



CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL E MECÂNICA DE NANOCOMPÓSITOS DE MATRIZ METÁLICA REFORÇADO POR NTCS FUNCIONALIZADOS E DE MÚLTIPLAS PAREDES

Leonardo C. de Oliveira^{1*}, Rogervan S. Soares¹, Vitória A. Castro¹, João B. S. Filho¹,
Lourival A. S. Neto¹, Lorena G. O. Gama¹, Rafael R. Braga¹, Luiz G. S. Nascimento¹,
Sandra M. S. O. Araújo¹

1 - Departamento de Engenharia de Materiais, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Pará (IFPA). Avenida Almirante Barroso, 1155, Belém, CEP 66093-020, PA.

sr.leonardo1995@gmail.com

RESUMO

Estudo de novos materiais sempre foi de grande relevância para a engenharia. Os nanotubos de carbono possuem propriedades espetaculares, uma dessas é a propriedade mecânica sendo dezenas de vezes mais resistente a tração que o aço. A combinação dessa propriedade com propriedades de ligas de alumínio pode trazer ao mesmo aumento de sua resistência o que seria muito interessante, pois este material de engenharia possui diversas aplicações na indústria em geral. A finalidade desse estudo foi fazer uma comparação entre a adição de nanotubos em matriz de ligas de AlCu, sendo esses NTCs funcionalizados e de paredes múltiplas. Os funcionalizados possuem uma maior densidade em relação aos de paredes múltiplas devidos aos elementos funcionalizados em sua estrutura. A Microscopia eletrônica revela a disposição dos reforços na matriz metálica, onde percebe-se o reforço espalhado na matriz da mesma forma que uma resina epóxi banha fibras e vidro em material compósito. A resistência da matriz aumenta com a adição dos reforços, pois estes absorvem parte da intensidade mecânica imposta pela penetração do indentador do durômetro.

Palavras-chave: Nanocompósito, Matriz Metálica, Caracterização Estrutural e Mecânica.

INTRODUÇÃO

A Pesquisa e Desenvolvimento de novos materiais sempre foi de grande importância para a engenharia. Os nanotubos de carbono possuem propriedades espetaculares, dentre estas, a propriedade mecânica de resistência a tração, dezenas de vezes maior que do aço. A associação destas propriedades com as das ligas de alumínio pode elevar ainda mais esta resistência, o que seria muito interessante para um material de engenharia que possui diversas aplicações na indústria em geral.

Os compósitos de matriz de alumínio reforçado com partículas exibem alta elasticidade, elevada resistência específica, boa resistência de desgaste, e propriedades excelentes em temperaturas elevadas sobre as ligas de alumínio convencionais. Como um passo principal para cortar custos e para alcançar propriedades melhoradas ⁽¹⁾.

Um dos principais efeitos de materiais na escala nanométrica é o fato de que se certa quantidade de material for dividida em porções cada vez menores, aumenta a razão entre a área e o volume do material de maneira notável, processos físicos e reações químicas tornam-se mais rápidas e eficientes com a diminuição do tamanho das partículas envolvidas ⁽²⁾.

A elevada resistência mecânica demonstrada por NTCs é um dos seus principais atrativos. Sua adição em compósitos ou na produção de fibras sugere um grande acréscimo em características como o módulo de elasticidade, resistência à tração ou à fratura da matriz e no aumento da condutividade elétrica da matriz ⁽³⁾.

MATERIAIS E MÉTODOS

Nesse estudo, foram utilizados 475g de Alumínio e 25g de Cobre, para gerar a matriz metálica, e dois tipos de Nanotubos de Carbono, Paredes Múltiplas (MWCNT) e Funcionalizados (f-MWCNT).



Figura 1: Pedacos de Alumínio e Cobre (A), Nanotubos de Carbono (B).

