

MONTAGEM E CONDICIONAMENTO DE FORNO

Procedimento

CONTEC
Comissão de Normas
Técnicas

SC - 08
Fornos

Cabe à CONTEC - Subcomissão Autora, a orientação quanto à interpretação do texto desta Norma. O Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma é o responsável pela adoção e aplicação dos itens da mesma.

Requisito Mandatório: Prescrição estabelecida como a mais adequada e que deve ser utilizada estritamente em conformidade com esta Norma. Uma eventual resolução de não segui-la ("não-conformidade" com esta Norma) deve ter fundamentos técnico-gerenciais e deve ser aprovada e registrada pelo Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma. É caracterizada pelos verbos: "dever", "ser", "exigir", "determinar" e outros verbos de caráter impositivo.

Prática Recomendada (não-mandatária): Prescrição que pode ser utilizada nas condições previstas por esta Norma, mas que admite (e adverte sobre) a possibilidade de alternativa (não escrita nesta Norma) mais adequada à aplicação específica. A alternativa adotada deve ser aprovada e registrada pelo Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma. É caracterizada pelos verbos: "recomendar", "poder", "sugerir" e "aconselhar" (verbos de caráter não-impositivo). É indicada pela expressão: **[Prática Recomendada]**.

Cópias dos registros das "não-conformidades" com esta Norma, que possam contribuir para o aprimoramento da mesma, devem ser enviadas para a CONTEC - Subcomissão Autora.

As propostas para revisão desta Norma devem ser enviadas à CONTEC - Subcomissão Autora, indicando a sua identificação alfanumérica e revisão, o item a ser revisado, a proposta de redação e a justificativa técnico-econômica. As propostas são apreciadas durante os trabalhos para alteração desta Norma.

"A presente Norma é titularidade exclusiva da PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. - PETROBRAS, de uso interno na Companhia, e qualquer reprodução para utilização ou divulgação externa, sem a prévia e expressa autorização da titular, importa em ato ilícito nos termos da legislação pertinente, através da qual serão imputadas as responsabilidades cabíveis. A circulação externa será regulada mediante cláusula própria de Sigilo e Confidencialidade, nos termos do direito intelectual e propriedade industrial."

Apresentação

As normas técnicas PETROBRAS são elaboradas por Grupos de Trabalho – GTs (formados por especialistas da Companhia e das suas Subsidiárias), são comentadas pelos Representantes Locais (representantes das Unidades Industriais, Empreendimentos de Engenharia, Divisões Técnicas e Subsidiárias), são aprovadas pelas Subcomissões Autoras – SCs (formadas por técnicos de uma mesma especialidade, representando os Órgãos da Companhia e as Subsidiárias) e aprovadas pelo Plenário da CONTEC (formado pelos representantes das Superintendências dos Órgãos da Companhia e das suas Subsidiárias, usuários das normas). Uma norma técnica PETROBRAS está sujeita a revisão em qualquer tempo pela sua Subcomissão Autora e deve ser reanalisada a cada 5 (cinco) anos para ser revalidada, revisada ou cancelada. As normas técnicas PETROBRAS são elaboradas em conformidade com a norma PETROBRAS N-1. Para informações completas sobre as normas técnicas PETROBRAS, ver Catálogo de Normas Técnicas PETROBRAS.

MONTAGEM E CONDICIONAMENTO DE FORNO
(procedimento)

<u>SUMÁRIO</u>	<u>Página</u>
1 OBJETIVO.....	3
2 NORMAS A CONSULTAR.....	3
2.1 Da PETROBRAS.....	3
2.2 Do ASME (American Society of Mechanical Engineers).....	3
2.3 Do ANSI (American National Standards Institute).....	4
2.4 Do SIS (Sveriges Standardiseringskommission).....	4
2.5 Da AWS (American Welding Society).....	4
3 DEFINIÇÕES.....	4
3.1 Balança.....	4
3.2 Sistema de Geração de Vapor.....	4
3.3 Solda Filetada.....	4
3.4 Espessura Mínima.....	4
4 CONDIÇÕES GERAIS.....	5
5 INSPEÇÃO DE RECEBIMENTO.....	6
6 ARMAZENAMENTO E PRESERVAÇÃO DE MATERIAIS.....	13
7 FUNDAÇÕES.....	15
7.1 Referências de Nível e Coordenadas de Área.....	15
7.2 Chumbadores.....	15
7.3 Nivelamento da Base de Concreto.....	16
7.4 Grauteamento.....	16
7.5 Piso e Dique.....	17

