

Copyright 2014, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2014, em Fortaleza/CE no mês de maio de 2014.

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

Mapeamento de casos de corrosão em usinas de produção de açúcar e álcool

Alisson H. dos S. Marinho^a, José G. da Silva Jr^b, Jorge F. da S. Filho^c

Abstract

In plants that produce sugar and alcohol, in the state of Alagoas, occur many stopping, maintenance and repair of equipment, often due to corrosion attack. Mapping of corrosion cases allow to understand the causes of degradation of materials and equipment, leading to some already known solutions that can solve or at least reduce a number of problems arising from corrosive attack. Among some of the suggested solutions are the use of waterproof paint on the bases of scaffolding, building roofs to protect many equipment exposed to electrolyte films, the use of corrosion inhibitors, sealants, pH correction, substitution of materials, even the installation of corrosion coupons that allow monitoring structures and equipment at critical points subject to corrosion.

Keywords: atmospheric corrosion, monitoring, sugar, alcohol.

Resumo

Nas usinas de produção de açúcar e álcool do estado de Alagoas ocorrem muitas paralisações, gastos com manutenção e reparo de equipamentos, muitas das vezes devido ao ataque da corrosão. O mapeamento de casos de corrosão possibilitou o entendimento das prováveis causas da degradação de materiais e equipamentos, apontando para algumas soluções já conhecidas, que poderão resolver ou ao menos reduzir uma série de problemas derivados do ataque corrosivo. Entre as soluções sugeridas estão o uso de tintas impermeáveis em bases de andaimes, a construção de coberturas para proteger muitos equipamentos que sofrem corrosão por estarem expostos a filmes eletrólitos, uso de inibidores de corrosão, aplicação de selantes, correção de pH, substituição de materiais, além da instalação de cupons de corrosão que permitem o monitoramento de estruturas e equipamentos em pontos críticos sujeitos à corrosão.

Palavras-chave: corrosão atmosférica, monitoramento, açúcar, álcool.

^a Aluno de Iniciação Científica do Instituto Federal de Alagoas – IFAL - Campus Penedo

^b Doutor, Professor do IFAL Campus Marechal Deodoro

^c Doutor, Professor do IFAL Campus Penedo

Introdução

Numa indústria, o desgaste causado pela deterioração de peças metálicas pode não só levar a prejuízos econômicos relacionados à manutenção e substituição de equipamentos e peças, como também à contaminação dos produtos e, até mesmo, acidentes com vítimas. No Brasil, por exemplo, foram relatados casos de contaminação do açúcar cristal com material ferromagnético, contendo ferro, níquel e cobalto, provavelmente sendo resultantes de produtos de corrosão dos equipamentos durante o processo de produção do açúcar (1).

A usina de açúcar e álcool é marcada por uma manutenção elevada, substituição e reparo de equipamentos devido à abrasão e corrosão e, por esta razão, a indústria tem procurado por componentes feitos de aço inoxidável, pois, esse aço apresenta excelente resistência à corrosão, melhor condição para higienização, menor número de intervenções na planta, entre outras vantagens em relação ao aço carbono. (2)

Nas etapas de produção do açúcar existem dois meios corrosivos que devem ser considerados, o próprio caldo de cana, que possui pH próximo a 5,6 quando extraído, e na etapa de sulfitação, a presença de SO₂. O pH baixo do caldo é suficiente para gerar um eletrólito capaz de causar a corrosão de peças constituídas de aço carbono. A adição de SO₂ na etapa de sulfitação, utilizado para clarificar o caldo, diminui ainda mais a acidez do meio para valores de pH próximo 4,4. Esse meio pode, inclusive, provocar corrosão por pite (3).

Na etapa de evaporação, a presença de diversos compostos e a própria natureza ácida do caldo cria um meio propício para que ocorra a corrosão dos materiais em contato com os líquidos e vapores presentes (4,5). Já na etapa de produção de álcool, a corrosão em colunas de destilação também é citada como um ponto de investimento para a redução de custos da produção do álcool no Brasil (6).

Devido à importância que a indústria sucroalcooleira representa para o estado de Alagoas, o estudo do impacto econômico gerado pelos custos da corrosão é de extrema relevância. Somam-se a isso, a necessidade de se mapear e estudar os casos e mecanismos envolvidos em cada situação. Nesse sentido, o presente trabalho se propôs a realizar um mapeamento dos pontos onde podem ocorrer casos danosos de corrosão em uma usina de produção de açúcar e álcool e, propor soluções para o melhoramento da prevenção, manutenção e proteção de peças e equipamentos.

Metodologia

O mapeamento foi construído a partir de visitas técnicas realizadas em dois momentos distintos de uma usina de açúcar e álcool:

- Durante o período de manutenção da usina;
- Durante a moagem da cana.

Foram feitos registros fotográficos e levantamento de informações fornecidas por responsáveis técnicos pelo processo e manutenção de estruturas e equipamentos. Dessa forma, o mapeamento se constituiu em:

- Identificar os pontos susceptíveis ao ataque corrosivo.
- Estudar os mecanismos envolvidos.

