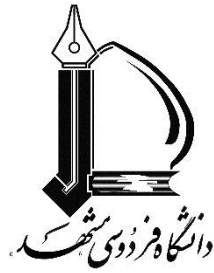


اللَّهُمَّ
ارْحَمْنِي
الرحمن الرحيم



دانشکده مهندسی

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد
گروه مهندسی مواد و متالورژی

بررسی تاثیر اصلاح سطح نانولوله‌های کربنی
روی خواص مکانیکی نانوکامپوزیت AI/CNT

نگارش

مهسا ناظران

استاد راهنما

دکتر سید عبدالکریم سجادی

استاد مشاور

دکتر سمانه صاحبیان سقی

شهریور ۱۳۹۴



دفتر مدیریت تحصیلات تکمیلی

*** فرم ارزشیابی پایان نامه کارشناسی ارشد ***

شماره: ۹۴-۱۴

تاریخ: ۱۳۹۴/۶/۳۱

پیوست: خلاصه پایان نامه انگلیسی و فارسی

نام و نام خانوادگی دانشجو: مهسا ناظران تاریخ شروع تحصیل: نیمسال اول ۹۳-۹۲
رشته و گرایش تحصیلی: مهندسی مواد - شناسایی و انتخاب مواد
استاد راهنما: دکتر سید عبدالکریم سجادی

عنوان پایان نامه: "بررسی تأثیر اصلاح سطح نانولوله های کربنی روی خواص مکانیکی نانوکامپوزیت AI/CNT"

ملاحظات	نمره کسب شده	حداکثر نمره	معیارهای ارزشیابی
	۱/۵	۳	کیفیت نگارش - انسجام در تنظیم و تدوین مطالب، حسن نگارش و رعایت دستورالعمل - کیفیت تصاویر، اشکال و منحنی های استفاده شده
	۱۰/۵	۱۲	کیفیت علمی - بررسی تاریخچه موضوع و بیان سابقه پژوهش در موضوع - ابتکار و نوآوری - ارزش علمی و کاربردی - استفاده از منابع و مواخذ به لحاظ کمی و کیفی (به روز بودن) - کیفیت نظرات و پیشنهادات برای ادامه تحقیق
	۲/۵	۳	کیفیت ارائه - تسلط به موضوع و توانایی در پاسخگویی به سوالات در جلسه دفاع - نحوه ارائه (رعایت زمان، تفهیم موضوع، کیفیت ترانس پرستی و...)
	۰	۱	مقاله - مقاله مستخرج از پایان نامه که بر اساس دستورالعمل تهیه و به تائید استاد راهنما رسیده و به همراه پایان نامه تحویل گردیده است
	۱	۱	اتمام به موقع - اتمام به موقع دوره و تحویل گزارشات
	۱۵/۵	۲۰	نمره پایان نامه

امضاء	نام دانشگاه	مرتبه علمی	نام و نام خانوادگی	اعضای هیئت داوران
	فردوسی مشهد	استاد	دکتر سید عبدالکریم سجادی	استاد راهنما
	فردوسی مشهد	استادیار	دکتر سمانه صاحبیان سقی	استاد مشاور
	فردوسی مشهد	دانشیار	دکتر مهرداد کاشفی تربتی	استاد دفاع اول
	فردوسی مشهد	دانشیار	دکتر محمد مزینانی	استاد دفاع دوم
	فردوسی مشهد	دانشیار	دکتر محمد مزینانی	نماینده کمیته تحصیلات تکمیلی

جلسه دفاع در تاریخ ۱۳۹۴/۶/۳۱ برگزار گردید و نمره نامبرده ۱۵/۵ (پانزده و نیم) می باشد که با توجه به ماده ۲۰ آئین نامه آموزشی دوره ی کارشناسی ارشد ناپیوسته مصوب ۱۳۸۳/۱۰/۲۵ به آن (درجه قابل قبول) تعلق می گیرد.

نام و نام خانوادگی مدیر گروه: دکتر علیرضا کیانی رشید

• سهم اعضای هیئت داوران در ارزشیابی یکسان است.

• محاسبه میانگین و اعمال یک نمره مربوط به بخش اتمام به موقع با توجه به تاریخ شروع و پایان تحصیل توسط نماینده تحصیلات تکمیلی گروه

انجام می گیرد.

