



تأثیر دمای تفجوشی و فشار تفجوشی بر خواص مکانیکی نانوکامپوزیت مس/گرافن تولید شده به روش آلیاژسازی مکانیکی

دانشمند^۱، سیدحمید^{۱*}؛ محمدیگی، علی^۱؛ نظری، علی^۱؛ ذاکری، محمد^۲

^۱دانشکده فنی و مهندسی گروه مهندسی مواد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه، ساوه. بلوار شهید بهشتی بلوار شهید فهمین
^۲پژوهشکده سرامیک، پژوهشگاه مواد و انرژی، کرج. مشکین دشت. بلوار امام خمینی

daneshmand.shd@gmail.com

چکیده

هدف از این پژوهش، بهینه‌سازی پارامترهای موثر بر خواص مکانیکی نانوکامپوزیت مس/گرافن با استفاده از فرآیند آلیاژسازی مکانیکی و پرس سردی باشد. برای این منظور از طراحی تاکوچی با ماتریس ترکیبی L_9 استفاده شد. چهار پارامتر تأثیرگذار در سنتز این نانوکامپوزیت شامل درصد گرافن، زمان آسیاب کاری، فشار تفجوشی، دمای تفجوشی، درسه سطح در نظر گرفته شدند. عملیات آلیاژسازی مکانیکی پودرهای مذکور درون آسیاب گلوله‌ای سایشی و تحت اتمسفر گاز آرگون انجام شد. بررسی مورفولوژی ذرات پودر از میکروسکوپ الکترونی روبشی، آنالیز مخلوط پودری از پراش اشعه X و برای ردیابی گرافن و بدست آوردن نسبت I_D/I_G از طیف سنج رامان استفاده شده است. نتایج بدست آمده نشان دهنده بهبود خواص مکانیکی با افزایش دما و فشار تفجوشی می‌باشد. کلمات کلیدی: نانوکامپوزیت مس/گرافن، فشار و دمای تفجوشی، آلیاژسازی مکانیکی، طراحی پارامتر به روش تاکوچی.

The effect of sintering temperature and sintering pressure on mechanical properties of Cu/graphene nanocomposite produced by mechanical alloying method.

H. Daneshmand^{1*}, A. Mohammadbeigy¹, A. Nazari¹, M. Zakeri²

¹Department of Materials Engineering, Islamic Azad University, Saveh

²Department of Ceramics, Materials and Energy Research Institute, Karaj

daneshmand.shd@gmail.com

Abstract

The purpose of this study is to optimize the parameters that influence the mechanical properties of Cu/graphene nanocomposite using mechanical alloying and cold pressed. For this purpose, the hybrid matrix L_9 Taguchi design was used. Four parameters affecting the synthesis of nanocomposites consisting of percentage of graphene, milling time, pressure pressing and sintered temperature, were considered at three levels. The mechanical alloying powders in a ball mill, milled under argon atmosphere was carried out. Powder particle morphology by scanning electron microscopy, X-ray diffraction analysis of the powder mixture model and Raman spectra analyze has been used for graphene detect and obtain the ratio I_D / I_G . The results shows the improvement in mechanical properties with increasing sintered temperature & pressure pressing.

Keywords : Cu/graphene Nanocomposite, Pressure and sintering temperature, Mechanical alloying, parameter design Taguchi method

این پژوهش پودرهای مس با خلوص ۹۹/۹٪ و همچنین پودر گرافن با خلوص ۹۹٪ و با تعداد لایه ۲۰، ضخامت لایه ها ۴-۱/۵ nm و فاصله صفحات ۰/۳۴۹ nm استفاده شده است. پودرهای مس و گرافن را همراه با ۲ درصد وزنی اسید استئاریک بعنوان (PCA) با نسبت وزنی گلوله به پودر ۱۰:۱ در آسیاب گلوله‌ای سایشی تحت اتمسفر گاز آرگون آسیابکاری شدند. منظور جلوگیری از اکسید شدن ذرات پودر، پودرها تحت فشار ۳۰ MPa و دمای ۵۰۰°C قرار گرفت. به منظور بالا بردن چگالی، نمونه‌ها در همین مرحله، تحت فشار ۴۰۰، ۵۰۰ و ۶۰۰ مگاپاسکال پرس شده و سپس نمونه‌ها را در محفظه حاوی گرافیت زینتر شدند. برای بررسی فازها از XRD و بررسی مورفولوژی پودرها از SEM و همچنین برای ردیابی گرافن از رامان استفاده شد. استحکام فشاری نمونه‌ها بر اساس استاندارد E۹-۸۹a و سختی نمونه‌ها به روش برینل گرفته شد.