8	MONTAGEM.....	17
8.1	Base do Equipamento.....	17
8.2	Marcação.....	17
8.3	Inspeção antes da Montagem.....	17
8.4	Reparo de Defeitos em Materiais.....	17
8.5	Dispositivos Auxiliares de Montagem.....	17
8.6	Ajustagem.....	18
8.7	Chanfros.....	19
8.8	Mandrilagem.....	20
8.9	Soldagem.....	22
8.10	Tolerâncias de Juntas Soldadas.....	23
8.11	Conexões.....	23
8.12	Suportes de Tubos.....	24
8.13	Juntas de Expansão.....	24
8.14	Soprador de Fuligem.....	24
8.15	Queimador.....	25
8.16	Chaminé e Dutos.....	25
8.17	Refratamento e Isolamento Térmico.....	26
8.18	Estruturas Metálicas em Geral.....	27
8.19	Tratamento Térmico.....	28
9	INSPEÇÃO DE MONTAGEM.....	29
10	TESTE HIDROSTÁTICO.....	31
10.1	Procedimento.....	31
10.2	Fluido de Teste.....	32
10.3	Medidores de Pressão.....	32
10.4	Segurança e Acesso.....	32
10.5	Juntas de Vedação.....	32
10.6	Após o Teste.....	33
10.7	Teste de Estanqueidade.....	33

1 OBJETIVO

Esta Norma fixa as condições exigíveis para a montagem e condicionamento de forno, em instalações de indústria de petróleo e petroquímica.

2 NORMAS A CONSULTAR

2.1 Da PETROBRAS

- (a) [N-13](#) - Aplicação de Tintas;
- (b) [N-115](#) - Fabricação e Montagem de Tubulações Industriais;
- (c) [N-133](#) - Soldagem;
- (d) [N-250](#) - Montagem de Isolamento Térmico a Alta Temperatura;
- (e) [N-858](#) - Instrumentação;
- (f) [N-1592](#) - Exame Não-Destrutivo - Teste Magnético e Teste por Pontos;
- (g) [N-1593](#) - Exame Não-Destrutivo - Estanqueidade;
- (h) [N-1594](#) - Exame Não-Destrutivo - Ultra-Som;
- (i) [N-1595](#) - Exame Não-Destrutivo - Radiografia;
- (j) [N-1596](#) - Exame Não-Destrutivo - Líquido Penetrante;
- (l) [N-1597](#) - Exame Não-Destrutivo - Visual;
- (m) [N-1598](#) - Exame Não-Destrutivo - Partículas Magnéticas;
- (n) [N-1617](#) - Aplicação de Concretos Refratários;
- (o) [N-1618](#) - Materiais para Isolamento Térmico;
- (p) [N-1644](#) - Fundações e Estruturas;
- (q) [N-1890](#) - Montagem de Revestimento de Manta-de-Lã;
- (r) [N-1910](#) - Projeto de Revestimento com Concreto Refratário.

2.2 Do ASME (American Society of Mechanical Engineers)

- (a) Boiler and Pressure Vessel Code - Section I - 1980 Edition;
- (b) Boiler and Pressure Vessel Code - Section VIII - Division 1 - 1980 Edition, incluindo Summer 1980, Winter 1980.

2.3 Do ANSI (American National Standards Institute)

B.31.3 - Chemical Plant and Petroleum Refinery Piping April 1, 1977, com addenda de June 15, 1978, Sept 29, 1978 e November 12, 1979.

2.4 Do SIS (Sveriges Standardiseringskommission)

SIS 05 59 00-1967 - Pictorial Surface Preparation Standards for Painting Steel Surfaces.

2.5 Da AWS (American Welding Society)

D 1.1 - Structural Welding Code-Steel.

3 DEFINIÇÕES

Para os fins desta Norma são adotadas as seguintes definições:

3.1 Balança

Qualquer dispositivo de montagem utilizado para elevação e/ou movimentação de peças esbeltas com a função de apoiar a peça em vários pontos, a fim de evitar deformações na mesma.

3.2 Sistema de Geração de Vapor

É o conjunto de elementos do forno, que processa água e/ou vapor.

3.3 Solda Filetada

É uma solda cujo aspecto visual é o de uma solda executada, utilizando-se a técnica de deposição retilínea, com oscilação máxima de 1,5 vezes o diâmetro do consumível.

3.4 Espessura Mínima

É a espessura nominal menos a tolerância de fabricação.

4 CONDIÇÕES GERAIS

4.1 A montagem deve ser executada de acordo com o procedimento de montagem da executante elaborado em conformidade com os documentos de projeto e contendo, no mínimo, os seguintes itens:

- (a) método de armazenamento de peças e/ou seções pré-montadas;
- (b) método de execução do tratamento térmico de alívio de tensões;
- (c) método de execução do teste hidrostático;
- (d) método de execução do teste de estanqueidade;
- (e) método de limpeza química, ou método de limpeza por arraste, ou ambos;
- (f) plano de preservação de sistemas não-drenáveis;
- (g) plano de preservação de sistemas drenáveis;
- (h) método de secagem e aquecimento do refratário;
- (i) plano de hibernação;
- (j) plano de preservação;
- (l) plano de preparação para operação assistida.

