Unisanta Science and Technology, **2017, 18, December**
Published Online 2017 Vol.6 N°2 http://periodicos.unisanta.br/index.php/sat)

UNISANTA
Science and Technology
ISSN 2317-1316

Cálculo da Taxa de Corrosão usando a ferramenta computacional Matlab

Wendel Santana de Almeida

Unisanta – Universidade Santa Cecília – Programa de Mestrado em Engenharia Mecânica PPGEMec
Rua Oswaldo Cruz, 277, Santos-SP, Brazil.

E-mail: wendeleng@gmail.com
Received September, *2017*

Resumo: Uso da ferramenta Matlab aplicada para acompanhamento de corrosão, aplicáveis a tanques, reservatórios, tubulações para atendimento da NR-13 e devido ao risco de falha por ruptura devido a corrosão. Com o objetivo de manter a disponibilidade do ativo, segurança do trabalhador e meio ambiente. A inspeção de equipamento utiliza o ultrassom para controle de espessura. Foram simuladas as dimensões de espessura/perda de massa, confrontando a taxa de corrosão com a norma. Concluiu-se que a ferramenta pode auxiliar no cálculo da taxa de corrosão encontrada nos equipamentos estáticos facilitando o acompanhamento da inspeção de equipamentos.

Palavras Chave: Vasos; Reservatório; Corrosão, Taxa de Corrosão.

Calculation of the corrosion rate using computational tool Matlab

Abstract: Use of the Matlab applied for corrosion monitoring, applicable to tanks, vessels, piping for NR-13 service and due to the risk of failure due to corrosion. With the objective of maintenance the availability of the active, worker safety and environment. Equipment inspection uses ultrasound for thickness control. The thickness / mass loss dimensions were simulated, comparing the corrosion rate with the standard. It was concluded that the tool can help in the calculation of the corrosion rate found in static equipment, facilitating the monitoring of equipment inspection.

Key words: Pressure Vessel; Corrosion; Corrosion rate; Tank.

1. Introdução

A corrosão é um dos problemas que estão presentes nas industrias principalmente químicas, porque em sua maioria é praticamente dependente do uso de metais e suas ligas. Os custos de manutenção dos aços em países industrializados são considerados altos, principalmente pela necessidade de manter a disponibilidade dos equipamentos para a produção com foco na segurança das instalações e seus operadores.

Este tema é muito importante para realizarmos as medidas de combate e controle contra a corrosão são práticas constantes na indústria para atendimento legal as normas regulamentadoras e gestão do ativo.

As unidades indústrias químicas possuem atmosferas agressivas, principalmente pela ocorrência predominante de ventos fortes vindos do mar para o litoral, com umidade de salinidade (névoa salina) e outros componentes químicos gerados pelo polo industrial que favorecem o surgimento da corrosão nos equipamentos.

2. Objetivo

O objetivo deste trabalho é desenvolver um aplicativo em Matlab para calcular a taxa de corrosão de equipamentos fabricados em aço, que passam por degradação e perdem suas condições técnicas operacionais.

Copyright © 2017 ISESC.

3. Material e métodos

Foi usado um computador Intel Pentium Dual Core E2220 2.4 Ghz com 2 Gb de Ram no sistema operacional Windows 8.1 x64 usando o aplicativo Matlab R2008a, também foi necessário a utilização de uma calculadora cientifica ou gráfica.

O conhecimento e a utilização de apostila foram utilizados na parte de programação.

Logo após o desenvolvimento do algoritmo de programação é importante realizar a calibração do programa testando os cálculos.

4. Resultados

Após preparação do equipamento e desenvolvimento endentação e compilação do programa figura 1, foi possível testar com os conhecimentos e parâmetros abaixo.

O cálculo da taxa de corrosão ou a taxa de remoção de material, devido a ação química é um detalhe de parâmetro de corrosão. Esta pode ser representada como taxa de penetração de corrosão (TPC) ou perda de espessura do material por unidade de tempo.

A *CPR* (*Corrosion Penetration Rate*) ou chamado o TPC é convenientemente representado tanto em milésimo da polegada por ano (mpy) como milímetros por ano (mm/yr). Inicialmente K = 534 para dar um *CPR* em *mpy* e *W (miligramas)*, ρ *(g/cm*^{3}*)* *A (pol*^{2}*)* e *t (horas)*.

