



بررسی تاثیر گرافن بر خواص مکانیکی نانو کامپوزیت آلومینیوم ۷۰۷۵-گرافن تولید شده به

روش نورد تجمعی

صادقی دماوندی^۱، سید حسین^{۱*}؛ خادم^۱، سید عبدالمجید^۱؛ قاسمی^۱، داود^۱؛ دانشمند^۱، سید حمید^۱

^۱دانشکده فنی و مهندسی گروه مهندسی مواد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه، ساوه- بلوار شهید بهشتی بلوار شهید فهمیدن

hosein_echo@yahoo.com

چکیده

در این پژوهش ورق‌های کامپوزیتی نانو ساختار از Al₇₀₇₅ به همراه فاز تقویت کننده گرافن به روش اتصال نورد تجمعی ARB تولید شد و تاثیر گرافن به عنوان فاز تقویت کننده بر خواص مکانیکی آن‌ها بررسی شد. بدین منظور فرآیند ARB تا سه سیکل بر روی نمونه‌های حاوی ذرات تقویت کننده گرافن و بدون گرافن انجام شد. تغییرات خواص مکانیکی با استفاده از تست کشش و سختی سنجی ویکرز بررسی شد و همچنین برای بررسی‌های ریزساختاری و نحوه‌ی توزیع ذرات از میکروسکوپ الکترونی SEM و از طیف سنجی رامان جهت ردیابی گرافن استفاده گردید. به علاوه از آنالیز XRD جهت تعیین اندازه دانه و شناسایی فازهای موجود در نمونه‌های Al₇₀₇₅ و گرافن ۲٪، Al₇₀₇₅ استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از گرافن بعنوان فاز تقویت کننده باعث بهبود خواص مکانیکی نانو کامپوزیت Graphene ۲٪/Al₇₀₇₅ شده است.

کلمات کلیدی: نانو کامپوزیت، Graphene ۲٪/Al₇₀₇₅، نورد تجمعی، خواص مکانیکی.

Effect of graphene on the mechanical properties of Al₇₀₇₅-graphene nanocomposite produced by accumulative roll bonding

H. Sadeghi damavandi^{1*}, A. Khadem¹, D. Qasemi¹, H. Daneshmand¹

¹Department of Materials Engineering, Islamic Azad University, Saveh

hosein_echo@yahoo.com

Abstract

In this study, nanostructural Al₇₀₇₅ composite sheets with phase reinforced Graphene was produced by Accumulative Roll Bonding (ARB) Process on their mechanical properties were studied. For this purpose, the ARB up to three cycles on samples with particles of reinforced Graphene and without Graphene was processed. Changes in mechanical properties were investigated by using Vickers Hardness and tensile test. And as well as to study the microstructure and distribution of particles used electron microscopy SEM and to trace the Graphene used Raman spectroscopy. In addition, XRD analysis was used to determine the grain size and identify the present phases in the samples Al₇₀₇₅ 0, 2% Graphene and Al₇₀₇₅. The results showed using the Graphene as a reinforcing phase improves the mechanical properties of AL₇₀₇₅ 0, 2% Graphene nanocomposite.

Keywords : Nanocomposite, Al₇₀₇₅ 0, 2% Graphene, Accumulative Roll Bonding, mechanical properties.

آویژه با تعداد لایه $n > 20$ استفاده گردید. ورق اولیه $A1V075$ با ضخامت ۲ میلی متر در ابعاد 60×165 میلی متر مربع برید شد. قطعات در کوره به مدت ۳ ساعت در دمای 350°C درجه سانتی گراد حرارت داده شدند. جهت اکسید زدایی سطحی ورق‌ها، عملیات برس زنی انجام شد. سپس ورق‌ها جهت چربی زدایی با استون شسته شدند و گرافن به عنوان تقویت کننده به میزان 0.2% در صد وزنی بین دو سطح ورق برده شده به طور یکنواخت ریخته شد و تحت عملیات نورد قرار گرفتند. کامپوزیت‌های اولیه تهیه شده، از وسط به دو نیم شده و پس از آماده سازی سطوح آن‌ها بر روی یکدیگر قرار داده شدند و تحت عملیات نورد قرار گرفتند. این کار تا ۳ سیکل نورد ادامه پیدا کرد. سپس نمونه‌ها تحت انجام تست‌های کشش، سختی سنجی و بررسی‌های ریز ساختاری قرار گرفتند. همچنین برای بررسی‌های ریز ساختاری و نحوه توزیع ذرات تقویت کننده از میکروسکوپ الکترونی SEM و از طیف سنجی رامان جهت ردیابی گرافن استفاده گردید. به علاوه از آنالیز XRD جهت تعیین اندازه دانه و شناسایی فازهای موجود در نمونه استفاده شد.