* (لطفاً به توضیحات مندرج در پشت برگه توجه فرمائید) *

توضیحات

- ۱ - مطابق مصوبه جلسه ۶۵ شورای تحصیلات تکمیلی دانشگاه، توزیع نمرات سه بخش کیفیت نگارش کیفیت علمی و کیفیت ارائه بین معیارهای ارزشیابی هر بخش مندرج در فرم ارزشیابی به عهده شورای تحصیلات تکمیلی گروه یا دانشکده است.
- ۲ - در مورد پایان نامه های کارشناسی ارشد، سقف نمره بدون مقاله دانشجویان کارشناسی ارشد در فاصله [۱۷-۱۹] است (عدد دقیق برای هر گروه آموزشی بنا به نظر شورای تحصیلات تکمیلی آن گروه تعیین می شود). این نمره طبق ضوابط ذیل می تواند بر اساس مقاله های مستخرج از پایان نامه تا ۲۰ افزایش یابد:
الف) هر مقاله در مجلات علمی-پژوهشی معتبر پذیرفته یا چاپ شده ۱ نمره
ب) هر مقاله کامل در مجموعه مقالات همایشهای معتبر یا مقاله در مجلات علمی-ترویجی معتبر پذیرفته یا چاپ شده ۰/۷۵ نمره (تا سقف ۱/۵ نمره)
ج) خلاصه (یا چکیده مبسوط) مقاله در همایشهای معتبر (با ارائه گواهی ارائه) ۰/۵ نمره (تا سقف ۱ نمره)
- ۳ - مطابق آیین نامه به ازای گذراندن ۱۲ واحد جبرانی یک نیمسال به سنوات افزوده می شود. در صورتی که واحدهای جبرانی کمتر از ۱۲ واحد باشد براساس مصوبه جلسه ۶۵ شورا این زمان به نسبت و به شرح زیر قابل محاسبه است.
تعداد واحدهای جبرانی $1/5 \times =$ افزایش سنوات برای دروس جبرانی بر حسب هفته
- ۴ - مطابق مصوبه جلسه ۶۰ شورا، ترکیب اعضاء هیئت داوران به شرح زیر است:
استاد راهنما (استادان راهنما)، استاد مشاور، عضو دفاع (استاد مدعو)، عضو دفاع و نماینده تحصیلات تکمیلی گروه (عضو دفاع دوم نقش نماینده تحصیلات تکمیلی گروه را نیز برعهده دارد).
- ۵ - مطابق مصوبه جلسه ۶۰ شورا، سهم اعضاء هیئت داوران در ارزشیابی پایان نامه یکسان است.
- ۶ - در صورتی که در شرایطی حضور عضو دفاع دوم میسر نباشد مطابق مصوبه جلسه ۶۵ شورا برگزاری جلسه دفاع با سایر اعضاء بلامانع است.
- ۷ - مطابق مصوبه جلسه ۶۴ شورا، در صورتی دانشجو می تواند مبادرت به دفاع از پایان نامه خود بنماید که کلیه دروس مورد نیاز دوره را با موفقیت گذرانده باشد.
- ۸ - مطابق ماده ۲۰ آیین نامه آموزشی درجه پایان نامه کارشناسی ارشد به شرح زیر تعیین می شود:

عالی	بسیار خوب	خوب	قابل قبول	مردود
۱۹ الی ۲۰	۱۸ الی ۱۸/۹۹	۱۶ الی ۱۷/۹۹	۱۴ الی ۱۵/۹۹	کمتر از ۱۴

۹. نماینده تحصیلات تکمیلی باید برحسب اجرای جلسه دفاع در چارچوب آیین نامه آموزشی دوره های تحصیلات تکمیلی نظارت و ترتیبی اتخاذ نماید تا سؤالات در جلسه دفاع منحصر " توسط داوران پرسیده شود و پاسخ به این سؤالات منحصر " توسط دانشجو ارائه گردد (بدیهی است بعد از پاسخ دانشجو، استادان راهنما و مشاور می توانند توضیحات ضروری خود را ارائه نمایند). نماینده تحصیلات تکمیلی مسئول جمع آوری نمرات داوران، استاد راهنما و استاد مشاور (به طور محرمانه) و نیز اخذ میانگین به عنوان نمره نهایی دانشجو است.

اظہارنامہ

اینجانب مہسا ناظران دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی مواد و متالورژی گرایش شناسایی و انتخاب مواد مهندسی دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد نویسنده پایان نامه بررسی تاثیر اصلاح سطح نانولوله های کربنی روی خواص مکانیکی نانوکامپوزیت AI/CNT تحت راهنمایی دکتر سیدعبدالکریم سجادی و استاد مشاور دکتر سمانه صاحبیان سقی متعهد می شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه فردوسی مشهد » و یا « Ferdowsi University of Mashhad » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی رساله/پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است، اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

امضای دانشجو

تاریخ ۹۴/۶/۳۱

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در رساله/پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

شکر و قدردانی

ای! ای خالق بی‌مدد و ای واحد بی‌عدد! ای اول بی‌دایت و ای آخر بی‌نهایت! ای ظاهر بی‌صورت و ای باطن بی‌سیرت! ای حی بی‌ذلت! ای معطی بی‌فکرت و ای نشنیده

بی‌نیست! ای داندۀ رازها و ای شنوۀ آوازه! ای بینندۀ نیازها! ای پذیرندۀ نیازها! ای شناسندۀ نامها و ای رسانندۀ کامها! ای مبرا از عواقب، ای مطلع بر حقایق! ای

مهربان بر خلائق! عذرهای ما پذیر که تو غنی و ما فقیریم و بر عیب‌های ما مکی که تو قوی و ما حقیریم، از بنده خطا آید و ذلت و از تو عطا آید و رحمت.

