

ESTUDO DO DESGASTE SUPERFICIAL DE MONTANTES DE SUSPENSÃO, EM SOLUÇÕES ÁCIDAS¹

*Daniel Guimarães Leão²
Raphael dos Santos Veloso²
Warley Roberto Mariz Condé²
Júlio César Nunes Cordeiro³
Edwin Auza Villegas⁴*

Resumo

O presente projeto envolveu a realização de ensaios de corrosão, em soluções ácidas, para a determinação da forma e intensidade de ataque que se instala na superfície de montantes de suspensão fabricados com ferro fundido nos quais foi retirada a proteção por pintura. A forma de corrosão foi determinada através de análises microscópicas e o desgaste superficial foi medido em termos da retração da superfície de ataque em função do progresso da reação. A metodologia experimental envolveu a realização de ensaios de perda de massa e o monitoramento da retração linear da superfície, objetivando-se um desgaste máximo de 1,5 mm. Os resultados indicam que a corrosão em soluções de HCl é de natureza uniforme sem a formação de produtos de corrosão aderentes à superfície e sem qualquer evidência de corrosão localizada. O desgaste da espessura especificada de 1,5 mm poderá ser realizado tanto com soluções frias ou aquecidas de HCl32% em períodos de ataque que variam entre 18 e 36 horas.

Palavras-chave: Corrosão; Montantes de suspensão; Automóveis.

A STUDY OF THE SUPERFICIAL WEAR OF SUSPENSION HUB-CARRIERS IN ACID SOLUTIONS

Abstract

The form and extent of chemical attack that occurs on cast-iron suspension hub-carrier surfaces were investigated during this work. The results were obtained through microscopic documentation and surface retraction tests when the samples were corroded in different concentrations of hydrochloric acid at room temperature and 40 °C. A maximum surface linear retraction of 1.5 mm was set as an aim and the time needed to achieve this value was measured for all conditions. The main results indicate that the attack in all conditions proceeds uniformly on all surface sites without formation of any corrosion products on the surface. No localized attack was observed on the attacked surfaces. Linear surface retraction of 1.5 mm can be best achieved using hot or cold 32%HCl on elapsed times between 18 and 36 hours.

Key words: Corrosion; Suspension headers; Cars

¹ *Contribuição técnica ao 64º Congresso Anual da ABM, 13 a 17 de julho de 2009, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

² *Aluno de graduação do Departamento de Engenharia Metalúrgica-UFMG,*

³ *Engenheiro da FIAT Automóveis S.A., Belo Horizonte*

⁴ *Ph.D., Professor Associado do Departamento de Engenharia Metalúrgica- UFMG*

1 INTRODUÇÃO

Os montantes são componentes estruturais que compõem o conjunto de suspensão dos automóveis que garantem a correta posição das rodas/pneus em diversas situações. Para efeitos de proteção contra corrosão estas peças são atualmente revestidas com uma ou mais camadas de pintura protetora. Observa-se que o orçamento gasto para tal é muito significativo, uma vez que, são inúmeras peças produzidas por dia e por isso, uma detalhada avaliação da real necessidade de tal pintura faz-se necessária.

Porém, para considerar-se as possibilidades de retirada total ou parcial dessa proteção, será primeiro necessário avaliar o possível comportamento de reação química das peças quando expostas aos agentes agressores do meio ambiente. Logo será também necessário verificar o desempenho mecânico do componente residual. Para obter tais informações será necessário avaliar aspectos tanto qualitativos (forma de corrosão) quanto quantitativos (extensão da corrosão). Neste último aspecto deverá considerar-se a extensão dos desgastes permitidos para que o sistema estrutural ainda permaneça com boa resistência mecânica para o correto funcionamento do veículo.

2 OBJETIVOS

O presente trabalho envolveu a realização de ensaios de corrosão, em ácido clorídrico 32%, para a determinação da forma de ataque que se instala na superfície de peças de ferro fundido que são partes de montantes de suspensão do modelo Fiat-Uno nas quais foi retirada a proteção por pintura.

