

تحليل و طراحی نانو کامپوزیت‌ها

Analysis and Design of Nanocomposites

www.ketab.ir

سرشناسه	شجاعی، تقی، ۱۳۶۱-
عنوان و نام پدیدآور	تحلیل و طراحی نانو کامپوزیت‌ها/ نویسندگان تقی شجاعی، محمدجواد حیدری.
مشخصات نشر	کرج: رهام اندیشه، ۱۳۹۹.
مشخصات ظاهری	۳۷۴ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	978-622-264023-1
وضعیت فهرست نویسی	فیبا :
یادداشت	کتابنامه: ص. ۳۵۳.
موضوع	نانوچندسازه‌ای‌ها :
موضوع	(Nanocomposites (Materials :
موضوع	نانوچندسازه‌ای‌ها -- کاربردهای صنعتی :
موضوع	Nanocomposites (Materials -- Industrial applications :
موضوع	مواد، نوساختار :
موضوع	Nanostructured materials :
موضوع	صنایع هوا فضا -- کاربردهای صنعتی :
موضوع	Aerospace industries -- Technological innovations :
شناسه افزوده	حیدری، محمدجواد، ۱۳۷۱-
رده بندی کنگره	۹/۴۱۸TA :
رده بندی دیویی	۵/۶۲۰ :
شماره کتابشناسی ملی	۶۹۵۷۱۸۵ :

دوست عزیز، هرگونه کسب درآمد از دسترنج دیگران، تکثیر کتاب، نشر اجاره از ناشر و فروش آن، کاری نادرست و نامشروع است، موجب رواج بی‌اعتمادی و بروز پیامدهای ناگوار در زندگی اجتماعی و محیطی ناسالم برای خود و فرزندانمان می‌گردد.

تحلیل و طراحی نانو کامپوزیت‌ها

❖ مؤلفین: تقی شجاعی، محمدجواد حیدری

❖ ناشر: رهام اندیشه

❖ نوبت چاپ: اول ۱۳۹۹

❖ شمارگان: ۱۰۰۰ جلد

❖ تعداد صفحات: ۳۷۴ صفحه

❖ قیمت: ۴۵۰۰۰ تومان

❖ شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۲۶۴۰۲۳-۱

پیشگفتار

سازه‌های فضایی به خاطر نوع کاربرد از ویژگی‌های خاص برخوردارند، و علاوه بر سبک بودن بایستی دارای تحمل بالای مکانیکی باشند تا در برابر فرکانس‌های لرزش و تنش‌ها و فشارهای درونی و بیرونی مقاومت نمایند. همچنین این مسئله که کاربردهای فناوری نانو همراه با هزینه کمتر، دارای دوام و عمر بیشتر، مصرف انرژی پایین‌تر، هزینه نگهداری کمتر و خواص فیزیکی بهتر است، از جمله دلایل جذابیت فناوری نانو برای صنایع هوافضا در حوزه‌های مختلف از جمله هوا - بردی تجاری، حمل‌ونقل هوایی، هواپیماهای نظامی، بالگردها، مأموریت‌های فضایی، راپیدای بدون سرنشین و غیره می‌باشد.

طراحی و ساخت سامانه‌های فضایی، الزامات خاصی دارد که حتماً باید مورد توجه قرار گیرد؛ الزاماتی چون تأثیر محیط بر سامانه در طول عمر آن، لرزش‌ها و شوک‌های هنگام پرتاب، نبود جاذبه، وجود ذرات پنهانی، بادهای خورشیدی، گرادیان دمای بالا و غیره که همه‌ی این‌ها، تأثیر زیادی بر روی عملکرد سازه و ای دارد. هنگام انتخاب مواد برای سازه‌ی فضایی باید به نکاتی مهم همچون نکات زیر توجه کرد:

محموله‌های سازه فضایی باید در برابر اشعای کیهان در فضا مانند ذرات ریز، زیاله‌های فضایی و ذرات باردار محافظت شوند. ماده‌ای هم برای پوشاندن بخش خارجی سازه استفاده می‌شود، باید سبک و درعین حال محکم و مقاوم باشد و توسط رادی که با سرعت زیاد در فضا حرکت می‌کند، سوراخ نشود.