از زحمات استاد دکتر اهدر، جناب آقای دکتر سید عبدالکریم سجادی که در تمام مراحل تحصیل و به‌ویژه در طول انجام این پروژه مرزبزرگوارانه و صبورانه یاری نمودند، شکر و قدردانی می‌نمایم.

همچنین از مشاور بزرگوارم سرکار خانم دکتر سمانه صاحبان ستمی به‌خاطر راهنمایی‌ها و حمایت‌ها در طول انجام این پروژه شکر می‌نمایم.

تقدیم به

ماحصل آموخته‌هایم را تقدیم می‌کنم
به آنان که مرا آسمانی‌شان آرام، بخش آلام زمینی ام است؛
به استوارترین تکیه‌گاهم دستان پرمهر پدرم
به سبزترین نگاه زندگیم چشمان مادرم
که هرچه آموخته‌ام در مکتب عشق شما آموختم و هرچه بگو شتم قطره‌ای از دریای یکران مهربانی‌تان را پاس نمی‌توانم بگویم.
شمارنگ شادی‌هایم شدید و غم‌ها را با تمام وجود از من دور کردید و عمر سختی را به جان خریدید تا اکنون توانستید طعم خوش پیروزی را به من بچشانید.

و

تقدیم به همسر

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودش که در این سردترین روزگار ان به‌ترین پشتیبان است و به پاس محبت‌های بی‌درینش که هرگز فروکش نمی‌کند.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه و اهداف تحقیق

۱-۱ مقدمه	۲
۲-۱ اهداف تحقیق	۶

فصل دوم: مروری بر منابع

۱-۲ مقدمه	۸
۲-۲ زمینه	۹
۳-۲ فاز ثانویه	۱۱
۴-۲ نانو مواد کربنی به عنوان تقویت کننده	۱۲
۱-۴-۲ نانولوله های کربنی	۱۳
۲-۴-۲ خواص نانولوله کربنی	۱۶
۳-۴-۲ عامل دار کردن سطح خارجی نانولوله های کربنی	۱۹
۵-۲ مروری بر کامپوزیت های زمینه آلومینیمی تقویت شده با نانولوله های کربنی	۲۸
۱-۵-۲ روش های ساخت کامپوزیت های آلومینیم - نانولوله کربنی	۲۸
۱-۱-۵-۲ روش ریخته گری	۳۰
۲-۱-۵-۲ روش متالورژی پودر	۳۰

فصل سوم: مواد و روش تحقیق

۱-۳ مقدمه	۴۴
۲-۳ مواد اولیه	۴۴
۳-۳ نمونه سازی	۴۶
۱-۳-۳ عامل دار کردن نانولوله کربنی خام در طی فرایند اسیدشویی	۴۸
۲-۳-۳ پوشش دهی سطح نانولوله کربنی با الیل آمین	۴۸
۳-۳-۳ استفاده از روش آسیاکاری مکانیکی در تولید پودر کامپوزیتی	۴۹
۴-۳-۳ تولید نانو کامپوزیت آلومینیم/ نانولوله کربنی خام، اسیدشویی شده، اصلاح شده با الیل آمین	۵۰
۴-۳ تجهیزات مورد استفاده	۵۱
۱-۴-۳ بررسی خواص نانولوله های کربنی	۵۱
۱-۱-۴-۳ آزمون وزن سنجی حرارتی (TGA)	۵۱
۲-۱-۴-۳ آزمون طیف سنجی مادون قرمز (FTIR)	۵۲
۳-۱-۴-۳ میکروسکوپ الکترونی عبوری	۵۲
۲-۴-۳ بررسی های انجام شده روی نمونه های نانو کامپوزیتی	۵۲
۱-۲-۴-۳ میکروسکوپ الکترونی روبشی	۵۲

۵۳.....	۲-۲-۴-۳ آزمون فشار
۵۳.....	۳-۲-۴-۳ آزمون سختی سنجی

فصل چهارم: نتایج و بحث

۵۵.....	۱-۴ مقدمه
۵۵.....	۲-۴ ارزیابی خواص نانولوله کربنی اصلاح شده
۵۵.....	۱-۲-۴ ارزیابی حرارتی نانولوله‌های کربنی توسط آزمون TGA
۵۹.....	۲-۲-۴ بررسی تشکیل گروه‌های عاملی در سطح با استفاده از آزمون طیف‌سنجی مادون قرمز
۶۰.....	۳-۴ بررسی‌های انجام شده روی نمونه‌های نانوکامپوزیتی
۶۰.....	۱-۳-۴ آنالیز میکروساختاری
۶۹.....	۲-۳-۴ استحکام فشاری نمونه‌های نانوکامپوزیت‌های Al/CNT
۷۲.....	۳-۳-۴ سختی و پیکر ز نمونه‌های نانوکامپوزیت‌های Al/CNT