A localização estrutural estratégica dos montantes do modelo Uno é mostrada em relatórios da própria empresa na matriz em Itália.⁽¹⁾ As peças foram gentilmente cedidas pela empresa Fiat Automóveis S.A.-Laboratório de Materiais, Brasil.

Os ensaios foram direcionados por um lado, para a verificação da qualidade superficial em termos de ataque uniforme ou localizado e por outro, para a verificação quantitativa do desgaste superficial obtido em termos de retração da superfície de ataque em função do progresso da reação.

Segundo delineamentos do setor de engenharia da empresa, o limite de retração superficial da superfície do montante deverá ser de 1,5 mm.⁽²⁾ Esta redução corresponde à corrosão obtida em montante bruto exposto aos climas severos tipo Norte da Europa ou ambiente tropical costeiro. O conhecimento do tempo necessário para atingir-se este desgaste será fundamental para logo delinear-se os ensaios de resistência mecânica dos montantes.

3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para a análise qualitativa da superfície atacada foram realizadas séries de documentação fotográfica e análises das superfícies por EDS. Estas últimas com a finalidade de verificar a possível formação de produtos de reação insolúveis, na superfície dos montantes.

Séries de ensaios de desgaste em soluções de ácido clorídrico 32% tanto a 25 quanto a 40°C foram realizados para promover o desgaste e retração linear da superfície. Os ensaios foram realizados com a finalidade de promover um desgaste máximo de 1,5 mm. Foi registrado como parâmetro comparativo o tempo necessário para atingir esse desgaste nas diferentes condições de teste. Para a preparação dos

corpos de prova, os montantes foram cortados em locais estratégicos segundo mostrado na Figura 1. Essas regiões foram determinadas pela Engenharia da FIAT.⁽³⁾

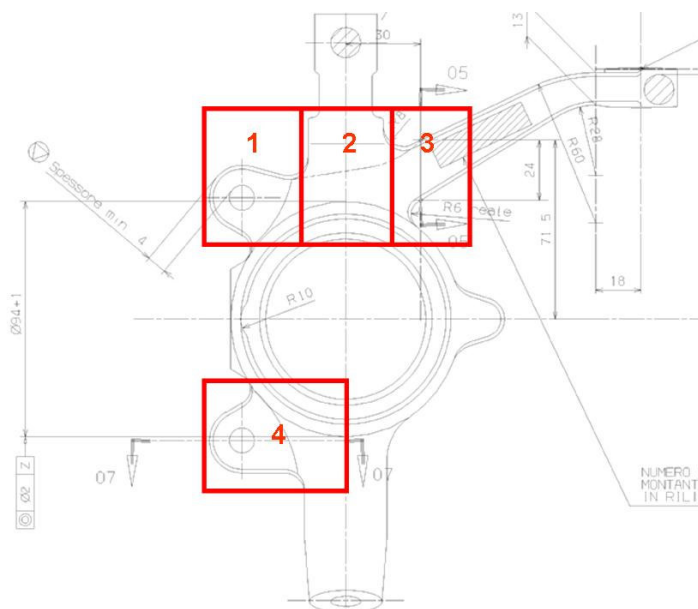


FIGURA 1. Locais de corte dos montantes para a obtenção de corpos de prova.

Uma vez realizados os cortes e a preparação dos corpos de prova procedeu-se ao trabalho experimental recomendado pela norma seguindo a seguinte rotina:⁽⁴⁾

