





دانشگاه آزاد اسلامی

واحد شاهرود

دانشکده علوم پایه

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد « M.Sc. »

گرایش : مهندسی شیمی « پلیمر »

عنوان :

ساخت و ارزیابی خواص نانو کامپوزیت پلی آمید ۶ / پلی پروپیلن / نانو لوله کربنی و دوده

استاد راهنما :

دکتر محمود نیکخو امیری

استاد مشاور :

دکتر صاحبعلی منافی

نگارش :

امیررضا بهاری نعمت آباد

مهرماه ۱۳۹۲



ISLAMIC AZAD UNIVERSITY

Shahrood Branch

Faculty of Science- Department of Chemical engineering

((M.Sc.)) Thesis

On Polymer

Subject:

**Construction and Characterization of Nano-composite PA 6
/ polypropylene / carbon nanotube and carbon black**

Thesis Advisor:

Mr. Mahmood Nikkho Amiri Ph.D.

Consulting Advisor:

Mr. Saheb Ali Manafi Ph.D.

By:

Amir reza bahari nemat abad

October 2013

Volume One

سپاسگزاری:

خداوند را سپاس گزارم که مرا در طول عمر و به خصوص در دوران تحصیل یاری نمود تا بتوانم گام‌های زندگی را هرچه راحت‌تر بپیمایم.

همچنین از تمامی اساتید محترم دانشگاه که بنده را در طول دوران تحصیل یاری نمودند، به خصوص استاد گرانقدر جناب آقای دکتر محمود نیکخواهمیری نهایت تشکر را دارم.

تقدیم به:

پدر و مادر بزرگوارم

نه میتوانم موهایشان را که در راه عزت سفید شده سیاه کم و نه برای دستهای پینه بسته شان که ثمره تلاش برای افتخار من است، مرهمی دارم. پس امید که بتوانم هر لحظه شکر گزارشان باشم و ثانیه های عمرم را در عصای دست بودنشان بگذرانم

همسرم

که همواره در طول تحصیل متحمل زحماتم بود و تکیه گاه من در مواجهه با مشکلات و وجودش مایه دلگرمی من می باشد

خواهرم

که وجود شادی بخش و صفایش مایه آرامش من است

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	چکیده
۲	مقدمه
۴	فصل ۱: پرکننده ها
۵	۱-۱- نانو لوله های کربنی
۶	۲-۱- تاریخچه
۶	۱-۲-۱- انواع نانو لوله های کربنی
۷	۲-۲-۱- خصوصیات فیزیک و شیمیایی نانو لوله های کربنی
۷	۱-۲-۲-۱- خواص الکتریکی
۸	۲-۲-۲-۱- خواص نوری
۸	۳-۲-۲-۱- خواص مکانیکی
۸	۴-۲-۲-۱- هدایت حرارتی
۹	۳-۲-۱- کاربرد نانولوله های کربنی
۱۰	۴-۲-۱- روش های تولید
۱۰	۳-۱- دوده
۱۱	۱-۳-۱- معرفی دوده
۱۱	۲-۳-۱- تاریخچه
۱۲	۳-۳-۱- پارامترهای موثر روی خواص دوده
۱۵	۴-۳-۱- بازار جهانی دوده
۱۶	۵-۳-۱- روش های تولید
۱۸	فصل ۲: پلی پروپیلن و پلی آمید
۱۹	۱-۲- پلی پروپیلن
۱۹	۱-۱-۲- اندازه مولکولی
۱۹	۲-۱-۲- تاکتیسیتته زنجیر
۲۰	۳-۱-۲- خواص شیمیایی

۲۱	۴-۱-۲- خواص ترمودینامیکی
۲۱	۵-۱-۲- مزایای پلی پروپیلن
۲۱	۶-۱-۲- معایب پلی پروپیلن
۲۲	۷-۱-۲- انواع اصلی پلی پروپیلن
۲۳	۸-۱-۲- کاربردهای پلی پروپیلن
۲۴	۹-۱-۲- بازار مصرف
۲۴	۱۰-۱-۲- ساختار پلی پروپیلن
۲۵	۱-۱۰-۱-۲- بلورینگی
۲۵	۲-۲- پلی آمید
۲۵	۱-۲-۲- معرفی پلی آمید
۲۶	۲-۲-۲- ویژگی عمومی پلی آمیدها
۲۸	۳-۲- روش های فرآیند پلی آمید
۲۸	۱-۳-۲- فرایند تزریق
۲۹	۲-۳-۲- فرایند اکستروژن
۲۹	۳-۳-۲- فرایند ریخته گری
۳۰	فصل ۳: بررسی تحقیقات انجام شده
۳۱	۱-۳- بررسی کامپوزیت های پلی پروپیلن / پلی آمید ۶
۳۷	۲-۳- بررسی نانوکامپوزیت های پلی پروپیلن / نانولوله های کربنی یا دوده
۴۱	۳-۳- بررسی نانوکامپوزیت های پلی آمید ۶/نانولوله های کربنی
۴۷	۴-۳- بررسی کامپوزیت های پلی پروپیلن / پلی آمید ۶ / پرکننده ها
۵۰	۵-۳- پیش بینی توزیع پرکننده ها در آمیزه PA6/PA66
۵۰	۱-۵-۳- توزیع نانولوله های کربنی در آمیزه PA6/PP
۵۲	۲-۵-۳- توزیع ذرات دوده (CB) در آمیزه PA6/PP :
۵۳	فصل ۴: مواد و تجهیزات
۵۴	۱-۴- مواد استفاده شده در این تحقیق
۵۴	۱-۱-۴- پلی پروپیلن
۵۴	۲-۱-۴- پلی آمید ۶

