





دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی مواد-سرامیک

اعمال پوشش BN نانو ساختار بر کامپوزیت کربن-کربن به روش سل-ژل

ژل

دانشجو:

مرتضی قنبریان

استاد راهنما:

دکتر احسان طاهری نساج

استاد مشاور:

دکتر علی علیزاده

زمستان ۹۳



بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

آقای مرتضی قنبریان پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان اعمال پوشش BN نانو

ساختار بر کامپوزیت کربن کربن (C-C) به روش سل - ژل در تاریخ

۱۳۹۳/۱۱/۱ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد مهندسی مواد - سرامیک پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر احسان طاهری نساج	دانشیار	
استاد مشاور	دکتر علی علیزاده	استادیار	
استاد ناظر	دکتر رسول صراف مأموری	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر فرزاد محبوبی		
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر رسول صراف مأموری	دانشیار	

آیین نامه چاپ پایان نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده در رشته مهندسی مواد - سرامیک است که در سال ۱۳۹۳ در دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر احسان طاهری نساج و مشاوره جناب آقای دکتر علی علیزاده از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب مرتضی قنبریان دانشجوی رشته سرامیک مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی:

تاریخ و امضا:

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان‌نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه / رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه / رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان‌نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین‌نامه‌های مصوب انجام می‌شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم‌الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری می‌شود.

نام و نام خانوادگی

امضاء

تقدیم بہ خانوادہ ام

توکل بر خدا، تقصیر بر خویش نهادم این نهایت نامه در پیش
باغارش تو دوستی نهایت بانجامش تو کن این را کفایت

بدینوسیده از استاد کرامت‌در جناب آقای دکتر احسان طاهری نساج که با نهایت فروتنی و حسن خلق به‌موازه همراه و راهنمای اینجانب در به
انجام رساندن پایان نامه بوده‌اند، کمال قدردانی را دارم.
همچنین از تمامی دوستان و اشخاصی که در طول مسیر مایه دلگرمی و امیدواریم بودند بسیار سپاسگزارم.

چکیده

در این پژوهش، پوشش نیتريد بور با ضخامت‌های مختلف به کمک روش سل-ژل و فرآیند غوطه‌وری بر کامپوزیت کربن-کربن نشانده شده است. به دلیل حساسیت کربن به اکسیژن با افزایش دما و همچنین تکمیل فرآیند تشکیل نیتريد بور، از کوره تحت اتمسفر خلأ و به دنبال آن گاز نیتروژن با خلوص ۹۹/۹۹۹٪ جهت نیتريده کردن استفاده شده است. با حل شدن اسید بوریک و اوره در متانول و آب سل غوطه‌وری به‌دست‌آمده است. کامپوزیت کربن-کربن پس از غوطه‌ور شدن در سل، به مدت ۱۰ ساعت در هوای آزاد و ۲ ساعت در آون با دمای 120°C خشک شد. جهت مقایسه خواص نهایی و استخراج مقادیر بهینه، پارامترهای مختلفی از جمله دما، تعداد دفعات غوطه‌وری و آماده‌سازی اولیه نمونه در نظر گرفته شدند. تعدادی نمونه کربنی تحت عملیات حرارتی اولیه در دمای 350°C و تعدادی دیگر در محیط اسید نیتريك به‌منظور فعال شدن سطح قرار گرفتند. سیکل‌های غوطه‌وری و پوشش دهی ۱، ۲ و ۴ مرتبه انجام پذیرفت. همچنین نیتريده کردن تحت دماهای 650°C و 1000°C انجام شد. پوشش‌های به‌دست‌آمده با استفاده از آنالیزهای حرارتی (STA)، پراش پرتو ایکس (XRD) و طیف‌سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز (FTIR) مورد بررسی قرار گرفتند. بررسی ضخامت و سطح پوشش‌ها با میکروسکوپ‌های الکترونی روبشی (SEM) و نیروی اتمی (AFM) انجام شد. طی سیکل‌های مختلف پوشش دهی ۱، ۲ و ۴ مرتبه، ضخامت پوشش نانوساختار به ترتیب ۵۵، ۱۲۰ و ۲۱۰ نانومتر ایجاد گردیده است. همچنین با افزایش دفعات غوطه‌وری، میانگین زبری پوشش از ۳۰ نانومتر به ۱۶ نانومتر کاهش پیدا کرده است. نتایج حاصل از FTIR حاکی از سنتز نیتريد بور در هر دو دما می‌باشد. نتایج آنالیز XRD نشان‌دهنده ساختار شبه کریستالی tBN پوشش در دمای 650°C و ساختار hBN در دمای 1000°C بوده است. آنالیز حرارتی نشان داد که نیتريد بور در دمای حدود 380°C تشکیل شده و در دمای 600°C آغاز به کریستالی شدن کرده است. جهت بررسی استحکام مکانیکی نمونه قبل و پس از پوشش دهی از تست کشش استفاده شده است. نتایج این تست نشان داد نمونه یک مرتبه پوشش داده شده در دمای 1000°C ، استحکامی معادل ۱۹۰۰ MPa داشته

