

# **Soldagem TUBOxESPELHO em vasos de pressão do tipo trocador de calor casco e tubo**

**Nome: Leonardo Zuqui Coelho E-mail:leonardozuqui@live.com**

Data: 24/05/2014 Local: Cotia-SP

## **Introdução**

Este trabalho tem o objetivo de apresentar informações sobre a solda realizada em ligação de tubo x espelho em trocador de calor.

Trocador de calor é um equipamento por onde passam dois fluidos diferentes, que não entram em contato em si, realizando uma troca térmica entre os fluidos por interface metálica. A norma TEMA (TUBULAR EXCHANGER MANUFACTURERS ASSOCIATION) padroniza diversos modelos de trocador de calor casco e tubos.

O projeto, de acordo com as normas de fabricação, determina o tipo de ligação tubo x espelho a ser realizado, por mandrilagem, solda de selagem ou solda de resistência.

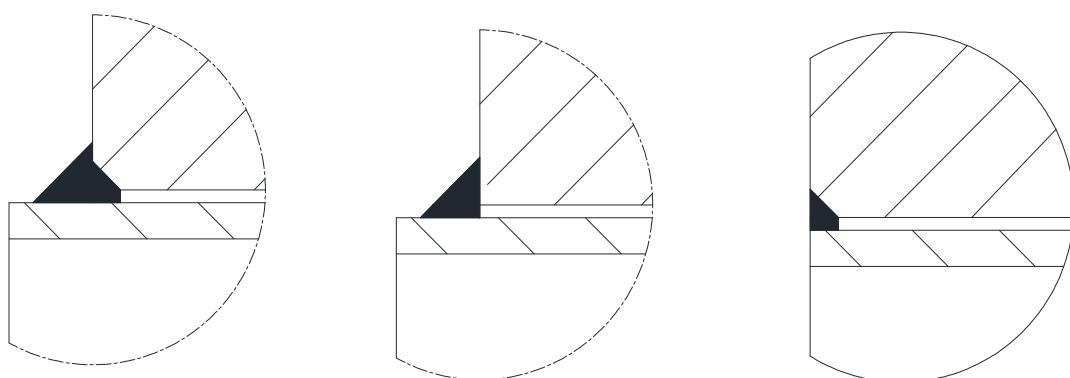
## **Tipos de solda**

Basicamente temos dois tipos de solda: solda de selagem e solda de resistência.

Solda de selagem: é uma solda de união do tubo ao espelho com a finalidade de não permitir vazamento de fluido do lado do casco para o lado dos tubos e vice-versa. Nesse tipo de solda a configuração da junta é: junta sobreposta com solda de ângulo, sem preparação de chanfro. A soldagem é realizada com apenas um passe com adição de metal.

Solda de resistência: nesse tipo a resistência da solda é igual ou maior que a resistência axial do tubo, é preparado um pequeno chanfro no espelho, normalmente em meio "V" ou "J", com 2mm de preparação e 45° de ângulo. Nessa configuração temos uma junta sobreposta com uma solda de chanfro e ângulo. É realizada em 2 passes, sendo o primeiro passe autógeno e o segundo com metal de adição.

Alguns tipos aceitáveis de solda de resistência na ligação tubo x espelho:



Para os dois tipos de solda o processo mais usual é o TIG.

Em alguns casos a ligação do tubo com o espelho somente com mandrilagem não é recomendado ou é proibido. Serviço de classe de pressão igual ou maior que 600 ou pressão de operação superior a 1000 psi recomenda-se o uso de solda de resistência. Serviço com fluido letal em somente um dos lados, com pressão de operação superior à pressão de operação do outro fluido é aceitável uso de expansão mais solda de selagem. Serviço onde vazamento seja inadmissível para o outro lado, com pressão de operação superior à pressão de operação do outro fluido é aceitável uso de expansão mais solda de selagem.

#### Qualificação de procedimento de soldagem

Quando for requerido solda na ligação do tubo com o espelho o procedimento de solda deve ser previamente qualificado.

Dez soldas tubo x espelho são requeridas para qualificar cada procedimento de soldagem. A montagem da peça de teste deverá essencialmente imitar a configuração do furo no espelho para o tubo e o projeto de junta para tubo x espelho dentro do limite das variáveis essenciais. A espessura do espelho não é requerido que seja maior do que 50mm, e o cladding pode ser representado por material de base de composição química essencialmente equivalente à composição do cladding. As soldas deverão ser submetidas aos seguintes testes sequencialmente e devem atender aos critérios de aceitação aplicáveis.

