

## SUPERFÍCIES SUPER-HIDROFÓBICAS EM AÇO OBTIDAS POR ATAQUE QUÍMICO E RECOBRIMENTO SIMPLES

**JONAS THEODORO DO MARCO<sup>1</sup>**; **FERNANDO AUGUSTO DE MORAES<sup>2</sup>**;  
**PEDRO LOVATO GOMES JARDIM<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Universidade Federal de Pelotas – jonasthmarco@gmail.com*

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Pelotas – ferengmat2013@gmail.com*

<sup>3</sup>*Universidade Federal de Pelotas – pedro.lovato@ufpel.edu.br*

### 1. INTRODUÇÃO

O aço SAE 1020 é um dos aços ao carbono mais comumente utilizados por apresentar excelentes conformabilidade e soldabilidade, e boa relação custo-benefício. É constituído basicamente de ferro e, em pequenas quantidades, de carbono, manganês e silício. Suas principais aplicações são em engrenagens, virabrequins, pinos guia, tubulações, entre outros.

Molhabilidade é a propriedade que determina de que maneira ocorrerá a interação de um material com determinado fluido, como por exemplo a água, e qual a tendência de espalhamento desse fluido ao longo da superfície do material. Essa interação, segundo WENZEL (1949), depende tanto dos fatores físicos da superfície, como a rugosidade, quanto de fatores químicos, que resultam na quantidade de energia livre superficial do material. A capacidade de molhamento é determinada através da medição do ângulo de contato na intersecção entre as três interfaces presentes no sistema: sólido/ar, líquido/ar e sólido/líquido.

A hidrofobicidade é observada e estudada na natureza há muitos anos, e sua principal referência é a folha da flor de lótus, que apresenta características auto-limpantes devido ao fácil deslocamento de gotas de água em sua superfície, levando a sujeira embora. Uma superfície é caracterizada como super-hidrofóbica quando a tensão na interface líquido/sólido é muito maior que a tensão na interface sólido/ar, sendo assim, o ângulo de contato estático determinado numa gota d'água sobre essa superfície será maior que 150°. Além do caráter auto-limpante, superfícies que são boas repelentes de água também podem impedir a formação de cristais de gelo quando em ambientes frios e reduzir o atrito e a força de arrasto em sistemas hidrodinâmicos.

Ao longo dos anos, diversos métodos (ataque químico, ataque hidrotérmico, deposição eletroquímica, recobrimentos químicos e físicos, deposição química à vapor, deposição por plasma, reações de polimerização, entre outros) tem sido estudados na intenção de se obter superfícies super-hidrofóbicas para os mais variados fins. Dentre os muitos métodos empregados, os que envolvem ataque químico superficial por meio de soluções ácidas, visando aumento da rugosidade na superfície, seguidos de uma funcionalização superficial por meio de recobrimento, mostraram-se bastante promissores, apresentando altos ângulos de contato estático a partir de processos relativamente simples e de baixo custo.

Sendo assim, os objetivos deste trabalho foram aumentar a hidrofobicidade em substratos de aço de baixo carbono através de ataque químico com ácido nítrico seguido de recobrimento superficial com ácido esteárico, e compreender os efeitos físicos e químicos envolvidos no processo.

## 2. METODOLOGIA

Após levantamento bibliográfico a cerca do tema, seguido de leitura cuidadosa de trabalhos anteriormente realizados na área, iniciou-se a parte experimental. O aço foi obtido na distribuidora Açomaq, em Pelotas, na forma de barra achatada com 2 mm de espessura, 20 mm de largura e 6 m de comprimento. A barra foi segmentada em pedaços com 0,3 m de comprimento para melhor manuseio do material.

Para preparação da superfície das amostras, um dos lados dos segmentos foi lixado com lixas na seguinte sequência granulométrica: 60, 120, 220, 320, 400, 600 e 1200, com o intuito de, não apenas remover a proteção anticorrosiva superficial que as barras normalmente apresentam, mas também, se obter uma superfície mais lisa e homogênea possível. Usou-se também massa de polir automotiva, para assegurar um acabamento refinado na superfície. Em seguida, os segmentos lixados foram cortados em com 3 cm de comprimento (tamanho estipulado para cada amostra), tiveram suas pontas e rebarbas limadas, foram limpos em banho de álcool isopropílico em um aparelho de ultrasom por 30 minutos, e secados em estufa a 100º C.