۵۵	۴-۱-۳- پلی پروپیلن گرافت شده با مالئیک انیدرید
۵۶	۴-۱-۴- نانولوله‌های کربنی
۵۶	۴-۱-۵- دوده یا کربن بلاک
۵۷	۴-۲- تجهیزات
۵۷	۴-۲-۱- مخلوطکن داخلی
۵۸	۴-۲-۲- دستگاه تزریق
۵۹	۴-۲-۳- دستگاه رئومتریک
۵۹	۴-۲-۴- دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی
۶۱	۴-۲-۵- آزمون DSC
۶۳	۴-۲-۶- آزمون دینامیک-مکانیکی (DMA)
۶۳	۴-۲-۷- آزمون مقاومت الکتریکی
۶۴	۴-۳- روش تهیه نانو کامپوزیت پلی پروپیلن / پلی آمید ۶ / پرکننده‌ها
۶۶	۴-۴- آماده سازی نمونه‌ها برای آزمون
۶۷	فصل ۵: بررسی نتایج و بحث
۶۸	1-5- بررسی خواص مورفولوژیکی
۷۴	۵-۱-۲- نتایج آزمون مقاومت الکتریکی
۷۵	۵-۲- نتایج DSC
۸۴	۵-۳- نتایج گشتاور اختلاط
۸۶	۵-۴- نتایج رئولوژیکی
۹۷	۵-۵- رفتار مکانیکی - دینامیکی حرارتی
۱۰۳	فصل ۶:
۱۰۶	مراجع

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۵	شکل (۱-۱) برخی ساختار کربن
۷	شکل (۲-۱) : دو ساختار نانو لوله‌های کربنی
۱۱	شکل زیرفتار دوده در مقابل پرتو فرابنفش را نشان می‌دهد.
۱۲	شکل (۳-۱) : تصویر چگونگی مقابله دوده با پرتو فرابنفش [۲۷].
۱۳	شکل (۴-۱) : مورفولوژی دوده [۲۸]
۱۴	شکل (۵-۱) : تأثیر سایز و مقدار دوده روی خواص پلیمر [۲۸]
۱۵	شکل (۶-۱) : تصویر دو حالت مختلف پراکندگی دوده [۲۷]
۱۵	شکل (۷-۱) تصویر TEM از دوده
۱۷	شکل (۸-۱) : شیمی سطح دوده [۲۸].
۲۰	شکل (۲-۱) : تصویر دو ساختار مولکولی زنجیر پلی پرو پیلن : ایزوتاکتیک (بالا) و سیندیوتاکتیک (پایین)
۳۲	شکل ۱-۳ - میکروگراف های SEM برای PP/PA6/PP-G-MA (الف) ۷۰/۳۰/۰ (ب) ۷۰/۳۰/۵ (ج) ۷۰/۳۰/۱۰
۳۲	{۴۳}
۳۴	شکل (۲-۳) : واکنش گروه آمین با پلی پروپیلن گرافت شده با انیدرید که به اتصال ایمید منجر می‌شود [۴۳].
۳۶	شکل (۳-۳) : مدول ذخیره‌ای در برابر دما برای آمیزه‌های مطالعه شده [۴۵].
۳۹	شکل (۴-۳) : مدل جریان پیشنهاد شده برای کامپوزیت PP/MWCNT با افزوده شدن مقادیر مختلف MWNT در رئومتر Capillary [۴۹].
۳۹	شکل (۵-۳) : اثر مقدار MWCNT روی (a) مدول ذخیره‌ای و (b) ویسکوزیته مختلط مذاب کامپوزیت PP/03/MWCNT حاوی سازگار کننده به مقدار ۳٪ وزنی [۴۸].
۴۰	شکل (۶-۳) : اثر مقدار MWCNT روی هدایت الکتریکی کامپوزیت‌های PP/MWCNT با یا بدون سازگار کننده [۴۸].
۴۲	شکل (۷-۳) : مقاومت حجمی الکتریکی با وابستگی به سرعت چرخشی برای PA6 با ۵٪ وزنی MWNT [۵۲].
۴۳	شکل (۸-۳) : عکس‌های SEM نانوکامپوزیت PA6/10 WT%CNT در دو سطح بزرگنمایی مختلف [۵۱].
۴۳	شکل (۹-۳) : عکس‌های SEM نانوکامپوزیت PA6/20 WT%CNT در دو سطح بزرگنمایی مختلف [۵۱].
۴۵	شکل (۱۰-۳) : مقادیر هدایت AC کامپوزیت‌های PA6/MWNT با مقادیر متفاوت MWNT و اصلاح کننده [۵۳].
۴۶	شکل (۱۱-۳) : تنش کششی و مدول کششی برای PA6 و نانوکامپوزیت‌های آن به عنوان تابعی از غلظت MWNT [۵۵].
۴۶	شکل (۱۲-۳) : منحنی‌های مدول ذخیره‌ای در برابر دما برای PA6 و کامپوزیت‌های آن به عنوان تابعی از غلظت MWNT [۵۵].
۴۷	شکل (۱۳-۳) : میکروگراف های SEM برای (a) PP/PA6، (b) PP/PA6/PP-g-MAH، (c) PP/PA6/functionalized - Tio ₂ ، (d) PP/PA6/PP-g-MAH/functionalized - Tio ₂ [۳].