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۷۵.....	۱-۵ نتیجه‌گیری
۷۵.....	۲-۵ پیشنهادات
۷۶.....	مراجع

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۲	خواص انواع نانولوله‌های کربنی در مقایسه با برخی مواد.....	۱۷
جدول ۲-۲	میکروسختی کامپوزیت‌های Al/CNT.....	۲۴
جدول ۳-۲	غلظت گروه‌های اسیدی تشکیل شده بعد از عملیات اسیدشویی.....	۲۵
جدول ۴-۲	استحکام کششی نمونه‌های نانو کامپوزیتی تهیه شده.....	۳۷
جدول ۵-۲	مقایسه خواص مکانیکی آلومینیم ۲۰۲۴ با نمونه کامپوزیتی با ۱ درصدوزنی نانولوله کربنی.....	۴۲
جدول ۱-۳	مشخصات الیل آمین.....	۴۶
جدول ۲-۳	نحوه نام‌گذاری نمونه‌های نانولوله کربنی خام، اسیدشویی و عامل‌دارشده با الیل آمین.....	۴۸
جدول ۳-۳	معرفی کامپوزیت‌های مورد بررسی در توزیع‌پذیری فاز ثانویه در زمینه.....	۵۱
جدول ۱-۴	مقادیر افت وزن و داده‌های دمایی حاصل از منحنی وزن‌سنجی حرارتی نمونه-های FCNT، PCNT و FCNA(ac).....	۵۷
جدول ۲-۴	نتایج تست فشار و سختی‌سنجی.....	۷۲

فهرست شکل‌ها

- شکل ۲-۱ انواع مختلف تقویت‌کننده برای کامپوزیت‌ها..... ۱۱
- شکل ۲-۲ نانوتقویت‌کننده‌ها..... ۱۳
- شکل ۲-۳ شکل‌گیری نانولوله کربنی از صفحات گرافیتی..... ۱۴
- شکل ۲-۴ تعداد مقالات منتشر شده در سال مربوط به نانولوله‌های کربنی..... ۱۵
- شکل ۲-۵ ساختارهای نانولوله کربنی..... ۱۵
- شکل ۲-۶ تعداد مقالات منتشر شده در رابطه با کامپوزیت‌های با تقویت‌کنندگی نانولوله‌های کربنی و زمینه‌های فلزی مختلف در سال ۲۰۰۸-۱۹۹۷..... ۱۹
- شکل ۲-۷ شماتیک روش‌های اصلاح نانولوله‌های کربنی..... ۱۹
- شکل ۲-۸ شماتیک اصلاح سطح نانولوله‌های کربنی با استفاده از اسیدنیتریک..... ۲۳
- شکل ۲-۹ میزان اکسیژن (درصد اتمی) روی دیواره‌های نانولوله کربنی چند دیواره بعد از عملیات با عاملان شیمیایی متفاوت..... ۲۵
- شکل ۲-۱۰ تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانولوله‌های کربنی..... ۲۶
- شکل ۲-۱۱ منحنی‌های TGA نمونه‌های نانولوله کربنی..... ۲۷
- شکل ۲-۱۲ ناسازگاری‌های بین پودرهای Al اولیه و نانولوله‌های کربنی..... ۳۲
- شکل ۲-۱۳ شماتیکی از نحوه قرار گرفتن گلوله‌ها و چرخش ظرف‌ها در دستگاه آسیاکاری..... ۳۴
- شکل ۲-۱۴ تغییرات سختی و یکرز کامپوزیت‌های Al/fCNT..... ۳۵
- شکل ۲-۱۵ استحکام کششی کامپوزیت‌های Al/CNT با نانولوله‌های کربنی متفاوت در مقایسه با Al خالص..... ۳۷
- شکل ۲-۱۶ روش‌های مختلف تولید کامپوزیت‌های زمینه فلزی به روش‌های حالت جامد..... ۳۹
- شکل ۲-۱۷ شماتیک دستگاه SPS..... ۴۰
- شکل ۲-۱۸ تصویر شماتیک عبور پالس‌های جریان از میان ذرات پودر و تولید حرارت (تشکیل ناحیه گلوبی)..... ۴۰
- شکل ۲-۱۹ حرارت موضعی ایجاد شده در محل تماس ذرات پودر بر اثر تخلیه الکتریکی (ذوب سطحی) و تشکیل ناحیه گلوبی..... ۴۱
- شکل ۲-۲۰ شماتیک فرایند تفجوشی..... ۴۵
- شکل ۳-۱ تصویر تهیه شده با میکروسکوپ الکترونی عبوری از نانولوله‌های کربنی اولیه..... ۴۵
- شکل ۳-۲ ساختار شیمیایی الیل آمین..... ۴۵
- شکل ۳-۳ شماتیک مراحل فرایند اسیدشویی نمونه نانولوله کربنی خام..... ۴۸
- شکل ۳-۴ شماتیکی از فرایند پوشش‌دهی نانولوله کربنی با الیل آمین و کامپوزیت‌سازی..... ۴۹
- شکل ۴-۱ تغییرات وزن بر حسب دما مربوط به نمونه‌های PCNT و FCNT..... ۵۶
- شکل ۴-۲ تغییرات وزن بر حسب دما مربوط به نمونه‌های FCNT، PCNT و FCNA..... ۵۷
- شکل ۴-۳ طیف FTIR نمونه‌های PCNT، FCNT-1، FCNT-2، FCNA(ac) و FCNA(he-ac)..... ۵۸
- شکل ۴-۴ تصویر FESEM مخلوط پودری نانولوله کربنی و آلومینیم..... ۶۰
- شکل ۴-۵ (a) تصویر SEM نمونه نانوکامپوزیت AR-CNT-۱۰، (b) شماتیکی از نانولوله‌های مشاهده شده در کامپوزیت در بزرگنمایی بالاتر..... ۶۱

