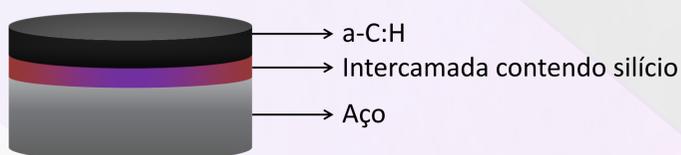


Introdução

O carbono amorfo hidrogenado (a-C:H) é um material utilizado em filmes finos que atribui baixo atrito, alta dureza e inércia química ao substrato. Os filmes de a-C:H são formados por carbono contendo ligações sp^2 e sp^3 e hidrogênio com estrutura amorfa.

A aplicabilidade deste material em aços é limitada pela adesão, portanto, visando aumentá-la, foi proposto um mecanismo de intercamada contendo silício, ilustrado na figura abaixo. Desse modo, um filme fino contendo silício que possui afinidade com aço e com o filme de a-C:H é utilizado para manter o sistema aderido.



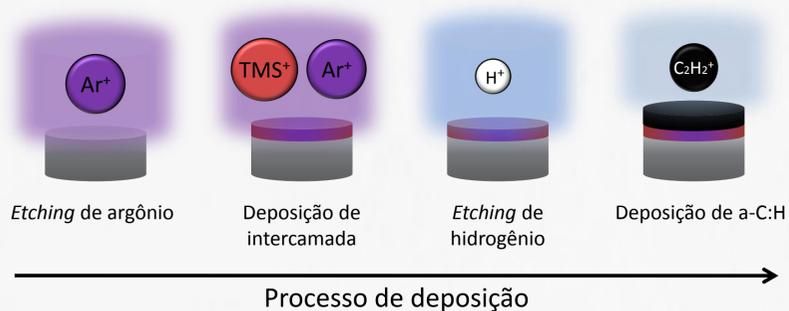
Objetivos

Depositar intercamadas contendo silício utilizando tetrametilsilano (TMS) em substratos ferrosos com diferentes temperaturas, variando de 85 °C a 200 °C, visando promover adesão.

Caracterizar as amostras, analisando o comportamento físico e químico do sistema filme/intercamada/substrato.

Metodologia

Amostras de aço AISI 4140 foram metalograficamente preparadas para serem submetidas ao processo de Deposição Química de Vapor Assistida por Plasma (PECVD). No equipamento de deposição, a baixa pressão e a diferença de potencial elétrico criam espécies gasosas ionizadas que interagem com o cátodo e geram uma descarga luminescente conhecida com plasma. O processo de deposição contou com quatro etapas, esquematizadas abaixo.

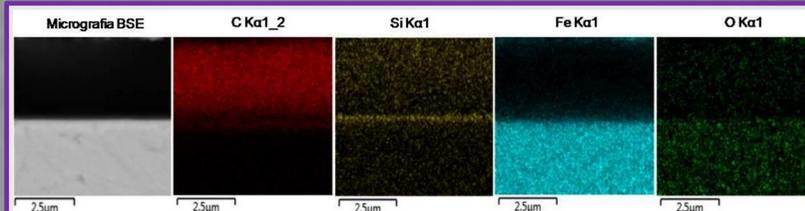


O *etching* de argônio trata-se de uma limpeza à plasma que tem a função de retirar sujidades na superfície do aço. O *etching* de hidrogênio retira o oxigênio prejudicial à adesão que está presente nas camadas mais externas da intercamada. Com o processo, foram criadas as amostras 85, 100, 125, 150, 175 e 200, baseadas na temperatura de deposição da intercamada.

Por fim, as amostras foram caracterizadas por espectrometria de raios-X por dispersão de energia (EDS), microscopia eletrônica de varredura por emissão de campo (MEV-FEG), testes de adesão com fita adesiva 3M Scotch 750 e testes de riscamento com nanotribômetro.

