

15º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2024

VERIFICAÇÃO DA PROCESSABILIDADE DE COMPÓSITO METAL-POLÍMERO PARA APLICAÇÃO EM IMPRESSÃO 3D

Luan Marco Massarico de Moraes¹. Pedro Augusto Ronzani Bernardes². Gustavo Moreira Delfino³. Tamires de Souza Nossa⁴.

¹ Discente em Engenharia Mecânica, IFSP – Câmpus Itapetininga, Avenida João Olímpio, 1561 – Vila Asem, Itapetininga, SP, CEP 18202-000, luan.massarico@aluno.ifsp.edu.br

² Discente em Engenharia Mecânica, IFSP – Câmpus Itapetininga, Avenida João Olímpio, 1561 – Vila Asem, Itapetininga, SP, CEP 18202-000, bernardes.pedro@aluno.ifsp.edu.br

³ Doutorando em Ciência e Engenharia de Materiais, Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da Universidade de São Paulo (USP), Av. Trab. São Carlsense, 400 - Parque Arnold Schimidt, São Carlos - SP, 13566-590, gustavodelfino@usp.br

⁴ Docente, IFSP – Câmpus Itapetininga, Avenida João Olímpio, 1561 – Vila Asem, Itapetininga, SP, CEP 18202-000, ebm@ifsp.edu.br

Engenharia de Materiais e Metalúrgica: 3.03.00.00-2

RESUMO:

Materiais compósitos são materiais multifásicos que mantém parte considerável dos atributos de ambas as fases constituintes, sendo sua definição também o maior motivo de seu uso, garantindo a descoberta de diversas novas combinações e faixas de propriedades. O uso da manufatura aditiva para metais facilita ou permite a fabricação de peças com geometrias complexas, garantindo ainda economia de matéria-prima, em contramão a tradicional manufatura subtrativa. Em motores de carros, por exemplo, é possível diminuir consideravelmente a massa de seus componentes gerando um ganho de performance, além da redução do custo de material. O presente trabalho tem como objetivo a aplicação de filamentos compósitos a base de amido termoplástico e AlSi10Mg na impressão 3D. Os filamentos compósitos foram obtidos via extrusão reativa dos materiais. A verificação da processabilidade dos filamentos extrudados foi realizada por meio da submissão à aquecimento e prensagem, a 1kgf/mm² por 3 minutos seguida de resfriamento à água até a temperatura de 60 °C, permitindo a definição dos parâmetros para a posterior aplicação em impressora 3D FFF (fabricação por filamento fundido). As amostras prensadas apresentaram um perfil homogêneo na microscopia. Em simultâneo, foram feitos desenhos de stents, e realizados testes de impressão e ajustes da impressora para viabilização da impressão com filamentos compósitos. Os resultados obtidos da parametrização do processo de impressão, introduz novas visões para a manufatura aditiva, assim como para a produção de peças de alto desempenho com materiais alternativos e sustentáveis.

PALAVRAS-CHAVE: amido termoplástico; impressão 3D; AlSi10Mg; extrusão reativa; prensagem

IMPLEMENTATION OF A METAL-POLYMER COMPOSITE FILAMENT AS AN ALTERNATIVE IN 3D PRINTING

ABSTRACT:

Composite materials are multiphase materials that maintain a considerable part of the attributes of both constituent phases, and their definition is also the main reason for their use, ensuring the discovery of several new combinations and ranges of properties. The use of additive manufacturing for metals facilitates or allows the manufacture of parts with complex geometries, also ensuring savings in raw materials, as opposed to traditional subtractive manufacturing. In car engines, for example, it is possible to reduce the mass of their components considerably, generating a gain in performance and reducing material costs. The present work aims to apply composite filaments based on thermoplastic starch and AlSi10Mg in 3D printing. The composite filaments were obtained via reactive extrusion of the materials. The processability of the extruded filaments was verified by heating and pressing them at 1 kg/mm² for 3 minutes, followed by cooling them in water to a temperature of 60 °C, allowing the definition of the parameters for subsequent application in an FFF (fused filament fabrication) 3D printer. The pressed samples presented a homogeneous profile under microscopy. At the same time, stent designs were made, and printing tests and printer adjustments were performed to enable printing with composite filaments. The results obtained from the parameterization of the printing process introduce new visions for additive manufacturing and for producing high-performance parts with alternative and sustainable materials.