- Apontar soluções de prevenção, reparo, manutenção, e controle dos casos encontrados.

Resultados e discussão

O acompanhamento dos casos de corrosão foi feito em dois momentos distintos: durante o período de parada da usina, no qual os reparos e manutenções estavam sendo realizados e, durante a operação da usina, chamado de período de moagem. Durante o período de parada foi possível constatar o grande número de manutenções e reparos feitos em consequência dos ataques corrosivos sofridos pelas estruturas. O ponto que mais chamou atenção nessa etapa foi a troca completa da tubulação de saída de gases do processo de sulfitação. Esse ponto é apontado como um dos mais danosos de todo o processo, tendo em vista a natureza agressiva relacionada à presença do SO_2 liberado nessa etapa (3). O relatório fotográfico da tabela 1 mostra dois momentos da tubulação de saída de vapores da etapa de sulfitação. A figura 1 mostra a tubulação durante o período de moagem e a figura 2 mostra parte da tubulação que foi retirada para substituição, observando-se que o grau de deterioração foi tão elevado, a ponto de reduzir significativamente a espessura da tubulação, com conseqüente perfuração da parede do tubo.

Tabela 1 – Relatório fotográfico



Figura 1 – Tubulação da coluna de sulfitação durante o período de moagem.






Figura 2 – Parte da tubulação da coluna do processo de sulfitação retirada após perfuração da parede do tubo.

Os técnicos e operadores da indústria relataram que primeiramente foi utilizado uma tubulação de aço carbono e esta sofreu perfuração durante o processo de operação da fábrica. A substituição desta tubulação por uma de aço inoxidável 316L não resolveu o problema, pois, a tubulação sofreu corrosão por pite também de forma muito intensa. A situação foi remediada pela substituição por um tubo de aço carbono de maior espessura que o primeiro. Isso fez com que a perfuração da tubulação fosse retardada. Além disso, essa solução se mostrou economicamente mais viável naquele momento para a usina. Para esses casos, o mais recomendando tem sido o uso de aços inoxidáveis com maior teor de cromo na composição, como o 317L e outros com teores de cromo ainda maiores (7).

Um caso bem comum e generalizado é a corrosão por frestas, presente no acoplamento de tubulações, espaços entre peças, frestas do contato entre porca e parafuso, entre outros. Além da própria condição de aeração diferencial gerada pela presença de frestas, percebeu-se que porcas e parafusos similares se corroeram de forma diferente no intervalo de seis meses entre dois registros fotográficos referentes ao período de parada e o de moagem, respectivamente. O relatório fotográfico desse caso é mostrado nas figuras 3, 4 e 5, do relatório fotográfico da tabela 1.

Tabela 2 – Relatório fotográfico

		
Figura 3 – Parafusos e porcas da área externa no primeiro registro fotográfico	Figura 4 – Parafusos e porcas da área externa seis meses após o primeiro registro fotográfico	Figura 5 – Parafusos e porcas da área interna durante a moagem

Comparando-se as figuras 3 e 4 percebe-se que ocorreu corrosão elevada, nas porcas e parafusos de equipamentos da área externa, ou seja, a área da usina que não é coberta. Associa-se essa degradação à presença de frestas combinada à ação da presença de filme eletrólito estagnado, que se forma a partir da combinação de água de chuva e a névoa salina intensa presente na atmosfera da região onde a usina está localizada. Entretanto, em áreas cobertas, por exemplo, nas porcas e parafusos mostrados na figura 5, a corrosão ocorreu de forma leve. Como em muitos casos é muito difícil a eliminação completa de formação de frestas, uma solução seria a instalação de uma cobertura nas áreas externas, o que evitaria a condição de formação e estagnação de filmes eletrólitos. Outras soluções possíveis seriam utilizar materiais selantes apropriados e, a própria proteção catódica das áreas superficiais, feita a partir de um esquema de pintura adequado e com manutenção sempre que necessária (8).

Outro ponto preocupante tem sido a tubulação de água de uso geral da usina. Essa tubulação apresenta perfurações em várias partes da extensão por onde ela percorre a área industrial, necessitando a realização de vários reparos e substituição de trechos, ainda durante o período de moagem. O relatório fotográfico da tabela 3 mostra essa tubulação com problemas de perfuração em dois trechos distintos. Na figura 6 é mostrado um trecho próximo à área de operação da usina e na figura 7 um trecho da tubulação sobre o tanque de armazenamento de água de uso geral. O problema foi associado aos altos índices que cloreto nessa água bruta. Percebe-se a necessidade urgente de uma etapa de tratamento que reduza os altos teores de cloreto relatados e consequentemente a correção do pH da água.

