

ROTEIRO DE INSPEÇÃO

TANQUES DE ESTOCAGEM

DE

ÁCIDO SULFÚRICO

ÍNDICE

1. APRESENTAÇÃO

2. OBJETIVO

3. DOCUMENTAÇÃO

- 3.1 DOCUMENTAÇÃO DE PROJETO
- 3.2 DOCUMENTAÇÃO DE INSPEÇÃO

4. CÓDIGOS

5. PROJETO

- 5.1 TIPO DE CONSTRUÇÃO
- 5.2 MATERIAIS
- 5.3 ESPESSURAS
- 5.4 SOLDAS
- 5.5 BOCAIS
- 5.6 RADIOGRAFIA
- 5.7 FUNDAÇÕES E DIQUES

6. TIPOS DE CORROSÃO E PROBLEMAS ASSOCIADOS

- 6.1 CORROSÃO UNIFORME
- 6.2 RANHURAS PROVOCADAS PELO HIDROGÊNIO
- 6.3 RANHURAS HORIZONTAIS
- 6.4 CORROSÃO E DEFEITOS EM SOLDAS
- 6.5 "PITTING" NAS CHAPAS
- 6.6 CORROSÃO GALVÂNICA – MATERIAL DISSIMILAR
- 6.7 EROÇÃO
- 6.8 ATAQUE NOS GRÃOS EXTREMOS
- 6.9 "BOLHAS" DE HIDROGÊNIO
- 6.10 CORROSÃO EM ACESSÓRIOS INTERNOS DOS TANQUES
- 6.11 CORROSÃO EM FENDA
- 6.12 AUMENTO DA FORMAÇÃO DE SULFATO DE FERRO
- 6.13 CORROSÃO EXTERNA

7. PROGRAMA DE INSPEÇÃO

- 7.1 FREQUÊNCIA
- 7.2 TRABALHOS PREPARATÓRIOS
- 7.3 SEGURANÇA
- 7.4 QUALIFICAÇÃO
- 7.5 EQUIPAMENTOS
- 7.6 ESCOPO DA INSPEÇÃO

8. PROTEÇÃO CONTRA CORROSÃO

- 8.1 PROTEÇÃO ANÓDICA
- 8.2 REVESTIMENTO INTERNO

9. BIBLIOGRAFIA

10. ANEXO

ANEXO 1 – FORMULÁRIOS DO ROTEIRO DE INSPEÇÃO DE TANQUES DE ÁCIDO SULFÚRICO

1. APRESENTAÇÃO

Como empresa especializada no projeto de plantas e instalações de manuseio e estocagem de ácido sulfúrico, a MB Consultores Ltda freqüentemente analisa e discute com seus clientes procedimentos e cuidados na inspeção e reparo de tanques de estocagem de ácido sulfúrico.

Ao longo destas discussões, tivemos a oportunidade de compilar um extenso acervo sobre corrosão e manutenção destes tanques de estocagem, que foi ordenado de uma forma didática com o objetivo de servir como uma referência útil para a indústria. Isto foi feito com o objetivo de disseminar e compartilhar este conhecimento para auxiliar outras empresas a tratar este problema.

A prevenção de acidentes com tanques de estocagem de ácido sulfúrico deve ser uma preocupação vital e constante da indústria, para proteger a saúde e segurança das pessoas, bem como das instalações e do meio ambiente.

Para tornar o risco de acidentes o mais baixo possível, dentro de limites razoáveis, torna-se necessário proceder inspeções regulares e medidas corretivas, onde e sempre que necessário.

Sérios acidentes de rupturas de tanques de grandes dimensões foram registrados na América do Norte nos anos 70, demonstrando a fragilidade destes sistemas e a gravidade de suas conseqüências. Desde então, uma maior conscientização ambiental contribuiu para tornar os projetos destes sistemas mais seguros.

Estamos conscientes de que não possuímos todas as respostas para este problema. Esperamos entretanto, que o trabalho aqui apresentado seja útil para indústria, e que esta possa contribuir no seu aproveitamento através de comentários e sugestões.

O presente documento pode ser distribuído livremente sem restrições. Considerando entretanto que o estaremos atualizando continuamente, sugerimos consultar a MBC no endereço abaixo para a obtenção de uma versão sempre atualizada.

Mario Beer
MB Consultores Ltda
Caixa Postal 6102
Campinas – SP – Brasil
CEP: 13083-970
mbconsultores@h2so4.com.br
www.h2so4.com.br

2. OBJETIVO

Esta norma tem por objetivo estabelecer os requisitos gerais mínimos que deverão ser atendidos para os serviços de inspeção em Tanques de Estocagem de Ácido Sulfúrico com concentração variando entre 93 e 98%, à temperatura ambiente, objetivando evitar possíveis falhas nos mesmos, após a sua entrada em operação.

Esta norma não contempla os requerimentos de inspeção necessários para aprovar a fabricação deste tipo de equipamento, quando novo, e sua posterior liberação para operação. Este caso exige procedimentos especiais que não são aqui abordados.

As orientações definidas neste documento deverão ser parte integrante e complementar dos procedimentos de manutenção da fábrica onde o equipamento for instalado.

No caso de discrepância entre os dados desta norma e os procedimentos de manutenção da fábrica, recomendamos que devam prevalecer os mais rigorosos, tendo em vista a característica do produto estocado.

Esta norma suplementará, mas não substituirá, qualquer requisito local de aplicação mais severa.

3. DOCUMENTAÇÃO

3.1 DOCUMENTAÇÃO DE PROJETO

O Departamento de Manutenção deverá arquivar em local seguro, o Catálogo Mecânico (Data-Book) do equipamento, o qual deverá contemplar, sem se limitar, os seguintes documentos:

- Memória de Cálculo

Documento contendo todos os cálculos executados para o dimensionamento dos componentes mais importantes do Tanque, conforme os dados de projeto.

- Desenhos de Conjunto

Contemplando o tanque completo com suas dimensões principais, dados de projeto, materiais principais, pesos, lista das conexões, locação e orientação de bocais e outros acessórios. Neste desenho, normalmente também estão indicadas, todas as considerações de projeto, montagem e operação.

- Desenhos de Fabricação

Com indicação dos detalhes construtivos do tanque, tais como costado, teto, fundo, suportes, bocais, chapas de reforço, soldas, escada, etc., com as respectivas listas de peças e componentes, com indicação de quantidade e materiais, pesos e cargas.

- Desenhos de Dispositivos para Transporte e Lçamento

Quando e se aplicáveis.

- Procedimento de Soldagem (Especificação de Processo de Soldagem)

Contendo tipo de processo de solda, especificação dos materiais soldados, faixa de espessura prevista, configuração da junta soldada, tipo e diâmetro do eletrodo, pré e pós tratamento térmico (quando aplicável) e gás de proteção, quando houver.

- Qualificação do Processo de Solda/Qualificação dos Soldadores

- Certificados de Materiais

- Certificados de Ensaio de Materiais.

Emitidos pelo fabricante do material ou por entidades oficialmente reconhecidas.

- Certificados de Ensaio do Equipamento

Contemplando os ensaios não destrutivos e hidrostático do tanque.

- Instruções de Montagem

Indicando a seqüência de montagem do tanque e seus componentes.

- Instruções de Manutenção

A guarda segura do Catálogo Mecânico é de suma importância para o preparo de planos de inspeções da fábrica, bem como no auxílio da identificação de eventuais problemas futuros que venham ocorrer com o equipamento.

3.2 DOCUMENTAÇÃO DE INSPEÇÃO

O Departamento de Manutenção deverá elaborar e arquivar cuidadosamente, as Fichas Técnicas de Inspeção, que serão tratadas detalhadamente, nesta Especificação.

4. CÓDIGOS

Todos os ensaios e inspeções das partes de caldeiraria, bem como eventuais reparos de manutenção deverão ser executados de acordo com a última edição do código API-650 - WELDED STEEL TANKS FOR OIL STORAGE, a menos que especificado de outra forma no projeto do equipamento, ou requisito local mais severo.

5. PROJETO

Relacionamos a seguir, alguns dados de projeto, normalmente utilizados para Tanques de Estocagem de Ácido Sulfúrico, que julgamos importante ser do conhecimento dos Departamentos de Manutenção das fábricas:

5.1 TIPO DE CONSTRUÇÃO

Os Tanques de Estocagem de Ácido Sulfúrico apresentam três formas construtivas mais comuns, a saber:

5.1.1 Tanques Cilíndricos Verticais com o Fundo Apoiado Integralmente na Base de Concreto

Estes tanques são mais comuns em projetos antigos e apresentam o inconveniente de poder acumular água ou ácido entre o fundo do equipamento e a base.

5.1.2 Tanques Cilíndricos Verticais com o Fundo Apoiado em Vigas Metálicas Instaladas Diretamente Sobre a Base de Concreto ou Sobre Nervuras de Concreto

Esta construção, apesar de encarecer o equipamento, uma vez que a espessura requerida no projeto mecânico do fundo é maior do que a do caso anterior devendo-se conjugar ainda, o custo das vigas metálicas, são as mais indicadas sob o aspecto de segurança.

Esta maior segurança deve-se a dois fatores principais:

- Eliminação da possibilidade do acúmulo de água ou ácido entre o fundo do equipamento e a base, aumentando a vida útil do mesmo;
- Possibilidade de se inspecionar a qualquer momento, toda a superfície externa do fundo, permitindo tomar as ações corretivas necessárias, se algum problema for constatado nestas inspeções.

Por estes motivos, conjugando-se o custo x benefícios de segurança, este tipo de construção é a mais freqüente nas instalações atuais, sendo a mais recomendada pela MB Consultores.

5.1.3 Tanques Cilíndricos Horizontais com Tâmpas Abaulados. Apoiado em Berços Metálicos

Este tipo de equipamento é normalmente utilizado para pequenas capacidades de estocagem.

5.2 MATERIAIS

Tanques de Estocagem de Ácido Sulfúrico à temperatura ambiente são, normalmente, fabricados em aço carbono.

5.3 ESPESSURAS

5.3.1 Costado de Tanques Verticais e Casco/Tampas Abaulados de Tanques Horizontais

A espessura mínima destas partes deve ser a calculada pelo código de projeto do equipamento, porém nunca inferior a 6,3 mm (1/4"), na condição de corroído.

5.3.2 Fundo de Tanques Verticais

A espessura das chapas do fundo depende do tipo de construção adotada.

Quando o fundo estiver integralmente apoiado sobre a base, a espessura do mesmo não deve ser inferior a 6,3 mm (1/4"), na condição de corroído.

Quando o fundo for elevado, a espessura mínima, excluindo a corrosão admissível, deve ser de 12,7 mm (1/2").

Em ambos os casos, a espessura requerida pelo código de projeto do equipamento, deve ser atendida.

O diâmetro da chapa de fundo deve exceder o diâmetro interno do primeiro anel do costado em 200 mm, no mínimo.

5.3.3 Teto de Tanques Verticais

A espessura mínima do teto deve ser a calculada pelo código de projeto do equipamento. Todavia, para teto auto suportado, a espessura mínima da chapa, excluindo a corrosão admissível, deve ser de 6,3 mm (1/4").

5.3.4 Corrosão Admissível

A não ser quando indicado ao contrário no projeto do equipamento, a corrosão admissível normalmente adotada em Tanques de Estocagem de Ácido Sulfúrico é de 3,2 mm (1/8").

5.4 SOLDAS

Normalmente, todas as soldas das chapas do costado, do costado com o fundo e do fundo utilizadas em Tanques de Estocagem de Ácido Sulfúrico são de topo com penetração total.

A aba horizontal da cantoneira do topo do costado deverá ser voltada para fora do equipamento.

Não há exigências quanto ao tipo de junta soldada (topo ou sobreposta) do teto. Todavia, deverá ser feita "solda de selagem" na parte interna do Tanque, entre o teto e a cantoneira do topo.

Para as soldas das chapas do fundo são adotados um dos seguintes métodos:

- Soldas de topo com cordão duplo, para grandes espessuras.
- Soldas de topo com penetração total, usando-se mata-junta mantido firmemente em contato com o lado inferior das chapas e adequadamente centrado nas juntas.

Todos os bocais e bocas de visita devem ter solda de selagem interna.

5.5 BOCAIS

5.5.1. Bocais de Entrada de Ácido

Os bocais de entrada de ácido deverão ser instalados no teto dos tanques verticais.

Estes bocais deverão ser dotados preferencialmente de um tubo interno com furos voltados para o centro do tanque.

Quando da inexistência deste tubo, os bocais de entrada deverão ser instalados o mais afastado possível do costado e das vigas/colunas suporte do teto (mínimo de 2 m).

5.5.2. Bocas de Visita do Costado e Bocais de Saída de Ácido

Estes bocais devem ser protegidos internamente com uma bucha, normalmente fabricada em ferro fundido. Os bocais de saída de ácido, devem ser dimensionados para uma velocidade máxima de produto de 1 m/s.

5.5.3. Bocais de Transbordo

Um importante fator de segurança é a instalação de bocais de transbordo no costado dos tanques de estocagem de ácido sulfúrico. Estes bocais evitam a sobre pressão de líquido, não permitindo que a coluna de produto considerada no projeto seja ultrapassada. Eliminam também o risco de contato do ácido com o teto ou com a junção do costado com o teto, em tanques verticais, o que tornaria estas áreas suscetíveis à corrosões localizadas.

5.6 RADIOGRAFIA

Normalmente, os tanques de ácido sulfúrico são radiografados parcialmente, considerando-se uma eficiência das juntas de 85%.