.....	شکل (۳-۱۴): میکروگراف های FE-SEM کامپوزیت های PA6/PP/MWNTS؛ (a,b) ۵۰/۵۰/۴،
۴۸	(c,d) ۲۰/۸۰/۴، فاز PA6 توسط اسید فرمیک خارج شده است [۵۶].....
.....	شکل (۳-۱۵): میکروگراف های SEM یا FE-SEM کامپوزیت های PA6/PP/MWNTS:
۴۹	(a) ۲۰/۸۰/۰، (b) ۲۰/۸۰/۰.۱، (c) ۲۰/۸۰/۲ [۵۶].....
.....	شکل (۳-۱۶): منحنی های (الف) Z-W (ب) G-W (ج) G-W برای کامپوزیت ها در ۲۳۵ oC [۵۶].
۵۰	.....
.....	شکل (۴-۱): تصویر دستگاه تزریق
۵۸	.....
.....	شکل (۴-۲): تصویر دستگاه SEM
۵۹	.....
.....	شکل (۴-۳): تصویر دستگاه Spatter coater
۶۱	.....
.....	شکل (۴-۴): تصویر دستگاه perkin-Elmer
۶۲	.....
.....	شکل (۴-۵): نحوه آماده سازی نمونه های آزمون الکتریکی
۶۴	.....
.....	شکل (۴-۶): منحنی گشتاور و دما بر حسب زمان
۶۵	.....
.....	شکل (۵-۱): تصاویر SEM آلیاژ PP/PA6 بدون فرایند Etching (خوردگی)
۶۹	.....
.....	شکل (۵-۲): تصاویر SEM برای آمیزه های PP/PA6 پس از فرایند خوردگی، (الف و ب):
۶۹	.....
.....	بزرگنمایی کم و (ج و د): بزرگنمایی زیاد
.....	شکل (۵-۳): عکس های SEM کامپوزیت PP/PA6 با ۲ phr نانولوله های کربنی (الف و ج) بزرگنمایی
۷۰	.....
.....	کم و (ب و د) بزرگنمایی زیاد
.....	شکل (۵-۴): عکس های SEM کامپوزیت PP/PA6 با ۲ phr دوده (الف و ج) بزرگنمایی کم و (ب و د)
۷۰	.....
.....	بزرگنمایی زیاد
.....	شکل (۵-۵): عکس های SEM کامپوزیت PP/PA6/CNT با مقدار ۴ phr نانولوله های کربنی
۷۲	.....
.....	شکل (۵-۶): عکس های SEM کامپوزیت PP/PA6/CB با مقدار ۴ phr دوده
۷۲	.....
.....	شکل (۵-۷): عکس های SEM کامپوزیت PP/PA6/CNT در مقدار ۶ phr نانولوله های کربنی و
.....	بزرگنمایی کم و زیاد
۷۳	.....
.....	شکل (۵-۸): عکس SEM کامپوزیت PP/PA6/CB در مقدار ۶ phr دوده
۷۳	.....
.....	شکل (۵-۹): ترموگرام های DSC مربوط به کامپوزیت ها در مرحله گرمادهی مجدد، (الف) نانو
.....	کامپوزیت های حاوی CNT (ب) نانو کامپوزیت های حاوی دوده
۷۶	.....
.....	شکل (۵-۱۰): ترموگرام های DSC در مرحله گرمادهی مجدد با بزرگنمایی بیشتر: (الف)
.....	نانو کامپوزیت های حاوی CNT (ب) نانو کامپوزیت های حاوی دوده
۷۷	.....
.....	شکل (۵-۱۱): ترموگرام های DSC مربوط به کامپوزیت ها در مرحله سرمایشی (الف)
.....	نانو کامپوزیت های حاوی CNT (ب) نانو کامپوزیت های حاوی دوده
۷۸	.....
.....	شکل (۵-۱۲): ترموگرام های DSC در مرحله سرمایش با بزرگنمایی بیشتر: (الف) نانو کامپوزیت های
.....	حاوی CNT (ب) نانو کامپوزیت های حاوی دوده
۷۹	.....
.....	شکل (۵-۱۳): منحنی های اختلاط برای کامپوزیت های پر شده با نانولوله های کربنی
۸۴	.....
.....	شکل (۵-۱۴): منحنی ای اختلاط برای کامپوزیت های پر شده با دوده
۸۵	.....
.....	شکل (۵-۱۵): مقایسه گشتاور نهایی اختلاط برای نانو ذرات
۸۵	.....
.....	شکل (۵-۱۶): نمودار ویسکوزیته مختلط بر حسب فرکانس برای کامپوزیت های (الف) تقویت شده با
.....	نانولوله های کربنی و (ب) تقویت شده با دوده در دمای ۲۳۵ °C
۸۶	.....
.....	شکل (۵-۱۷): مقایسه ویسکوزیته ی مختلط کامپوزیت ها بر حسب مقدار پر کننده در فرکانس های
.....	مختلف
الف	
.....	(۰.۱۲۷ HZ (ب ۱.۲ HZ (ج ۲۰۰ HZ
۸۹	.....

