



PM AUTO 2018

Certificate of presentation

We hereby confirm that

Prof. Seyed Abdolkarim Sajjadi

gave the following poster presentation

Effect of carbide formation at CNT/Al matrix interface on the mechanical properties of Al/CNT composite

At

PM AUTO 2018 International Conference

Isfahan, Iran, 16-18 April 2018



Chairman

Dr. Abolghasem Arvand



Vice Chairman

Professor Herbert Dänninger

Secretariat



Professor Ali Haerian

بررسی تاثیر فاز کاربیدی ایجادشده در فصل مشترک نانولوله کربنی و زمینه آلومینیومی بر خواص مکانیکی کامپوزیت Al/CNT

سیمین حیدری^۱، سید عبدالکریم سجادی^۲، ابوالفضل باباخانی^۳، حسین اسکندری^۴، فرهاد صبا^۵

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، Heydari.simin@yahoo.com

^۲ استاد، دانشگاه فردوسی مشهد، Sajjadi@um.ac.ir

^۳ استاد، دانشگاه فردوسی مشهد، Babakhani@um.ac.ir

^۴ دانشیار، دانشگاه خلیج فارس بوشهر، Heskandari@pgu.ac.ir

^۵ دکتر، دانشگاه فردوسی مشهد، Farhaad.saba@gmail.com

چکیده

هدف از پژوهش حاضر بررسی تاثیر فاز کاربید آلومینیم (Al_4C_3) بر خواص مکانیکی کامپوزیت نهایی بود. بنابراین در این تحقیق نانو کامپوزیت آلومینیم تقویت شده با نانولوله‌ی کربنی با استفاده از یک فرآیند چندمرحله‌ای تولید شد. در ابتدا، نانولوله‌های کربنی توسط آسیاکاری مکانیکی به مدت ۲۰ ساعت خرد شد تا منبع کربنی برای تشکیل کاربید مهیا شود. سپس نانولوله‌های خردشده به مقادیر مختلفی از CNT خام اضافه و به مدت یک ساعت تحت آسیاکاری مجدد قرار گرفت تا سطح نانولوله‌های خام با CNT های خردشده پوشش داده شود. در نهایت پودر حاصل با آلومینیم مخلوط شد تا کامپوزیت نهایی با روش پرس سرد و تفجوشی در کوره به دست آیند. بررسی‌های متالوگرافی توزیع مناسب نانولوله‌های کربنی را در زمینه آلومینیمی نشان داد. همچنین، حضور فاز کاربیدی Al_4C_3 با استفاده از آزمون پراش پرتو ایکس (XRD) تایید شد. نتایج آزمون میکروسختی بهبود خواص مکانیکی کامپوزیت نهایی را نسبت به نمونه مرجع (نانو کامپوزیت آلومینیوم تقویت شده با نانولوله‌ی کربنی خام) نشان داد که این افزایش به تشکیل کاربید آلومینیم نسبت داده شد.

کلید واژه: نانولوله کربنی، نانو کامپوزیت Al/CNT، کاربید آلومینیم، خواص مکانیکی.

۱. مقدمه

اند. تصاویر حاصل از میکروسکوپ الکترونی بیانگر توزیع خوب نانولوله‌ها در زمینه با استفاده از این تکنیک می باشد اگرچه امکان تخریب نانولوله‌ها یا تغییر شکل آنها در این روش وجود دارد. با این وجود تاکنون تحقیقات اندکی در زمینه بهبود چسبندگی و اصلاح فصل مشترک بین نانولوله‌ی کربنی و زمینه آلومینیومی صورت گرفته است. محققان دریافته اند که تشکیل لایه‌ای از کاربید در فصل مشترک موجب افزایش استحکام فصل مشترک و بهبود چسبندگی می شود [۳]. هدف از پژوهش حاضر بهبودمشکل چسبندگی همراه با کاهش تخریب نانولوله‌های کربنی می باشد. به این منظور نانولوله‌ی خرد شده برای تشکیل لایه‌ی کاربید در دماهای پایین به کامپوزیت افزوده شد.

از زمان کشف نانولوله‌های کربنی در سال ۱۹۹۱ به واسطه‌ی خواص مکانیکی و فیزیکی منحصر به فرد، از آنها به عنوان یک تقویت کننده‌ی قابل قبول در ساخت نانو کامپوزیت های مختلف استفاده شده است [۱]. در میان بسیاری از کاندیداهای فلزی به عنوان زمینه برای ساخت کامپوزیت های بانسبت استحکام به وزن بالا آلومینیوم به دلیل دانسیته‌ی پایین و خواص مکانیکی خوب ترجیح داده می شود. به واسطه‌ی نیروی جاذبه و اندروالسی قوی بین نانولوله‌های کربنی، توزیع نامناسب و چسبندگی ضعیف دو مشکل عمده در ساخت کامپوزیت های زمینه فلزی تقویت شده بانانولوله‌های کربنی می باشد [۲]. روش های جدیدی برای دست یابی به توزیع همگن نانولوله‌های کربنی در زمینه فلزی و بهبود خواص مکانیکی محصول نهایی ابداع شده است که در این میان گروهی از محققین تکنیک آسیاکاری مکانیکی را برای بهبود توزیع تقویت کننده‌ها برگزیده