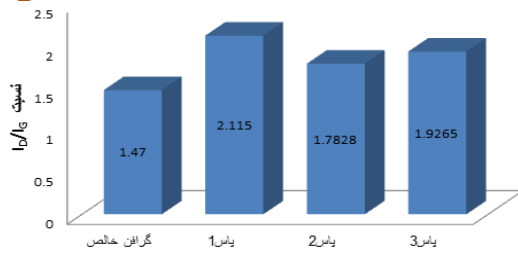
نتایج و بحث

نمودار نتایج آنالیز پراش اشعه ایکس نمونه‌های ARB شده بدون گرافن و حاوی 0.2% درصد گرافن را در پاس سوم به همراه نمونه ورق اولیه نشان می‌دهد. به دلیل تشابه آنالیز پراش و کم بودن درصد فاز تقویت کننده‌ی گرافن از ارائه آنالیز پراش اشعه ایکس برای تمام نمونه‌ها صرف نظر شد.

فرآیند ARB به عنوان یکی از روش‌های تغییر شکل پلاستیک در سال ۱۹۹۸ توسط Saito و همکارانش ابداع شد [۱]. تاکنون تحقیقات عمدتاً روی مواد هجنس مانند آلیاژهای مختلف آلومینیوم، فولاد IF و منیزیم صورت گرفته است و در مورد ARB آلیاژهای غیر هجنس تحقیقات بسیار محدودی انجام شده است. مراحل مختلف این فرآیند شامل آماده سازی سطحی، نورد همزمان [۲] که ورق حاصل به دو قسمت مساوی تقسیم شده و مراحل کار مجدداً تکرار می‌شود. در تحقیقاتی که در این زمینه انجام شده می‌توان به تولید کامپوزیت نانو ساختار آلومینیوم-CNT به روش اتصال نورد تجمعی [۳] که توسط فرزانه رحیمی صورت گرفته است اشاره نمود که با افزایش 0.4% CNT استحکام کششی و تسلیم و همچنین سختی ورق‌ها افزایش یافته است. همچنین مهدی کدخدائی و همکاران موفق به تولید نانو کامپوزیت آلومینیوم- SiO_2 با استفاده از نانو ذرات اکسید سیلیسیم با ابعاد 80nm توسط روش ARB شده اند [۴]. همچنین نصیریان و همکاران بر روی تولید کامپوزیت نانو ساختار آلومینیوم-برنج به روش اتصال نورد تجمعی تحقیقاتی انجام داده اند [۵].

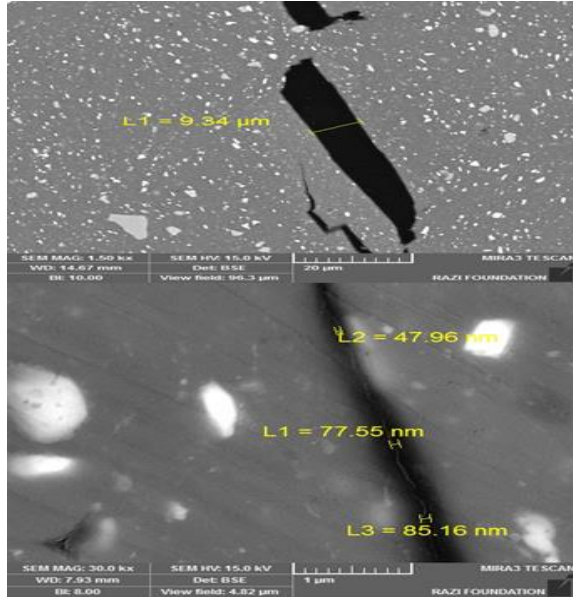
مواد و روش تحقیق

در این پژوهش از آلیاژ $A1V075$ ، T6 به عنوان عنوان ورق اولیه استفاده شد. ضخامت اولیه این ورق 2mm بود که بایک پاس نورد به یک میلی متر کاهش پیدا کرد. همچنین از پودر گرافن با خلوص ۹۹ درصد تولید شرکت نانو ساختار