- شکل (۱۸-۵) : منحنی‌های مدول ذخیره‌ای کامپوزیت‌های PP/PA6/PP-g-MA/Filler بر حسب فرکانس الف (نانولوله‌های کربنی و ب) دوده در دمای 235°C ۹۰
- شکل (۱۹-۵) مقایسه مدول ذخیره‌ای کامپوزیت‌ها بر حسب مقدار پر کننده در فرکانس‌های مختلف، الف (الف 0.127 HZ (ب 1.2 HZ (ج 200 HZ ۹۱
- شکل (۲۰-۵) : منحنی‌های مدول اتلافی کامپوزیت‌های PP/PA6/PP-g-MA/Filler بر حسب فرکانس.. الف (نانولوله‌های کربنی و ب) دوده در دمای 235°C ۹۲
- شکل (۲۱-۵) مقایسه مدول اتلافی کامپوزیت‌ها بر حسب مقدار پر کننده در فرکانس‌های مختلف، الف (الف 0.127 HZ (ب 1.2 HZ (ج 200 HZ ۹۳
- شکل (۲۲-۵) تغییرات ضریب اتلاف (G''/G') برای کامپوزیت‌های پر شده با نانولوله‌های کربنی بر حسب فرکانس در دمای 235°C ۹۴
- شکل (۲۳-۵): تغییرات ضریب اتلاف (G''/G') برای کامپوزیت‌های پر شده با دوده بر حسب فرکانس در دمای 235°C ۹۵
- شکل (۲۴-۵): مقایسه ضریب اتلاف تغییرات ضریب اتلاف (G''/G') کامپوزیت‌ها بر حسب مقدار پرکننده در فرکانس‌های مختلف، الف (الف 0.127 HZ (ب 1.2 HZ (ج 200 HZ ۹۶
- شکل (۲۵-۵) : منحنی مدول ذخیره‌ای کامپوزیت‌های PP/PA6/PP-g-MA/CNT بر حسب دما، حاصل از آزمون DMTA ۹۷
- شکل (۲۶-۵): منحنی مدول ذخیره‌ای کامپوزیت‌های PP/PA6/PP-g-MA/CB بر حسب دما، حاصل از آزمون DMTA ۹۸
- شکل (۲۷-۵): منحنی‌های مدول نسبی کامپوزیت‌ها بر حسب مقدار پر کننده در دمای (الف) 500C - و (ب) 200C ۱۰۰
- شکل (۲۸-۵): منحنی‌های تغییرات $\tan\delta$ کامپوزیت‌ها بر حسب (الف) نانولوله‌های کربنی و (ب) دوده ۱۰۱