A matriz foi fundida após os cálculos de massa (Figura 2A), após a solidificação, a liga matriz foi cortada em máquina serra fita (Figura 2B) tendo uma parte separada para análise em FRX, para a quantificação dos elementos de liga. Posteriormente seguiu para a laminadora para a fabricação de uma pequena folha (Figura 2C), foram depositados NTC em toda a superfície dessa folha e ela foi enrolada tendo geometria cilíndrico-espiralada (Figura 2D), e novamente laminada para a obtenção do nanocompósito, onde os nanotubos ficaram presos entre as paredes da folha (Figura 2E). E por fim, foi novamente ao forno por 30 minutos à temperatura de 450°C para recristalização dos grãos. Tais processamentos geraram duas amostras de nanocompósito, uma utilizando os NTCs Funcionalizados e outra com os NTCs de Paredes Múltiplas.

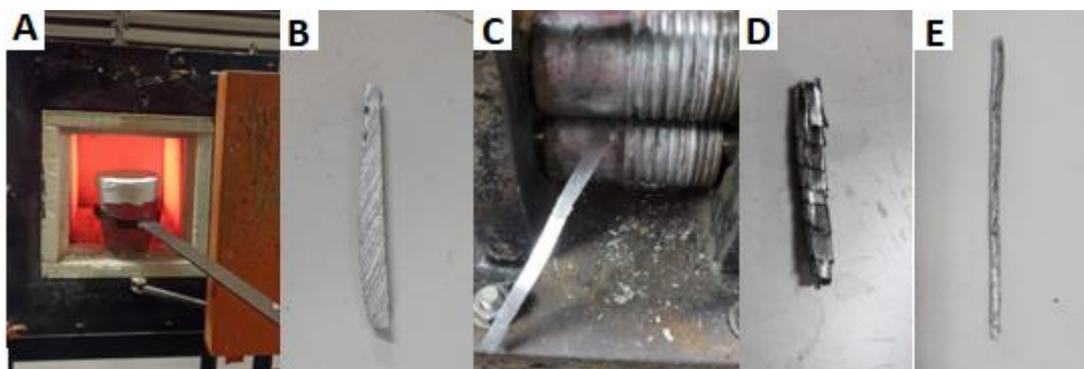


Figura 2: Fundição da Matriz (A); Matriz Cortada (B); Laminação (C); Folha já enrolada com NTCs (D); Nanocompósito Finalizado (E).

Depois da confecção dos Nanocompósitos, os corpos de prova foram preparados para análises de Microscópio Óptico (Figura 3A), Microscópio Eletrônico de Varredura (Figura 3B)

e análise de dureza utilizando Microdurômetro (Figura 3C). Esta preparação consistiu em Embutimento, Lixamento, Polimento, Ataque Químico para a revelação da microestrutura.

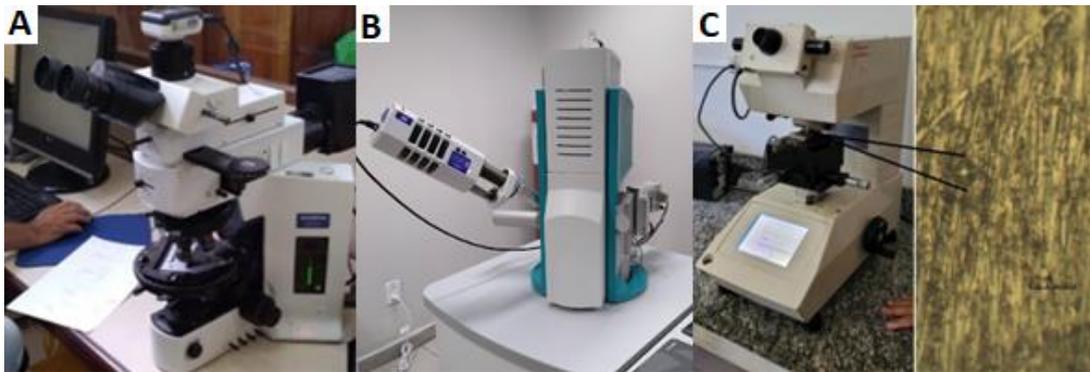


Figura 3: Microscópio Óptico (A); MEV (B); Microdurômetro e visualização da Endentação (C).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fluorescência de Raios X (FRX), sendo um procedimento analítico quantitativo, apresentou as porcentagens de solvente e soluto de liga, caracterizando a Matriz como Al-5%Cu, conforme a Figura 4.