4.2 O procedimento de soldagem deve obedecer à [N-133](#) e esta Norma.

4.3 Os exames não-destrutivos devem ser executados de acordo com as normas [N-1591](#), [N-1592](#), [N-1594](#), [N-1595](#), [N-1596](#), [N-1597](#) e [N-1598](#).

4.3.1 Deve ser adotado como teste de estanqueidade, o teste de formação de bolhas com pressão positiva que deve ser executado de acordo com a [N-1593](#).

4.3.2 No caso de exame por ultra-som, a avaliação dos resultados deve ser de acordo com o ASME Sec. I, PW-52.3 para o sistema de vapor e de acordo com a ANSI B 31.3, item 336.4.6 (b) para outros sistemas.

4.3.3 No caso de exame por meio de líquido penetrante a avaliação dos resultados deve ser de acordo com a ANSI B 31.1 item 136.4.4.

4.3.4 No casco de exame por partículas magnéticas e avaliação dos resultados deve ser de acordo com ANSI B 31.1 item 136.4.4.

4.3.5 No caso de exame radiográfico a avaliação dos resultados deve ser de acordo com o ASME Sec. I, PW-51.3 para o sistema de geração de vapor, e de acordo com a ANSI B 31.3, tabela 327.4.1A para os outros sistemas.

4.4 Os soldadores devem ser qualificados de acordo com a [N-133](#).

4.5 Os inspetores de soldagem devem ser qualificados de acordo com a [N-1737](#).

4.6 Os inspetores e operadores de exames não-destrutivos devem ser qualificados de acordo com a [N-1590](#).

5 INSPEÇÃO DE RECEBIMENTO

5.1 Para as partes do equipamento submetidas a pressão, os certificados de material, exigidos pelo ASME Sec. I, PG-11, no caso de sistema de geração de vapor, devem estar de acordo com as respectivas especificações.

5.2 As partes do equipamento devem estar perfeitamente identificadas de acordo com os desenhos de fabricação.

5.2.1 Para as partes submetidas a pressão, a identificação dos materiais utilizados devem conter também as especificações fornecidas pelos desenhos, com exceção dos casos previstos pelo ASME Sec. I, PG-11.

5.2.2 A identificação de materiais fundidos deve estar de acordo com os desenhos de fabricação e com o ASME Sec. I, PG-25.2.3.

5.3 Os chanfros das partes a serem soldadas devem ser inspecionados conforme item 8.7 desta Norma.

5.4 Os consumíveis para soldagem devem estar de acordo com a [N-133](#).

5.5 Os certificados de fabricação dos consumíveis devem estar de acordo com as especificações e conter o número de corrida correspondente ao constante na embalagem do consumível.

5.6 As juntas soldadas das seções recebidas prontas devem estar de acordo com o projeto e mais os requisitos a seguir.

5.6.1 O reforço para as juntas soldadas de topo deve estar de acordo com:

- (a) para o sistema de geração de vapor: ASME Sec. I, PW-35;
- (b) para os outros sistemas de forno: ANSI B 31.3, tabela 327.4.1A;
- (c) para estruturas metálicas: deve ser no máximo 3 mm, de acordo com AWS D 1.1, item 3.6.2.

5.6.2 O desalinhamento para as juntas soldadas de topo deve estar de acordo com:

- (a) para o sistema de geração de vapor: ASME Sec. I, PW-33;
- (b) para os outros sistemas de forno: ANSI B 31.3, tabela 327.3.3;
- (c) para estruturas metálicas: deve ser no máximo 10 % da menor espessura nominal, das partes soldadas, limitado a 3 mm, de acordo com AWS D 1.1, item 3.3.3.

5.7 Nas partes de apoio do equipamento a dimensão e a disposição dos furos devem estar compatíveis com as dos chumbadores. Os furos devem permitir a dilatação prevista para o equipamento.

5.8 O posicionamento das conexões deve estar conforme os requisitos estipulados nesta Norma, item 8.11.1.

5.9 As chapas ligadas à superfície das peças do equipamento através de juntas soldadas de maneira contínua, devem possuir o furo de "vent". Esse furo não pode estar tamponado.