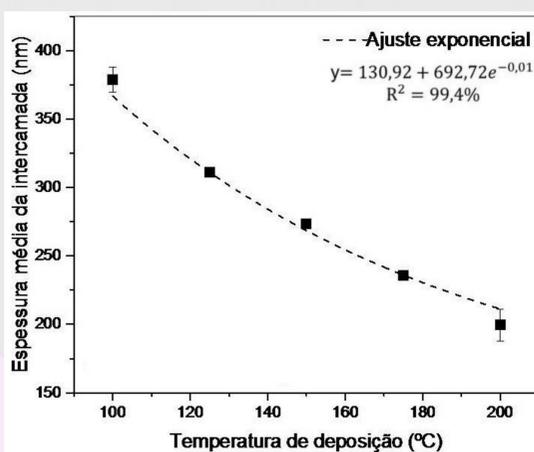
Resultados e Discussão

Com a análise de EDS, foi possível observar a distribuição de carbono, silício, ferro e oxigênio no sistema.



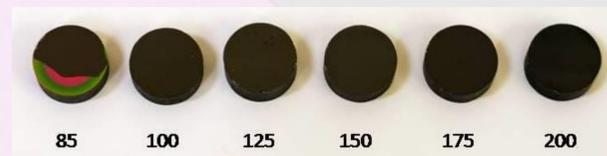
Apesar do uso de *etching* de hidrogênio, o oxigênio ainda encontra-se presente no sistema, e advém principalmente do ar residual presente no reator PECVD, que por sua vez é relacionado com a capacidade de bombeamento das bombas de vácuo.

Através da análise de MEV-FEG, a espessura de intercamada foi aferida e relacionada com a temperatura de sua deposição.



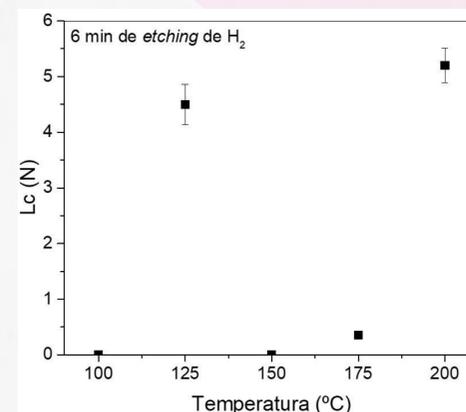
Observa-se uma tendência de decaimento exponencial da espessura com o aumento da temperatura. Essa redução se deve à dessorção térmica das espécies mais voláteis presentes na intercamada.

Os testes qualitativos de adesão com fita adesiva 3M Scotch 750 foram conduzidos de acordo com a norma ASTM D3359. O resultado foi a delaminação na interface a-C:H/intercamada da amostra 85 e descolamentos do filme nas bordas da amostra 150.



Em altas temperaturas de deposição da intercamada a dessorção térmica de espécies contendo oxigênio é mais intensa. Ao aliar esse mecanismo ao *etching* de hidrogênio são gerados sistemas com boa adesão.

O teste quantitativo de adesão consiste em riscar controladamente as amostras medindo a força normal necessária para a delaminação (L_c) dos filmes.



3 meses após a deposição, as amostras 100 e 150 delaminaram espontaneamente. As amostras 125 e 200 apresentaram alto L_c . Isso pode ser explicado pela elevada densidade de defeitos superficiais, que atuam como pontos aliviadores de tensão.

Considerações finais

A espessura da intercamada tem um perfil de decaimento exponencial em função da temperatura. Altas temperaturas de deposição de intercamada geraram sistemas com boa adesão.

Referências bibliográficas

- [1] LEIDENS, L. M., et al. Hydrogen plasma etching mechanism at the a-C:H/a-SiC:H interface: a key factor for a-C:H adhesion. *Applied Surface Science*, 2018, v.455, pp.1179–1184;
- [2] Boeira, C.D., Leidens, L. M., Cemin, F., Petry, E.R., Maia da Costa M.E.H., Camargo Jr, S.S., Michels, A.F., Figueroa, C.A., A comprehensive study on different silicon-containing interlayers for a-C:H adhesion on ferrous alloys, *Thin Solid Films* 645 (2018) 351–357.