

APLICAÇÕES DE LIGAS COM MEMÓRIA DE FORMA NO SETOR AERONÁUTICO: UMA BREVE REVISÃO

Thawany Karoline Sousa Fernandes ¹
Jennifer Vitória Macêdo Ramos ²
Robson Alves Vilar ³
Marcos Mesquita da Silva ⁴
Luiz Fernando Alves Rodrigues ⁵

INTRODUÇÃO

As Ligas com Memória de Forma (LMF), também conhecidas comumente no inglês por Shape Memory Alloys (SMA), são ligas metálicas que possuem uma característica de “memorizar” e retornar ao seu aspecto inicial quando submetidas a uma temperatura superior, elevadas pressões ou outras condições de tensão, isto é, às suas temperaturas de transição características. Dessa maneira, a microestrutura da LMF é submetida a uma transformação de fase, de martensita para austenita, induzida pela temperatura de transição (GUIDA et al, 2019).

Sendo assim, quando refere-se às ligas com memória de forma (LMF), no setor aeroespacial, observa-se que estruturas, chamadas de estruturas inteligentes, podem ser adotadas para melhorar o desempenho aerodinâmico de veículos aéreos, tendo um impacto diretamente no setor tecnológico e inovador, a fim de melhorar seus dispositivos, que por sua vez, possuem uma alta elevação exigindo assim uma maior eficiência em seus elementos.

Nesse contexto, as ligas com memória de forma são investigadas com o intuito de analisar sua adequação nas aplicações aerodinâmicas, tendo em vista sua capacidade de metamorfose, já que a adoção das (LMF) resulta em dispositivos mais simples e leves em comparação aos atuadores convencionais, reduzindo significativamente o peso e o custo dos componentes (SELLITTO E RICCIO, 2019).

¹Aluna do Curso Técnico em Petróleo e Gás, IFPB, Campus Campina Grande-PB, thawany.fernandes@academico.ifpb.edu.br;

² Aluna do Curso Técnico em Petróleo e Gás, IFPB, Campus Campina Grande-PB, jvitoria12573@gmail.com

³Graduando no Curso de Engenharia da Computação, IFPB, Campus Campina Grande-PB, robsonvilarvilar@gmail.com;

⁴ Professor co-orientador: Doutor, IFPB, Campus Campina Grande- PB, marcos.silva@ifpb.edu.br

⁵ Professor orientador: Doutor, IFPB, Campus Campina Grande- PB, luiz.rodrigues@ifpb.edu.br

Nesse cenário, as ligas com memória de forma (LMF) são materiais importantes para utilização na indústria aeronáutica, pois suas propriedades permitem várias aplicações nesse setor.

Nesse sentido, este trabalho apresenta uma breve análise sobre algumas aplicações de LMF no setor aeronáutico avaliando estudos que buscam desenvolver produtos e estruturas com melhor eficiência nesse campo altamente tecnológico.

METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho, foram utilizados artigos publicados na literatura internacional que estudaram possíveis aplicações das ligas com memória de forma no setor aeroespacial (LMF). Nessa conjuntura, este trabalho teve como objetivo a obtenção das principais aplicações das ligas com efeito memória de forma no campo aeronáutico, observando, sua vasta aplicabilidade tecnológica e seus potenciais no desempenho desses dispositivos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Lee e Kim (2020), pode-se afirmar que um dispositivo de alta elevação (flap) e superfície de controle de voo articulada (aileron) são usados para melhorar a eficiência de voo de uma aeronave, entretanto esses dispositivos podem apresentar problemas como perda aerodinâmica, ruído e vibração em superfícies discretas da asa, devido a mudanças repentinas em sua geometria. Uma maneira de solucionar tal problemática é fazer a adoção de um conceito de metamorfose nas estruturas das asas da aeronave, que por sua vez oferece muitas vantagens, incluindo uma expansão do envelope de voo, melhor manobrabilidade e redução das vibrações.

Contudo, esse sistema de metamorfose exige muito esforço e custo, visto que possuem ligações essenciais, mas, essas dificuldades podem ser superadas através dos materiais inteligentes, como os fios de LMF, que tem a função de substituir dispositivos complexos ou atuadores convencionais (LEE E KIM, 2020).

No mesmo trabalho, Lee e Kim (2020), realizou vários testes de atuação para estabilizar o comportamento de atuação de um feixe de fios de LMF embebidos em um compósito de fibra de carbono, promovendo o desenvolvimento de um compósito ativo denominado de hybrid composites of shape memory alloys (SMAHC) e, posteriormente,

construir um modelo de auto detecção para controlar a deflexão do feixe. Com isto, observou-se que as curvas de deflexão do feixe SMAHC foram quase totalmente convergidas resultando em uma deflexão do feixe SMAHC bem controlada pelos atuadores SMA incorporados, usando o método de controle de auto detecção (LEE E KIM, 2020).

Conforme Rui Ning et al (2020), LMF típicas à base de Ti, Ni e Cu podem exibir capacidade de amortecimento relativamente alta no estado da martensita. Mas a temperatura de transformação martensítica da liga à base de Ti-Ni está abaixo de 100 °C, o que inibe a aplicação em ambiente de alta temperatura. Comparando as análises feitas por Lee e Kim (2020) com o trabalho de Rui et al (2021), é possível identificar que os dispositivos de amortecimento precisam manter um alto valor de atrito interno em uma ampla faixa de alta temperatura em um ambiente de aviação. Com isso requer que os dispositivos processem o comportamento de amortecimento estável em uma ampla faixa de temperatura.

