

ANEXO V - Resumo Técnico do Projeto

P237 - Desenvolvimento de resinas de alto desempenho para reparos em tubulações de gás natural - Ciclo 2018/2019

Guilherme Augusto de Souza Freire¹; Lucio Oliveira¹; Diogo Maia¹; Gibran da Cunha Vasconcelos²; Wellington Lombardo Nunes de Mello²; Martha González Pérez²; Victor Nieto Carmona²; Renato Rosafa Gavioli²; Alessandro Guimarães³; Renato Barros Araujo².

- 1- Concessionaria: Comgás - Companhia de Gás de São Paulo. Rua Capitão Faustino de Lima, 134. 03040-030 – São Paulo / SP.
- 2- Entidade Executora: Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Laboratório de Celulose, Papel e Embalagem. Prédio 31 - Sala 112. Av. Prof. Almeida Prado 532. Cidade Universitária - Butantã. 05508-901. São Paulo/SP.

Resumo: A Comgás tinha a necessidade de desenvolver um método eficiente e mais econômico para reparo de tubulações de gás natural que beneficiara a empresa e ao mesmo tempo beneficiara a sociedade. No projeto foi definida uma proposta de especificação técnica de matéria prima e de sistemas de reparo para garantia do desempenho na aplicação de dois sistemas: "Fill and Drain" e "Reparo interno expansível", que podem ser aplicados a tubulações de gás natural, de forma que tanto os custos relacionados à aquisição de peças de reposição, como os relacionados à mobilização e manutenção da equipe de trabalho foram diminuídos. Dentro do sistema de controle de qualidade do produto e qualificação técnica de fornecedor nacional para produção do mesmo em larga escala, foi elaborada uma planilha de cálculo de consumo de matéria-prima de acordo com o tipo de tubulação e foi apresentada uma relação de fornecedores e de serviços de manutenção.

Palavras-chave: reparo estrutural; resinas termorrígidas; tubulação, gás natural.

Introdução

As atividades para realizar o reparo, manutenção e/ou substituição de tubulações de gás natural tem um custo muito elevado e isso motivou o presente projeto. Existia a necessidade de desenvolver um método eficiente e mais econômico para reparo de tubulações de gás natural com redução de custos com matéria-prima, de mobilização e de mão de obra de equipe, mas que e ao mesmo tempo beneficiara a sociedade, pois os reparos ocorreriam de forma mais eficiente, permitindo menores intervenções com mais segurança, uma vez que o vazamento do gás natural, que é inflamável e tem potencial de toxicidade poderia ser contido rapidamente.

O objetivo do projeto foi desenvolver um método para reparo de tubulações de gás natural utilizando-se sistemas poliméricos

sem a necessidade de abertura de valas. Adicionalmente foi previsto o desenvolvimento de uma especificação técnica para garantia do desempenho na aplicação dos sistemas de reparo. Por fim, foi desenvolvido um sistema de controle de qualidade do produto e qualificação técnica de fornecedor nacional.

Desenvolvimento

O desenvolvimento do projeto foi realizado por etapas conforme descrito a seguir:

Atividade 1 – Levantamento Bibliográfico

A partir da pesquisa bibliográfica, foi definido que, dentre os sistemas construtivos disponíveis na literatura, os métodos com maior potencial técnico-

econômico para reparo de tubulações são o "Fill and Drain" e "Reparo interno expansível (patch)".

Adicionalmente, foram definidos os sistemas poliméricos a serem adquiridos: epóxi, poliéster insaturado e polimetilmetacrilato (PMMA).

Atividade 2 – Aquisição de Sistemas poliméricos e aditivos

Nessa etapa, foram adquiridos sistemas poliméricos a base de epóxi, poliéster insaturado e PMMA para posterior caracterização.

