تشکیل مستقیم الیاف نانو لوله کربنی طی فرآیند کربونیزاسیون[1]

زارعی

هدف این مطالعه تولید مستقیم الیاف نانو لوله کربنی از مواد پیش ماده[2]های کربن/گرافیت مثل پلی‌اکریلونیتریل[3] می‌باشد.

مقدمه:

نانو لوله‌های کربنی[4] (CNTs) در حال حاضر به علت خصوصیات مکانیکی، مغناطیسی، الکتریکی و نوری خاص خود هدف تحقیقات بسیاری می‌باشند و به عنوان آجرهای ساختمان تحقیقات آینده نانوتکنولوژی محسوب می‌شوند و دارای کاربردهای بسیاری از کامپوزیت‌های دارای ساختمان پلیمری گرفته تا وسیله‌های الکترونیکی می‌باشند. این کاربرد وسیع به علت موجود بودن نانو لوله‌های دارای قطرهای مختلف در مقادیر زیاد می‌باشد. این کاربردهای بلقوه به پیشرفت یک مسیر آسان، کم هزینه و رو به جلوی بسمت نانو لوله‌های کربنی بستگی دارند. NRL یک روش خاصی را برای سنتز و تشکیل نانولوله‌های کربنی چند جداره (MWNTs[5]) از طریق تجزیه حرارتی ترکیبات آلی فلزی[6] که قابل پروسه شدن در حالت مذاب[7] باشند و/یا نمک‌های فلزی با حضور مقدار زیادی از پیش ماده‌های کربنی و سرانجام تشکل دادن نانولوله‌های کربنی چند جداره در طی پروسه کربونیزاسیون به شکل جامد، فیلم و الیاف ارائه داد [۱و۲]. الیاف نانولوله‌های کربنی را می‌توان از پلی‌اکریلونیتریل و یا قطران نفت خام با حضور مقدار جزیی از نمک فلزی و یا ترکیبات آلی فلزی (به عنوان کاتالیزور) تولید کرد. رشد محصول نانو لوله کربنی در فاز جامد فرآیند کربونیزاسیون اتفاق می‌افتد. در هنگام سنتز تنها یک مقدار جزیی نانوذرات فلزی مورد نیاز است تا تشکیل نانو لوله‌های کربنی در حین ساخت جامد کربن‌دار شروع گردد. ترکیبات شکل گرفته حاوی نانو لوله‌های کربنی به آسانی توسط این روش جدید تولید می‌شوند.

امروزه در میان جامعه دانشمندان تلاش‌های زیادی بمنظور پراکنده کردن کارآمد نانو لوله‌های کربنی در میان الیاف پلیمری انجام می‌پذیرد تا از خصوصیات استثنایی نانولوله‌های کربنی استفاده کنند [۳- ۵]. بعلاوه، گروه‌های تحقیقاتی مختلفی از آئروژل[8] و بخار اسید سولفوریک استفاده می‌کنند تا از نانو لوله‌های کربنی‌ای که در اثر رونشست بخار شیمیایی CVD[9] در حین تشکیل الیاف حاوی نانو لوله[10] ایجاد می‌شوند بهره‌برداری کنند. الیاف کربنی تهیه شده از پلی‌اکریلو نیتریل (PAN)، توانده یا تقویت‌کننده[11] حاکم در کامپوزیت‌های پیشرفته از زمانی که به طور صنعتی مورد استفاده قرار گرفتند (در اواخر دهه ۶۰ میلادی) بوده‌اند. تولید الیاف نانو لوله کربنی از روش نوین NRL با بکارگیری یک پلیمر مثل پلی اکریلونیتریل (PAN) که توان ریسیده شدن، تولید الیاف، تثبیت و سپس تبدیل شدن به کربن را دارد، بهره برده است.

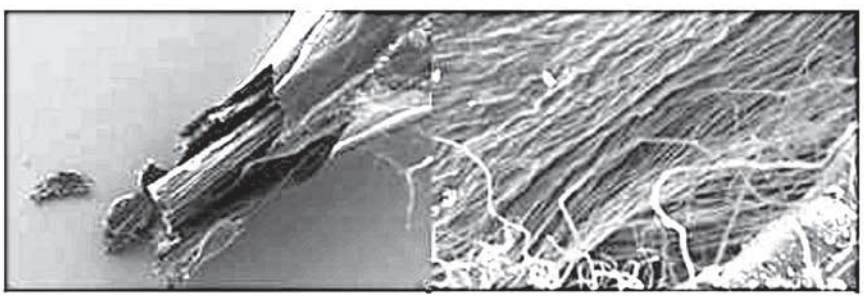
رویکرد

الیاف نانو لوله کربنی را می‌توان بوسیله بیرون کشیدن از مذاب رزین ترموست (B-staged) در درجه حرارت بالا و یا بوسیله تکنیک‌های متداول ریسندگی یک پیش ماده کربنی و سپس کربونیزه کردن تولید نمود.