- شکل ۴-۶ تصویر SEM نمونه نانوکامپوزیت ۲۰-AR-CNT..... ۶۱
- شکل ۴-۷ (a) تصویر SEM نمونه نانوکامپوزیت ۱۰-AC-CNT، (b) شماتیکی از نانولوله‌های مشاهده شده در کامپوزیت بزرگنمایی بالاتر، (c) تصویر FESEM نمونه نانوکامپوزیت ۱۰-AC-CNT..... ۶۳
- شکل ۴-۸ (a) تصویر SEM نمونه نانوکامپوزیت ۲۰-AC-CNT، (b) تصویر FESEM از سطح شکست نمونه نانوکامپوزیت ۲۰-AC-CNT..... ۶۴
- شکل ۴-۹ تصویر SEM نمونه نانوکامپوزیت ۱۰-OLA-AC-CNT..... ۶۵
- شکل ۴-۱۰ تصویر SEM نمونه نانوکامپوزیت ۲۰-OLA-AC-CNT..... ۶۴
- شکل ۴-۱۱ تصویر SEM نمونه نانوکامپوزیت ۵-AC-CNT..... ۶۵
- شکل ۴-۱۲ تصویر SEM نمونه نانوکامپوزیت ۱۰-AC-CNT..... ۶۵
- شکل ۴-۱۳ تصویر SEM نمونه نانوکامپوزیت ۲۰-AC-CNT..... ۶۷
- شکل ۴-۱۴ تصویر SEM نمونه نانوکامپوزیت حاوی ۵-OLA-AC-CNT..... ۶۷
- شکل ۴-۱۵ (a) تصویر SEM نمونه نانوکامپوزیت ۱۰-OLA-AC-CNT، (b) شماتیکی از نانولوله‌های مشاهده شده در کامپوزیت در بزرگنمایی بالاتر..... ۶۸
- شکل ۴-۱۶ تصویر SEM نمونه نانوکامپوزیت ۲۰-OLA-AC-CNT..... ۶۹
- شکل ۴-۱۷ منحنی تنش- کرنش فشاری نمونه‌های نانوکامپوزیتی AR-CNT..... ۶۹
- شکل ۴-۱۸ منحنی تنش- کرنش فشاری نمونه‌های نانوکامپوزیتی AC-CNT..... ۷۰
- شکل ۴-۱۹ منحنی تنش- کرنش فشاری نمونه‌های نانوکامپوزیتی OLA-AC-CNT..... ۷۰

چکیده

در پژوهش حاضر، به بررسی تاثیر فرايند اصلاح سطح نانولوله‌های کربنی بر افزايش يکنواختی توزیع آن‌ها در نانوکامپوزیت‌های Al/CNT به منظور بالا بردن خواص مکانیکی پرداخته شد. تحقيق به دو قسمت اصلاح سطح نانولوله کربنی و توليد نانوکامپوزیت، و بررسی خواص مکانیکی آن تقسیم بندی می‌شود. در مرحله اول، اصلاح سطح نانولوله کربنی به منظور بهبود پراکندگی نانولوله کربنی در زمینه آلومینیم با استفاده از فرايند اسیدشویی و پوشش‌دهی با الیل آمین صورت گرفت. پس از آماده‌سازی نانولوله کربنی با ساختار سطحی اصلاح شده، بررسی مورفولوژی سطح آن‌ها توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) انجام شد و ارزیابی خواص نانولوله‌های کربنی قبل و بعد از اصلاح سطح با کمک آزمون‌های آنالیز حرارتی وزنی (TGA) و طیف‌سنجی مادون قرمز (FTIR) صورت گرفت. در مرحله دوم از نانولوله کربنی اصلاح سطح شده به عنوان فاز تقویت‌کننده در زمینه آلومینیمی با استفاده از روش تف-جوشی پلاسمای جرقه‌ای (SPS) در ساخت نانوکامپوزیت Al/CNT استفاده شد. به منظور بررسی خصوصیات نانوکامپوزیت توليد شده، آزمون‌های فشار تک‌محوری و سختی روی آن‌ها انجام شد. نتایج ارزیابی‌ها نشان داد که اصلاح سطح در طی فرايند اسیدشویی در الیل آمین باعث ایجاد گروه‌های عاملی مناسب جهت پیوند با Al شده است. نانولوله‌های کربنی اصلاح سطحی شده با الیل آمین دارای توزیع یکنواخت‌تری در زمینه آلومینیمی می‌باشند. هم‌چنین نتایج حاکی از آن بود که روش SPS روش مناسب برای توليد کامپوزیت مورد نظر است و استفاده از نانولوله‌های کربنی به عنوان ماده تقویت‌کننده در زمینه آلومینیم در مقدار بهینه (حدود ۱ درصد وزنی و کم‌تر از این مقدار) باعث افزايش سختی تا 48 درصد و استحکام تا حدود 202 درصد می‌شود. مقادیر بیش‌تر از ۱ درصد وزنی نانولوله‌های کربنی به علت توده‌ای شدن، افت خواص را به همراه داشت.

