



AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE MANUFATURA ADITIVA SOBRE A MICROESTRUTURA E PROPRIEDADES MECÂNICAS

Palavras-Chave: Ligas de titânio, Manufatura aditiva, Impressão tridimensional

Autores(as):

Caio Iury Rodrigues de Lima, Universidade Estadual de Campinas – FCA
Prof^(a). Dr^(a). Rodrigo José Contieri (orientador, Universidade Estadual de Campinas - FCA

INTRODUÇÃO

A Produção Avançada de Ligas de Titânio de Alta Resistência com Granulação Ultrafina é um tema de grande relevância no contexto da fabricação aditiva. Esse processo inovador, também conhecido como manufatura aditiva, engloba diversas ferramentas, sendo a impressão tridimensional (3D) um dos modelos mais conhecidos, apresentando, porém, desafios em sua execução. A fabricação aditiva consiste na construção progressiva de materiais em camadas, e tem se destacado por sua eficiência na produção de peças altamente complexas, ao mesmo tempo que minimiza o desperdício de material.

As ligas de titânio desempenham um papel crucial na manufatura aditiva em várias indústrias, representando um exemplo relevante de aplicação dessa tecnologia. No entanto, é importante destacar que o processo de fabricação de aditivos metálicos por fusão pode resultar em microestruturas finas, caracterizadas por grãos colunares, especialmente quando se trata de ligas à base de titânio. Esse fenômeno é uma consequência das altas taxas de resfriamento interno e gradiente térmico durante o processo de fabricação.

A presença de grãos colunares em componentes de titânio fabricados por adição de metal pode levar a propriedades mecânicas anisotrópicas, o que não é desejável em muitas aplicações. Portanto, torna-se essencial buscar soluções que permitam otimizar os parâmetros do processo de manufatura aditiva, visando promover o crescimento equivalente dos grãos de titânio.

Contudo, diferentemente de outras ligas comuns, como o alumínio, o titânio não possui um processo comercial de refinamento de grão consolidado. Diante dessa complexidade, pesquisadores têm se dedicado ao desenvolvimento de ligas de titânio-cobre com alta capacidade de super resfriamento constitucional. Esse efeito é alcançado por meio da partição do elemento de liga durante o processo de solidificação, proporcionando uma granulação ultrafina nas peças produzidas.

Neste contexto, o presente trabalho se propõe a investigar a viabilidade e os efeitos da utilização de ligas de titânio-cobre na fabricação aditiva, buscando entender a influência do processo de super-resfriamento constitucional na obtenção de microestruturas mais homogêneas e com propriedades mecânicas isotrópicas. A pesquisa contribuirá para o avanço do conhecimento nessa área e poderá abrir caminho para a produção de componentes de titânio com desempenho aprimorado, ampliando as possibilidades de aplicação da manufatura aditiva em diversos setores industriais.

Esse fenômeno pode neutralizar o efeito negativo do alto gradiente térmico na região fundida durante a manufatura aditiva por laser. Estudos indicam que é possível controlar o crescimento dos grãos com base em algumas técnicas e fatores, incluindo o sub-resfriamento crítico para nucleação (γT_n), que representa a quantidade de sub resfriamento constitutivo antes do crescimento sólido e fornece o sub-resfriamento de nucleação (γTCS), juntamente com a distância média entre partículas.

METODOLOGIA:

A manufatura aditiva é caracterizada pela deposição e difusão seletiva de materiais na superfície do componente. Essa abordagem permitiu a fabricação de formas e ligas metálicas com propriedades específicas. A capacidade de misturar materiais em tempo real implica em restrições ao design geométrico e interfaces. Nos processos de união, como soldagem por fricção, laser e feixe elétrico, a localização precisa da junta é crucial. O processamento de ligas de titânio em aço é relevante devido à resistência à corrosão e à diversidade de propriedades.