É fundamental que todas as soldas sejam de alta qualidade. Os padrões de aceitação dos exames radiográficos devem ser os mais rigorosos possíveis, superando em exigências, aqueles destinados a outros produtos químicos menos perigosos e corrosivos. Algumas associações e comitês internacionais, especializados em ácido sulfúrico, possuem publicações específicas para a realização deste exame e seus critérios de aceitação

5.7 FUNDAÇÕES E DIQUES

As fundações dos tanques verticais, maiores que 1000 t devem ser preferencialmente elevadas, sobre vigas paralelas de concreto com cerca 1000 mm de altura, espaçadas tipicamente a cada 900 mm, sobre as quais são apoiados perfis metálicos, que servem para apoiar o fundo do tanque.

As novas normas de segurança e proteção ambiental recomendam, e na maioria das vezes exigem, a construção de diques de contenção ao redor de tanques de estocagem de ácido sulfúrico novos. Seguindo as normas que regem a construção de diques de combustíveis, os diques de ácido sulfúrico são hoje normalmente dimensionados para conter o volume do maior tanque do dique, somado a 10 % do volume total de todos os tanques.

O piso do dique é construído normalmente em concreto, sem drenos.

A drenagem de água da chuva deve ser feita através de bombas, dotadas na sua descarga com um analisador de pH para detectar qualquer vazamento de ácido no dique.

As áreas onde podem ser coletados pequenos vazamentos de ácido (abaixo das válvulas de dreno e instrumentos) são normalmente dotadas de um pequeno piso antiácido.

Um sistema de bombeamento do ácido eventualmente coletado, deverá ser instalado fora do dique, com previsão de transferência do produto para outro tanque ou caminhões, no caso de um acidente maior.

6. TIPOS DE CORROSÃO E PROBLEMAS ASSOCIADOS

6.1. CORROSÃO UNIFORME

As taxas de corrosão do aço carbono, na presença de ácido sulfúrico, são função da concentração e temperatura do produto e estão mostradas na Figura 6.1. Os dados indicados referem-se somente às condições estáticas, não incluindo qualquer tolerância para os efeitos de velocidade e turbulência.

Estas curvas de corrosão são um ótimo guia para diversas utilidades, tanto de projeto como manutenção.

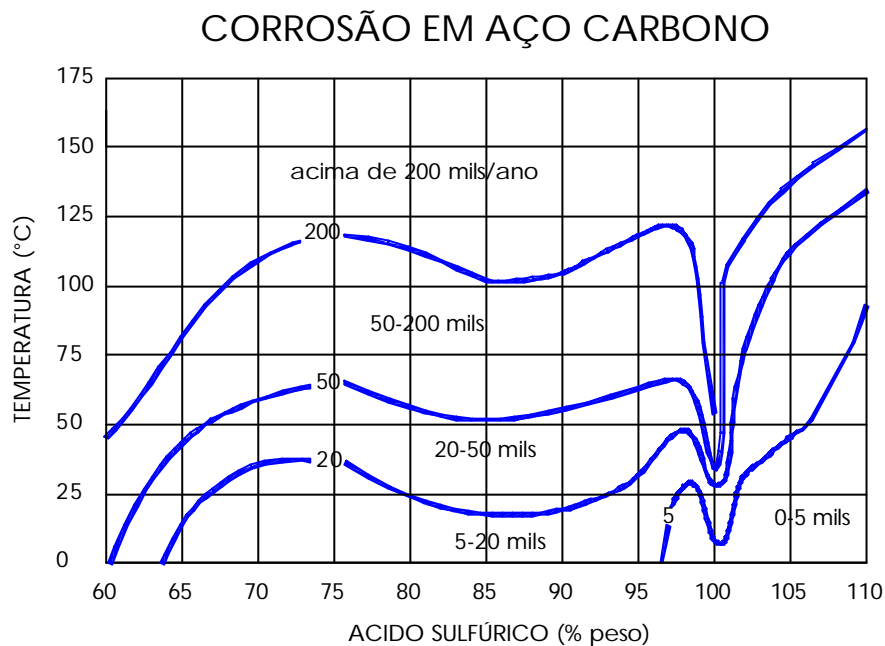


Figura 6.1 – Taxa de Corrosão do Aço Carbono
mils = milésimo de polegada/ano = 0,0254 mm/ano

Gráfico reproduzido do “Corrosion Engineering” de M.G. Fontana/N.D. Greene

Os seguintes fatores afetam a corrosão uniforme de um tanque de estocagem de ácido sulfúrico:

- Temperatura

Como pode-se notar no gráfico acima, a taxa de corrosão cresce rapidamente com o aumento da temperatura. Por esta razão, o ácido sulfúrico deve ser estocado à temperatura máxima de 40 °C.

- Condições climáticas

As condições climáticas também exercem um influente efeito na taxa de corrosão. Um tanque, instalado em regiões quentes, que tenha uma exposição à luz solar mais intensa de um lado que de outro, terá no primeiro, uma taxa de corrosão mais acentuada.

- Cor da Pintura de Acabamento

A cor da pintura final de um tanque também é um fator importante na taxa de corrosão. A temperatura interna de um tanque pintado de cor escura é maior do que outro pintado na cor clara. Conseqüentemente, a corrosão no primeiro caso será maior.

- Nível de Líquido Estocado

Normalmente, quando o tanque é inertizado com nitrogênio, a taxa de corrosão decresce progressivamente de baixo para cima, no costado do tanque vertical, uma vez que a parte superior do mesmo é menos frequentemente exposta ao produto.

Em tanques não inertizados com nitrogênio, uma corrosão mais acentuada, pode ser observada na parte superior, devido ao contato com oxigênio, com possível e indesejada umidade.

- Pureza do Ácido

Quando o teor de ferro no ácido é inferior a aproximadamente 25 ppm, existe uma tendência do ácido a dissolver mais ferro do tanque, tornando-se por isso, mais corrosivo para o aço.

O ácido produzido atualmente nas fábricas mais recentes, possui um teor de ferro mais baixo, devido ao emprego de resfriadores de ácido mais modernos. Como conseqüência, os tanques mais modernos estão submetidos à uma taxa de corrosão mais elevada do que os tanques de plantas com tecnologia mais velhas.

As taxas de corrosão do aço carbono, causada por diferentes teores de ferro no ácido sulfúrico, estocado à 93,5%, são apresentadas na Figura 6.2. A curva refere-se à uma temperatura de 25^o C:

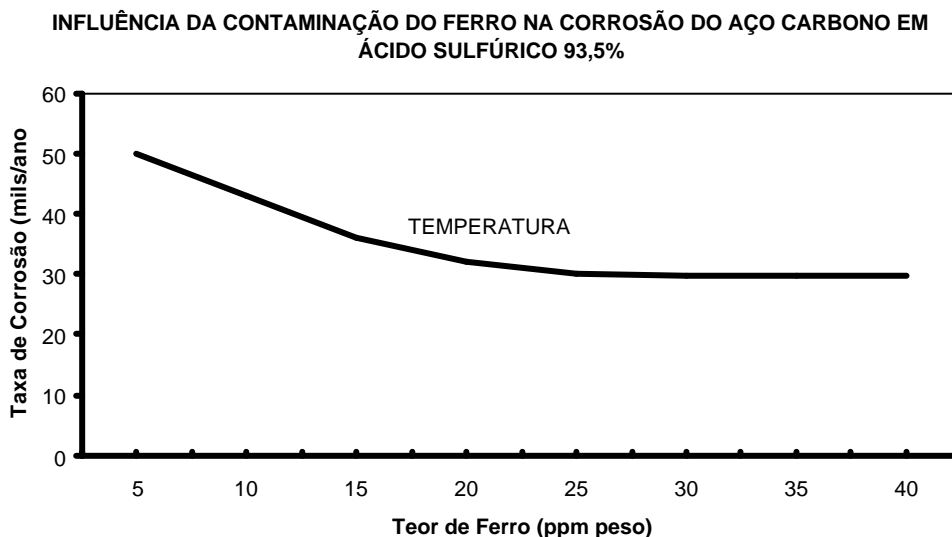


Gráfico obtido através de testes realizados com o produto

Figura 6.2

6.2 . RANHURAS PROVOCADAS PELO HIDROGÊNIO

Este tipo de fenômeno, ocorre usualmente nas seguintes partes do equipamento:

- Área localizada da superfície interna do costado de tanques verticais;
- Seção superior de bocas de visita e bocais instalados no costado de tanques verticais, principalmente os de saída de produto;
- Seção superior de tanques horizontais.

Este tipo de corrosão é geralmente atribuído ao distúrbio causado pelas bolhas de hidrogênio em contato com a superfície metálica, abaixo do nível de líquido. O hidrogênio na forma de bolhas é gerado quando o ácido sulfúrico corrói o aço carbono e ascende à superfície do ácido. Dependendo das circunstâncias, a passagem destas bolhas sobre a superfície metálica pode resultar na formação de ranhuras que variam de tamanho, largura e profundidade. A progressão destas na superfície metálica pode ocasionar uma significativa perda de espessura, com uma taxa mais acelerada que a corrosão uniforme, nas mesmas condições de concentração e temperatura.

Todas as ranhuras formadas localizam-se na direção das bolhas de hidrogênio no ácido, o que justifica sua maior incidência nas partes do equipamento acima mencionadas.

Quando o bocal de entrada de ácido está localizado no teto do equipamento, junto ao costado do mesmo, a turbulência da entrada do produto próxima ao costado, juntamente com o hidrogênio gerado, pode ser suficiente para causar uma severa ranhura vertical localizada. À título de referência, podemos registrar o caso do costado de um equipamento que rompeu verticalmente nesta região, ocorrendo uma redução de espessura de 11 mm, em 15 anos de operação (12,5 mm do projeto original para 1,5 mm na ocasião da ruptura), o que representa uma taxa de 0,75 mm/ano. A Figura 6.3 a seguir, ilustra o acima mencionado:

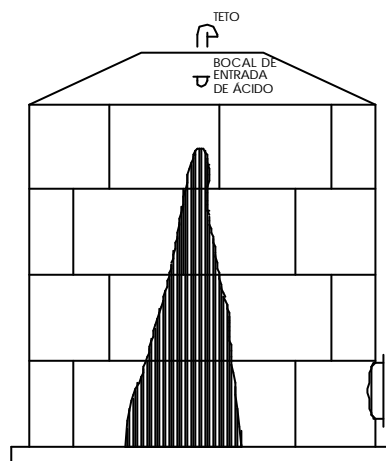


Figura 6.3

Um outro exemplo típico deste problema, é quando o bocal de entrada de ácido está localizado no teto do equipamento junto ao costado do mesmo e ocorre a formação de diversas fendas verticais nesta região. Num caso específico, foi soldado um remendo na parte externa do costado, para reforçá-lo. A corrosão continuou de forma acelerada, com a formação de novas fendas, resultando numa grande área corroída rapidamente, que provocou a retirada do equipamento de operação.

A seção superior de bocas de visita e bocais instalados no costado de tanques verticais são outras áreas bastante suscetíveis às ranhuras provocadas pelo hidrogênio. As ranhuras se iniciam na linha de centro horizontal destes bocais e se prolongam até a posição equivalente ao encontro dos ponteiros do relógio, ao meio dia, onde se tornam mais profundas. Também deve ser ressaltada, a ocorrência de eventuais ranhuras na solda interna do pescoço com o flange da boca de visita – A Figura 6.4 para ilustração do problema, na seção superior de uma boca de visita:

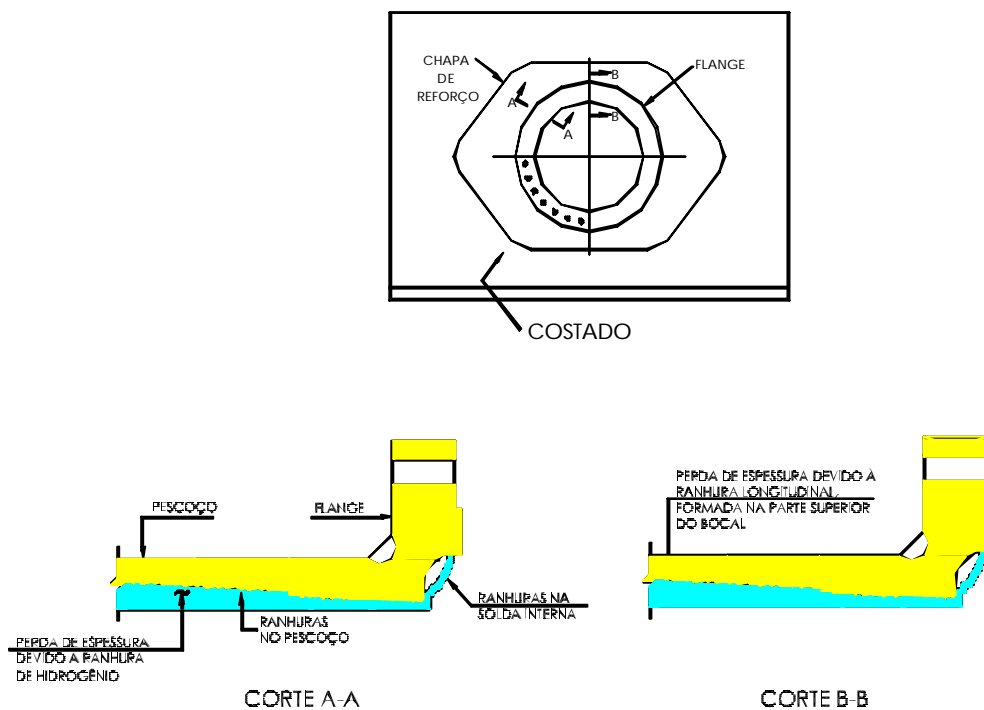


Figura 6.4

Eventuais suportes que se projetam para o interior do equipamento são outros pontos onde ocorrem este tipo de ranhura, devendo portanto ser evitados. Quando os mesmos forem absolutamente necessários, um acompanhamento constante deverá ser efetuado.

