

ANÁLISE EXPERIMENTAL E COMPARATIVA DOS EFEITOS DA CORROSÃO POR IMERSÃO NO AÇO INOX AISI 420.

Lucas Pedra Machado¹

Thaiza Mauro da Silva Santos¹

Vinicius Barbosa²

Vitor Iotte Medeiros³

vitor_iotte@hotmail.com

ÁREA DE CONHECIMENTO: Engenharias

PALAVRAS-CHAVE: aço inox AISI 420; ácido sulfúrico; corrosão.

RESUMO

Os processos de corrosão em materiais metálicos afetam diretamente o desempenho e segurança de projetos mecânicos, resultando em custos vinculados à substituição ou reparo. Para redução de eventos indesejados com materiais, os meios de exposição precisam ser levados em consideração. O quanto a corrosão do material em imersão de ácido sulfúrico de pH2 pode afetar a perda de massa e a dureza do aço inoxidável AISI 420. Neste trabalho foi avaliado de forma experimental o comportamento do aço martensítico tendo como premissa a imersão de 6 amostras em recipientes separados e tampados para que fosse amenizado qualquer tipo de contaminação e até mesmo evaporação da solução. As amostras passaram um período de 25 dias em condição de imersão total, onde foi possível evidenciar a alteração de coloração da solução e dos corpos de provas, que por sua vez eram em formatos de discos com dimensões de 15,87 milímetros de diâmetro e 10 milímetros de altura. As análises de massa e dureza após o experimento foram executadas de modo a avaliar os pontos de maior impacto nesses ambientes adversos e sua interferência na aplicação de projetos e até mesmo na definição do ciclo de vida e manutenção dessas peças aplicadas. Os resultados mostraram que a massa foi afetada em até 0,631% da sua massa inicial e um resultado ainda mais expressivo observando sua dureza com uma perda de até 43,536% da sua propriedade.

¹ Graduandos de Engenharia Mecânica - UNIVÉRTIX – TR.

² Graduado em Engenharia Mecânica – UniRedentor. Especialista em automação industrial - UCAM - Professor da Faculdade Vértice Trirriense – UNIVÉRTIX - TR.

³ Licenciado em Química – UFJF, Mestre em Educação Química – UFJF, Professor da Faculdade Vértice Trirriense – UNIVÉRTIX - TR.

INTRODUÇÃO

O Aço é um material presente no ambiente industrial, cujo uso cresce continuamente devido a suas propriedades mecânicas. Alta condutividade, resistência mecânica e maleabilidade, são algumas das propriedades que se encontram na maior parte dos produtos manufaturados existentes. Chiaverini (2002) define aço como liga de ferro carbono, com até 2,11% de carbono, podendo conter elementos químicos residuais oriundos da sua fabricação ou adicionados propositalmente.

É comum a utilização de técnicas para adequar as propriedades mecânicas dos aços conforme a necessidade da aplicação. Nessa perspectiva, aponta-se a adição de elementos de liga melhorando suas características, bem como a possibilidade de tratamentos térmicos ou superficiais (CALLISTER JR; RETHWISCH, 2013). Segundo Zeemann (2016) a adição proposital de elementos de liga visa obter propriedades que resistam a meios agressivos. Com elevada resistência à oxidação, ao desgaste, as variações de temperaturas, assim como diferentes níveis de resistência mecânica, são as principais propriedades alteradas por elementos de liga.

A utilização do aço inox encontra-se em constante crescimento pela sua alta resistência à corrosão, sendo esse um dos principais problemas quando se considera a utilização dos metais. Isto se dá devido a sua composição química tendo como principal elemento de liga o cromo. Sua característica se dá pela formação de óxidos de cromo na superfície do material, onde é formada uma película protetora que impede o contato do metal-base com o meio agressivo (CARBÓ, 2008).

Pode-se definir corrosão como um processo de dano causado pelas reações químicas e eletroquímicas em um meio agressivo. Por ser um processo espontâneo e irreversível, ela é a principal responsável pelos altos custos de manutenção de peças e equipamentos (GENTIL, 2011).

Procura-se então compreender o comportamento do material de investigação em relação à corrosão.

Sendo assim, nossa questão de pesquisa é: Como o aço inox AISI 420 se

comporta quando submetido ao contato por imersão em ácidos sulfúrico? Para responder a essa indagação, analisamos a perda de massa e o impacto dessa perda em sua propriedade de dureza.