در سال‌های اخیر از گرافیت و نانولوله‌های کربنی جهت افزایش خواص مکانیکی نانوکامپوزیت‌های پایه مس استفاده شده است. استفاده از تقویت‌کننده‌های کربنی به دلیل خواص فیزیکی خوب این ماده را به عنوان فاز تقویت‌کننده جذاب کرده است [۱]. گرافن ساختار دو بعدی از یک لایه منفرد شبکه لانه زنبوری کربنی می‌باشد که به علت داشتن خواص عالی در رسانندگی الکتریکی و رسانندگی گرمایی، چگالی پایین و خواص مکانیکی عالی به ماده‌ای منحصربفرد تبدیل شده است [۲]. در تحقیقاتی که بر روی نانوکامپوزیت مس/گرافن انجام شده است نشان می‌دهد که گرافن باعث افزایش هدایت حرارتی مس شده است [۳]. همچنین از گرافن بعنوان فاز تقویت‌کننده در نانوکامپوزیت آلومینیوم/گرافن استفاده شده است [۴].

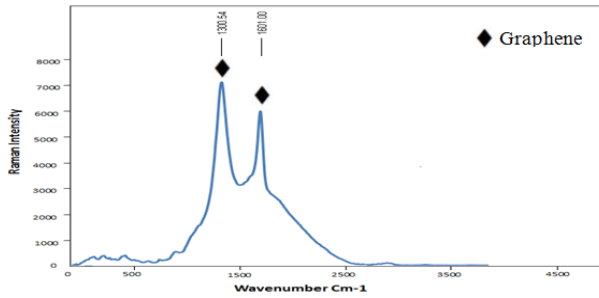
جدول (۱): مشخصات تولید نانوکامپوزیت مس-گرافن.

کد آزمون	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم
N1	۰/۲	۱۰	۴۰۰	۷۰۰
N2	۰/۲	۱۵	۵۰۰	۸۰۰
N3	۰/۲	۲۰	۶۰۰	۹۰۰
N4	۰/۵	۱۰	۵۰۰	۹۰۰
N5	۰/۵	۱۵	۶۰۰	۷۰۰
N6	۰/۵	۲۰	۴۰۰	۸۰۰
N7	۱	۱۰	۶۰۰	۸۰۰
N8	۱	۱۵	۴۰۰	۹۰۰
N9	۱	۲۰	۵۰۰	۷۰۰
N10*	۰	۱۰	۴۰۰	۷۰۰

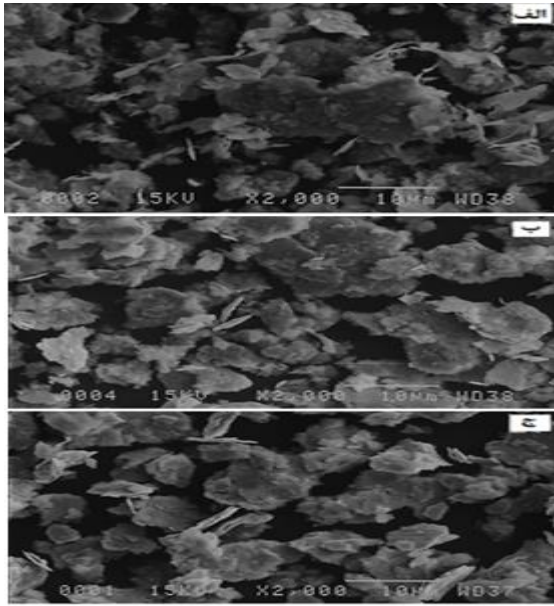
مواد و روش تحقیق

برای تهیه نانوکامپوزیت مس/گرافن از روش آلیاژسازی مکانیکی از طراحی آزمون به روش تاگوجی استفاده شده است تا تعداد آزمون‌های لازم برای رسیدن به جواب بهینه مشخص گردد [۵]. بر این اساس گرافن در درصدهای ۰/۲، ۰/۵ و ۱ درصد وزنی، زمان آسیابکاری در ساعت‌های ۱۵، ۲۰ و ۳۰ ساعت، فشار تفجوشی در ۴۰۰، ۵۰۰ و ۶۰۰ MPa و دمای تفجوشی ۷۰۰، ۸۰۰ و ۹۰۰°C تعیین شد. در جدول ۱ مشخصات تولید نانوکامپوزیت مس-گرافن آورده شده است. ضمناً نمونه N1۰ نمونه شاهد می‌باشد. در

نتایج و بحث



نمودار (۲): طیف رامان (Raman) برای ریبانی صفحات گرافن در نانو کمپوزیت Graphene ۱wt% - Cu.