ANÁLISE ELEMENTAR		Informação	
Al	94,84 %	ID Amostra:	GABRIEL MATRIZ
S	0,1494 %	Aplicação:	EQUA Metals
Fe	0,1751 %	Data / Hora	22/06/22 19:16:16
Cu	4,832 %	Operador	IFPA BELEM
		Warning: R = 22.87 (> 10.00)	

Figura 4: Resultado da Fluorescência de Raios X.

Foi observado pelas microscopias ópticas que após a inserção dos materiais dentro do forno, aconteceu o processo de recristalização dos grãos. É possível que as funções químicas dos NTCs Funcionalizados tenham influenciado na construção da estrutura durante o processo térmico. Que estes NTCs têm um coeficiente de condutividade térmica mais elevado, permitindo a melhor condução de calor, fazendo com que os grãos fiquem melhor recristalizados, influenciando diretamente no desempenho do material.

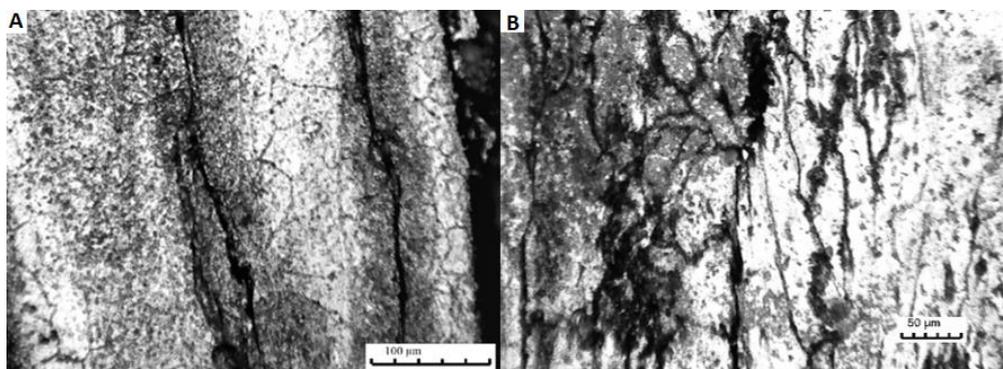


Figura 5: Micrografias Longitudinais do nanocompósito com NTCs Funcionalizados (A), e de Paredes Múltiplas (B).

As Micrografias, feitas a partir do MEV, mostraram interação dos Nanotubos de Carbono com a matriz recristalizada como reforço estrutural em vazios (Figura 6). Assim os NTCs vêm absorver as cargas impostas à matriz.