Da mesma forma, todos os dispositivos soldados à superfície interna do equipamento durante a montagem, deverão ser removidos e as áreas onde os mesmos estavam instalados deverão ser esmerilhadas.

Durante o enchimento de tanques verticais, o ácido não deve ultrapassar a altura do costado, entrando em contato com a superfície do teto, pois a incidências deste fato por longos períodos, também ocasionam ranhuras localizadas. Como exemplo de problema ocorrido com esta falha no enchimento do equipamento, podemos mencionar o caso de um tanque em que o nível de líquido frequentemente ultrapassou a junção do costado com o teto, formando ranhuras ao longo dos anos. Estas ranhuras permitiram a infiltração de água de chuva, formando ácido diluído na superfície do produto, o que corroe rapidamente a superfície metálica – ranhuras horizontais foram formadas, resultando em diversos vazamentos.

A seção superior de tanques horizontais, acima do nível máximo de produto, é também suscetível à ranhuras de hidrogênio. Elas ocorrem de maneira similar às ranhuras da boca de visita, exceto que, usualmente, não há a formação da ranhura longitudinal no topo. Nestes tanques, as ranhuras mais críticas aparecem na região da transição do tampo e ao lado dos cordões de solda circunferenciais, conforme mostra a Figura 6.5:

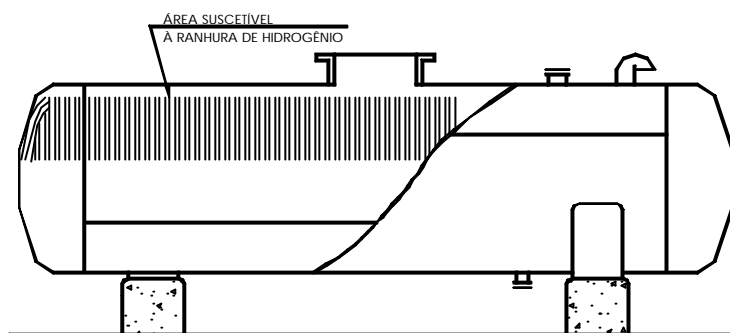


Figura 6.5

6.3. RANHURAS HORIZONTAIS

Estas ranhuras são também comuns em tanque de estocagem, sendo sua causas atribuídas aos seguintes fatores principais:

- Formação de uma Camada Superficial de Ácido Diluído

A infiltração de água na forma de vapor ou umidade em um tanque de estocagem de ácido sulfúrico causará a diluição do produto, cuja intensidade dependerá da quantidade de água misturada ao ácido e da concentração original deste último. A camada de ácido diluído se concentra na superfície do produto, uma vez que sua densidade é menor do que a do ácido concentrado. Quando a concentração atingir valores inferiores a 65%, esta camada diluída aumentará, significativamente, a corrosão das chapas de aço. A taxa de corrosão é função direta da concentração do ácido resultante da diluição. A Figura 6.6, ilustra o progresso da ranhura horizontal da chapa do costado de um tanque, como resultado da corrosão provocada pela diluição do ácido:

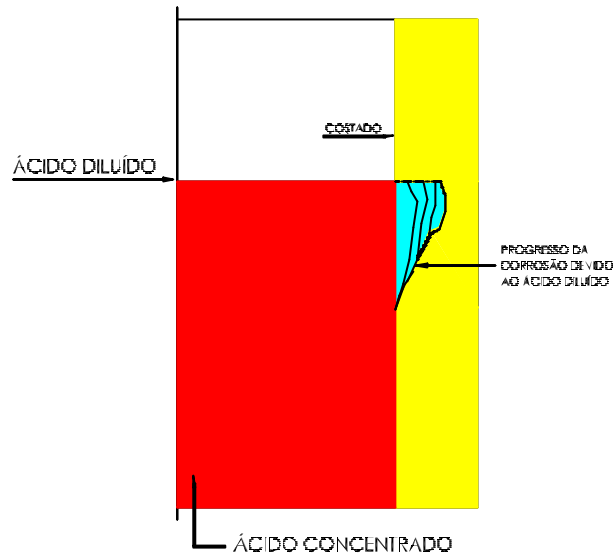


Figura 6.6

- Aumento Localizado de Temperatura

Aumento de temperatura localizado no produto estocado, pode também resultar em uma ranhura horizontal. Se uma grande quantidade de ácido for aquecida, uma faixa larga de corrosão pode ser notada no costado do equipamento. Desta forma, é sempre aconselhável que todo ácido introduzido no equipamento esteja frio o suficiente, para evitar este problema.

- Resíduos de Ácido ou sua Borra Mantidos no Equipamento por um Longo Período de Tempo.

Ilustramos na Figura 6.7, uma ranhura horizontal típica, causada por resíduos de ácido ou sua borra, mantidos no equipamento por um longo período de tempo:

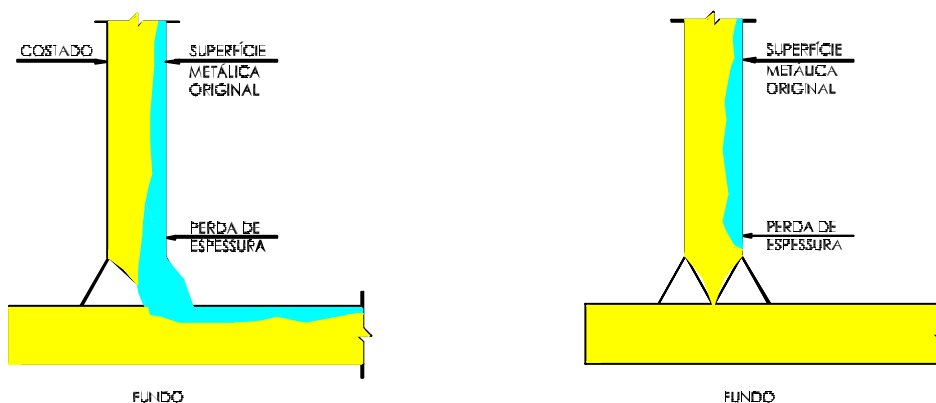


Figura 6.7

6.4. CORROSÃO E DEFEITOS EM SOLDAS

As soldas que contenham excesso de escória, porosidade e outros defeitos são suscetíveis a um grande número de problemas que podem resultar em vazamentos ou no comprometimento da integridade da estrutura do tanque.

A experiência tem demonstrado que problemas em soldas são comuns e os principais fatores envolvidos são os seguintes:

- Inclusão de escória residual e porosidade:

A inclusão de escórias nas soldas, quando expostas ao ácido, são eliminadas e a trinca formada, em combinação com o excesso de porosidade e outros defeitos, permitem a passagem do mesmo – Ver Figura 6.8:

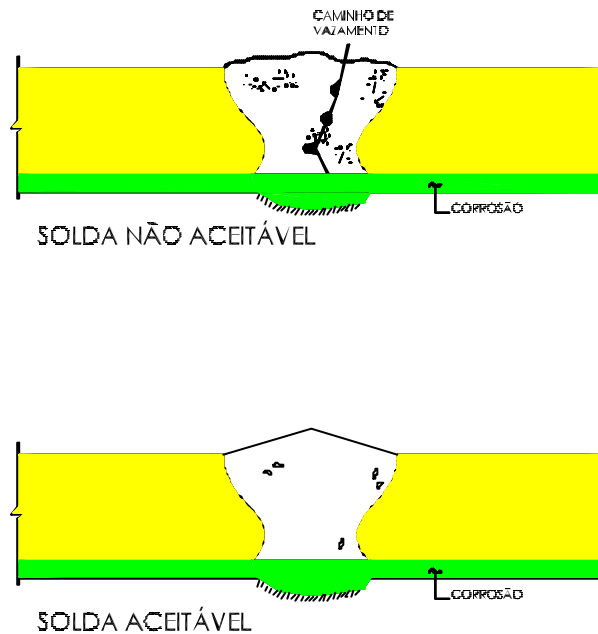
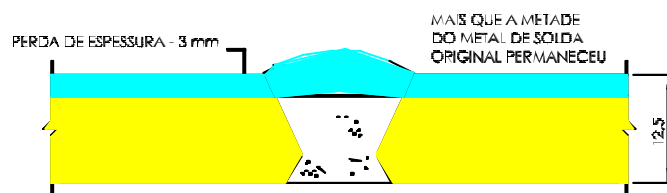


Figura 6.8

No caso de tanques verticais, este aspecto é de suma importância nas soldas das chapas do fundo e na da junção do costado com o fundo.

O efeito da corrosão em chapas soldadas de topo e sobreposta, em duas espessuras diferentes, são mostradas na Figura 6.9:



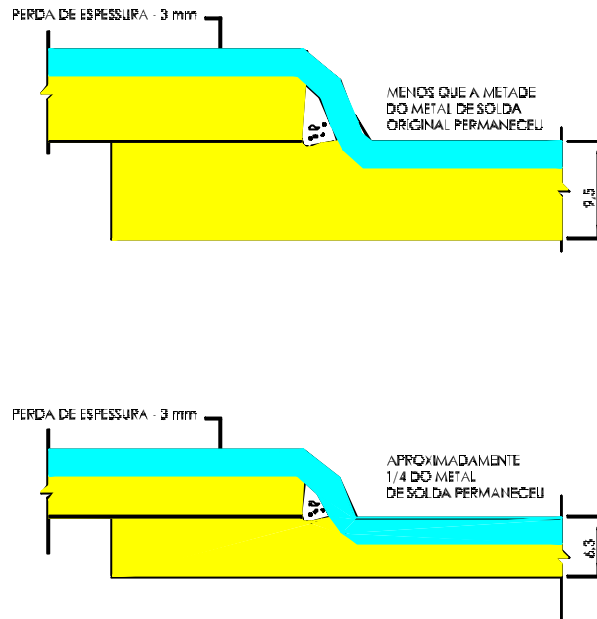


Figura 6.9

Como pode-se notar, a quantidade de metal de solda remanescente, para uma mesma perda de espessura, é bem menor nas soldas de filete, ocasionando conseqüentemente uma menor resistência à passagem do ácido.

A Figura 6.10, compara uma junção costado/fundo, comumente soldada com duplo filete e a mesma junção com solda de penetração total.

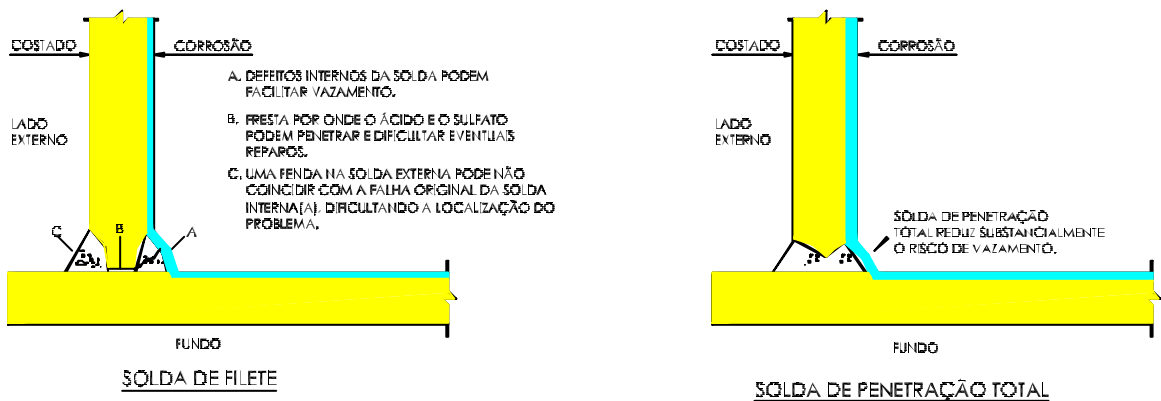


Figura 6.10

Novamente, a solda de filete oferece menos resistência. Adicionalmente, qualquer vazamento de ácido pela solda interna, permitirá a passagem deste pela fresta formada entre o costado e o fundo, circulando por toda a periferia do tanque. Qualquer vazamento subsequente, agora no filete externo, provavelmente ocorrerá em outra parte da periferia do tanque, que não a do vazamento interno. Então, quando qualquer incidente ocorrer, dois problemas surgirão:

Nº 003/00 – Agosto 2000

- 1^o) Será praticamente impossível, detectar o local do vazamento interno;
- 2^o) O ácido que circulou pela periferia do tanque será de difícil remoção, criando problemas na execução dos reparos.

