

Otimização do controle da formação de biofilmes e depósitos utilizando monitoramento em linha.

RESUMO

A presença de depósitos e biofilme em sistemas de circulação de água pode contribuir para vários problemas nas plantas industriais, tais como; corrosão microbiologicamente influenciada (CMI), corrosão sobre depósitos, redução da eficiência de troca térmica, aumento dos custos com produtos químicos e riscos a saúde, segurança e meio-ambiente. Na prática comum de aplicar tratamento químico no sistema de água para controlar a formação e crescimento destes fenômenos nem sempre fica claro como está o desempenho desses produtos químicos ou o que vai acontecer no futuro, a limitada quantidade de informações disponíveis para os operadores (normalmente cupons de corrosão ou placas de contagem total de bactérias) refletem um sistema que já se moveu horas ou dias no futuro, o que chamamos de “*efeito espelho retrovisor*” e na verdade não dizem aos operadores nada a respeito da população atual de micro-organismos na superfície do sistema. Portanto, o monitoramento on-line e em tempo real do sistema de água é a única opção que pode prover alertas sobre o desempenho insatisfatório, bem como, otimizar a dosagem desses produtos. Problemas nos processos como formação de biofilmes, incrustações, depósitos, perda térmica e eficiência de tratamento, podem ser conhecidos e medidos antes que se desenvolvam. Esta nova visão permite que a dosagem de produtos químicos seja não apenas ambientalmente sustentável, como também significa menores custos e menos desgastes nos equipamentos industriais.

INTRODUÇÃO

O controle de depósitos e biofilmes em sistemas de circulação de líquidos aquosos representa um dos maiores desafios enfrentado pela indústria moderna. A presença destes fenômenos pode levar a grandes riscos e prejuízos, tais como; redução da eficiência térmica do sistema, aumento de custos, corrosão e risco de formação de legionella. A corrosão microbiologicamente influenciada é um fenômeno localizado produzido pela ação das diferenças químicas e eletroquímicas geradas e mantidas pela presença de atividade metabólica de microorganismos. Os biofilmes também promovem a deposição de sólidos suspensos e a instalação de macroorganismos, efeitos que podem impactar significativamente no desempenho dos processos, na eficiência e nas paradas do sistema. Além disso, o biofilme deve ser preocupação primária em sistemas de refrigeração quanto a saúde e segurança, devido a tendência da proliferação da potencialmente letal bactéria legionella.

Sabemos que mais de 99% das bactérias existentes em sistemas de refrigeração residem na superfície do sistema, o objetivo último de controle do biofilme deve ser o controle de microrganismos sésseis, se o proprietário do ativo pode monitorar a atividade de bactérias sésseis - um biofilme - on-line e em tempo real, então existe a possibilidade verdadeiramente eficaz para otimizar a estratégia de tratamento de água, e um controle, que está de acordo com os indicadores de desempenho de plantas, as metas de saúde e segurança e regulamentos de descarga ambiental.

Um sistema de monitoramento on-line de formação da atividade de biofilme com a aquisição de dados integrada e capacidades de análise dos dados está disponível para o mercado há vários anos e foi encontrando aplicação em instalações de refrigeração de água em todo o mundo. Este sistema tem fornecido os usuários de sistemas de refrigeração de água uma ferramenta única para ajudar o controle do biofilme e, assim, garantir a operação da planta limpa, eficiente e segura.

EFEITOS DOS DEPÓSITOS MICROBIOLÓGICOS

Se permitido o desenvolvimento de uma maneira descontrolada num sistema de água, populações de micróbios podem resultar na proliferação de biofilme na superfície do sistema. Um biofilme é uma comunidade complexa de microrganismos com interação sinérgica, consistindo de um agregado de células microbiais e suas substâncias poliméricas extracelulares (SPE). É muito importante e significativo notar que mais de 99% dos microrganismos em quaisquer sistemas de água residem na superfície do biofilme. Pode-se dizer que quaisquer bactérias planctônicas flutuantes introduzidas no sistema de água têm como objetivo encontrar uma superfície onde possam viver e se multiplicar. A adesão à superfície é essencial para a produção de SPE e da transferência e depressões que caracterizam os microrganismos fenopiticamente distintos que residem em biofilmes. Estes micróbios são conhecidos como sésseis, ou habitantes de superfícies, o acúmulo de microrganismos sésseis na superfície dos equipamentos contribuem como a variedade de fenômenos que reduzem o desempenho e/ou tempo de vida útil dos materiais que compõem as plantas industriais.