No segundo K = 87,6 para *mm/yr*, e as mesmas unidades dos outros parâmetros, exceto A (cm^2). Para a maioria das aplicações uma taxa de penetração de corrosão menor que 20 mpy (0,50 mm/yr) é aceitável. A *NACE Standard TM-01-69* recomenda expressar a taxa de corrosão em *mpy* ou mm/yr. As equações 1 a 3 demonstram como se calcula a taxa de corrosão.[4]

$$TPC = \frac{K.W}{\rho.A.t} \quad (1)$$

$$mmpy = \frac{13{,}56.W}{\rho.S.t} \quad (2)$$

$$TC = \frac{e_0 - e}{d - d_0} \quad (3)$$

Onde:

e_O = espessura anterior (mm);

e = espessura final (mm);

d = data da medição da medição da espessura atual;

d_O = data da medição da espessura anterior;

W = perda de peso após um tempo de exposição t (mg);

t = tempo de exposição (horas);

ρ = massa específica (g/cm^3);

A = área exposta da amostra (cm^2);

S = área exposta da amostra (pol^2)

K = constante cuja magnitude depende do sistema de unidades utilizado (87,6).

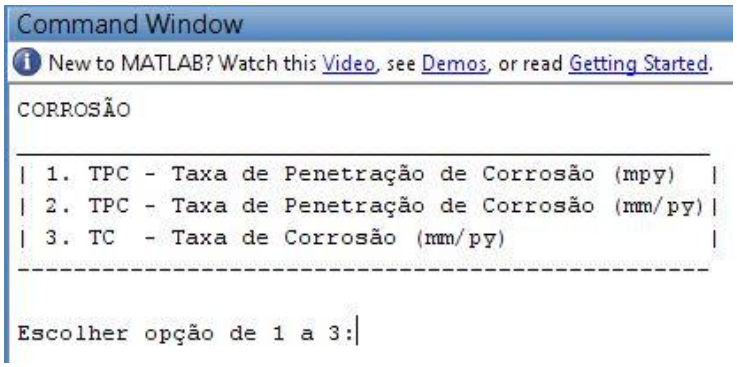

Figura 1. Menu do programa em Matlab.

Copyright © 2017 ISESC

A determinação da taxa de corrosão e sua aplicação obedecerá a classificação da norma *NACE RP-07-75*, apresentada na tabela 1.[5]

A Lógica do Código fonte segue a descrição nos quadros 1,2, e 3 para as três opções, conforme é visto a seguir:

Tabela 1. Classificação da taxa de corrosão.

Taxa de corrosão uniforme (mm/ano)	Taxa de pite (mm/ano)	Corrosividade
< 0,025	< 0,13	Baixa
0,025 a 0,120	0,130 a 0,200	Moderada
0,130 a 0,250	0,210 a 0,380	Alta
> 0,250	> 0,380	Severa

Fonte: NACE RP-07-75 (2013)

Quadro1. Se a opção for 1, isto é, TPC – Taxa de Penetração de Corrosão (mpy)

```
ei=input('Informar a espessura anterior ei(mm)= ');
if (ei>0.1)&&(ei<=200)
  ef=input('Informar a espessura final ef(mm)= ');
  if ef>0.1
    A=input('Informar a área exposta da amostra A(cm²)= ');
    if A>0.001
      t=input('Informar o tempo t(horas)= ');
      if t>1
        ro=input('Informar a massa especifica ro(g/cm³)= ');
        if ro>1
          K=input('Informar a constante K(mpy)= ');
          if K>1
            W=input('Informar a perda de peso após o tempo de exposição W(mg)= ');
            if W>1
              TPC=(K*W)/(ro*A*t);
              fprintf('TPC =  %10.6f \n',TPC);
            else
              disp('Valor de W não é positivo');
          end
          else
            disp('Valor de K não é positivo');
        end
        else
          disp('Valor de ro não é positivo');
      end
      else
        disp('Valor de t não é positivo');
    end
    else
      disp('Valor de A não é positivo');
    end
  else
    disp('Valor de ef não é positivo');
  end
else
  disp('Valor fora da faixa de ei');
end
```


Copyright © 2017 ISESC *Unisanta Science and Technology* (80-85) p.p. ISSN 2317-1316

Quadro 2. Se a opção for 2, isto é, TPC – Taxa de Penetração de Corrosão (mm/py).

```
ro=input('Informar a massa especifica ro(g/cm³)= ');
if ro>1
  t=input('Informar o tempo t(horas)= ');
  if t>1
    W=input('Informar a perda de peso após o tempo de exposição W(mg)= ');
    if W>1
      S=input('Informar a área exposta da amostra S(pol²)= ');
      if S>0.001
        mmpy=(13.56*W)/(ro*S*t);
        fprintf('Taxa de penetração de corrosão =  %10.6f \n',mmpy);
      else
        disp('Valor de S não é positivo');
      end
    else
      disp('Valor de W não é válido');
    end
  else
    disp('Valor de t não é válido');
  end
else
  disp('Valor de ro não é valido');
end
```