۲. روند عملی

درصد زیادی از نانولوله ی کربنی به کاربرد وجود دارد ولی روشی جدید برای تشکیل کاربرد دمایی پایین تر مورد نیاز است. به این منظور از نانولوله ی کربنی خرد شده به عنوان منبع کربنی فعال برای تسهیل تشکیل کاربرد در دماهای پایین استفاده شد. نانولوله ی کربنی خرد شده به وسیله ی فرآیند آسیا کاری مکانیکی به مدت یک ساعت با نانولوله ی کربنی خام ترکیب شد. به دلیل استفاده از فرآیندی مکانیکی برای ترکیب نانولوله ی خام و خرد شده امکان تشکیل عیوب شبکه ای وجود دارد که این عیوب نیز می توانند به عنوان مکان هایی مرجح برای جوانه زنی کاربرد در نظر گرفته شوند.

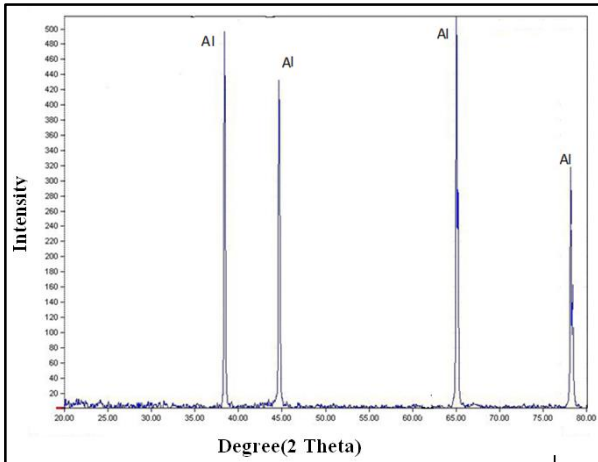
۳.۱ تصاویر میکروسکوپ نوری نمونه ها

به منظور ارزیابی سازگاری نانو لوله های کربنی تزئین شده و زمینه آلومینیومی دو نمونه ی ۵wt-% Al نانولوله ی تزئین شده و خام به وسیله ی فرآیند آسیا کاری مکانیکی، پرس سرد و زینتر تهیه شد. توزیع نانولوله ها در زمینه کامپوزیت به وسیله ی میکروسکوپ نوری مورد بررسی قرار گرفت. شکل ۱ تصاویر نمونه های متالوگرافی شده ی نانو کامپوزیت تقویت شده با نانولوله ی تزئین شده و خام را نشان می دهد. مناطق سیاه رنگ (مناطق مشخص شده با پیکان) نشان دهنده ی نانولوله های کربنی می باشد. تصاویر حاکی از آن است که به واسطه ی چسبندگی بیشتر و واکنش بهتر نانولوله کربنی در حالت تزئین شده با زمینه، توزیع آن بسیار بهتر از نانولوله خام می باشد.

