

Copyright 2012, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2012, em Salvador/BA no mês de maio de 2012.

As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

Aplicação de luva de compósito pré-impregnada em reparo de tubulações de acordo com a norma ASME PCC2 PART4 e ISO TS24817 para reparos definitivos em tubulações

¹Thomas Georg Fink, ²George Di Cesar Silva

Abstract

It will be presented a work that is changing the reality of companies like Petrobras in the case of pipes damage from wear including internal and external corrosion. Instead of replacing the pipes with new ones is possible to make structural reinforcement in accordance with international standards ISO and ASME endorsing these called for reinforcements for composite sleeve composite as a temporary fix or permanent, always in accordance with the standard. These repairs were made on some platforms with success. It is a tape of fiberglass pre-impregnated with resin which is involved in the pipeline. The pipe is repaired before being properly clean and its surface is treated to receive a special resin loaded Kevlar. The holes or defects, pitting and strains are repaired primarily with a special metallic resin in order to return the outer circumference of the pipe. Finally and involved in the pipeline in accordance with specific calculations certain number of turns of fiber pre-impregnated in 24h ensuring the reestablishments pressure rated pipe. These repairs can also be made with the lines in operation thereby avoiding unnecessary stops and guarantees an excellent cost benefit for those with loss of wall thickness of pipes.

Keyword: Structural reinforcement, Composite materials, pipes, corrosion, thick lower

Resumo

Será apresentado um trabalho que está mudando a realidade de empresas como Petrobras, nos casos de tubulações que sofrem por desgastes diversos inclusive corrosão interna e externa. Ao invés de substituir as tubulações por novas é possível fazer reforço estrutural de acordo com normas internacionais ASME e ISO que aprovam estes reforços por compósitos denominados por luva de compósito como sendo um reparo provisório e ou definitivo sempre de acordo com a norma. Estes reparos foram efetuados em algumas plataformas com extremo sucesso. Trata-se de uma fita de fibra de vidro pré-impregnada com resina que é envolvida na tubulação. A tubulação antes de ser reparada é limpa adequadamente e sua superfície é tratada para receber uma resina especial com carga de kevlar. Os furos e/ou defeitos e deformações são reparados primeiramente com uma resina metálica especial a fim de retornar a circunferência externa da tubulação. Por último, é envolvido na tubulação de acordo com cálculos específicos, certo número de voltas da fibra pré-impregnada garantindo em 24 h o restabelecimento da pressão nominal da tubulação. Estes reparos também podem ser feitos com as linhas em operação evitando assim paradas desnecessárias e garantindo um excelente custo benefício para quem tem perdas de espessuras das paredes de tubulações.

Palavras-chaves: Reforço estrutural, Luva de compósito, Tubulações, Corrosão, Baixa espessura.

¹ Diretor, TECNOFINK

² Engenheiro Mecânico - TECNOFINK

Introdução

Os materiais compósitos são empregados em diversos produtos fabricados atualmente. Combinações incomuns de propriedades de diferentes materiais estão sendo ampliadas com o desenvolvimento dos compósitos. Os materiais compósitos são combinações de dois ou mais materiais com propriedades físicas e mecânicas bastante distintas. A maioria consiste em um elemento de reforço e uma matriz, constituída de resina colante, obtendo características e propriedades desejadas.

A junção destes materiais resulta em um novo material com propriedades mecânicas distintas de cada um dos componentes. Os materiais compósitos comparados com os aços apresentam menor resistência, mas são muito mais leves. Na relação peso/resistência os materiais compósitos obteriam melhores resultados.