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول (۱-۱) : خواص تئوری و آزمایشگاهی نانولوله‌های کربنی [۱۹]	۹
جدول (۲-۱) : ترکیب شیمیایی چندگونه رایج از دوده و نحوه تولید آنها [۲۶]	۱۲
جدول (۳-۱) : مشخصات برخی گونه‌های رایج دوده [۲۸]	۱۳
جدول (۱-۲) : ترکیبات، خواص و کاربردهای دو نوع پلی‌پروپیلن [۳۱]	۲۳
جدول (۱-۳) : خواص مکانیکی آمیزه‌های PP/PA6 [۴۴]	۳۵
جدول (۲-۳) : مشخصات ماتریس PA6 و نانوکامپوزیت‌های PA6/MWCNT [۵۱]	۴۴
جدول (۳-۳) : داده‌های کشش سطحی اجزاء کامپوزیتی PA6/PP/MWTS [۷]	۵۱
جدول (۱-۴) : مشخصات پلی‌پروپیلن ۶	۵۴
جدول (۲-۴) : مشخصات پلی آمید ۶	۵۵
جدول (۳-۴) : مشخصات پلی‌پروپیلن گرافت شده با مالئیک انیدرید	۵۵
جدول (۴-۴) : مشخصات دوده مورد استفاده	۵۶
جدول (۱-۵) : مقدار مقاومت الکتریکی کامپوزیت‌ها در ولتاژ ۲۸ ولت	۷۴
جدول (۲-۵) : اطلاعات مربوط به منحنی DSC کامپوزیت‌های PP/PA6/PP-g-MA/CNT	۸۰
جدول (۳-۵) : اطلاعات مربوط به منحنی DSC کامپوزیت‌های PP/PA6/PP-g-MA/CB	۸۲
جدول (۴-۵) : مقدار دمای انتقال شیشه‌ای برای نمونه‌ها (بر اساس DMTA)	۱۰۲

چکیده

در این تحقیق، کامپوزیت‌های پلی‌آمید ۶/ پلی‌پروپیلن به نسبت ۷۵.۲۵ در حضور سازگار کننده‌ی پلی‌پروپیلن گرافت شده با مالئیک انیدرید (PP-g-MA) به روش اختلاط مذاب تهیه شده و تأثیر افزودن دو نوع تقویت کننده، نانو لوله‌های کربنی چند دیواره (MWCNT) و دوده (CB) روی آنها بررسی شده است. دوده استفاده شده در این پژوهش نوع خاصی از دوده با سطح ویژه بسیار بالا می‌باشد. برای این منظور برای تقویت کننده‌ها سه مقدار مختلف ۲ و ۴ و ۶ قسمت در هر صد قسمت آمیزه (phr) در نظر گرفته شده است. آزمون‌های انجام شده شامل DSC، SEM، DMTA، رئولوژی و مقاومت الکتریکی می‌باشد از نتایج DSC مشخص شد که با افزودن نانو لوله‌های کربنی و دوده به آمیزه‌ی PP/PA6/PP-g-MA (۷۰/۲۵/۵) مقدار درجه تبلور افزایش یافت. همچنین با مشاهده نتایج آزمون رئومتری به این نتیجه رسیدیم که افزودن پرکننده‌ها مقادیر ویسکوزیته‌ی مختلط، مدول ذخیره‌ای و مدول اتلاف را افزایش می‌دهد. براساس آزمون DMTA نیز مشخص شد که افزودن پرکننده‌ها به مقدار ۲ phr به آمیزه مقدار مدول ذخیره‌ای را افزایش می‌دهد. نتایج نشان داد که میزان افزایش در خواص مکانیکی و رئولوژیکی در خصوص آمیزه‌های پر شده با دوده، بیشتر از آمیزه‌های پر شده با نانولوله کربنی می‌باشد که مربوط به سطح تماس بالای این نوع دوده و بر همکنش بهتر دوده با پلیمر می‌باشد. با استفاده از آزمون مقاومت الکتریکی نانوکامپوزیت‌ها، آستانه‌ی نزدیک نفوذ الکتریکی نانو کامپوزیت‌های پر شده با نانولوله‌های کربنی بیشتر از ۶ phr و برای نانوکامپوزیت‌های پر شده با دوده در ۶ phr مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: پلی‌پروپیلن، پلی‌آمید ۶، نانولوله‌های کربنی، دوده، نانوکامپوزیت

مقدمه:

پلی‌پروپیلن جزء چهار پلیمر پرمصرف جهان است و دارای موازنه خوبی از خواص مورد توجه، برای استفاده در صنایع مختلف است. از جمله کاربردهای مهم آن در صنایع

خودروسازی است. مخلوط کردن پلی‌پروپیلن با ترموپلاستیک های مهندسی راه مفیدی برای افزایش خواص پلی‌پروپیلن می‌باشد [۱].