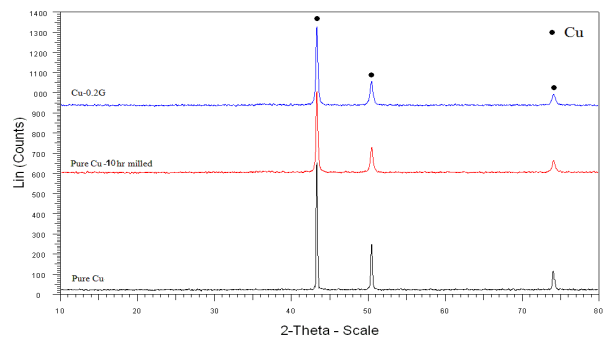


شکل (۱) تصاویر SEM پودر Graphene ۰.۲wt% در زمان‌های مختلف آسیاب، الف) ۱۰ ساعت، ب) ۱۵ ساعت و ج) ۲۰ ساعت آسیاب.

جدول (۳): نتایج بدست آمدن از استحکام فشاری و سختی قبل و بعد از تفتوشی.

شماره نمونه	استحکام فشاری (MPa)	سختی قبل از تفتوشی (BHN)	سختی بعد از تفتوشی (BHN)
N1	۳۴۰	۵۶	۸۳
N2	۶۶۰	۶۴	۱۱۰
N3	۵۰۵	۷۰	۱۴۲
N4	۳۹۵	۵۸	۱۳۵
N5	۷۸۰	۷۲	۱۴۵
N6	۵۱۰	۵۷	۱۳۲
N7	۳۸۰	۶۲	۱۳۶
N8	۳۷۵	۶۰	۱۲۴
N9	۳۷۰	۵۰	۹۲
*N10	۲۸۰	۳۹	۶۵

نمودار (۱) نتایج آنالیز پراش اشعه X نمونه پودری Cu-۰.۲G، مس خالص و مس خالص ۱۰ ساعت آسیاب کاری شده را نشان می‌دهد. با توجه به ایجاد محلول جامد در نمونه‌ها در حین آلیاژسازی مکانیکی، مقدار جایابی در پیک‌های اصلی مس به دلیل آسیاب کاری می‌باشد. از نتایج آنالیز پراش اشعه X برمی‌آید که پهن شدن پیک‌ها با گذشت زمان نشان دهنده ریز شدن ذرات است. کاهش شدت پیک‌ها با گذشت زمان دلیلی بر آلیاژ شدن مس و گرافن می‌باشد. نمودار (۲) آنالیز رامان را برای نمونه پودری مس ۱ درصد گرافن را نشان می‌دهد. طول موج‌های بدست آمده برترتیب: باند D در محدوده Cm^{-1} و باند G در محدوده Cm^{-1} می‌باشد. براین اساس نسبت I_D/I_G گرافن خالص (۱,۴۷) و نسبت I_D/I_G گرافن بعد از آسیاب کاری مکانیکی (۱,۸۸) است که افزایش را نشان داده و نشانی از تخریب در ساختار گرافن را نشان نمی‌دهد. در شکل ادینگ می‌شود پس از ۱۵ ساعت آسیابکاری مورفولوژی ذرات به شکل ورقه‌ای و شبه کروی شده‌اند.



نمودار (۱): الگوی پراش پرتو X برای پودرهای Cu-۰.۲wt% Graphene، مس خالص و مس خالص ۱۰ ساعت آسیاب کاری شده.

علوم و فناوری نانو

نتایج نشان می‌دهد در فشار تقویشی ۴۰۰ Mpa سختی برابر BHN ۵۸، در فشار ۵۰۰ Mpa برابر BHN ۵۷ و در فشار ۶۰۰ Mpa سختی بدست آمد برابر BHN ۶۸ می‌باشد. با افزایش فشار از ۴۰۰ Mpa به ۵۰۰ Mpa سختی کاهش یافته است که یکی از دلایل آن می‌تواند شکسته شدن لایه های اکسیدی روی دانه ها باشد که این لایه های اکسیدی شکسته شدن با قرارگیری در ساختار و ایجاد تمرکز تنش باعث کاهش سختی شده است. با افزایش فشار تقویشی از ۵۰۰ Mpa به ۶۰۰ Mpa سختی افزایش یافته است که این افزایش در اثر اتصال بیشتر ذرات و افزایش سختی روبه‌رو هستیم.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش فشار و دما تقویشی مناسب برای تولید نمونه ۶۰۰ MPa و ۸۰۰ °C می‌باشد. با توجه به نتایج بدست آمد نتیجه می‌شود که از گرافن می‌توان به عنوان یک فاز تقویت کننده مناسب در کامپوزیت‌های زمینه مسی استفاده نمود.