- Corrosão galvânica:

Variações entre soldas e tipos de materiais adjacentes podem criar diferenças de potencial, resultando em corrosão galvânica. Quando a solda é o anodo das chapas adjacentes, a corrosão ocorre preferencialmente nela, como ilustrado na Figura 6.11:

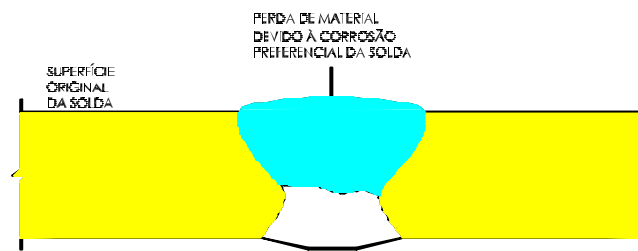


Figura 6.11

O caso contrário também pode ocorrer, ou seja, a solda ser o catodo das chapas adjacentes, como mostra a figura 6.12:

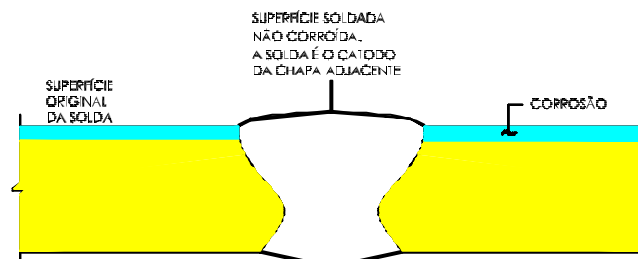


Figura 6.12

- "Pitting"

Este fenômeno ocorre com uma certa frequência nas superfícies das soldas de tanques de estocagem de ácido. A necessidade de reparo das mesmas, dependerá da severidade do problema.

- Falta de penetração em soldas de topo:

Este problema tem se verificado nas juntas, em esquadro, soldadas de topo. A Figura 6.13 retrata uma junta deste tipo, contendo falta de penetração e defeitos sub-superficiais na solda. Ela ilustra como a aparência de uma solda original pode ser enganosa e alguns defeitos podem não ser visíveis em uma inspeção visual. Entretanto, com o progresso da corrosão, os defeitos da solda e por último a falta de penetração começam a ser expostos. O resultado disto é um aumento de tensão na fresta da junção, acarretando que somente a superfície externa da solda fique solidária às chapas. Esta condição é extremamente séria e pode ser mais complicada pelo fato da fenda entre as chapas ser pequena e de difícil inspeção.

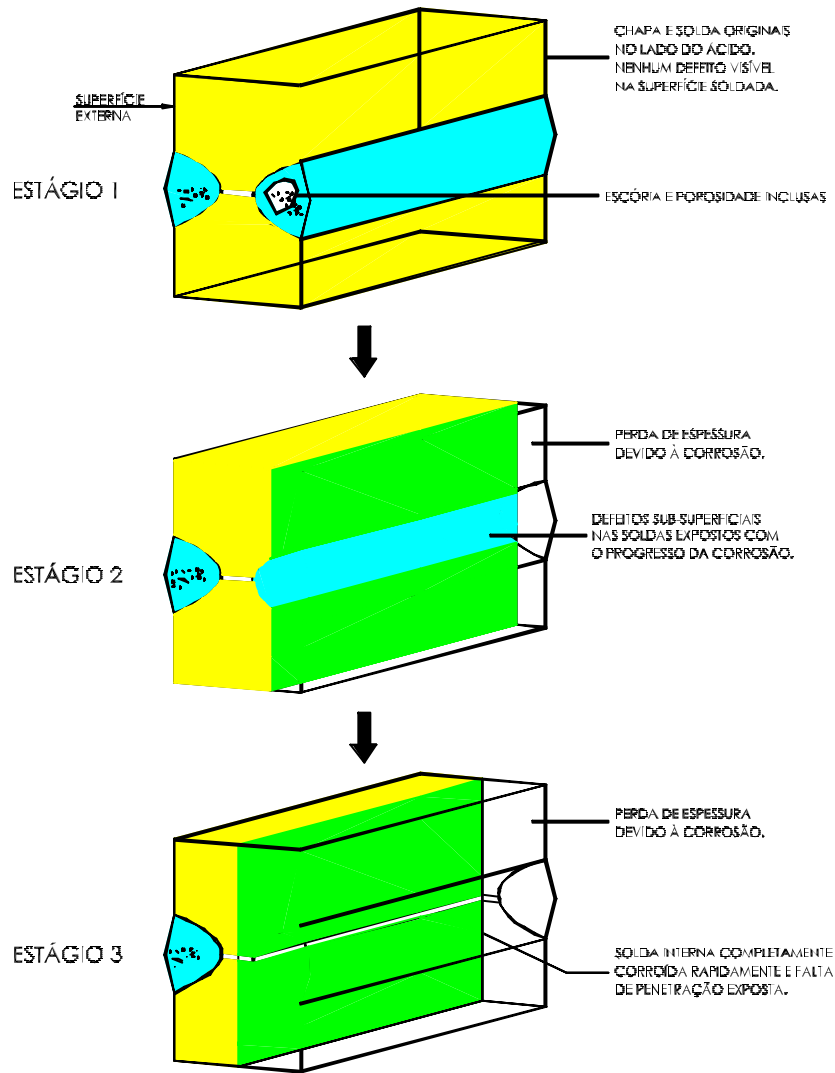


Figura 6.13

- Trincas nas soldas:

Apesar deste tipo de problema não ser frequente, quando ele ocorre, torna-se importante pesquisar a causa do mesmo.

Algumas possíveis causas são:

- . Projeto inadequado da junta soldada;
- . Má qualidade da mão de obra;
- . Falhas provocadas pelo hidrogênio;
- . Cargas externas não consideradas no projeto.

Cada um destes itens pode ser um fato complexo. Além disso, a falha pode ser devida à uma combinação destas causas, ou mesmo, destas com outros fatores. A determinação da causa envolve uma análise técnica apropriada da falha, na área afetada.

Por este motivo, é relevante enfatizar a importância da realização do projeto por empresas com experiência neste tipo de estocagem, a qualidade da mão de obra empregada na fabricação e montagem do tanque, bem como de uma rigorosa inspeção.

6.5. "PITTING" NAS CHAPAS

"Pitting", de vários tamanhos e profundidades, é comum nas chapas do fundo e do costado. A necessidade de reparo, por preenchimento de solda ou substituição da chapa, dependerá da severidade de cada problema particular.

6.6. CORROSÃO GALVÂNICA – MATERIAL DISSIMILAR

Partes de aço inox austenítico em contato com aço carbono, na presença de ácido, podem provocar corrosão galvânica.

6.7. EROSÃO

Altas velocidades de ácido e impacto do produto no aço podem causar uma acelerada perda de espessura no metal, por erosão, a qual é mais freqüente nos seguintes pontos:

- No costado de tanques verticais, onde a entrada de produto no teto está localizada muito próxima ao costado. Este fato foi abordado em detalhes, no parágrafo sobre "Ranhuras provocadas pelo hidrogênio ", acima descrito;
- Bocais de saída de ácido não protegidos ou revestidos;
- Chapas do costado ou fundo, nas proximidades do bocal de saída de ácido, devido à turbulência do produto.

6.8. ATAQUE NOS GRÃOS EXTREMOS

As extremidades dos bocais e das chapas expostas ao ácido são suscetíveis a uma corrosão conhecida como ataque nos grãos ou fibras extremas. É uma prática usual, cobrir estas áreas com depósito de solda, visando eliminar tal problema.

6.9. "BOLHAS" DE HIDROGÊNIO

A Figura 6.14 mostra a seção de uma chapa com "bolha" de hidrogênio. Este fenômeno ocorre quando, como resultado da corrosão, alguns átomos de hidrogênio gerados na superfície do metal migram pela chapa do tanque, até a superfície externa do mesmo. Se átomos de hidrogênio propagarem-se pelos vazios ou laminações da chapa (defeitos comumente encontrados no processo de fabricação das mesmas), eles se combinarão, formando hidrogênio molecular. O hidrogênio molecular não sendo expulso, aumenta a pressão do hidrogênio gás dentro da "bolha". O aumento da pressão provoca um abaulamento da chapa, com a forma de uma "bolha". Por fim, a laminação expandirá ou a "bolha" poderá se romper.

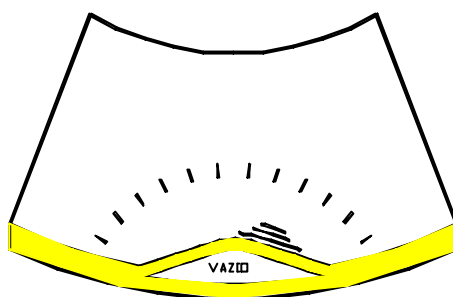


Figura 6.14

Experiências tem mostrado que formações de "bolhas" ocorrem na superfície interna de uma quantidade significativa de tanques de ácido. "Bolhas" em estágio avançado de formação são facilmente perceptíveis. Comumente, estas "bolhas" são de pequenas dimensões, mas em alguns casos atingem 600 mm de diâmetro. A extensão das laminações e das "bolhas" podem ser determinadas por exame de ultra-som.

Cuidados especiais precisam ser tomados na execução de cortes ou furos ao redor das "bolhas", pois o calor gerado é suficiente para a ignição do hidrogênio gás.

As "bolhas" de hidrogênio, como dito, desenvolvem-se nos defeitos sub-superficiais do metal. Em adição à estes vazios ou laminações, defeitos superficiais como "veios de metal", lascas ou desbastes, podem ocorrer na chapa, durante seu processo de fabricação. Defeitos superficiais, sendo abertos, não causam a formação de "bolhas". Entretanto, quando algum defeito for notado, deverá determinar-se a extensão e severidade do problema, antes de decidir-se sobre a ação corretiva a ser tomada.

6.10. CORROSÃO EM ACESSÓRIOS INTERNOS DOS TANQUES

Acessórios internos de aço carbono, tais como suportes e colunas do teto são suscetíveis a várias formas de corrosão acima descritas. Corrosão em outros

componentes, como válvulas macho e luvas por exemplo, dependem do material empregado na fabricação dos mesmos.

6.11. CORROSÃO EM FENDA

Exceto por aumento da sulfatação, que abordaremos a seguir, este tipo de corrosão não é comum em tanques de ácido. Entretanto, todas as frestas não seladas, devem ser sempre cuidadosamente examinadas.

6.12. AUMENTO DA FORMAÇÃO DE SULFATO DE FERRO

O aço carbono possui uma boa resistência à corrosão neste tipo de serviço devido a película protetora de sulfato de ferro que se forma na superfície metálica. Entretanto, a infiltração de ácido nas frestas ou áreas confinadas pode causar um crescimento contínuo da sulfatação. Estes problemas tem sido mais freqüentes nas seguintes áreas:

- Entre os fundos dos tanques e suas fundações;
- Atrás das chapas de reforço de bocas de visita ou bocais;
- Atrás de remendos reparados com solda de filete.

Estas situações estão ilustradas nas Figuras 6.15 e 6.16, sendo a causa da infiltração de ácido, em todos os casos, atribuída à defeitos nas soldas.

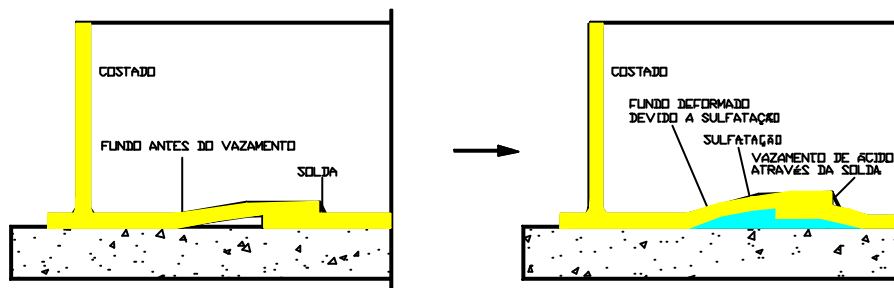


Figura 6.15

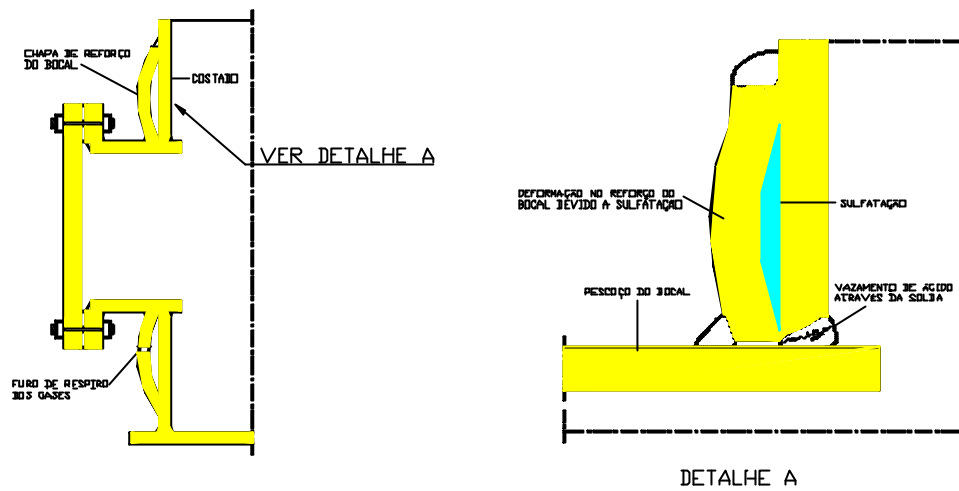


Figura 6.16

Como o sulfato ocupa um volume maior que o aço consumido, qualquer crescimento exerce um aumento de pressão na área confinada. Se este problema não for corrigido, haverá uma continuidade da deformação da área afetada até a ruptura da mesma.

Se faz importante ressaltar então, que para evitar-se a corrosão em fenda e o crescimento da sulfatação, chapas soldadas por filete, conforme exemplos acima ilustrados, não devem ser executadas em reparos. Recomenda-se somente a utilização de "inserts" soldados de topo, nesta situação.

