

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## خواص و اسکوالاستیک در کامپوزیت‌ها

(معرفی و چگونگی تعریف و مدل‌سازی در نرم‌افزار)

مؤلف: سید مجید حسینی

سرشناسه: حسینی، سید مجید ۱۳۷۱-  
عنوان و نام پدیدآور: خواص ویسکوالاستیک در کامپوزیتها (معرفی و چگونگی تعریف و مدلسازی در نرم افزار) / تالیف سیدمجید حسینی.  
مشخصات نشر: تهران: سهادانش: تخت سلیمان، ۱۳۹۶.  
مشخصات ظاهری: ۱۳۶ ص.: مصور، جدول، نمودار.  
شابک: 978-600-181-188-3 ۱۴۰۰۰۰ ریال  
وضعیت فهرست نویسی: فیبا  
موضوع: کشسانی گرانرو  
موضوع: Viscoelasticity  
موضوع: مواد چندسازه  
موضوع: Composite materials  
رده بندی کنگره: TA ۴۱۸/۲/ح ۵۹ ۱۳۹۶  
رده بندی دیویی: ۶۲۰/۱۱۲۵  
شماره کتابشناسی ملی: ۴۹۳۲۶۱۰

این اثر مشمول قانون حمایت مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است. هر کس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه ناشر، نشر یا پخش کند مورد پیگیری قانونی قرار خواهد گرفت.

تلفن و فکس: ۳-۶۶۵۶۹۸۸۱

همراه: ۰۹۱۲۱۲۶۱۴۱۹

مرکز پخش: میدان انقلاب - اول کارگر جنوبی - کوچه رشتچی - روبه روی دانشگاه علمی کاربردی - پلاک ۹



عنوان کتاب:..... خواص ویسکوالاستیک در کامپوزیتها (معرفی و چگونگی تعریف و مدلسازی در نرم افزار)  
مؤلف:..... سید مجید حسینی  
ناشر:..... سها دانش (عضو انجمن ناشران دانشگاهی)  
سال چاپ:..... ۱۳۹۶  
نوبت چاپ:..... اول  
تیراژ:..... ۱۰۰ نسخه  
قیمت:..... 1400000 ریال

ISBN: 978-600-181-188-3

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۸۱-۱۸۸-۳

**فروشگاه: میدان انقلاب - بازار پررگ کتاب - طبقه زیرین - پلاک ۲ - کتابفروشی سخنکده**

ارسال انواع کتاب به تمام نقاط ایران | تلفن: ۰۶۶۴۰۸۰۰۰ - (۰۲) (خط)

[www.ajansketab.com](http://www.ajansketab.com)

**فروشگاه اینترنتی: [www.sohadanesh.com](http://www.sohadanesh.com)**

تقدیم به:

خانواده

به خصوص

پدر و مادر عزیزم

که همواره یاریگر من بودند.



## فهرست مطالب

### فصل ۱: کامپوزیت ها

- ۱-۱- مقدمه ..... ۱۲
- ۲-۱- تعریف کامپوزیت ..... ۱۲
- ۳-۱- دلایل به وجود آمدن کامپوزیت ها در صنعت ..... ۱۲
- ۴-۱- انواع کامپوزیت از نظر اجزای تشکیل دهنده ..... ۱۳
- ۵-۱- دسته بندی ها در کامپوزیت ها (بر اساس تقویت شونده ها و تقویت کننده ها) ..... ۱۶
- ۱-۵-۱- تعریف الیاف ..... ۱۶
- ۲-۵-۱- تقویت شونده (ماتریس) ..... ۱۷
- ۳-۵-۱- دسته بندی بر اساس ماتریس ..... ۱۸
- ۴-۵-۱- دسته بندی بر اساس الیاف ..... ۲۲

### فصل ۲: خواص ویسکوالاستیک

- ۱-۲- مقدمه: ..... ۲۶
- ۲-۲- مواد ویسکوالاستیک ..... ۲۶
- ۱-۲-۲- ویسکوالاستیک خطی ..... ۲۷
- ۲-۲-۲- ویسکوالاستیک غیر خطی ..... ۲۸
- ۳-۲- آزمون های شناسایی رفتار مواد ویسکوالاستیک ..... ۲۸
- ۱-۳-۲- آزمون خزش ..... ۲۸
- ۲-۳-۲- آزمون آزادسازی تنش ..... ۲۹
- ۳-۳-۲- مکانیزم فیزیکی خزش ..... ۳۰
- ۴-۲- مدل های ویسکوالاستیک ..... ۳۵
- ۱-۴-۲- مدل کلویین ..... ۳۶
- ۲-۴-۲- مدل ماکسول ..... ۳۷
- ۳-۴-۲- مدل عمومی ماکسول (پرونی) ..... ۳۸
- ۵-۲- مدل کردن ضریب انتقال ..... ۳۹