درحالی که استحکام نمونه بدون پوشش ۱۶۷۰ MPa بوده است. درحالی که نمونه ۴ مرتبه پوشش داده شده دارای استحکام ۶۹۰ MPa بود.

واژه‌های کلیدی: نیتريد بور، سل-ژل، غوطه وری، نیتريده کردن، نیتريد بور هگزاگونال، نانو ساختار

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱.....	فصل ۱- مقدمه.....
۴.....	فصل ۲- مروری بر منابع مطالعاتی.....
۴.....	۱-۲- کامپوزیت کربن-کربن.....
۴.....	۲-۱-۱- مقدمه.....
۵.....	۲-۱-۲- خواص عمومی کامپوزیت کربن-کربن.....
۸.....	۳-۱-۲- خواص سطحی.....
۹.....	۴-۱-۲- معایب کامپوزیت کربن-کربن.....
۹.....	۲-۲- نیتريد بور.....
۱۵.....	۳-۲- دلایل انتخاب پوشش BN.....
۱۸.....	۴-۲- مروری بر روش‌های پوشش دهی نیتريد بور.....
۱۹.....	۱-۴-۲- لایه نشانی فیزیکی بخار.....
۲۰.....	۲-۴-۲- لایه نشانی شیمیایی بخار.....
۲۲.....	۳-۴-۲- پوشش دهی سل-ژل.....
۳۴.....	۴-۴-۲- مروری بر پژوهش‌های انجام شده به روش غوطه‌وری.....
۴۲.....	فصل ۳- روش تحقیق.....
۴۲.....	۱-۳- مقدمه.....
۴۲.....	۲-۳- نحوه اعمال پوشش.....
۴۴.....	۳-۳- آماده‌سازی کامپوزیت کربن-کربن.....

۴۴	مواد اولیه	۱-۳-۳
۴۴	آماده‌سازی به کمک اسید	۲-۳-۳
۴۴	آماده‌سازی به کمک عملیات حرارتی	۳-۳-۳
۴۵	تهیه سل غوطه‌وری	۴-۳
۴۵	مواد اولیه	۱-۴-۳
۴۵	روش تهیه سل غوطه‌وری	۲-۴-۳
۴۶	اعمال ژل بر کامپوزیت کربن-کربن	۵-۳
۴۶	پیر کردن و خشک کردن	۱-۵-۳
۴۶	انجام عملیات نیتزیده کردن و اعمال پوشش	۶-۳
۴۷	بررسی متغیرهای فرآیند	۷-۳
۴۷	نحوه آماده‌سازی زمینه	۱-۷-۳
۴۷	دمای نیتزیده کردن	۲-۷-۳
۴۹	تعداد دفعات غوطه‌وری	۳-۷-۳
۵۰	تعیین مشخصات پوشش	۸-۳
۵۰	آنالیز پراش اشعه ایکس (XRD)	۱-۸-۳
۵۰	آنالیز طیف‌سنجی عبوری مادون قرمز (FTIR)	۲-۸-۳
۵۱	آنالیز میکروسکوپ الکترونی روبشی (FESEM)	۳-۸-۳
۵۱	آنالیز میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM)	۴-۸-۳
۵۲	آنالیز حرارتی (TG/DTA)	۵-۸-۳
۵۲	اندازه‌گیری خواص مکانیکی به وسیله تست کشش	۶-۸-۳
۵۵	فصل ۴- نتایج و بحث	
۵۵	مقدمه	۱-۴