6.13. CORROSÃO EXTERNA

A corrosão externa em tanques de estocagem de aço carbono é um problema significativo. Os fatores que mais contribuem para este problema são:

- Fundação imprópria que permite o contato da água ou detritos com o fundo do tanque:

Tanques verticais, sem fundações adequadas, são suscetíveis a sérios problemas de corrosão em duas áreas principais, a saber:

Fundo do Tanque: Uma fundação úmida pode resultar na corrosão do fundo do tanque, pelo lado externo. Este fato pode ocasionar uma perda de espessura generalizada ou, na presença de certos contaminantes químicos, uma corrosão por "pitting". É muito difícil acessar a extensão da corrosão, pelo lado externo do fundo do tanque, se o ataque estiver altamente concentrado.

Existe registro de um tanque de 28 m de diâmetro, aproximadamente, que vazou devido a uma corrosão por "pitting", altamente localizada, na superfície externa do fundo. Esta falha ocorreu após 30 dias do tanque ter sido inspecionado internamente. O tamanho da área afetada era muita pequena se comparada a superfície do fundo.

É extremamente difícil localizar este tipo de corrosão antes do vazamento ocorrer. O único método possível de detectá-lo é por meio de um rastreamento por ultra-som de toda a superfície do fundo do tanque, pelo seu lado interno. Isto é certamente, a maior ocupação no processo de inspeção de tanques de grandes diâmetros.

Junção do costado com o fundo: Acúmulos de umidade ou detritos nesta região do equipamento resultam em uma corrosão, como ilustrado na Figura 6.17:

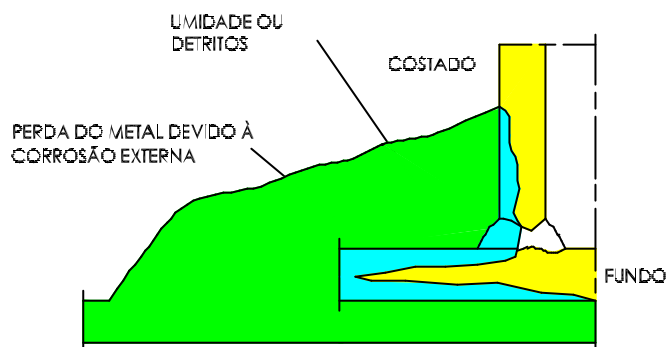


Figura 6.17

Esta corrosão pode ser evitada mantendo-se tal região sempre limpa. Entretanto este é um fato comum e sério, particularmente nos casos em que os tanques estão assentados em areia úmida, solo ou pedriscos, como ilustrado na Figura 6.18:

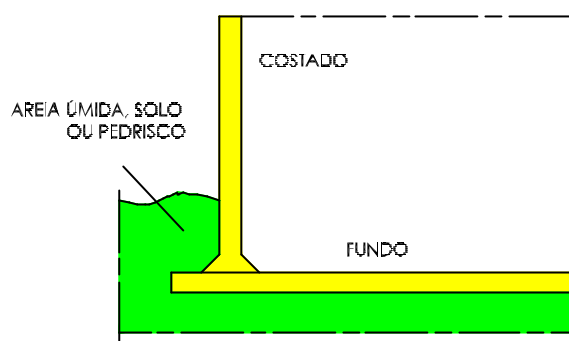


Figura 6.18

Estes problemas ressaltam a importância de apoiar o tanque em fundações que mantenham o fundo do mesmo seco, como as indicadas no item 5.1 acima.

- Frestas entre o tanque e os suportes metálicos que permitem o acúmulo de água de chuva, respingos de ácido ou detritos:

Nos tanques verticais apoiados em suportes de concreto e vigas metálicas, a corrosão pode ocorrer entre a viga metálica e o fundo do tanque. A água de chuva que escorre pela superfície externa do tanque pode acumular-se nas frestas acima mencionadas, causando uma corrosão significativa, como tem se verificado em tanques antigos.

Nos tanques horizontais, a fresta entre o tanque e seus berços suporte pode acumular água, detritos e respingos de ácido, causando um problema potencial nesta área.

- Isolamento térmico úmido:

Este caso dificilmente ocorrerá no Brasil, pois as nossas condições climáticas não requerem o isolamento destes equipamentos. Entretanto, à título ilustrativo, informamos a seguir as partes do tanque mais suscetíveis à este problema:

- Áreas do costado e teto que tenham acumulado umidade;
- No pescoço dos bocais e bocas de visita do teto e do costado, bem como seus arredores. A corrosão dos bocais do costado está mais localizada na parte superior dos mesmos;
- Acessórios do costado e teto, como suportes, plataformas e corrimãos;
- Clips do isolamento térmico;
- Nas regiões próximas as serpentinas de aquecimento, tendo em vista o aumento de temperatura nestes pontos;
- Parte inferior do costado e na junção do costado com o fundo do tanque.

7. PROGRAMA DE INSPEÇÃO

Como definido anteriormente, a inspeção regular e a manutenção preventiva são condições críticas para minimizar o risco de falhas inesperadas nos tanques de estocagem.

A seqüência das atividades e os elementos fundamentais de um programa recomendado, geralmente seguem o fluxograma de eventos apresentado na Figura 7.1.

PROGRAMA DE INSPEÇÃO TÍPICO

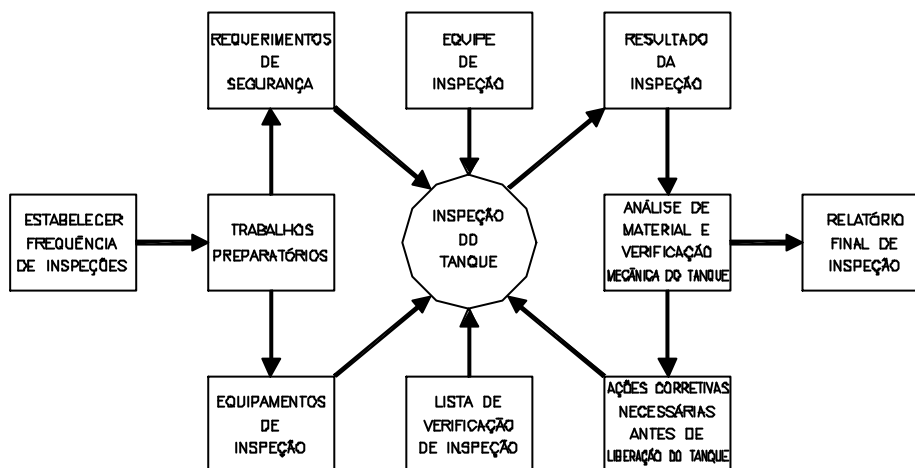


Figura 7.1

Vale ressaltar que a maioria dos tipos de corrosão descritos, somente podem ser detectados e avaliados, através de inspeção interna. Esta é uma consideração crítica no estabelecimento de um programa de inspeções, já que a inspeção externa dos tanques possibilita apenas o monitoramento de taxas de corrosão uniformes e a identificação de alguns tipos de corrosão externa.

7.1 FREQUÊNCIA

A definição da freqüência requerida de inspeções depende de diversos fatores como projeto, dimensões, idade, condições operacionais, histórico operacional e registro de inspeções anteriores. Como regra geral, recomenda-se uma freqüência de inspeções conforme indicado na tabela a seguir:

FREQUÊNCIA TÍPICA DE INSPEÇÃO

DESCRIÇÃO DO TANQUE	INSPEÇÃO INTERNA	INSPEÇÃO EXTERNA
Maior de 1000 t, em capacidade	5 anos	1 ano
Menor de 1000 t, em capacidade	5 anos	2 anos

Independentemente de qualquer programa de frequência de inspeção definido, no caso da identificação de indícios de risco de falha num determinado tanque, torna-se necessário programar, o mais rápido possível, a sua inspeção.

Um levantamento de espessura detalhado deve ser elaborado nos tanques novos, antes de sua utilização, para servir de base para avaliar resultados de inspeções posteriores.

7.2 TRABALHOS PREPARATÓRIOS

Para permitir uma inspeção eficiente que demande um tempo mínimo de parada, é necessário desenvolver um planejamento adequado e uma preparação prévia das diferentes etapas do trabalho.

A inspeção de tanques demanda uma séria de trabalhos preparatórios tais como esvaziamento, limpeza, atendimento de normas de segurança e a disponibilização de equipamentos necessários.

Um roteiro típico para inspeções de tanques de ácido sulfúrico é apresentado no Anexo 1.

É importante notar que um tanque de ácido sulfúrico que não tenha sido esvaziado e limpo por muitos anos, pode apresentar um considerável volume de borra de sulfatos depositados no seu fundo. A remoção desta borra pode ser difícil além de requerer providências especiais para sua disposição e tratamento.

Além das informações operacionais do tanque e seu histórico operacional, deverão ser também coletadas as seguintes informações que podem ser obtidas dos desenhos de projeto, especificações e relatórios de inspeção anteriores.

1. Idade do Tanque
2. Espessura de Projeto
3. Materiais de Construção
4. Localização de Bocais
5. Localização de Bocas de Visita
6. Detalhes de Soldas
7. Detalhes de Internos
8. Detalhes das Fundações
9. Histórico de Manutenção
10. Sistema de Proteção Contra Corrosão

7.3 SEGURANÇA

A inspeção de um tanque de estocagem de ácido sulfúrico envolve um número de atividades que permitem a exposição à diversos tipos de acidentes e por este motivo, requer procedimentos de segurança adequados. As seguintes orientações básicas devem ser observadas.

- Inspeção Interna

Inspecionar, reparar ou limpar internamente um tanque de estocagem de ácido sulfúrico, implica na entrada em um espaço confinado. Portanto, procedimentos específicos devem ser rigidamente seguidos, de acordo com todas as exigências, padrões de segurança e saúde ocupacional da empresa.

O tanque deve ser drenado, limpo e purgado com neutralização e remoção de toda a sua borra ácida. Todas as linhas de entrada e saída do tanque devem ser isoladas por desconexão ou por raquetes. Válvulas de bloqueio não devem ser usadas como garantia de estanqueidade.

A atmosfera interna do tanque deverá ser testada antes de permitir a entrada no mesmo. Esta análise deverá ser repetida em intervalos freqüentes e constantes. Este teste deve incluir presença mínima de oxigênio e teste de explosividade, incluindo hidrogênio. Cuidados especiais devem ser tomados para verificar o acúmulo de bolsões de hidrogênio nas partes superiores do tanque ou nos bocais do mesmo.

Especial atenção deve ser dada quando ocorre a necessidade de utilizar furadeiras ou lixadeiras em áreas próximas à regiões suspeitas de acúmulo de hidrogênio. O calor liberado por estas ferramentas é suficiente para permitir a queima ou explosão do hidrogênio acumulado nestas áreas.

- Inspeção Externa

Caminhar sobre um teto de um tanque corroído pode ser perigoso, na medida que a espessura residual do teto não seja suficiente para suportar o peso da pessoa.

Corrimãos e guarda-corpos podem também ser perigosos, em função de corrosão interna ou externa. Como a real extensão da corrosão do teto ou dos corrimãos e guarda-corpos pode não estar visível, torna-se necessário adotar cuidados especiais de segurança.

Tanques mais antigos, que não foram previamente inspecionados, podem estar extensamente corroídos. Nestes casos, recomenda-se que seja feita uma leitura preliminar das espessuras de suas chapas, por ultrassom, sem esmerilhar a superfície das mesmas. Este procedimento, garante que a limpeza do material antes da leitura efetiva das chapas, não resulte em uma perda de espessura do metal.

Deve ser também considerado que o volume ocupado pelos vapores e gases num tanque de ácido sulfúrico, contem hidrogênio gerado pela corrosão da chapa. Por este motivo, antes de lixar a superfície de um tanque acima do nível de ácido, precauções especiais de segurança devem ser tomadas.

7.4 QUALIFICAÇÃO

O resultado satisfatório de uma inspeção, depende da familiarização que a equipe de manutenção possui sobre os tipos de problemas que podem ser encontrados neste trabalho e do conhecimento sobre o significado e conseqüências dos mesmos.

Este trabalho requer que a sua execução seja realizada ou coordenada por pessoal com experiência específica.

A norma API 650 (Seção 6) especifica a qualificação requerida para a equipe responsável pela execução dos testes radiográficos, ultra-sônicos, partículas magnéticas e de líquido penetrante.

7.5 EQUIPAMENTOS

A seguir é apresentada a lista dos equipamentos normalmente utilizada para inspeção interna em tanques.

Item	Descrição
1.	Medidor de espessura por ultra-som
2.	Acoplante para medição de espessura por ultra-som
3.	Bloco padrão de calibração, com o mesmo material e faixa de espessura a ser medida
4.	Esmerilhadeira de lixa fina
5.	Medidor de profundidade
6.	"Weld gauge"
7.	Trena, paquímetro, micrômetro
8.	Medidor de espessura de pintura
9.	Escova de aço e espátula
10.	Escada ou andaime interno
11.	Fonte de energia elétrica
12.	Lâmpada com cabo de extensão

Não estão acima relacionados, os equipamentos de segurança, os quais são definidos pelas normas aplicáveis e pelos padrões das empresas. Equipamentos utilizados para técnicas especiais de inspeção, como radiografia, não estão também incluídos na relação acima. Este tipo de equipamento é fornecido por empresas especializadas em testes não destrutivos.

7.6 ESCOPO DA INSPEÇÃO

Como descrito anteriormente, a maioria dos tipos de corrosão, somente podem ser detectadas por uma inspeção interna. A inspeção externa só é suficiente para a monitoração do avanço da corrosão uniforme e em alguns tipos de corrosão externa.

