

1

Introdução

1.1.

Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é avaliar o envelhecimento de um material composto (fibra de vidro e matriz polimérica epóxi), usado comercialmente para reparo de dutos com defeitos de corrosão, quando submetido a três ambientes distintos, sob as condições de temperatura elevada (70°C), água a temperatura elevada (70°C) e ambiente de exposição à radiação UV, a partir da análise de literatura técnica disponível e da realização de testes laboratoriais.

1.2.

Objetivos Específicos

a) Identificar o comportamento do material composto, exposto a condições de envelhecimento acelerado, simulando condições de temperatura elevada (70°C), água a temperatura elevada (70°C) e radiação UV.

b) Comparar, mediante experimentos laboratoriais (testes de tração e flexão utilizando corpos de provas planos e testes de ruptura, utilizando corpos de prova tubulares), as propriedades mecânicas presentes nos espécimes nos estados de pré-envelhecimento versus pós-envelhecimento, justificando e investigando possíveis efeitos da degradação nas propriedades mecânicas.

1.3.

Motivação

Diversos são os fatores que motivam este trabalho, entre eles, podem ser destacados os seguintes pontos:

- O fato do material composto (matriz polimérica reforçada com fibra de vidro) ser de uso relativamente novo no mercado, principalmente quando comparado ao concreto, ferro, aço, etc., e sabendo que algumas características consideradas relevantes para sua funcionalidade ainda encontram-se desconhecidas. Como exemplo pode-se citar o comportamento do limite de resistência a tração quando o material é exposto à radiação UV ou, à temperatura elevada, sendo esta associada ou não à umidade;
- A grande aplicação que este material vem apresentando e a possibilidade de auxiliar a indústria, quanto à sua confiabilidade de aplicação como material estrutural e como material para reparos estruturais em componentes que contêm líquidos e gases sob altas pressões e que trabalham em ambientes agressivos, tais como dutos de transporte de óleo e gás, vasos de pressão, tanques e tubulações.

1.4.

Considerações Iniciais

Dutos, sejam eles aéreos ou enterrados, além de sujeitos às condições operacionais inerentes ao uso a que se destinam, estão em geral expostos a ações mecânicas externas e a condições ambientais potencialmente danosas, tais como impactos, erosão e corrosão, que podem vir a provocar perda de espessura externa ou interna de sua parede metálica e comprometer sua confiabilidade. O restabelecimento da máxima pressão de operação do segmento de duto que apresenta perda de espessura pode ser alcançado intervindo-se no trecho danificado por meio da realização de reparos. Estes podem envolver a substituição de segmentos ou, quando isso não se faz tecnicamente possível ou economicamente factível, a aplicação de reforços externos localizados. A tabela 1.1 mostra uma coletânea, feita a partir da análise das referências [2,3,4,5] dos principais tipos de reparos:


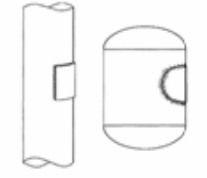
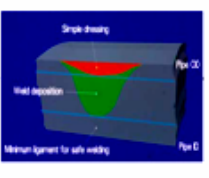
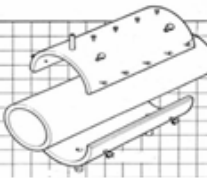




Principais tipos de reparos		Lixamento	Remendo	Deposito de Solda	Reparo tipo Manga		Corte e Substituição		Luvas de material composto
					A	B	Freeze Plug	Hot tapping	
Localização	Onshore	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
	Offshore	SIM	NÃO	NÃO	Condicional	NÃO	Condicional	Condicional	SIM
Localização do defeito	Defeito interno	NÃO	NÃO	SIM	Condicional	SIM	NÃO	NÃO	NÃO
	Defeito externo	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
	Vazante	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	SIM	SIM	NÃO
Caracterização	Descrição	Consiste em lixar ao redor do defeito, gerando uma superfície lisa e diminuindo assim a concentração de tensões. Recomenda-se a parada do duto durante o lixamento porém, caso não seja possível, pelo menos a redução em 20% da pressão de operação durante o processo de lixamento faz-se necessário.	Consiste na aplicação de um pedaço de duto sobre a região danificada. O mesmo pode ser aplicado sobrepondo esta região com aplicação de solda ou mesmo cortando-se apenas o trecho /região danificada e soldando em seu lugar um novo duto. A espessura e material do reparo é semelhante e compatível com o duto original.	Consiste em depositar material de solda em superfícies com defeitos localizados. Não é recomendado para grandes danos ou trincas. É mais usado para defeitos externos, embora já existem máquinas desenvolvidas que permitem o preenchimento de solda em danos internos, porém seu uso é restrito.	A finalidade é reforçar a região do duto localmente corroída e comprimir a parede do mesmo para evitar falha por sobre pressão ou fadiga em materiais dúcteis. Não há solda nos extremos, apenas longitudinalmente ou em alguns casos, os flanges são simplesmente parafusados. Em alguns casos ainda, utiliza-se uma resina epoxi para preenchimento.	Possue a mesma finalidade do tipo A, porém pode ser usado em dutos que já apresentam vazamentos, dutos com grandes regiões danificadas e mesmo com corrosão interna. Diferente do tipo A, apresenta solda nos extremos. Em alguns casos, instala-se um dreno no flange para verificar a presença de possíveis	Este procedimento não se refere especificamente a um tipo de reparo, mas sim uma ferramenta importante quando da realização de Hot tapping ou mesmo uma ferramenta utilizada para isolar temporariamente a seção do duto quando este apresenta algum defeito ou vazamento.	Procedimento utilizado para trocar o trecho danificado de um duto sem retirar o mesmo de operação. Este procedimento tem-se apresentado como uma alternativa segura, com condições bem controladas e com um custo relativamente baixo quando comparado ao custo de retirada do duto de operação.	Consiste na aplicação de várias camadas de um material composto de fibra e resina sobre a região danificada. Faz necessário uma limpeza da área, seguido da aplicação de uma resina para preenchimento do defeito, e então a aplicação das camadas. Apresenta um tempo de cura relativamente rápido e um processo de aplicação simples. Pode ser aplicado em formas irregulares.
	Exemplo								

Tabela 1.1 – Principais tipos de reparo [2,3,4,5].