۲-۴- بررسی نتایج حاصل از آنالیزهای فیزیکی ۵۵

۲-۴-۱- بررسی ریزساختاری ۵۵

۲-۴-۲- بررسی نمونه‌ها با استفاده از میکروسکوپ نیروی اتمی ۶۸

۲-۴-۳- آنالیز پراش اشعه ایکس ۷۲

۲-۴-۴- آنالیز طیف‌سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز ۷۵

۲-۴-۵- آنالیز حرارتی ژل اولیه پوشش دهی ۷۸

۴-۳- بررسی نتایج آنالیز مکانیکی کشش ۷۹

فصل ۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۸۳

۵-۱- نتیجه‌گیری ۸۳

۵-۲- پیشنهادها ۸۴

مراجع: ۸۵

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۲- وزن مخصوص کامپوزیت الیاف کربن در مقایسه با دیگر مواد صنعتی.	۶
شکل ۲-۲- ساختار فازهای cBN و wBN با پیوند sp3 و فازهای rBN و hBN با پیوند sp2.	۱۱
شکل ۳-۲- مقایسه شبکه بلوری نیتريد بور و گرافیت.	۱۲
شکل ۴-۲- مقایسه ضریب اصطکاک نیتريد بور و گرافیت در دماهای مختلف.	۱۳
شکل ۵-۲- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از پودر نیتريد بور با بزرگنمایی ۱۸۰۰ برابر.	۱۵
شکل ۶-۲- نمای کلی روش پوشش دهی غوطه‌وری و چرخشی.	۲۴
شکل ۷-۲- فرآیند پوشش دهی به روش غوطه‌وری.	۲۶
شکل ۸-۲- مکانیزم ریخته‌گری در فرآیند پوشش دهی غوطه‌وری.	۲۷
شکل ۹-۲- غلبه بر نیروی بین‌مولکولی طی فرآیند حل شدن.	۳۰
شکل ۱۰-۲- حلالیت اسید بوریک در آب.	۳۱
شکل ۱۱-۲- نحوه نشانده شدن پوشش نیتريد بور بر الیاف کربنی.	۳۲
شکل ۱۲-۲- اثر گرانیروی سل بر ضخامت پوشش.	۳۵
شکل ۱۳-۲- تأثیر سرعت بیرون کشیدن زمینه بر ضخامت نهایی پوشش.	۳۵
شکل ۱۴-۲- مقایسه استحکام کششی نمونه‌های پوشش داده شده و بدون پوشش الیاف کربن.	۳۶
شکل ۱۵-۲- آنالیز TG مخلوط اسید بوریک و اوره در اتمسفر آمونیاک و نیتروژن.	۳۷
شکل ۱۶-۲- تصویر SEM پوشش نیتريد بور نیتريد شده در دمای ۱۰۰۰°C به مدت ۱ ساعت.	۳۸
شکل ۱۷-۲- تصویر SEM پوشش نیتريد بور اعمال شده بر کامپوزیت SiC/SiC در دمای ۱۰۰۰°C به مدت ۲ ساعت.	۳۹
شکل ۱۸-۲- تصویر SEM پوشش نیتريد بور اعمال شده بر الیاف کربن در دمای ۱۰۰۰°C به مدت ۳ ساعت از محلول غوطه‌وری با غلظت بالا.	۴۰

- شکل ۳-۱- نمودار مراحل اعمال پوشش. ۴۳
- شکل ۳-۲- چگونگی جلوگیری از گسستگی تاروپود فیبر قرار گرفته در حمام اولتراسونیک. ۴۵
- شکل ۳-۳- چرخه نیتزیده کردن در دمای ۶۵۰ درجه سانتی گراد. ۴۸
- شکل ۳-۴- چرخه نیتزیده کردن در دمای ۱۰۰۰ درجه سانتی گراد. ۴۸
- شکل ۴-۱- (a) نمونه پس از عملیات پیش گرم، (b) نمونه پس از اسید شویی. ۵۶
- شکل ۴-۲- (a) و (b) و (c) به ترتیب مربوط به نمونه‌های H1 و H2 و H3 نیتزیده شده تحت دمای 650°C ۶۵
- ۵۷
- شکل ۴-۳- (a) و (b) و (c)، به ترتیب تصویر پوشش BN نانوساختار بر سطح نمونه‌های H4 و H5 و H6؛ (d) و (e) و (f)، به ترتیب تصویر پوشش نمونه‌های H4 و H5 و H6 نیتزیده شده در 1000°C ۵۹
- شکل ۴-۴- تصویر FESEM ساختار نانویی پوشش نمونه ۴ مرتبه پوشش داده شده در دمای 1000°C ۱۰۰۰
- ۶۰
- شکل ۴-۵- افزایش ضخامت پوشش با افزایش دفعات پوشش دهی (a) نمونه H4، (b) نمونه H5، (c) نمونه H6. ۶۱
- ۶۱
- شکل ۴-۶- (a) و (b) و (c) به ترتیب مربوط به نمونه‌های A1 و A2 و A3 نیتزیده شده تحت دمای 650°C ۶۵
- ۶۳
- شکل ۴-۷- (a) و (b) و (c) به ترتیب مربوط به نمونه‌های A4 و A5 و A6 نیتزیده شده تحت دمای 1000°C ۱۰۰۰
- ۶۴
- شکل ۴-۸- آنالیز عنصری EDS نمونه A6. ۶۵
- شکل ۴-۹- آنالیز عنصری EDS نمونه H6. ۶۶
- شکل ۴-۱۰- (a) و (b) آنالیز EDS نمونه‌های A3 و H3. ۶۷
- شکل ۴-۱۱- تصویر AFM دوبعدی و سه‌بعدی پوشش نمونه H4. ۶۹
- شکل ۴-۱۲- تصویر دوبعدی نمونه H4 به همراه زبری سنجی ناحیه ۱ و میانگین زبری در این ناحیه. ۶۹