Os métodos utilizados e a extensão da inspeção requerida dependem de vários fatores. Como diretriz, apresentamos uma descrição resumida dos procedimentos de inspeção, relativos a alguns problemas descritos no item 6 acima, que devem ser utilizados, em conjunto, com o roteiro apresentado no Anexo 1

7.6.1. Inspeção da Espessura por Ultra-som

Inspeções completas da espessura por ultra-som são requeridas para determinar o grau de corrosão no casco, teto e fundo (ou tampos em caso de tanques horizontais).

Os pontos típicos de medição de espessura em tanques verticais, estão apresentados na Figura 7.2:

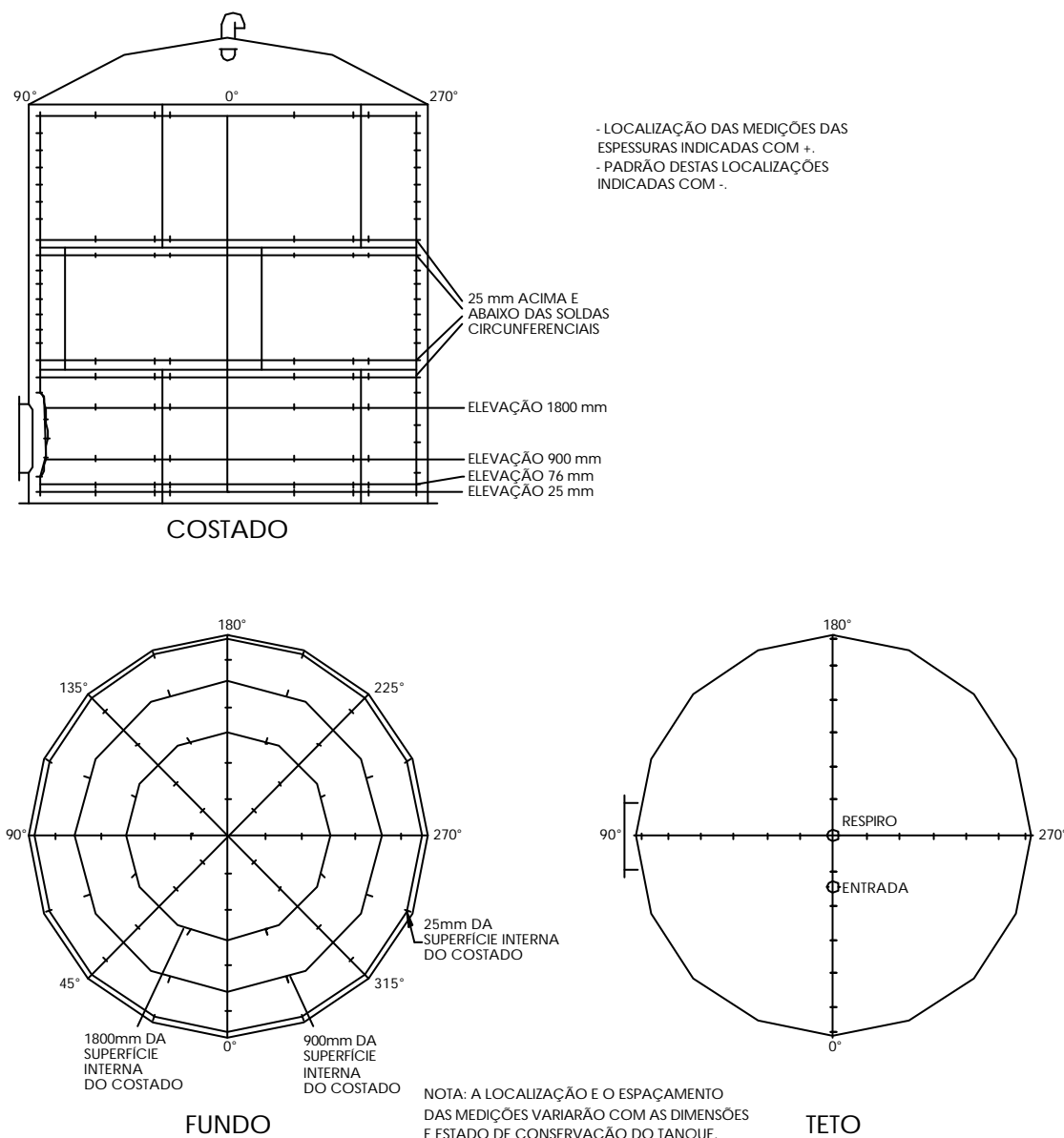


Figura 7.2

Nº 003/00 – Agosto 2000

Da mesma forma, a Figura 7.3, mostra os pontos típicos de medição para tanques horizontais.

- LOCALIZAÇÃO DAS MEDIÇÕES DAS
ESPESSURAS INDICADAS COM +.

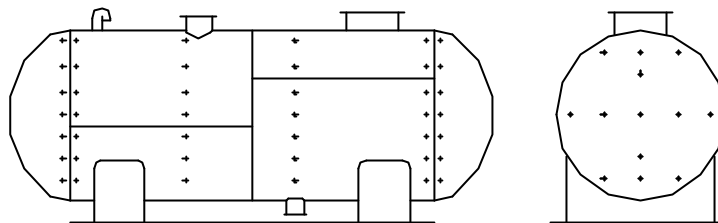


Figura 7.3

As medições são também realizadas nas bocas de visita e bocais, e nas chapas adjacentes à estes itens. No caso de inspeção interna, as medições por ultra-som são sempre feitas nas superfícies internas do casco e do fundo.

Em medições feitas em tanques contendo ácido sulfúrico 93%, na temperatura ambiente, foram encontradas taxas médias de corrosão em torno de 0,25 mm por ano. Para obter medições mais precisas, com este grau de corrosão, é necessário cuidado. Existem diversos instrumentos de medição por ultra-som disponíveis que são apropriados ao serviço, entretanto, vários requisitos tais como, preparação adequada da superfície e freqüente calibração do instrumento, são essenciais para uma boa precisão na medição. Mais importante ainda, o inspetor deve ter considerável experiência neste tipo de serviço.

As medições obtidas devem ser comparadas no momento da inspeção, com os resultados de inspeções anteriores. Onde houver perdas do metal maiores que as previstas, uma inspeção mais rigorosa se faz necessária, para confirmar e determinar a extensão da corrosão.

7.6.2. Determinação da Extensão das Ranhuras

- Ranhuras provocadas pelo Hidrogênio

Uma inspeção completa é requerida para determinar a extensão da ranhura causado pelo hidrogênio e nas áreas suscetíveis ao seu ataque.

Para tanques verticais, medições devem ser feitas nas adjacências do casco com o bocal de entrada de ácido, localizado no teto do equipamento. Uma malha típica de medições é mostrada na Figura 7.4:

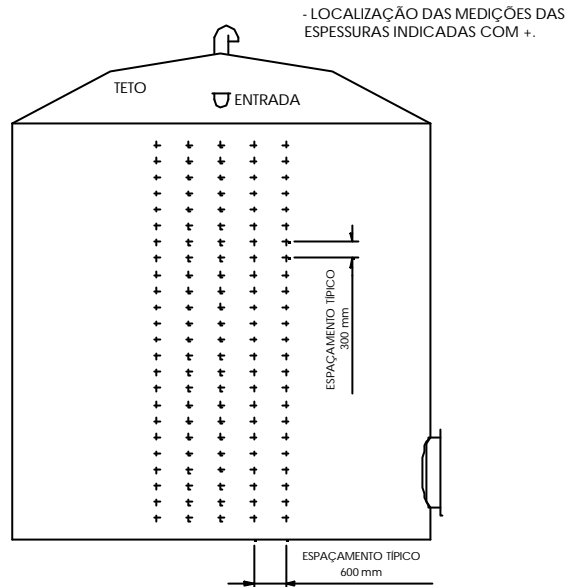


Figura 7.4

Para tanques horizontais, a área da parte superior do casco, ilustrada na última figura do item 6.2 acima, é que deve ser inspecionada.

As bocas de visita e os bocais de saída do costado são outros pontos suscetíveis às ranhuras e por isso devem ser feitas medições nas áreas afetadas.

É muito difícil avaliar, com precisão, a extensão da ranhura pelo teste externo com ultra-som. É preferencial uma inspeção interna, onde as áreas com ranhuras devem ser limpas cuidadosamente, de modo a permitir a medição da espessura remanescente do metal.

- **Ranhuras Horizontais**

Uma inspeção visual deve ser feita em caso de qualquer sinal de ranhura horizontal. Se encontrada a ranhura, a extensão e profundidade deve ser medida e a causa determinada.

7.6.3. Avaliação das Soldas

Para pequenos tanques, uma completa inspeção visual deve ser feita em todas as soldas. No caso de grandes tanques verticais, todas as soldas do fundo e da parte inferior do casco devem ser visualmente inspecionadas. A necessidade de se avaliar as partes superiores do tanque devem ser vistas para cada caso.

O inspetor deve estar apto para definir a necessidade de realizar um teste não destrutivo, tais como, radiografia ou inspeção por partículas magnéticas. Muitos dos problemas encontrados, tais como, porosidade, acúmulo de resíduos e falta de penetração, só podem ser avaliados por estas técnicas.

7.6.4. Evidência de Sulfatação

É importante verificar a evidência de sulfatação. Deformação do fundo, das chapas de reforço ou de remendos de reparos, podem indicar este tipo de problema.

7.6.5. Determinação da Corrosão Externa

- Tanques não isolados

A corrosão externa no fundo de um tanque vertical pode ser de difícil detecção e avaliação. Medições de espessura feitas no interior, podem não detectar problemas externos localizados. Uma inspeção completa, por ultra-som, de todo o fundo do tanque, é necessária.

Uma inspeção visual deve ser feita na parte externa na junção do fundo com o costado de tanques verticais. Acúmulos de sujeira, detritos ou produtos da corrosão devem ser removidos. Se a área estiver corroída, os pontos de medições devem ser ajustados para a determinação do grau da perda de metal.

Quando os tanques verticais são suportados em vigas metálicas, as frestas entre o fundo e as vigas devem ser verificadas em qualquer como sinal de corrosão. Medições de espessura devem ser executadas no interior do fundo do tanque, diretamente sobre qualquer área suspeita.

A malha típica de medições de espessura no teto de tanques verticais está indicada na figura do item 7.6.1 acima. Outras medições também devem ser efetuadas, em qualquer ponto visivelmente corroído.

Em tanques horizontais, uma fresta sem solda de selagem entre o tanque e as selas suporte, é um ponto potencial para corrosão externa. Uma malha de medições deve ser feita no interior do tanque, sobre a área sob suspeita de corrosão.

- Tanques isolados

Como já dito anteriormente, este caso dificilmente ocorrerá no Brasil, devido às nossas condições climáticas. Entretanto, à título ilustrativo, informamos:

- As condições gerais de isolamento do sistema devem ser avaliadas e qualquer área com isolamento úmido deve ser identificada. Atenção especial deve ser tomada nas áreas onde são utilizadas materiais a prova de intempéries ou selos das juntas que estiverem em más condições.

- Os pontos mais comuns onde a corrosão ocorre em equipamentos isolados termicamente, estão relacionados no item 6.13 acima.

- Todo isolamento úmido deve ser removido para a determinação do grau de corrosão da superfície metálica.

7.6.6. Avaliação Geral das Estruturas

É importante verificar as distorções, saliências, depressões ou qualquer sinal de dano ou estrago mecânico na parte interna e/ou externa do tanque.

A extensão de qualquer movimentação ou recalque deve ser aferida, tendo em vista os esforços adicionais impostos no equipamento, pelas tubulações e/ou plataformas à ele interligadas, independente do efeito sobre a estrutura do mesmo.

As condições das fundações devem ser avaliadas.

7.6.7. Miscelânea

Parafusos e porcas de bocas de visita e demais bocais devem ser verificados e substituídos quando necessário. Esta substituição é particularmente mais importante nos bocais de saída e bocas de visita do costado.

Os acessórios de aterramento do tanque também devem ser verificados.

7.6.8. Inspeção nas Tubulações Associadas

Procedimentos para inspeção das tubulações de ácido não estão incluídos no escopo deste documento, entretanto ressaltamos alguns comentários importantes:

- Tubulações de ácido são suscetíveis a vários tipos de problemas de corrosão. Desta forma, a espessura das paredes destas tubulações devem ser monitoradas por técnicas de ultra-som ou radiografia. Vazamentos em linhas de ácido devem ser completamente investigados, pois provavelmente o mesmo possa não ser um problema isolado, mas sim a indicação de uma deterioração generalizada.

- A erosão, pode ser um problema significativo, em linhas de aço carbono. Pontos como curvas, reduções e outras conexões devem ser incluídas nas medições de espessura.

- Ranhuras provocadas pelo Hidrogênio, também podem ocorrer nas linhas de aço carbono.

Na prática, para prevenir este tipo de problema, são utilizadas peças em ferro fundido ou tubos/conexões de aço inoxidável, conforme as condições de temperatura e concentração do ácido em circulação.

7.6.9. Relatórios e Registros

Relatório e registros detalhados são importantes requisitos para uma avaliação apropriada do tanque e sua monitoração. Exemplos destes documentos encontram-se no Anexo 1.

7.6.10. Avaliação das Condições do Tanque

Como boa prática de avaliação, os resultados das medições devem ser verificados por engenheiros mecânicos e/ou metalúrgicos, especializados em materiais. Se uma inspeção interna for realizada, tal verificação deve ocorrer antes do tanque retornar ao serviço. É uma importante oportunidade para corrigir qualquer problema ou implementar eventuais reparos necessários.

