

TTEM 003/14

CORROSÃO EM AERONAVES

AIRCRAFT CORROSION

Signatários:

- Eric de Souza Sigagna¹
- Prof. Dr. José Rubens de Camargo – Universidade de Taubaté
- Prof. Dr. Francisco José Grandinetti – Universidade de Taubaté/FEG-UNESP
- Prof. Dr. Giorgio Eugenio Oscare Giacaglia – Universidade de Taubaté
- Prof. Dr. Evandro Luís Nohara – Universidade de Taubaté
- Prof. Dr. Wendell de Queiróz Lamas – EEL-USP

Finalidade: Este trabalho avalia as causas da corrosão, de seus tipos, de suas indicações, das áreas e tipos de inspeção, de como efetuar sua remoção e, principalmente, de como evitá-la em aeronaves.

Duração: 7 meses

1 - Aluno do curso de Especialização a nível de Pós-Graduação em Engenharia Aeronáutica da Universidade de Taubaté (UNITAU/SP). ericcigagna@hotmail.com.

Palavras chave: Engenharia Mecânica, Ensaio, Corrosão, Materiais, Aeronaves.

1. INTRODUÇÃO

A corrosão consiste na deterioração dos materiais pela ação química ou eletroquímica do meio, podendo estar ou não associado a esforços mecânicos.

Sendo o produto da corrosão um elemento diferente do material original, a liga acaba perdendo suas qualidades essenciais, tais como resistência mecânica, elasticidade, ductilidade, estética, etc.

Em certos casos quando a corrosão está em níveis elevados, torna-se impraticável sua remoção, sendo a prevenção e controle as melhores formas de evitar problemas.

2. CAUSAS DA CORROSÃO

A corrosão é um processo natural. Por exemplo, a refinação da gusa do ferro em aço requer adição de energia. O aço é essencialmente um estado instável do ferro e a corrosão é o processo do ferro retornar ao seu estado natural.

Na maioria das vezes a corrosão resulta de reações eletroquímicas. Para que essas reações se processem é necessário que se tenham dois elementos metálicos com potencial elétrico diferente (catodo e anodo), em contato com um meio eletrolítico, e unidos entre si por uma cadeia condutora de eletricidade. Nessas condições há o aparecimento de uma corrente elétrica entre esses dois pontos da peça metálica, que provoca uma migração de material do anodo, que será portanto corroído. O eletrólito pode ser qualquer fluido condutor de corrente elétrica: água (exceto água destilada), ar úmido, soluções ácidas, alcalinas ou salinas, etc. A diferença de potencial entre os dois pontos da peça metálica pode se originar em consequência de numerosas causas, entre as quais podemos citar:

- Metais diferentes ou ligas metálicas diferentes em contato mútuo
- Diferença de aeração ou de umidade entre os dois pontos
- Diferença de estado de tensões entre os dois pontos (um ponto mais tensionado que o outro)
- Irregularidades (mesmo quando microscópicas) na granulação do metal.
- Diferenças de temperatura ou de iluminação entre dois pontos.
- Diferença de PH dos fluidos em contato com os dois pontos diferentes.
- Diferença de concentração entre dois pontos do fluido em contato.

Em resumo, qualquer falta de homogeneidade, no metal ou no ambiente em contato com o metal, pode dar origem a reações eletroquímicas. Observe-se que na prática temos frequentemente a ação simultânea de mais de uma causa de diferenças de potencial.

As correntes elétricas geradas são sempre muito fracas porque as diferenças de potencial entre o anodo e o catodo são geralmente da ordem de milésimos de Volt. A destruição do anodo será tanto mais intensa quanto mais forte for a corrente elétrica. Por essa razão, a corrosão eletroquímica é sempre um fenômeno lento e progressivo, cujos efeitos só são observáveis no fim de um certo tempo, às vezes bastante longo.

Algumas vezes a corrosão é causada por reações químicas diretas entre o metal e o fluido em contato, ou pela dissolução do metal no fluido; em qualquer desses casos a corrosão é rápida.

Em muitos casos a corrosão apenas se inicia, sendo estancada espontaneamente pelos próprios resíduos da corrosão: Esse fenômeno, que é de grande importância prática, ocorre quando os resíduos da corrosão formam uma película forte, contínua e aderente sobre a superfície do metal, que isola o mesmo do contato com o ambiente corrosivo, impedindo o prosseguimento da corrosão. A resistência à exposição ao tempo que apresentam o cobre, o alumínio, o cromo, o níquel, e vários outros metais, deve-se justamente à formação de uma película fina, aderente e impermeável de óxido, isolando o metal do contato com a atmosfera. No caso do ferro, não ocorre a formação de uma película protetora, porque a ferrugem (óxidos de ferro) é altamente porosa, não evitando portanto o progresso da corrosão.

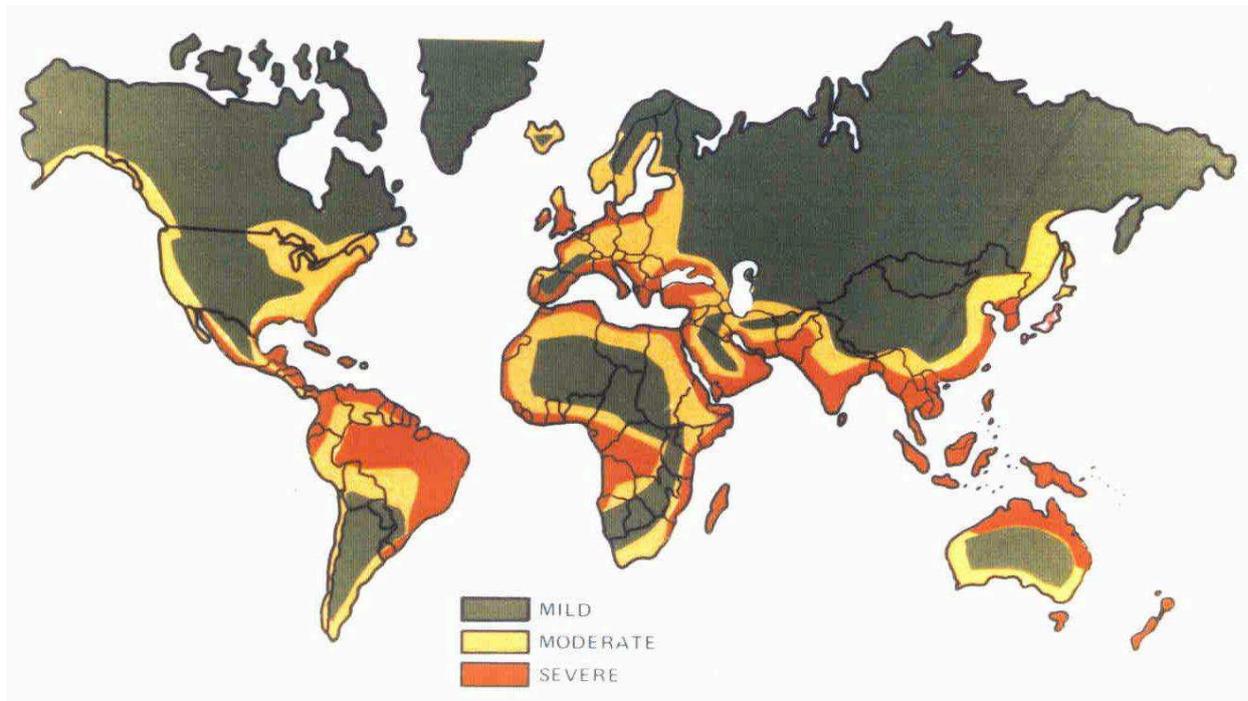


Figura 1 - Mapa de severidade ambiental

3. TIPOS DE CORROSÃO

3.1 Corrosão Galvânica

Corrosão galvânica ocorre quando dois metais dissimilares fazem contato elétrico na presença de um eletrólito, e este tipo de corrosão pode ser reconhecida pela presença de um pó branco ou depósito cinza entre o anodo e catodo.