کلمات کلیدی :

نانوکامپوزیت، آلومینیم، نانولوله کربنی، اصلاح سطح نانولوله کربنی، الیل آمین، تف‌جوشی پلاسمای جرقه‌ای، خواص مکانیکی.

فصل اول

مقدمه و اهداف

۱-۱ مقدمه

امروزه در بیشتر صنایع مانند صنایع هوافضا، خودروسازی و دیگر صنایع مشابه بیشتر به دنبال گسترش مواد با خصوصیات ویژه هستند. خصوصياتی همچون استحکام بالا در کنار انعطاف پذیری خوب یا مقاومت به سایش بالا، محققان را به سمت تولید مواد کامپوزیتی متمایل کرده است [۱]. به طور کلی کامپوزیت^۱ به ماده‌ای گفته می‌شود که از دو یا چند جزء سازنده تشکیل می‌شود که اختلاط این اجزاء و تعامل آن‌ها با یکدیگر موجب ایجاد ساختاری می‌شود که از لحاظ خواص نسبت به هر کدام از اجزاء به تنهایی، برتری دارد. در بحث مهندسی کامپوزیت به ماده‌ای گفته می‌شود که دارای برخی از خصوصیات زیر باشد [۲]:

سیستم متشکل از مخلوط دو یا چند جزء باشد که از نظر فیزیکی قابل تفکیک باشند، اجزاء تشکیل دهنده در مقیاس اتمی نباشند، ترکیب شیمیایی اجزاء متفاوت از یکدیگر باشند، اجزاء از نظر شکل متفاوت باشند و اجزاء مختلف سیستم قابلیت انحلال در یکدیگر را نداشته باشند.

در بین نانوفازهای ثانویه‌ای که در تولید نانوکامپوزیت مورد استفاده قرار می‌گیرند، نانولوله‌های کربنی^۲ به سبب خواص برجسته نظیر هدایت حرارتی مناسب، انعطاف پذیری بالا، چگالی کم، نسبت طول به قطر بالا در مجامع علمی و صنعتی مورد توجه قرار گرفته اند [۳-۶]. این مجموعه از خواص بی‌نظیر مکانیکی، حرارتی و الکتریکی نانولوله کربنی، باعث شده است که در دو دهه گذشته، از آن به عنوان تقویت کننده‌ای ایده آل استفاده گردد [۳].

یکی از مشکلات جدی در کار با نانولوله‌های کربنی، وجود نیروهای واندروالس ev/nm (۰/۵) بین نانولوله‌های کربنی است، که سبب آگلومره شدن و به هم چسبیدن نانولوله‌های کربنی و پراکندگی ضعیف آن‌ها در زمینه‌های فلزی می‌شود. این امر مشکل جدی در ساخت این نوع کامپوزیت‌ها می‌باشد. در واقع استفاده موثر از نانولوله کربنی در کامپوزیت وابستگی شدیدی به توزیع همگن نانولوله در زمینه کامپوزیتی

^۱ Composite^۲ Carbon Nanotube(CNT)

دارد[۷]. لذا باید به روشی بین ذرات نیروی دافعه فضایی^۱ ایجاد کرد تا از نزدیک شدن و کلوخه شدن آن‌ها جلوگیری شود.