O triângulo de tratamento de água mostra as quatro áreas de problemas para o proprietário do sistema de água. Os lados do triângulo abrangem os processos microbiológicos no centro, a presença ou não de depósitos microbiológicos pode ser fundamental para a início, desenvolvimento e severidade dos processos de incrustação da planta. O biofilme contribui para a corrosão microbiologicamente influenciada e corrosão sob depósitos. O biofilme também oferece locais de nucleação para o possível crescimento de depósitos minerais, e as pegajosas substâncias poliméricas extracelulares (SPE) podem ajudar no acúmulo de sólidos suspensos e depósitos de incrustação em geral. Os efeitos negativos de incrustações microbiológicas em sistemas de água são discutidos mais adiante.

CORROSÃO MICROBIOLÓGICAMENTE INFLUENCIADA (CMI)

Assim que uma superfície metálica como o aço é exposta à água, dois processos ocorrem simultaneamente: corrosão do metal que se inicia imediatamente e, a não ser que a água seja completamente estéril, um biofilme começa se formar. Os ambientes onde o biofilme se instala podem se tornar muito agressivos, e agir como aceleradores ou catalisadores naturais dos processos de corrosão, por um ou todos os mecanismos descritos abaixo:

- Excretar substância corrosivas que aceleram a corrosão. (Ex.: sulfetos, ácidos orgânicos e/ou inorgânicos, amônia e etc.)
- Alterar o potencial dos metais a níveis que provocam corrosão acelerada (Ex.: mudanças no potencial de oxi-redução do sistema)
- Podem participar ativamente nas reações de corrosão eletroquímica anódicas e/ou catódicas.
- Acelerar efetivamente os passos do processo de dissolução metálica que incrementa a corrosão.

- Atuar simplesmente como uma barreira que junta ou cola: areia, lodo, depósitos, precipitados e produtos de corrosão para produzir oclusões ou obstruções na superfície metálica que leva ao desenvolvimento de uma célula de concentração de corrosão, com perda rápida do metal contido no anodo.

Quatro principais tipos de bactérias têm sido associadas a corrosão acelerada em sistemas de água:

- Sulfato-redutores, por exemplo, *Desulfovibrio*, *Desulfomonas*

Estas bactérias são anaeróbias e ocorrem na maioria das águas naturais. Elas sobrevivem em água bruta, mas geralmente só se desenvolvem sob lodo deaerado ou depósitos e na interface lodo desoxigenado / superfície metálica que é um indicativo de biofilme maduro.

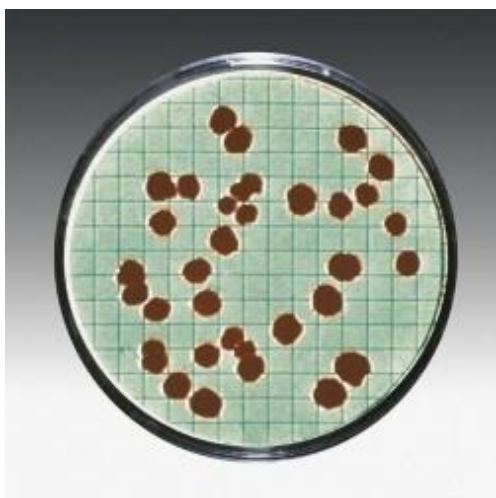
- Produtoras de ácido, por exemplo, *Clostridium*, *Thiobacillus thiooxidans*

Estes tipos de bactérias podem ser aeróbias ou anaeróbicas e produzem ácidos, diminuindo o pH e, assim, acelerando o ataque da corrosão. Os *Thiobacillus* podem existir em uma relação sinérgica com redutoras de sulfato, enquanto a *Clostridia* pode produzir ácidos orgânicos de cadeia curta que podem ser muito agressivos ao aço.

- Metais depositantes, por exemplo: *Gallionella*

Tais bactérias precipitadoras de metal oxidam ferro ferroso para íon férrico, resultando em hidróxido férrico. Uma vez que este hidróxido é mais volumoso do que o material original, forma-se um grande depósito. A corrosão conhecida como Pitting em aços inoxidáveis em associação com a precipitação de metais é a provável contribuição indireta das bactérias na corrosão sob depósitos.