Preparou-se três soluções de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) em água destilada, com diferentes concentrações (0,5%, 1% e 2% m/m), para realizar o ataque químico. Em cada uma delas, a face pré-tratada de cada amostra foi imersa em cada solução durante períodos de tempo em escala exponencialmente crescente de  $2^n$  minutos, onde  $n = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ . Retiradas da solução, as amostras eram imersas imediatamente em álcool isopropílico, para evitar contato com o ar.

Em seguida, as amostras atacadas quimicamente receberam recobrimento superficial por simples imersão em solução de ácido esteárico, com velocidades de descida e subida controladas, assim como o tempo de imersão. O procedimento foi realizado por meio do equipamento Dip Coater, projetado e desenvolvido nos laboratórios do Grupo de Pesquisas em Crescimento de Cristais Avançados e Fotônica (CCAF), no prédio da Física, campus Capão do Leão. Logo após o recobrimento, as amostras foram secadas em estufa a 100º C por 20 minutos, para total deposição do filme.

A capacidade hidrofóbica foi averiguada a partir de cuidadosa observação visual do comportamento de pequenas gotas d'água destilada posicionadas na superfície tratada das amostras. Imagens de Microscopia Eletrônica de Varredura foram obtidas no Laboratório CEME – Sul, na FURG, e comparadas com imagens obtidas em outros trabalhos publicados para compreensão das alterações topográficas realizadas no processo.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira alteração que pôde ser notada na superfície das amostras, logo após o ataque químico, quando comparadas com a superfície de uma amostra apenas polida, é a diminuição no brilho, já que ocorre maior espalhamento da luz que incide nas amostras, resultado de um aumento na rugosidade superficial. Esse aumento na rugosidade apresentou-se de forma gradual, crescendo conforme o tempo de imersão na solução de  $\text{HNO}_3$  também aumentava. A efetividade do ataque mostrou-se maior quanto maior a concentração da solução ácida utilizada.

Antes do recobrimento via dip coater, as amostras apresentaram alta hidrofilicidade, resultado do aumento da área superficial e consequente aumento da energia superficial livre da amostras em função do ataque químico. Após a aplicação do filme de ácido esteárico, ocorreu a funcionalização da superfície, que tornou-se altamente hidrofóbica, como mostra a figura X. Essas características puderam ser notadas ao se colocar, com o auxílio de uma pipeta, pequenas gotas de água destilada em diferentes regiões da amostra.

As imagens de Microscopia Eletrônica de Varredura nos permitiram visualizar e compreender melhor como ocorreu o ataque superficial com ácido esteárico, confirmando os resultados que eram esperados. Quanto maior o tempo de imersão e a concentração de  $\text{HNO}_3$ , mais a superfície foi atacada. Foi possível notar também, a partir das imagens que: o ataque se deu de forma homogênea por toda a superfície; foram obtidas estruturas de escala micrométrica e nanométrica, caracterizando uma topografia hierárquica; e o filme de ácido esteárico depositado não causou alterações na rugosidade, mostrando-se de baixa espessura.

As amostras recobertas apresentaram boa resistência à oxidação, mesmo após alguns dias em contato com o ar, efeito esperado devido à hidrofobicidade obtida. Foi notada baixa resistência mecânica nos filmes depositados, já que o caráter hidrofóbico foi perdido ao simples toque do dedo.

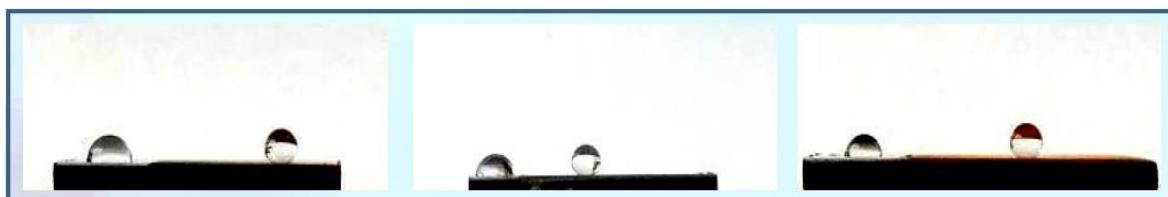


Figura 1. Representação da diferença de interação entre gotas de água a superfície de cada amostra antes (esquerda) e depois (direita) do tratamento.

