



CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

ANÁLISE DE CORROSÃO NA TUBULAÇÃO DE UMA SONDA DE PERFURAÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO: CAUSA E SOLUÇÃO

CON-2016-0981

Resumo: A corrosão é responsável por causar muitos problemas em materiais nos mais diversificados campos de atuação. Devido ao seu mecanismo de deteriorar materiais, é de fundamental importância adquirir conhecimento nessa área para minimizar os problemas oriundos da corrosão. Dessa forma, podem-se escolher os melhores materiais e mecanismos de defesas a serem aplicados em determinadas situações. O presente trabalho teve a finalidade de inspecionar uma tubulação de uma sonda de perfuração de poços de petróleo, composta por alumínio e aço montados por interferência, apresentado corrosão na interface dos materiais. Após realizar limpezas na tubulação, observamos a profundidade do estado corrosivo da tubulação, identificando o tipo de corrosão que apresentava. Foram realizados de ensaios laboratoriais, com intuito de simular o meio pelo qual a tubulação foi submetida, criando condições semelhantes do estado funcional de atuação do material. Com os procedimentos experimentais, foi possível conhecer a origem da corrosão na tubulação, assim como acompanhar o seu desenvolvimento. A corrosão ocorrida era uma corrosão galvânica promovida pelo contato direto entre o aço, o alumínio e o eletrólito, desenvolvido por ação microbiológica. Para evitar o processo foi utilizado um biocida conhecido como desinfetante hospitalar da Rioquímica, Germi Rio, que se mostrou eficiente como mecanismo defensivo para evitar a corrosão galvânica.

Palavras-chave: Corrosão, Galvânica, Tubulação, Microbiológica

1. INTRODUÇÃO

A corrosão pode ser classificada como o desgaste ocasionado em materiais que estão em contato com um meio, desgaste esse que pode ser originado através de alguma interação eletroquímica ou ação química, de forma que a deterioração implique ou não em um comprometimento das propriedades do material. (Callister, 2008; Gentil, 2011)

Em decorrência do desenvolvimento tecnológico, novas descobertas foram feitas e cada vez mais se percebia melhorias nos produtos de forma a atender mais eficientemente o mercado consumista. Entretanto, mesmo com tais avanços na tecnologia, ainda assim a corrosão está presente nos materiais, principalmente por mudanças geradas nos meios onde eles atuam, como a presença de poluição em meio atmosférico, marítimo, terrestre e etc. (Gentil, 2011, Gentil, 2003)

Com isso, surgiu a necessidade, proveniente das engenharias, que fossem realizados estudos mais aprofundados na área de deterioração com o intuito de retardar cada vez mais o desgaste dos produtos implicando em uma maior vida útil dos materiais, independente dos meios em que o determinado material se encontre. (Gemelli, 2001).

Ao se trabalhar com tubulações ou estruturas metálicas submersas ou que transportam água e outras substâncias, podemos encontrar um tipo de corrosão bastante peculiar, a biocorrosão. Originada a partir de microrganismos e como qualquer outro processo de deterioração, ocorrem alterações nada agradáveis à estrutura do material alterando suas propriedades. Em situações que as reações eletroquímicas não são muito comuns, a presença de microrganismos influencia a corrosão proporcionando essas reações, sejam elas em maior ou menor grau, e também pela modificação superficial em contato com o meio, liberando substâncias ou fixando-se na estrutura. (Videla, 1993)

O presente trabalho possui a finalidade de realizar investigações de uma tubulação parcial de uma sonda de perfuração de petróleo que sofreu corrosão, de modo que se possa identificar e classificar a corrosão originada nessa tubulação.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O material utilizado para as análises de corrosão foi uma tubulação, em corte, de uma sonda de perfuração de poço de petróleo, confeccionada em aço e alumínio doada pela Petrobras. O procedimento das análises foi dividido em três estudos de casos.

Estudo de Caso I

Etapa I - Limpeza: foi realizada uma limpeza parcial da tubulação utilizando-se de uma escova com cerdas poliméricas, removendo o excesso de material corrosivo na tubulação e com o auxílio de uma espátula de aço também houve a remoção de material excedente, porém de forma mais grosseira. Dispondo de uma escova de aço, a tubulação foi completamente limpa removendo o restante de resíduos que ainda se encontravam no objeto, preparando-o para os testes. Finalizado os procedimentos experimentais, mais um processo de remoção dos resíduos excedentes ocorreu com o auxílio de uma escova com cerdas poliméricas.