- Formadores de Slime (Limo ou Lodo), por exemplo: *Pseudomonas*



A maioria dos formadores de lodo são bactérias aeróbias, embora haja alguns, como a comumente referenciados como *Pseudomonas*, que são facultativos, sendo capazes de crescer em ambos os ambientes: rico ou pobre em oxigênio. Como a maioria dos formadores de lodo têm metabolismo aeróbio, eles consomem o oxigênio na região em torno e debaixo do depósito, contribuindo indiretamente para a corrosão de outra forma: uma vez que a fronteira do depósito com o metal tende a ser oxigenado, o lodo suporta a existência de uma bactéria anaeróbica e os processos associados da mesma.

AUMENTO DOS CUSTOS COM PRODUTOS QUÍMICOS

As bactérias dentro de um biofilme têm maior resistência aos biocidas, sanitizantes ou desinfetantes. As bactérias no biofilme podem ser de 150 a 3000 vezes mais resistentes à Hipoclorito (HOCL) e até 100 vezes mais resistente a Monocloramina (NH₂Cl), do que suas companheiras presentes na água.

A presença de biofilme pode exigir uma grande demanda biocidas. A resposta da bactéria a um choque de substâncias químicas (tóxicos) é muitas vezes, maior a produção de substâncias poliméricas extracelulares (SPE), que são preferencialmente atacados pelo biocida, consumindo-o e deixando pelo menos algumas das bactérias no biofilme intocadas. As substâncias poliméricas extracelulares (SPE) podem, portanto, agir como uma barreira física, excluir ou limitar a penetração de agentes biocidas. O risco maior é que o biocida residual empobrecido é incapaz de matar eficientemente as bactérias restantes na água, que podem então ser adicionados ao biofilme, ou podem desenvolver um novo biofilme. Sendo assim, o tratamento químico do biofilme pode muitas vezes produzir um biofilme maduro é constituído por organismos resistentes a produtos químicos.

AUMENTO DOS RISCOS À SAÚDE, SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE

Biofilmes estabelecidos podem oferecer um ambiente propício ao crescimento e multiplicação de inúmeros microrganismos patogênicos. As condições de funcionamento dos sistemas de recirculação e resfriamento de água abertos, que têm a temperatura ideal, nutrientes, oxigênio perfis de pH para o rápido desenvolvimento de bactérias e biofilmes, podem aumentar as populações e atividade dos microrganismos patogênicos na medida que existe um risco significativo para a saúde de funcionários, fornecedores e público em geral. O desprendimento de biofilme é uma parte natural da evolução do processo. Caso ocorra a contaminação da água com algum agente patógeno, quando o biofilme se desprende da superfície da torre de resfriamento, a oportunidade existe para a transmissão desses organismos como um aerossol fino em uma área ampla, onde as pessoas suscetíveis podem ser infectadas. Patógenos humanos frequentemente associada com torres de resfriamento são *Naegleria spp.*, *Acanthamoeba spp.* e *Legionella pneumophila*.

Há milhares de casos de pneumonias e doença dos legionários (Pontiac Fever) relatados no mundo inteiro a cada ano, a maioria destes são causados por torres de refrigeração e sistemas de ar condicionado. Os pedidos de indenização na justiça para estes casos depararam-se com as centenas de milhões de dólares.

No Brasil as autoridades públicas ainda não acordaram para o tema e nosso sistema de saúde não está preparado para diagnosticar e detalhar ocorrências destas doenças específicas. Geralmente casos fatais podem estar sendo classificados como outras doenças respiratórias. No primeiro mundo vários órgãos de saúde como a Organização Mundial de Saúde, produzem diversos guias e manuais com recomendações e informações técnicas para o melhor controle do risco destas ameaças.

Site recomendado: http://whqlibdoc.who.int/publications/2007/9241562978_eng.pdf

Os problemas de saúde também podem ser gerados pela aplicação de produtos químicos na água. Adicionar: Cloro, Hipoclorito, Dióxido de Cloro, Bromo, Ozônio ou quaisquer outros sanitizantes ou aditivos em água, requer muito cuidado. Várias reações podem ocorrer em paralelo e gerar outros subprodutos mais tóxicos ainda. Sem falar no descarte desta água contaminada que pode causar danos sérios ao meio ambiente.