OBJETIVO GERAL

Analisar experimentalmente como é a influência da corrosão no aço inox AISI 420 em imersão em solução de ácido sulfúrico tendo como principal parâmetro sua perda de massa e dureza.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Inicialmente são descritos os aços inoxidáveis martensíticos, contendo uma breve explanação acerca de suas propriedades mecânicas, e seu comportamento com relação a resistência à corrosão. Constata também a experimentação da imersão em solução de ácido sulfúrico, e as técnicas utilizadas para avaliar os efeitos da corrosão desses materiais.

AÇO INOX MARTENSÍTICO

É uma liga do aço, que tem como material predominante o cromo, com uma concentração mínima de 11%, tendo adição de outros elementos de liga em sua composição a fim de melhorar suas propriedades mecânicas e principalmente sua resistência à corrosão, sendo eles o níquel e o molibdênio.

Aços inoxidáveis martensíticos são classificados como a série AISI 400. Possuem resistência mecânica relativamente alta e boas propriedades quanto ao seu fadigamento, que dependerá tanto do seu tratamento térmico quanto da geometria da peça. E o seu teor de carbono é o suficiente para promover o endurecimento do material através de tratamento térmico, responsável pela transformação martensítica (TOUSSAINT, 2002).

ACELERAÇÃO DA CORROSÃO EM METAIS

As superfícies metálicas expostas ao ar são cobertas com uma fina película de óxido. Quando esses materiais são imersos em uma solução aquosa, o filme tende a se dissolver, deixando as áreas não revestidas em estado ativo. Devido à exposição

do metal na solução aquosa, ocorre uma série de reações à medida que íons metálicos carregados positivamente entram na solução do metal, deixando elétrons nele. Os elétrons que se acumulam como cargas negativas aumentam a diferença de potencial entre o metal e a solução (PHILIP; SCHWEITZER, 2003).

Essa reação é conhecida como reação de oxirredução, na qual (nos casos de corrosão de metais) o metal sólido no seu número de oxidação (NOX) padrão zero é oxidado a um cátion de NOX positivo devido a retirada de elétrons de sua camada eletrônica. Esses elétrons retirados do metal são transferidos para o hidrogênio (H^+) proveniente do ácido, reduzindo-o a gás hidrogênio H_2 .

CORROSÃO

A corrosão pode ser definida como a deterioração de um material, por ação física, química ou eletroquímica do meio ambiente aliada ou não a esforços mecânicos. Para Callister e Rethwisch (2012), a corrosão ocorre de diferentes formas para os três tipos de materiais, sendo que nos metais tem-se uma perda de material que pode ser por incrustação, dissolução ou por um filme não metálico.

A corrosão, em geral, é um processo espontâneo, que está constantemente transformando os materiais de modo que a durabilidade e desempenho dos mesmos deixam de satisfazer os fins a que se destinam (Gentil, 2008). Podendo ocorrer por três elementos, sendo eles o ânodo, cátodo e o eletrólito. O ânodo é onde ocorre a corrosão do metal, o eletrólito é o meio corrosivo que permite a transferência de elétrons do ânodo para o cátodo e, por último, o cátodo é o condutor elétrico que não é consumido pelo processo de corrosão (WOLYNEC, 2003).

DUREZA

Dureza é uma das propriedades dos materiais amplamente utilizada e estudada no ramo de pesquisas de metal mecânica, com intuito de avaliar as propriedades mecânicas e também como método de auxílio na identificação do material. (BANDEIRA, 2019)

Pode-se definir dureza como resistência a deformação plástica ou sua resistência a ações mecânicas em sua superfície. Segundo Shackelford (2008) os métodos mais utilizados são: Rockwell, Brinell e Vickers, estes ensaios são realizados através da compressão de um penetrador sobre a superfície do material.

METODOLOGIA

Nesse tópico será apresentado a abordagem metodológica do trabalho, bem como os procedimentos experimentais realizados para essa etapa do projeto. Vale destacar que esse trabalho é um recorte de um projeto de TCC sendo, portanto, uma análise parcial dos dados obtidos até o momento.

