Copyright 2008, ABRACO
Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2008, em Recife/PE, no mês de maio de 2008.
As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

A utilização de polímeros metálicos para reparos e reforço em tubulações e estruturas

Thomas G. Fink, Hugo L. L. Silva, Ana Claudia Braga

Abstract

The metallic polymer use has revealed to be absolutely trustworthy in the execution of cold repairs for the recovery of holes and walls of pipes which are submitted to great efforts of work and present significant loss of thickness caused by corrosion. Through advanced studies of engineering, it was evidenced that the association of carbon fiber and metallic polymers provides a structural reinforcement in the corroded area of the tubbing, promoting improved durability. The metallic polymer Multimetall is the only product approved worldwide by highly capacitated professionals in the structural integrity field, comprising masters and doctors. Multimetall is able to support pressures of up to 2000 PSI at 90ºC right after one hour of application. It can be used to repair holes up to 30mm of diameter and its application time can be reduced in 80%, comparing to conventional methods. Moreover applications can be carried through in classified areas with significantly diminishing of risks maintenance costs.

Keywords: metallic polymer, corrosion, repair, structural integrity.

Resumo

A utilização de polímeros metálicos mostrou-se absolutamente confiável para executar reparos à frio para recuperação de furos e recomposição de paredes de tubos que, submetidos a grandes esforços de trabalho, apresentam perda de espessura significativa provocada pela corrosão. Através de estudos avançados de engenharia, constatou-se que a associação de fibra de carbono e polímeros metálicos proporciona um reforço estrutural na área corroída da tubulação, promovendo uma sobrevida da mesma. O polímero metálico Multimetall é o único produto aprovado no mundo por profissionais altamente capacitados na área de integridade estrutural, mestres e doutores. O Multimetall pode suportar pressão de até 2000 PSI à temperatura de 90 ºC apenas 1 hora após a aplicação. Pode ser usado para reparo de furos de até 30mm de diâmetro e a aplicação pode ser executada com 80% de redução do tempo, se comparado ao método convencional. Além disso, sua aplicação pode ser realizada em áreas classificadas, diminuindo significativamente os riscos e os custos de manutenção.

Palavras-chave: polímero metálico, corrosão, reparo e integridade estrutural.

[1] Empresário - TECNOFINK
[2] Engenheiro Mecatrônico – TECNOFINK

Introdução

Este trabalho tem como finalidade demonstrar através dos dados técnicos e exemplo de aplicação como e porque a utilização de polímeros metálicos é uma opção eficiente e eficaz para reparos e reforço em tubulações e estruturas.

Sobre os polímeros metálicos

Os polímeros são compostos químicos de elevada massa molecular relativa, resultantes de reações químicas de polimerização. Os polímeros são macromoléculas formadas a partir de unidades estruturais menores (os monômeros), que são agrupados repetidamente resultando em longas cadeias. O tamanho das cadeias formadas principalmente por átomos de carbono, ou seja, a massa molar, é o aspecto principal que confere a este grupo de materiais uma série de características à eles associadas. O número de unidades estruturais repetidas numa macromolécula é chamado grau de polimerização.

A polimerização é uma reação onde os monômeros se combinam quimicamente (por valências principais) para formar moléculas longas, mais ou menos ramificadas com a mesma composição centesimal. Estes podem formar-se por reação em cadeia ou por meio de reações de poliadição ou policondensação. A polimerização pode ser reversível ou não e pode ser espontânea ou provocada (por calor ou reagentes).

Na indústria química, muitos polímeros são produzidos através de reações em cadeia. Nestas reações de polimerização, os radicais livres necessários para iniciar a reação são produzidos por um iniciador que é uma molécula capaz de formar radicais livres a temperaturas relativamente baixas. Os radicais assim formados vão atacar as moléculas do monômero dando origem à reação de polimerização.

Os polímeros metálicos surgem da adição de carga metálica a uma base polimérica.

Multimetall SS-Aço Cerâmica

O Multimetall SS-Aço Cerâmica é o Polímero Metálico com a mais ampla faixa de aplicações para reparos e manutenções de todos os metais e ligas. O Multimetall SS-Aço Cerâmica oferece uma qualidade muito alta para reparos mecânicos de dispositivos danificados por trinca, corrosão, abrasão, impacto ou tensão química). Elevados dados técnicos e também a resistência química e ligação com a estrutura de superfícies metálicas são características notáveis do Multimetall SS-Aço Cerâmica.