محموله‌ی برخی از سازه‌های فضایی در ظرف کوچک ولی محکم قرار می‌گیرند و تنها ادوات سازه زیر پوشش محافظ واقع می‌شوند. برای ساخت آن‌ها می‌توان از فولاد سبک که معمولاً در بدنه‌ی دوچرخه‌ها و خودرو به کار می‌رود، استفاده نمود. فولاد از آلیاژهای آهن است که از ۰/۱ تا ۱/۵ درصد کربن دارد و معمولاً با فلزات دیگری مانند کروم (برای فولاد ضد زنگ) و منگنز و نیکل و... استفاده می‌شود، اما باید در نظر داشت که فولاد خیلی سنگین است. ماده قابل استفاده‌ی دیگر، یک ماده‌ی کامپوزیتی با مغزی آلومینیوم است. آلومینیوم بسیار با دوام و سبک است و در سازه‌های هوایی کاربرد فراوان دارد.

خورشید پرتوهای فراوانی منتشر می‌کند و اتمسفر زمین، اجسام و موجودات روی زمین را در مقابل آن‌ها محافظت می‌نماید، ولی در فضا که اتمسفر وجود ندارد سازه‌ها فضایی با مشکل اساسی روبه‌رو هستند. سازه‌ها باید به مواد مقاوم در برابر این تشعشعات مجهز گردند تا ابزار و وسایل حساس به تشعشع را بیوشانند. برای پوشاندن این ادوات باید از موادی استفاده کرد که قابلیت

جذب انرژی بالایی دارند و انرژی بسیار زیاد ذرات رادیواکتیو را جذب کنند. تعدادی از فلزات سنگین مانند سرب، این پرتوها را جذب می‌کنند، ولی سرب خیلی سنگین و البته بادوام و بسیار ارزان است.

تعدادی از سازه‌های فضایی در معرض تفاوت دمای بسیار بالا هستند، زیرا همواره در مدارهایی قرار دارند که یک طرف بدنه‌ی آن‌ها به سوی خورشید و طرف دیگر آن‌ها به سوی فضای سرد است؛ لذا طرف سرد، چند صد درجه سردتر از طرف رو به خورشید خواهد بود؛ از این رو با توجه به نیاز ماهواره، باید آن را سردتر یا گرم‌تر نگه داشت. محافظت از طرف سرد و گرم ماهواره، هر کدام، پوشش گرمایی ویژه‌ی خود را نیاز دارد. پوشش گرمایی مانند عایق در خانه‌ها عمل می‌کند. هنگامی که هوای بیرون گرم است، عایق هوای داخل را خنک و هنگامی که هوای بیرون سرد است، عایق هوای داخل را گرم نگه می‌دارد.

کتاب حال حاضر شامل یازده فصل می‌باشد که فصل اول شامل مقدمه و آشنایی با مواد کامپوزیتی نانو و نانو لوله‌ها، فصل دوم معرفی بر کاربردهای نانو کامپوزیت‌ها در صنعت هوافضا و در فصل سوم خواص مواد نانو کامپوزیت‌ها بیان شده است. در فصل چهارم الی فصل دهم به ارتعاشات و کماتش نانو کامپوزیت‌ها مروری قرار می‌گیرد و در آخر، فصل یازدهم چند مثال از کاربرد روش‌های بیان شده در فصول قبلی می‌باشد.

در این کتاب تلاش شده است کاربرد نانو کامپوزیت‌ها و مواد هوشمند در صنعت هوافضا بیان گردد و قطعاً خالی از نقص و ضعف نیست و لذا نقطه نظرات، راهنمایی‌های اساتید محترم و دانشجویان گرمایی در غنای کار و تکمیل‌های بعدی سودمند می‌باشد. خوانندگان عزیز می‌توانند نقطه نظرات خود را به آدرس ایمیل book2019cv@gmail.com ارسال نمایند. همچنین بر خود لازم می‌دانم از همکار گرمایی مهندس محمدجواد حیدری برای تمام تلاش‌های بسیار و خالصانه ایشان تشکر و قدردانی نمایم.