O metal corroído é o anodo e o metal menos ativo é o catodo. Rápida corrosão ocorre quando há uma grande diferença na atividade entre o anodo e catodo.

A razão de corrosão galvânica também depende do tamanho das peças em contato. Se a área da superfície do anodo é menor que a do catodo, corrosão será rápida e severa. Os efeitos da corrosão são reduzidos na aplicação de um protetor final para o catodo.

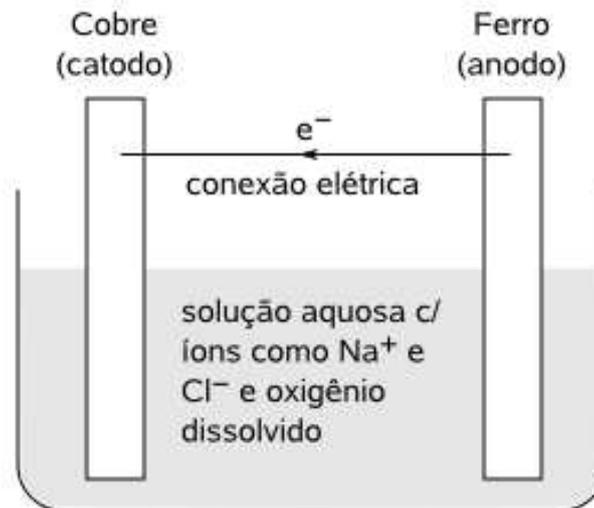


Figura 2 – Corrosão Galvânica

Prevenção:

- Seleção de ligas nas quais o comportamento eletromecânico e/ou teor de ligas sejam similares;
- Razão área anodo/catodo: a área do anodo deve ser maior em relação ao catodo;
- Uso de camadas para limitar área catódica;
- Ambas camadas de anodo e catodo com o mesmo material;
- Isolamento de metais dissimilares;
- Use somente de filmes lubrificantes que são livres de grafite;
- Uso de CIC (Composto Inibidor de Corrosão).

3.2 Corrosão por crêvice

Este tipo de corrosão ocorre em uniões metal - metal ou na borda de uma emenda, ainda que estes metais sejam idênticos, ou na superfície metálica coberta por material diferente. É uma corrosão severa e se torna ainda mais severa na presença de sal.

A utilização de Composto Inibidor de Corrosão (CIC) pode ser efetiva para prevenir e reduzir este tipo de corrosão.

Células de concentração (solução eletrolítica) de íon metálico, oxigênio e ativa-passiva são os três tipos desta corrosão.

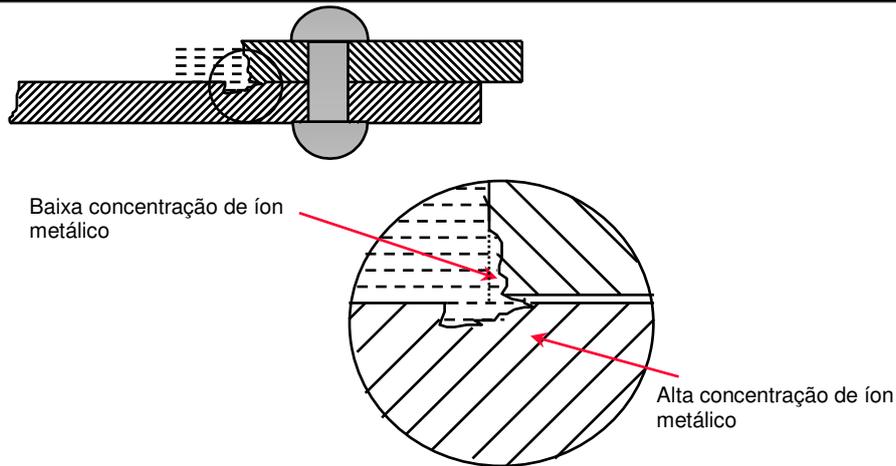


Figura 3 - Célula de concentração de íon metálico

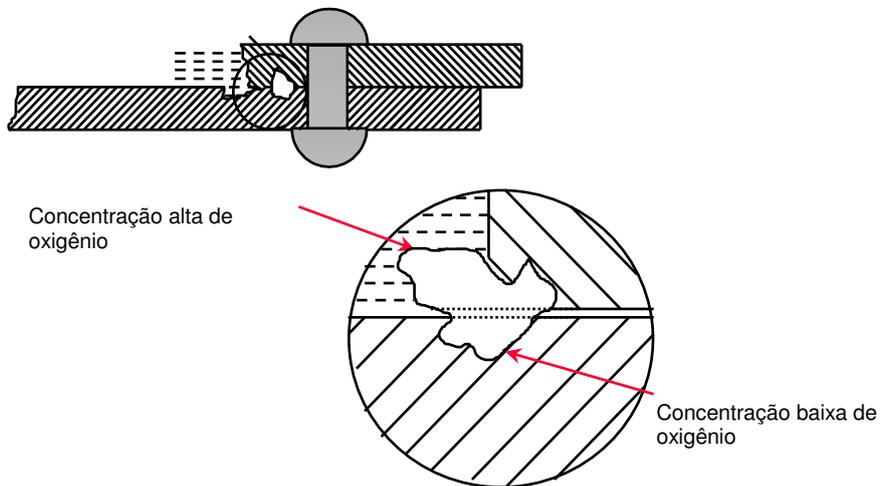


Figura 4 - Célula de concentração de oxigênio

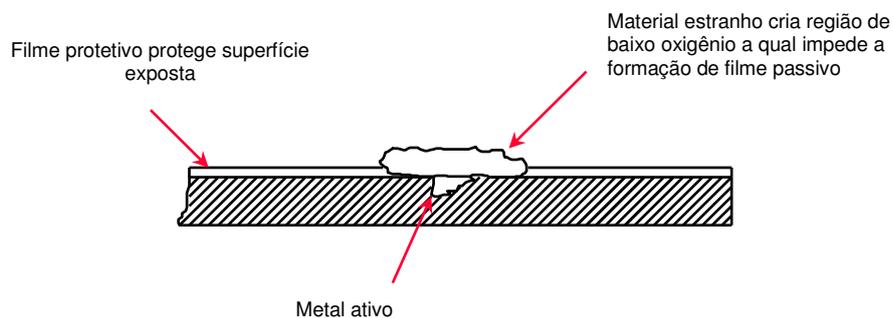


Figura 5 - Célula ativa-passiva

Prevenção:

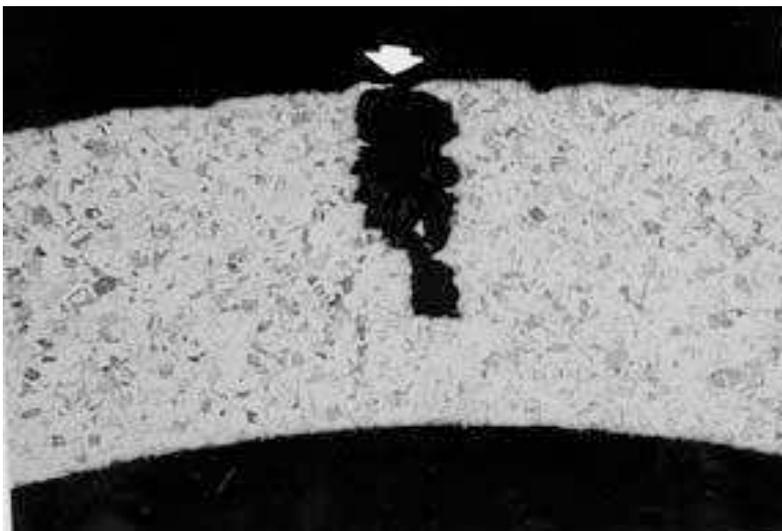
- Células concentração íons metálicos: Esta corrosão pode ser eliminada pela selagem da superfície de contato. Aplicação de camada protetiva com primer de zinco inorgânico também é efetiva.