Em todos os casos, a verificação do projeto estrutural deve ser realizada e elaborado um relatório específico, conforme padrão contemplado no Anexo 1, onde são descritas:

- Corrosão admissível remanescente;
- Altura máxima admissível de produto;
- Tempo de vida remanescente, projetado para o tanque.

Este relatório deve ser complementado pela análise de fratura mecânica, visando avaliar a capacidade do tanque de resistir a uma ruptura repentina. Entretanto, a análise detalhada deste tipo de problema, não estão incluída no escopo deste documento.

O resultado da análise de fratura mecânica tem sido freqüentemente o fator que define a altura máxima de ácido admissível, principalmente em tanques antigos.

8. PROTEÇÃO CONTRA CORROSÃO

Revestimento interno de tanques de ácido sulfúrico e sistemas de proteção anódica tem sido utilizados com sucesso para reduzir a contaminação de ferro no ácido sulfúrico e os problemas de corrosão nos tanques de estocagem.

8.1 PROTEÇÃO ANÓDICA

Sistemas de proteção anódica são extensivamente utilizados para proteger mais de 70 % dos resfriadores de ácido concentrado nas unidades de produção de ácido sulfúrico no Brasil e no resto do mundo.

O sistema de proteção de tanques de estocagem, utilizado normalmente para proteger tanques com mais de 1000 t de capacidade, é baseado no mesmo princípio de formação de camada de um filme passivador sobre uma superfície metálica imersa num eletrólito, através da aplicação de uma tensão positiva no metal. O estado de passivação é definido como o de maior resistência à corrosão de metais através de uma polarização anódica.

Este tipo de proteção pode ser instalada em tanques existentes para estender a sua vida útil e reduzir a contaminação de ferro.

8.2 REVESTIMENTO INTERNO

Várias opções de resinas fenólicas foram desenvolvidas nos últimos anos com satisfatórios resultados para proteger superfícies internas de tanques de ácido sulfúrico à temperaturas ambientes.

O sucesso da aplicação destas resinas depende fundamentalmente das especificações dos materiais utilizados e dos serviços de sua aplicação, incluindo neste último, a qualidade da mão de obra utilizada.

9. BIBLIOGRAFIA

Para elaboração deste documento foram consultadas as seguintes referências:

- Bases de Projeto da MB Consultores;
- C-I-L, Carbon Steel Sulfuric Acid Storage Tank, Inspection Guidelines, que por sua vez está baseado na literatura abaixo:
- J. R. Futers, "3000 Ton Sulphuric Acid Storage Tank Rupture" Fertilizer Roundtable Proceedings, Washington, D. C. 1975;
- E. Shields and W. J. Dessert, "Learning a Lesson from a Sulfuric Acid Tank Failure" Pollution Engineering, Dec. 1981;
- R. Laurie, "Failures of Sulfuric Acid Tanks" Panel Discussion, NACE CORROSION 85 Meeting;
- M. Tiivell and F. McGlynn, "Avoiding Problems in Sulfuric Acid Storage Tanks" AIChE 1986 Spring Meeting;
- The National Sulphuric Acid Association Limited "Recommended Guidelines for Bulk Storage of Concentrated Sulphuric Acid and Oleum" United Kingdom, August 1978;
- S. W. Dean Jr. and J. D. Grab, "Corrosion of Carbon Steel Tanks in Concentrated Sulfuric Acid Service", NACE CORROSION 85 Meeting;
- D. Fyfe et al, "Corrosion in Sulfuric Acid Storage Tanks", CEP March 1977.

10. ANEXO

ANEXO 1 – FORMULÁRIOS DO ROTEIRO DE INSPEÇÃO DE TANQUES DE ÁCIDO
SULFÚRICO (13 PÁGINAS)

FORMULÁRIOS DO ROTEIRO DE INSPEÇÃO DE TANQUES DE ÁCIDO SULFÚRICO

ÍNDICE

1. TANQUES VERTICAIS

- 1.1. INFORMAÇÕES GERAIS
- 1.2. MEDIÇÃO DE ESPESSURA PARA TANQUES VERTICAIS
- 1.3. LISTA DE VERIFICAÇÃO DE INSPEÇÃO - COSTADO
- 1.4. LISTA DE VERIFICAÇÃO DE INSPEÇÃO - TETO
- 1.5. LISTA DE VERIFICAÇÃO DE INSPEÇÃO - FUNDO, JUNÇÃO DO FUNDO COM COSTADO E SAÍDA DO FUNDO
- 1.6. LISTA DE VERIFICAÇÃO DE INSPEÇÃO - BOCAL DE SAÍDA DE ÁCIDO
- 1.7. LISTA DE VERIFICAÇÃO DE INSPEÇÃO - BOCA DE VISITA DO COSTADO
- 1.8. LISTA DE VERIFICAÇÃO DE INSPEÇÃO - FUNDAÇÕES E SUPORTES

2. TANQUES HORIZONTAIS

- 2.1. INFORMAÇÕES GERAIS
- 2.2. LISTA DE VERIFICAÇÃO DE INSPEÇÃO - CASCO E TAMPOS
- 2.3. LISTA DE VERIFICAÇÃO DE INSPEÇÃO - BOCAIS E BOCAS DE VISITA
- 2.4. LISTA DE VERIFICAÇÃO DE INSPEÇÃO - FUNDAÇÕES E SUPORTES

1. TANQUES VERTICAIS
1.1. INFORMAÇÕES GERAIS
DADOS DE PROJETO

CLIENTE:	IDENTIFICAÇÃO(TAG):
CAPACIDADE: m ³	ANO DE FABRICAÇÃO:
SERVIÇO:	FABRICANTE:
DESENHO DE REFERÊNCIA:	MATERIAL DE CONSTRUÇÃO:
TENSÃO ADMISSÍVEL: KPa	EFICIÊNCIA DAS JUNTAS SOLDADAS: %
DENSIDADE DO PRODUTO:	ALTURA MÁXIMA ADMISSÍVEL DE PRODUTO: m
TEMPERATURA DE TRABALHO(MAX.): °C	CONCENTRAÇÃO: %
DIÂMETRO INTERNO: m	ALTURA COSTADO: m

VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE ESTRUTURAL

ELEMENTO DO TANQUE	① ESPESSURA MÍNIMA REQUERIDA (mm)	② ESPESSURA ORIGINAL (mm)	③ CORROSÃO ADMISSÍVEL (mm) ② - ①	④ ESPESSURA MEDIDA NA INSPEÇÃO (mm)	⑤ PERDA DE ESPESSURA ② - ④	⑥ CORROSÃO ADMISSÍVEL REMANESCENTE ④ - ①	⑦ TAXA DE CORROSÃO ESTIMADA (mm/ano) ⑤ ÷ IDADE DO TANQUE	TEMPO DE VIDA REMANESCENTE PROJETADO (anos)	
								PARTE DO TANQUE ⑥ ÷ ⑦	VALOR MÍNIMO SELECIONADO
1º ANEL									
2º ANEL									
3º ANEL									
4º ANEL									
5º ANEL									
6º ANEL									
7º ANEL									
8º ANEL									
9º ANEL									
10º ANEL									
FUNDO									
TETO									
ESTRUTURA DO TETO									

HISTÓRICO DE REPAROS E INSPEÇÃO DO EQUIPAMENTO

INSPECIONADO POR:	APROVADO POR:	DISTRIBUIR PARA:
DATA:	DATA:	

Nº 003/00 – Agosto 2000

1. TANQUES VERTICAIS
1.2. MEDIÇÃO DE ESPESSURA

ORIENTAÇÃO DA LEITURA:

ELEVAÇÃO(mm)	ORIGINAL							
25								
75								
150								
300								
600								
900								
1200								
1500								
1800								
2100								
2400								
2700								
3000								
3300								
3600								
3900								
4200								
4500								
4800								
5100								
5400								
5700								
6000								
6300								
6600								
6900								
7200								
7500								
7800								
8100								
8400								
8700								
9000								

VER NOTA 2

INT EXT INT EXT INT EXT INT EXT INT EXT INT EXT INT EXT INT EXT

NOTAS:

- 1) ACIMA DA ELEVAÇÃO 9000, FAZER UMA LEITURA A CADA 300mm, ATÉ O TOPO DO COSTADO DO TANQUE.
- 2) OS CAMPO INT DEVE SER COMPLETADO CASO A MEDIÇÃO SEJA FEITA NA SUPERFÍCIE INTERNA DO TANQUE. SE A MEDIÇÃO FOR FEITA NA SUPERFÍCIE EXTERNA DO TANQUE, COMPLETAR O CAMPO EXT.
- 3) LEITURAS VERTICAIS SENDO A ELEVAÇÃO ZERO NO FUNDO DO TANQUE.

INSPECIONADO POR:

APROVADO POR:

DISTRIBUIR PARA:

DATA:

DATA:

Nº 003/00 – Agosto 2000

1. TANQUES VERTICAIS
1.3. LISTA DE VERIFICAÇÃO DE INSPEÇÃO - COSTADO

TIPOS DE CORROSÃO E PROBLEMAS ASSOCIADOS		INSPEÇÃO CONCLUÍDA		PROBLEMAS CONSTATADOS		OBSERVAÇÕES (NOTA 1)
		SIM	NÃO	SIM	NÃO	
1	CORROSÃO UNIFORME					
2	RANHURAS DE HIDROGÊNIO					
3	RANHURAS HORIZONTAIS					
4	ATAQUE NAS INCLUSÕES DE ESCÓRIA NAS SOLDAS OU POROSIDADE					
5	CORROSÃO GALVÂNICA DAS SOLDAS					
6	"PITTING" NAS SOLDAS					
7	FALTA DE PENETRAÇÃO NAS SOLDAS					
8	TRINCA NAS SOLDAS					
9	"PITTING" NAS CHAPAS					
10	CORROSÃO GALVÂNICA – MATERIAL DISSIMILAR					
11	CORROSÃO POR EROSÃO					
12	ATAQUE NOS GRÃOS EXTREMOS					
13	DEFEITOS NA SUPERFÍCIE DA CHAPA					
14	BOLHAS DE HIDROGÊNIO					
15	CORROSÃO DE ACESSÓRIOS INTERNOS					
16	CORROSÃO EM FENDAS					
17	SULFATAÇÃO EM FENDAS					
18	CORROSÃO EXTERNA					
19	DETERIORAÇÃO DA PINTURA					
20	CORROSÃO EM ESTRUTURA METÁLICA EXTERNA					
21	ESTRAGOS MECÂNICOS					

NOTA:
 1) O RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DEVERÁ INCLUIR UMA DESCRIÇÃO DE TODOS OS PROBLEMAS CONSTATADOS, INFORMANDO AS AÇÕES CORRETIVAS.

OBSERVAÇÕES:

INSPECIONADO POR:

APROVADO POR:

DISTRIBUIR PARA:

DATA:

DATA:

Nº 003/00 – Agosto 2000

1. TANQUES VERTICAIS

1.4. LISTA DE VERIFICAÇÃO DE INSPEÇÃO - TETO

TIPOS DE CORROSÃO E PROBLEMAS ASSOCIADOS		INSPEÇÃO CONCLUÍDA		PROBLEMAS CONSTATADOS		OBSERVAÇÕES (NOTA 1)
		SIM	NÃO	SIM	NÃO	
1	CORROSÃO UNIFORME					
2	RANHURAS DE HIDROGÊNIO (NOTA 2)					
3	RANHURAS HORIZONTAIS (NOTA 2)					
4	CORROSÃO EM FENDAS					
5	SULFATAÇÃO EM FENDAS					
6	CORROSÃO EXTERNA					
7	ESTRAGOS MECÂNICOS					
8	ESTADO DOS BOCAIS					
9	RESPIRO LIVRE DE OBSTRUÇÕES					
10	PARAFUSOS, PORCAS E JUNTAS					
11	SUPERFÍCIE DAS JUNTAS					
12	CORROSÃO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS					
13	CORROSÃO DAS COLUNAS SUPORTE DO TETO					

NOTAS:
 1) O RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DEVERÁ INCLUIR UMA DESCRIÇÃO DE TODOS OS PROBLEMAS CONSTATADOS, INFORMANDO AS AÇÕES CORRETIVAS.
 2) SOMENTE OCORRERÁ SE HOUVER CONTATO FREQUENTE DO ÁCIDO COM O TETO.

OBSERVAÇÕES:

INSPECIONADO POR:	APROVADO POR:	DISTRIBUIR PARA:
DATA:	DATA:	

Nº 003/00 – Agosto 2000

1. TANQUES VERTICAIS

1.5. LISTA DE VERIFICAÇÃO DE INSPEÇÃO – FUNDO, JUNÇÃO DO FUNDO COM COSTADO E SAÍDA DO FUNDO

TIPOS DE CORROSÃO E PROBLEMAS ASSOCIADOS		INSPEÇÃO CONCLUÍDA		PROBLEMAS CONSTATADOS		OBSERVAÇÕES (NOTA 1)
		SIM	NÃO	SIM	NÃO	
1	CORROSÃO UNIFORME					
2	ATAQUE NAS INCLUSÕES DE ESCÓRIA NAS SOLDAS OU POROSIDADE					
3	CORROSÃO GALVÂNICA DAS SOLDAS					
4	"PITTING" NAS SOLDAS					
5	FALTA DE PENETRAÇÃO NAS SOLDAS					
6	TRINCA NAS SOLDAS					
7	"PITTING" NAS CHAPAS OU BOCAIS					
8	CORROSÃO GALVÂNICA – MATERIAL DISSIMILAR					
9	CORROSÃO POR EROSÃO					
10	DEFEITOS NA SUPERFÍCIE DA CHAPA					
11	ATAQUE NOS GRÃOS EXTREMOS					
12	BOLHAS DE HIDROGÊNIO					
13	CORROSÃO DA MONTAGEM DA VÁLVULA MACHO					
14	CORROSÃO EM FENDAS					
15	SULFATAÇÃO CRESCENTE					
16	CORROSÃO EXTERNA					
17	ESTRAGOS MECÂNICOS					
18	PARAFUSOS, PORCAS E JUNTAS					
19	SUPERFÍCIE DAS JUNTAS					

NOTAS:
 1) O RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DEVERÁ INCLUIR UMA DESCRIÇÃO DE TODOS OS PROBLEMAS CONSTATADOS, INFORMANDO AS AÇÕES CORRETIVAS.