Dentre estes reparos, a última coluna da Tabela 1.1 cita os reparos que utilizam materiais compostos e que constituem o objeto específico do presente trabalho. Tal método de reparo vem apresentando uma taxa crescente de utilização na indústria do petróleo e gás. Diversos testes laboratoriais têm sido realizados [6,7], mostrando que os mesmos podem ser considerados definitivos para defeitos externos de corrosão, com até 80% de perda de espessura. Já para defeitos internos, têm seu uso limitado, devido à dificuldade de se tratar a região que apresenta corrosão [7]. Como principais vantagens, estes reparos apresentam facilidade de aplicação, já que permitem aplicação com o duto em operação ou, em certos casos, apenas exigindo redução da pressão interna do sistema, baixo custo e possibilidade de aplicação em ambientes aquáticos. Seguem abaixo na figura 1.1 exemplos de aplicações em ambientes aquáticos e na figura 1.2, representação esquemática do conjunto duto, defeito e reparo.



Figura 1.1 – Aplicações de reparo de material composto em ambientes aquáticos

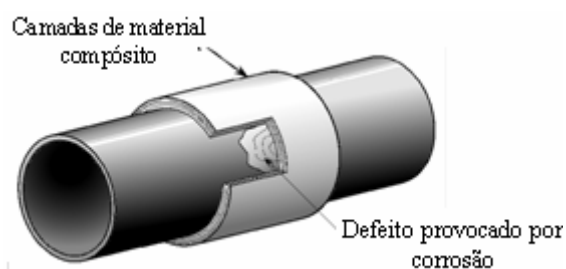


Figura 1.2 – Esquema do duto, dano e reparo.

Ainda dentro de reparos com materiais compostos usando sistema de resina – fibra de vidro tem-se quatro exemplos de tipos de reparos para as aplicações mais usuais, conforme mostrado na tabela 1.2.



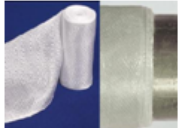

Principais tipos de reparos Compostos		Clock Spring	StrongBack	SynthoGlass	Rust
Caracterização	Temp. de transição vítrea (°C)	110	122	150	100
	Temp. máxima de instalação (°C)	77	120	140	80
	Agente curador	Já curado	água	água	Resina epóxi líquida
	Tempo de cura (min)	30-60	30-60	0-150	-
	Tensão Máx. de tração (MPa)	-	422	250	380
	Tensão Máx. de flexão (MPa)	-	366	180	-
	Considerações	Material já curado. Apenas tem-se que aguardar a cura da resina aplicada entre as camadas.	As fibras de vidro já vem impregnada com resina epoxi, cuja cura é ativada através da aplicação de água entre as camadas.	As fibras de vidro já vem impregnada com resina epoxi, cuja cura é ativada através da aplicação de água entre as camadas.	As fibras de vidro são molhadas com resina epóxi líquida, que então irá curar.
Fotos					

Tabela 1.2 – Principais tipos de reparos de materiais compostos [7,8,9,10,11].

Entre outros tipos de reparos também existentes devem ser citados os reparos que usam compostos formados por resina epóxi e fibra de carbono [12], que, entretanto não serão objeto do presente trabalho.

Assim, levando-se em conta que aplicabilidade, custos e eficácia são fatores determinantes no momento da escolha do reparo a ser utilizado, o método de reparo com materiais compostos delinea-se como uma solução de uso crescente. Daí, a preocupação em analisar e considerar a possibilidade de envelhecimento deste material, e a sua eventual perda de eficácia ao longo do tempo, já que os reparos feitos com estes materiais podem ser considerados como permanentes.

Como referência e exemplo para este estudo, foi selecionado o método utilizado pela Strongback* em que, a partir dele, poderão ser feitas conclusões, análises, possíveis semelhanças de comportamento para os demais tipos de reparos com estrutura similar e, principalmente, elaboração de um procedimento de teste de envelhecimento e avaliação de algumas propriedades para estes reparos.

* 1-Strongback – Vide Apêndice E - Glossário

1.5.

Roteiro da dissertação

A dissertação foi desenvolvida em sete capítulos, conforme detalhado abaixo:

- **Capítulo 1:** apresenta considerações gerais sobre a dissertação, o tema estudado e a motivação para seu desenvolvimento, indicando a estrutura do documento e a rotina de desenvolvimento do trabalho;
- **Capítulo 2:** apresenta uma revisão bibliográfica sobre o histórico e a caracterização dos materiais compostos e envelhecimento;
- **Capítulo 3:** apresenta e descreve métodos de modelagem do cálculo de reparos;
- **Capítulo 4:** apresenta os processos e as etapas de preparação experimental;
- **Capítulo 5:** descreve os resultados experimentais;
- **Capítulo 6:** apresenta as discussões com base nos resultados;
- **Capítulo 7:** apresenta as conclusões.