

Espectro de tensões e deformações em filmes espessos de hidroxiapatita submetidos à compressão

Nícolas Lara¹

EESC/USP, São Carlos, SP

Maria Inês Basso Bernardi²

IFSC/USP, São Carlos, SP

Filmes de hidroxiapatita são aplicados na superfície de implantes ortopédicos de titânio para aumentar sua osteoindutividade e promover a ligação com o tecido vivo [3]. Essa ligação é sujeita a cargas oriundas da sustentação e movimentação do corpo que podem levar à falha do material pela baixa resistência ou adesividade do filme [4].

Para visualizar a distribuição de tensões e as conseqüentes deformações oriundas de esforços compressivos, foram feitas simulações computacionais de uma amostra de 25,4 x 25,4 x 2 mm de titânio comercialmente puro (Ti-cp) com um filme de hidroxiapatita (HAp) de 500 µm de espessura (Figura 1a). O revestimento e o substrato foram modelados com ausência de porosidade, propriedades isotrópicas e comportamento elástico, para permitir a clara visualização da deformação sem que ocorra a fratura frágil. As propriedades elásticas dos materiais são mostradas na Tabela 1:

Tabela 1: Propriedades elásticas do substrato e revestimento [2].

Propriedade	Ti-cp	HAp
Módulo de Elasticidade (GPa)	103	100
Limite de Resistência (MPa)	240	40
Módulo de Poisson	0,34	0,27
Densidade (g/cm ³)	4,51	3,10

Foram simuladas cargas de compressão perpendiculares à superfície superior, com intensidades de 100 a 1000 N. Pelo Método dos Elementos Finitos, o software COMSOL Multiphysics 5.1 calculou a distribuição de tensões (Figura 1 b, c e d) utilizando elementos tetraédricos com arestas de no máximo 0,5 mm e interpolação linear.

Nas Figuras 1(b e c), é possível ver que as tensões são maiores nas arestas inferiores do substrato e a Figura 1(d) mostra que os valores máximos são atingidos nos vértices. Pelos critérios de falha da Máxima Energia de Distorção e da Máxima Tensão de Cisalhamento, os materiais não estão sujeitos à falha nos níveis de tensão simulados. Entretanto, os grandes deslocamentos nos vértices da interface filme-substrato (Figura 1d) mostram que esta é uma região crítica e o correto projeto do ancoramento do filme é crucial para que não ocorra o seu descolamento.

¹nicolaslara@usp.br

²m.basso@ifsc.usp.br

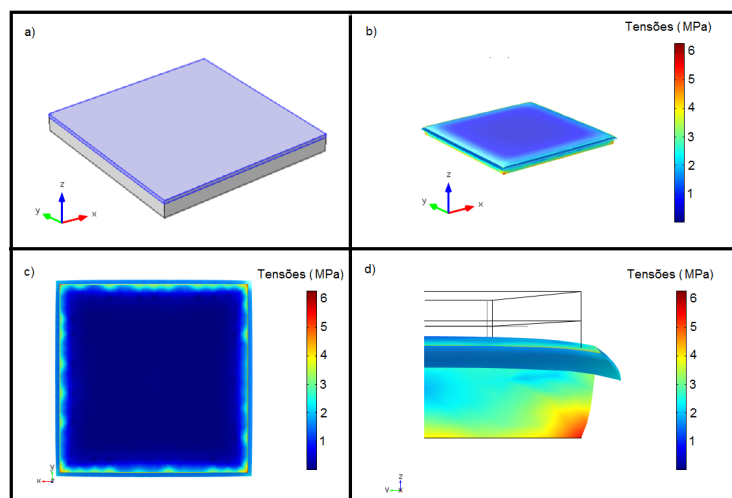


Figura 1: Modelo computacional da amostra (a) e espectro de tensões em vista isométrica (b), vista superior (c) e detalhe da aresta sob alta deformação (d)

Essa simulação foi fundamental para a correlação entre as cargas de compressão e as tensões, seu posicionamento na amostra e a visualização do eventual descolamento do filme na interface com o substrato. Estes resultados, que dificilmente seriam obtidos por medições experimentais [1], podem auxiliar significativamente a compreensão da reologia de revestimentos biocompatíveis.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio da FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Processos nº 2013/07296-2 e 2018/07517-2), CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Processo nº 405033/2018), PRONEX/FINEP e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.

Referências

- [1] Balokhonov, R., Bakeev, R., Romanova, V., Emelianova, E., Sergeev, M., Zinoviev, A., Zinovieva, O., Batukhtina, E., Schwab, E. Computational analysis of deformation and fracture in composite materials and coatings. *Epj Web Of Conferences*, v. 221, p. 01017, 2019.
- [2] Bronzino, J. D. *The Biomedical Engineering Handbook*. CRC Press in Cooperation with IEEE Press, Boca Raton, 1995.
- [3] Hashim, N. C., Frankel, D., Nordim, D. Graphene oxide-modified hydroxyapatite nanocomposites in biomedical applications: a review. *Ceramics - Silikaty*, p. 426-448, 2019.
- [4] Mohseni, E., Zalnezhad, E., Bushroa, A.R. Comparative investigation on the adhesion of hydroxyapatite coating on Ti-6Al-4V implant: a review paper. *International Journal Of Adhesion And Adhesives*, v. 48, p. 238-257, 2014.