OBSERVAÇÕES:

INSPECIONADO POR:	APROVADO POR:	DISTRIBUIR PARA:
DATA:	DATA:	

Nº 003/00 – Agosto 2000

1. TANQUES VERTICAIS

1.6. LISTA DE VERIFICAÇÃO DE INSPEÇÃO – BOCAL DE SAÍDA DE ÁCIDO

	TIPOS DE CORROSÃO E PROBLEMAS ASSOCIADOS	INSPEÇÃO CONCLUÍDA		PROBLEMAS CONSTATADOS		OBSERVAÇÕES (NOTA 1)
		SIM	NÃO	SIM	NÃO	
1	CORROSÃO UNIFORME					
2	ATAQUE NAS INCLUSÕES DE ESCÓRIA NAS SOLDAS OU POROSIDADE					
3	CORROSÃO GALVÂNICA DAS SOLDAS					
4	"PITTING" NAS SOLDAS					
5	FALTA DE PENETRAÇÃO NAS SOLDAS					
6	TRINCA NAS SOLDAS					
7	"PITTING" NO PESCOÇO DO BOCAL					
8	CORROSÃO GALVÂNICA – MATERIAL DISSIMILAR					
9	CORROSÃO POR EROSÃO					
10	ATAQUE NOS GRÃOS EXTREMOS					
11	DEFEITOS NA SUPERFÍCIE DA CHAPA					
12	BOLHAS DE HIDROGÊNIO					
13	CORROSÃO EM FENDAS					
14	SULFATAÇÃO EM FENDAS					
15	CORROSÃO EXTERNA					
16	PARAFUSOS, PORCAS E JUNTAS					
17	SUPERFÍCIE DAS JUNTAS					
18	RANHURAS DE HIDROGÊNIO					

NOTAS:
 1) O RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DEVERÁ INCLUIR UMA DESCRIÇÃO DE TODOS OS PROBLEMAS CONSTATADOS, INFORMANDO AS AÇÕES CORRETIVAS.
 2) ALGUNS ITENS RELACIONADOS PODEM NÃO SER APLICÁVEIS À DETERMINADOS PROJETOS DE BOCAIS.

OBSERVAÇÕES:

INSPECIONADO POR:	APROVADO POR:	DISTRIBUIR PARA:
DATA:	DATA:	

Nº 003/00 – Agosto 2000

1. TANQUES VERTICAIS

1.7. LISTA DE VERIFICAÇÃO DE INSPEÇÃO – BOCA DE VISITA DO COSTADO

	TIPOS DE CORROSÃO E PROBLEMAS ASSOCIADOS	INSPEÇÃO CONCLUÍDA		PROBLEMAS CONSTATADOS		OBSERVAÇÕES (NOTA 1)
		SIM	NÃO	SIM	NÃO	
1	CORROSÃO UNIFORME					
2	ATAQUE NAS INCLUSÕES DE ESCÓRIA NAS SOLDAS OU POROSIDADE					
3	CORROSÃO GALVÂNICA DAS SOLDAS					
4	"PITTING" NAS SOLDAS					
5	FALTA DE PENETRAÇÃO NAS SOLDAS					
6	TRINCA NAS SOLDAS					
7	"PITTING" NO PESCOÇO DO BOCAL					
8	CORROSÃO GALVÂNICA – MATERIAL DISSIMILAR					
9	DEFEITOS NA SUPERFÍCIE DA CHAPA					
10	ATAQUE NOS GRÃOS EXTREMOS					
11	BOLHAS DE HIDROGÊNIO					
12	CORROSÃO EM FENDAS					
13	SULFATAÇÃO EM FENDAS					
14	CORROSÃO EXTERNA					
15	PARAFUSOS, PORCAS E JUNTAS					
16	SUPERFÍCIE DAS JUNTAS					
17	RANHURAS DE HIDROGÊNIO					

NOTA:

1) O RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DEVERÁ INCLUIR UMA DESCRIÇÃO DE TODOS OS PROBLEMAS CONSTATADOS, INFORMANDO AS AÇÕES CORRETIVAS.

OBSERVAÇÕES:

INSPECIONADO POR:

APROVADO POR:

DISTRIBUIR PARA:

DATA:

DATA:

Nº 003/00 – Agosto 2000

1. TANQUES VERTICAIS
1.8. LISTA DE VERIFICAÇÃO DE INSPEÇÃO – FUNDAÇÕES E SUPORTES

	TIPOS DE CORROSÃO E PROBLEMAS ASSOCIADOS	INSPEÇÃO CONCLUÍDA		PROBLEMAS CONSTATADOS		OBSERVAÇÕES (NOTA 1)
		SIM	NÃO	SIM	NÃO	
1	ASSENTAMENTO DO TANQUE					
2	INCLINAÇÃO DO TANQUE					
3	DETERIORAÇÃO DO CONCRETO DEVIDO AO VAZAMENTO OU TRANSBORRO DE ÁCIDO					
4	ESTRAGO POR EROSÃO					
5	PROBLEMAS NA DRENAGEM					
6	CORROSÃO DA ESTRUTURA DE AÇO OU BERÇOS					
7	ESTRAGOS MECÂNICOS					

NOTA:
 1) O RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DEVERÁ INCLUIR UMA DESCRIÇÃO DE TODOS OS PROBLEMAS CONSTATADOS, INFORMANDO AS AÇÕES CORRETIVAS.

OBSERVAÇÕES:

INSPECIONADO POR:	APROVADO POR:	DISTRIBUIR PARA:
DATA:	DATA:	

Nº 003/00 – Agosto 2000

2. TANQUES HORIZONTAIS
2.1. INFORMAÇÕES GERAIS
DADOS DE PROJETO

CLIENTE:	IDENTIFICAÇÃO(TAG):
CAPACIDADE: m ³	ANO DE FABRICAÇÃO:
SERVIÇO:	FABRICANTE:
DESENHO DE REFERÊNCIA:	MATERIAL DE CONSTRUÇÃO:
TENSÃO ADMISSÍVEL: Kpa	EFICIÊNCIA DAS JUNTAS SOLDADAS: %
DENSIDADE DO PRODUTO:	ALTURA MÁXIMA ADMISSÍVEL DE PRODUTO: m
TEMPERATURA DE TRABALHO(MAX.): °C	CONCENTRAÇÃO: %
DIÂMETRO INTERNO: m	COMPRIMENTO ENTRE LT: m

VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE ESTRUTURAL

ELEMENTO DO TANQUE	① ESPESSURA MÍNIMA REQUERIDA (mm)	② ESPESSURA ORIGINAL (mm)	③ CORROSÃO ADMISSÍVEL (mm) ② - ①	④ ESPESSURA MEDIDA NA INSPEÇÃO (mm)	⑤ PERDA DE ESPESSURA ② - ④	⑥ CORROSÃO ADMISSÍVEL REMANESCENTE ④ - ①	⑦ TAXA DE CORROSÃO ESTIMADA (mm/ano) ⑤ ÷ IDADE DO TANQUE	TEMPO DE VIDA REMANESCENTE PROJETADO (anos)	
								PARTE DO TANQUE ⑥ ÷ ⑦	VALOR MÍNIMO SELECIONADO
CASCO									
TAMPO 1									
TAMPO 2									

HISTÓRICO DE REPAROS E INSPEÇÃO DO EQUIPAMENTO

--	--	--

INSPECIONADO POR:	APROVADO POR:	DISTRIBUIR PARA:
DATA:	DATA:	

Nº 003/00 – Agosto 2000

2. TANQUES HORIZONTAIS

2.2. LISTA DE VERIFICAÇÃO DE INSPEÇÃO – CASCO E TAMPOS

TIPOS DE CORROSÃO E PROBLEMAS ASSOCIADOS		INSPEÇÃO CONCLUÍDA		PROBLEMAS CONSTATADOS		OBSERVAÇÕES (NOTA 1)
		SIM	NÃO	SIM	NÃO	
1	CORROSÃO UNIFORME					
2	RANHURAS DE HIDROGÊNIO					
3	RANHURAS HORIZONTAIS					
4	ATAQUE NAS INCLUSÕES DE ESCÓRIA NAS SOLDAS OU POROSIDADE					
5	CORROSÃO GALVÂNICA DAS SOLDAS					
6	"PITTING" NAS SOLDAS					
7	FALTA DE PENETRAÇÃO NAS SOLDAS					
8	TRINCA NAS SOLDAS					
9	"PITTING" NA CHAPA					
10	CORROSÃO GALVÂNICA – MATERIAL DISSIMILAR					
11	CORROSÃO POR EROSÃO					
12	ATAQUE NOS GRÃOS EXTREMOS					
13	DEFEITOS NA SUPERFÍCIE DA CHAPA					
14	BOLHAS DE HIDROGÊNIO					
15	CORROSÃO DE ACESSÓRIOS INTERNOS					
16	CORROSÃO EM FENDAS					
17	SULFATAÇÃO EM FENDAS					
18	CORROSÃO EXTERNA					
19	DETERIORAÇÃO DA PINTURA					
20	CORROSÃO EM ESTRUTURA METÁLICA EXTERNA					
21	ESTRAGOS MECÂNICOS					

NOTA:

1) O RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DEVERÁ INCLUIR UMA DESCRIÇÃO DE TODOS OS PROBLEMAS CONSTATADOS, INFORMANDO AS AÇÕES CORRETIVAS.

OBSERVAÇÕES:

INSPECIONADO POR:	APROVADO POR:	DISTRIBUIR PARA:
DATA:	DATA:	

Nº 003/00 – Agosto 2000

2. TANQUES HORIZONTAIS

2.3. LISTA DE VERIFICAÇÃO DE INSPEÇÃO – BOCAIS E BOCAS DE VISITA

TIPOS DE CORROSÃO E PROBLEMAS ASSOCIADOS		INSPEÇÃO CONCLUÍDA		PROBLEMAS CONSTATADOS		OBSERVAÇÕES (NOTA 1)
		SIM	NÃO	SIM	NÃO	
1	CORROSÃO UNIFORME					
2	RANHURAS HORIZONTAIS					
3	ATAQUE NAS INCLUSÕES DE ESCÓRIA NAS SOLDAS OU POROSIDADE					
4	CORROSÃO GALVÂNICA DAS SOLDAS					
5	"PITTING" NAS SOLDAS					
6	FALTA DE PENETRAÇÃO NAS SOLDAS					
7	TRINCA NAS SOLDAS					
8	"PITTING" NO PESCOÇO DOS BOCAIS					
9	CORROSÃO GALVÂNICA – MATERIAL DISSIMILAR					
10	CORROSÃO POR EROSÃO					
11	ATAQUE NOS GRÃOS EXTREMOS					
12	CORROSÃO EM FENDAS					
13	SULFATAÇÃO EM FENDAS					
14	CORROSÃO EXTERNA					
15	RESPIRO LIVRE DE OBSTRUÇÕES					
16	ESTRAGOS MECÂNICOS					
17	PARAFUSOS E PORCAS					
18	SUPERFÍCIE DAS JUNTAS					

NOTA:
 1) O RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DEVERÁ INCLUIR UMA DESCRIÇÃO DE TODOS OS PROBLEMAS CONSTATADOS, INFORMANDO AS AÇÕES CORRETIVAS.

Observações:

INSPECIONADO POR:	APROVADO POR:	DISTRIBUIR PARA:
DATA:	DATA:	

Nº 003/00 – Agosto 2000

2. TANQUES HORIZONTAIS

2.4. LISTA DE VERIFICAÇÃO DE INSPEÇÃO – FUNDAÇÕES E SUPORTES

	TIPOS DE CORROSÃO E PROBLEMAS ASSOCIADOS	INSPEÇÃO CONCLUÍDA		PROBLEMAS CONSTATADOS		OBSERVAÇÕES (NOTA 1)
		SIM	NÃO	SIM	NÃO	
1	ASSENTAMENTO DO TANQUE					
2	INCLINAÇÃO DO TANQUE					
3	DETERIORAÇÃO DO CONCRETO DEVIDO AO VAZAMENTO OU TRANSBORRO DE ÁCIDO					
4	ESTRAGO POR EROSÃO					
5	PROBLEMAS NA DRENAGEM					
6	CORROSÃO DA ESTRUTURA DE AÇO OU BERÇOS					
7	ESTRAGOS MECÂNICOS					

NOTA:
 1) O RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DEVERÁ INCLUIR UMA DESCRIÇÃO DE TODOS OS PROBLEMAS CONSTATADOS, INFORMANDO AS AÇÕES CORRETIVAS.

Observações:

INSPECIONADO POR: DATA:	APROVADO POR: DATA:	DISTRIBUIR PARA:
----------------------------	------------------------	------------------



Nº 003/00 – Agosto 2000