O “EFEITO ESPELHO RETROVISOR”

O efeito espelho retrovisor pode ser definido como qualquer tentativa de conhecer o **futuro** com base apenas em um exame dos acontecimentos **passados**. É semelhante a tentar dirigir um automóvel, olhando apenas através do espelho retrovisor. O motorista deve olhar também para frente e se preparar para ver onde as curvas na estrada vão ocorrer. Olhando apenas para o espelho retrovisor não há chance de saber o que pode estar à espreita. O progresso é, inevitavelmente, lento e cheio de riscos.



Operando sob o efeito de espelho retrovisor (EER) leva a muitos problemas, incluindo:

- Análise de dados depois de fato é esperar que o caminho se revelasse, ela é demorada e muita vez gera informações confusas e contraditórias. Conhecer os dados passados permite ver em retrospecto como se deveria ter reagido. Reações reais em tempo real são diferentes. Certamente, as reações com base em dados antigos são equivalentes a adivinhação.
- Respondendo a uma realidade em constante evolução com base em eventos passados. Isso nos lembra da imagem do cachorro tentando pegar a própria cauda, ele persegue a realidade com base em eventos passados. Este efeito exemplifica porque o operador não consegue identificar e antecipar a iminência de eventos urgentes e assim não pode agir, de preferência próativamente e diminuir a severidade dos eventos.



- Falta de foco. A atenção é dada apenas para o último pedaço de estrada navegada. Não há tempo para ser colocado na avaliação da condição da estrada, o número de outros motoristas na estrada, o impacto das ações sobre os outros usuários da estrada, etc. A capacidade de agir com rapidez e eficiência é totalmente perdida.

A maioria das práticas utilizadas hoje no controle de biofilme é semelhante ao efeito do espelho retrovisor. Embora seja uma prática padrão aplicar produtos químicos em um sistema de tratamento de água, muitas vezes há pouco conhecimento de como estes produtos químicos estão agindo no presente, e geralmente não se tem conhecimento de como eles irão agir no futuro. Isso porque, na melhor das hipóteses, qualquer controle das bactérias é bem feito apenas na água que circula. Não só esta informação não nos diz nada sobre as populações de bactérias sésseis, aquelas instaladas na superfície, mas o tempo de análise envolvido na determinação da contagem total de bactérias significa que só conhecemos uma quantidade limitada de informações em um sistema que, desde então, mudou-se várias horas ou mesmo dias para o futuro. Para os testes de Legionella é pior ainda, ele vai informar sobre a população de bactérias de duas semanas atrás. É difícil imaginar como o proprietário do ativo ou o tratador do sistema pode julgar sua gestão de risco da doença do legionário, de ser atual, à luz deste lapso de tempo de conhecimento.

Se swabs de superfície são utilizados para determinação de bactérias sésseis, os relatórios subsequentes podem novamente levar vários dias para serem recebidos. Como antes, o dilema é decidir o que fazer com as informações. A minha estratégia de tratamento químico de biofilme tem funcionado nesse ínterim? Se não, tem mais biofilme sendo cultivado? Se sim, como eu poderia saber? Tomo outra amostra e espero mais uma semana? Então o quê eu faço? Por favor, me ajudem!!

É óbvio que nenhum tratador de água competente ou proprietário de ativos de bom grado levam a práticas do EER em conta quando se fala de minimização de biofilme em água. No entanto, a maioria dos proprietários de ativos não estão cientes da solução sofisticada e de custo eficaz para o problema: sensor on-line, acompanhamento de biofilme em tempo real. Com este tipo de monitoramento pode-se aplicar uma estratégia de controle microbiológico em resposta a um conhecido risco de desenvolvimento de biofilme.

A operação do sistema de água, pode então, ser eficiente e rentável, porque será baseada em desempenho. Com a abordagem baseada no desempenho, o controle do sistema é sustentado em fatos e não suposições. Quando o proprietário do ativo pode monitorar biofilme ele pode assegurar a estratégia certa para o seu controle e, portanto, a sua minimização. E sem biofilme no sistema, o proprietário sabe em tempo real a importância desta informação: não proliferação de organismos patogênicos, nenhuma oportunidade para MIC, sem perdas de transferência de calor, e sem desperdício de produtos químicos.

MONITORAMENTO ON-LINE E EM TEMPO REAL DA FORMAÇÃO DE BIOFILMES



Como já vimos, a abordagem convencional para controle de biofilmes e incrustações combina a aplicação "cega" de biocidas e produtos químicos antincrustantes com testes laboratoriais periódicos. Isso geralmente resulta em uso excessivo de produtos químicos com os efeitos colaterais inerentes à corrosão do sistema de aceleração e aumento de resíduos tóxicos, para não mencionar o custo incremental de tratamentos desnecessários.