- *Documentação fotográfica dos corpos de prova:* em cada corpo de prova foi realizada a toma fotográfica da superfície adequada para ataque químico e logo após ataque. O registro fotográfico foi realizado com a finalidade de monitorar visualmente o processo de degradação das superfícies ao longo dos ensaios de corrosão e poder estabelecer a forma de corrosão instalada na superfície. Foram tomadas fotografias com câmara digital com aumentos até de 5 X e fotomicrografias usando o Microscópio Eletrônico de Varredura com aumentos de 15X e 100X.
- *Ensaio de imersão:* Logo após foram realizados ensaios de imersão em triplicata, em célula de temperatura controlada e ambiente protegido com a finalidade de efetuar a redução controlada da espessura da superfície. Para estes ensaios uma cuba de laboratório termostatzada foi mantida à temperatura de $40 \pm 2^\circ\text{C}$ durante os ensaios a quente. Para efeitos comparativos foram realizados os seguintes ensaios:
 - *testes contínuos em HCl 32% a 40°C :* Nestes ensaios as amostras foram submetidas ao ataque contínuo do ácido por um ciclo de 24 horas e logo registrada a redução na espessura da superfície.
 - *Testes descontínuos em HCl 32% a 40°C :* Estes ensaios foram realizados com a finalidade de acompanhar a evolução da variação de espessura para avaliar a possível degradação do HCl em solução com a extensão da reação. As amostras foram submetidas a 6 ciclos de ataque de 3 horas cada. Após cada ciclo a solução de ataque foi renovada e foram realizadas as mesmas medidas que no anterior ensaio.

- *Testes descontínuos em HCl 32% a temperatura ambiente:* Estes ensaios foram realizados em condições similares aos ensaios anteriores com a diferença de que as soluções não foram aquecidas. Ensaios em temperatura ambiente são ambientalmente sustentáveis em relação a ensaios em temperaturas elevadas e devem ser priorizados quanto possível.

O monitoramento da retração linear da superfície foi realizado com micrômetro digital com escala milimétrica e a análise de produtos de corrosão nas áreas corroídas da superfície foi feita por Espectrometria de energia dispersiva (EDS).

4 RESULTADOS

4.1 Determinação da Forma de Ataque

A Figura 2 mostra fotografias das superfícies de corpos de prova sem ataque e logo após ataque em soluções ácidas a 40°C, realizadas no Microscópio Eletrônico de Varredura, mostrando com detalhe o estado inicial e final das superfícies dos corpos de teste:

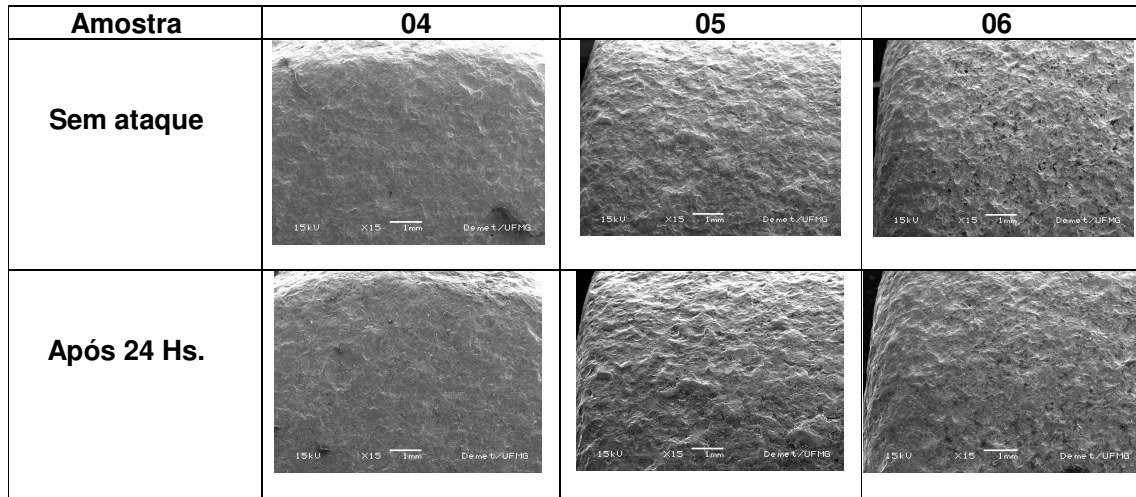


Figura 2. Fotomicrografias realizadas com MEV em superfícies sem ataque e após ataque de 24 horas em solução quente – aumento: 15X

Observe na Figura 2, que a morfologia das superfícies permanece inalterada após ataque químico sem encontrar-se sinais de qualquer ataque de natureza localizada. Observa-se, também, que locais com defeitos iniciais na superfície das amostras são oxidados de forma rápida logo após a retirada dos corpos de prova.