**Exame visual:** As superfícies acessíveis das soldas deverão ser examinada visualmente sem ampliação requerida. A solda deverá apresentar fusão completa e não evidenciar queima através da parede do tubo e deverá estar livre de trinca ou poro.

**Exame de líquido penetrante:** O líquido penetrante deverá atender aos requisitos da Seção V, artigo 6. Deve ser considerado inaceitável qualquer indicação linear relevante, indicação arredondada relevante maior do que 5mm e quatro ou mais indicações arredondadas relevantes separadas por 1,5mm borda a borda, sendo que indicação relevante são todas com dimensão maior do que 1,5mm, indicação linear são todas que possuem um comprimento maior do que três a largura e indicação arredondada tem um comprimento igual ou menor que três vezes a largura.

**Exame macrográfico:** A solda deverá ser seccionada através do centro do tubo para exame macrográfico. As quatro superfícies expostas deverão ser polida e atacada com produto adequado para permitir uma definição clara da solda e da ZTA. Usando uma ampliação de 10X a 20X, as seções expostas da solda deverão confirmar;

- inexistência de trinca;
- completa fusão do depósito de solda no espelho e na parede do tubo;
- penetração completa do depósito de solda para dentro da raiz da junta (0,4mm no mínimo)
- dimensão mínima de escoamento requerida pelo projeto;
- porosidade não deverá reduzir a garganta de solda abaixo da espessura mínima de escoamento requerida pelo projeto.

São requeridas cinco soldas para qualificar cada soldador. As mesmas regras como aquelas para qualificação de procedimento deverão ser seguidas. Somente uma solda é requerida para renovar qualificação quando a qualificação estiver expirada ou revogada.

Variáveis essenciais na qualificação tubo x espelho:

A seguir os parâmetros que deverão ser considerados como variáveis essenciais para a qualificação de soldagem tubo x espelho:

- Uma alteração no processo de soldagem usado;
- Uma alteração na configuração da junta de solda, tal como um aumento na profundidade do chanfro, uma diminuição no ângulo do chanfro, ou uma alteração no tipo de chanfro;
- Para tubos de espessura de parede especificada de 2,5mm ou menos um aumento ou diminuição de 10% da espessura de parede especificada. Para tubos de parede especificada maior que 2,5mm somente um teste de qualificação é requerido;
- Para tubos de diâmetro especificado de 50mm ou menos e uma espessura de parede especificada de 2,5mm ou menos, uma diminuição maior do que 10% do diâmetro do tubo especificado. Para tubos de diâmetro especificado maior do que 50mm, o diâmetro mínimo qualificado é de 50mm. Para tubos de espessura de parede especificado maior do que 2,5mm, diâmetro não é uma variável essencial;
- Uma diminuição de 10% ou mais na largura especificada de ligamento entre os furos de tubo, quando a largura especificada de ligamento é menor do que o maior valor entre 10mm ou 3 vezes a espessura de parede de tubo especificada;
- Uma alteração de passes múltiplos para passe simples ou vice versa;
- Uma alteração na posição de soldagem da junta tubo x espelho daquela qualificada;
- Uma alteração na progressão na posição vertical de solda daquela qualificada;
- Uma alteração do P-Number, no material do tubo ou do espelho;
- Se metal de adição é adicionado, uma alteração no A-Number do depósito de solda;
- Uma diminuição de mais do que 55°C na temperatura de pré-aquecimento ou um aumento de mais do que 55°C na temperatura interpassa daquela qualificada;
- Adicionar ou deletar tratamento térmico após soldagem;
- Uma alteração de mais do que 10% no valor de corrente daquela qualificada;
- Uma alteração na polaridade ou tipo de corrente daquela qualificada;
- Uma alteração entre o método de aplicação manual, semi-automatico ou automático;
- A adição de expansão de tubo antes da soldagem;
- Uma alteração no método de limpeza antes da soldagem;
- Uma alteração de um gás de proteção para outro gás de proteção ou para um gás de proteção com mistura;
- Quando usando um gás de proteção com mistura, uma alteração de  $\pm 25\%$  ou 2,5 L/min, o que for maior, na taxa de fluxo de gás de menor constituinte;
- Adicionar ou deletar metal de adição;
- Uma alteração no diâmetro nominal do metal de adição;
- A eliminação de sistema de gás de proteção auxiliar se usado durante a qualificação;
- Uma alteração no F-Number do metal de adição;

## Ensaios Não Destrutivos após soldagem

Após a soldagem do tubo ao espelho é necessário realizar alguns ensaios não destrutivos com o objeto de examinar a inexistência de defeitos e garantir a ausência de vazamentos.