مراجع

[۱] Hongqi Li, Amit Misra, Zenji Horita, Carl C. Koch, Nathan A. Mara, Patricia O. Dickerson "Strong and ductile nanostructured Cu-carbon nanotube composite" *APPLIED PHYSICS LETTERS*, No. ۹۵ (۲۰۰۹) ۰۷۱۹۰۷-۱-۳.

[۲] Geim, A. K., and K. S. Novoselov "Scientific background on the Nobel prize in physics GRAPHENE" Compiled by the class for Physics of the Royal Swedish Academy of sciences. (۲۰۱۰) ۱-۱۰.

[۳] Shu-Wei Chang, Arun K Nair and Markus J Buehler "Geometry and temperature effects of the interfacial thermal conductance in copper and nickel-graphene nanocomposites" (۲۰۱۲) ۲۴ ۲۴۵۳۰۱ (۱pp).

[۴] Stephen F. Bartolucci, Joseph. Paras, Mohammad A. Rafiee, Javad Rafiee, Sabrina Lee, Deepak Kapoor, Nikhil Koratkar "Graphene-aluminum nanocomposites". *Materials Science and Engineering A* ۵۲۸ ۷۹۳۳-۷۹۳۷.

[۵] Yang K., E. Teo, and F. K. Fuss; "Application of Taguchi method in optimization of cervical ring" cage J. *Biomech. In press*. (۲۰۰۷)

با توجه به جدول ۳ مشاهده می‌شود نمونه‌ها قبل از تقویشی از سختی بالاتری نسبت به نمونه‌های تقویشی شده برخوردار هستند که می‌تواند ناشی از کار سختی بوجود آمده پودرها در حین آلیاژسازی مکانیکی باشد و کاهش سختی بعد از تقویشی به دلیل بازیابی و کاهش کار سختی دانه‌ها می‌باشد. نتایج آزمون طراحی شده به روش تاگوشی را در نرم افزار Qualitek-۴ وارد نموده و نتایج زیر حاصل شد. در دمای تقویشی ۷۰۰ °C استحکام فشاری بدست آمده برابر ۴۹۷ Mpa، در دمای ۸۰۰ °C برابر ۵۱۷ Mpa و در دمای ۹۰۰ °C استحکام فشاری بدست آمده برابر ۶۲۵ Mpa می‌باشد. با افزایش دمای تقویشی از ۷۰۰ °C به ۸۰۰ °C استحکام افزایش می‌یابد که ناشی از نفوذ کامل تر و اتصال بیشتر دانه‌ها در یکدیگر می‌باشد ولی با افزایش دما به ۹۰۰ °C کاهش استحکام رخ می‌دهد که این امر می‌تواند ناشی از رشد دانه در داخل ساختار باشد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که با افزایش فشار تقویشی استحکام افزایش قابل توجهی یافته است. در فشار تقویشی ۴۰۰ Mpa استحکام فشاری بدست آمده برابر ۴۰۵ Mpa، در فشار ۵۰۰ Mpa برابر ۴۷۵ Mpa و در فشار ۶۰۰ Mpa استحکام فشاری بدست آمده برابر ۵۵۵ Mpa می‌باشد. افزایش فشار تقویشی دانه‌ها را دچار تغییر شکل پلاستیکی کرده که این امر منجر به افزایش سطح تماس دانه شده است. نتایج نشان می‌دهد در دمای تقویشی ۷۰۰ °C سختی برابر BHN ۵۹، در دمای ۸۰۰ °C برابر BHN ۶۱ و در دمای ۹۰۰ °C سختی بدست آمده برابر BHN ۶۵ می‌باشد. نتایج بدست آمده نشان افزایش سختی با افزایش دمای تقویشی می‌باشد که می‌تواند این افزایش ناشی از نفوذ کامل تر و اتصال بیشتر دانه‌ها در یکدیگر باشد.