

MONTAGEM DE CALDEIRA AQUOTUBULAR

Procedimento

Esta Norma substitui e cancela a sua revisão anterior.

Toda esta Norma foi alterada em relação à revisão anterior.

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-mandatória): 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."

CONTEC

Comissão de Normas
Técnicas

SC - 22

Equipamentos de Utilidades

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.

PÁGINA EM BRANCO



1 OBJETIVO

1.1 Esta Norma fixa as condições exigíveis para a montagem de caldeira aquotubular, em instalações de indústria de petróleo e petroquímica, e em centrais termoeletricas.

1.2 Esta Norma se aplica aos serviços de montagem iniciados a partir da data da sua edição.

1.3 Esta Norma contém somente Requisitos Mandatórios.

2 DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

Os documentos relacionados a seguir são citados no texto e contém prescrições válidas para a presente Norma.

Ministério do Trabalho/Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho - NR-13 - Caldeiras e Vasos de Pressão;

PETROBRAS N-12 - Acondicionamento e Embalagem de Válvulas;

PETROBRAS N-13 - Aplicação de Tintas;

PETROBRAS N-115 - Fabricação e Montagem de Tubulações Industriais;

PETROBRAS N-133 - Soldagem;

PETROBRAS N-250 - Montagem de Isolamento Térmico a Alta Temperatura;

PETROBRAS N-1592 - Ensaio Não-Destrutivo - Teste Magnético e Teste por Pontos;

PETROBRAS N-1593 - Ensaio Não-Destrutivo - Estanqueidade;

PETROBRAS N-1594 - Ensaio Não-Destrutivo - Ultra-Som;

PETROBRAS N-1595 - Ensaio Não-Destrutivo - Radiografia;

PETROBRAS N-1596 - Ensaio Não-Destrutivo - Líquido Penetrante;

PETROBRAS N-1597 - Ensaio Não-Destrutivo - Visual;

PETROBRAS N-1598 - Ensaio Não-Destrutivo - Partículas Magnéticas;

PETROBRAS N-1617 - Aplicação de Concretos Refratários;

PETROBRAS N-1618 - Materiais Isolantes Térmicos;

PETROBRAS N-1644 - Construção de Fundação e de Estruturas de Concreto Armado;

PETROBRAS N-2162 - Permissão para Trabalho;

ASME B 31.1 - "Power Piping";

ASME B 31.3 - "Process Piping";

ASME "Boiler and Pressure Vessel Code - Section I and Section VIII/Division 1";

ASTM E-1290 - Test Method for Crack-Tip Opening Displacement (CTOD) Fracture Toughness Measurement;

ISO 8501-1 - Preparation of Steel Substrates Before Application of Paints and Related Products.

3 DEFINIÇÕES

Para os propósitos desta Norma são adotadas as definições indicadas nos itens 3.1 a 3.6.

3.1 Sistema ASME Section I

Sistema da caldeira sob o escopo do ASME “Boiler and Pressure Vessel Code - Section I”.

3.2 Sistema ASME B 31

Sistema da caldeira sob o escopo do ASME B 31.1 ou ASME B 31.3.

3.3 Balança

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

3.4 Painei

Conjunto de tubos unidos entre si, ao longo do comprimento, diretamente ou através de aletas por meio de junta soldada, ou ligados a dois coletores comuns.

3.5 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.

3.6 ”Buck-Stay”

Viga para rigidez estrutural da fornalha.

4 CONDIÇÕES GERAIS DE ENSAIOS NÃO-DESTRUTIVOS

Nesta Norma, algumas atividades são citadas repetidas vezes e deve ficar implícito que elas são executadas de acordo com as prescrições deste Capítulo.

4.1 Ensaio por Meio de Líquido Penetrante

Executado de acordo com a norma PETROBRAS [N-1596](#).

4.2 Ensaio por Meio de Partículas Magnéticas

Executado de acordo com a norma PETROBRAS [N-1598](#).

4.3 Ensaio por Ultra-Som

Executado de acordo com a norma PETROBRAS [N-1594](#).

4.4 Ensaio Radiográfico

Executado de acordo com a norma PETROBRAS [N-1595](#).

4.5 Ensaio Visual

Exame executado de acordo com a norma PETROBRAS [N-1597](#).

4.6 Teste por Pontos

Ensaio executado de acordo com a norma PETROBRAS [N-1592](#).

4.7 Ensaio de Estanqueidade

Ensaio executado de acordo com a norma PETROBRAS [N-1593](#) ou conforme procedimento próprio do fabricante, desde que previamente aprovado pela PETROBRAS.

5 INSPEÇÃO DE RECEBIMENTO

5.1 Deve ser verificado se as partes do equipamento estão perfeitamente identificadas de acordo com os desenhos de fabricação. Para as partes submetidas a pressão, verificar também se os materiais utilizados estão marcados de acordo com as especificações de material estabelecidas pelo projeto da caldeira.

