

COMPÓSITOS ATIVOS DE MATRIZ POLIMÉRICA REFORÇADOS POR LIGAS COM MEMÓRIA DE FORMA: UMA BREVE REVISÃO

Nadja Terto de Sousa Brito ¹
Gabriela Pâmela Barros de Oliveira ²
Marcos Mesquita da Silva ³
Luiz Fernando Alves Rodrigues ⁴

INTRODUÇÃO

As ligas com memória de forma (LMF) são materiais metálicos que têm a capacidade de recuperar a sua forma inicial, mesmo após terem sofrido grandes deformações tidas como pseudoplásticas, através de um simples aquecimento que permite uma transformação de fase em estado sólido da martensita para a austenita. Esse fenômeno é conhecido como efeito memória de forma (EMF) (LAGOUDAS, 2008).

Dado as suas propriedades excepcionais, as LMF, principalmente, as de base níquel-titânio, são amplamente utilizadas em setores que demandam alta tecnologia, como o biomédico, automotivo, aeroespacial, petróleo e gás, dentre outros (BATISTA et al., 2021; MALIK ET AL, 2021).

A incorporação de LMF em matrizes poliméricas permite a obtenção de compósitos ativos, que são materiais multifásicos produzidos artificialmente, e que também são chamados na literatura de compósitos inteligentes. Esses compósitos são criados com o objetivo de obter novos materiais com combinações de propriedades incomuns. A obtenção desses compósitos permite um conjunto de novas oportunidades e de inovação tecnológica, ao promover materiais com propriedades singulares, normalmente não encontradas em materiais convencionais ou em compósitos fabricados apenas com materiais clássicos (LEAL et al., 2012; CALISTER JR, 2020; VISCUSO et al., 2021).

¹ Técnica em Petróleo e Gás pelo Instituto Federal da Paraíba - IFPB, nadja.terto@academico.ifpb.edu.br.

² Técnica em Petróleo e Gás pelo Instituto Federal da Paraíba - IFPB, gabriela.pamela@academico.ifpb.edu.br.

³ Professor co-orientador: Doutor, Instituto Federal da Paraíba - IFPB, marcos.silva@ifpb.edu.br.

⁴ Professor orientador: Doutor, Instituto Federal da Paraíba - IFPB, luiz.rodrigues@ifpb.edu.br.

Por conseguinte, os compósitos incorporando as LMF se destacam pela variabilidade de aplicação devido às ligas com memória de forma apresentarem alto desempenho, baixa complexidade de fabricação e, além disso, propriedades notáveis quando se toma por base o comportamento termomecânico (TORRES et al., 2016).

Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo realizar uma revisão da literatura nacional e internacional acerca das características gerais de compósitos ativos e as geometrias das LMF que vêm sendo incorporadas para a fabricação dessas estruturas. De forma geral, este estudo possibilitou verificar que compósitos ativos obtidos com incorporação de LMF NiTi representam a possibilidade de desenvolvimento de novas estruturas com aplicações diversas.

METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)

Foi elaborada uma breve análise da literatura nacional e internacional acerca das características e as possibilidades de aplicação das ligas de NiTi com efeito memória de forma na fabricação de compósitos ativos. Para isso, foram analisadas teses, dissertações, artigos científicos, monografias, TCC's e revistas científicas, com o objetivo de obter um adequado referencial teórico sobre o desenvolvimento de compósitos ativos de matriz polimérica reforçados por LMF e, assim, permitir melhor entendimento desse tipo de compósito.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar a literatura nacional e internacional acerca do desenvolvimento de compósitos ativos de matriz polimérica reforçados por fios de liga com memória de forma foi possível observar nas metodologias dos trabalhos que as principais ligas utilizadas para a obtenção de compósitos foram as de base NiTi. Essa maior utilização é atribuída a liga de NiTi se mostrar como a mais vantajosa e mais utilizada em diversas aplicações devido à sua resistência à corrosão, biocompatibilidade e a magnitude do seu efeito de memória de forma que pode permitir recuperações na ordem de até 8% de deformação (DATTA et al, 2018; LAGOUDAS, 2008).

No trabalho de Batista Neto (2020), foi possível fabricar e caracterizar compósito GFRP (polímeros reforçados com fibra de vidro) com inserção de tela LMF Ni-Ti-Cu, fabricadas por fundição de precisão, tanto na linha neutra quanto fora dela. O GFRP fabricado

foi ensaiado sob tração e sob flexão e concluiu-se que o material apresenta boa resistência mecânica, resultante de uma boa adesão entre a matriz e o reforço (BATISTA NETO, 2020).

Leal (2012) fabricou e testou um nanocompósito a base de resina epóxi com a adição de uma fração volumétrica de fios de LMF, obtendo um nanocompósito ativo. Foi observado que a adição de pequenas quantidades de fios de LMF à matriz não promovem efeitos no comportamento do nanocompósito, demonstrando que uma quantidade mínima de fração volumétrica de fios precisa ser utilizada para que a transformação de fase dos fios de LMF atue positivamente na matriz epóxi nas propriedades do compósito (LEAL ET AL, 2012).