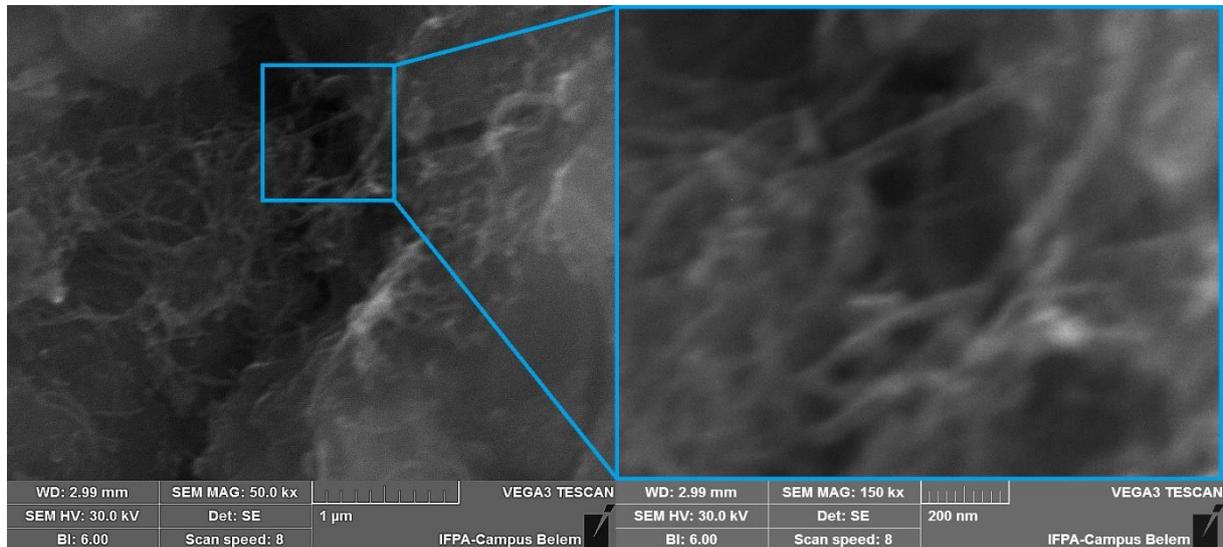


Figura 6: Micrografias de NTC de Paredes Múltiplas interagindo com paredes de Matriz dentro do Nanocompósito.

Também é observado que o processo de laminação contribuiu para que os NTCs fossem absorvidos pela matriz e se prendendo na microestrutura e paredes (Figura 7), que aumentar a resistência do material processado.

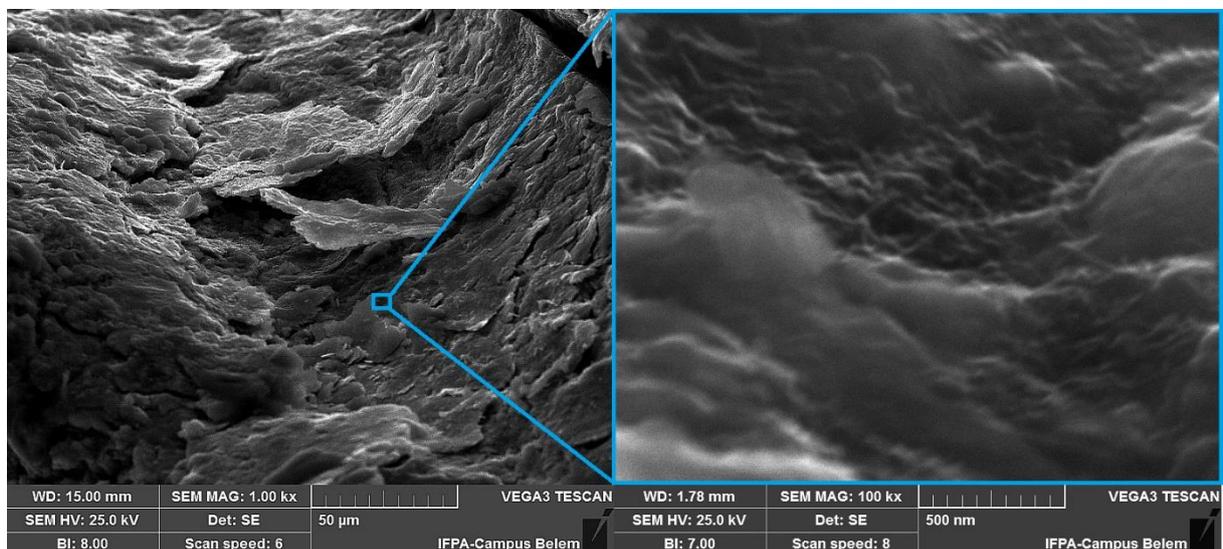


Figura 7: Micrografias de NTCs Funcionalizados presos à parede da Matriz do Nanocompósito.

O gráfico da relação entre Dureza Vickers e tipos de NTCs revela que o compósito fabricado a partir dos NTCs de Paredes Múltiplas apresenta um valor 60% maior em relação ao Nanocompósito com NTCs Funcionalizado. Devido as ligas Al-Cu serem tratadas termicamente, é possível analisar que não seria interessante a fabricação de nanoestruturado com matriz de Al-Cu com NTC Funcionalizado que passasse por algum processo térmico com o objetivo de aumento de resistência.