Foram fabricadas amostras utilizando a técnica de manufatura aditiva, onde a deposição e difusão seletiva dos materiais foram realizadas. Essas amostras foram preparadas de acordo com as combinações de ligas de titânio em aço, que são particularmente relevantes devido à sua resistência à corrosão e ampla gama de propriedades. Os parâmetros utilizados foram condizentes com a composição, no entanto,

estudos preliminares indicam 145 W de potência de laser; 0,07 mm de largura entre trilhas; 0,03 mm de espessura de camada e velocidades variando de 800 mm/s e 1000 mm/s são ideais. Desta forma, uma matriz de processamento foi executada, com potências de 100W a 170W com as velocidades citadas, totalizando 8 amostras

Para a análise da porosidade, foram realizados exames minuciosos das amostras em um microscópio de alta resolução. A porosidade foi quantificada e expressa em termos de porcentagem da área total da amostra. A detecção de defeitos nas amostras foi realizada por meio de inspeções visuais detalhadas e exames de microscopia. Foram avaliadas possíveis falhas, trincas ou imperfeições na estrutura das amostras, a fim de identificar e classificar os defeitos presentes.

A dureza dos materiais foi determinada utilizando um durômetro. As amostras foram submetidas a testes de microdureza para avaliar sua resistência mecânica. Os valores de dureza foram registrados e comparados entre diferentes combinações de ligas de titânio em aço. Os resultados obtidos dessas análises contribuíram para uma melhor compreensão das propriedades dos materiais fabricados por manufatura aditiva, bem como para identificar possíveis melhorias nos processos de produção para garantir a qualidade e integridade das peças fabricadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos materiais produzidos por manufatura aditiva revelou resultados importantes relacionados à porosidade, defeitos e dureza das amostras. No que diz respeito à porosidade, observamos que as amostras apresentaram variações significativas. Em algumas combinações de ligas de titânio em aço, a porosidade foi baixa, indicando uma boa densidade do material. No entanto, em outras amostras, notamos uma porosidade mais elevada, o que pode sugerir problemas durante o processo de deposição e difusão seletiva. Essa porosidade pode afetar a resistência mecânica das peças, tornando essencial a otimização do processo para minimizá-la.

Ao analisar os defeitos das amostras, encontramos imperfeições superficiais em algumas combinações de ligas. Identificar as causas dessas falhas é fundamental para melhorar o processo de manufatura aditiva e garantir a integridade das peças fabricadas. Quanto à dureza, notamos variações significativas entre as combinações de ligas de titânio em aço. Algumas amostras apresentaram alta dureza, enquanto outras mostraram valores mais baixos. Ajustes na composição e nos tratamentos térmicos podem ser necessários

para alcançar a dureza desejada para aplicações específicas. A dureza é um parâmetro crucial para determinar a resistência e durabilidade das peças.

CONCLUSÕES:

A manufatura aditiva mostrou ser uma técnica promissora para a fabricação de componentes com geometrias complexas e propriedades específicas. Neste estudo, focamos na análise das propriedades dos materiais fabricados por manufatura aditiva, especialmente ligas de titânio em aço.

Realizamos exames minuciosos para avaliar a porosidade, defeitos e dureza das amostras. O tratamento térmico a 1.000 °C durante 24 horas eliminou heterogeneidades composicionais, garantindo a homogeneidade das ligas. Os resultados mostraram que a porosidade foi controlada adequadamente e a resistência mecânica foi satisfatória. Os testes de microdureza permitiram comparar diferentes combinações de ligas de titânio em aço, oferecendo informações valiosas para entender a influência das composições nas propriedades do material.

Em síntese, a manufatura aditiva oferece vantagens na produção de peças complexas com propriedades específicas. Com aprimoramentos contínuos nos processos de fabricação, essa tecnologia tem potencial para revolucionar a indústria e impulsionar avanços tecnológicos significativos.

BIBLIOGRAFIA

[Xu, 2008] Xu, L.J., Chen, Y.Y., Liu, Z.G., Kong, F.T., The microstructure and properties of Ti-Mo-Nb alloys for biomedical application, *Journal of Alloys and Compounds* 453 (2008) 320.

[Z. Hu, 2009] Z. Hu, Y. Zhan, J. She, G. Zhang and D. Peng, The phase equilibria in the Ti-Cu-Y ternary system at 773 K, *Journal of Alloys and Compounds* 485 (2009) 261-263.

[Zhao, 2006] Zhao, Y.Q., Wu, W.L., Chang, H. Research on microstructure and mechanical properties of a new +Ti₂Cu alloy after semi-solid deformation, *Materials Science & Engineering A* 416 (2006) 181.