KEYWORDS: thermoplastic starch-based; 3D printing; AlSi10Mg; reactive extrusion; specimens; characterization.

INTRODUÇÃO

A impressão 3D tem se consolidado como uma tecnologia revolucionária na manufatura, permitindo a fabricação de peças com geometrias complexas de maneira eficiente e sustentável. Inicialmente restrita à prototipagem, essa técnica se expande para a produção de componentes finais em diversos setores, impulsionando a inovação e a otimização de processos (Hua, 2022).

Os benefícios vão desde a maior complexidade na criação de peças, até uma considerável economia, visto que a matéria-prima é utilizada somente na quantidade necessária para a peça, de forma pontual (Alcalde; Wiltgen, 2018; Wiltgen, 2019).

Ao se aplicar o uso a metais surge, porém, um problema ao citar o custo, se comparado aos métodos de manufatura subtrativa normalmente utilizados na produção em massa, ou mesmo em relação a métodos aditivos para polímeros. Um estudo recente que utiliza o método de impressão PBF-L (Laser Powder Bed Fusion – Leito de Pó a Laser) como referência (Langefeld, 2018) indicou que em média os custos de tal processo deveria ser reduzidos em, no mínimo, dez vezes para que se tornasse de fato interessante a nível industrial. É explicado também que a comparação quando feita para a produção de um volume menor é menos problemática.

A ideia do presente estudo é a investigação da processabilidade de filamentos compostos alternativo, visando contornar o problema citado e viabilizar a impressão por meio do método FFF (fabricação por filamento fundido), que já possui muitas máquinas comerciais a preços relativamente baixos e atrativos. O filamento desejado busca unir a resistência e a rigidez do PEBD (Polietileno de Baixa Densidade) e a biodegradabilidade e processabilidade do TPS (Termoplástico Estireno) à liga de alumínio AlSi10Mg, de propriedades mecânicas excepcionais e de utilização já estabelecida na manufatura aditiva.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados na composição do compósito foram: 78,65g de amido de milho da marca “Maizena”, 30g de glicerol da marca “Dinâmica”, para a formação do TPS (amido termoplástico), resultando em uma concentração de 35% do filamento; PEBD (Polietileno de Baixa Densidade), que compõe 15%; e o pó metálico de AlSi10Mg, que compõe os 50% restantes.

Extrusão reativa

Foi utilizada uma extrusora de bancada produzida por alunos do grupo de pesquisa vinculado ao presente projeto apresentada na Figura 1.

Os filamentos foram produzidos por meio de extrusão reativa. Inicialmente foi preparado o amido termoplástico, tendo como referência: uma mistura de 30g de glicerol e 78,65g de amido (considerando

sua umidade de 11%) deixada em repouso por 24h, que foi depositada na cavidade de alimentação da extrusora, passando então para uma rosca girante, alimentada por um motor acoplado cuja rotação era de 15rpm, o que permite a movimentação interna do material por todas as regiões aquecidas da máquina (a 120°C, 130°C, 130°C e 110°C) possibilitando assim a fundição do material até que se atinja a extremidade de saída, na qual o então fluido viscoso é forçado através de um orifício, cujo formato é circular para que sejam obtidas as geometrias cilíndricas dos filamentos para impressão. Em sua saída o material vem a solidificar devido ao resfriamento gerado pelo contato com a temperatura ambiente.



FIGURA 1. Extrusora de bancada utilizada. Fonte: próprio autor.