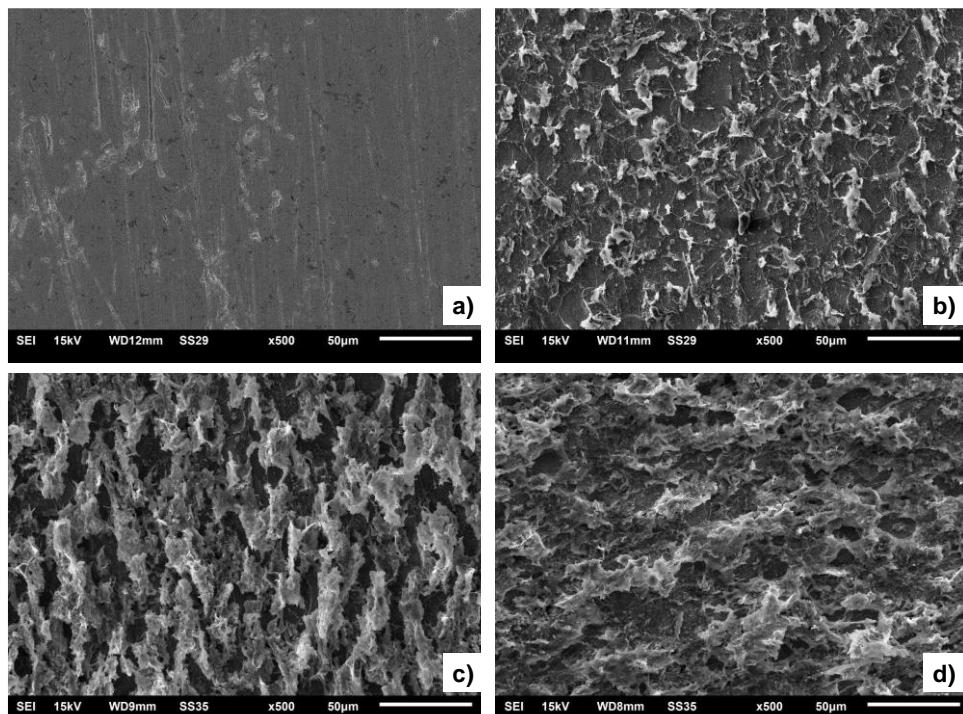


Figura 2. Imagens de MEV do aço pré-tratado (a); aço após ataque químico em solução de  $\text{HNO}_3$  de concentração 2% após 16 min (b) e após 128 min (c); aço após ataque químico em solução de  $\text{HNO}_3$  de concentração 4% após 128 min.

## 4. CONCLUSÕES

A partir da realização deste trabalho, foi possível a obtenção de superfícies com caráter super-hidrofóbico por meio de um método de baixo custo, simples e de alta reprodutibilidade em aço SAE 1020. Pôde-se também, melhor compreender os processos envolvidos no ataque químico de aços de baixo teor de carbono e a importância das muitas variáveis do processo, como: tempo de imersão, concentração da solução, preparação e posicionamento da amostra. A etapa de recobrimento. A efetividade da funcionalização com filmes de ácido esteárico ficou evidente, assim como a importância do controle dos parâmetros de deposição por imersão, em especial, da velocidade de saída, responsável pela espessura do filme obtido.

A seguir, pretende-se realizar ensaios de resistência mecânica e resistência à corrosão nas amostras, visando comprovar a aplicabilidade do método estudado.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

WENZEL, Robert N. Resistance of solid surfaces to wetting by water. **Industrial & Engineering Chemistry**, v. 28, n. 8, p. 988-994, 1936.

Adel M.A. Mohamed *et al.* Corrosion behavior of superhydrophobic surfaces: A review. **Arabian Journal of Chemistry**, n. 8, p. 749-765, 2015.

Qi Wang *et al.* Fabrication of superhydrophobic surfaces on engineering material surfaces with stearic acid. **Applied Surface Science**, n. 254, p. 2009-2112, 2008.

MORAES, Fernando Augusto de. **Filmes Superhidrofóbicos sobre Substrato de Alumínio**. 2016. 42 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Curso de Engenharia de Materiais. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Mengnan Qu *et al.* Fabrication of Superhydrophobic Surfaces on Engineering Materials by a Solution-Immersion Process. **Advanced Functional Material**, n. 17, p. 593-596, 2007