



# Influência da microestrutura do AÇO AISI 4340 na difusão do hidrogênio nascente.

Autores: Anderson Kiyoshi Suzuki (Bolsista),

Prof Célia Marina de Alvarenga Freire  
(Orientadora)

FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

Financiamento do projeto: SAE Unicamp – bolsa PIBITI

## Introdução

A fragilização de hidrogênio, é um dos problemas que afeta o aço AISI 4340, basicamente por ser um aço que apresenta alta resistência mecânica. Tal fenômeno, quando presente no aço, acaba fragilizando o mesmo, e deixando-o suscetível a sofrer falhas súbitas quando em atividade, sendo portanto algo que deve ser estudado para evitá-lo. (CALLISTER, 2000, P.403).

Neste estudo, será feita uma análise da influência da microestrutura do aço AISI 4340, em relação ao processo de difusão de hidrogênio, sendo o hidrogênio gerado a partir de um processo eletroquímico.

## Metodologia

### Obtenção das Amostras

Foram confeccionados corpos de prova do aço AISI 4340 (AMS 6415) a partir de uma barra cilíndrica que foi fornecida pela empresa Villares Metais. Foram obtidos 12 corpos de prova no formato de discos de 4 cm de diâmetro e 2,5 mm de espessura que passaram por tratamentos térmicos de têmpera e/ou revenimento com auxílio de um forno por indução. O revenimento tem como objetivo eliminar as tensões provocadas pela têmpera e ela foi realizada mantendo-se o corpo de prova a uma determinada temperatura elevada por 2 horas e em seguida resfriada ao ar. No final destes processo foram obtidos:

2 peças temperadas

2 peças revenidas a uma temperatura de 600°C

2 peças revenidas a uma temperatura de 650°C

2 peças revenidas a uma temperatura de 700°C

2 peças revenidas a uma temperatura de 750°C

2 peças revenidas a uma temperatura de 800°C

### Análise Metalográfica

No processo de metalografia, foram utilizadas lixas de granulometrias: 100, 220, 320, 400, 600, 800 e 1200. Após o lixamento foi realizado o polimento utilizando-se 2 panos de diferente abrasivos de diferentes granulometrias. Por fim, utilizou-se o microscópio ótico para obtenção das metalografias das amostras.

### Ensaio de Dureza

As medidas foram feitas em Rockwell C e foram realizadas com um durômetro de Bancada Rockell C da marca Pan Tec modelo RBS-M.

### Difusão de Hidrogênio

Para a realização deste, foram utilizados os discos metálicos desenvolvidas nesta iniciação, que foram submetidos a ensaios eletroquímicos de permeação à temperatura ambiente (26°C). No lado da célula onde é gerado o hidrogênio utilizou-se uma solução 0,1M de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). No lado da célula onde se detecta o hidrogênio difundido utilizou-se solução eletroquímica de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1M. A amostra foi interposta entre os dois compartimentos, sendo que em um destes compartimentos será gerado o hidrogênio e no outro detectado o hidrogênio.

### Ensaio de Fratura.

Os corpos de prova foram mergulhados em uma solução de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) com concentração 0,1M. Após esse procedimento as peças foram resfriadas com nitrogênio líquido, fraturadas com auxílio de um entalhe e por fim analisadas com auxílio do microscópio eletrônico de varredura modelo EVO MA 15.

## Resultados e Discussões

Todos os resultados obtidos por meio da metodologia apresentada encontra-se a seguir:

Aço	Metalografia	Dureza [HRC]	Coefficiente de difusão	Análise do micromecanismo de Fratura
Temperado	Martensita	34,6	9,7382E-11	Dimples (não evidente)
Revenido 600°C	Martensita Revenida	27,4	2,7966E-11	Dimples (evidente)
Revenido 650°C	Martensita Revenida	21,4	7,3711E-11	Planos de Clivagem
Revenido 700°C	Perlita e Ferrita	38,5	1,0998E-10	Planos de Clivagem (menos evidente)
Revenido 750°C	Martensita	43,9	1,8287E-10	Dimples (Menos evidente)
Revenido 800°C	Martensita	54,4	2,6383E-11	Planos de Clivagem (evidente)