- Células concentração oxigênio: A severidade deste tipo de corrosão pode ser minimizada pela selagem, manutenção das superfícies limpas, e ao evitar uso de materiais que permitem absorção de umidade entre as superfícies de contato.
- Células ativa-passiva: Esta corrosão pode ser evitada pela limpeza frequente e aplicação de camada protetora

3.3 Corrosão por Pitting

Este tipo de corrosão pode ser reconhecida pela presença de furos na superfície do metal. Corrosão por pitting é altamente localizada e é comumente observada em pequenos pontos da superfície. Tipicamente ocorre como um processo de dissolução anódica local onde a perda de metal é agravada pela presença de um pequeno anodo e grande catodo.

Esse tipo de corrosão dentro de uma fenda crescerá numa razão maior que aqueles expostos na superfície e pode resultar na iniciação e propagação de trincas por fadiga.



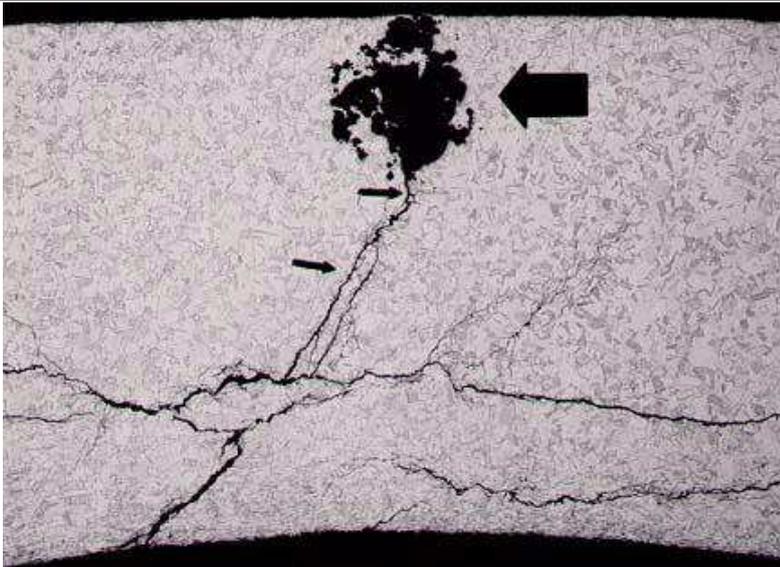


Figura 6 - Corrosão por Pitting

Prevenção:

- Remover depósitos de sólidos da superfície do metal exposto.
- Selecionar ligas com alto conteúdo de CrMo.
- Uso de CIC (Composto Inibidor de Corrosão)
- Desareação de ambientes aerados reduzem corrosão localizada através de eliminação de mecanismo de célula de concentração de oxigênio.

3.4 Corrosão por Exfoliação

Esta corrosão é um tipo intergranular e é caracterizada pelo desprendimento e perda de espessura do metal causada pelo inchaço e desprendimento de grãos durante o processo de fabricação. As superfícies dos grãos são deslocadas pela força de expansão dos produtos de corrosão.

É mais propensa a ocorrer em produtos forjados como extrusões, folhas espessas e perfilados forjados a quente.

Pode causar abaulamento, empolamento da superfície de contato dos painéis de revestimento com deformação das cabeças dos prendedores ou falha.

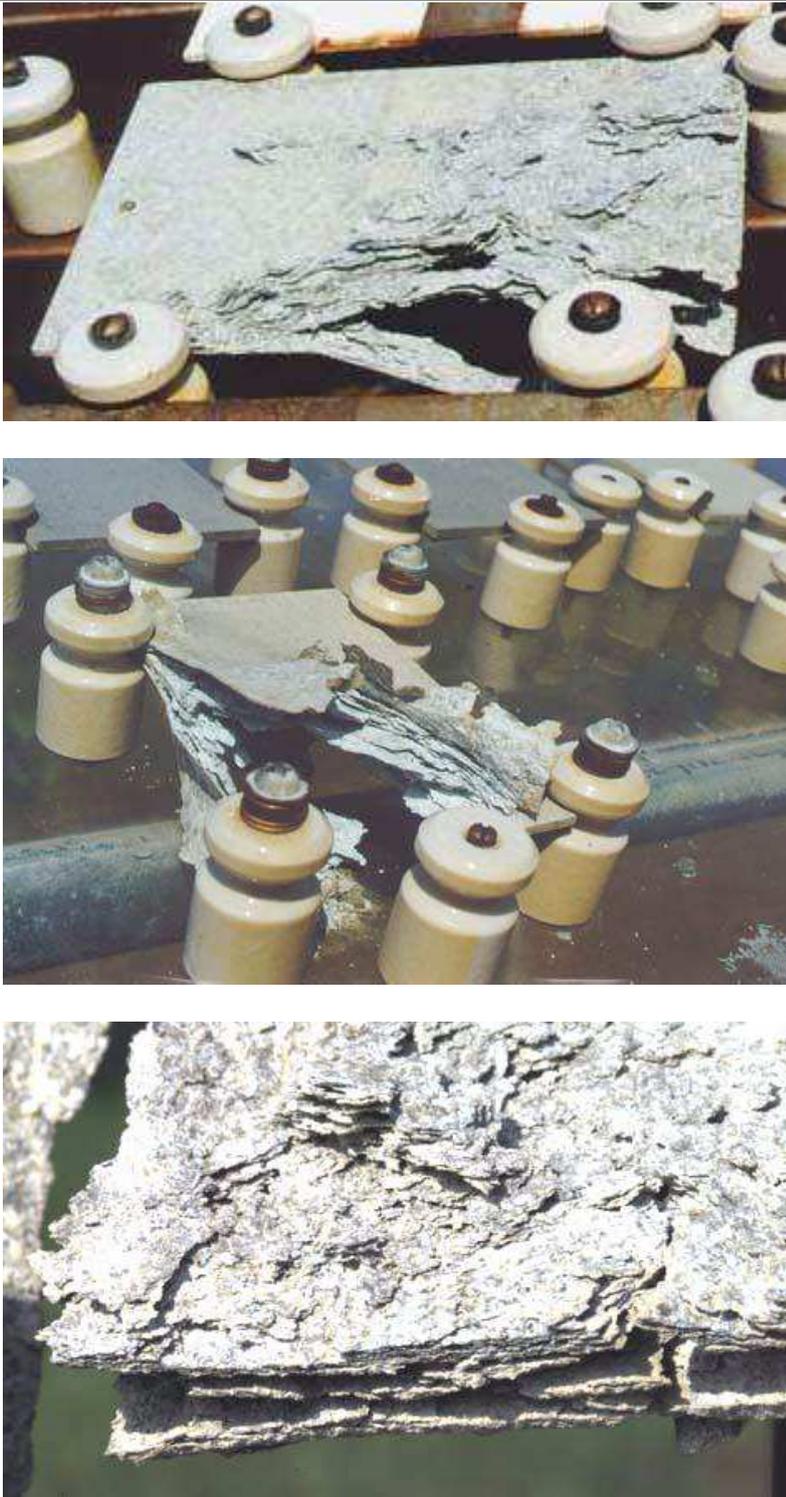


Figura 7 - Corrosão por Exfoliação

3.5 Corrosão microbiológica

Este tipo de corrosão ocorre pelo ataque de bactéria ou fungo. Esta se apresenta afilada, com uma variação de cores que vai do marrom ao preto, e tem a forma de longos fios, formando

coberturas como tapetes ou glóbulos espalhados, e podem ser causados por combustível contaminado.

Bactéria: pode ser tanto aeróbica ou anaeróbica.

Bactéria aeróbica requer oxigênio para viver e elas aceleram corrosão pela oxidação sulfurosa para produzir ácido sulfúrico. A formação destes produtos pode atacar o tanque de combustível e corroer as ligas de alumínio.

A bactéria anaeróbica pode viver sem oxigênio livre, e seu metabolismo requer que obtenham parte de seu sustento por oxidar substâncias inorgânicas tais como ferro, enxofre, hidrogênio e monóxido de carbono. A reação química resultante causa corrosão.