Etapa II - Inspeção visual: antes de iniciar o processo de limpeza da estrutura, com o auxílio de câmeras fotográficas com 8 e 12.3 megapixels de resolução, foram registradas imagens para ilustrar e permitir os estudos do processo corrosivo. O mesmo procedimento ocorre intercalando as fases da limpeza, demonstrando passo a passo os preparativos para os testes de corrosão. Também foram registradas imagens relacionadas aos procedimentos experimentais de corrosão, demonstrando gradativamente como se dava a sucessão da corrosão, sua evolução.

Etapa III - Procedimentos experimentais: primeiramente foi aplicado à tubulação camadas de silicone em suas extremidades, evitando assim que o meio eletrolítico vazasse. O eletrólito escolhido foi a água do poço de petróleo, água produzida. Ela foi despejada no objeto de estudo e deixada em repouso para exercer o papel de meio corrosivo.

Etapa IV - Realização das análises para caracterizar a corrosão utilizando-se um medidor de pH (mPA-210, MS TecnoPON) para verificar a variação do meio, registro da evolução da corrosão por meio de fotografias com câmera fotográfica de 8 megapixel de resolução e análises microscópica por meio de um microscópio óptico Olympus Gx51 acoplado com câmera digital Olympus SC30 com o software analisador de imagens AnalySISgetIT.

Estudo de Caso II

As etapas I, II, III e IV do estudo de caso I se repetem, porém surge uma nova etapa, a V, em que se aplicou um mecanismo defensivo com o intuito de combater a corrosão.

Etapa V - Despejou-se cloro, o mesmo utilizado em piscinas, na tubulação deixando-o agir por alguns dias.

Estudo de Caso III

As etapas de I a IV do primeiro estudo de caso se repetem, adicionando uma nova etapa, outro tipo de produto para combater a corrosão.

Etapa V - Manuseando um tipo de desinfetante utilizado em hospitais, denominado Germi Rio da Rioquímica, ministrou-se o produto de duas maneiras: despejando no meio eletrolítico presente na tubulação e com o auxílio de um pincel, o produto foi pincelado na superfície da tubulação antes de acrescentar o meio eletrólito. Deixando em repouso nos próximos dias.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Estudo de caso I

A tubulação composta por aço e alumínio foi entregue à universidade já cortada em duas partes e apresentava um grau de corrosão elevado, como mostrado na Fig. 1.



Figura 1. Fotografia da tubulação no primeiro estágio.

Na interface, onde temos o contato direto entre os metais, aço e alumínio, e tendo sido imersos em um meio eletrolítico, podemos atestar a corrosão e através das fotografias, percebemos que o tipo corrosivo é característico da esfoliação, pois observamos pequenas camadas paralelas à superfície e se desprendendo da mesma como mostrado na Fig. 2.



Figura 2.2 Fotografia do tipo de esfoliação presente na tubulação no primeiro estágio.

Decorrente da limpeza parcial é possível compreender com maior clareza a intensidade da corrosão na tubulação, observando com maiores detalhes as características do tipo de corrosão por esfoliação mostrada na Fig. 2.

Finalizado o primeiro estágio de limpeza, entramos no segundo estágio com o intuito de remover todo e qualquer resquício de material, seja produto da corrosão ou o óleo presente, da estrutura estudada preparando-a para os testes de corrosão posteriores. Utilizando uma escova de aço, podemos limpar com uma maior eficácia, como mostrado na Fig. 3.



Figura 3. Fotografia da tubulação após a limpeza com escova de aço.

Depois de realizada a limpeza mais profunda, notamos com maior nitidez a diferença no relevo da estrutura, demonstrando o quanto a tubulação perdeu de material, ou seja, o quanto foi corroída. Em seguida, foi depositada nas extremidades uma quantidade de silicone possibilitando o armazenamento de água do poço de petróleo. Na Figura 4, podemos observar a fase inicial da corrosão, após alguns minutos, evidenciado pela presença de pó alaranjado característico do óxido de ferro hidratado (ferrugem).



Figura 4. Fotografia da tubulação no estágio inicial do teste.

Nota-se que com o decorrer do tempo o processo corrosivo evolui e se mantém contínuo, sendo observado pela liberação de gases, há a presença de bolhas caracterizando o processo de biocorrosão, e alguns pequenos pontos escurecidos caracterizando a corrosão da parte de alumínio. Segundo a literatura, a liberação de gás pode ser proveniente de algumas bactérias, que ao reagirem com o meio produzem hidrogênio e ácidos sulfídricos gasosos. Na Figura 5 a produção dessas bolhas na interface de contato dos dois metais.