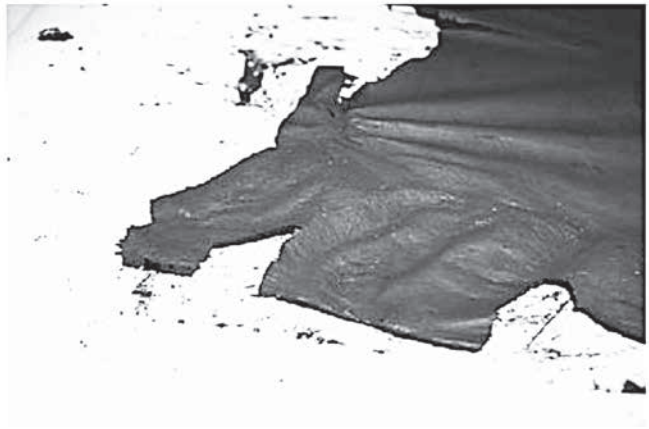
برای بهبود روش تنظیم شده برای تولید مستقیم الیاف حاوی نانو لوله‌های کربنی از مواد پیش ماده کربنی، تجاربی در NRL کسب شد که به موجب آن الیاف از مذاب پیش‌ماده کامپوزیت فتالو نیتریل /$Fe_2(CO)_9$ و یا بوسیله ته نشست لیف در آب از محلول $Fe_2(CO)_9$ / polyacrylonitrile (PAN) یا PAN / $Co_2(CO)_8$ در حلال دوقطبی بی پروتون[12] بیرون کشیده شدند. الیاف در هوای ۲۵۰-۳۰۰ درجه ساتیگراد تثبیت گردیدند. الیاف پلیمری تثبیت شده در تشکیل مستقیم الیاف نانو لوله چند جداره توسط حرارت دادن آرام تا درجه حرارت بالای ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد در شرایط خنثی مورد استفاده قرار می گیرند. مطالعات انجام شده نشان می دهد تمام موادی که می توانند ریسیده و یا کشیده شده و تبدیل به الیاف شوند و توسط روش NRL کربونیزه شوند می توانند به الیاف حاوی نانو لوله کربنی تبدیل شوند. بدین ترتیب ما قادریم تا مستقیماً الیاف حاوی نانولوله های کربنی را توسط یک روش آسان کربونیزاسیون از مواد پیش ماده مثل پلی اکریلو نیتریل و قطران نفت خام که در حال حاضر برای تولید الیاف کربن و گرافیت استفده می شوند، بدست بیاوریم.

بحث و نتایج:

این روش نشان داده است که می توان الیاف کربن حاوی نانو لوله کربنی را مستقیما از مخلوط یک نمک فلزی مثل $Fe_2(CO)_9$، پلی اکریلونیتریل، قطران یا فتالونیتریل بدست آورد. این ترکیبات پیش ماده گزینه مناسبی برای ریسیدن الیاف پلیمری ای که می توانند مستقیماً به الیاف نانولوله کربنی چند



شکل ۱: عکس SEM الیاف پلی اکریلو نیتریل (PAN) کربونیزه شده با حضور نانو ذرات آهن، فراهم کننده الیاف حاوی نانو لوله های کربنی.



شکل ۲. ورقه کربنی نانو الیاف حاوی نانو لوله های کربن و نانو ذرات فلزی.

شکل ۳. الیاف حاوی نانو تیوب های کربنی و نانو ذرات فلزی.

جداره در حین فرآیند کربونیزاسیون تبدیل شوند، می باشند.

بمحض به عمل آمدن و کربونیزه شدن الیاف پلیمری، انکسار اشعه ایکس[13] و مطالعات انجام شده توسط میکروسکوپ الکترونی عبوری TEM[14] حضور مقدار زیاد نانو لوله های کربنی چند جداره را در الیاف کربونیزه شده تایید کرد. عکس های میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM[15] شکل (۱) نشان میدهد که نانو لوله های کربنی می توانند بالقوه در یک ردیف در داخل الیاف با قطر کوچک (الیاف به اندازه میکرون و یا نانومتر) قرار بگیرند.