5.2 Deve ser verificada a espessura de parede em todas as regiões de maior grau de conformação de calotas, partes cilíndricas do tubulão e curvas por dobramento de tubos. Deve ser obedecido o seguinte critério:

$$\text{Espessura medida} \geq \text{Espessura mínima de projeto}$$

5.3 Deve ser verificada se a ovalização dos tubos dobrados atende as tolerâncias especificadas no projeto da caldeira.

5.4 Inspeccionar os chanfros das partes a serem soldadas conforme 8.7.

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

5.6 Deve ser verificado se o número da corrida dos consumíveis para soldagem recebidos coincide com o número da corrida constante nos certificados e se os certificados estão de acordo com as especificações.

5.7 Verificar as juntas soldadas das seções recebidas prontas, que devem estar conforme o projeto e mais as seguintes prescrições para juntas soldadas de topo em estruturas metálicas:

- a) reforço: deve ser no máximo 3 mm;
- b) desalinhamento: deve ser no máximo 10% da menor espessura nominal, das partes soldadas, limitado a 3 mm;
- c) adoçamento nas juntas entre chapas de espessuras diferentes deve ser no mínimo 1 para 3.

5.8 Verificar nas partes de apoio do equipamento se a dimensão e disposição dos furos é compatível com os chumbadores. Deve ser verificado, em especial, se os furos permitem a dilatação prevista para o equipamento, conforme definido em projeto.

5.9 O posicionamento das conexões deve ser verificado conforme os requisitos estipulados em 8.11.1.

5.10 Inspeccionar as chapas ligadas à superfície das peças do equipamento através de juntas soldadas de maneira contínua, para verificar se as chapas possuem o furo que tem a função de “vent”. Esse furo não deve estar tamponado.

5.11 Para curvas de retorno, fundidos ou forjados, deve-se executar, em todas as peças os seguintes ensaios não-destrutivos:

- a) ensaio visual - a avaliação do resultado deve ser feita de acordo com a especificação do material;
- b) ensaio por meio de líquido penetrante ou partículas magnéticas, apenas quando exigido pelo fabricante: a avaliação dos resultados deve ser feita conforme a especificação do fabricante.

5.12 Verificar no Relatório de Fabricação dos tubulões e coletores a conformidade com o projeto das seguintes dimensões:

- 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 interna e externa das extremidades dos tubos a serem mandrilados, devem ser examinados visualmente e devem ter a rugosidade especificada no projeto e estar isentos de defeitos superficiais, não sendo admitidos:

- a) riscos;
- b) amassamentos;
- c) corrosão;
- d) arestas cortantes.

Notas: 1) As superfícies dos tubos a serem examinadas devem se estender a um comprimento igual à da parte a ser mandrilada mais 50 mm, em cada extremidade.
2) Proteger os furos e as extremidades dos tubos contra a corrosão; usar tampão plástico externo nas extremidades dos tubos.

5.14 Verificar o Relatório de Fabricação dos tubos a serem mandrilados que 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 para valor inferior ao requerido em 5.2;
- c) corrosão acima do grau C da norma ISO 8501-1 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.

Nota: Os reparos, caso necessários, só podem ser realizados com autorização da PETROBRAS.

5.16 A forma e dimensões de tubos e painéis devem estar de acordo com 8.6.

5.17 As sedes de assentamento da boca de visita do tubulão (corpo e tampa) devem ser examinadas visualmente e devem estar em bom estado, isentas de qualquer irregularidade, e devidamente protegidas contra efeitos mecânicos e corrosão. A perpendicularidade das sedes de assentamento em relação ao eixo da boca de visita ou ao eixo da tampa deve estar dentro da tolerância de $\pm 1/4^\circ$.

5.18 Executar teste por pontos em material de aço-liga de coletores e tubos dos superaquecedores e suas conexões. Realizar teste por pontos em todas as peças de baixa liga para certificar-se de eventual troca de material.

5.19 Verificar se os reforços dos dutos do equipamento, utilizados para aumentar a rigidez dos mesmos, estão instalados conforme o projeto.

5.20 Verificar os dutos do equipamento quanto à deformação existente, a qual deve atender às seguintes tolerâncias:

a) duto de seção circular:

- circularidade em qualquer seção transversal: diâmetro máximo-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 (ver FIGURA A-2);

b) duto de seção poligonal:

- diferença entre diagonais de qualquer seção transversal: diagonal maior menos diagonal menor $\leq 1\%$ da diagonal nominal;
- afastamento máximo de qualquer das faces do duto em relação a um gabarito reto de 1000 mm de comprimento: 20 mm, medido entre as extremidades do gabarito (ver FIGURA A-2).