O Multimetall SS-Aço Cerâmica é um produto bicomponente e pode ser usado com dois tipos de catalisador: um de cura lenta, que proporciona melhores dados técnicos e outro de cura rápida, adequado para reparos rápidos e de emergência ou reparos que não sejam de alta solicitação devido ao curto tempo de cura parcial e pleno. É possível, após o uso do catalisador de cura rápida, efetuar uma segunda camada de aplicação com o catalisador de cura lenta para alcançar uma maior resistência.

Dados técnicos (comuns):

Consistência do aplicativo:	Pastosa
Cor após cura plena:	cinza escuro
Resistência específica à passagem:	5,3 x 10^{14} Ωcm
Resistência à passagem:	7,52 x 10^{12} Ω
Corrosão:	Nenhuma
Corrosão eletroquímica (DIN 50900):	Nenhuma
Usinabilidade:	com chapas de moagem SiC ou ferramentas diamantadas
Velocidade de corte:	vc = 60 - 125 m/min
Profundidade de corte:	ap = 0,5 - 1 mm
Alimentação:	f = 0,1 - 0,2 mm/r

Dados técnicos utilizando o catalisador de cura lenta:

Resistência à compressão (DIN ISO 604):	200 MPa (29000 psi)
Resistência à tração:	83 MPa (12035 psi)
Resistência à flexão (DIN 53452):	78 MPa (11310 psi)
Resistência à tração de cisalhamento no aço:	31 MPa (4495 psi)
Dureza Brinell (DIN 50351):	35
Coeficiente de expansão linear de 25-45 °C:	5,1 x 10^{-6} K
Resistência contra pressão interna:	300 bar (4350 psi)
Resistência a temperatura:	~ –150 °C a +280 °C
Grau de rugosidade após o uso de ferramenta diamantada:	3,4 µm
Densidade (componentes misturados):	2,44 g/cm³

Dados técnicos utilizando o catalisador de cura rápida:

Resistência à compressão (DIN ISO 604):	104 MPa (15080 psi)
Resistência à tração:	54 MPa (7830 psi)
Resistência à flexão (DIN 53452):	67 MPa (9715 psi)
Resistência à tração de cisalhamento no aço:	19 MPa (2755 psi)
Resistência contra pressão interna:	100 bar (1450 psi)
Resistência a temperatura:	~ –150 °C a +120 °C
Densidade (componentes misturados):	2,12 g/cm³

Multimetall OL-Aço Cerâmica

O Multimetall OL-Aço Cerâmica é um Polímero Metálico testado e certificado pela "Lloyds Register of Shipping" para reparos de metais e ligas oleosos, untuosos ou contaminados por combustíveis no caso de tensão devido a rachaduras, corrosão, abrasão, impacto ou substâncias químicas. O grau de corrosão não afeta em absoluto a ligação com a estrutura da superfície metálica corroída. Elevados dados técnicos e também a resistência

química e ligação com a estrutura em uma superfície metálica suja são características notáveis deste polímero.

O Multimetall OL-Aço Cerâmica é um produto bicomponente e pode ser usado com dois tipos de catalisador: um de cura lenta, que proporciona melhores dados técnicos e outro de cura rápida, adequado para reparos rápidos e de emergência ou reparos que não sejam de alta solicitação devido ao curto tempo de cura parcial e pleno. É possível, após o uso do catalisador de cura rápida, efetuar uma segunda camada de aplicação com o catalisador de cura lenta para alcançar uma maior resistência.

Dados técnicos:

Consistência do aplicativo:	Pastosa
Cor após cura plena:	cinza escuro
Resistência específica à passagem:	$5{,}3 \times 10^{14}$ Ωcm
Resistência à passagem:	$7{,}52 \times 10^{12}$ Ω
Corrosão:	Nenhuma
Corrosão eletroquímica (DIN 50900):	Nenhuma
Usinabilidade:	com chapas de moagem SiC ou ferramentas diamantadas
Velocidade de corte:	vc = 60 - 125 m/min
Profundidade de corte:	ap = 0,5 - 1 mm
Alimentação:	f = 0,1 - 0,2 mm/r

Dados técnicos utilizando o catalisador de cura lenta:

Resistência à compressão (DIN ISO 604):	200 MPa (29000 psi)
Resistência à tração:	80 MPa (11600 psi)
Resistência à flexão (DIN 53452):	78 MPa (11310 psi)
Resistência à tração de cisalhamento no aço:	31 MPa (4495 psi)
Dureza Brinell (DIN 50351):	34
Coeficiente de expansão linear de 25-45 °C:	$5{,}1 \times 10^{-6}$ K
Resistência contra pressão interna:	300 bar (4350 psi)
Resistência a temperatura:	~ –150 °C a +280 °C
Grau de rugosidade após o uso de ferramenta diamantada:	3,4 µm
Densidade (componentes misturados):	2,44 g/cm³

Dados técnicos utilizando o catalisador de cura rápida:

Resistência à compressão (DIN ISO 604):	93 MPa (13485 psi)
Resistência à tração:	49 MPa (7105 psi)
Resistência à flexão (DIN 53452):	67 MPa (9715 psi)
Resistência à tração de cisalhamento no aço:	19 MPa (2755 psi)
Resistência contra pressão interna:	100 bar (1450 psi)
Resistência a temperatura:	~ –150 °C a +120 °C
Densidade (componentes misturados):	2,12 g/cm³

Multimetall SS-Aço

O Multimetall SS-Aço é um polímero metálico relacionado a ligas para o reparo de materiais de aço e ferro. O material de liga contido no polímero possui todos os padrões de qualidade para a reconstituição do estado nominal em caso de perda de material metálico. O Multimetall SS-Aço elimina danos em aparatos metálicos causados por tensão mecânica corrosiva e/ou química.

O Multimetall SS-Aço é um produto bicomponente e encontra-se disponível na consistência pastosa ou líquida do aplicativo. O Multimetall SS-Aço pastoso não corre e mantém sua forma durante a aplicação. O Multimetall SS-Aço líquido pode ser vertido, injetado ou aplicado com um pincel.

Dados técnicos:

Consistência do aplicativo:	pastosa ou líquida
Cor após cura plena:	Cinza
Resistência específica à passagem:	$5{,}6 \times 10^{13}$ Ωcm
Resistência à passagem:	$7{,}15 \times 10^{11}$ Ω
Corrosão:	Nenhuma
Corrosão eletroquímica (DIN 50900):	Nenhuma
Usinabilidade:	com ferramenta padrão
Velocidade de corte:	vc = 40 - 55 m/min
Profundidade de corte:	ap = 0,5 - 1 mm
Alimentação:	f = 0,1 - 0,2 mm/r
Grau de rugosidade após retificação:	~0,52 µm
Resistência à compressão (DIN ISO 604):	184 MPa (26680 psi)
Resistência à tração:	77 MPa (11165 psi)
Resistência à flexão (DIN 53452):	67 MPa (9715 psi)
Resistência à tração de cisalhamento no aço:	30 MPa (4350 psi)
Dureza Brinell (DIN 50351):	32
Coeficiente de expansão linear de 25-45 °C:	$3{,}4 \times 10^{-6}$ K
Retração linear (ASTM D 2566):	0,0002362 cm/cm
Resistência contra pressão interna:	300 bar (4350 psi)
Resistência a temperatura:	~ –150 °C a +265 °C
Módulo E a 20 °C e 11.200 Mpa (DIN EN ISO 6721-5):	1.624.000 psi
Densidade (componentes misturados):	2,64 g/cm³

OBS: Todos os dados técnicos dos produtos foram fornecidos pelo fabricante.

Certificações comuns a todos os polímeros metálicos utilizados:

- American Bureau of Shipping
- China Classification Society
- Det Norske Veritas
- Germanischer Lloyd
- Lloyd's Register of Shipping
- Nippon Kaiji Kyokai
- Russian Type Approval

Sobre a fita de fibra de carbono

O processo de produção dos filamentos das fibras de carbono passa pela oxidação, carbonização e grafitização de um precursor orgânico. O mais comum deles, e que produz o melhor tipo de fibras e a Poliacrilonitrila (PAN), mas existe uma variedade de outros materiais como a hulha ou celulose que podem produzir este material.