هم ورقه های نانولیفی پلیمری[16] و هم الیاف یک سویه[17] در حد میکرون بوسیله الکترواسپینیگ و تکنیک های نخ ریسی متداول از یک حلال دوقطبی بی پروتون مخلوط نمک/ پلی اکریلونیتریل ریسیده شدند. ورقه های پلیمری و الیاف در دمای ۲۵۰ درجه سانتیگراد بمدت ۳-۵ ساعت و در درجه حرارت ۳۰۰ درجه سانتیگراد بمدت ۵ دقیقه تثبیت شدند. ورقه های تثبیت شده در معرض حرارت ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد بمدت ۲ ساعت قرار میگیرند در حالی که الیاف پلیمری درجه حرارت ۱۳۰۰ و ۲۷۰۰ درجه سانتیگراد را تحمل می کنند تا الیاف کربن حاوی نانو لوله های کربنی را تولید کنند. نانو ذرات فلزی کمی که در درجه حرارت ۳۵۰ درجه سانتیگراد شکل میگیرند قرار گرفتن نانولوله های کربنی را در محل طبیعی خود در میان الیاف در طول پروسه کربونیزه شدن (در شرایط خنثی) تسریع می بخشند. شکل های ۲و ۳ عکس های میکروسکوپ الکترونی روبشی یک ورقه نانولیف کربن حاوی نانولوله های کربنی والیاف کربن حاوی نانو لوله های کربنی را به ترتیب نشان می دهند.

نتیجه

در این مطالعه نشان داده شده که نانولوله های کربنی می توانند در محل نانو ذرات فلزی ای که در داخل لیف کربن تعبیه شده اند در طی عملیات حرارتی ای که دما را بالا می برد رشد کنند. یک فرآیند کربونیزاسیون ساده ای که در حال حاضر در صنعت برای تولید الیاف کربن و گرافیت استفاده می شود برای تشکیل نانولوله های کربنی در داخل الیاف کربن به کار گرفته شد. رشد نانولوله های کربنی به وسیله نانو ذرات فلزی ای که در داخل الیاف قرار گرفته بودند تسریع پیدا نمود. تنها یک مقدار کمی از ذرات نانوفلز مورد نیاز است تا تشکیل نانولوله های کربنی شروع شود. محصولات بالقوه و زمینه های تاثیر گذار الیاف کربن حاوی نانولوله های کربنی شامل زمینه های ساختمانی، انرژی، غشایی، نانوالکترونیک، تصفیه هوا و کاربردهای تحریک کننده مختلف می باشد.

مراجع:

[1] Keller TM, Laskoski M, Qadri SB, "Ferrocene catalyzed carbon nanotube formation in carbonaceous solid," J. Phys. Chem. C, 111, 2007, 2514-2519.

[2] Laskoski M, Keller TM, and Qadri SB, "Direct conversion of highly aromatic phthalonitrile thermosetting resins into carbon nanotube containing solids," Polymer, 48, 2007, 7484-7489.

[3] Jiang X, Bin Y, Matsuo M, Polymer, "Electrical and mechanical properties of polyimide-carbon nanotubes composites fabricated by in situ polymerization," Polymer, 46, 2005, 7418-7424.

[4] Song YS, Youn JR, "Influence of dispersion states of carbon nanotubes on physical properties of epoxy nanocomposites," Carbon, 43, 2005, 1378-1385.

[5] Dalmas F, et al, "Multiwalled carbon nanotube/polymer nanocomposites: processing and properties," J Polym Sci Part B Polym Phys, 43, 2005,1186-1197.

1. Carbonization
2. Precursor
3. Polyacrylonitrile PAN
4. Carbon nanotubes (CNTs)
5. Multi-Walled Carbon Nanotubes
6. Organometallic
7. Melt-Processible
8. Aerogels
9. Chemical Vapor Deposition (CVD)
10. CNT-containing fibers
11. Reinforcement
12. Dipolar aprotic solvent
13. X-ray diffraction (XRD)
14. Transmission Electron Microscope
15. Scanning Elecron Microscope
16. Polymeric nanofiber sheets
17. micron-sized unidirectional fibers