آمیزه‌های PP/PA جاذبه‌ی تجاری مهمی به خاطر تعادل خوب خواص دارند. پلی‌پروپیلن رفتار مقاومتی عالی در برابر رطوبت، دانسیته پایین، قیمت پایین و فرآیند پذیری خوب [۲] داشته، ولی مقاومت ضعیفی در برابر اکسیژن دارد [۳]. پلی‌آمیدها مقاومت ضعیف در برابر رطوبت [۴ و ۱] داشته اما نفوذ پذیری بسیار بالا نسبت به اکسیژن [۳] و خواص مکانیکی [۴] و حرارتی [۵] خوبی دارند.

پلی‌پروپیلن و پلی‌آمیدها دو دسته مهم از ترموپلاستیک ها هستند و مخلوط کردن آنها با هم نقاط ضعفشان را می‌پوشاند و باعث بهبود خواص می‌شود [۶].

اخیراً نانو کامپوزیت‌های پلیمری ۳ تایی، ترکیب آمیزه های پلیمر با نانولوله‌های کربنی، توجهات زیادی به خاطر برخی ساختارهای ویژه و کارایی به خود جلب کرده‌اند. آمیزه‌های پلی‌پروپیلن / پلی‌آمید اغلب توسط افزودن پرکننده‌های مختلف، اصلاح شده تا خواص رضایت بخشی حاصل شود.

برای مثال خواص مکانیکی و اشتغال پذیری آمیزه‌های پلی‌آمید ۶ / پلی‌پروپیلن می‌توانند با ترکیب خاک رس آلی دوست افزایش یابند و به خاطر ساختار ویژه و خواص مکانیکی نانولوله‌های کربنی، امید آن است که خواص مطلوب با ترکیب نانولوله‌های کربنی به آمیزه‌ی پلی‌پروپیلن / پلی‌آمید حاصل شود [۷]. دوده نیز از نظر صنعتی و تجاری یکی از مهم‌ترین مواد کربنی در دسترس است که خواص عالی مانند مقاومت حرارتی، شیمیایی و رطوبتی، وزن کم، هدایت الکتریکی و نیز انبساط حرارتی پایین دارد [۸].

علاوه بر این دو پلیمر پلی‌پروپیلن و پلی‌آمید ۶ از نظر ترمودینامیکی امتزاج ناپذیر می‌باشند، چون پلی‌پروپیلن یک پلیمر غیر قطبی بوده، در حالی که پلی‌آمید ۶ یک پلیمر قطبی می‌باشد. امتزاج پذیری^۱، واژه‌ای نظری و ترمودینامیکی است.

وقتی این واژه بکار می‌رود که پلیمرها تا سطح اندازه‌ی مولکولی بتوانند با یکدیگر مخلوط شوند و کنار هم قرار گرفتن، دو فاز متفاوت به وجود نیاید و وقتی دو پلیمر از نظر ترمودینامیکی امتزاج ناپذیر باشند، مخلوط آنها دو فازی یا چند فازی خواهد شد. در این صورت یکی از پلیمرها در دیگری غوطه‌ور می‌شود، سطح مشترک بین دو پلیمر ضعیف

^۱ . miscibility

می‌شود و نمی‌تواند تنش‌های اعمال شده را تحمل نماید. برای حل این مشکل، از ماده دیگری استفاده می‌شود و یا هنگام مخلوط کردن واکنشی انجام می‌شود تا ماده‌ی سوم به وجود بیاید. اگر چنین کاری موجب بهبود خواص شود، به ماده‌ی سوم سازگار کننده^۱ اطلاق می‌شود. گاهی سازگار کننده موجب امتزاج پذیری ترمودینامیکی می‌شود. بیشتر اوقات سازگار کننده به صورت یک سطح فعال عمل می‌کند و موجب کاهش اندازه فاز ذرات متفرق در محیط دیگر پلیمر می‌شود [۹].

در این مطالعه، به آمیزه‌های پلی‌پروپیلن / پلی‌آمید ۶. سازگار کننده‌ی پلی‌پروپیلن گرافت شده با مالئیک انیدرید اضافه شده و تأثیر افزوده شدن پر کننده‌ی نانولوله‌های کربنی بر خواص فیزیکی و مورفولوژیکی آلیاژهای PP/PA6 با درصد پایین PA6 می‌باشد. همچنین نقش نانو لوله‌های کربنی با سایر نانو ذرات کربنی مثل دوده نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای این منظور از دوده خالص که دارای سطح ویژه‌ی بسیار بالایی بوده و هدایت الکتریکی بسیار زیادی دارد استفاده شده است.