Prensagem e análise via microscopia óptica

Parte dos filamentos extrudados foram prensados com carga de 1kg/mm² a 180°C por 3 minutos, seguida de resfriamento à água até a temperatura de 60 °C. Foi utilizada uma embutidora Arotec PRE 40Mi (Figura 2), possibilitando a produção de amostras do material de formato achatado e circular, com o objetivo de verificar a processabilidade e capacidade de conformação. As amostras foram observadas via microscopia óptica utilizando um microscópio óptico Zeiss Axio Lab.A1.



FIGURA 2. Prensa de embutimento. Fonte: próprio autor.

Impressão de stents

Foram feitos modelamentos em 3D, fatiamento com uso dos softwares “Ultimaker Cura” e “Autodesk Fusion 360” e testes de impressão 3D com material comercial (PLA Easy fio – 3D fila, amarelo) em uma impressora Ender 3, para observação da impressão e definição de parâmetros futuros para aplicação do compósito.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O filamento composto extrudado é apresentado na Figura 3(a) e a Figura 3(b) mostra as amostras identificadas após a prensagem, que gerou amostras circulares de diâmetro 31mm.

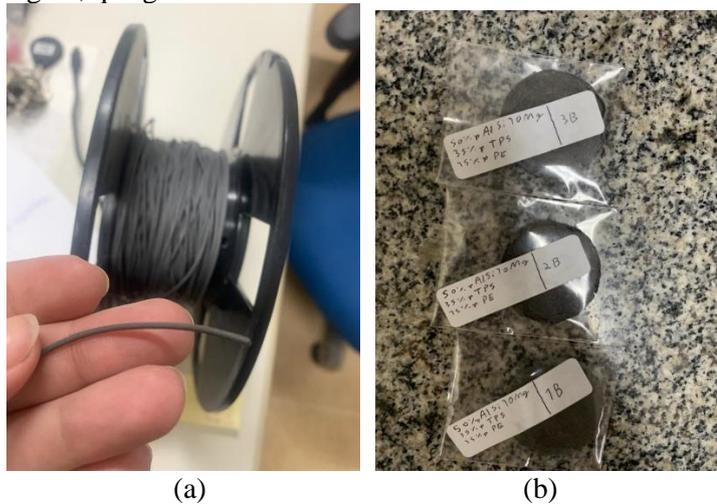


FIGURA 3. Bobina com o material extrudado (a) e amostras circulares (b). Fonte: próprio autor.

Quanto aos Stents, foi desenvolvido o desenho 3D de stent nas dimensões altura 30mm, diâmetro externo 5mm e diâmetro interno 3mm, e a peça foi impressa em material comercial (PLA Easy fio – 3D fila, amarelo). A Figura 4(a) apresenta o modelamento da peça feito em software AutoCad e em (b) uma imagem da peça impressa.

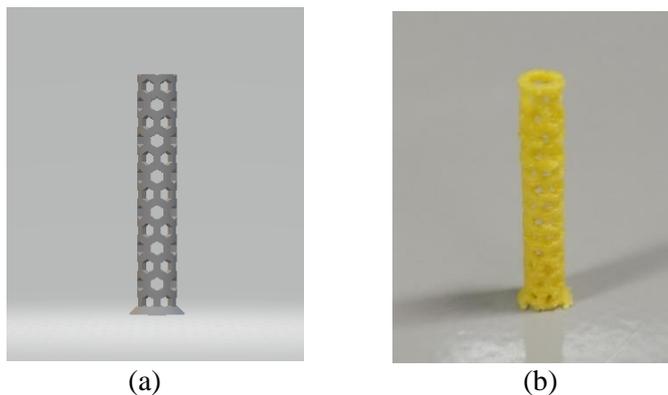


FIGURA 4. (a) Modelo 3D do Stent e (b) Stent impresso. Fonte: próprio autor.

A observação via microscopia óptica da seção transversal do filamento extrudado é apresentada na Figura 5. Na imagem é possível notar um perfil homogêneo na dispersão do pó metálico na matriz polimérica.