Um outro trabalho estudado foi o de Sellitto e Riccio, (2019), que observou uma dobradiça colocada entre a parte fixa e a móvel do spoiler de uma aeronave permitindo a rotação da ponta do spoiler. Visto que, dois fios LMF de 120 mm de comprimento foram introduzidos para conectar a parte fixa à ponta móvel, através de dois orifícios perfurados na parte fixa.

Depreende-se, portanto, que as simulações das vigas de alumínio revestidas com LMF foram realizadas sob flexão para descrever o efeito benéfico das tensões compressivas iniciais induzidas na viga de alumínio em sua superfície que está sob tensão durante a flexão (EXARCHOS et al, 2018).

Deste trabalho de Exarchos et al. (2018), foi verificado a partir das simulações realizadas que as tensões de tração induzidas na presença do revestimento de LMF são reduzidas em uma quantidade que é aproximadamente igual às tensões de compressão iniciais. Assim, as tensões compressivas induzidas contribuem para a rigidez da viga de alumínio para suportar as cargas aplicadas de maneira segura e espera-se ainda que aumentem suas propriedades de fadiga no campo aeroespacial.

Ainda de acordo com Exarchos et al (2018), a transformação martensítica determina todas as propriedades críticas dos SMAs, incluindo superelasticidade e efeito memória de forma (SME). A vista disso, a temperatura de transformação final é considerada uma das propriedades mais significativas do material em LMF de Ni-Ti, uma

vez que governa a transição entre o comportamento superelástico e o comportamento com memória de forma.

Por fim, foi analisado que a temperatura de transformação em LMF pode ser controlada pela escolha da composição adequada da liga e pelo tratamento térmico de envelhecimento apropriado, que modifica a microestrutura através da introdução de precipitados. Mesmo os tratamentos térmicos de curta duração em temperaturas moderadas podem influenciar as propriedades mecânicas e o comportamento de transformação das LMF.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista os aspectos observados, é notório que os métodos de caracterização são de grande importância para analisar as ligas com memória de forma, definindo suas possíveis aplicações aeronáuticas.

Adicionalmente, observou-se na literatura que as ligas com memória de forma podem ser consideradas adequadas para aplicações aerodinâmicas adaptativas, graças à sua capacidade de metamorfose, resultando em dispositivos mais simples e leves em comparação aos atuadores convencionais, reduzindo significativamente o peso e o custo dos componentes.

Como uma observação geral, os principais parâmetros de projeto a serem considerados em aplicações de LMF, são a força máxima atingida, deslocamento e a temperatura da faixa de operação, que podem ser controlados variando o material, tamanho e formato dos fios de LMF adotados.

Por fim, foi analisado que a temperatura de transformação em LMF pode ser controlada pela escolha da composição adequada da liga e pelo tratamento térmico de envelhecimento apropriado, que modifica a microestrutura através da introdução de precipitados. Mesmo os tratamentos térmicos de curta duração em temperaturas moderadas podem influenciar as propriedades mecânicas e o comportamento de transformação das LMF.

Palavras-chaves: Ligas com memória de forma, Aplicações aeronáuticas, Transformação de fase, Shape Memory Alloys.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro do IFPB e CNPq, disponibilizados através dos editais Chamada 02/2021- Interconecta - Coordenador de Projeto. Edital de pesquisa 27/2021-PIBITI/CNPq. Edital de pesquisa nº 16/2020 - PIBIC/CNPq

REFERÊNCIAS

EXARCHOS, D.A.; DALLA, P.T.; TRAGAZIKIS, I.K.; DASSIOS, K.G.; ZAFEIROPOULOS, N.E.; KARABELA, M.M.; DE CRESCENZO, C.; KARATZA, D.; MUSMARRA, D.; CHIANESE, S.; MATIKAS, T.E. Development and Characterization of High Performance Shape Memory Alloy Coatings for Structural Aerospace Applications. *Materials*, Vol. 11, nº 832, 2018.

GUIDA, M.; SELBITTO, A.; MARULO, F.; RICCIO, A. Analysis Of The Impact Dynamics Of Shape Memory Alloy Hybrid Composites For Advanced Applications *Materials*. Vol. 12: nº153, 2019.

LEE, S.; KIM, S.W. Self-sensing-based deflection control of carbon fibre-reinforced polymer (cfrp)-based shape memory alloy hybrid composite beams, composite structures. *Composite Structures*. Vol. 251, 2020.

REIS, R.P.B ; RODRIGUES, L.F.A. ; SILVA, M.D. ; DE ARAÚJO, C.J. Static tests of an active composite beam: epoxy reinforced by trained ni-ti shape memory wires. *In: COBEM 2007 19th International Congress of Mechanical Engineering, COBEM 2007, Brasília-DF. Proceedings of COBEM. Vol. 1. p. 1-8, 2007.*

RUI, N.; YUNDONG, Z.; SIBO, S.; ZHIYONG, G.; WEI, C. Tailoring damping properties by electron irradiation in ni-mn-ga shape memory alloys in a wide high-temperature range, *Journal of Alloys and Compounds*. Vol. 865, 2021.

SELBITTO, A.; RICCIO, A. Overview And Future Advanced Engineering Applications For Morphing Surfaces By Shape Memory Alloy. *Materials*, Vol.12, nº 708, 2019.