O sistema de reparo com materiais compósitos em tubulações, que vem sendo utilizado em tubulações de indústrias de produção, utilidade de óleo e gás, tem se apresentado como a solução para perda de espessura, pites, ranhuras e furos, ora causados por corrosão externas ou internas. A norma internacional ASME-PCC-2 REPAIR OF PRESSURE EQUIPMENT AND PIPING trata da qualificação, projeto e aplicação dos sistemas de reparo com materiais compósitos e a ISO 24817-70/TS PETROLEUM, PETROCHEMICAL AND NATURAL GAS INDUSTRIES – COMPOSITE REPAIRS FOR PIPEWORK – QUALIFICATION AND DESIGN, INSTALLATION, TESTING AND INSPECTION trata-se de uma especificação técnica detalhada dos projetos do sistema de reparo com materiais compósitos.

Os materiais utilizados no sistema de reparo presentes neste trabalho permitem unir as propriedades mecânicas de uma rica camada de resina Kevlar e da fibra de vidro pré-impregnada com poliuretano. Esta técnica de reparo apresenta rápida aplicação e permite que a tubulação volte a operar normalmente 24 horas após a cura total do sistema de reparo, permitindo uma sobrevida na tubulação de até 20 anos.

Este sistema de reparo está sendo utilizado em empresas de Óleo e Gás em todo o mundo, pois além de evitar reparos que utilizam processos de soldagem, permite que a linha danificada seja reparada em alguns casos, estando inclusive em operação.

Metodologia

ISO24817/TS VISÃO GERAL

Em 15 de Setembro de 2006 foi publicada a Norma ISO/PDTS 24817 (Reparos de compósitos para dutos de indústrias de petróleo, petroquímicas e de gás natural - Qualificação, projeto, instalação, teste e inspeção.), um compêndio destinado à qualificação de sistemas de reparos com materiais compósitos capazes de restaurar a integridade estrutural de dutos danificados ou reforçar dutos não danificados para carregamento adicional.

A Norma ISO/PDTS 24817 basicamente se resume em duas variáveis t_{design} e L , espessura do laminado de reparo e comprimento axial do reparo respectivamente. A Norma fornece as equações necessárias para o cálculo da espessura e comprimento do laminado para os mais diversos casos de defeitos, desde seções retas de tubulações até componentes do sistema de

dutos, vasos de pressão etc. Possui ainda condições opcionais de projeto, tais como: impacto, carregamento cíclico, reparos vivos (substrato em operação), desempenho em incêndio, proteção catódica, condutividade elétrica e carregamento externo.

Os materiais compósitos que constituem o laminado de reparo, considerados nesse documento, são os reforços típicos de aramida (AFRP), de vidro (GRP), de carbono (CFRP) ou terylene (ou material similar), reforçados em matriz de poliéster, éster vinil, epóxi ou de poliuretanos. Outros tipos de fibras e materiais também são permissíveis.

Situações nas quais é recomendado o reparo com materiais compósitos

A ISO/PDTS 24817 fornece recomendações e exigências para qualificação, projeto, instalação, teste e inspeção para aplicação externa de reparos de compósitos em dutos danificados ou corroídos. É direcionada ao reparo de danos comumente encontrados em dutos de óleo, gás e utilidades. Esses procedimentos também são aplicáveis ao reparo de encanamentos, *caissons*, tanques de armazenamento e vasos de pressão, com considerações apropriadas. Situações nas quais o sistema de reparo com materiais compósitos é recomendado:

- Corrosão externa, com defeito transpassante ou não. Neste caso a aplicação do reparo geralmente impede que o material continue deteriorando;
- Danos externos como sulcos, entalhes e corrosão;
- Corrosão interna, com dano transpassante ou não. Neste caso a corrosão e/ou erosão podem continuar após a aplicação do reparo;
- Fortalecimento estrutural em áreas localizadas.