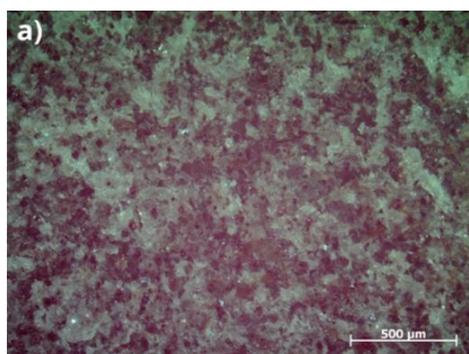


FIGURA 5. Resultado da Microscopia Ótica. Fonte: próprio autor

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos até o momento são suficientes para que seja feita a análise da aplicação de filamentos compósitos à base de TPS na impressão 3D de componentes metálicos, o que introduz novas visões para a manufatura aditiva, assim como para a produção de peças de alto desempenho com materiais sustentáveis.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Tamires de Souza Nossa contribuiu com a curadoria, treinamentos e metodologia, Luan Marco Massarico de Moraes procedeu com os experimentos e redação do trabalho, Pedro Augusto Ronzani Bernardes contribuiu com os experimentos, Gustavo Moreira Delfino contribuiu com treinamentos.

Todos os autores contribuíram com a revisão do trabalho e aprovaram a versão submetida.

AGRADECIMENTOS

Ao CnPq e IFSP pelo financiamento. Ao CEPIMATE – Centro de Pesquisa e Inovação em Materiais e Estruturas e o CEPAME - Centro de Pesquisa e Análise de Materiais de Engenharia pelo apoio. A Universidade Estadual de Campinas (Unicamp – Brasil), mais especificamente ao professor Eder Lopes, pelo fornecimento do pó metálico de AlSi10Mg.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Gus; SOUZA, Wan. Engenharia dos Polímeros: Tipos de Aditivos, Propriedades e Aplicações. 1ª Edição. São Paulo: Editora Érica, 2015

CALISTER, William. Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. Tradução: Sérgio Murilo Stamile Soares. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

HUA, W. et al. 3D Printing of Biodegradable Polymer Vascular Stents: A Review. Chinese Journal of Mechanical Engineering: Additive Manufacturing Frontiers, p.100020, jun. 2022.

JIA, H.; GU, S.-Y.; CHANG, K. 3D printed self-expandable vascular stents from biodegradable shape memory polymer. Advances in Polymer Technology, v. 37, n. 8, p. 3222–3228, 22 jun. 2018

LANGFELD, B. et al. Advancements in metal 3D printing. [S. l.]: Roland Berger, 2018. Disponível em:

https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/Roland_Berger_Additive_Manufacturing.pdf. Acesso em: 06 jul. 2019

NUNES, Edi; Lopes, Fáb. Polímeros: Conceitos, Estrutura Molecular, Classificação e Propriedades. 1ª Edição. São Paulo: Editora Érica, 2014.

SANTOS, Zo. Tecnologia dos Materiais Não Metálicos: Classificação, Estrutura, Propriedades, Processos de Fabricação e Aplicações. 1ª Edição. São Paulo: Editora Érica, 2014.

SOUSA, A. M.; AMARO, A. M.; PIEDADE, A. P. 3D Printing of Polymeric Bioresorbable Stents: A Strategy to Improve Both Cellular Compatibility and Mechanical Properties. Polymers, v. 14, n. 6, p. 1099, 9 mar. 2022.

WAGNER, M. A. et al. Fused filament fabrication of stainless steel structures – from binder development to sintered properties. Additive Manufacturing, p. 102472, nov. 2021.

WILTGEN, F.; ALCADE, E. Prototipagem rápida aditiva aplicada em dispositivos funcionais de auxílio humano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO, 10., COBEF, 10., São Carlos, 5-7 ago., 2019. Anais [...]. São Carlos: UFSCar. 2019.

YILMAZ, B.; KARA, B. Y. Mathematical surface function-based design and 3D printing of airway stents. 3D Printing in Medicine, v. 8, n. 1, 6 ago. 2022.