در این پژوهش، پودر آلومینیوم با خلوص ۹۹/۵ درصد و نانولوله ی کربنی چند جداره با قطر خارجی ۵۰-۳۰ نانومتر، قطر داخلی ۱۲-۵ نانومتر و طول ۲۰-۱۰ میکرومتر مورد استفاده قرار گرفت. به منظور بررسی اثر افزایش نانولوله ی خرد شده در بهبود خواص مکانیکی کامپوزیت دو نمونه با ترکیب متفاوت از آلومینیوم خالص تجاری و نانولوله ی کربنی چند جداره ساخته شد. در ساخت نمونه ی اول در ابتدا نانولوله ی کربنی به مدت ۲۰ ساعت تحت فرآیند آسیا کاری مکانیکی در محیط خشک قرار گرفت با نسبت گلوله به پودر ۱:۴۰ و سرعت چرخش ۲۹۰ دور بر دقیقه. سپس نانولوله ی خرد شده در ۱۰۰CC الکل به مدت ۱۵ دقیقه اولتراسونیک شده نانولوله ی خام به آن افزوده و مجدداً به مدت ۱۵ دقیقه فرآیند اولتراسونیک انجام شد. محلول شامل نانولوله ی خام و خرد شده به مدت ۱ ساعت تحت فرآیند آسیا کاری تر قرار گرفت با نسبت گلوله به پودر ۱:۲۰، سرعت چرخش ۲۹۰ دور بر دقیقه با نسبت وزنی نانولوله ی خرد شده به تزئین شده ۱:۵. در نهایت ۰.۰۷۵ گرم نانولوله ی تزئین شده با ۱.۴۲۵ گرم آلومینیوم خالص به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۰۰CC الکل اولتراسونیک شده و سپس به مدت ۱ ساعت تحت فرآیند آسیا کاری مکانیکی تر قرار گرفت با نسبت گلوله به پودر ۱:۲۰ و سرعت چرخش ۲۹۰ دور بر دقیقه. در ساخت نمونه ی دوم ۰.۰۷۵ گرم نانولوله ی کربنی خام با ۱.۴۲۵ گرم آلومینیوم به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۰۰CC الکل اولتراسونیک شده و سپس فرآیند آسیا کاری تر به مدت یک ساعت انجام شد با نسبت گلوله به پودر ۱:۲۰ و سرعت چرخش ۲۹۰ دور بر دقیقه. فشردن نمونه ها در قالبی با قطر داخلی ۱۰ میلی متر با فشار ۶۵۰ MPa صورت گرفت و در نهایت فرآیند زینتر در دمای ۶۰۰CC به مدت ۲ ساعت انجام شد. تغییرات ساختاری نمونه ها در طی زینتر با آزمون پراش اشعه ایکس مورد بررسی قرار گرفت. با استفاده از میکروسکوپ نوری تصاویری از توزیع فازهای متفاوت در نمونه ها تهیه و در نهایت سختی نمونه ها توسط دستگاه سختی سنجی ویکرز محاسبه شد. (تحت بار ۵۰۰ گرم به مدت ۱۰ ثانیه)

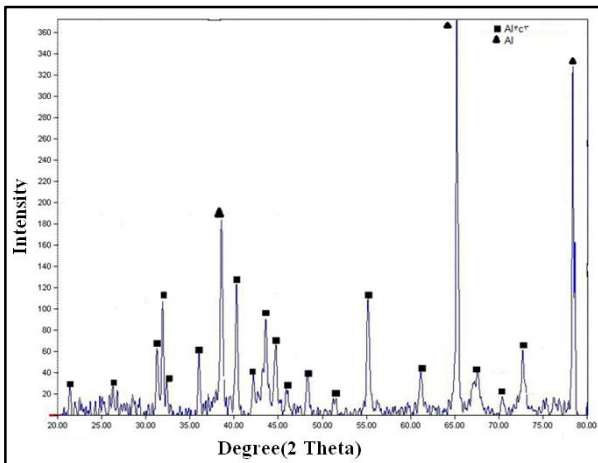
۳. بحث و نتیجه گیری

تشکیل کاربرد در فصل مشترک معمولاً نیاز به فرآیندی بالانرژی باال دارد. Ci و همکارانش تشکیل کاربرد آلومینیوم را بعد از پاشش آلومینیوم در نانولوله ی کربنی و انجام آنیل در محدوده ی دمایی ۲۲۳-۷۲۳ گزارش کردند [۴]. اگرچه در این شرایط احتمال تبدیل

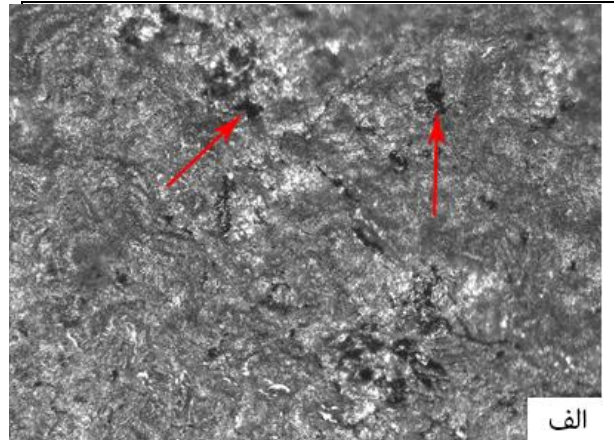


شکل شماره ۲. الگوی پراش پرتو ایکس پودر آلومینیوم خالص

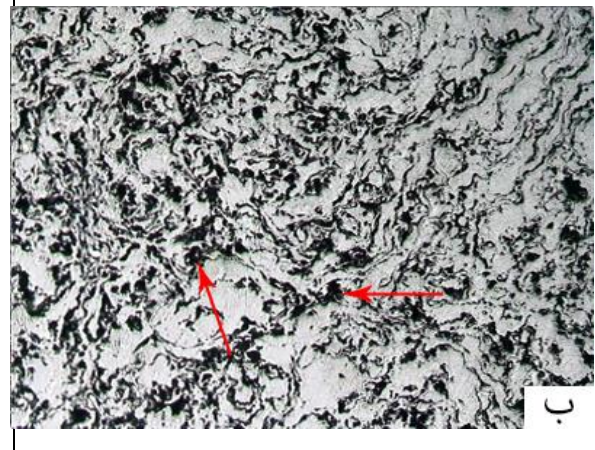
شکل شماره ۳ الگوی پراش پرتو ایکس نانو کامپوزیت Al-5%Wt نانولوله ی تزئین شده است که نمایانگر تشکیل کاربید آلومینیوم در فصل مشترک زمینه و تقویت کننده می باشد.