Atividade 3 – Realização de ensaios de caracterização

Foram avaliados três tipos de sistemas poliméricos, a base de poliéster, epóxi PMMA na sua condição original para fins de comparação. Foram realizados ensaios de resistência à tração conforme norma ASTM D638-14, flexão conforme norma ASTM D790-17, impacto IZOD conforme norma ASTM D256-10(2018) e flamabilidade conforme ASTM D635-18. Adicionalmente, os sistemas poliméricos foram aplicados sobre placas planas de aço e cobre para avaliação da adesão dos sistemas a esses substratos, por meio do ensaio de resistência à adesão pull-off conforme norma ISO 4624:2016.

A compatibilidade química dos diferentes sistemas poliméricos com o gás natural foi avaliada utilizando-se reatores construídos pelo IPT. Esses reatores consistiam de recipientes cilíndricos com diâmetro de aproximadamente 150 mm e comprimento de cerca de 300 mm. Inicialmente foi aplicado vácuo ao sistema para remoção do ar interno. Após disso, foi inserido gás natural até que fosse atingido 1 bar de pressão e o sistema foi mantido em repouso por 24 horas. O gás natural foi substituído a cada 24 horas pelo período de 3 meses. Foram realizadas retiradas intermediárias com intervalos de 168h entre si e resistência à adesão foi avaliada. A evolução da resistência em relação ao tempo de exposição foi avaliada para todos os sistemas poliméricos e para os substratos de cobre e aço.

Atividade 4 – Aplicação dos diferentes sistemas poliméricos em tubulações com defeitos simulados.

Após a avaliação do desempenho dos diferentes sistemas em ambiente laboratorial, foi utilizado teste em ambiente

relevante utilizando-se uma linha de gás natural em três configurações de acordo com os níveis de pressão: 25 mbar, 75 mbar e 350 mbar, durante 30 dias, para avaliação da ocorrência de vazamentos e da integridade dos sistemas de reparo após o término dos testes.

Após os testes, utilizando a técnica de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), foram avaliadas as características da interface tubulação/polímero de reparo: foram feitas avaliações das características de interface dos diferentes sistemas poliméricos com o gás natural, bem como avaliação da morfologia superficial visando identificação de indícios de degradação. Também foram avaliadas as espessuras para os sistemas de reparo produzidos na região de reparo, bem como sua variabilidade.

Atividade 5 – Desenvolvimento de especificação técnica

Essa etapa compreendeu o desenvolvimento de uma especificação técnica dos sistemas de reparo utilizados para recuperação de tubulações com defeitos simulados. Para essa atividade, foram analisados três sistemas poliméricos de reparo, selecionados a partir dos resultados das fases anteriores. Foram apresentados os procedimentos de reparo e as especificações técnicas dos materiais utilizados.

Atividade 6 – Qualificação técnica de fornecedor

Nessa etapa, foi realizada a análise crítica sobre o processo de recuperação estrutural por meio de aplicação de resina de preenchimento em paredes internas de tubulações de gás natural oferecido pela Empresa BR Pipe, bem como a indicação de fornecedores em potencial para resinas e/ou processos de recuperação estrutural de tubulações.

Resultados

Com relação à flamabilidade, todos os materiais apresentaram potencial de queima e propagação de chama. Como não foi possível atingir a classificação HB recomenda-se aditivação antichama.

A avaliação de desempenho em escala laboratorial indicou que todos os sistemas avaliados apresentam, em sua condição original, desempenho adequado para aplicação em reparo de tubulações. Por

outro lado, os testes de compatibilidade química com o gás natural indicaram que os sistemas de resina epóxi, aderidos aos substratos de aço e cobre, apresentaram tendência de redução contínua da resistência à adesão com o aumento do período de envelhecimento acelerado. As reduções de resistência nos sistemas de resina poliéster e resina acrílica foram significativamente inferiores. As maiores resistências à adesão foram observadas nos sistemas poliméricos produzidos pela BR PIPE. Os resultados parciais de envelhecimento acelerado desse sistema não demonstraram tendência à degradação devido ao gás natural.