4.1.1 Determinação da formação de produtos de corrosão insolúveis na superfície

A Figura 3 mostra o espectro de energia dispersiva - EDS obtido na superfície de uma amostra atacada por 24 horas em solução quente.

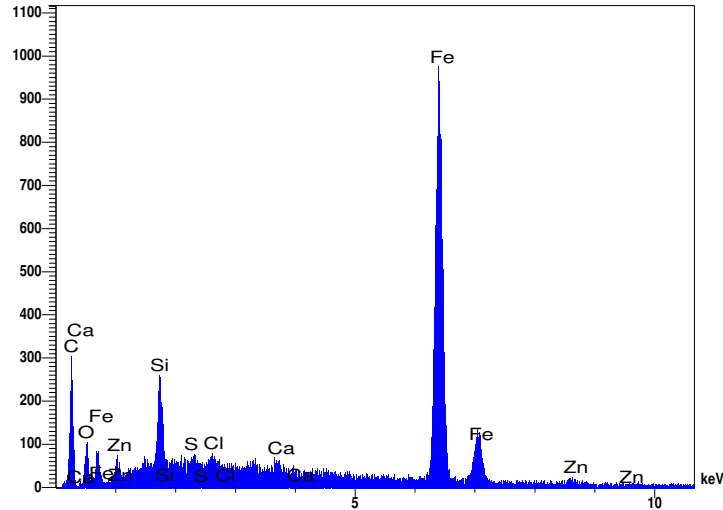


Figura 3. Espectro de Energia Dispersiva de Raios X – EDS, da superfície de uma amostra após ataque de 24 horas em solução quente.

Observa-se, na Figura 3, que os elementos predominantes no espectro são aqueles característicos da composição básica do ferro fundido, i.e., Fe-Si-C. Pequenos picos de cloro e oxigênio no espectro sugerem a formação de espécies oxidadas ou cloretadas na superfície da amostra em quantidades desprezíveis.

- *Avaliação da retração superficial* - A avaliação da retração superficial foi feita através do registro dos dados experimentais em tabelas e logo estes foram colocados em gráficos para poder-se observar com maior facilidade as tendências de reação. Os gráficos apresentados a seguir mostram os resultados de retração linear em função do progresso da reação, medidos com micrômetro digital.

4.1.2 Ensaios em ciclos contínuos de 24 horas

Os ensaios em ciclos contínuos de 24 horas foram realizados nas seguintes condições:

- solução de HCl 32% a $40 \pm 2^\circ\text{C}$;
- solução de HCl 32% em temperatura ambiente; e
- solução de HCl diluído 1 : 1 em temperatura ambiente.

Os resultados destes ensaios são mostrados na Figura 4.