دکتر تقی شجاعی

فهرست مطالب

فصل ۱: مقدمه‌ای بر نانو کامپوزیت‌ها و مواد هدفمند

۱	۱-۱- مقدمه
۲	۲-۱- نانو کامپوزیت
۴	۳-۱- نانولوله کربنی
۵	۴-۱- ساختار اتمی نانولوله کربن
۷	۵-۱- ویژگی‌های نانولوله کربن
۹	۶-۱- کامپوزیت مبتنی بر نانولوله کربن
۱۲	۷-۱- مواد هدفمند
۱۴	۱-۷-۱- معرفی مواد هدفمند
۱۷	۲-۷-۱- مدل‌های راض موجود برای خواص مکانیکی مواد هدفمند
۲۰	۸-۱- مروری بر نانو کامپوزیت‌ها
۲۲	۹-۱- بررسی خواص نانو کامپوزیت‌ها
۲۵	۱-۹-۲- نانو کامپوزیت‌های زمینه پلیمری
۴۲	۳-۹-۱- نانو کامپوزیت‌های اینترکالیت
۵۲	۴-۹-۱- نانو کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی
۵۵	۵-۹-۱- نانو کامپوزیت‌های زمینه فلزی
۵۷	۶-۹-۱- نانو کامپوزیت‌های زمینه بین فلزی

فصل ۲: کاربرد نانو کامپوزیت‌ها در صنایع هوافضا

۸۷	۱-۲- مقدمه
۸۸	۲-۲- کاربرد نانولوله‌ها و نانو کامپوزیت‌ها در صنایع هوافضا
۹۶	۱-۲-۲- نانولوله‌های کربنی
۹۷	۲-۲-۲- سرامیک‌ها
۹۸	۳-۲-۲- نانو کامپوزیت‌ها
۱۰۶	۴-۲-۲- تاریخچه تولید کامپوزیت‌های زمینه فلزی
۱۰۹	۵-۲-۲- تخریب در کامپوزیت
۱۱۳	۳-۲-۲- خوردگی کامپوزیت‌ها
۱۱۴	۴-۲- کامپوزیت‌های زمینه آلومینیومی
۱۱۵	۱-۴-۲- انواع کامپوزیت‌های زمینه آلومینیومی
۱۱۷	۵-۲- نانو کامپوزیت‌های ماتریسی / سرامیکی
۱۱۹	

- ۱۲۲-۵-۱- نانو کامپوزیت‌های سرامیکی برای خواص مکانیکی مطلوب.....
- ۱۲۳-۵-۲- نانو کامپوزیت‌های کربن - کربن.....
- ۱۲۴-۵-۳- نانو کامپوزیت‌های ترکیب Sol - Gel.....
- ۱۲۵-۶-۲- نانو کامپوزیت‌های ماتریس فلزی.....
- ۱۲۷-۶-۱- روش انجماد سریع.....
- ۱۲۹-۶-۲- روش‌های اسپری حرارتی.....
- ۱۳۲-۶-۳- روش آلیاژ مکانیکی.....
- ۱۳۵-۶-۴- فراوری پودرهای نانوکامپوزیتی با استفاده از آسیاب مکانیکی.....
- ۱۳۶-۶-۵- آنالیز پودری نانوکامپوزیتی.....
- ۱۳۷-۶-۶- فشردن پودرهای نانوکامپوزیتی درون قوطی.....
- ۱۳۸-۶-۷- تهیه نمونه آلومینیومی بدون ذرات تقویت‌کننده با ترکیب نمونه نانوکامپوزیتی.....
- ۱۳۹-۸-۷- حلیات حرارتی نمونه اکستروژده شده.....
- ۱۴۰-۹-۶-۲- نانو کامپوزیت‌ها برای پوشش دهی سخت.....
- ۱۴۴-۹-۶-۲- پوشش‌های نانوکامپوزیتی در سیستم‌های هوافضا.....
- ۱۴۵-۹-۶-۱۱- نانوکامپوزیت‌ها- زمینه پلیمری در صنعت هوافضا.....

فصل ۳: خواص مواد ۱۴۷

- ۱۴۸-۳-۱- مدل‌سازی نانولوله.....
- ۱۵۰-۳-۲- امان حجمی معرف در مقیاس میکروسکوپی.....
- ۱۵۲-۳-۳- تعیین خواص کامپوزیت مسلح شده با نانولوله مستقیم.....
- ۱۵۴-۳-۲-۲- مدل Mori-Tanaka.....
- ۱۵۶-۳-۳-۳- مدل Mori-Tanaka برای کامپوزیت با جهت‌های تصادفی.....
- ۱۵۹-۳-۴- تعیین خواص کامپوزیت مسلح شده با نانولوله مستقیم در حالت خوشه‌ای.....
- ۱۶۵-۳-۵- خصوصیات مکانیکی کامپوزیت‌های هدفمند تقویت‌شده با نانولوله کربنی.....
- ۱۶۶-۳-۵-۲- ضریب تأثیر نانولوله کربن.....