Figura 5. Fotografia da liberação de gases (bolhas).

Deixando o experimento ocorrendo por um maior intervalo de tempo, vemos um resultado mais consistente do produto de corrosão, mostrado na Fig. 6.

Na imagem temos a presença de maiores porções de bolhas, ou seja, os microrganismos metabolizando e liberando maiores parcelas de gases. Percebemos também, além de um resíduo alaranjado, esse por sua vez é o óxido de ferro, um resíduo preto que pode ser um óxido de ferro mais estável, como mostrado na Fig. 7.



Figura 7.3 Fotografia do início de corrosão do aço.

Para o alumínio, o produto de corrosão aparente é o óxido de alumínio de coloração branca, mas na Fig. 8 também observa-se outro produto de corrosão de coloração preta podendo ser um tipo de sulfeto de alumínio.



Figura 4. Fotografia a corrosão do alumínio

Foi observada na superfície da tubulação uma pequena película refletindo a luz, semelhante a um filme plástico. Esse “plástico” é conhecido como biofilme, um polímero extracelular derivado de uma aglomeração de microrganismos vivos ou mortos e seus resíduos, como mostrado na Fig. 9.



Figura 9. Fotografia do biofilme.

Obtendo pequenas amostras do meio eletrolítico presente na tubulação e através da técnica de microscopia óptica, reconhecemos os biofilmes do aço e do alumínio. O do aço com um formato mais rígido, enquanto que o do alumínio possuía um aspecto gelatinoso, como podem ser vistos nas Fig. 10a e 10b.

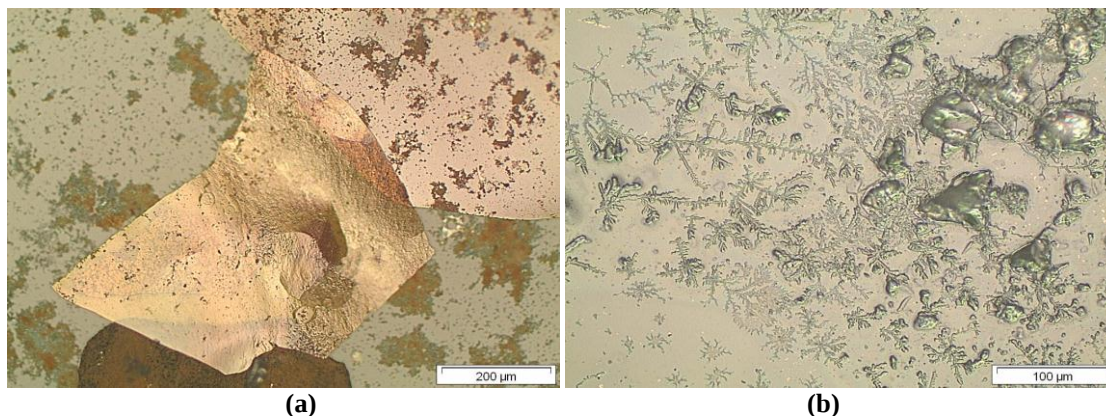


Figura 5. Microscopia óptica do biofilme: (a) do aço e (b) alumínio.

Proporcionando uma ambientação favorável para a proliferação dos microrganismos, com nutrientes, luz, o valor do pH tende a diminuir, ou seja, fica cada vez mais ácido à medida que a comunidade microbiológica aumenta, pois, esses pequenos seres tornam o ambiente mais ácido como indica a literatura. Esse fato é assegurado através de medições de pH realizadas a cada 24 horas nos laboratórios como demonstrado no gráfico da Fig. 11.

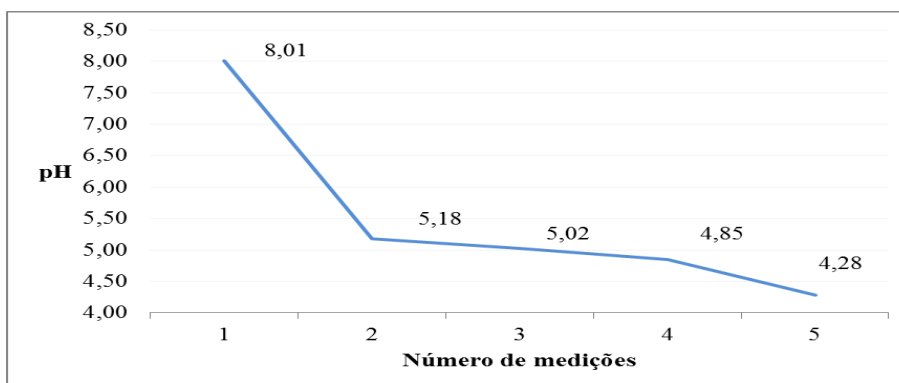


Figura 11. Curva dos valores de pH por número de medições.