Perda de espessura X tempo

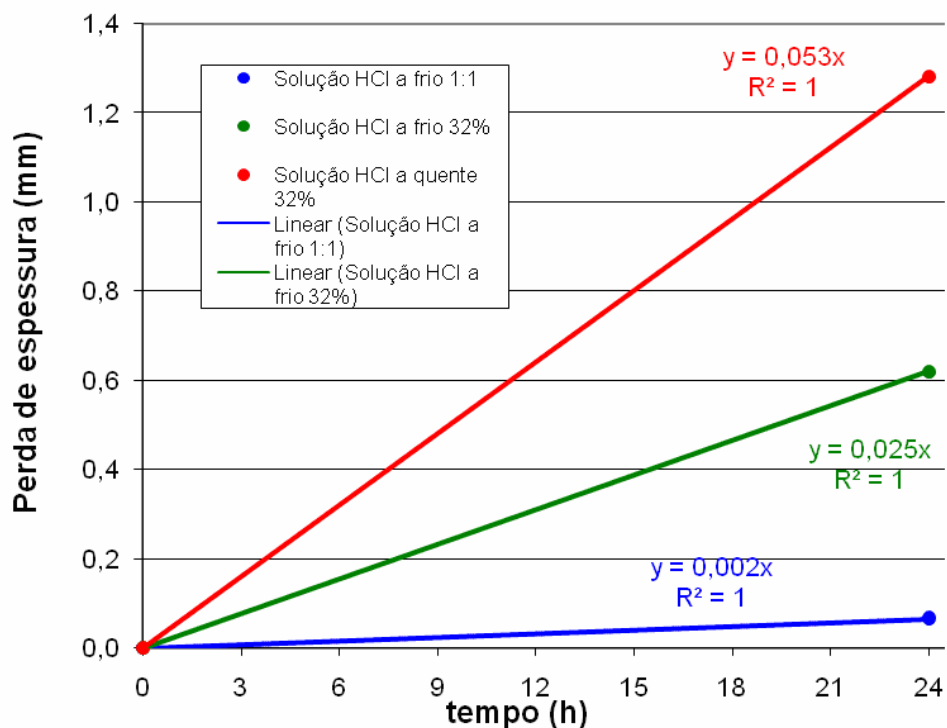


Figura 4. Gráfico de perda de espessura em ensaios de 24 horas.

Observa-se, na Figura 4, que o ataque da superfície, mesmo nas condições mais agressivas (linha vermelha), por um ciclo de 24 horas, é insuficiente para atingir-se uma redução na espessura de 1,5 mm. Com base nas equações obtidas a seguinte tabela mostra uma projeção aproximada do tempo necessário para atingir-se a meta especificada de redução de 1,5 mm nas condições pesquisadas:

Tabela 1. Tempo aproximado para redução de 1,5 mm de espessura- Ensaios contínuos de 24 horas em HCl

Solução de ataque	Equação	Tempo para atingir redução de 1,5 mm hs
HCl32% /40±2 °C	ER = 0,053 t	28
HCl32% /25±2 °C	ER = 0,025 t	60
HCl 1:1 /25±2 °C	ER = 0,002 t	750

ER = espessura reduzida

Observe que soluções quentes com 32%HCl são mais efetivas que soluções frias, porém são ambientalmente menos sustentáveis. Observa-se, também, que as soluções diluídas não são efetivas neste tipo de ataque.

4.1.3 Ensaios em ciclos descontínuos de três horas

Os ensaios em ciclos descontínuos de três horas foram realizados nas seguintes condições:

- soluções de HCl 32% a $40\pm 2^{\circ}\text{C}$; e
- soluções de HCl 32% em temperatura ambiente.

Devido à baixa eficiência de desgaste observada nos testes contínuos de 24 hs., nesta série não foram mais executados ensaios em soluções diluídas de HCl.

As Figuras 5 e 6 mostram os resultados dos ensaios de três amostras submetidas às mesmas condições tanto para soluções a quente (Figura 5) quanto para soluções em temperatura ambiente (Figura 6): Os cálculos do tempo necessário para atingir 1,5 mm de desgaste foram realizados utilizando-se a curva média das 3 amostras.

Observe, na Figura 5, que o tempo necessário para atingir-se o desgaste especificado de 1,5 mm quando é usada uma solução de ataque a quente, é menor do que 24 horas. Este fato é principalmente devido à preservação de uma concentração constante do ácido, obtido através da renovação da solução a cada três horas. Esta eficiência não é obtida em ataques à temperatura ambiente, o qual mostra uma clara influência do aumento da taxa de reação com o aumento da temperatura. Já nos testes contínuos de 24 horas, o poder de ataque da solução vai diminuindo continuamente devido à degradação do ácido, o qual promove a necessidade de tempos mais prolongados para conseguir-se o ataque desejado.