Já Silva (2013) estudou dois compósitos ativos, um constituído por resina epóxi e fios de NiTi e outro constituído por placas de resina epóxi, fios de NiTi e silicone acético. Os materiais e os compósitos usados para formar a matriz e o reforço foram identificados para alcançar dados que aprovelem associar o desempenho dos dois compósitos com relação a deslocamento linear, flexibilidade e interface. Essas referências foram essenciais para selecionar qual compósito teria melhores propriedades para criar um micro-atuador, sendo o escolhido o compósito que possuía a matriz resina e silicone acético. Ao submeter o micro atuador à passagem de corrente elétrica, o deslocamento percorrido pelo micro atuador com/sem o efeito da corrente elétrica demonstrou que os fios respondem conforme a preparação a qual foram submetidos para obtenção do efeito memória de forma reversível e conseguem transmitir um movimento de abertura e fechamento no compósito formado. Tal resultado foi de muita relevância, uma vez que os fios receberam a mesma preparação, logo após, os fios foram sujeitos a tração para serem fixados ao molde, podendo comprometer o EMF reversível. Verificou-se também que a aplicação de corrente elétrica com alta intensidade para ativar o atuador causa um aquecimento demasiado no fio, podendo causar alterações nas propriedades termoelásticas dos fios de Ti-Ni (SILVA, 2013).

Outro trabalho que estudou compósitos ativos foi o de Levy (2013). O objetivo foi desenvolver um método de fabricação de compósitos híbridos de matriz polimérica, com filamentos ativos de liga NiTi embebidos e depois testar os compósitos obtidos. De acordo com os resultados obtidos, as vigas e as barras podem atuar como materiais funcionais, no sentido de aumentar a rigidez devido à mudança de fase dos fios de NiTi, da fase martensítica para a austenítica. Quando utilizadas barras, o quociente de aumento do módulo experimental (16,8%) em relação à fração volumétrica de NiTi (5,8 %) incorporado foi de 2,90%. Já quando se utilizou vigas, o quociente do aumento do módulo experimental (6,53%) em relação à fração volumétrica de NiTi (1,76%) incorporado foi 3,72%. Portanto, por este

questo, as vigas apresentaram uma eficiência como material funcional 27% superior em relação às barras (LEVY et al. 2013).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo permitiu constatar que os compósitos ativos obtidos pela incorporação dos fios atuadores NiTi, representam uma excelente opção de material para múltiplas aplicações, apresentando propriedades mecânicas e potencial ativo bem superiores às já observadas em compósitos que utilizam resinas poliméricas puras como matriz, podendo ser aplicados como sensores de dilatação e de temperatura, para controles de rigidez, amortecimento e, conseqüentemente, de vibração, entre outras aplicações específicas que podem requerer o potencial ativo que estas estruturas podem fornecer.

De acordo com a revisão realizada, foi possível compreender aspectos importantes sobre a fabricação de compósitos ativos, permitindo entender que fatores como a fração volumétrica do reforço, assim como, o formato das ligas tem influência na rigidez do composto sendo importantes na definição da estrutura do compósito a ser fabricado.

Palavras-chave: Ligas com Memória de Forma; Compósitos Ativos, NiTi.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro do IFPB e CNPq, disponibilizado através do edital no 28/2021 - PIBIC-EM – CNPq.

REFERÊNCIAS

BATISTA NETO, F. P. **Desenvolvimento de material compósito multifuncional incorporando telas de liga com memória de forma Ni-Ti-Cu obtidas por fundição de precisão.** 164 f. Universidade Federal de Campina Grande, 2020.

CALISTER JR, W. D.; **Ciência e Engenharia dos Materiais: Uma Introdução.** 12 ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2020, 864 p

DATTA S. R., M. S. *et al.* Effects of Line Energy on Mechanical Properties, Corrosion and Shape Memory Behavior of Laser-Welded NiTiInol Joints. ASME International Manufacturing Science and Engineering Conference MSEC2018. **College Station, TX, EUA,** 2018.

LAGOUDAS, D.C., **Shape memory alloys: modeling and engineering applications**. Ed. Springer Science, TX, USA, 2008. 435p.

LEAL, A. S. C. *et al.* Comportamento termomecânico de compósitos ativos preparados com nanocompósitos epóxi/argila organofílica e fios de liga Ni-Ti com memória de forma. **Polímeros** [online], v. 22, n. 2, 2012.

LEVY N. P. *et al.* **Fabricação e comportamento termomecânico de compósitos estruturais adaptativos de liga de Ni-Ti. 2013.** xxx, 218 f., il. Tese (Doutorado em Ciências Mecânicas). Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

MALIK, V. *et al.* A novel review on shape memory alloy and their applications in extraterrestrial roving missions. **Materials Today Advances**. Vol. 44. p. 4961-4965. 2021.

SILVA K. C. A. S. **Caracterização de compósitos de matriz polimérica com ligas com memória de forma para aplicação em microatuadores**. Recife, 2013. 65 f. Dissertação (mestrado) - UFPE, Centro de Tecnologia e Geociências, Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, 2013.

TORRES V. Z. A. *et al.* Estudo de propriedades dinâmico-mecânicas de um compósito aeronáutico de CFRP com fios de ligas com memória de forma embebidos. **Polímeros** [online], v. 26, n. spe, 2016.

VISCUSO, S. *et al.* **Shape Memory Alloy Engineering. For Aerospace, Structural, and Biomedical Applications**. Chapter 18 - Shape memory alloys for space applications. Second Edition. Elsevier. Pages 609-623. 2021