Avaliação de risco

Uma avaliação de risco associada ao defeito do substrato e o método de reparo deve ser realizada antes da aplicação do sistema de reparo. Os seguintes parâmetros devem ser considerados nesta avaliação:

- Avaliar a natureza e a localização do defeito;
- Os dados de projeto e operação do substrato (tubulação), tais como pressão, temperatura e dimensão;
- Tempo de vida do reparo;
- A geometria do substrato a ser reparado;
- Riscos associados ao sistema de serviço;
- Habilidade do aplicador do sistema de reparo com materiais compósitos;
- O preparo de superfície do substrato;
- Os materiais do sistema de reparo;

Esta avaliação de risco não é um meio para predeterminar se o sistema de reparo é a melhor estratégia ou ação corretiva, mas para avaliar os riscos associados com a aplicação deste sistema de reparo.

Classes de reparo

O sistema de reparo é alocado em três classes, conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Classes de reparo

Classe de reparo	Serviço típico	Pressão de projeto	Temperatura de projeto
Classe 1	Sistemas de baixo risco, drenos, sistemas de refrigeração, água do mar (serviço), diesel e outras linhas de hidrocarbonetos.	< 1 Mpa (10 Bar)	< 40 °C
Classe 2	Água para combate à incêndio, sistemas de inundação.	< 2 Mpa (20 Bar)	< 100 °C
Classe 3	Água e hidrocarbonetos produzidos, fluidos inflamáveis, sistemas de gás.	Limite superior qualificado	Limite superior qualificado

Vida útil do sistema de reparo

A vida útil (em anos) do sistema de reparo pode ser limitada pelas condições de operação e tipos de defeitos. A vida útil mínima do reparo será 2 anos. Vidas úteis longas (até 20 anos) são designadas àquelas situações para restabelecer a vida útil do projeto original da tubulação ou para estender a vida do projeto por um tempo especificado. Uma vez que a vida útil do reparo expirou, o proprietário removerá ou revalidará o sistema de reparo.

Metodologia de projeto

Há dois tipos de defeitos: Defeito do Tipo A e defeito do Tipo B.

Defeito Tipo A:

Defeito do substrato não transpassante que não é esperado que atravesse a parede durante a vida útil do sistema do reparo, requerendo o reforço estrutural somente. Os defeitos do Tipo A são subdivididos em três categorias: com substrato; sem substrato; teste de desempenho.

Defeito Tipo B:

O substrato requer selagem e reforço estrutural para defeitos transpassantes (vazamentos). Para substratos com corrosão interna ativa, o laminado de reparo será projetado na suposição de que um defeito transpassante ocorrerá se a espessura de parede restante no fim da vida do serviço for inferior a 1 mm.

Garantia dos reparos

O tempo de vida dos sistemas de reparo com materiais compósitos varia com o tipo de defeito, as condições operacionais e a taxa de corrosão interna. Os reparos se classificam como provisórios, quando o mesmo é executado sem que haja tempo para uma intervenção programada, ou permanente onde o reparo é um reforço estrutural e pode dar uma sobrevida a tubulação de até 20 anos.

Os dados de espessura e comprimento do reparo são calculados de acordo com os dados do substrato, do defeito e dos materiais utilizados no sistema de reparo. Um memorial de cálculo é emitido por cada ponto (defeito) analisado.

Aplicação do sistema de reparo

Este procedimento é utilizado no sistema de reparo SynthoGlass XT

Remoção de revestimentos existentes:

- Remover todo o revestimento existente na tubulação, ferrugem solta, tinta ou qualquer outro material;
- Preparar a superfície de acordo com Sa2.5 ou NACE 2, próximo ao metal quase branco;
- Aplicar jato de água em alta pressão [20,68 a 48,26 MPa (3.000 a 7.000 psi), limpeza com jato de areia ou MBX máquina manual e certificada para áreas classificadas poderão ser usados para preparar a superfície;
- A superfície preparada e limpa deverá ter área de ancoragem de (40 a 60) microns;
- Remova a sujeira, graxa e óleo conforme SPpC-SP-1 - limpeza de solventes.