Fungo: crescimentos de microorganismos que se alimentam de materiais orgânicos. Baixa umidade retarda o crescimento de micróbios e evita danos de corrosão porque a temperatura ideal para seus crescimentos está entre 20 e 40°C e umidade relativa entre 85% e 100%.

Crescimentos microbiais ocorrem na interface da água e combustível e uma boa prática para prevenir estes ataques é secar o interior dos compartimentos com desumidificadores, ou aplicar camadas a prova de umidade e fazer drenagens periódicas de água nos tanques combustíveis.

3.6 Corrosão por atrito (Fretting)

Este tipo de corrosão é causada pela destruição do filme protetivo, deixando a superfície do metal exposta à atmosfera, devido ao movimento diferencial de duas superfícies altamente carregadas ou vibração.

Vibrações podem ser produzidas pela ressonância de toda parte das juntas estruturais (ex. vibração do grupo motopropulsor que afetam os comandos de vôo), ou podem ser causados por fontes aerodinâmicas.



Figura 8 - Corrosão por atrito (Fretting)

Prevenção:

- Amortecimento (atenuação) de vibração.
- Aperto de juntas.
- Aplicação de um lubrificante.
- Instalação de um material resistente à fretting entre as duas superfícies (proteções químicas, filmes, etc).
- Evitar o uso de sistemas de alta pressão e temperatura para lavagem das aeronaves.
- Seleção de materiais.

3.7 Corrosão sob tensão

A corrosão sob tensão é o fenômeno de deterioração de materiais causada pela ação conjunta de tensões mecânicas (residuais ou aplicadas) e meio corrosivo. A CST é caracterizada pela formação de trincas, o que favorece a ruptura do material. Por essa razão, a corrosão sob tensão é comumente chamada de corrosão sob tensão fraturante. Acontece comumente com metais dúcteis.

Na CST, praticamente não se observa perda de massa do material, como é comum em outros tipos de corrosão. Assim, o material permanece com bom aspecto, até que a fratura ocorre. O tempo necessário para a fratura ocorrer depende:

- da tensão (quanto maior a tensão, menor o tempo. Dessa maneira é aconselhável evitar concentrações de tensões),
- do meio corrosivo,
- da temperatura e
- da estrutura e composição do material (geralmente, materiais com grãos maiores são menos resistente que materiais com grãos menores, por exemplo).

Prevenção:

- Seleção cuidadosa de material.
- Manuseio cuidadoso.
- Técnicas de montagem (evite montagens onde carregamentos de alta tensão são concentrados em uma área pequena).
- Proteção de superfície (camada protetiva e CIC).
- Tensões de tração aplicadas e residuais mais baixas por meio de alívio de tensões e shot peening (jatos e granalhas de aço).
- Remover concentradores de tensão de furos e entalhes.
- Modificação do ambiente.

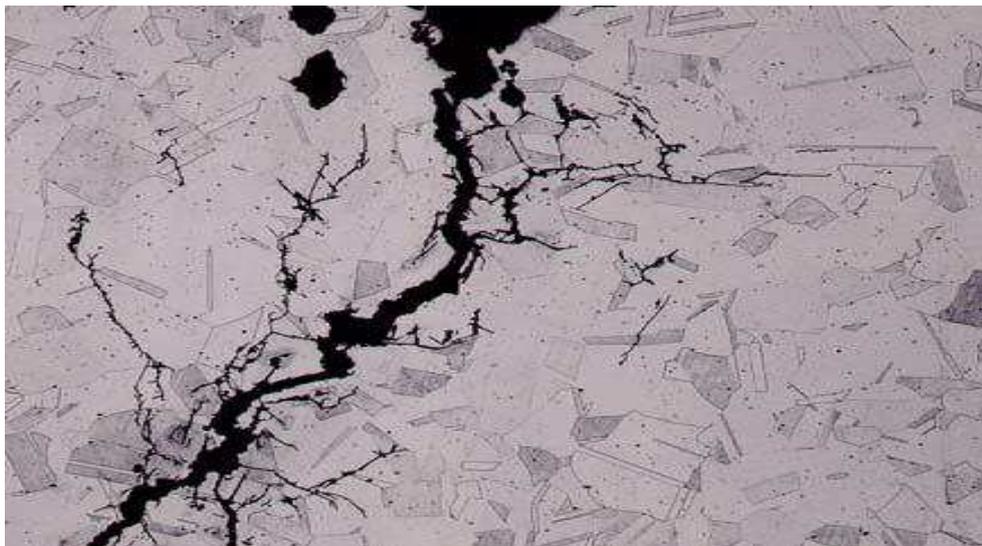
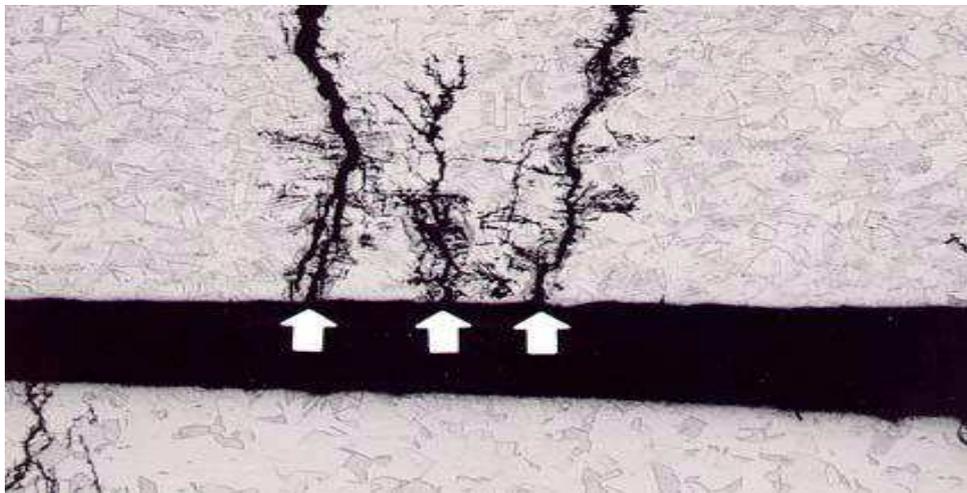
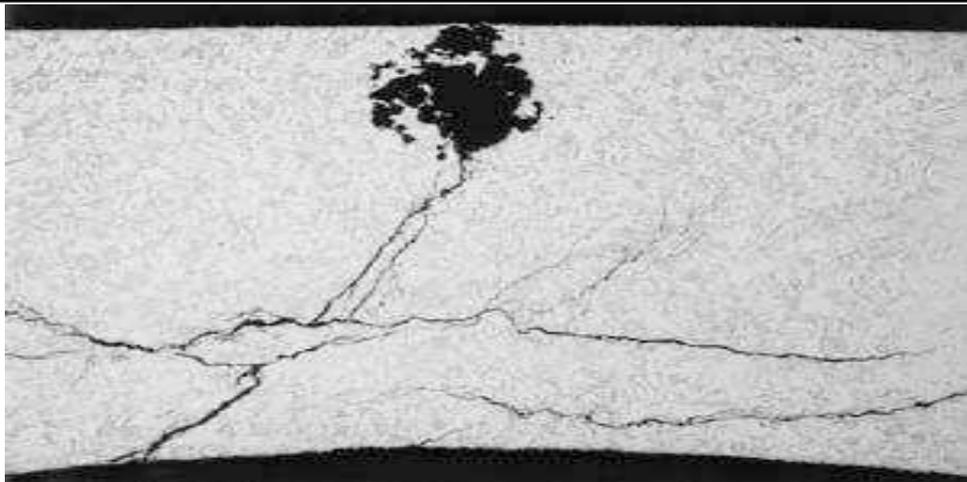