5.21 Verificar o estado geral do abafador (damper), o qual deve se movimentar livremente. Verificar a folga para dilatação do abafador (damper). Verificar se tem ar de selagem no caso de gases letais.

5.22 Verificar por ensaio visual, se todos os suportes de tubos ou serpentinas estão em bom estado e com bom acabamento, devendo se apresentar isentos de cantos vivos e rebarbas na região de apoio do tubo.

5.23 Executar nos suportes de tubos ou serpentinas, ou mesmos ensaios de 5.11.

5.24 Verificar no Relatório de Fabricação dos sopradores de fuligem se os tubos estão com as seguintes tolerâncias em relação ao projeto:

- a) comprimento: $\pm 1\%$ do comprimento nominal e no máximo 50 mm;
- b) posicionamento dos orifícios: $\pm 3\text{mm}$;
- c) diâmetro interno dos orifícios: $\pm 10\%$ do diâmetro nominal;
- d) flexionamento longitudinal, medido em relação ao eixo teórico: no máximo igual a $1/500$ do comprimento.

5.25 Verificar, por ensaio visual, se os sopradores de fuligem e o painel estão em bom estado. Os tubos dos sopradores devem estar isentos de trincas. Verificar os certificados dos materiais de todos os tubos dos sopradores de fuligem para constatar se o material empregado é o especificado no projeto. Verificar o sistema de acionamento. Efetuar ensaio por líquido penetrante (ver norma PETROBRAS [N-1596](#)) no bico da lança.

5.26 Verificar no Relatório de Fabricação dos queimadores as tolerâncias de posicionamento dos furos (ângulo de abertura) e de diâmetro dos furos. Confirmar o posicionamento dos bicos dos queimadores em relação aos dados de projeto.

5.27 Verificar por ensaio visual, se os queimadores estão com as aletas direcionadoras de fluxo em bom estado, e se os reguladores de ar funcionam de modo satisfatório.

5.28 Verificar por ensaio visual se os ventiladores do equipamento estão em bom estado. Para tanto deve:

- a) ter as pás sem deformações ou corrosão;
- b) girar livremente.

5.29 Verificar, por ensaio visual, o estado geral do préaquecedor de ar, principalmente quanto a danos nos tubos e aletas, sendo inadmissíveis os defeitos estipulados em 5.14. Para o caso de préaquecedor regenerativo, observar também se os bicos de lavagem estão de acordo com o projeto. Verificar o balanceamento do conjunto rotativo executado pelo Fabricante.

5.30 Inspecionar, por ensaio visual e dimensional, as juntas de expansão para constatar se estão em bom estado, travadas e de acordo com o projeto. As juntas devem estar isentas dos defeitos estipulados em 5.15.

5.31 Verificar por ensaio visual o estado de todas as válvulas situadas no limite de bateria da caldeira.

5.32 Verificar, por ensaio visual e dimensional, se as estruturas metálicas, chaparia, plataformas, escadas e portas de explosão se apresentam em bom estado e de acordo com o projeto. As peças devem estar isentas dos defeitos estipulados em 5.15 a) e c). Os elementos estruturais (ex.: colunas e vigas) não devem apresentar deformações além daquelas permitidas pela especificação do material.

5.33 Verificar o estado geral dos materiais refratários e isolantes térmicos de acordo com as normas PETROBRAS [N-1617](#) e [N-1618](#).

5.34 Verificar se as peças pré-fabricadas estão convenientemente protegidas. Inspeccionar, por ensaio visual, o estado geral da proteção:

- a) pintura ou verniz, de proteção provisória: deve estar com perfeita aderência, protegendo integralmente a superfície e isenta de corrosão sob a película de tinta ou verniz;
- b) pintura definitiva: deve estar de acordo com a norma PETROBRAS [N-13](#);
- c) outras formas de proteção (ex.: graxa ou óleo): devem proteger integralmente a superfície, formando um filme uniforme e impermeável sobre esta. A superfície deve estar isenta de corrosão sob o filme.

Nota: As juntas soldadas, de peças que sofrem teste de resistência ou estanqueidade na fase de montagem, devem estar isentas de película de tinta.

5.35 Examinar visualmente as faces dos flanges para verificar o estado e padronização das ranhuras. Não é admissível qualquer corrosão ou amassamento nas ranhuras.

5.36 Deve-se verificar se as peças fabricadas são recebidas com a embalagem prevista pelo fabricante.

6 ARMAZENAMENTO DE MATERIAIS

Caso as peças não estejam acondicionadas e protegidas, deve ser providenciado o perfeito acondicionamento e proteção para armazená-las, conforme este item.

6.1 Os flanges devem estar com suas ranhuras devidamente protegidas contra danos mecânicos e corrosão. As faces dos flanges devem ser protegidas com revestimento adequado e por uma cobertura de madeira.