- شکل ۴-۱۳- تصویر دوبعدی نمونه H4 به همراه زبری سنجی ناحیه ۲ و میانگین زبری در این ناحیه. ... ۷۰
- شکل ۴-۱۴- تصویر AFM دوبعدی و سه بعدی پوشش نمونه H6. ۷۰
- شکل ۴-۱۵- تصویر دوبعدی نمونه H6 به همراه زبری سنجی ناحیه ۱ و میانگین زبری در این ناحیه. ... ۷۱
- شکل ۴-۱۶- تصویر دوبعدی نمونه H6 به همراه زبری سنجی ناحیه ۲ و میانگین زبری در این ناحیه. ۷۱
- شکل ۴-۱۷- آنالیز XRD نمونه A6. ۷۲
- شکل ۴-۱۸- آنالیز XRD نمونه H6. ۷۳
- شکل ۴-۱۹- آنالیز XRD پوشش نیتريد بور سنتز شده تحت دمای 1000°C بر روی زمینه آلومینایی. ۷۴
- شکل ۴-۲۰- آنالیز XRD پوشش نیتريد بور سنتز شده تحت دمای 650°C بر روی زمینه آلومینایی. ۷۵
- شکل ۴-۲۱- آنالیز FTIR نمونه H1 یک مرتبه پوشش داده شده در دمای 650°C ۷۶
- شکل ۴-۲۲- آنالیز FTIR نمونه H3 چهار مرتبه پوشش داده شده در دمای 650°C ۷۶
- شکل ۴-۲۳- آنالیز FTIR نمونه H4 یک مرتبه پوشش داده شده در دمای 1000°C ۷۶
- شکل ۴-۲۴- آنالیز FTIR نمونه H6 سه مرتبه پوشش داده شده در دمای 1000°C ۷۷
- شکل ۴-۲۵- منحنی آنالیز حرارتی ژل خشک شده اسید بوریک-اوره. ۷۹
- شکل ۴-۲۶- نتایج حاصل از تست کشش (۱ نمونه خام (۲ نمونه H4 (۳ نمونه H5 (۴ نمونه H6 (۵ نمونه A6. ۸۰
- شکل ۴-۲۷- مقایسه استحکام کششی یک دسته تار از نمونه‌های خام و پوشش داده شده. ۸۱
- شکل ۴-۲۸- ایجاد تنش در پوشش به علت تفاوت در ضریب انبساط حرارتی. ۸۱

فهرست جدول‌ها

- جدول ۱-۲- پارامتر شبکه و مکان‌های اتمی شبکه‌های مختلف نیتريد بور ۱۰
- جدول ۲-۲- خواص پلی مورف‌های نیتريد بور ۱۶
- جدول ۳-۲- کاربردهای پودر نیتريد بور ۱۷
- جدول ۱-۳- نحوه کدگذاری نمونه‌ها ۴۹
- جدول ۱-۴- مقایسه مقادير نسبت وزنی تئوری و حاصله از آنالیز EDS نیتريد بور ۶۶
- جدول ۲-۴- مقادير نسبت وزنی به‌دست‌آمده نمونه‌های A3 و H3 از آنالیز EDS ۶۸

فصل اول

مقدمه

فصل ۱ - مقدمه

کامپوزیت کربن-کربن، پارچه ای دوبعدی بافته شده از تاروپود کربن می‌باشد. تاروپودهای کربنی، تشکیل شده از چندین هزار لیف میکرونی از جنس کربن می‌باشد که در کنار هم قرار گرفته و با نیروی ضعیف واندروالسی به هم متصل می‌باشند. کامپوزیت کربن-کربن به‌عنوان فاز تقویت کننده در ساخت کامپوزیت‌های پیشرفته مورد استفاده قرار می‌گیرد.