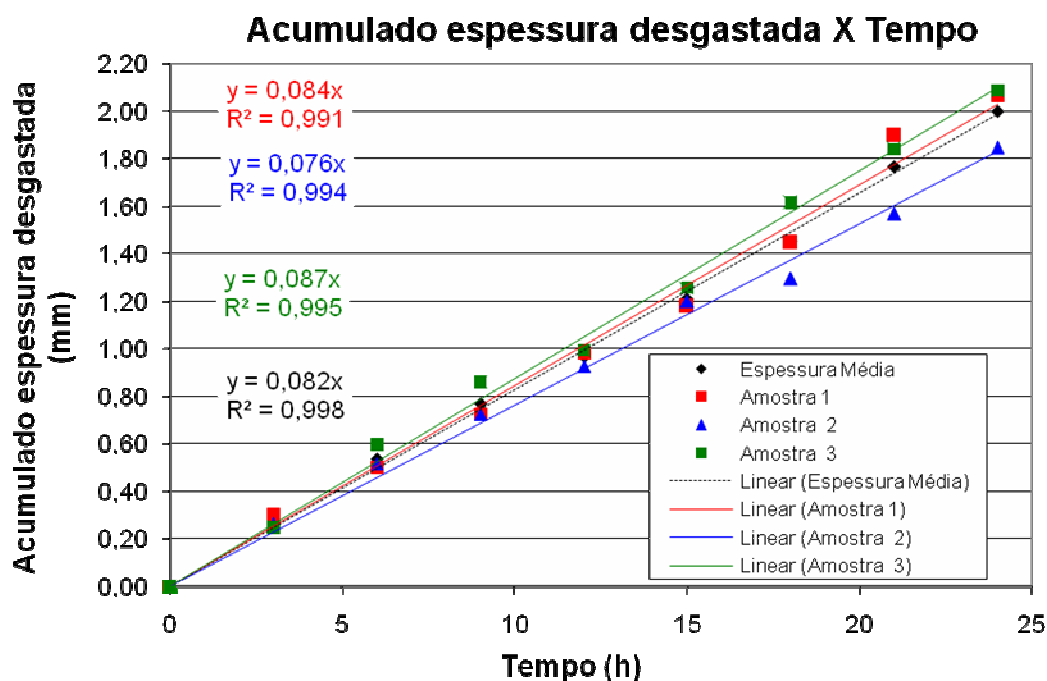


Figura 5. Desgaste da superfície em ensaios de 03 horas em HCl32% a $40\pm 2^{\circ}\text{C}$.