Esta pesquisa é de natureza descritiva e explicativa, na qual por meio da descrição dos fenômenos observados buscaremos explicar as consequências da corrosão no aço inox AISI 420 no que se refere a perda de massa e dureza do material. Utilizaremos a experimentação como abordagem metodológica, pois, segundo Gil (2008) a pesquisa experimental consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto.

A seguir detalharemos como foi realizado o procedimento de seleção das amostras; das soluções para ensaio experimental; e do procedimento de aceleração de corrosão com a solução selecionada na etapa anterior.

AMOSTRA

As amostras de aço inox AISI 420 foram usinadas em discos com 10 milímetros de comprimento e 15,87 milímetros de diâmetro. Sendo então fabricadas na composição de 0,351% de carbono (C), 0,420% de manganês (Mn), 0,450% de silício (Si), 0,029% de fósforo (P), 0,023% de enxofre (S), 12,240% de cromo (Cr), 0,270% de níquel (Ni), 0,040% de cobre (Cu) e 0,020% de Nitrogênio (N) as quais foram obtidas através do laudo do fornecedor.

Foram confeccionados 12 corpos de provas, como na figura 1. Dos 12 (doze) corpos de provas, seis foram destinados à seleção da solução e seis ao processo de aceleração de corrosão propriamente estudado.

Figura 1: Amostras de aço inox AISI 420



Fonte: Os autores (2022)

SELEÇÃO DA SOLUÇÃO

Para a seleção da solução para aceleração da corrosão, foram utilizados três tipos de soluções, sendo elas duas ácidas (ácido sulfúrico), duas básicas (hidróxido de sódio) e duas salinas de caráter neutro (cloreto de sódio). A escolha de tais soluções foi definida por meio de uma breve pesquisa das principais soluções utilizadas nas indústrias da região, sendo elas dos ramos alimentício, embalagens de papelão e embalagens plásticas.

As amostras foram inseridas em solução em recipiente fechado, para que assim fosse reduzida a evaporação e contaminação da mesma. A avaliação das perda de massa das amostras foram feitas após o período de cinco dias após o início da imersão, que se deu conforme tabela a seguir:

Tabela 1: Comparação da massa do aço inox AISI 420 pré e pós a imersão na solução.

AMOSTRAS	MASSA PRÉ SOLUÇÃO	MASSA APÓS SOLUÇÃO	PERDA DE MASSA (g)	PERDA DE MASSA (%)
H ₂ SO ₄ (pH = 2)	14,3426	14,3094	0,0332	0,231
H ₂ SO ₄ (pH = 5)	14,6656	14,6647	0,0009	0,006
NaCl (pH = 6 - saturada)	15,1713	15,1703	0,001	0,006

NaCl (pH = 6)	14,9056	14,9033	0,0023	0,015
NaOH (pH = 11)	15,0554	15,0551	0,0003	0,001
NaOH (pH = 8)	14,9775	14,971	0,0065	0,043

Dados: Obtidos experimentalmente pelos autores (2022)

Imagem 2: Seleção da solução após imersão por cinco dias.



Fonte: Os autores (2022)

Através do experimento, foi possível observar o maior desprendimento de massa por parte da solução ácida de pH = 2, onde houve eficiência de 0,0332 gramas da amostra um. O que justificou a escolha da solução de H₂SO₄ com pH 2.

ACELERAÇÃO DA CORROSÃO

Após definir qual tipo de solução seria utilizada no experimento, ocorreu o preparo de 250 mL de solução de H₂SO₄ (pH = 2) a fim de imergir seis amostras do inox AISI 420 nesta solução. A massa das amostras foi aferida 3 vezes, com 5 dias, 15 dias e 25 dias em balança analítica com quatro casas decimais de precisão a fim de se obter um gráfico evidenciando a diferença de massa no intervalo de tempo proposto.

ANÁLISE DO EXPERIMENTO

A análise acontecerá através de aferição do peso inicial e final das amostras após serem submetidas a um ambiente hostil, que para esse trabalho será a imersão em ácido sulfúrico. Com isso será confeccionado um gráfico analítico que evidenciará a perda de massa no intervalo de tempo estipulado.

Para a dureza, será utilizada a escala Brinell, para que também seja verificado

qualquer possível desvio na dureza do material por efeito do processo. Esse ensaio foi definido devido a disponibilidade em laboratório de uma empresa parceira, onde o durômetro será o de modelo ISHL-P1000 do fabricante INSIZE.

Sendo assim, as amostras terão a sua massa aferida em 3 instantes e a sua dureza aferida no início do processo, e comparada com a fornecida no laudo do fornecedor do material.

Imagem 3: Durômetro utilizado na pesquisa.



Fonte: Os autores (2022)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

No primeiro instante das amostras em imersão foi possível notar a formação de bolhas da própria solução na superfície das amostras, e em um período menor que oito minutos, já era evidente a alteração de coloração no corpo das amostras, saindo de seu tom natural para tons semelhantes ao tom grafite. Ao decorrer do processo, a solução começou a apresentar um tom alaranjado e com deposição de materiais no fundo dos recipientes e o pH cresceu de 2 para 5, conforme imagem a seguir:

Imagem 4: Alteração de cor e pH da solução.



Fonte: Os autores (2022)

O tipo de corrosão notado nos primeiros dias de imersão foi a por placas, já a evidenciada na imagem 4, é a de tipo uniforme. O que pode ter sido uma espécie de proteção do próprio material com relação a continuação de desprendimento de massa.

Imagem 5: Superfície da amostra 6.



Fonte: Os autores (2022)

Após a limpeza da superfície com papel toalha, foram realizadas verificações do peso e do pH, notou-se também que o pH se estabilizou em 5, que consta na tabela 2.

Tabela 2: Resultado das massas obtidas após corrosão.

AMOSTRA	MASSA INICIAL (g)	MASSA 5 DIAS (g)	MASSA 15 DIAS (g)	MASSA 25 DIAS (g)	PERDA DO PROCESSO (%)
PH	2	3	5	5	-
1	15,411	15,341	15,338	15,334	0,50
2	14,616	14,547	14,545	14,539	0,527

3	15,515	15,44	15,439	15,433	0,528
4	15,379	15,291	15,289	15,282	0,631
5	15,014	14,931	14,93	14,924	0,599
6	15,503	15,424	15,421	15,417	0,555

Dados: Obtidos experimentalmente pelos autores (2022)

Conforme ilustrado no gráfico 1, a seguir. Encontrou-se uma perda de massa considerável, a amostra 4 apresentou o maior desprendimento de massa, sendo de 0,631% do peso inicial, a amostra 1 o menor desprendimento, sendo ele de 0,5% da massa inicial. Com isso, foi obtido um desvio padrão de 0.2791 gramas.

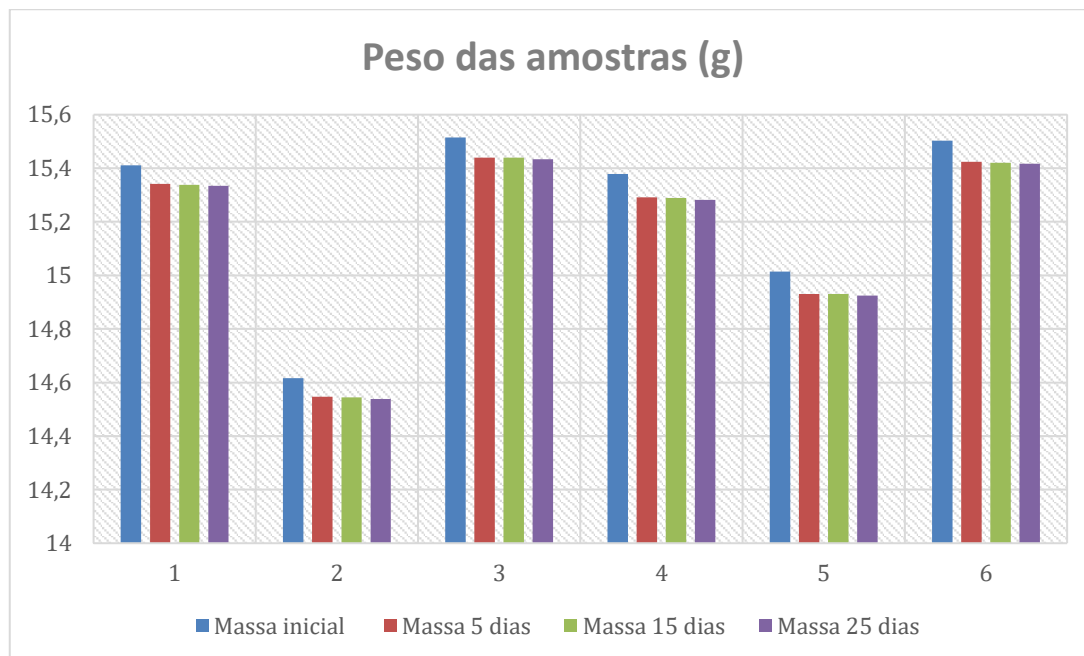


Gráfico 1: Resultado das massas obtidas após corrosão.

Dados: Obtidos experimentalmente pelos autores (2022)

De acordo com o laudo que se obteve do fornecedor a dureza das amostras fornecidas pelo mesmo seria de 189,5 HB, porém após a exposição do material a corrosão essa dureza foi alterada conforme tabela abaixo:

Tabela 3: Resultado das durezas obtidas após corrosão.

AMOSTRA	DUREZA INICIAL (HB)	DUREZA FINAL (HB)	DIFERENÇA (%)
1	189,5	107	43,536
2	189,5	133	29,815
3	189,5	120	36,675
4	189,5	125	34,037
5	189,5	133	29,815
6	189,5	126	33,509

Dados: Obtidos experimentalmente pelos autores (2022)

Pode-se observar uma grande mudança na propriedade mecânica do material, visto que sua menor diferença foi de 29,815% e a maior diferença chegando a 43,536%.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos com a perda de massa da amostra e sua perda de dureza, pode-se concluir que apesar de estar sendo avaliado um aço especial e inoxidável ele sofre bastante quando exposto ao ácido sulfúrico H_2SO_4 (pH = 2). Tendo uma perda de massa de até 0,631% da sua massa inicial e um resultado ainda mais expressivo observando sua dureza com uma perda de até 43,536% da sua propriedade.

O que poderia ser ainda mais afetado, se fosse realizado a manutenção da solução a fim de manter o pH em 2 e se a limpeza da superfície do material fosse constantemente realizada. Tendo em vista de que essa corrosão uniforme pode sim ter sido um fator protetor do corpo de provas, uma vez que a partir do quinto dia o desprendimento de massa foi mínimo se comparado ao do início.

Tendo como objeto de observação a dureza das amostras torna-se alarmante como sua propriedade foi afetada, tornando o material mais propenso ao desgaste

superficial, podendo impactar diretamente no seu desempenho em aplicação em projetos de engenharia.

REFERÊNCIAS

BANDEIRA, G. G. D. L. **Avaliação da influência do processo de têmpera e revenimento sobre a resistência à corrosão do aço inoxidável martensítico AISI 420**. Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia de Materiais do campus de Blumenau da Universidade Federal de Santa Catarina. 2019

CALLISTER JR, W. D, RETHWISCH, D. G. **Ciência e engenharia de materiais - uma introdução**. 9. ed. WILEY 2013.

CARBÓ, H. M. **Aços inoxidáveis: aplicações e especificações**. São Paulo, SP: ArcelorMittal Inox Brasil, 2008.

CHIAVERINI, V. **Aços e Ferros Fundidos**. 7. ed. [S.l.]: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2002.

GENTIL, V. **Corrosão**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. Rio de Janeiro. Grupo GEN, 2022. E-book. ISBN 9786559771653. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#!/books/9786559771653/>. Acesso em: 11 set. 2022.

PHILIP, A.; SCHWEITZER, P.E. **Metallic Materials** – Physical, Mechanical, and Corrosion Properties. 1ª ed. Marcel Dekker. New York, 2003.

SHACKELFORD, J. F. **Introdução à ciência dos materiais para engenheiro**. 6ed. rev. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008. 546p.

TOUSSAINT, P.; DUGRANE, J.J. Advances in the making and base materials properties of supermartensitic stainless steel. In: **Supermartensitic Stainless Steel 2002**, Bruxelas, 2002.

WOLYNEC, S.. **Técnicas eletroquímicas em corrosão**. 1ª ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2003.

ZEEMANN, A.. **Aços de baixa liga e alta liga**. 2016. Disponível em: <<https://www.linkedin.com/pulse/a%C3%A7os-baixa-liga-e-alta-anelise-zeemann/?originalSubdomain=pt>> Acesso em: 30/04/2022.