### فصل ۳: روش اجزا محدود

- ۱-۳- روش اجزا محدود چیست؟ ..... ۴۴
- ۲-۳- روند روش اجزا محدود ..... ۴۸

۴۸.....	۱-۲-۳- المان بندی مسئله موردنظر
۴۹.....	۲-۲-۳- انتخاب تابع جابه‌جایی (متغیر میدانی)
۴۹.....	۳-۲-۳- استخراج ماتریس سختی المانی و بردار نیروی المانی
۵۰.....	۴-۲-۳- جمع‌کردن (اسمبل کردن) معادلات المانی
۵۰.....	۵-۲-۳- اعمال شرایط مرزی
۵۰.....	۶-۲-۳- حل به‌منظور محاسبه متغیر میدانی مجهول
۵۱.....	۷-۲-۳- محاسبه تنش‌ها و کرنش‌های المانی

#### فصل ۴: مدل سازی کامپوزیت ها

۵۴.....	۱-۴- مقدمه
۵۴.....	۲-۴- مدل سازی مواد کامپوزیتی در آباکوس
۵۶.....	۳-۴- ماژول تعریف هندسه (Part)
۵۶.....	۴-۴- تعریف جنس
۶۳.....	۲-۴-۴- المانهای solid
۶۴.....	۳-۴-۴- مقایسه‌ی المانهای shell معمولی با continuum shell
۷۰.....	۴-۴-۴- مشخص نمودن لایه‌ها در یک‌چند لایه کامپوزیتی shell معمولی
۷۱.....	۵-۴-۴- ساختن چیدمان کامپوزیتی برای المانهای continuum shell
۷۳.....	۶-۴-۴- ساختن چیدمان کامپوزیتی برای المانهای solid
۷۴.....	۵-۴- مونتاژ (Assembly)
۷۵.....	۶-۴- ماژول Step آباکوس (قلب تپنده تحلیل): انتخاب حلگر مناسب
۷۶.....	۱-۶-۴- درخواست خروجی از یک‌چند لایه کامپوزیتی
۷۸.....	۲-۶-۴- نکات مربوط به کامپوزیتها در تعریف field output
۸۰.....	۷-۴- ماژول Interaction آباکوس: تعیین برهم‌کنش بین قطعات
۸۰.....	۸-۴- ماژول Load: بارگذاری و اعمال شرایط مرزی و اولیه
۸۱.....	۹-۴- ماژول Mesh: شناخت دقیق المان‌ها، فرمول بندی حاکم، الگوریتم مش بندی
۸۳.....	۱۰-۴- ماژول Visualization: پس پردازش و مشاهده نتایج حل
۸۳.....	۱-۱۰-۴- نکاتی جدید در ماژول visualization در مورد کامپوزیت ها
۸۵.....	۱۱-۴- ماژول Optimization
۸۵.....	۱۲-۴- ماژول Job
۸۵.....	۱۳-۴- ماژول Sketch

## فصل ۵: تعریف خواص ویسکوالاستیک

۸۸	۱-۵- مقدمه
۸۸	۲-۵- تعیین پارامترهای ویسکوالاستیک مواد در نرم افزار آباکوس [۲۷]
۸۹	۳-۵- ویسکوالاستیسیته در محدوده‌ی زمانی
۸۹	۴-۵- تعارف اولیه
۸۹	۱-۴-۵- تعریف رفتار برشی
۸۹	۲-۴-۵- کرنش‌های کوچک
۹۰	۳-۴-۵- کرنش‌های بزرگ
۹۲	۴-۴-۵- تعریف رفتار حجمی
۹۲	۵-۴-۵- اثرات دما
۹۳	۶-۴-۵- اجرای عددی
۹۵	۵-۵- تعیین پارامترهای مواد ویسکوالاستیک در حوزه‌ی زمان
۹۵	۱-۵-۵- روش مستقیم
۹۶	۲-۵-۵- داده‌های آزمون خزش
۹۸	۳-۵-۵- داده‌های آزمون رهاسازی تنش
۱۰۰	۴-۵-۵- داده‌های آزمون وابسته به فرکانس
۱۰۱	۵-۵-۵- کالیبراسیون پارامترهای سری پرونی
۱۰۳	۶-۵-۵- اثر دما
۱۰۳	۱-۶-۵- فرم ویلیامز-لاندل فری (WLF)
۱۰۳	۲-۶-۵- فرم Arrhenius
۱۰۴	۳-۶-۵- فرم تعریف شده توسط کاربر
۱۰۴	۷-۵- رفتار مدل‌های مختلف مواد
۱۰۵	۱-۷-۵- مواد الاستیک خطی
۱۰۶	۲-۷-۵- مواد هایپر الاستیک
۱۰۸	۳-۷-۵- فوم الاستومری
۱۰۸	۸-۵- پاسخ‌های مواد در روش‌های مختلف تجزیه و تحلیل
۱۰۹	۹-۵- گزینه‌های مواد
۱۱۰	۱۰-۵- عناصر
۱۱۰	۱۱-۵- تعیین پارامترهای ویسکوالاستیک مواد در حوزه‌ی فرکانس
۱۱۰	۱۲-۵- حوزه‌ی فرکانس
۱۱۱	۱-۱۲-۵- قانون توانی