Aplicação do epóxi como material de distribuição de carga

Retomar a geometria original do substrato é fundamental para o sucesso do sistema de reparo com materiais compósitos. Preencher todas as fendas, cavidades e anomalias para acompanhar o contorno do diâmetro externo do tubo. Lixar conforme o contorno do tubo.

Aplicação da camada rica em resina como camada primária

Esta é a camada que tem como função garantir vedação contra o fluido. O Kevlar é uma camada rica em resina muito utilizada em reparos com materiais compósitos.

Aplicação da fita de fibra de vidro pré-impregnada

A descrição do procedimento de aplicação a seguir é da fita de fibra pré-impregnada, esta tecnologia reduz a possibilidade de falta da camada polimérica no laminado, pois a impregnação da fibra é controlada por processos industriais capazes de impregnar de forma homogênea todo o laminado. Existe também a técnica de impregnação da fibra durante a aplicação do sistema de reparo, de baixo custo esta impregnação manual é mais propensa a falhas, principalmente humana, podendo haver uma impregnação da fibra de viro não homogênea consequentemente aumentando a chance de falha do sistema de reparo.

Procedimento

- a fita deve ser acondicionada espiralada ao redor do tubo, flange, ferragens, etc.
- cada volta completa ao redor da área do reparo deverá ter o número específico de camadas de fita quando concluído.
- a fita deverá ser aplicada da direita para esquerda ou da esquerda para direita. O importante é que siga a seguinte seqüência: do início do reparo até o final e voltando do final do reparo para o início (a quantidade de camadas será de acordo com o cálculo efetuado lembrando que a seqüência acima deverá ser seguida).
- a aplicação da fita de fibra deverá terminar em ambas as extremidades estendidas em cada lado do reparo.
- ao concluir a aplicação do fita de fibra a área aplicada deverá ser envolvida com uma fita de compressão. Essa fita de compressão deverá ser removida quando fita de fibra tiver alcançado o tempo inicial de cura.

- para tubulações “não submersas” ou expostas a raios UV, a instalação do fita de fibra deverá ser revestida com uma tinta, polímero ou bloqueio UV .

Resultados e discussões

O sistema de reparo com materiais compósitos das figuras 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 é usado com sucesso em várias plataformas e nas mais variadas situações. Tem se apresentado como a solução para os casos de corrosão externa, visto que após aplicação do sistema de reparo, este tipo de corrosão não evolui. Nos casos de corrosão interna é fundamental o conhecimento da taxa de corrosão da tubulação para que através dela seja dado o tempo de garantia de cada reparo. Este sistema de reparo é o SYNTHOGLASS-XT que utiliza resinas metálicas para a recomposição da geometria do substrato, camada rica em resina com o KEVLAR e fita de fibra pré-impregnada com poliuretano e ativada com água. Apesar de simples instalação a habilidade do aplicador é fundamental para o sucesso de qualquer reparo com materiais compósitos. Portanto, os profissionais devem sempre ser preparados com treinamentos teóricos e práticos antes de aplicar o sistema de reparo com materiais compósitos. Seguem figuras de alguns reparos utilizados com sucesso em plataformas brasileiras.



Figura 1 - Trecho reto de 2 polegadas padrão de superfície no Sa 2 ½ metal quase branco, com pites, dentes e ranhuras.



Figura 2 - Aplicação de resina para recompor a geometria do substrato



Figura 3 - Aplicação de resina para recompor a geometria do substrato



Figura 4 - Aplicação da camada rica em resina Kevlar



Figura 5: reparo em geometria T em trecho da tubulação com perda de espessura externa.



Figura 6 - Preparo de superfície com padrão Sa 2 ½ metal quase branco.



Figura 7: aplicação da camada rica em resina Kevlar



Figura 8 - Aplicação da fita de fibra de vidro pré-impregnada e da fita de compressão e mais um reparo concluído com sucesso.