Tabela 3 – Relatório fotográfico**Figura 6 – Tubulação de água de uso geral, trecho na área próxima a equipamentos.****Figura 7 – Tubulação de água de uso geral, trecho sobre o tanque de armazenamento de água.**

Por fim, dois casos de solução relativamente simples do problema de corrosão: a corrosão por frestas em bases de andaimes de sustentação de tubulações e a corrosão da serpentina de resfriamento dos mancais de moenda. As figuras 8 e 9 do relatório fotográfico da tabela 4 mostram, respectivamente, uma base de andaime e uma serpentina do mancal de moenda. As bases de sustentação de andaimes têm sofrido corrosão severa o que levou a um dos andaimes desabarem junto com a tubulação sustentada por ele. O caso foi associado à corrosão diferencial, devido à permeação do oxigênio do ar pela estrutura porosa do concreto que envolve a base do andaime. O ambiente propício à formação de filme eletrólito juntamente com a condição de aeração diferencial, leva a corrosão interna, gerando o deslocamento da base de concreto, provocando a falha da sustentação da estrutura. Esse problema poderia ser efetivamente reduzido pela aplicação de tintas impermeabilizantes;

Tabela 4 – Relatório fotográfico**Figura 8 – Base de andaime de sustentação de tubulações.****Figura 9 – Parte da proteção de um mancal de moenda.**

No caso das serpentinas da proteção externa do mancal de moenda, o problema é o ácido clorídrico utilizado para desobstrução da serpentina. Com o uso contínuo do resfriamento, é comum ocorrer o entupimento das serpentinas. Para realizar a desobstrução, utiliza-se o ácido clorídrico, o que provoca a corrosão interna das serpentinas. A solução para este caso envolve a aplicação do ácido clorídrico combinado com um inibidor de corrosão adequado. A tabela 5 resume os casos mapeados e aqui apresentados, com as possíveis causas da corrosão e sugestões para reduzir e/ou corrigir o problema.

Tabela 5 – Resumo dos casos de corrosão mapeados

Ponto mapeado	Caso de corrosão	Solução sugerida
Tubulação de saída de vapores da etapa de sulfitação	Ataque por vapores ácidos derivados do SO ₂	Uso de aços inoxidáveis com alto teor de cromo
Corrosão de por frestas	Aeração diferencial e filme eletrólito estagnado	Eliminação de filmes eletrólitos, o uso de selantes, entre outras.
Tubulação de água de uso geral	Ataque por cloreto	Redução dos altos níveis de cloreto e correção do pH
Base de andaimes de sustentação	Corrosão por aeração diferencial	Aplicação de tintas impermeabilizantes
Serpentinas da proteção externa de mancais de moenda	Ataque pelo contato direto de ácido forte	Uso de inibidores de corrosão

Conclusões

De fato, a corrosão em usinas de produção de açúcar e álcool é muito intensa e acontece quase em todos os locais, por isso, é indispensável para usina tentar realizar monitoramentos específicos nesses locais para evitar danos e acidentes futuros ou prejuízos financeiros.

Com o mapeamento realizado, verificou-se que em muitos casos, as ações para o combate à corrosão são muito abaixo do necessário, sendo associada principalmente às condições econômicas e à falta de profissionais especializados.

Soluções triviais foram apontadas como: a aplicação de tintas comuns e impermeabilizantes, uso de selantes, correção de pH e uso de inibidores. Entretanto, algumas merecem um estudo de viabilidade técnica e econômica, como a substituição e uso de novos materiais.

Finalmente, vale lembrar que, de uma forma geral, percebe-se a necessidade do uso de cupons de corrosão, para o monitoramento de pontos mais críticos de corrosão presentes na área industrial que foi estudada.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Usina Paise/Grupo Toledo pela permissão da realização de visitas técnicas para que esse trabalho fosse realizado.

Referências bibliográficas

- (1) Brasil Agro Disponível em <<http://www.brasilagro.com.br>>, noticiado em 04 de agosto de 2011.
- (2) CLARKE, S.J., DAY, D.F., **Corrosion in the sugar factory, American Society of Sugar Cane Technologists: 1979 MEETINGS**, v. 9, 1979, p. 88.
- (3) GENTIL, V., **Corrosão** - 6ª edição – Rio de Janeiro: LTC, 2011.
- (4) Camila A. Farias, C.A., Lins, V.F.C., Corrosion resistance of steels used in alcohol and sugar industry. **Chemical Engineering and Technology**, 1, v. 34, n. 9, p. 1393-1401, 2011.

- (5) DURMOO, S., RICHARD, C., BERANGER, G., MOUTIA, Y., Biocorrosion of stainless steel grade 304L (SS304L) in sugar cane juice. **Electrochimica Acta**, v. 54, p. 74-79, 2008.
- (6) ROSA, L.P., TOLMASQUIM, M. T., CARDOSO AROUCA, M.C., Potential for reduction of alcohol production costs in Brazil, **Energy**, v. 23, n. 11, p. 987-995, 1998.
- (7) BSSA - British Stainless Steel Association - Disponível em <<http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=108>> Acessado em: março de 2014.
- (8) PECEQUILO, C. V., PANOSSIAN, Z., Revisando conceitos: corrosão em frestas – Parte 3. **Corrosão e Proteção**, v. 47, p.18-32, 2013.