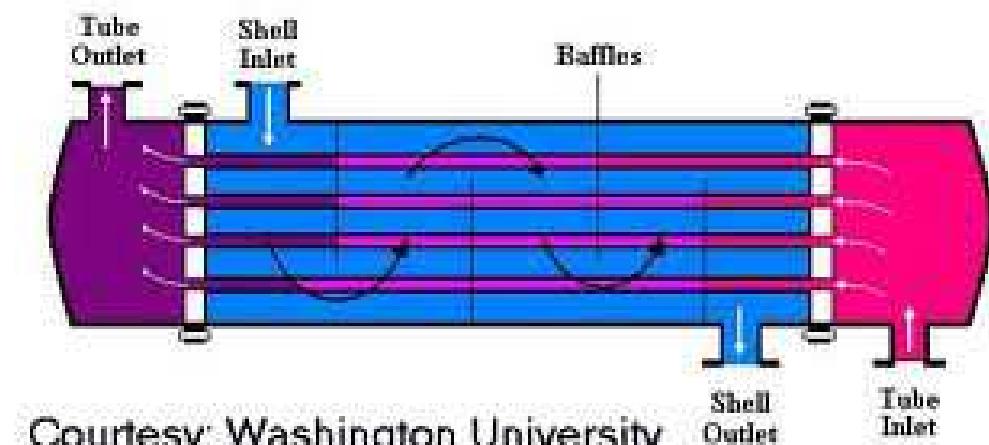
O primeiro ensaio requerido que deve ser realizado é o ensaio visual de solda. Não deve haver na solda poro, respingo, trinca, mordedura na boca do tubo, sinal de queima através da parede do tubo. Após o ensaio visual deve ser realizado o ensaio com líquido penetrante. Esse ensaio complementa o ensaio visual e deve garantir a inexistência dos mesmos defeitos citados no ensaio anterior.

Quando for especificado solda de selagem para a ligação tubo x espelho deve ser executado teste de estanqueidade. Os bocais do casco devem ser fechados e é dado pressão de 0,5kgf/cm<sup>2</sup> de pressão com fluido gasoso (ar). Na solda é utilizado uma solução formadora de bolhas para verificar a existência de vazamentos.

Quando for especificado solda de resistência para a ligação tubo x espelho deve ser realizado teste de estanqueidade com gás hélio, a pressão de teste deve ser de 0,5kgf/cm<sup>2</sup> devendo ser mantido por no mínimo 3 horas. Vazamentos acima de  $1 \times 10^{-4}$  cm<sup>3</sup>/s não é aceitável.

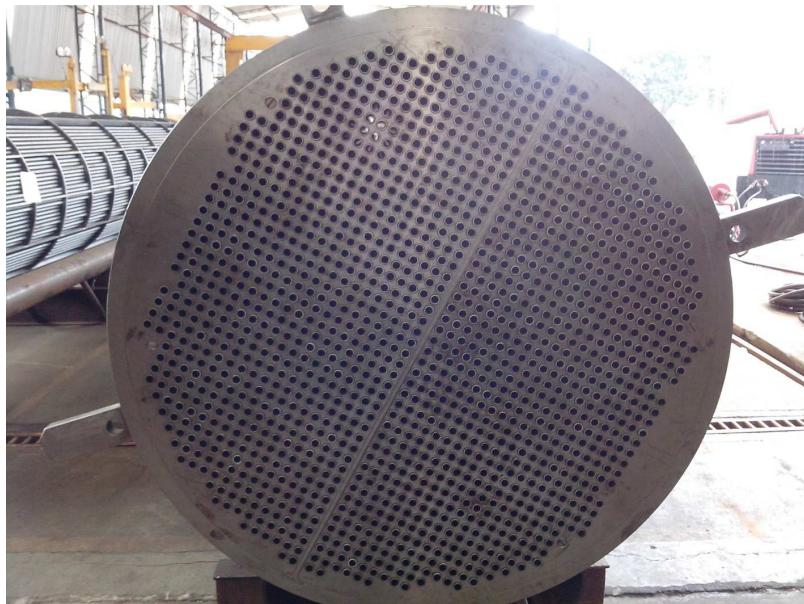
## Anexos

Esquema básico de funcionamento de um trocador de calor:



Courtesy: Washington University

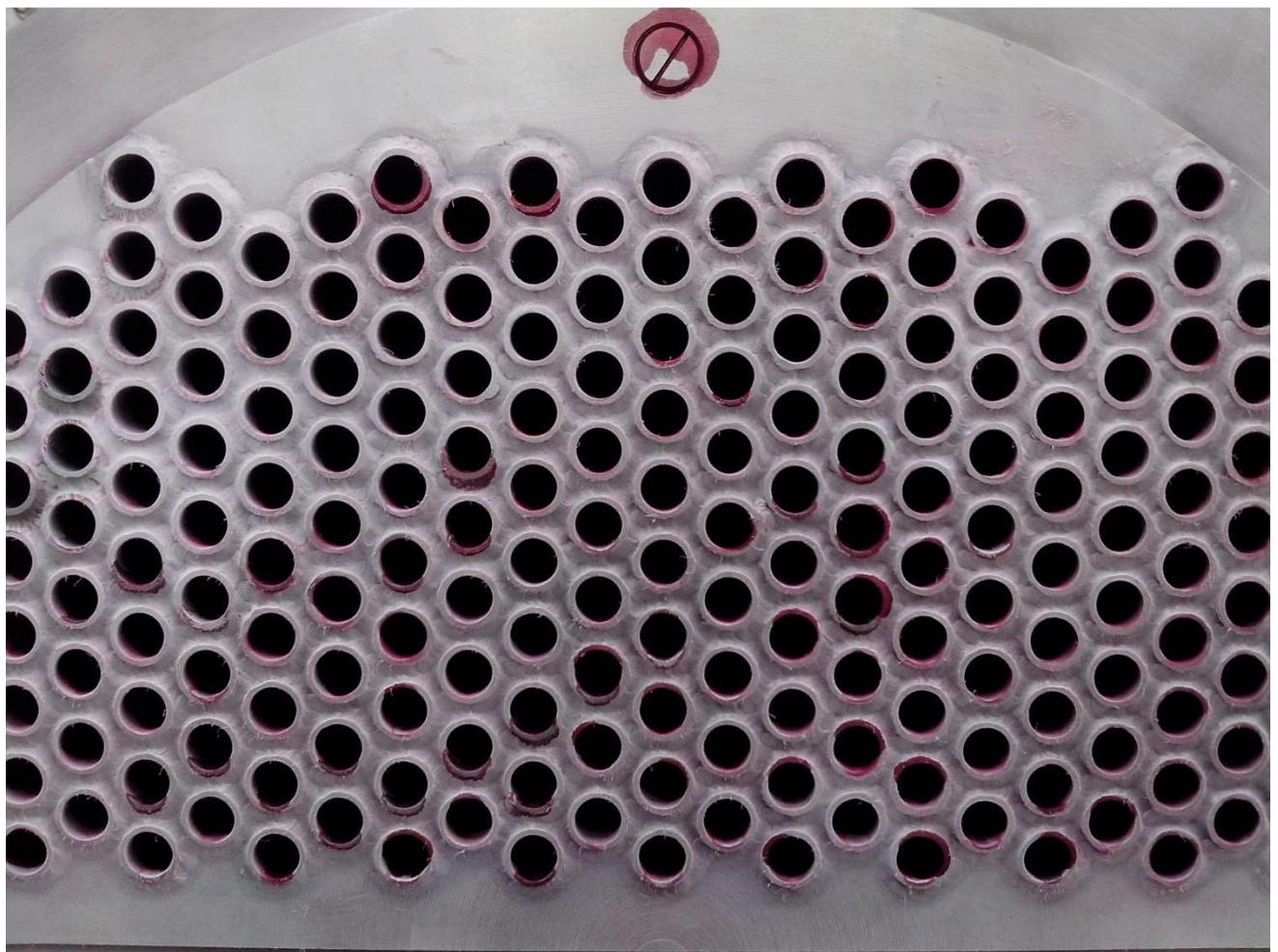
Ligação tubo x espelho por mandrilagem:



Feixe Tubular completo:



Ensaio de Líquido Penetrante após soldagem do tubo ao espelho:



Bibliografia:

ASME SEÇÃO VIII DIVISÃO 1 – Edição 2010

ASME SEÇÃO IX – Edição 2010

PETROBRAS N-253 – Projeto de Vaso de Pressão

PETROBRAS N-268 – Fabricação de Vaso de Pressão

PETROBRAS N-269 – Montagem de Vaso de Pressão

PETROBRAS N-466 – Projeto de Trocador de Calor Casco e Tubo

PETROBRAS N-1704 – Requisitos Adicionais para Vaso de Pressão em Serviço com Hidrogênio

PETROBRAS N-1706 - Requisitos Adicionais para Vaso de Pressão em Serviço com H2S Úmido

TEMA – TUBULAR EXCHANGER MANUFACTURERS ASSOCIATION - 9º Edição

[www.google.com](http://www.google.com)