As análises morfológicas por MEV após os testes em ambiente relevante indicaram a necessidade de incluir agentes tenacificantes nos sistemas poliméricos para reduzir discontinuidades observadas e também melhorar a acomodação, proporcionando maior durabilidade do reparo. Adicionalmente, recomenda-se o uso de agente compatibilizante (primer) para aumentar a adesão a superfície da tubulação.

Foi desenvolvida especificação técnica com o detalhamento dos sistemas poliméricos e metodologias de reparo pelos métodos de “*Fill and drain*” e “Reparo interno expansível”. Adicionalmente foi realizada análise crítica do método de reparo oferecido pela Empresa BR Pipe e dos fornecedores de matéria-prima no mercado nacional. Por fim, foi desenvolvido uma planilha em plataforma Microsoft Excel para quantificação dos materiais e tempos de reparo de acordo com o tipo de resina e com o tipo e diâmetro de tubulação.

Conclusões e contribuições

O objetivo do projeto foi desenvolver um método para reparo de tubulações de gás natural utilizando-se sistemas poliméricos sem a necessidade de abertura de valas.

Foi possível a obtenção de métodos de reparo de tubulações por meio das técnicas de “*Fill and drain*” e “Reparo interno expansível” utilizando-se 3 sistemas poliméricos, a base de resina epóxi, poliéster insaturada e PMMA.

Foi desenvolvida especificação técnica com o detalhamento dos sistemas poliméricos e metodologias de reparo. Adicionalmente foi realizada análise crítica do método de reparo oferecido pela Empresa BR Pipe e dos fornecedores de matéria-prima no mercado nacional. Por fim, foi desenvolvido

uma planilha em plataforma Microsoft Excel para quantificação dos materiais e tempos de reparo de acordo com o tipo de resina e com o tipo e diâmetro de tubulação.

Como oportunidades de melhorias, foram identificadas a aditivação antichama dos sistemas poliméricos, o uso de agentes tenacificantes e o uso de promotores de adesão (primers) para aumento da segurança e durabilidade dos sistemas de reparo

Referências

- [1] The International Society for Trenchless Technology. ASTT Guide 1003498 – LOCALISED REPAIRS & SEALING. 2016. Disponível em < <http://www.gspress.com.au/asst-tech/wp-content/uploads/sites/22/2016/03/Renovatio n.pdf>>. Acesso em 06.08.2019.
- [2] Kadolph, Sara J., ed. (2007). Textiles (10th ed.). Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall. ISBN 0-13-118769-4.
- [3] Muhammad Ali Al-Siddiq Bin Rahman, Wei Liang Lai, Hamid Saeedipour, Kheng. Lim Goh Cost-effective and efficient resin-injection device for repairing damaged composites -; Reinforced Plastics, 2018.
- [4] J. Moksnes. Resins in construction and repair of North Sea oil structures; The International Journal of Cement Composites, Volume 3, Number 3 August 1981.
- [5] C. A. Issa. Methods of crack repair in concrete structures. Failure, Distress and Repair of Concrete Structures. 2009, Pages 169-193.
- [6] CN101307854-A – Digging-free repairing method for underground pipeline, involves manufacturing double-bag fiber repairing pre-fabricated piece, and injecting resin into fiber repairing pre-fabricated piece through resin-injection helix tube
- [7] CN109594430- A – An orbital knot capable of repairing cracks in concrete structures in real time.
- [8] Shigeru Endo. JPH03169532A – Pipe lining material. 2019.
- [9] Muhammad Ali Al-Siddiq Bin Rahman; Lai Wei Liang; Hamid Saeedipour. Cost-effective and efficient resin-injection device for repairing damaged composites. Reinforced Plastics. 2018.
- [10] J. Moksness. Resins in construction and repair of North Sea oil structures. The International Journal of Cement Composites. 1981.