Uma nova solução completa para monitoramento contínuo de biofilmes e incrustações em ambientes aquosos. Micromáquinas capazes de analisar o ambiente para realizar uma tarefa? Conheça a tecnologia inteligente e invisível que faz parte da sua vida sem que você sequer se dê conta.

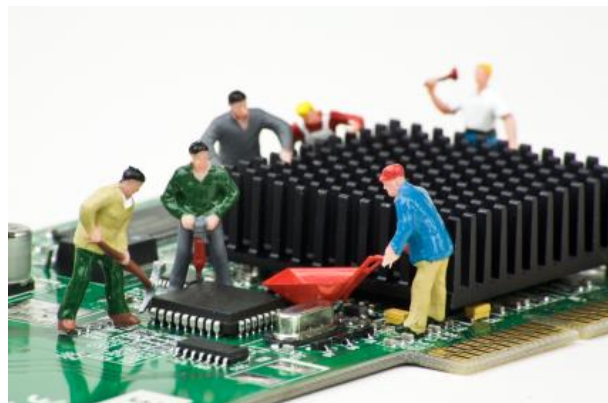
Imagine uma tecnologia praticamente invisível, que funciona como uma espécie de máquina microscópica e é capaz de realizar diversas funções em questão de segundos com uma precisão incrível. E se esse tipo de coisa estivesse presente nas coisas mais simples do seu cotidiano, como dirigir ou utilizar o celular?

Por mais que pareça roteiro de um filme de ficção científica barato, isso já é realidade. E não é algo que só estará presente em nossas vidas em um futuro distante (ou mesmo breve). Esta tecnologia já pode ser encontrada hoje em objetos que utilizamos todos os dias. Prepare-se então para conhecer os MEMS.

O que é isso?

Sistemas Micro eletromecânicos (*Micro-Electro-Mechanical Systems*, em inglês) é o nome dado para a tecnologia que integra elementos mecânicos, sensores e eletrônicos em um pequeno chip, que possui uma informação gravada que determina seu funcionamento. São praticamente micromáquinas programadas para cumprir determinada atividade.

À primeira vista pode parecer complicado, mas na prática é algo bastante simples. Imagine um aparelho que realiza determinada tarefa. Em seu interior, existe uma grande quantidade de chips que possibilitam seu funcionamento. Já os MEMS são pequenas estruturas que ajudam na execução da tarefa, seja na precisão, na qualidade ou na própria realização da função.



Comparando com o corpo, os MEMS equivaleriam às nossas células, que realizam tarefas pré-determinadas e cada uma possui características específicas. Se, por exemplo, há alguma célula destinada a perceber alguma variação de temperatura para proteger o corpo, há um sistema micro eletromecânico que utiliza essa mesma variação térmica como influência para o resultado de sua função.

Além disso, eles também podem ser comparados com os próprios sentidos humanos. Se os chips comuns são o cérebro de um aparelho, os equipados com MEMS são aqueles que potencializam o funcionamento, por ser capaz de perceber diversos tipos de alterações, como a variação de temperatura, a velocidade, a realização de algum movimento ou a própria presença de luz.

Isso acontece porque os MEMS podem agir tanto como sensores, captando informações à sua volta - no caso da mudança de temperatura -, como atuadores, realizando ações e movimentos com muita precisão, já que os processos elétricos enviados para o chip equipado com MEMS geram essas ações mecânicas.

NEOSENS: A NOVA LINHA DE SENSORES ON-LINE PARA MONITORAMENTO

A nova linha Neosens série FS oferece uma ampla gama de soluções para diversas aplicações em sistemas de circulação de água.

Os sensores são oferecidos em uma variedade de configurações e aplicações, de acordo com as suas necessidades. Os sensores de medida da espessura de incrustação, de biofilme e da temperatura e operaram de forma confiável em ambientes industriais agressivos.

Com a solução única Neosens você manterá um olhar constante sobre a sua eficácia de processos industriais!

- >> Prevenção na formação de biofilme / Controle de Depósitos e incrustações
- >> Otimização de limpeza com Acompanhamento on-line

Benefícios:

- Otimização dos procedimentos de tratamento químico
- Maior eficiência de produção
- Menores custos de manutenção
- Redução do risco de Legionella
- Diminuição dos riscos à saúde, segurança e meio-ambiente

