculo-MC De Fornos

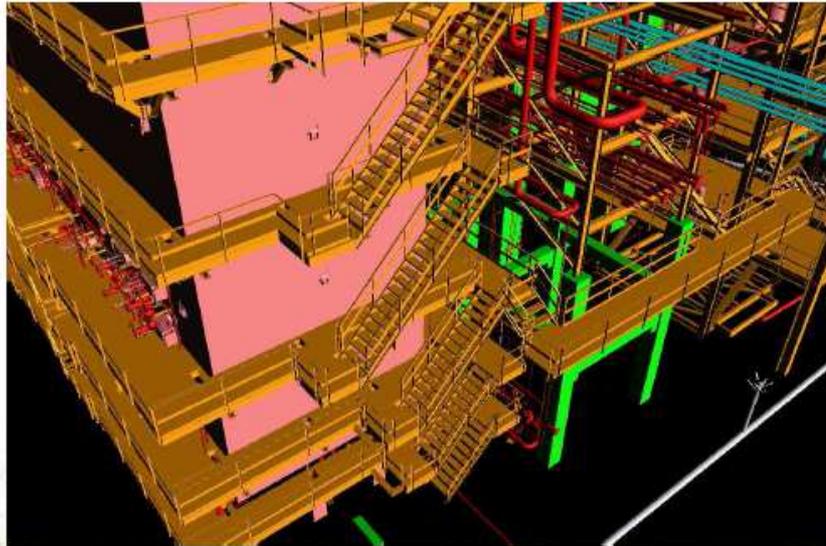
A memória de cálculo da estrutura do forno (MC) deve conter, no mínimo, as seguintes informações:

- Lista dos documentos de referência com suas respectivas revisões;

- Lista de normas de referência com suas respectivas edições;
- Softwares comercializados utilizados, com a respectiva versão;
- Caso se utilize softwares particulares, desenvolvidos na própria empresa, deve ser apresentado um relatório técnico, contendo, no mínimo: objetivo; variáveis de entrada; variáveis de saída; linguagem de computação; cálculos manuais que comprovem a validação do programa; autor e data da última atualização.
- Descrição das condições gerais de cálculo, tais como:
 - Velocidade básica do vento e demais fatores da NBR 6123;
 - Sobrecargas adotadas para: plataformas, piso do forno, teto (caso haja valores especificados nos documentos do projeto básico, como é o caso de Reformadores, estes valores tem que ser utilizados);
 - Cargas de refratamento e acessórios (como dampers e seus acionadores, sopradores de fuligem, etc.);
 - Descrição de como foram consideradas as cargas vivas e mortas dos dutos, preaquecedores de ar, etc.;
- Descrição dos módulos considerados e da sequência de montagem a ser adotada;
- Imagens produzidas pelo software (plots) de todos os elementos estruturais mostrando todas as cargas concentradas aplicadas;
- Imagens produzidas pelo software (plots) dos resultados obtidos;
- Os cálculos devem conter, além do dimensionamento da estrutura propriamente dita, após sua montagem total, cálculos das condições de içamento, inclusive montagens parciais, como é o caso da montagem dos módulos de convecção dos reformadores, teto da radiação dos reformadores antes da instalação dos tirantes;
- Todos os dispositivos de içamento deverão ter seu dimensionamento realizado de acordo com a norma, e este dimensionamento deverá ser apresentado nesta MC;
- Todos os enrijecedores provisórios, aplicados para transporte e içamento, devem ser claramente identificados na MC;
- Deverão ser apresentadas as deformações calculadas para as condições de içamento de todos os componentes refratados, tais como os módulos de convecção, dutos, trechos de chaminé, etc. Os valores obtidos deverão atender aos limites do API para dutos isolados.

10. Condições padronizadas de construção de fornos

- Os “skins points” dos tubos da radiação devem ser do tipo removível e substituível em campanha;
- Queimadores com combustível líquido devem possuir alinhamento com controles de vazão, viscosidade e temperatura;
- Os “plenuns” de pré-aquecimento de ar devem ser projetados de modo que cada queimador possua ar de admissão individualizada, e permitindo o isolamento individual de cada queimador;
- A seção de convecção deve ser construída com painéis removíveis para acesso interno através de plataformas;
- As janelas de inspeção de vidro refratário devem se instaladas em todos os painéis da seção de radiação, de modo a permitir a visão de todos os queimadores, protegido da radiação térmica, e a inspeção por termografia dos tubos da radiação;
- Os cestos dos aquecedores de ar rotativos tipo Ljungström devem ter a seção fria revestida de óxido de Nióbio;
- Plataformas em 360° do forno, interligadas a passarelas de outros equipamentos, para servirem de rota de fuga;



- Instalação de sistema de monitoração de temperatura dos tubos com câmaras pirométricas.



- Componentes e Acessórios Básicos de Fornos

Além dos perfis e chapas da carcaça do forno, prever os seguintes componentes e acessórios:

1. Serpentina de radiação e convecção (tubos, curvas 180°, cabeçotes)
2. Tubos lisos, aletados ou pinados,
3. Dutos para sistema de pré-aquecimento do ar de combustão
4. Ventilador (para tiragem forçada)
5. Dampers de controle
6. Pré-aquecedores de ar de combustão recuperativos tipo tubos para fornos e caldeiras
7. Pré-aquecedores de ar de combustão recuperativos tipo placas para fornos e caldeiras
8. Pré-aquecedores de ar de combustão regenerativo –tipo rotativo
9. Queimadores (burners)-fornos
10. Detectores de chama
11. Detector de Chama por Ionização (Flame-Rod)
12. Detector de Chama (Fotocélula) para Ure e Tail Gas
13. Detector de Chama U.V. Infra-Red
14. Fundidos estáticos
15. Fundidos centrifugados
16. Ramonadores - sootblowers
17. Suportes de mola especiais
18. Analisadores de O₂

19. Vidros de segurança para as janelas de inspeção
20. Materiais refratários (cimento refratário e tijolo)
21. Isolantes térmicos
22. Sistemas de instrumentação e controle
23. Facilidade de "pigging" ou "steam air decoking"
24. Filtro coalescedor
25. Mangotes com alma de aço inoxidável para interligação dos queimadores