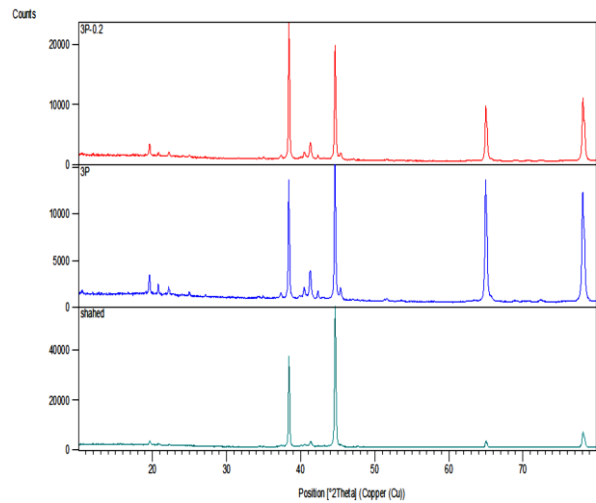
نمودار (۳): مقایسه نسبت I_B/I_G نمونه‌های گرافن ۰،۲٪، ۱۷۰۷۵-ALV در فرآیند نورد تجمعی

در شکل تصویر به دست آمده از نانو کامپوزیت گرافن ۰،۲٪، ۱۷۰۷۵-ALV در پاس سوم نورد مشاهده می‌شود که رسوبات به طور یکنواخت در سطح قطعه پراکنده شده است. همچنین در تصاویر گرفته شده حضور گرافن به عنوان فاز تقویت کننده مشهود است. گرافن موجود در قسمتی از قطعه در حین فرآیند ARB تجمع کرده که این تجمع در تصویر کاملاً مشهود است.



شکل ۱-۴: تصویر SEM از مقطع کناری نمونه‌های گرافن ۰،۲٪، ۱۷۰۷۵-ALV در پاس سوم فرآیند نورد تجمعی

باتوجه به نتایج بدست آمده که در جدول ۲ آمده است، شاهد آن هستیم که حضور گرافن باعث افزایش استحکام نانو کامپوزیت Graphene ۰،۲-ALV شده است.

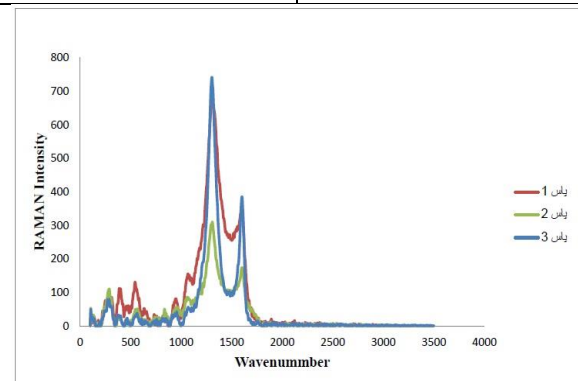


نمودار (۱): تفرق اشعه X گرافن ۰،۲٪، ۱۷۰۷۵-ALV و گرافن ۰،۲٪، ۱۷۰۷۵-ALV در پاس سوم و نمونه‌ی ورق اولیه.

همان طور که در جدول ۱ دیده می‌شود، افزایش تعداد پاس‌های نورد تجمعی باعث کاهش اندازه دانه‌ها شده است. آنالیز امان جهت ردیابی گرافن در نانو کامپوزیت ۷۰۷۵-ALV آلومینیوم-گرافن استفاده گردید.