استحکام خستگی زیاد، وزن کم، ضریب انبساط حرارتی بسیار پایین، پایداری حرارتی بالا و هدایت الکتریکی و گرمایی مناسب از ویژگی‌های این ماده می‌باشد؛ بنابراین کامپوزیت کربن-کربن دارای کاربردهای ویژه نظیر تجهیزات هوا فضایی و نظامی گران قیمت تا کاربردهای تجاری و معمول نظیر وسایل ورزشی می‌باشد. در کامپوزیت الیافی زمینه کربنی، عضو بارپذیر اصلی سازه، الیاف کربن هستند درحالی که ماتریس آن‌ها را در محل و آرایش مطلوب نگه داشته و به‌عنوان یک محیط منتقل کننده بار بین الیاف عمل می‌کند، به علاوه آن‌ها را از صدمات محیطی در اثر افزایش دما و رطوبت حفظ می‌نماید [۱، ۲].

مهم‌ترین نقطه ضعف این کامپوزیت، اکسید شدن در دمای بالاتر از ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و همین موضوع اهمیت اعمال پوشش بر کامپوزیت کربن-کربن را آشکار می‌سازد. به‌منظور رفع این مشکل، مواد مختلفی نظیر کربن شبه الماس^۱، نیکل، ایریدیوم، مس و نیتريد بور و غیره بسته به کاربرد مورد نیاز، جهت پوشش دهی پیشنهاد شده‌اند.

موضوع این پژوهش در ارتباط با اعمال پوشش نیتريد بور نانو ساختار با استفاده از روش سل-ژل و پوشش دهی غوطه‌وری بر زیرلایه‌ای از جنس کامپوزیت کربن-کربن بوده است. از آنجاکه ساختار هگزاگونال نیتريد بور ساختاری لایه‌ای شبیه به گرافیت دارد، می‌تواند به‌عنوان لایه میانی در کامپوزیت‌های زمینه کربنی مانند C/C-SiC مورد استفاده قرار گیرد و به بهبود خواص مکانیکی کامپوزیت با جلوگیری از اشاعه

^۱ Diamond like carbon

ترک کمک نماید. همچنین خواص دیگر نیتريد بور مانند مقاومت به اکسیداسیون تا دمای 800°C ، تر شونده گی کم با مذاب فلزات، سختی بالا، چگالی پایین و غیره در انتخاب این ماده به عنوان پوشش بر کامپوزیت کربن-کربن تأثیرگذار بوده است. در پژوهش های انجام پذیرفته در این حوزه، از روش هایی نظیر رسوب دهی شیمیایی فاز بخار و غوطه وری و کربوترمال^۱ جهت اعمال پوشش استفاده شده است. در این روش ها از مواد اولیه های بورازین، ترکیب اسید بوریک و اوره و ترکیب اکسید بور و آمونیاک استفاده شده است. در این پژوهش، آماده سازی اولیه کامپوزیت کربن-کربن تحت عنوان یک متغیر و اثر آن بر خواص مکانیکی محصول نهایی مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین از ترکیب اسید بوریک و اوره جهت تهیه سل غوطه وری استفاده شده است و دمای نیتريداسیون 650°C و 1000°C به مدت ۲ ساعت در نظر گرفته شده است. با تغییر پارامترهای دمای نیتريداسیون، تعداد دفعات غوطه وری و نحوه آماده سازی زمینه کربنی، به مقادیر پارامترهای بهینه به منظور ایجاد پوشش یکنواخت با چسبندگی مناسب رسیده شده است. در متن گزارش، در فصل دوم مرور کلی بر روش های مختلف پوشش دهی، خواص نیتريد بور و همچنین معرفی کامپوزیت کربن-کربن انجام شده است. فعالیت های عملی انجام شده شامل تهیه سل غوطه وری از مواد اولیه اسید بوریک و اوره، نحوه غوطه وری نمودن نمونه در سل و سپس تشکیل ژل، به دست آمدن پوشش نهایی پس از عملیات نیتريداسیون و روش های مختلف آنالیز در فصل سوم ارائه گردیده است. نتایج حاصل از آزمایش های مختلف XRD، FT-IR، FESEM، AFM، آنالیز حرارتی و آزمایش مکانیکی انجام شده بر نمونه ها و بحث در مورد نتایج در فصل چهارم آورده شده است. در فصل پنجم نیز به نتیجه گیری های نهایی و پیشنهادهایی برای ادامه بررسی در این زمینه پرداخته شده است. در انتهای متن گزارش نیز، منابع استفاده شده در این تحقیق فهرست شده است.

^۱ Carbothermal

فصل دوم

مروری بر منابع مطالعاتی