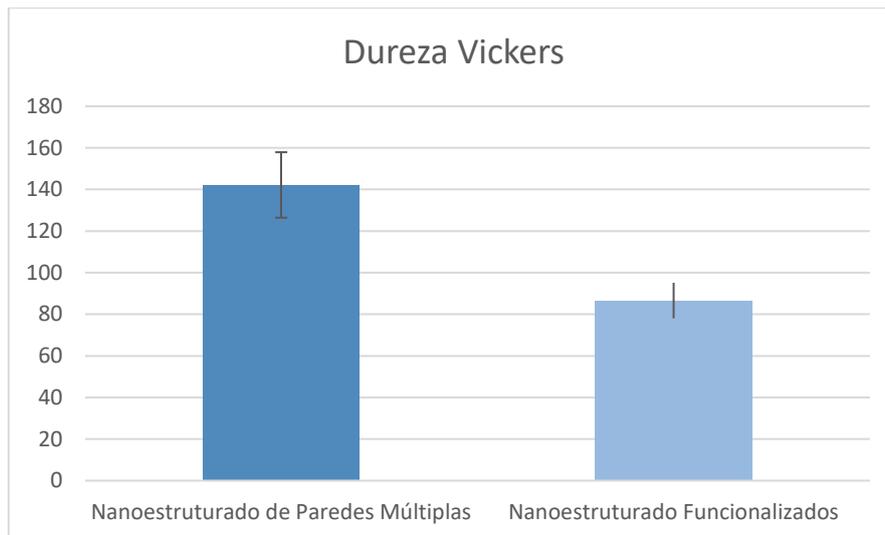


Figura 7: Gráfico de Dureza comparativo dos dois Nanocompósitos.

CONCLUSÕES

Considerando a mesma matriz e os métodos de fabricação que foram iguais em ambos os Nanoestruturados, a propriedade dos Nanotubos de Carbono Funcionalizados foi menor em relação aos NTCs de Paredes Múltiplas, isso é observado principalmente pela dureza Vickers de ambos os nanoestruturados, tal análise mostrou que supostamente a interface matriz-reforço com NTCs de paredes múltiplas influenciou na estrutura e conseqüentemente na resposta de resistência mecânica. O dado conversa também com os grãos recristalizados, à mesma temperatura e tempo, se mostraram menos alongados no Nanocompósito com NTCs Funcionalizados, o que provavelmente também pôde ter influenciado na menor dureza.

AGRADECIMENTOS

Ao Grupo de Soldagem da UFPA – GETSOLDA e a Diretoria de Pesquisa, Inovação Tecnológica do IFPA – DPI.

REFERÊNCIAS

1. VISWANATHAN, V., LAHA, T., BALANI, K., AGARWAL, A., & SEAL, S. Challenges and advances in nanocomposite processing techniques. *Materials Science and Engineering: R: Reports*, 54(5-6), 121–285. doi:10.1016/j.mser.2006.11.002. 2006.
2. SCHULZ, P. A. B.; LEIVA, D. R.; MILANEZ, D. H. *Engenharia de Materiais para Todos*. 3. ed. São Carlos: Edufscar, 2020. 134 p.
3. ACAUAN, L. H. Síntese de estruturas 3D de nanotubos de carbono verticalmente alinhados, dopados e não-dopados, decorados com nanopartículas de óxido de titânio, sua caracterização microestrutural e de propriedades fotocatalíticas e elétricas. 2015. 179f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais – Ppge3M, Escola de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre, 2015.



STRUCTURAL AND MECHANIC CHARACTERIZATION OF METALLIC MATRIX NANOCOMPOSITES REINFORCED WITH FUNCIONALIZED AND MULTI- WALLED CNTS

ABSTRACT

Study of new materials has always been of great relevance for engineering. Carbon nanotubes has spectacular properties, one of these is the mechanical property being dozens of times more resistant to traction than steel. The combination of this property with the properties of aluminum alloys can bring to the same increase of its strength that would be very interesting, because this engineering material has several applications in the industry in general. The purpose of this study was to make a comparison between the addition of nanotubes in Al-Cu alloy matrix, being these CNTs being functionalized and multi-walled. The functionalized ones have a higher density in relation to the multi-walled ones due to the functionalized elements in their structure. The electron microscopy reveals the structuring of the reinforcements the metallic matrix, where it is perceived the reinforcement spread in the matrix in the same way as an epoxy resin bathes fibers and glass in composite material. The resistance of the matrix increases with the addition of reinforcements, because they absorb part of the mechanical intensity imposed by the penetration of the hardness tester. .

Keywords: Nanocomposite, Metallic Matrix, Structural and Mechanic Characterization.