شکل شماره ۳. الگوی پراش پرتو ایکس نانو کامپوزیت Al-5%Wt حاوی نانولوله ی کربنی تزئین شده



الف



ب

شکل شماره ۱. الف) نانو کامپوزیت Al-5%Wt نانولوله ی کربنی خام
ب) نانو کامپوزیت Al-5%Wt نانولوله ی کربنی تزئین شده

۳.۲ آنالیز پراش پرتو ایکس

الگوی پراش پرتو ایکس پودر اولیه آلومینیوم در شکل ۲ نشان داده شده است. پیک های شدید نمایانگر آلومینیوم خالص بوده و اثری از اکسید آلومینیوم در آن مشاهده نمی شود.

۳.۳ نتایج آزمون سختی

نتایج تست سختی حاکی از آن است که سختی نمونه شامل نانولوله تزئین شده به دلیل تسریع در تشکیل کاربید در نتیجه چسبندگی و توزیع بهتر تقویت کننده به زمینه، بیشتر می باشد. قابل ذکر است

۴. نتایج

نانو کامپوزیت آلومینیوم تقویت شده با نانولوله ی کربنی با فرآیند آسیاکاری مکانیکی تولید شد. نانولوله های کربنی خام به طور مجزایا نانولوله های خرد شده توسط فرآیند مکانیکی ترکیب شدند. فرآیند خردایش نانولوله های کربنی موجب افزایش سطح انرژی آنها و در نتیجه افزایش میل به ایجاد پیوند با نانولوله ی خام شده که خود باعث تسریع تشکیل کاربید و بهبود سختی کامپوزیت می گردد.

منابع

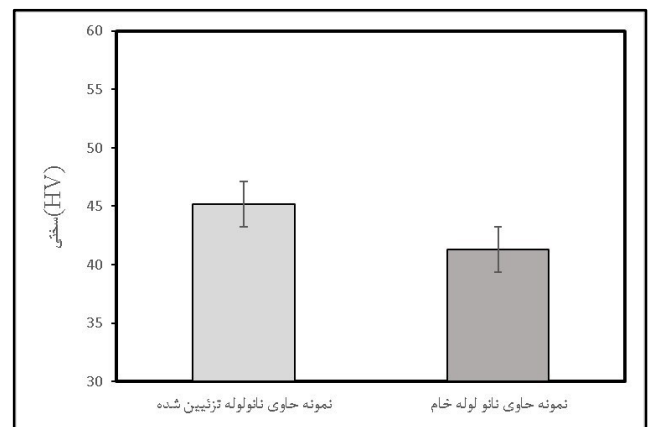
[1] Krishnan A, Dujardin E, Ebbesen TW, Yianilos PN, Treacy MMJ. Young's modulus of single-walled nanotubs. Phys Rev B 1998;58(20):14013-9.

[2] Morsi K, Esawi A. Effect of mechanical alloying time and carbon nanotube(CNT) content on the evolution of aluminum (Al)-CNT composite powders. J Mater Sci 2007;42(13):4954-9.

[3] S. Khorasani, S. Heshmati-Manesh, H. Abdizadeh. Improvement of mechanical properties in aluminum/CNTs nanocomposites by addition of mechanically activated graphite. Composites: Part A 68(2015)177-183.

[4] Ci L, Ryu Z, Jin-Phillipp NY, Ruhle M. Investigation of the interfacial reaction between multi-walled carbon nanotubes and aluminum. Acta Mater 2006;54(20):5367-75.

اگرچه احتمال تشکیل کاربید آلومینیوم به عنوان ذرات مجزایا در زمینه آلومینیوم وجود دارد ولی به دلیل مقدار بسیار کم نانولوله ی خرد شده اضافه شده در مقایسه با نانولوله ی خام به عنوان تقویت کننده دوم در نظر گرفته نمی شود [۳]. در این پژوهش با وجود دمای پایین زینتر و عدم استفاده از فرآیندهایی مانند نورد داغ یا اکستروژن استحکام بخشی ذرات فاز دوم به واسطه ی افزودن منبع کربنی فعال افزایش یافت.



شکل شماره ۴. نمودار سختی نمونه ی حاوی نانولوله ترنژین شده و نمونه حاوی نانولوله خام