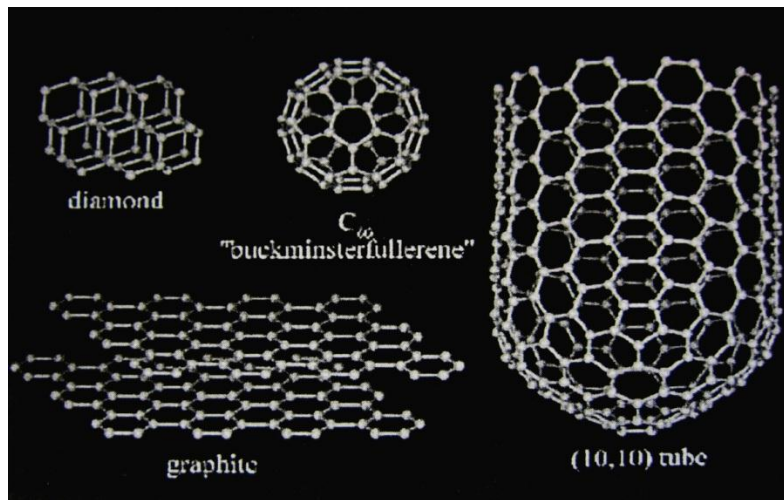
در فصل‌های اول و دوم به بررسی و معرفی پرکننده‌ها و پلیمرها پرداخته شده است. مرور بر تحقیقات انجام شده توسط محققین پیشین، موضوع فصل سوم می‌باشد و در فصل چهارم مواد و تجهیزات استفاده شده در این تحقیق معرفی می‌شود. در فصل پنجم به بررسی نتایج حاصل از آزمایش‌های SEM، DSC، DMTA، رئومتر و مقاومت الکتریکی پرداخته خواهد شد و در پایان نتایج و پیشنهادات در قالب فصل ششم ارائه شده‌اند.

^۱.compatibilizer

فصل ۱ : پرکننده ها

۱-۱- نانو لوله‌های کربنی

کربن دارای گونه‌های متفاوتی است که ساختارهای برخی از آنها در شکل ۱-۱ نشان داده شده است. هرگونه از کربن، کاربردهای خاص خود را دارد؛ به عنوان مثال الماس ماده بسیار سختی است و برای بریدن مواد دیگر بکار می‌رود در صورتی که گرافیت در روانسازی کاربرد دارد.



شکل (۱-۱) برخی ساختار کربن

فولرین (باکی بال) و نانو لوله‌ی کربنی، گونه‌های جدیدی از کربن هستند که ساختار متفاوتی با گرافیت، الماس و دوده دارند. فولرین به صورت پودر جامد سیاه رنگ است و از مولکول‌های کروی شکل تشکیل شده که تنها به وسیله نیروهای واندروالس در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند.

با توجه به باندهای ضعیف بین مولکولی، این پودر در بسیاری از حلال‌های آلی قابل حل شدن است. به عنوان مثال، C_{60} که از معروف‌ترین فولرین‌هاست، در بنزین و تولوئن حل شده و محلولی با رنگ بنفش تیره ایجاد می‌کند.

۲-۱- تاریخچه

در سال ۱۹۹۱، زمانی که ایجیما [۱۰]، محقق ژاپنی، در حال مطالعه با میکروسکوپ الکترونی بر روی محصولات تولید شد، فولرین به روش تخلیه الکتریکی بین دو قطب گرافیتی بود، متوجه نوع جدیدی از فولرین با ساختار کشیده و بلند (لوله مانند) شد که نانو لوله‌های کربنی نام گرفتند. این نانو لوله‌ها، از جنس صفحات گرافیتی بودند. کشف این ساختار جدید یعنی نانو لوله‌های کربنی چند دیواره، در مجله Nature در سال ۱۹۹۱ گزارش شد [۱۰]. نانو لوله‌های کربنی در واقع فولرین‌های کشیده شده و به شکل لوله‌های نانو متری از جنس کربن و با ساختار گرافیتی می‌باشند. به علت خواص فیزیکی و شیمیایی فوق‌العاده ای که این مواد از خود نشان داده‌اند توجه بسیاری از دانشمندان علوم مختلف از جمله فیزیک، شیمی، الکترونیک، مکانیک، علوم فضایی و ... را به خود جلب کرده و تحقیقات وسیعی روی آنها در حال انجام بوده و کاربردهای بالقوه و بالفعل متعددی پیدا کرده‌اند.

۲-۱-۱- انواع نانو لوله‌های کربنی

نانو لوله‌های کربنی به دو دسته نانو لوله‌های کربنی تک دیواره^۱ و چند دیواره^۲ تقسیم می‌شوند که در شکل ۲-۱ هر دو ساختار نمایش داده شده است.

نانو لوله‌های کربنی تک دیواره، دارای یک دیواره استوانه‌ای گرانیتی با قطری در حد 1-2nm می‌باشند و نانو لوله‌های کربنی چند دیواره شامل چندین استوانه‌ای گرافیتی هم محور هستند که با فاصله‌ای برابر با 0.34nm فاصله بین لایه‌ای در لایه‌های گرافیت، از هم قرار گرفته‌اند [۱۱].