5.10 Para cabeçotes, curvas de retorno, tubos, conexões, suportes de tubos e serpentinas, deve-se executar em todas as peças, os seguintes exames não-destrutivos:

- (a) exame visual - a avaliação do resultado deve ser feita de acordo com a especificação do material;
- (b) exame por meio de líquido penetrante ou partículas magnéticas, quando exigido pela projetista: a avaliação dos resultados deve ser feita conforme a especificação da projetista;
- (c) teste por pontos: o material identificado deve corresponder à especificação.

5.11 O diâmetro do tubo, circularidade e a espessura devem ser verificados na extremidade prevista para soldagem em todas as curvas de retorno, cabeçotes e os tubos a serem soldados. A medição de espessura deve ser feita também na região central externa das curvas forjadas e fundidas.

5.12 Em todos os furos de mandrilagem, para cada dimensão de furos, os seguintes quesitos, devem estar de acordo com o projeto:

- (a) diâmetro do furo;
- (b) posicionamento da ranhura;
- (c) profundidade da ranhura;
- (d) Largura da ranhura;

5.13 Todos os furos de mandrilagem, e as superfícies internas externa das extremidades dos tubos a serem mandrilados, devem ter a rugosidade especificada no projeto e estar isentos de defeitos superficiais, não sendo admitidos: riscos, amassamentos, corrosão e arestas cortantes. A superfície dos tubos a serem examinados deve se estender a um comprimento igual ao da parte a ser mandrilada mais 50 mm, em cada extremidade.

5.14 Todos os tubos a serem mandrilados devem ser verificados em cada dimensão e tipo de material, e devem obedecer aos seguintes quesitos:

- (a) dimensões nas extremidades: devem estar de acordo com o projeto;
- (b) dureza nas extremidades: devem estar de acordo com o especificado no projeto. Fazer a medida de dureza de maneira a não danificar o tubo na região de mandrilagem.

5.15 Devem ser verificados, por exame visual e/ou dimensional, todos os tubos e demais peças submetidas a pressão, os quais devem estar isentos de:

- (a) defeito que cause uma transição aguda na superfície da peça;
- (b) defeito que reduza a espessura da peça a um valor abaixo da espessura mínima;
- (c) corrosão acima do grau C da norma SIS 055900 para os seguintes materiais: aço-carbono, aço-liga molibdênio, aço-liga cromo-molibdênio e aço-liga níquel;
- (d) qualquer grau de corrosão para os aços inoxidáveis, para níquel e para ligas de níquel.

5.16 Nas regiões de tubos com superfície extendida, quando os pinos ou aletas forem removidas ou danificadas deve-se verificar se a espessura remanescente é, no mínimo, igual a espessura mínima prevista para o tubo. Deve ser verificado se a quantidade dos pinos ou aletas ainda existentes é aceitável.

5.17 A forma e dimensões dos tubos devem estar de acordo com o item 8.6.

5.18 A dureza, na zona fundida e na zona afetada termicamente, deve ser medida em 10 % (conforme ANSI B 31.3) das soldas com alívio de tensão na fábrica e devem apresentar os seguintes valores máximos:

- (a) para aços Cr-Mo com $Cr \leq 2 \%$: 225 HB;
- (b) para aços Cr-Mo com $Cr > 2 \%$: 241 HB;
- (c) para aço-carbono, em presença de H_2S : 200 HB.

5.19 Os reforços dos dutos do equipamento, utilizados para aumentar a rigidez dos mesmos, devem ser instalados conforme o projeto.

5.20 As deformações dos dutos não devem ultrapassar os seguintes valores:

(a) duto de seção circular:

- circularidade em qualquer seção transversal: diâmetro máximo menos diâmetro mínimo $\leq 1\%$ do diâmetro nominal;
- afastamento máximo da geratriz em relação a um gabarito reto de 1000 mm de comprimento: 20 mm, medido entre as extremidades do gabarito;
- deformação angular (embicamento): em um gabarito de 1000 mm a tolerância para o afastamento é 5 mm, medido entre as extremidades do gabarito;

(b) duto de seção paralelogrâmica:

- diferença entre diagonais de qualquer seção transversal: diagonal maior menos diagonal menor $\leq \%$ da diagonal nominal;
- afastamento máximo de qualquer das facas do duto em relação a um gabarito reto de 1000 mm de comprimento: 20 mm, medido entre as extremidades do gabarito;
- deformação angular (embicamento): em um gabarito de 1000 mm a tolerância para o afastamento é 5 mm, medido entre as extremidades do gabarito.

5.21 O abafador deve ser verificado quanto ao seu estado geral e ao seu movimento livre. Deve ser realizado teste por pontos na lâmina e no eixo.

5.22 Todos os suportes de tubos ou serpentinas devem ser inspecionados como em 5.10 e devem estar em bom estado e com bom acabamento, devendo se apresentar isentos de cantos vivos e rebarbas na região de apoio do tubo.