O sistema de reparo com materiais compósitos tem sido usado com sucesso para reparos de contingência para estancar vazamentos, reparos provisórios até que haja tempo para um reparo definitivo ou a substituição da linha e reparos permanentes que resolvem o problema de corrosão e sua garantia pode chegar a 20 anos contra vazamentos. As figuras 9, 10 e 11 mostram uma tubulação com vazamento e um reparo executado com materiais compósitos e em menos de 24h volta a operação normalmente.



Figura 9 - tubulação apresentando vários vazamentos.



Figura 10 - Tubulação fora de operação sendo preparada para o reparo



Figura 11 - Reparo executado em toda a área comprometida restabelecendo assim a operação na tubulação.

A figura 12 mostra um teste de rompimento de uma tubulação com o sistema de reparo com materiais compósitos SynthoGlass – XT. O aumento da tensão de ruptura após a aplicação do sistema de reparo com materiais compósitos leva a tubulação romper antes do trecho reparado.

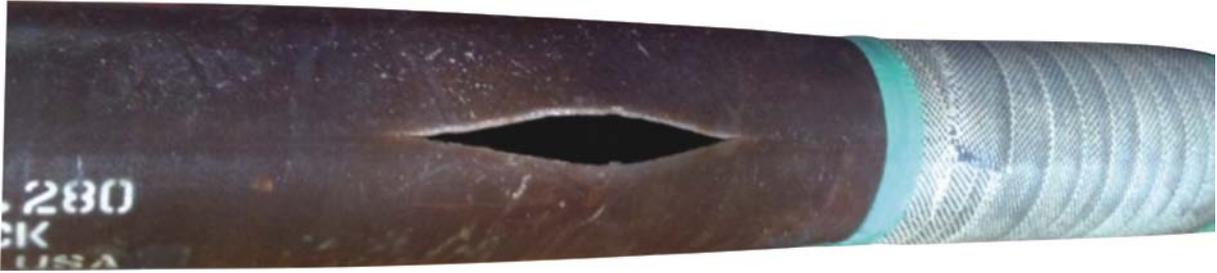


Figura 12 - Teste de ruptura do reparo

Conclusão

O sistema de reparo com materiais compósitos tem se apresentado como a solução para corrosões em tubulações das indústrias de óleo e gás no mundo inteiro. Trata-se de uma técnica moderna e eficaz de estancar problemas de vazamento e perda de espessura dispensando a parada de produção e até mesmo a substituição da linha comprometida. Esta técnica é capaz de criar uma nova tubulação de materiais compósitos capaz de suportar a mesma pressão máxima de trabalho admissível (PMTA) da tubulação original, utilizando a geometria da tubulação danificada, criando assim uma nova tubulação, com uma espessura menor do que a da original e muito mais leve.

É importante escolher a técnica de aplicação do sistema de reparo, pois além da avaliação de risco prevista em normas internacionais ASME e ISO, a qualidade da mão de obra e dos produtos é fundamental para o sucesso do reparo. Neste trabalho, foi apresentada uma técnica avançada de aplicação do sistema de reparo com materiais compósitos. Todos os produtos utilizados passam por rigorosos processos de fabricação e testes de qualidade. Os produtos são aplicados com sucesso em plataformas de vários países.

Portanto, o sistema de reparo com materiais compósitos é uma solução viável para todos os tipos de reparo em tubulações, ou seja, reparos de contingência, provisório ou permanente podem ser realizados com esta técnica.

Referências bibliográficas

ISO/PDTS 24817 (Petroleum, petrochemical and natural gas industries – Composite repairs for pipework – Qualification and design, installation, testing and inspection)

IBP1501_07 (Vilani, E. C., Reabilitação de Duto Amassado com Luva de Material Compósito), Rio Pipeline 2007.

ASME PCC 2 – 2008 (Repair of pressure equipment and Piping)

Telles, P.C. da S., Tubulações Industriais Materiais, Projeto e Montagem, 9ª ed., editora LTC, 2001

* * *