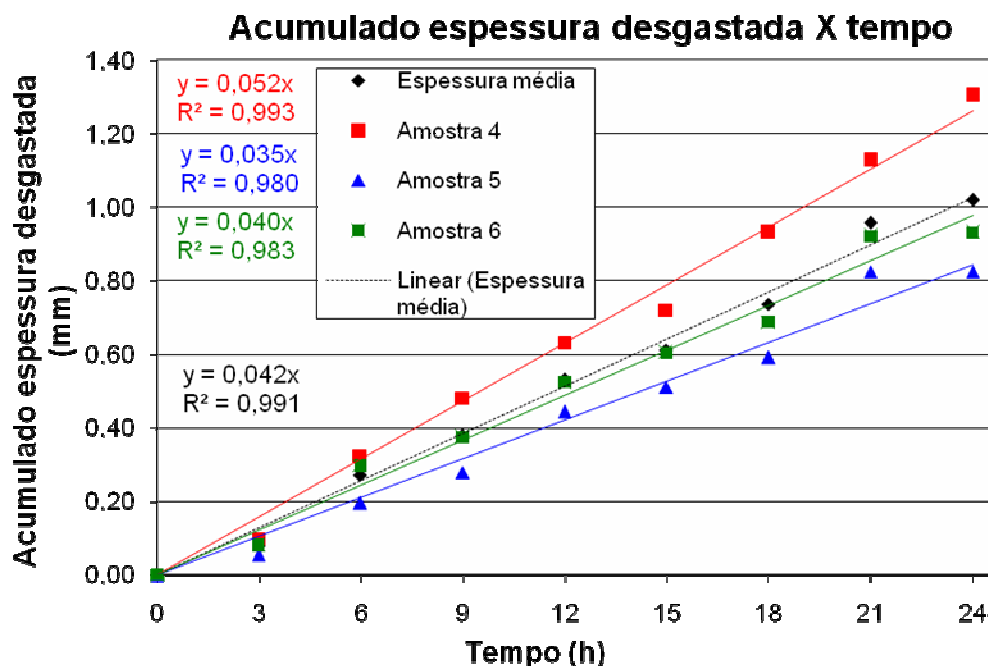


Figura 6. Desgaste da superfície em ensaios de três horas em HCl32% a temperatura ambiente.

A seguinte tabela mostra uma projeção aproximada do tempo necessário para atingir-se a meta especificada de redução de 1,5 mm nas condições pesquisadas nos ensaios descontínuos de três horas:

Tabela 2. Tempo aproximado para redução de 1,5 mm de espessura- Ensaios descontínuos de 03 horas em HCl32%

Solução de ataque	Equação	Tempo para atingir redução de 1,5 mm hs
HCl32% /40±2 °C	ER = 0,082 t	18
HCl32% /25±2 °C	ER = 0,042 t	36

ER = espessura reduzida

Observe na Tabela 2, que a redução especificada pode ser alcançada tanto em ensaios a quente por um período aproximado de 18 horas e também em ensaios a temperatura ambiente por um período de 36 horas. Ressalta-se que estes ensaios devem ser realizados efetuando-se a renovação das soluções a cada três horas.

5 CONCLUSÕES

As seguintes conclusões são apresentadas a partir da análise dos resultados experimentais obtidos nesta pesquisa:

- a corrosão promovida na superfície das amostras de Fe fundido, pelo ataque das soluções de HCl, é de natureza uniforme sem a formação de produtos de corrosão aderentes à superfície e sem qualquer evidência de corrosão localizada;
- da anterior observação pode-se deduzir que o desgaste químico das diferentes partes dos montantes poderá ser realizado com soluções desse ácido;

- o desgaste da espessura especificada de 1,5 mm poderá ser realizado com soluções quentes de HCl32% sendo, para isto, necessários mais de um ciclo de 24 horas. Isto devido à degradação contínua do poder de ataque químico da solução por perda da concentração de ácido;
- o desgaste da espessura especificada de 1,5 mm poderá ser também realizado com soluções quentes de HCl32% onde a solução deverá ser renovada a cada três horas. Neste caso, a demanda de tempo será menor de um ciclo de 24 horas;
- o desgaste da espessura especificada de 1,5 mm poderá também ser realizado com soluções HCl32% em temperatura ambiente sendo que neste caso, a demanda de tempo será de aproximadamente 2,5 ciclos de 24 horas; e
- soluções diluídas de HCl são inviáveis pelo reduzido poder de ataque químico;

REFERÊNCIAS

- 1 FIAT AUTOMÓVEIS S.A., Caratteristiche report sospensione anterior, Fiat Group Automobiles Normazione, Capitolato 9.01120/03, 2007
- 2 FIAT AUTOMÓVEIS S.A., Verniciatura di particolari metallici vari, Fiat Group Automobiles Normazione, Capitolato 9.55842, 2008
- 3 FIAT AUTOMÓVEIS S.A., Montanti route in ghisa non-verniciati- Metododo di riduzioni, Norma P&PE, EMM - I.M.SA, 133/04, 2004
- 4 FIAT AUTO NORMAZIONE, Cast iron Hub Carrier for front suspension, Design Standard 80181, July 2003