Finalizando o experimento, após todo o eletrólito ter sido evaporado, presenciamos um produto corrosivo similar ao estado inicial da tubulação corroída, do tipo corrosão por esfoliação. Como o tempo de exposição foi de apenas cinco dias, a corrosão não foi tão intensa comparada com o primeiro estágio, como mostrado nas Fig. 12 e Fig. 13, sendo o fator limitante apenas o tempo em que as fases ficaram em contato com o meio eletrolítico.



Figura 126. Fotografia da tubulação antes do experimento, durante e após o término dos testes.



Figura 13. Fotografia da esfoliação inicial e esfoliação final.

3.2. Estudo de caso II

O início desse estudo assemelha-se com o anterior, porém o diferencial é o objetivo de cessar a corrosão. Utilizou-se cloro líquido na tentativa de combater os microrganismos causadores da corrosão presentes na solução. Após a aplicação do produto, o experimento ficou em repouso permitindo a atuação do mecanismo de defesa. Depois de alguns dias, o resultado pode ser visualizado na Fig. 14.



Figura 14. Fotografia do resultado do experimento com aplicação do cloro.

Como pode ser observado, a utilização do cloro agravou e acelerou o processo corrosivo, que é percebido pela grande formação do número de bolhas, que pode ser visualizada em maiores detalhes na Fig. 15, em pouco tempo experimental.



Figura 15. Fotografia da formação de bolhas (liberação de gases).

Finalizado o experimento com o cloro, a tubulação, agora completamente limpa, seria preparada para testar outro produto contra a corrosão. No entanto, na Fig. 16, verificou-se um novo tipo de corrosão na estrutura metálica, devido à presença do cloro, a corrosão puntiforme.



Figura 16. Fotografia da corrosão puntiforme ou por pites, na tubulação.

Portanto, após essa descoberta, enfatizou-se que o cloro não era o mecanismo de defesa ideal para esse tipo de microrganismo.

4.3. Estudo de caso III

Nesse estudo foi utilizado o desinfetante hospitalar Germi Rio da Rioquímica, que tem como princípio ativo uma mistura de tensoativos catiônicos e cloreto de polioxieltileno biguanida, para combater os microrganismos presentes na solução.

O desinfetante foi aplicado de duas maneiras: A primeira, com o auxílio de um pincel, o produto foi pincelado na superfície da tubulação, Fig. 17a, cobrindo-a por completo, e deixada em repouso por 10 minutos, como informado no rótulo do produto. A segunda, Fig. 17b, despejou-se 20 mL do produto juntamente com a solução do poço na tubulação, deixando-a em repouso pelos próximos dias. Como pode ser visto, o óleo da solução aderiu à superfície da estrutura, enquanto na Figura 36, que o produto foi pincelado, isso não aconteceu.



Figura 17. Fotografia da tubulação com desinfetante hospitalar: (a) pincelado nas paredes da tubulação e (b) depositado na água.

Nos outros experimentos, com aproximadamente uma semana, já era possível observar o produto da corrosão presente na tubulação. Com a utilização do desinfetante hospitalar, passaram-se três semanas e a única modificação foi o surgimento de uma camada esbranquiçada e quebradiça na parte de aço da estrutura, que pode ser visualizada nas Fig. 18a e 18b, que tiveram o desinfetante pincelado e despejado, respectivamente. Por baixo dessa camada, a parte de aço da estrutura não se encontrava corroída e a parte de alumínio também não apresentava nenhum produto de corrosão. Além desses fatos, o óleo da solução não foi “consumido”, uma vez que é rico em nutrientes para os microrganismos se proliferarem.



Figura 18. Fotografia dos resultados do teste com desinfetante: (a) pincelado e (b) depositado

De acordo com as Fig. 19a e 19b, depois de ambos os experimentos secarem definitivamente, é perceptível que não há presença de nenhum tipo de produto oriundo da corrosão. Portanto, o desinfetante hospitalar é um mecanismo de defesa eficaz contra esse tipo de microrganismo.

Figura 7 - Tubulação limpa - Desinfetante pincelado.



Figura 19. Fotografia da tubulação limpa com aplicação do desinfetante: (a) pincelado e (b) depositado.