علاوه بر توزیع مناسب، پیوندهای مستحکم در فصل مشترک به سبب دستیابی به خواص مکانیکی عالی، بایستی مد نظر قرار گیرد. در صورتی که چسبندگی مناسبی بین زمینه و نانولوله کربنی وجود نداشته باشد، دستیابی به استحکام کششی بالای نانولوله امکان‌پذیر نخواهد بود. هم‌چنین، با توجه به سطح نسبتاً صاف نانولوله‌های کربنی و واکنش‌پذیری کم آن‌ها، مشکل اتصالات فصل مشترک بین زمینه و نانولوله‌ها وجود دارد[۳]. جهت پراکنده نمودن نانولوله‌های کربنی درون زمینه‌های غیرقطبی و افزایش واکنش‌پذیری سطح نانولوله کربنی، باید سطح آن‌ها متناسب با ساختار شیمیایی زمینه اصلاح شود. از این‌رو اصلاح سطح نانولوله کربنی با قرارگیری گروه‌های عاملی^۲ روی سطح خارجی نانولوله کربنی جهت کاهش نیروی جاذبه بین نانولوله‌های کربنی، بهبود پراکندگی آن در زمینه و افزایش واکنش‌پذیری سطح آن‌ها صورت می‌گیرد.

روش‌های مختلف عامل‌دار نمودن سطح نانولوله کربنی را می‌توان در سه دسته کلی زیر تقسیم نمود:

- قرارگیری گروه‌های عاملی روی دهانه و سطح خارجی نانولوله کربنی،
- پر کردن حفره نانولوله کربنی با مواد مختلف (جامد، مایع و گاز)،
- تزئین^۳ سطح خارجی نانولوله کربنی با نانو ذرات فلزی و اکسیدهای آن.

یافته‌های علمی حاکی از آن است که انرژی پیوندی بین فلزات و نانولوله‌ها بسیار کم بوده و در نتیجه چسبندگی مطلوبی بین آن‌ها حاصل نمی‌گردد، در نتیجه افت خواص نانولوله کربنی را سبب می‌شود. روش مناسب به منظور افزایش میزان واکنش‌پذیری نانولوله کربنی نشان دادن گروه‌های عاملی بر سطح آن‌ها می‌باشد. در حقیقت گروه‌های عاملی موجود در سطح نانولوله واسطه پیوندی بین فلز و

^۱ Steric repulsion

^۲ Functional groups

^۳ Decoration

نانولوله‌های کربنی هستند. در تحقیقات نشان داده شده است که انرژی پیوند فلزات و نانولوله‌های کربنی با نشانیدن گروه‌های عاملی در سطح نانولوله کربنی افزایش چشمگیری می‌یابد [۸].

اکسیداسیون نانولوله کربنی با استفاده از اسیدهای قوی چون اسیدسولفوریک و یا اسیدنیتریک فرایندی مطلوب جهت تشکیل گروه‌های عاملی چون کربوکسیل، هیدروکسیل و کربونیل می‌باشد. تشکیل گروه‌های عاملی مذکور سبب تغییر واکنش‌پذیری نانولوله کربنی و بهبود مشخصه ترشوندگی آن می‌گردد. نانولوله‌های کربنی از طریق گروه‌های کربوکسیلی سطحی خود به گروه‌های آمینی متصل می‌گردد. از طرفی زنجیره آلکیلی الیل آمین^۱ به برقراری اتصال با زمینه تمایل دارد. در نتیجه بین ذرات نیروی دافعه فضایی برقرار می‌شود که این نیروی دافعه از نزدیک شدن ذرات و به هم چسبیدن آن‌ها جلوگیری می‌کند.

ساخت کامپوزیت‌های آلومینیم/ نانولوله کربنی به روش‌های مختلفی صورت می‌گیرد. مهم‌ترین روش‌ها عبارتند از روش‌های شیمیایی، آسیاکاری مکانیکی و متالورژی پودر. اگرچه این روش‌ها اساساً با یکدیگر متفاوت هستند، اما همگی به دنبال ایجاد ویژگی‌های مشترکی چون جداسازی دسته‌ها و خوشه‌های نانولوله کربنی از یکدیگر، توزیع یکنواخت آن‌ها و چسبندگی مناسب بین زمینه و نانولوله کربنی هستند [۹-۱۳].

در روش‌های حالت مایع ذرات تقویت‌کننده قبل از ریخته‌گری، با هم‌زدن به آلومینیم مذاب اضافه می‌شوند. در این روش، تفاوت میان چگالی آلومینیم و فاز تقویت‌کننده مانع از توزیع یکنواخت این ذرات در زمینه آلومینیمی می‌شود و از طرف دیگر ترشوندگی ضعیف تقویت‌کننده باعث ایجاد یک فصل مشترک ضعیف بین فاز تقویت‌کننده و زمینه می‌شود که روی خواص مکانیکی نمونه‌های تولید شده تاثیر به سزایی دارد [۱۴]. با استفاده از روش‌های حالت جامد تا حدودی می‌توان بر این مشکلات غلبه کرد. روش‌های حالت جامد که بر پایه متالورژی پودر استوار هستند در مقایسه با روش‌های مذاب، دمای کاری پایین‌تری دارند و به همین دلیل از تولید فازهای ناخواسته میان فاز زمینه و تقویت‌کننده جلوگیری