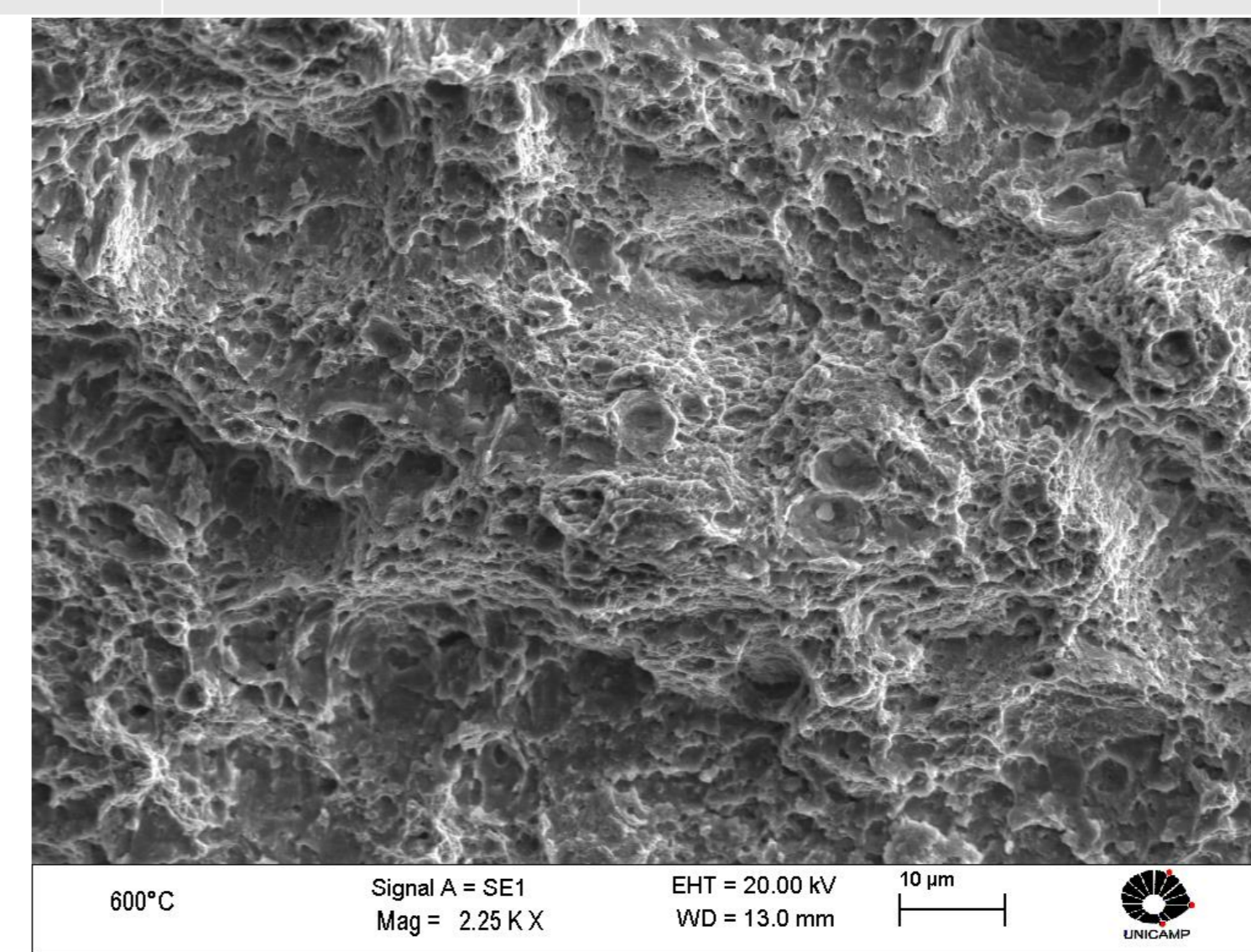


Figura: Análise de micromecanismo de fratura realizada no MEV com aumento de 2000x para o corpo de prova temperado e revenido a 600°C.

## Conclusões

-Tantos os aços temperados e revenidos como os aços apenas temperados apresentaram no ensaio de difusão variações de corrente quando submetidos a hidrogenação, indicando que há espécies que se difundem pelo eletrodo de trabalho e são detectadas;

-Os resultados obtidos para os coeficientes de difusão mostraram pouca variabilidade, nas condições de trabalho usadas, não permitindo uma correlação entre a microestrutura e a difusão de hidrogênio.

## Referências Bibliográficas

- COSTA, Giselle Barata. - Influência da hidrogenação sobre a microestrutura e magnetização de saturação do aço AISI 4340 (AMS 6414K e AMS 6415S) –Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2013. Tese (Mestrado).
- CARVALHO, Ícaro Zanetti de. - Fragilização por Hidrogênio nos Aços AISI 4340 (AMS 6414K e AMS 6415S) Temperados e Revenidos – Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2012. 123p. Tese (Mestrado).