فصل ۴: ارتعاشات پوسته استوانه‌ای نانو کامپوزیتی ۱۶۹

- ۱۷۰-۴-۱- مقدمه.....
- ۱۷۱-۴-۲- روش کلاسیک برای پائل استوانه‌ای هدفمند ارتوتروپیک.....
- ۱۷۱-۴-۲-۱- تشریح روابط تنش-کرنش.....
- ۱۷۴-۴-۲-۲- معادلات حرکت حاکم.....

فصل ۵: اعمال روش دیفرانسیل کوآدریچر ۱۷۹

- ۱۸۰-۵-۱- مقدمه.....
- ۱۸۰-۵-۲- روش دیفرانسیل کوآدریچر.....

۱۸۴	۵-۲-۲- اعمال روش دیفرانسیل کوآدراجر بر معادلات حاکم
۱۸۴	۵-۲-۳- اعمال روش دیفرانسیل کوآدراجر بر شرایط مرزی
۱۸۶	۵-۲-۴- استخراج فرکانس‌های طبیعی پانل
۱۸۷	۵-۳- اعتبارسنجی
۱۸۸	۵-۴- خواص مواد و مشخصات هندسی پانل استوانه‌ای
۱۸۹	۵-۵- بررسی همگرایی و دقت روش دیفرانسیل کوآدراجر
۱۹۱	۵-۶- تأثیر پارامترهای مختلف بر روی فرکانس
۱۹۱	۵-۶-۱- بررسی تأثیر پارامتر L/R بر روی پارامتر فرکانسی
۱۹۶	۵-۶-۲- بررسی تأثیر پارامتر تعداد موج عرضی (m) بر روی پارامتر فرکانس
۲۰۱	۵-۶-۳- بررسی تأثیر نسبت شعاع به ضخامت، S ، بر روی پارامتر فرکانس

فصل ۶: ارتعاش پانل مخروطی نانو کامپوزیتی

۲۰۴	۶-۱- روش لاسیک برای پانل مخروطی تقویت شده با نانولوله‌های کربن
۲۰۵	۶-۱-۱- هندسه پانل
۲۰۶	۶-۱-۲- تشریح روابط تنش-کرنش
۲۰۸	۶-۱-۳- معادلات حرکت
۲۱۳	۶-۱-۴- اعمال روش دیفرانسیل کوآدراجر بر معادلات حاکم
۲۱۳	۶-۱-۵- اعمال روش دیفرانسیل کوآدراجر بر شرایط مرزی
۲۱۴	۶-۱-۶- استخراج فرکانس‌های طبیعی پانل
۲۱۵	۶-۲- نتایج برای پانل مخروطی
۲۱۵	۶-۲-۱- اعتبارسنجی
۲۱۶	۶-۲-۲- خواص مواد و مشخصات هندسی پانل مخروطی
۲۱۷	۶-۲-۳- تأثیر پارامترهای مختلف بر روی فرکانس
۲۲۵	۶-۲-۴- بررسی اثر تعداد موج عرضی، m ، بر روی پارامتر فرکانس
۲۳۱	۶-۲-۵- بررسی اثر پارامتر L/R بر روی پارامتر فرکانسی
۲۳۷	۶-۲-۶- بررسی تأثیر زاویه سر مخروط، α ، بر روی پارامتر فرکانسی

فصل ۷: ارتعاشات صفحه نانو کامپوزیتی توخالی

۲۴۷	۷-۱- بررسی اثر تغییرات شعاع داخلی سکتور، R_1 ، بر روی پارامتر فرکانس اساسی
۲۴۷	۷-۱-۱- شرایط مرزی گیردار
۲۵۰	۷-۱-۲- شرایط مرزی ساده
۲۵۲	۷-۱-۳- شرایط مرزی گیردار ساده
۲۵۴	۷-۲- بررسی اثر تغییرات ضخامت سکتور، h ، بر روی پارامتر فرکانس اساسی
۲۵۴	۷-۲-۱- شرایط مرزی گیردار
۲۵۶	۷-۲-۲- شرایط مرزی ساده
۲۵۸	۷-۲-۳- شرایط مرزی گیردار ساده