^۱Oleylamine

می‌شود. همچنین یک توزیع همگن و یکنواخت فاز تقویت‌کننده در زمینه را دارا خواهند بود و می‌توان به هزینه تولید پایین‌تری دست یافت [۱۵]. با این حال یکی از مشکلات عمده قطعات تولید شده به روش‌های سنتی متالورژی پودر (فشرده کردن پودر در دمای محیط و سپس تفجوشی توده پودر فشرده شده در کوره‌هایی تا زیر دمای ذوب فلز)، حضور تخلخل در آن‌هاست که در حین اعمال تنش به قطعه تولید شده، برخی از این تخلخل‌ها به عنوان نقاط تمرکز تنش عمل کرده و باعث افت خواص مکانیکی ماده می‌شوند [۱۶]. پس باید به دنبال روش‌هایی بود که قابلیت دستیابی به حداکثر چگالی را داشته باشند تا تخلخل به طور قابل ملاحظه‌ای در نمونه حذف شود که با اعمال هم‌زمان فشار در دماهای بالا به نمونه پودری در حین تفجوشی تا حدودی می‌توان تخلخل را حذف کرد و به نمونه چگال دست یافت.

از جمله روش‌هایی که به سرعت جهت تولید محدوده وسیعی از مواد پیشرفته مانند نانوکریستال‌ها و نانوکامپوزیت‌ها توسعه یافته است، روش تفجوشی پلاسمای جرقه‌ای است. در این روش، پودر به داخل قالبی استوانه‌ای شکل از جنس گرافیت یا مواد عایق ریخته شده و دو پانچ از بالا و پایین آن را فشرده می‌سازند. اعمال جریان الکتریکی به توده پودر، نیروی محرکه لازم برای تفجوشی را فراهم کرده و باعث می‌شود فرایند تولید در زمانی اندک به اتمام رسد. ویژگی مهم این روش، تفجوشی فلزات و سرامیک‌ها به خصوص مواد دیرگداز تا نزدیک چگالی تئوری در زمانی اندک می‌باشد [۱۷]. به همین دلیل در این تحقیق از روش تفجوشی پلاسمای جرقه‌ای برای تولید نانوکامپوزیت زمینه آلومینیمی تقویت شده با نانولوله‌های کربنی استفاده شده است.

کامپوزیت‌های زمینه آلومینیمی تولید شده به روش متالورژی پودر بیشتر در کاربردهای فشاری مورد استفاده قرار می‌گیرند. در نتیجه سعی شده است استحکام فشاری و سختی نمونه‌های کامپوزیتی با درصد‌های وزنی مختلف نانولوله‌های کربنی بررسی شود.

در این تحقیق در ساخت نانوکامپوزیت Al/CNT، به منظور بهبود خواص نانوکامپوزیت و توزیع-پذیری بهتر نانولوله‌های کربنی در زمینه از الیل آمین استفاده شد که تاکنون برای اصلاح سطح نانولوله-های کربنی مورد استفاده قرار نگرفته است. این ترکیب همدوسی و سازگاری مطلوبی با Al دارد.

تحقیقات مشابهی روی سایر نانومواد کربنی در ساخت کامپوزیت انجام شده است. در این تحقیق می-خواهیم فرآیند اصلاح سطح را روی نانولوله‌های کربنی با استفاده از این گروه آمینی انجام دهیم.

این تحقیق در پنج فصل تنظیم شده است. در فصل اول مقدمه و اهداف تحقیق بیان شده است. در فصل دوم، کلیاتی در رابطه با کامپوزیت‌های زمینه فلزی و خواص نانولوله‌های کربنی و روش‌های خالص‌سازی و اصلاح سطح آن‌ها که موضوع اصلی این تحقیق می‌باشد به همراه مروری بر منابع، ارائه گردیده است. در فصل سوم، روش آزمایش، مواد و تجهیزات مورد استفاده در آزمایش‌ها بیان شده است. در فصل چهارم به ارائه و تحلیل نتایج به دست آمده از آزمایشات پرداخته شده است و در فصل پنجم مهم‌ترین نتایج و دستاوردهای تحقیق به طور خلاصه بیان شده است. در پایان پیشنهاداتی برای مطالعات آینده ارائه گردیده است و در نهایت منابع مورد استفاده آمده است.

۱-۲ اهداف تحقیق

اهداف این تحقیق را می‌توان به دو بخش زیر تقسیم نمود:

بخش اول: اصلاح سطحی نانولوله‌های کربنی به کمک فرایند اسیدشویی و عامل فعال سطحی الیل آمین، به منظور جلوگیری از توده‌ای شدن نانولوله‌های کربنی و توزیع غیر یکنواخت آن‌ها در زمینه‌های فلزی.

بخش دوم: بررسی میزان تاثیر اصلاح سطح نانولوله‌های کربنی بر خواص مکانیکی نانوکامپوزیت AI/CNT.

فصل دوم

مروری بر منابع