Quadro 3. Se a opção for 3, isto é, TC – Taxa de Corrosão (mpy)

```
ei=input('Informar a espessura anterior ei(mm)= ');
if (ei>0.1)&&(ei<=200)
  ef=input('Informar a espessura final ef(mm)= ');
  if ef>0.1
    Per=input('Informar período Per(dias)= ');
    if Per>1
       TC=(ei-ef)/(Per/365);
       fprintf('Taxa de Corrosão =  %10.6f \n',TC);
    else
      disp('Valor dos dias não é maior que 1');
    end
  else
    disp('Valor da espessura precisa ser maior que 0.1');
  end
else
  disp('Valor da espessura precisa ser maior que 0.1');
end
else
  disp('Não é uma opção')
   end
```


Copyright © 2017 ISESC

5. Discussões

Para teste do algoritmo durante a pesquisa não foram encontrados artigos sobre programação que calcule a taxa de corrosão.

Foi estudado a taxa de corrosão nas peças de aço do reservatório de armazenamento foram utilizadas as equações 1 e 2, que tratam da *taxa de penetração da corrosão* (*TPC*) e *mmpy* – são as taxas de perda de massa, usando as seguintes variáveis:

tempo em horas de operação/exposição a

solução = 37.931 h (4,33 anos);

peso específico = 7,8 g/cm^3;

área = 25 cm^2 (3,87 pol^2);

constante K = 87,6.

Na Tabela 2 apresenta-se um exemplo de medidas para calibrar o aplicativo.

Pode-se determinar a taxa de corrosão (TC) utilizando a equação 3, que usa unidades dimensionais como espessuras anterior e atual além das datas das medições das espessuras esta relação obtemos a informação em anos neste caso foi adotado nesta variável o valor de 4,33 anos ou 37.931 h.

Na Tabela 3 apresenta-se exemplo de medidas para calibrar o aplicativo.

6. Conclusões

Através do aplicativo Matlab foi possível facilitar os cálculos para medição de espessura, garantindo maior praticidade e redução de falha. Mesmo que simulando os resultados obtidos para a taxa de corrosão (perda de massa ou variação da espessura) faz-se necessário o acompanhamento dos equipamentos para garantir a integridade e segurança do complexo industrial aten-

Tabela 2. Cálculo da taxa de penetração por corrosão (TPC)

Posição	Peso original da amostra (g)	Peso atual da amostra (g)	Perda de peso (W - mg)	TPC (mm/ano)
Fundo do reservatório	125,30	91,20	34095	0,401

Tabela 3. Cálculo da taxa de penetração por corrosão (TC).

Posição	Espessura atual (mm)	Espessura anterior (mm)	TC (mm/ano)
Base do reservatório	3,70	6,40	0,588

Copyright © 2017 ISESC

dendo a legislação na Norma Regulamentadora 13 prevista pela Consolidação das Leis Trabalhistas. Alguns métodos de monitoramento remoto podem melhorar o desempenho do aplicativo criando-se importação de base de dados. Os resultados obtidos nesse trabalho permitem sugerir a sua continuação nas linhas de pesquisa, sugerindo o estudo de desenvolvimento de taxa de corrosão pela propriedade do material, pelo diferencial de potencial, histórico de perda com base de dados e gráfico de acompanhamento. Importante para a montagem do relatório e acompanhamento do SPIE.

Referências

1. API – American Petroleum Instiute. **API 620**: Design and Construction of Large Welded Low Pressure Storage Tanks. 10th Edition, february 2002.
2. API – American Petroleum Institute. **API 650**: Welded Tanks for Oil Storage. 12th Edition, february 1.
3. CALLISTER JR., Willian D, RETHWISCH, David G. **Ciência e engenharia de materiais uma Introdução.** 8 edição. Rio de janeiro, LTC, 2012.
4. GENTIL, V.. **Corrosão.** – 6.ed. – Rio de Janeiro : LTC, 2009.
5. **NACE RP 07-75**: 2013 Preparation, installation, analyses, and interpretation of corrosion in oilfield operation, 2013. p.19.

Copyright © 2017 ISESC