4.4. Microrganismos

Coletando amostras dos experimentos e observando-as com o auxílio de um microscópio óptico e especialistas na área, podemos observar nas Fig. 20, microrganismos que se assemelham a bactérias redutoras de enxofre, no formato de pequenos bastonetes.

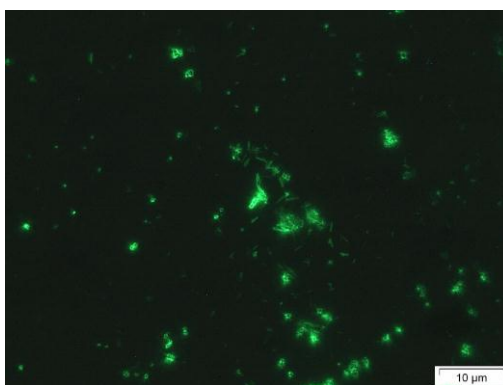


Figura 20. Microscopia óptica de microrganismos presentes no fluido.

A Figura 21 também mostra outro tipo de microrganismo presente na amostra retirada do fluido, onde é possível visualizar uma cabeça e o corpo. Apesar de esses microrganismos serem bastante parecidos com os abordados nas literaturas, a prova de que estes seres são responsáveis pela biocorrosão na tubulação somente seria comprovada através do cultivo dessa amostra em placas de Petri.



Figura 22. Microscopia óptica de microrganismo não identificado.

4. CONCLUSÕES

A importância de se estudar sobre corrosão está diretamente relacionada a elaborar mecanismos de defesas cada vez mais eficientes para combatê-la acarretando em uma maior vida útil do material analisado e evitar perdas e custos adicionais de material.

Com os dados obtidos dos procedimentos experimentais realizados em laboratório foi possível identificar o mesmo tipo de corrosão que a tubulação apresentava antes do início dos ensaios. Dessa forma, tomou-se conhecimento da origem da corrosão pela descoberta do agente causador e de um mecanismo de defesa eficaz, atingindo o objetivo deste trabalho de inspeção. Cuja corrosão é uma corrosão galvânica promovida pelo contato direto entre o aço, o alumínio e o eletrólito, desenvolvido por ação microbiana e o desinfetante hospitalar da Rioquímica, Germi Rio, se mostrou um agente eficiente.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecimento a UFRSA por dar condições a realização do trabalho.

6. REFERÊNCIAS

- Callister Junior, William D.. Fundamentos da ciência e engenharia dos materiais: uma abordagem integrada. 2. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2012. 162 f..
- Gentil, Vicente. Corrosão. 4a Edição; Editora LTC, 2003.
- Gentil, Vicente. Corrosão. 4a Edição; Editora LTC, 2011.
- Gemelli, Enori. Corrosão de Materiais Metálicos e sua Caracterização. 1ª ed. Rio de Janeiro de Janeiro: LTC, 2001.
- Videla H.A., Biotecnologia: Corrosão microbiana. 1ª ed. São Paulo: Edgar Blücher Ltda., 1993.

7. RESPONSABILIDADE AUTURAL

“Os autores Manoel Quirino Silva Júnior, D. G. X. Rebouças Júnior, A. V. R Gomes, F. G. S. O. Frutuoso e E. W. A. Figueredo são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho”.

CORROSION ANALYSIS ON THE PIPE OF THE OIL PERFORATION SOUNDER: CAUSE AND SOLUTION.

CON-2016-0981

Abstract. Corrosion is responsible for causing many problems in materials in the most diverse fields of activity. Due to its mechanism of decaying material, it is of fundamental importance to acquire knowledge in this area to minimize the problems arising from corrosion. Thus, one can choose the best materials and defense mechanisms to be applied in certain situations. This study aimed to inspect a pipe of an oil well drilling rig, made of aluminum and steel assembled by interference, presented corrosion on the media interface. After performing the cleaning pipe, we observe the depth of the corrosion state of the pipe, by identifying the type of corrosion presented. They were performed in laboratory tests, in order to simulate the means by which the pipe was subjected, creating similar conditions of the functional state of the material performance. With the experimental procedures, it was possible to know the origin of corrosion in the pipeline, as well as monitor their development. The corrosion occurred was galvanic corrosion promoted by direct contact between the steel, aluminum and electrolyte developed by microbial action. To avoid the process was used as a biocide known hospital disinfectant Rioquímica, Germi River, which proved effective as a defensive mechanism to prevent galvanic corrosion.

Keywords: Corrosion, Galvanic, Pipe, Microbiological