۱۱۱.....	۲-۱۲-۵- داده‌های جدولی
۱۱۲.....	۳-۱۲-۵- پارامترهای سری پرونی
۱۱۴.....	۱۳-۵- شرایط خاص
۱۱۴.....	۱-۱۳-۵- تبدیل مدول‌های الاستیک وابسته به فرکانس
۱۱۵.....	۲-۱۳-۵- کرنش برشی به‌تنهایی
۱۱۶.....	۳-۱۳-۵- مواد تراکم‌ناپذیر
۱۱۶.....	۴-۱۳-۵- تعیین مستقیم مدول‌های ذخیره‌سازی و هدررفته برای ویسکوالاستیته با کرنش بالا
۱۱۷.....	۱۴-۵- تعیین پارامترهای ویسکوالاستیک مواد در نرم‌افزار انسیس
۱۱۷.....	۱-۱۴-۵- ویسکوالاستیته
۱۱۸.....	۲-۱۴-۵- فرمول مواد ویسکوالاستیک
۱۲۳.....	۱۵-۵- اصل برهم‌نهی دما-زمان
۱۲۳.....	۱-۱۵-۵- تابع انتقال Williams-Landel-Ferry
۱۲۴.....	۲-۱۵-۵- تابع انتقال Tool-Narayanaswamy
۱۲۶.....	۳-۱۵-۵- تابع انتقال تعریف‌شده توسط کاربر
۱۲۶.....	۱۶-۵- مدل‌سازی مواد ویسکوالاستیک در نرم‌افزار آباکوس و انسیس
۱۳۵.....	مراجع

## مقدمه:

به دلیل نیاز روزافزون صنایع مختلف به موادی که بتواند همه خواص موردنظر را فراهم نماید، کامپوزیت‌ها به وجود آمدند. کامپوزیت‌ها موادی هستند که می‌توانند ضمن داشتن استحکام بالا، سبک باشند و مقاومت سایشی و مقاومت به ضربه خوبی داشته باشند. امروزه در صنعت کامپوزیت پیشرفت‌هایی حاصل شده که مسئله مقرون به صرفه بودن را با بهسازی تکنولوژی ساخت، طراحی، انتخاب مواد و فرایند تولید همراه آورده است تا کامپوزیت‌ها رقیبی جدی برای فلزات مطرح شود.

اکثر کامپوزیت‌های رایج در صنعت از الیاف و ماتریس که دربرگیرنده الیاف می‌باشد، تشکیل شده‌اند. بیشتر ماتریس‌ها در هنگام پخت و سرد کردن از خود رفتار ویسکوالاستیک نشان داده که می‌تواند در بررسی تنش‌ها، به خصوص بررسی تنش‌های پسماند، مورد توجه قرار گرفته و حائز اهمیت باشد.

در نتیجه در این کتاب سعی شده است به بررسی رفتار ویسکوالاستیک در مواد، بخصوص مواد کامپوزیتی پرداخته شود. به این منظور ابتدا مواد کامپوزیتی و ویژگی‌ها و انواع آن مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته و در گام بعدی به بررسی رفتار ویسکوالاستیک، روابط و مدل‌های موجود در آن پرداخته شده است. در فصول بعدی، ابتدا توضیح کوتاهی در مورد المان محدود داده شده و سپس به مراحل مدل کردن کامپوزیت‌ها در نرم‌افزار پرداخته شده است. در ادامه

نیز با توجه به شناخت کم از روابط و تعاریف مواد ویسکوالاستیک، روابط مورد استفاده در نرم افزار انسیس و آباکوس مورد مطالعه قرار گرفته و در انتها نیز با ذکر یک مثال در هر دو نرم افزار، مراحل تعریف خواص ویسکوالاستیک در این نرم افزارها آورده شده است.