فصل ۸: اعمال روش مکانیک مولکولی بر نانو کامپوزیت‌های مخروطی ۲۶۲

- ۱-۸- مقدمه ۲۶۳
- ۲-۸- مروری بر مدل‌سازی ساختارهای اتمی ۲۶۳
- ۳-۸- معرفی المان قاب و خرابای فضایی ۲۶۵
- ۴-۸- معرفی ساختار نانو کامپوزیت مخروطی ۲۶۸
- ۵-۸- اعمال روش مکانیک مولکولی برای نانو کامپوزیت مخروطی ۲۷۰
- ۱-۵-۸- توابع پتانسیل مکانیک مولکولی ۲۷۱
- ۲-۵-۸- تعیین رابطه بین پارامترهای سختی و ثوابت میدان نیرو ۲۷۳
- ۶-۸- آنالیز ارتعاشی نانو کامپوزیت مخروطی چند دیواره به روش مکانیک مولکولی ۲۷۵
- ۷-۸- آنالیز کماتش نانو کامپوزیت مخروطی چند دیواره به روش مکانیک مولکولی ۲۷۶
- ۸-۸- نتایج آنالیز ارتعاشی نانو کامپوزیت مخروطی به روش مکانیک مولکولی ۲۷۶
- ۹-۸- نتایج آنالیز کماتش نانو کامپوزیت مخروطی به روش مکانیک مولکولی ۲۸۸

فصل ۹: اعمال روش پوسته الاستیک غیرموضعی بر نانو کامپوزیت‌های مخروطی ۲۹۴

- ۱-۹- مقدمه ۲۹۵
- ۲-۹- مقدمه‌ای بر پوسته‌های مخروطی ۲۹۵
- ۳-۹- روابط کرنش - جابه‌جایی پوسته‌های مخروطی ۲۹۸
- ۴-۹- رابطه تنش - کرنش ۳۰۰
- ۵-۹- مدل الاستیک غیرموضعی ارینگن ۳۰۱
- ۶-۹- روش انرژی برای استخراج معادلات حاکم ۳۰۳
- ۷-۹- مدل کردن نیروی واندروالس ۳۰۵
- ۸-۹- معادلات حاکم بر نانو کامپوزیت مخروطی N دیواره ۳۰۷
- ۹-۹- آنالیز ارتعاشی نانو کامپوزیت مخروطی N دیواره ۳۱۰
- ۱۰-۹- نتایج آنالیز ارتعاشی نانو کامپوزیت مخروطی N دیواره ۳۱۴
- ۱۱-۹- آنالیز کماتش نانو کامپوزیت مخروطی N دیواره ۳۲۰
- ۱۲-۹- نتایج آنالیز کماتش نانو کامپوزیت مخروطی N دیواره ۳۲۴

فصل ۱۰: اعمال روش دینامیک مولکولی بر نانو کامپوزیت‌های مخروطی ۳۲۷

- ۱-۱۰- مقدمه ۳۲۸
- ۲-۱۰- روش دینامیک مولکولی ۳۲۸
- ۱-۱۰-۲- انرژی‌های پتانسیل غیر جفتی ۳۲۹

- ۳۳۰ ۲-۲-۱۰- انرژی‌های پتانسیل جفتی
- ۳۳۲ ۳-۲-۱۰- محاسبه انرژی کل
- ۳۳۵ ۴-۲-۱۰- محاسبات نیرویی
- ۳۳۵ ۵-۲-۱۰- الگوریتم ورت
- ۳۳۷ ۶-۲-۱۰- جعبه ادواری
- ۳۳۸ ۷-۲-۱۰- روش مونت کارلو
- ۳۴۰ ۳-۱۰- نتایج روش دینامیک مولکولی اعمال شده بر نانو کامپوزیت مخروطی

فصل ۱۱: یک مثال حل شده برای نانو کامپوزیت‌ها

- ۳۴۴ ۱-۱۱- مقدمه
- ۳۴۴ ۱-۱۱- بررسی خمش و کمانش موضعی در تیرهای نانو کامپوزیت
- ۳۴۵ ۱-۲-۱۱- مدل مکانیکی پیوسته
- ۳۵۱ ۱-۲-۱۱- نتایج عددی و بحث

۳۵۳

مراجع