Figura 9 - Corrosão sob tensão

4. INDICAÇÕES DE CORROSÃO

- a) Resíduos de ataque corrosivo
- Magnésio - Altamente susceptível a pitting - Depósito de pó branco, montículo de areia e pontos brancos na superfície.
 - Aço liga-baixa - Oxidação da superfície e pitting - Óxido marrom-avermelhado.
 - Alumínio - Superfície com pitting, intergranular, exfoliação, corrosão sob tensão, fretting - Pó branco-cinzentado.
 - Titânio - Solução halogênica pode resultar na degradação das propriedades mecânicas - Desenvolvimento de óxidos na superfície acima de 370°C.
 - Liga de aço cadmiado - Oxidação da superfície e fragilização - Depósito de pó branco e trincas.
 - Alumínio - Corrosão causada pelo mercúrio - Formatos de penas brancas ou, em etapa larga, aparência de mofo, bolor.
 - Aço-inoxidável da série 300-400 - Corrosão por crévice; alguns pittings em ambientes marinhos; corrosão intergranular (série 300), corrosão superficial (série 400) - Superfície áspera, algumas vezes com uma mancha uniforme vermelha-marrom.
 - Níquel-base (Inconel, Monel) - Geralmente tem boa qualidade de resistência a corrosão; susceptível a pitting em água do mar - Depósito de pó verde.
 - Cobre-base, latão, bronze - Corrosão superficial e intergranular - Depósito de pó azul ou azul-esverdeado.
 - Cromo (placa) - Pitting (promove oxidação do aço onde o pitting ocorre) - Produto corrosivo não-visível; empolamento da placa devido a oxidação e corrugamento.
 - Prata - Manchará na presença de enxofre - Filme castanho-preto.
 - Ouro - Altamente resistente à corrosão - Depósitos causam escurecimento das superfícies.
 - Prata - Sujeito a crescimento de “bigodes” - Depósito de “bigodes”.
- b) Descoloração
- c) Deformação, trincas ou pitting
- d) Saliências no revestimento
- e) Rompimento da lisura da superfície
- f) Descolamento, falha, corrugamento ou levantamento de bolhas na pintura
- g) Deformação ou perda de prendedores



Figura 10 - Descolamento da pintura

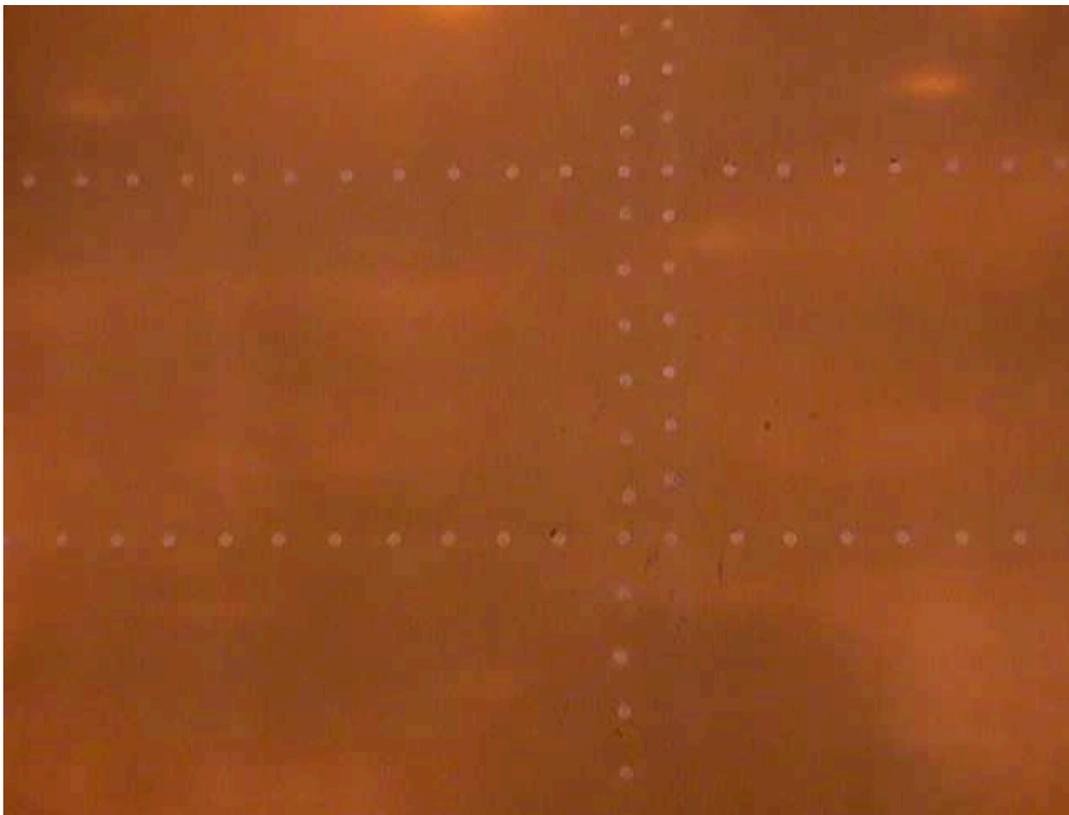


Figura 11 - Fastener distress



Figura 12 - Exfoliação

5. ÁREAS DE INSPEÇÃO E DETECÇÃO

Áreas susceptíveis à corrosão:

a) Área ventral

Esta área é uma coletora natural e coleta restos do fluido hidráulico, cavacos, sujeiras, prendedores perdidos e outros contaminantes que podem constituir uma fonte potencial de corrosão.

Drenagem inadequada nesta área resulta em umidade retida e presença de materiais dissimilares, associado ao uso de camada isolante com característica absorvente e ausência de barreira de umidade acelera a corrosão.

Prevenção: manter a área limpa usando um aspirador a pó e panos limpos secos e garantir uma boa drenagem. O uso adequado de CIC é recomendado.

b) Área do lavatório e da galley – incluindo a área do piso e abaixo dela

A área próxima do lavatório está sujeita a vazamentos, contaminações de fluidos (água, produtos de limpeza) sujeira e alimentos.

Prevenção: limpar esta área frequentemente e manter selante protetivo e acabamentos

c) Alojamento do trem de pouso principal e de nariz, incluindo as portas.

Esta área é a mais propensa a ter corrosão devido à ação direta de água, umidade, detritos, sais, areia, cascalho, substâncias químicas e outros elementos que afetam a aeronave durante pouso, decolagem e taxiamento ou mesmo quando a aeronave está estacionada.

Prevenção: Limpeza freqüente, lubrificação e retoques são necessários na região das rodas e alojamento do trem de pouso.

Durante inspeção desta área, atenção especial deve ser prestada nos seguintes pontos críticos: (1) aços de alta resistência, (2) superfícies expostas como, rolamentos, braços da perna de força, articulações e suportes, (3) interruptores de indicadores de posição expostos, (4) fendas entre reforçadores de revestimento, nervuras e superfície de revestimento, (5) rodas, (6) tubulação expostas.

d) Porta principal, porta de serviço e porta do compartimento de carga.

Durante operações de embarque, desembarque, carregamento e descarregamento, estas áreas estão expostas à umidade, água de chuva, ambientes adversos (marinho e industrial) e detritos.

Prevenção: Limpeza periódica, lubrificação de peças aplicáveis e aplicação de CIC nas estruturas internas.

e) Escotilha de abandono

Corrosão pode ocorrer na estrutura interna e externa da escotilha causada pela alta condensação devido à atmosfera úmida.

Prevenção: É recomendada uma limpeza periódica e aplicação de CIC na estrutura interna.

f) Compartimento da bateria

Esta região requer atenção especial devido à possibilidade de vazamento ácido da bateria durante serviço ou causado por baterias danificadas. Há também a possibilidade de fumaça vinda da dispersão do superaquecimento da bateria na estrutura interna e algum ataque em superfícies não protegidas.

Prevenção: limpezas freqüentes e neutralização de depósitos ácidos com solução de bicarbonato de sódio minimizarão a corrosão.

g) Revestimento

Prendedores e áreas ao redor destes são pontos críticos. Estas áreas estão sujeitas a altos carregamentos operacionais, intrusões de umidade e corrosão em revestimento de materiais dissimilares.