قطر خارجی نانولوله‌های چند دیواره بین 50nm - 2.5 در قطر داخلی آنها نیز بین 1.5 - 15nm متغیر است [۱۲].

^۱ . Sing wall carbon nano tubes (SWCNT)

^۲ . multiwall carbon nano tubes (MWCNT)



SWNT



MWNT

شکل (۲-۱) : دو ساختار نانو لوله‌های کربنی

۲-۲-۱- خصوصیات فیزیک و شیمیایی نانو لوله‌های کربنی

۱-۲-۲-۱- خواص الکتریکی

از دیدگاه تئوری با لوله کردن ورقه‌های گرافیت می‌توان نانولوله‌های کربنی را شکل داد. در گرافیت در صفحه xy سه اتم کربن به یکدیگر با زاویه 120° درجه متصل شده‌اند در حالی که یک پیوند ضعیف Π در محور z موجود است، از سوی دیگر اوربیتال PZ حامل برهمکنش و اندوالس می‌باشد. الکترون آزاد موجود در اوربیتال PZ به راحتی در ابر الکترونی حرکت کرده به نحوی که به یک اتم مشخص مرتبط نخواهد بود. همین پدیده است که باعث شده گرافیت و نانولوله کربنی توانایی هدایت الکتریکی را داشته باشند. نانولوله‌های تک دیواره با ساختار دسته‌صندلی، دارای خواص فلزی هستند و حدود یک سوم نانولوله‌ها با ساختار زیگزاگ و کایرال دارای رفتار غیر فلزی و بقیه نیمه‌هادی هستند [۱۳]. زمانی که یک میدان مغناطیسی به موازات محور نانولوله‌ها بر آنها اعمال می‌شود، فاصله پیوندها با افزایش میدان، تحریک شده و نانولوله‌های فلزی، نیمه‌هادی می‌شوند. اگر شدت میدان مغناطیسی به صورت تناوبی تغییر کند، این نانولوله‌ها متناوباً فلزی و نیمه‌هادی می‌شوند [۱۴].

۱-۲-۲-۲- خواص نوری

نانولوله‌های کربنی، خواص نوری غیر خطی دارند که بستگی زیادی به قطر و همسانی لوله‌ها دارد. البته لایه‌ای از نانو لوله‌های عمودی از نظر نوری یکسان هستند. در صورتی که خواص نوری لایه‌های موازی بستگی شدیدی به موازی یا عمود بودن نور پلاریزه شده دارد [۱۳].

۱-۲-۲-۳- خواص مکانیکی

غیر از خواص فوق‌العاده الکتریکی، رفتار مکانیکی نانولوله‌های کربنی نیز قابل توجه است. به طوری که همانند الیاف کربنی می‌توانند در تکنولوژی ساخت کامپوزیت‌های پیشرفته به عنوان تقویت کننده به کار روند نانولوله‌های کربنی خواص مطلوب زیادی از خود نشان می‌دهند که ناشی از انعطاف پذیری، استحکام بالا، توانایی مقاومت در جابجایی‌های عرضی و پیچشی، قابلیت کش آمدن و مقاومت فشاری بدون شکستن می‌باشد [۱۵].

مطالعات تئوری در ابتدای کشف این مواد [۱۶] و نیز آزمایشات تجربی در سال‌های اخیر [۱۷] بر روی نانولوله‌های کربنی (اغلب چند دیواره) نشان داده شده است که این نانوذرات یکی از سخت‌ترین موادی هستند که تاکنون ساخته شده‌اند. علت این مسئله نیز ناشی از پیوندهای کووالانسی کربن - کربن، که دارای طبیعت بسیار محکمی هستند و ساختار منظم از پیوندهای مرتب شده در راستای محور نانولوله‌های کربنی می‌باشد.

۱-۲-۲-۴- هدایت حرارتی

هدایت حرارتی (K) برای نانولوله‌های کربنی چند دیواره در بازه دمایی ۴ تا ۳۰۰ درجه کلوین اندازه گیری شده است و مشخص شده است که با توان دوم درجه حرارت (T^2) تغییر می‌کند. این اندازه گیری برای نانولوله‌های تک دیواره نیز در گستره دمایی ۸ تا ۳۵۰ درجه کلوین انجام شده است، هدایت حرارتی در دمای پایین‌تر از $^{\circ}\text{C}$ با کاهش دما کاهش پیدا می‌کند. به عبارت دیگر در دماهای پایین‌تر از $^{\circ}\text{C}$ رابطه هدایت حرارتی و دمایی یک رابطه خطی است [۱۸].

در جدول ۱-۱ خواص فیزیکی و مکانیکی نانولوله‌های کربنی ارائه شده است.