Dependendo do tipo de tratamento térmico, é possível fabricar fibras de carbono em diversas configurações de resistência. As mais conhecidas são as de alta resistência e alta rigidez. Normalmente esta temperatura varia entre 2.000 a 3.000^{o}C. Alguns tipos de fibras de carbono podem chegar a ser várias vezes mais resistentes que o aço e sua cor natural é preta. Depois de fabricadas elas são tratadas quimicamente para melhorar sua colagem na resina e proteger as fibras durante o processo de tecelagem. Este tratamento também é importante para determinar como as fibras serão impregnadas.

As fibras de carbono podem ser encontradas em quatro principais tipos de qualidade, dependendo de suas propriedades: Alta Resistência (HS - High Strength), Módulo Intermediário (IM - Intermediary Modulus), Alta Rigidez ou Módulo (HM - High Modulus) e Superior Rigidez ou Módulo (UHM - Ultra High Modulus). Nestas últimas, as superfícies dos filamentos são ligeiramente oxidadas para melhorar a adesão entre a fibra e a resina e não produzir uma fibra muito quebradiça.

Dados técnicos (fornecidos pelo fabricante):

Matérias Primas Requeridas				
Material de Urdume	Roving de Fibra de Carbono			
Material de Trama	Fibra de Vidro			
Acabamento do Fio	C + A			
Informações de Tecelagem				
Tipo de Tecelagem	Tela com Trama Dupla			
Parâmetros	**Unidade**	**Mínimo**	**Nominal**	**Máximo**
Peso por m quadrado	**g/m²**	313	348	383
Peso por m linear	**g/m linear**	15,7	17,4	19,1
Número de Fios de Urdume	**Fios/cm**	3,80	4,00	4,20
Número de Fios de Trama	**Fios/cm**	2,07	2,30	2,53
Largura	**mm**	48	50	52
Comprimento do rolo	**m**	45	50	55
Tamanho total do rolo	**m²**	21,60	2,50	28,33
Espessura	**mm**	0,50	0,59	0,68
Carga de Ruptura do Urdume Teórica	**Kgf/cm**	544	680	748
Carga de Ruptura da Trama Teórica	**Kgf/cm**	8	10	11
Módulo de Elasticidade Teórico	**Kgf/cm²**	-	239000	-
Porcentagem de Resina em Peso	**%**	0	0	0

Referência prática da utilização de polímeros metálicos e fita de fibra de carbono

1.0. Motivo da aplicação

Revestimento para reconstituição de parede de tubo que apresentava furo e baixa espessura em riser da monobóia de 16" de plataforma de produção de petróleo com Multimetall OL-Aço Cerâmica, Multimetall SS-Aço Cerâmica e Multimetall SS-Aço.

Fig. 1 – Detalhe do furo no riser.

Fig. 2 – Identificação do furo e das áreas de baixa espessura no riser.

2.0. Aplicação

2.1. Preparação da superfície

Primeiramente foi aplicado hidrojateamento na superfície e em seguida a mesma foi lixada. Este processo durou aproximadamente uma hora.

Fig. 3 – Hidrojateamento da área.

Fig. 4 – Detalhe da área após lixada.

2.1. Aplicação do Multimetall

2.1.1. Aplicação do Multimetall OL-Aço Cerâmica

Como o trabalho foi executado em um riser de produção de petróleo, primeiramente foi aplicado o Multimetall OL-Aço Cerâmica, que possui uma característica única que o permite ter uma aderência perfeita em substrato contaminado com hidrocarbonetos.

Fig. 5 – Início da aplicação do Multimetall OL-Aço Cerâmica.

Fig. 6 – Após aplicação do Multimetall OL-Aço Cerâmica.

2.1.2. Aplicação do Multimetall SS-Aço com fita de fibra de carbono

Após uma primeira camada de aplicação de Multimetall OL-Aço Cerâmica em toda a superfície para garantir a perfeita aderência do reparo, foi aplicado o Multimetall SS-Aço e a fita de fibra de carbono para garantir uma maior resistência à tração.

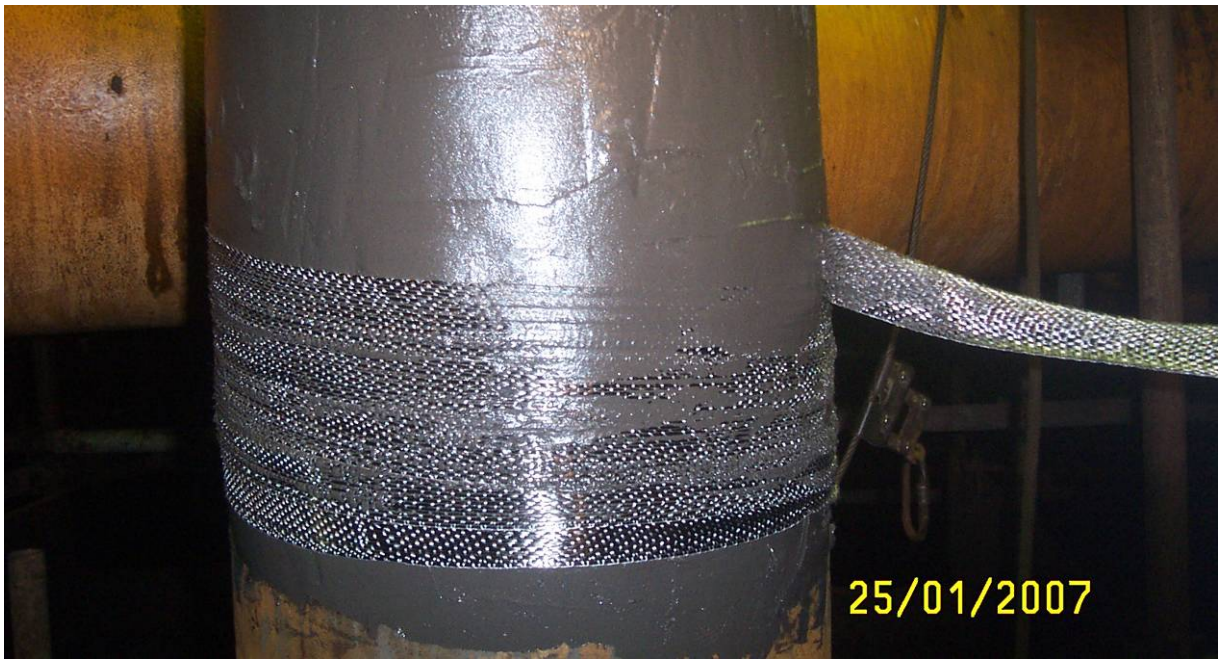

Fig. 7 – Durante a aplicação do Multimetall SS-Aço. O polímero foi aplicado em camadas sempre intercaladas com a fita de fibra de carbono.

Fig. 8 – Durante a aplicação do Multimetall SS-Aço.

2.1.3. Aplicação do Multimetall SS-Aço Cerâmica

Para finalizar foi aplicada uma camada de Multimetall SS-Aço Cerâmica que, devido à sua superior resistência à abrasão, confere a máxima durabilidade ao reparo.

Fig. 9 – Durante a aplicação do Multimetall SS-Aço Cerâmica.

Fig. 10 – Aspecto da aplicação após finalização do reparo.

Conclusões

Se ao invés de efetuar este reparo a solução utilizada fosse a substituição do riser, que era a única outra opção possível, haja visto não ser possível efetuar solda na área por se tratar de uma área com alto risco de explosão, a plataforma ficaria inoperante por no mínimo 3x mais tempo e a solução custaria 2x mais, isso desconsiderando as perdas originadas da parada de produção.

Como após apenas duas horas de finalizado o reparo não houve nenhum vazamento e, considerando-se os dados técnicos altamente confiáveis dos produtos utilizados, pode-se dizer que a operação foi um sucesso.

Portanto, a utilização de polímeros metálicos mostrou-se absolutamente confiável para executar reparos a frio de recuperação de furos e recomposição de paredes de tubos, submetidos a grandes esforços de trabalho, que apresentam perda de espessura significativa provocada pela corrosão.

Referências bibliográficas

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. LEPCom – Laboratório de Engenharia de Polímeros e Compósitos. **Conceitos sobre polímeros.** Disponível em: <http://www.demet.ufmg.br/docentes/rodrigo/polimeros.htm>. Acesso em: janeiro/2008.

MULTIMETALL – TECHNICAL REPORTS. **Elimination of oil leaks from electrical devices like transformers, shunt reactors, transducers, etc.** Disponível em: <http://www.polymermetal.com/pages/06_tecs_e.htm>. Acesso em: janeiro/2008.