جدول (۱): اندازه دانه گرافن ۰،۲٪، ۱۷۰۷۵-ALV و گرافن ۰،۲٪، ۱۷۰۷۵-ALV در پاس سوم و نمونه‌ی ورق اولیه

اندازه دانه (nm)	نوع نمونه
۱۵۸،۷	گرافن پاس ۳، ۰،۲٪، ۱۷۰۷۵-ALV
۱۴۷،۶	گرافن پاس ۳، ۰،۳٪، ۱۷۰۷۵-ALV
۱۷۱،۷	ورق اولیه



نمودار (۲): طیف رامان نمونه‌های گرافن ۰،۲٪، ۱۷۰۷۵-ALV در پاس یک، دو و سه فرآیند تجمعی



علوم و فناوری نانو

۱. با توجه به نتایج بدست آمدن فرآیند ARB باعث بهبود خواص مکانیکی نمونه‌های Al ۷۰۷۵ و نانو کامپوزیت گرافن ۲٪، ۰-۷۵-۰ AlV۰۷۵ شده است.
۲. حضور گرافن به عنوان فاز تقویت کننده در ساختار AlV۰۷۵ در فرآیند ARB باعث بهبود خواص مکانیکی می‌گردد.

مراجع

[1] Y. Saito, N. Tsuji, T. Sakai, H. Utsunomiya and R.G.

Hong, "ultra-fine grained bulk aluminum produced by the accumulative roll-bonding (ARB) Process", *Scripta Materialia*, Vol. ۳۹, ۱۹۹۸, pp. ۱۲۲۱-۱۲۲۷

[۲] H.G. kanga, J.K. Kima, M.Y. Huha, O. Engler, "A combined texture and FEM study of strain states during roll-cladding of five-ply stainless steel/aluminum composites", *Materials Science and Engineering*, ۲۰۰۷, pp. ۳۴۷-۳۵۸

[۳] رحیمی فرزانه، ساخت ورقهای نانو کامپوزیت Al/CNT's با استفاده از فرآیند اتصال نوردی تجمعی ARB و بررسی خواص آنها، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مواد، دانشگاه شیراز (۱۳۸۸).

[۴] کدخدائی م، دانش منش ح، هاشمی ب، و مرادقلی ج، بررسی خواص مکانیکی نانو کامپوزیت $Al/nano SiO_2$ تولید شده به روش اتصال نوردی تجمعی، پنجمین همایش مشترک انجمن مهندسان متالورژی و جامعه علمی ریختگری ایران.

[۵] نصیریان ن، ورنجبر خ، بررسی خواص مکانیکی و ریزساختاری کامپوزیت Al/Brass ساخته شده به روش اتصال نوردی تجمعی، مجله مواد نوین جلد ۳ شماره ۱، پاییز ۱۳۹۱.

همانطور که از نتایج آزمون کشش مشخص است افزایش تعداد پاس نورد از یک به دو پاس، باعث افزایش استحکام شده است که این امر ناشی از افزایش چگالی نایبایی‌های می باشد، ولی با افزایش پاس نورد از پاس دوم به پاس سوم کاهش استحکام را مشاهده می‌کنیم. عدم اتصال باند کافی باعث کاهش استحکام کششی شده است؛ این موضوع هم در نمونه‌های AlV۰۷۵ و هم در نمونه‌های نانو کامپوزیت گرافن ۲٪، ۰-۷۵-۰ AlV۰۷۵ قابل مشاهده است.

جدول (۲): استحکام کششی نمونه‌ها (MPa)

نمونه	پاس یک	پاس دو	پاس سه
ALV۰۷۵	۳۲۸	۳۷۳	۳۵۰
گرافن ۲٪، ۰-۷۵-۰ AlV۰۷۵	۲۲۵	۴۴۰	۳۳۷

سختی در نمونه‌های ARB شده گرافن دار نسبت به نمونه‌های بدون گرافن افزایش یافته که علت آن به دلیل وجود ذرات تقویت کننده در ساختاری باشد. افزایش سختی که ناشی از کار سختی ایجاد شده در حین فرآیند و حضور فاز تقویت کننده می باشد.

جدول (۳): سختی نمونه‌های ARB شده

نمونه	پاس یک	پاس دو	پاس سه
بدون گرافن-ALV۰۷۵	۱۰۶	۱۲۲	۱۳۸
گرافن ۲٪، ۰-۷۵-۰ AlV۰۷۵	۱۱۰	۱۲۷	۱۴۰

نتیجه‌گیری

پس از بررسی خواص مکانیکی نانو کامپوزیت آلومینیوم ۷۰۷۵-گرافن تولید شده به روش نورد تجمعی نتایج زیر بدست آمد است: