

7Th

INTERNATIONAL CONFERENCE
on MATERIALS ENGINEERING
and METALLURGY

TEHRAN - IRAN
OCTOBER 9-10, 2018

iMat 2018



تهران - ایران
۱۸ و ۱۷ مهرماه ۱۳۹۷

هفتمین کنفرانس بین المللی
مهندسی مواد و متالورژی

و دوازدهمین کنفرانس مشترک

انجمن مهندسی متالورژی و مواد ایران و انجمن علمی ریخته گری ایران



کواهی ارائه مقاله

ضمن تشکر و قدردانی از ارائه مقاله با عنوان

بررسی تاثیر اصلاح سطح و درصد نانولوله ی کربنی بر روی
ریز ساختار و خواص مکانیکی نانوکامپوزیت AI/CNT

در هفتمین کنفرانس بین المللی مهندسی مواد و متالورژی
دوازدهمین همایش ملی مشترک انجمن مهندسی متالورژی و مواد ایران و انجمن علمی ریخته گری ایران

این کواهی به نویسندگان مقاله:

سیمین حیدری، سید عبدالکریم سجادی، ابوالفضل باباخانی،
حسین اسکندری، فرهاد صبا

اعطای کرده. موفقیت روز افزون شما را در پیشرفت علم و فناوری، از خداوند متعال خواستاریم.


محمود نجفی احمدآبادی
رئیس انجمن متالورژی و مواد ایران


محمدتقی طاهری
دیرکتور


جلال جعفری
رئیس انجمن علمی ریخته گری ایران





بررسی تاثیر اصلاح سطح و درصد نانولوله ی کربنی بر روی ریز ساختار و خواص مکانیکی نانوکامپوزیت AI/CNT

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

چکیده

نانولوله‌های کربنی چند جداره به دلیل خواص مکانیکی بسیار خوب به عنوان یک تقویت‌کننده‌ی مناسب برای کامپوزیت‌های زمینه پلیمری، سرامیکی و فلزی در نظر گرفته می‌شوند. در این تحقیق، اثر روش پلاسمای جرقه‌ای (SPS) و درصد وزنی نانولوله کربنی روی ریزساختار و خواص مکانیکی نانوکامپوزیت AI/CNT مورد بررسی قرار گرفت. نانوکامپوزیت آلومینیوم تقویت‌شده حاوی درصدهای متفاوتی از نانولوله‌ی کربنی با استفاده از یک فرآیند چند مرحله‌ای تولید شد. در ابتدا، نانولوله‌های کربنی توسط آسیاکاری مکانیکی به مدت ۲۰ ساعت خرد شدند سپس نانولوله‌های خردشده به مقادیر مختلفی از CNT خام اضافه و به مدت یک ساعت تحت آسیاکاری مجدد قرار گرفتند تا سطح نانولوله‌های خام با CNTs خرد شده پوشش داده شود. در نهایت پودر حاصل با آلومینیوم مخلوط شد تا کامپوزیت‌های نهایی با روش پلاسمای جرقه‌ای (SPS) ساخته شوند. تصاویر حاصل از میکروسکوپ نوری و همچنین نتایج میکروسختی حاکی از آن بود که در نمونه‌های حاوی نانولوله کربنی خرد شده و همچنین در درصدهای وزنی کم نانولوله کربنی در مقایسه با درصدهای بالا، به دلیل توزیع بهتر نانولوله می‌توان به توزیع یکنواخت‌تر تقویت‌کننده و در نتیجه خواص مکانیکی مطلوبی رسید.

کلمات کلیدی: نانولوله کربنی، نانو کامپوزیت AI/CNT، تفجوشی، خواص مکانیکی.

^۱ - دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه فردوسی مشهد، heydari.simin@yahoo.com

^۲ - استاد گروه مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه فردوسی مشهد

^۳ - استاد گروه مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه فردوسی مشهد

^۴ - استادیار بخش مهندسی مکانیک دانشگاه خلیج فارس بوشهر

^۵ - دکتری مواد دانشگاه فردوسی مشهد



مقدمه

نانولوله های کربنی امروزه به دلیل ساختار اتمی منحصر به فرد، نسبت سطح به حجم بالا و خواص مکانیکی، الکترونیکی، شیمیایی، حرارتی، مکانیکی و نوری عالی توجه زیادی را به خود جلب کرده اند [۱]. با این وجود نانولوله های کربنی به سادگی در دمای بالای ۵۳۰ درجه سانتی گراد در هوا اکسید شده و توسط فلزاتی مثل آهن، کبالت و آلومینیوم در دمای بالای ۸۵۰ درجه سانتی گراد خورده می شوند. همچنین به واسطه ی سایز بسیار کوچک نانولوله های کربنی در مقایسه با سایز پودر زمینه آگلومره شدن یکی از مشکلات شایع در کامپوزیت های تقویت شده با CNTs است [۲-۵]. روش های متنوعی از جمله پوشش دادن یا تزئین نانولوله کربنی توسط سرامیک ها اکسیدها و فلزات، استفاده از فرآیند اولتراسونیک قبل از فشردن سازی و زینتر، آسیاکاری مکانیکی و یا استفاده همزمان از این دو روش به منظور محافظت و توزیع بهتر نانولوله های کربنی در زمینه وجود دارد [۶-۸].

کامپوزیت های زمینه فلزی پایه Al به عنوان گروهی از مواد نوین به دلیل خواصی مانند وزن سبک، استحکام بالا، ضریب انبساط حرارتی پایین و خواص سایشی خوب، کاربردهای متنوعی در صنایع هوافضا، خودروسازی و سلاح های نظامی دارند [۹]. روش های تولید به ۳ دسته کلی حالت جامد، حالت مایع و فرآیندهای نیمه جامد تقسیم بندی می شوند. روش های متنوعی مانند ریخته گری گردابی، آلیاژسازی مکانیکی، آسیاکاری مکانیکی و متالورژی پودر برای ساخت کامپوزیت های زمینه Al وجود دارد که با توجه به نوع زمینه و تقویت کننده تکنیک تولید متفاوت می شود. فرآیندهای حالت جامد مانند متالورژی پودر به دلیل کاهش اثرات جدایش و کاهش تشکیل فازهای بین فلزی عموماً منجر به دستیابی به خواص مکانیکی بهتری نسبت به فرآیندهای حالت مایع می شوند. اخیراً تولید کامپوزیت های زمینه فلزی پایه Al و بازیافت حالت جامد آلیاژها و کامپوزیت های زمینه Al تقویت شده با نانو ذرات مختلف، با استفاده از فرآیندهای متالورژی پودر صورت می پذیرد [۱۰].

فرآیند زینتر پلاسمای جرقه ای^۱ (sps) روشی جدید برای زینتر مواد مختلف می باشد که جایگزین روش های سنتی مانند پرس گرم شده است. تکنیک زینتر با کمک میدان جریان پالسی صورت می پذیرد که براساس تکنیک فشردن سازی تحت جریان الکتریکی پالسی گذرا از نمونه پودری قرار گرفته در قالب گرافیتی، عمل می کند [۱۱]. مهمترین مزیت این روش جلوگیری از رشد دانه در مواد با ساختار نانو، به واسطه ی سرعت بالای شارش یون ها و در نتیجه زمان کوتاه فرآیند و همچنین دستیابی به دانسیته ی کامل می باشد [۱۲].

هدف از پژوهش حاضر بررسی تاثیر درصدهای مختلف نانولوله ی کربنی و همچنین بررسی تاثیر تزئین نانولوله خام توسط نانولوله کربنی خرد شده، بر بهبود توزیع تقویت کننده و خواص مکانیکی کامپوزیت می

^۱ - spark plasma sintering



باشد. بدین منظور پودر نانوکامپوزیت زمینه Al تقویت شده با نانولوله کربنی تحت یک فرآیند ۳ مرحله‌ای ساخته شد و سپس با روش زینتر پلاسمای جرقه‌ای، فشرده سازی صورت گرفت. نانوکامپوزیت Al با درصدهای وزنی مختلفی از تقویت کننده (۱،۳،۵ درصد وزنی) ساخته شد و توزیع ذرات با استفاده از میکروسکوپ نوری و همچنین سختی نمونه‌ها، مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش تحقیق

در این پژوهش از پودر آلومینیوم با خلوص ۹۰٪ (Merc101056) و نانولوله کربنی با قطر خارجی ۵۰-۳۰ نانومتر، قطر داخلی ۱۲-۵ نانومتر و طول ۲۰-۱۰ میکرومتر (US Research Nanomaterial Inc) و ۹۵٪ خلوص استفاده شد. همان گونه که در شکل ۱ نشان داده شده است به منظور ساخت نمونه‌ها، نانولوله‌ی کربنی خام ابتدا به مدت ۲۰ ساعت در محیط خشک با نسبت گلوله به پودر ۱:۴۰ و با سرعت ۳۰۰ دور بر دقیقه در محیط خشک، تحت فرآیند آسیاکاری مکانیکی قرار گرفتند. در مرحله‌ی دوم نانولوله کربنی خرد شده و خام با نسبت ترکیب ۱:۵ به مدت ۳۰ دقیقه در ۱۰۰ سی سی الکل اولتراسونیک شده و سپس فرآیند آسیاکاری مکانیکی با نسبت گلوله به پودر ۱:۲۰ و با سرعت ۳۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۱ ساعت انجام شد. در مرحله سوم پودر آلومینیوم با مخلوط به دست آمده از مرحله‌ی قبل به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۰۰ سی سی الکل اولتراسونیک شده و با همان پارامترهای مرحله دوم تحت فرآیند آسیاکاری مکانیکی قرار گرفت. در انتها نمونه‌های ساخته شده با استفاده از فرآیند پلاسمای جرقه‌ای در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد و فشار ۵۰ مگا پاسکال به مدت ۱۰ دقیقه زینتر شدند. جهت مقایسه اثر تزئین نانولوله کربنی بر توزیع و خواص مکانیکی، نمونه‌هایی حاوی نانولوله‌ی کربنی خام (بدون تزئین) به عنوان تقویت کننده، با شرایط مشابه به عنوان نمونه مرجع ساخته شد. در این پژوهش ۶ نمونه (۳ نمونه‌ی حاوی نانولوله کربنی تزئین شده و ۳ نمونه‌ی حاوی نانولوله کربنی خام، به عنوان تقویت کننده) با درصدهای وزنی ۵٪-۳-۱ مورد بررسی قرار گرفت. پس از آماده سازی، سطح نمونه‌ها با استفاده از میکروسکوپ نوری (Olympus BX60M) مورد بررسی قرار گرفت. میکرو سختی با استفاده از دستگاه سختی سنج ویکرز (Buehler, model no.1600-6125) تحت بار ۵/ کیلو گرم فورس به مدت ۱۰ ثانیه محاسبه شد.

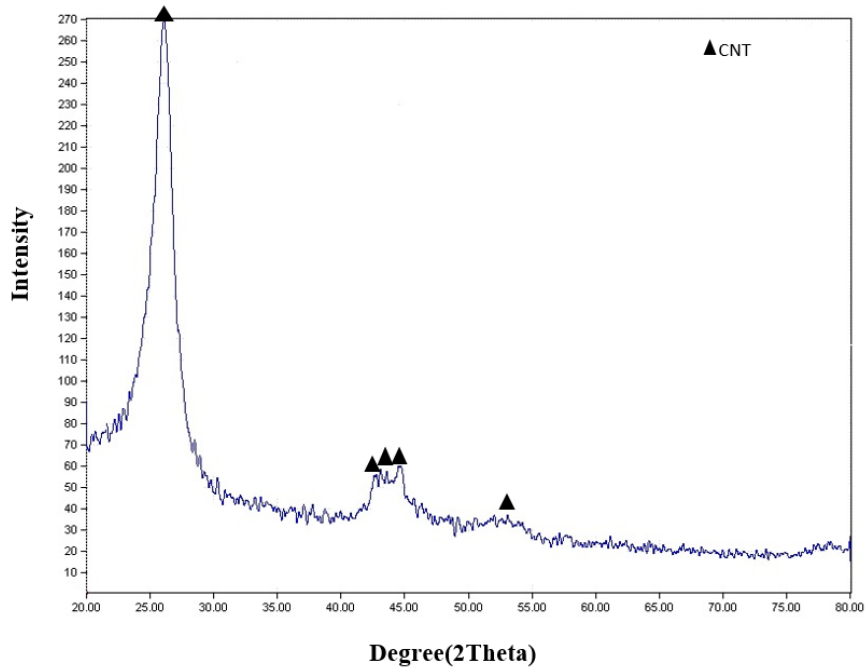
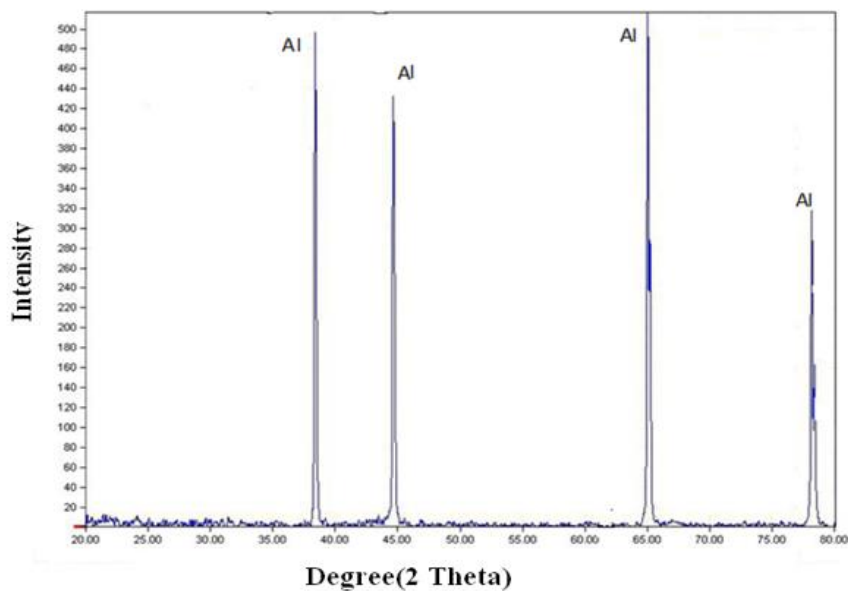


شکل ۱- شماتیک ساخت نمونه های حاوی تقویت کننده اصلاح سطح شده

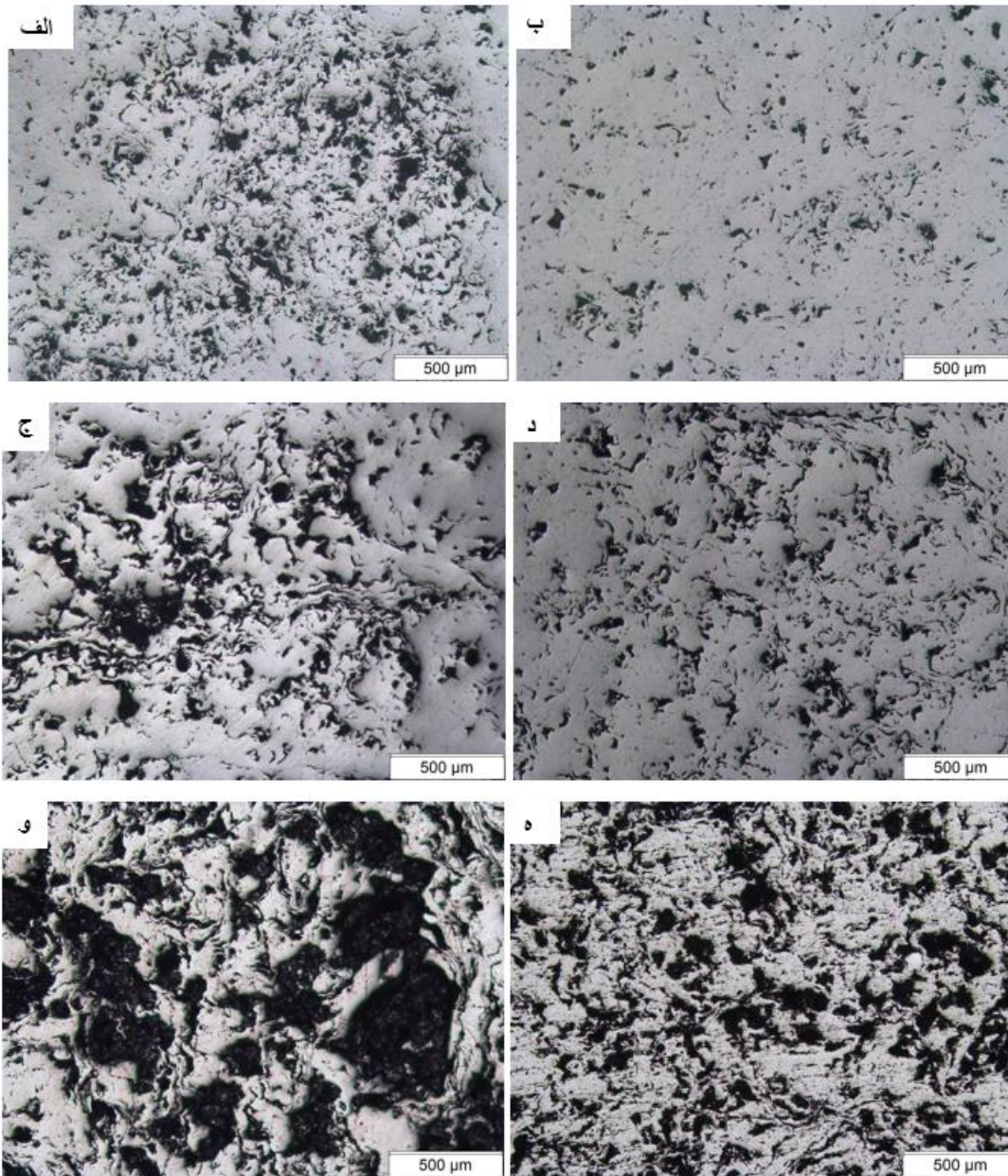
نتایج و بحث

شکل شماره ۲ نتایج حاصل از پراش پرتو ایکس^۱ xrd پودر آلومینیوم و نانولوله ی کربنی را نشان می دهد. در بخش (الف) پیک های شدید بیانگر آلومینیوم خالص بوده و اثری از اکسید آلومینیوم مشاهده نمی شود. و در بخش (ب) تمامی پیک ها نمایانگر کربن خالص می باشد. تصاویر میکروسکوپ نوری نمونه های مرجع و نمونه های شامل تقویت کننده اصلاح سطح شده با بزرگنمایی ۵۰ برابر در شکل ۳ نشان داده شده است. با افزایش درصد نانولوله کربنی میزان کلاسترهای نانولوله افزایش یافته هم چنین تصاویر نمونه های شامل تقویت کننده اصلاح سطح شده بیانگر توزیع بهتر تقویت کننده در زمینه بوده که این موضوع حاکی از اثرگذاری فرآیند تزئین نانولوله ی کربنی در بهبود توزیع تقویت کننده می باشد.

^۱ -X-ray Diffraction Pattern



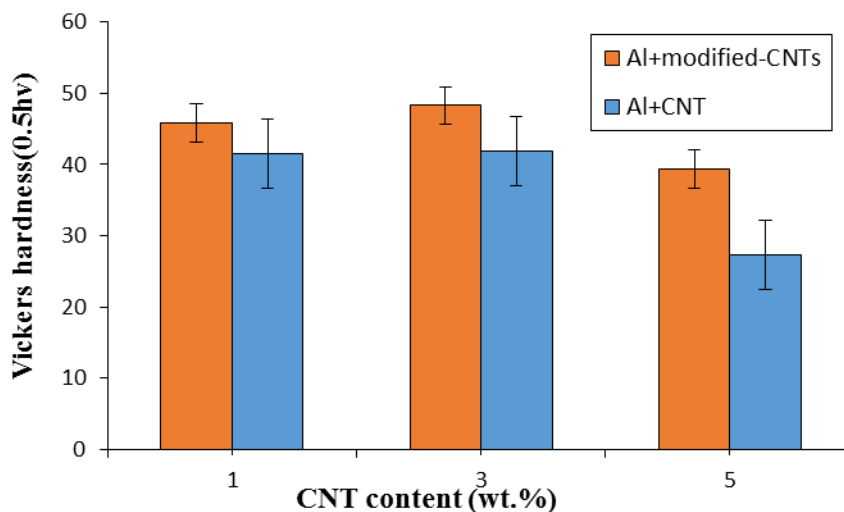
شکل ۲- الف) الگوی پراش اشعه ایکس پودر آلومینیوم. ب) الگوی پراش اشعه ایکس پودر نانولوله ی کربنی



شکل ۳- الف) نمونه حاوی یک درصد وزنی نانولوله کربنی خام، ب) نمونه حاوی یک درصد وزنی نانولوله کربنی اصلاح شده، ج) نمونه حاوی ۳ درصد وزنی نانولوله کربنی خام، د) نمونه حاوی ۳ درصد وزنی نانولوله کربنی اصلاح شده، و) نمونه حاوی ۵ درصد وزنی نانولوله کربنی خام، ه) نمونه حاوی ۵ درصد وزنی نانولوله کربنی اصلاح شده



با افزایش میزان نانولوله کربنی در کامپوزیت میزان کلاسترهای نانولوله نیز افزایش یافته که این کلاسترها به عنوان مناطق ضعیف در نمونه به حساب آمده و ممکن است موجب ایجاد تخلخل در نمونه گردند [۱۲]. حضور کلاسترهای نانولوله کربنی در کامپوزیت‌ها به خصوص زمانی که درصد وزنی CNTs بالای ۱٪ باشد منجر به کاهش استحکام، سفتی و داکتیلیته می‌شود [۱۳]. نتایج حاصل از میکرو سختی در نمودار شکل ۴ نشان داده شده است. با افزایش درصد وزنی نانولوله کربنی تا ۳ درصد وزنی میزان سختی بهبود یافته و پس از آن افزایش میزان نانولوله به دلیل حضور کلاسترهای CNT موجب کاهش شدید سختی نمونه می‌گردد. در هر درصد وزنی میزان سختی نمونه های حاوی نانولوله کربنی اصلاح سطح شده به عنوان تقویت کننده، در مقایسه با نمونه های مرجع بهبود یافته است که می توان این بهبود را به حضور نانولوله های کربنی خرد شده به مدت ۲۰ ساعت در طی فرآیند تزیین و در نتیجه ممانعت از تشکیل کلاستر های CNT نسبت داد.



شکل ۴- نتایج میکروسختی ویکرز نمونه های حاوی تقویت کننده اصلاح شده و نمونه های مرجع

نتیجه گیری

نانوکامپوزیت آلومینیوم تقویت شده با نانولوله ی کربنی توسط فرآیند آسیاکاری مکانیکی تهیه شد. تصاویر حاصل از میکروسکوپ نوری بیانگر افزایش میزان کلاسترها با افزایش میزان نانولوله کربنی می‌باشد. در تمامی درصدها فرآیند تزیین نانولوله کربنی موجب بهبود توزیع تقویت کننده در زمینه گردیده است. با افزایش میزان نانولوله کربنی تا ۳٪، سختی نمونه ها افزایش یافته و سپس کاهش می‌یابد. بیشترین میزان سختی مربوط به نمونه حاوی ۳ درصد وزنی نانولوله کربنی می‌باشد به طوری که سختی نمونه حاوی تقویت کننده اصلاح سطح



شده در مقایسه با نمونه مرجع ۱۵,۲۹٪ بهبود یافته است. توزیع بهتر تقویت کننده نسبت به نمونه های مرجع و همچنین بهبود سختی را می توان به حضور نانولوله های کربنی خرد شده نسبت داد که از کلاستر شدن تقویت کننده و در نتیجه افت خواص مکانیکی جلوگیری می کنند.

مراجع

- [1]- K.R. Reddy, B.C. Sin, C.H. Yoo, W. Park, K.S. Ryu, J.S. Lee, et al., "A new one-step synthesis method for coating multi-walled carbon nanotubes with cuprous oxide nanoparticles", *Scr. Mater.* 58 (2008) 1010–1013.
- [2]- Y. Morisada, Y. Miyamoto, "SiC-coated carbon nanotubes and their application as reinforcements for cemented carbides", *Mater. Sci. Eng. A* 381 (2004) 57–61.
- [3]- X. Li, Z. Dong, A. Westwood, A. Brown, S. Zhang, R. Brydson, et al., "Preparation of titanium carbide coating on carbon fiber using a molten salt method", *Carbon* 46(2008) 305–309.
- [4]- T. Laha, Y. Chen, D. Lahiri, A. Agarwal, "Tensile properties of carbon nanotube reinforced aluminum nanocomposites fabricated by plasma spray forming", *Compos. A: Appl. Sci. Manuf.* 40 (2009) 589–594.
- [5]- A.M.K. Esawi, K. Morsi, A. Sayed, M. Taher, S. Lanka, "Effect of carbon nanotube (CNT) content on the mechanical properties of CNT-reinforced aluminium composites", *Composites Science and Technology*, 70 (2010) 2237–2241.
- [6]- Yoshiaki Morisada, Yoshinari Miyamoto, Yuichi Takaura, Ken Hirota, Nobuyuki Tamari, "Mechanical properties of SiC composites incorporating SiC-coated multi-walled carbon nanotubes", *International Journal of Refractory Metals & Hard Materials* 25 (2007) 322–327.
- [7]- F. Saba, F. Zhang, S.A. Sajjadi, M. Haddad-Sabzevar, P. Li, "Pulsed current field assisted surface modification of carbon nanotubes with nanocrystalline titanium carbide", *Carbon* 101 (2016) 261–271.
- [8]- X.G. Li, I.M. Hsing, "The effect of the Pt deposition method and the support on Pt dispersion on carbon nanotubes", *Electrochim. Acta* 51 (2006) 5250–5258.
- [9]- A. Canakci, F. Arslan, T. Varol, "Physical and mechanical properties of stir-casting processed AA2024/B4Cp composites", *Sci. Eng. Compos. Mater.* 21 (2014) 505–515.
- [10]- A. Canakci, T. Varol, "Microstructure and properties of AA7075/Al-SiC composites fabricated using powder metallurgy and hot pressing", *Powder Technol.* 268(2014) 72–79.
- [11]- A. Azarniya, A. Azarniya, S. Sovizi, H.R. Madaah Hosseini, T. Varol, A. Kawasaki, S. Ramakrishna, "Physicomechanical properties of spark plasma sintered carbon nanotube-reinforced metal matrix nanocomposites", *Prog. Mater. Sci.* 90 (2017) 276–324.
- [12]- Farhad Saba, Mohsen Haddad-Sabzevar, Seyed Abdolkarim Sajjadi, Faming Zhang, "The effect of TiC:CNT mixing ratio and CNT content on the mechanical and tribological behaviors of TiC modified CNT-reinforced Al-matrix nanocomposites", *Powder Technology* 331 (2018) 107–120.
- [13]- Esawi AMK, El Borady MA. Carbon nanotube-reinforced aluminium strips. "Compos Sci Technology", 2008;68(2):486–92.