Superfície de contato, emendas e juntas estão sujeitas à corrosão devido à intrusão de umidade e outros agentes corrosivos. O efeito deste tipo de corrosão é usualmente detectado pelo abaulamento e empolamento na superfície de revestimento.

Os revestimentos das superfícies de liga de alumínio estão sujeitas à corrosão por pitting, intergranular e exfoliação, especialmente ao redor das cabeças escareadas dos prendedores.

Tratamento: o tratamento para este ataque corrosivo é a remoção de todos os produtos de corrosão, jateando e polindo a região, não excedendo os limites permissíveis, seguidos pela proteção da área retrabalhada com revestimento por conversão química, selante primer e tinta de acabamento, se aplicável.

h) Tanque combustível

Corrosão no tanque combustível pode ser causada por microorganismos que entram no tanque durante operação de abastecimento. Água dissolvida, retida ou suspensa no combustível é outra fonte de corrosão. Contaminação de combustível por expansão de micróbios esta apto a ocorrer em aeronaves que operam em ambientes quentes e úmidos.

Prevenção: Drenagem periódica da água dos tanques combustíveis é uma boa prática de manutenção.

i) Compostos orgânicos

Materiais compostos tais como grafite/epoxy quando associados com todos os metais (ex. colagem com adesivo, prendedores mecânicos de travamento, etc) e presença de umidade podem causar corrosão galvânica porque eles atuam como um catodo.

Prevenção: Forneça uma camada não-condutiva como fibra de vidro/epoxy e/ou selante entre o composto e superfícies de metais dissimilares.

6. TIPOS DE INSPEÇÃO E DETECÇÃO

Inspeção Visual Geral: é uma inspeção visual para detectar danos óbvios, falhas ou irregularidades. Este tipo de inspeção é feita em condições normais de luz disponível, como a luz do dia, luz do hangar, e pode requerer remoção ou abertura de painéis de acesso ou portas.

Inspeção Detalhada: é uma inspeção visual intensiva para detectar danos, falha ou irregularidade. A luz disponível é suplementada com uma fonte direta de boa luz em uma intensidade julgada apropriada pelo inspetor. Inspeção auxiliada com espelhos, lentes de aumento (10X - desejável, 5X - mínimo), etc podem ser usadas.

Líquido penetrante: este método é aplicável para detectar corrosão sob tensão ou trincas de fadiga em ferro não-poroso ou metais não-ferrosos.

Eddy Current: pode ser usado para detectar descontinuidades superficiais em estruturas metálicas. Pode ser realizado utilizando tanto baixa frequência como alta frequência. Porém o de alta frequência é mais apropriado para detecção de trincas nas quais penetram na superfície da estrutura.

7. ORIENTAÇÃO DE PROJETO PARA PREVENÇÃO DE CORROSÃO

Materiais

- Não use ligas de titânio onde estão expostas ao Skydrol em temperaturas maiores que 120°C ou onde estão em contato com cádmio
- Não use ligas de magnésio
- Não use aços não resistentes à corrosão em áreas de alta temperatura
- Não use prendedores de alumínio para montagem de componentes de fibra de carbono

Princípios

- Forneça acessos a áreas altamente susceptíveis à corrosão para permitir limpeza periódica e detecção precoce de corrosão
- Evite a seleção de materiais absorventes e porosos, principalmente em regiões onde há maior possibilidade de acumulação de eletrólito.
- Proteja as superfícies de contato com camadas intermediárias adequadas e selante de filete.
- Evite o contato entre metais dissimilares. Onde este contato não poder ser evitado, proteja as superfícies por tratamentos protetivos adequados ou uma camada intermediária. Também se deve levar em conta a relação da área catodo-anodo (área larga de anodo em relação à área de catodo).
- Prendedores de não-alumínio e alumínio, ambos permanente e removível, devem ser instalados molhados.
- Verifique a geometria dos componentes e sua relativa posição na aeronave em ordem para determinar se é necessário fornecer um furo de dreno.

Práticas de montagem

- Montagem sob-tensão deve ser evitada. Degraus, lacunas ou desalinhamentos entre os detalhes das montagens devem ser eliminados por melhoramentos de projeto. Quando não evitadas, essas discrepâncias devem ser atenuadas pelo uso de calços, compensadores ou outros meios, para evitar montagem sob-tensão.
- Técnicas de montagem molhada devem ser usadas. Buchas, mancais, parafusos, pinos, eixos estriados devem ser montados molhados com material adequado.

8. NÍVEIS DE CORROSÃO E DANOS PERMISSÍVEIS

Corrosão Nível 1: Corrosão que ocorre entre inspeções sucessivas e podem ser retrabalhadas dentro dos limites permitidos pelo fabricante.

Ou corrosão que ocorre entre inspeções sucessivas e que excedem o limite permissível, mas é local e pode ser atribuída como fato não típico de uso pelo operador.

Corrosão Nível 2: Dano que acontece entre sucessivas inspeções e que requerem um simples retrabalho externo excedendo os limites permissíveis, requerendo um reparo reforçado, uma substituição completa ou parcial de um elemento estrutural (como definido por um conserto

estrutural do fabricante do equipamento), ou um dano que acontece entre inspeções sucessivas que são difundidas e requerem um único retrabalho permissível em refazer o limite.

Corrosão Nível 3: Dano encontrado durante a primeira ou inspeção subsequente que é determinada pelo operador e ou o fabricante como sendo uma preocupação de aeronavegabilidade urgente e que requer ação imediata.

9. REMOÇÃO DA CORROSÃO

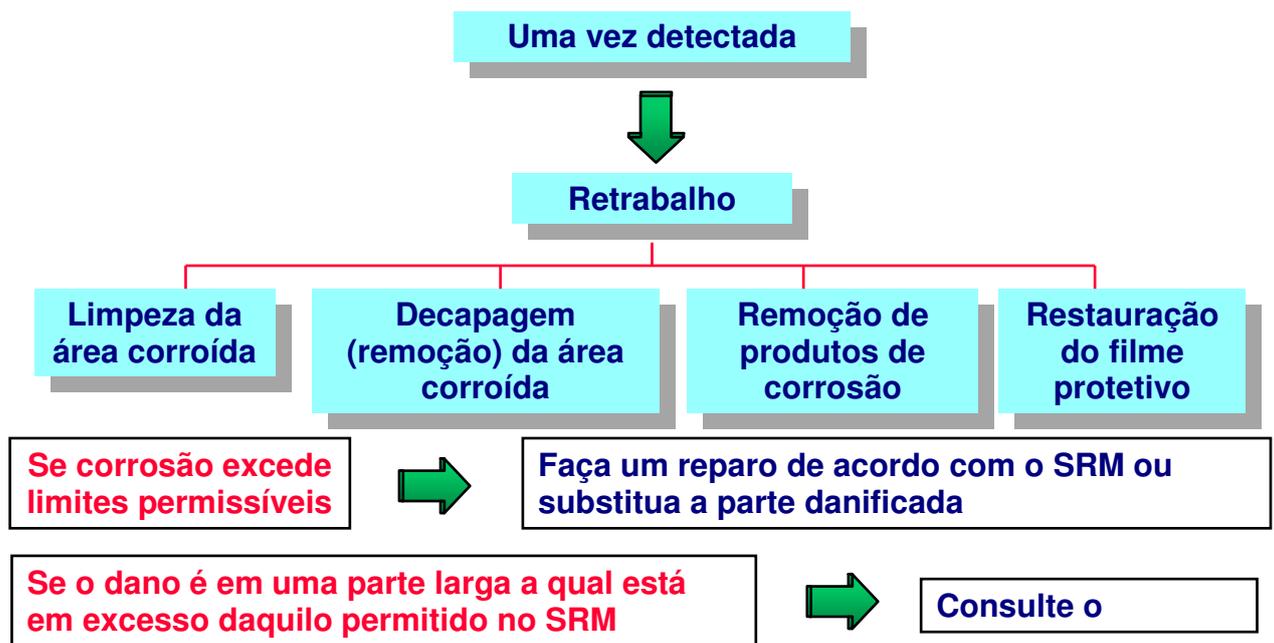


Figura 13 – Remoção de Corrosão

9.1 Procedimentos

- Se procedimentos de retrabalho ou materiais forem desconhecidos, contate o fabricante da aeronave ou representante autorizado antes do procedimento;
- Área de trabalho e equipamentos: devem estar limpos e livres de cavacos, sujeiras e materiais estranhos;
- Não marque nenhuma superfície metálica com grafite;
- Calçados e roupas devem ser inspecionados para limalhas de metal, sujeiras, areias, etc, e todo material removido antes de se andar pela superfície do metal;
- Tanto grafite como lubrificante não devem ser usados para nenhum componente (grafite é catódico e gera corrosão galvânica);
- Não esmerilhe ou arranhe ao menos que seja autorizado;
- Superfície metálica revestida não deve ser polida para fins estéticos – polimento pode remover o revestimento protetivo.

9.2 Preparação

- Posicione a aeronave em local apropriado;
- Conecte uma linha de solo estática;
- Prepare de maneira segura a aeronave para manutenção no solo;
- Proteja as superfícies adjacentes da área de retrabalho dos agentes de remoção de corrosão e decapantes.

9.3 Remoção da pintura

- Para áreas pequenas de superfícies metálicas, a pintura pode ser removida manualmente, usando um material médio abrasivo;
- Para grandes áreas use removedores químicos;
- Decapantes químicos contém ácidos e não devem ser usados;
- Para remoção de pinturas em compósitos deve ser feita por somente por técnica mecânica (jateamento de areia);
- Remoção mecânica de pintura pode ser feita manualmente ou processo abrasivos leves.

9.4 Retrabalho

- Partículas de aço ou cobre incrustadas em alumínio podem tornar-se um ponto de corrosão futura;
- Todos produtos de corrosão devem ser removidos durante repintura para prevenir recorrência de corrosão;
- Em áreas críticas e montadas sob tensão, todos pittings remanescentes após remoção de produtos de corrosão por qualquer método deve ser retrabalhado para prevenir elevação de tensão a qual pode causar trinca por corrosão sob tensão.

9.5 Jateamento abrasivo

- A peça a ser limpa por jateamento deve ser removida da aeronave, se possível. Caso contrário, áreas adjacentes da peça devem ser mascaradas ou protegidas da incidência do jato abrasivo e contaminação do sistema (óleo hidráulico, combustível);
- Peças devem estar ausentes de óleo, graxas, sujeiras, etc, e secas antes da limpeza por jateamento;
- Superfícies como buchas, eixos, mancal, etc, devem ser mascaradas;
- Limpeza por jateamento é somente suficiente para remover camada de corrosão. Proceda logo em seguida com requisitos de acabamento usando tratamentos de superfícies como requeridas.

10. MANUTENÇÃO PREVENTIVA

10.1 Lavagem

A lavagem periódica das aeronaves permitirá a remoção de contaminantes e depósitos corrosivos impregnados em algumas partes da aeronave.

Compostos de limpeza:

- Trabalham pela dissolução de resíduos solúveis, emulsificação de resíduos oleosos e suspensão de resíduos sólidos;
- Compostos de limpeza moderadamente alcalinos (PH entre 7.5 e 10) são recomendadas;
- Composto de limpeza tixotrópico é recomendado para limpeza de rodas e reposição de alguns solventes detergentes de limpeza.

Concentração do Composto MIL-C-87936, tipo I.

- Resíduos leves (sujidade, pó, lama, sal): 1:9;
- Resíduos moderados (fluido hidráulico, óleos lubrificantes): 1:4;
- Resíduos pesados (óleo carbonizado, graxas): 1:1.

Durante lavagem:

- Aplique a solução;
- Permita que ela permaneça por alguns minutos;
- Enxágue totalmente com água corrente;
- Não permita o composto secar antes de enxaguar, pois eles podem causar corrosão se não removidos e podem resultar em uma limpeza não efetiva;
- Em certas regiões da aeronave, tanto CIC como graxas de juntas lubrificadas podem ser removidas. Então a reaplicação de CIC é extremamente recomendada seguida pela relubrificação após a lavagem.

Frequência de lavagem:

- Zonas neutras: a cada 90 dias;
- Zonas Moderadas: a cada 45 dias;
- Zonas severas: a cada 15 dias e antes de inspeção de corrosão.

10.2 Lubrificação

Rolamentos, Cabos de controle, Conjuntos.

A tendência das graxas é tornar-se secas ou duras com o tempo e elas perdem várias propriedades de lubrificação. A lubrificação é necessária após lavagem com alta pressão ou sistema de vapor.

- Nunca aplique CIC em qualquer tipo de cabos de controle bem como em suas partes associadas (roldanas, superfícies lubrificadas ou rolamentos lubrificadas);
- Não limpe cabos de aço carbono com solvente desengraxante, pois o mesmo pode remover lubrificações internas. Limpe-os com um pano seco limpo, enxugando todo seu comprimento, seguido por lubrificação e remoção de excesso de graxa;
- Não dilua graxa por aquecimento ou diluição com solventes;
- Use somente lubrificantes recomendados.

10.3 Procedimentos em caso de vazamentos acidentais

Acidentes com mercúrio, ácidos e alcalinos podem ocorrer na aeronave se os mesmos forem usados como materiais de manutenção ou carregados como carga.

Estes químicos podem causar danos a pessoas e sérios danos à integridade estrutural da aeronave, e devem ser imediatamente limpos afim de evitar a expansão da contaminação.

Mercúrio: (1) Uma seringa de borracha para baterias, ou um conta gotas, podem ser usados para remover mercúrio se o container de vidro tipo armadilha e aspirador de pó não estiverem disponíveis. A fita crepon pode ser usada para agarrar partículas muito pequenas de mercúrio.

(2) Inspeção de limpeza geral (usando equipamento adequado) deve ser realizada imediatamente após detecção ou ocorrência de vazamento.

Ácidos (ácido sulfúrico, ácido halogênio, tal como ácido clorídrico, fluorídrico e bromídrico, óxido nitroso e ácidos orgânicos encontrados nos dejetos de humanos e animais) e álcalis (soda, potássio, lima e sais) são os agentes corrosivos mais comuns encontrados.

Se ácido ou álcali é espirrado em equipamento e/ou ferramentas, trate por enxaguamento com água limpa, se possível, e /ou neutralização ácida com bicarbonato de sódio e álcalis com solução 5% de ácido acético em água.

10.4 Procedimentos em caso de danos por fogo

Após danos por fogo, agentes corrosivos são formados e podem atacar a estrutura local e contaminar os componentes ao seu redor.

Também, a ação do calor remove a proteção original ou tratamentos recebidos pelos componentes. Em caso onde o componente foi superaquecido (no caso de primer há a descoloração), este tem que ser substituído.

10.5 Limpeza

Nota: Durante todo processo de limpeza uma boa ventilação (se possível uma circulação de ar forçada na região) é desejada para evitar condensação e auxiliar na secagem do interior.

- Abra as portas e hatches;
- Abra os drenos para remover os resíduos por lavagem com água quente (37,7°C);
- Remova a fuligem lavando com tricloroetano;
- Esfregue e enxágue todas as superfícies que estão contaminadas e certifique que não há contaminantes na superfície limpada, usando um papel de pH úmido;
- Após a limpeza, aplique na estrutura tratada uma camada de CIC;
- Recoloque a aeronave para sua configuração original.

10.6 Drenos

A estrutura da aeronave tem válvulas de dreno, drenos livres e passagens na qual a função é permitir o fluxo interno de água e drenar a mesma para o ambiente externo.

Algumas vezes essas passagens ou drenos podem estar bloqueadas por selantes, detritos ou componentes que causam acumulação de água na região interna abaixo da fuselagem, e os mesmos podem causar corrosão.

Sendo assim, é necessário a realização de manutenções preventivas, verificando a condição geral de todos drenos e passagens.

10.7 Composto Inibidor de Corrosão (CIC)

Ajuda a minimizar o ataque da corrosão e/ou a mantém sob controle

- Áreas onde supostamente há menor probabilidade de corrosão - CIC tipo I;
- Áreas onde supostamente há maior probabilidade de corrosão - CIC tipo II.

Este produto deve ser aplicado com cuidado para não causar danos à saúde das pessoas. É classificado como material perigoso, sendo necessário a leitura do MSDS (Material Safety Data Sheet) antes de seu manuseio, além de seguir corretamente as instruções do fabricante. Deve ser guardado em local apropriado pois é inflamável.

Os componentes abaixo não devem receber aplicação de CIC:

- Cabos, polias, fiações, plásticos e elastômeros;
- Sistema de oxigênio;
- Áreas com potencial elétrico;
- Materiais do interior;
- Tanque de combustível.

Aplicação de CIC

O sistema de aplicação tem de ser o mais apropriado, visto que a eficiência da aplicação depende disto;

Para a seleção do equipamento, a dimensão da área, o acesso da área e restrições dos produtos devem ser levados em conta;

Pode ser aplicado com spray, pincel ou rolo, HVLP e pistola.

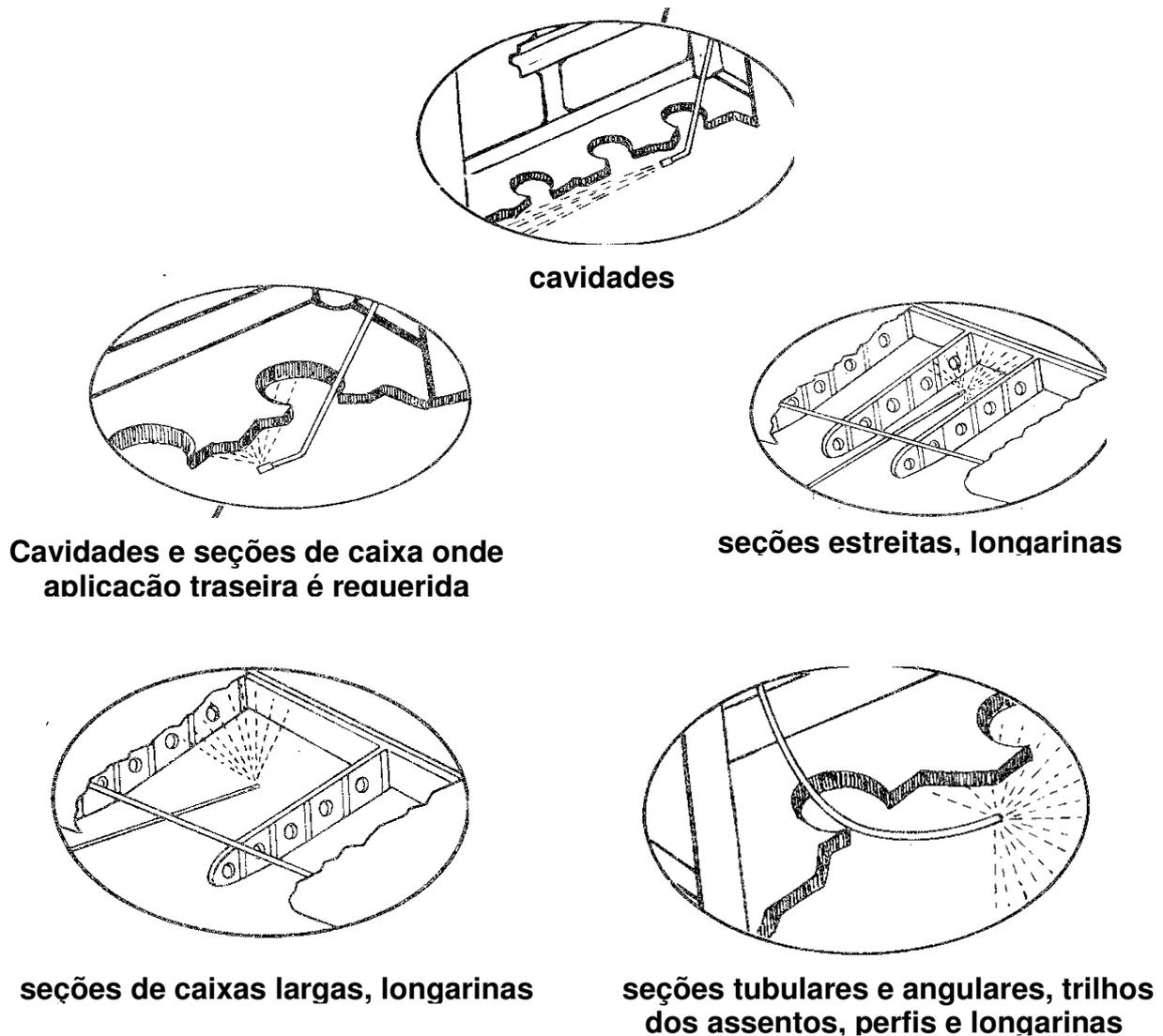


Figura 14 – Aplicação de CIC

Todo CIC pode causar inquietações na pele, olhos e aparelho respiratório. Então, para prevenir contato da pele e dos olhos, luvas de látex e óculos de segurança devem ser usados.

Para grandes aplicações, óculos de segurança e máscara de proteção integral devem ser usados. Ventilação adequada é requerida.

10.8 Tratamento de superfície

Após retrabalho ou durante execução de reparo, é mandatório que o metal exposto seja protegido com um tratamento de superfície seguido por primer para minimizar a ocorrência de corrosão.

- Orientação geral para retrabalho de danos de corrosão;
- Verifique a extensão do dano;
- Proteja as regiões vizinhas não afetadas pelo dano;
- Retoque a região afetada;

-
- Inspeção e limpe a área (verifique se o dano é permissível);
 - Lixe cuidadosamente a área retrabalhada;
 - Enxugue a região com um pano seco;
 - Aplique o tratamento de superfície adequado;
 - Aplique primer após o tratamento de superfície secar.

Orientação geral para reparos em danos de corrosão

- Se o dano não é permissível prepare um reparo de acordo com SRM ou consulte o fabricante, observando o seguinte:
- Todos os sinais de corrosão devem ser removidos;
- Aplique o tratamento de superfície adequado em todas as superfícies sem camada de proteção;
- Instale as peças reparadas observando a aplicação adequada do selante de filete e interface, tendo o cuidado da instalação de metais dissimilares;
- Internamente aplique uma camada de CIC;
- Verifique se todas as passagens e drenos estão limpos e operacionais;
- Verifique se os isolantes estão secos antes de suas reinstalações.

11. REFERENCIAS

- 1 - GENTIL, V. **Corrosão**. Editora Guanabara Dois , 1982.
- 2 - RAMANHATAN, L. **Corrosão e seu Controle**. São Paulo. Ed. Hemus, 1990.
- 3 - FONTANA, M. G. **Corrosion Engineering**. 3ª Edição. McGraw-Hill, 1987.
- 4 - DILLON, C.P. **Corrosion Control in the Chemical Process Industries**. McGraw-Hill Book Company, 1990.
- 5 - SOUZA, S. A. **Composição Química dos Aços**. Editora Edgard Blucher a Ltda. São Paulo, 1989.
- 6 - BOCKRIS, T. O. M. **Eletroquímica Moderna**. Editorial Reverté, 1980.
- 7 - TELLES, Pedro C. Silva. **Materiais para Equipamentos de Processos**. 2 edição. Editora Interciência, 1985.
- 8 - HEITZ, E. e KREYSA, G. **Principles of electrochemical engineering**. VCH. 1986.
- 9 - VAN VLACK, L.H. - **Princípios de Ciência dos Materiais**, São Paulo, Ed. Edgard Blucher Ltda. EDUSP, 1970, 427p.