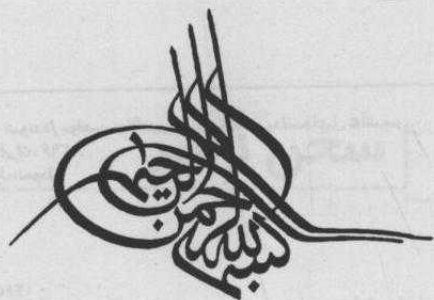




ترکیبات

خود ترمیم شوندہ

مؤلفین:

دکتر بہاالدین رشیدزادہ

(عضو ہیئت علمی دانشگاه پیام نور)

سید اسماعیل ہاشمی

سرشناسه: رشیدزاده، بهالدین، ۱۳۵۴ -
 عنوان و نام پدیدآور: ترکیبات خود ترمیم شونده/ مولفین بهالدین رشیدزاده، سیداسماعیل هاشمی.
 مشخصات نشر: تهران: انتشارات علوم ایران، ۱۳۹۶.
 مشخصات ظاهری: ۲۷۸ص.؛ مصور، جدول، نمودار.
 شابک: 978-964-2750-70-2
 وضعیت فهرست نویسی: فیها
 موضوع: مواد خود ترمیم شونده
 Self-healing materials
 موضوع: سرشناسه: هاشمی، سیداسماعیل، ۱۳۶۵ -
 رده بندی کنگره: ۱۳۹۶ ۹۹۵ خ/ TA۴۱۸/۲
 رده بندی دیویی: ۶۲۰/۱۱۸
 شماره کتابشناسی: ۵۰۳۹۹۸۸



انتشارات علوم ایران

انتشارات علوم ایران: تهران - تلفن ۰۹۱۲۵۳۷۶۲۱ و ۶۸۱۷۵۴۴۹

صندوق پستی: تهران ۳۲۳ - ۱۲۰

نام کتاب: ترکیبات خود ترمیم شونده

مؤلفین: دکتر بهالدین رشیدزاده - سیداسماعیل هاشمی

شابک: ۲-۷۰-۲۷۵۰-۹۶۴-۹۷۸

ناشر: علوم ایران

قیمت: ۱۹۰۰ تومان

نوبت و سال چاپ: اول - ۱۳۹۶

تیراژ: ۱۰۰ نسخه

مرکز پخش:

کتاب کوشا - ضلع جنوب غربی میدان انقلاب، جنب بیمارستانی، خانه کتاب

سپاهان، طبقه زیر همکف تلفن همراه: ۰۹۱۲۳۰۳۳۰۵۸

تلفن: ۶۶۹۴۱۱۶۷ و ۶۶۹۴۱۰۳۴ فکس: ۶۱۱۲۱۳۸۲

هرگونه کپی برداری و تکثیر هر قسمتی از این کتاب بدون اجازه ناشر، با توجه به قانون حمایت از مؤلفین و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸، پیگرد قانونی دارد.

پیشگفتار مولفین

مواد و توسعه آنها از پایه‌های تمدن به شمار می‌روند. به طوری که دوره‌های تاریخی را با مواد نام‌گذاری کرده‌اند: عصر سنگ، عصر برنز، عصر آهن، عصر فولاد، عصر سیلیکون و عصر کربن. ما اکنون در عصر کربن به سر می‌بریم. عصر جدید با شناخت یک ماده جدید به وجود نمی‌آید، بلکه با بهینه کردن و ترکیب چند ماده می‌توان پا در عصر نوین گذاشت. دنیای نانومواد، فرصتی استثنایی برای انقلاب در مواد کامپوزیتی است.

کامپوزیت‌ها به ماده‌ای اطلاق می‌شود که از دو یا چند جزء تشکیل شده است به طوری که این اجزا در مقیاس ماکروسکوپی با هم خصوصیتی را ایجاد کنند که به تنهایی در هیچ یک از آن اجزا موجود نباشد. در صورتی که در دل ابعاد یکی اجزا تشکیل دهنده در مقیاس نانومتر قرار گیرد به چنین ماده‌ای نانو کامپوزیت گنجه شود. مشابه مواد کامپوزیتی نانو کامپوزیت‌ها نیز بر حسب جنس زمینه به سه گروه نانو کامپوزیت‌های زمینه پلیمری، رامیکی زمینه پلیمری دسته بندی میشوند.

از خصوصیات متنوع نانو کامپوزیت‌ها میتوان به بالا بودن نسبت سطح به حجم انعطاف پذیری بالا بدون کاهش استحکام و مقاومت، رابر خراشیدگی و همچنین خواص نوری مطلوب مانند شفافیت که به اندازه ذرات بستگی دارد اشاره نمود. از نظر احتیاری ذرات و الیاف معمولاً باعث ایجاد استحکام در بستر میشود و بستر پلیمری می‌تواند با چسبیدن به مواد معانی نیروهای اعمال شده به کامپوزیت را به نحو یکنواختی به ماده تقویت کننده منتقل کند. در این حالت خاص رسیاتی چون سختی-شفافیت و تخلخل بستر کامپوزیت تغییر میکند. بستر پلیمری همچنین تواند سطح تقویت کننده را از آسیب‌ها حفظ کند. طبیعت و درجه این تعاملات نقشی محوری بر خصوصیات مختلف نانو کامپوزیت همچون حلالیت خواص نوری جنبه‌های الکتریکی، مکانیکی و دارد.

در حدود ۶۰ سال است که پلیمرها در زندگی ما تحول عظیمی ایجاد کرده‌اند. ارزش کم و قابلیت فرآیند پذیری و خواص مکانیکی استثنایی آنها منجر به استفاده از این مواد در کاربردهای زیادی شده است.

در سالهای اخیر، علاقه زیادی به استفاده از پلیمرهای هوشمند برای کاربردهای تعمیرات آغاز شده است. نکته کلیدی در استفاده از این مواد هوشمند، برگشت پذیری برهمکنشهای غیر کووالانسی این مواد است که منجر به تغییرات در خواص می‌شود. پلیمرها و کامپوزیت‌های پلیمری به دلیل برخورداری از ویژگی‌های مختلف از قبیل فرآیند پذیری خوب و پایداری شیمیایی در شرایط اتمسفری مختلف، بطور گسترده در بسیاری از زمینه‌های مهندسی و صنایع مختلف از قبیل نظامی، فضایی و ساختمانی و غیره کاربرد دارند. اما از جمله مشکلاتی که بشرط استفاده از این مواد با آن روبرو است تخریب آسان آنها به هنگام قرار گرفتن در شرایط ناملاطیم است. این موضوع سبب افت خواص مکانیکی و کاهش طول عمر مواد پلیمری می‌شود. ترمیم در محل مواد پلیمری ابتدا نیاز به تشخیص محل تخریب توسط بازدید و یا دستگاههایی مانند فراصوت و تابش ایکس و سپس فرآیند زمان بر ترمیم دارد. در بسیاری از مواد پلیمری که محل آسیب دیده جهت تشخیص و اعمال ترمیم دسترس ناپذیر است، خود ترمیمی حائز اهمیت است. بنابراین

به دنبال پژوهش و تلاش‌های زیادی که در این زمینه انجام شده است، دسته‌ی جدید از مواد هوشمند تحت عنوان مواد خود ترمیم شونده تهیه شده‌اند که توانایی ترمیم خودشان را در هنگام صدمات و آسیب‌ها بدون نیاز به منبع خارجی دارند. خاصیت خودترمیمی در این مواد منجر به افزایش طول عمر آنها، کاهش هزینه‌های جایگزینی قطعات جدید و افزایش ایمنی می‌شود.

در این کتاب اطلاعات جامعی در مورد پلیمرهای خود ترمیم شونده فراهم می‌کند و خواننده را با مفاهیم شیمیایی و فیزیکی برای پلیمرهای خود ترمیم شونده از جمله فرایندهای زیست تقلید پذیری در طبیعت آشنا می‌نماید. همچنین در مورد طراحی پلیمرهای خود ترمیم شونده، سیستم‌های کپسوله شده و سیستم‌های ابر مولکولی بحث می‌شود، ترمیم اتوماتیک مواد پلیمری آسیب دیده، برای بالا بردن عمر سرویس‌دهی پلیمر بسیار مهم است. این آسیب‌ها می‌تواند در رنجی از ترک در ساختار مواد تا خراشیدگی پوشش‌های پلیمری باشد. در این کتاب سعی شده است اطلاعات جامعی در خصوص این ترکیبات و روشهای تهیه آنها در اختیار دانشجویان کارشناسی ارشد و علاقمندان علوم پلیمر قرار بگیرد به این امید که قدمی در راه خدمت به این علم برداشته باشیم.

سید اسماعیل هاشمی

دکتر بهالدین رشیدزاده

فصل اول: مواد خود ترمیم شونده؛ ارزیابی، توصیف، تکنیکها و روشهای بررسی آنها

۱۵	۱- مقدمه
۱۵	۲- خود ترمیم شدن: مفهوم و مواد
۱۶	۱-۲- مواد خودترمیم شونده ذاتی
۲۱	۲-۲- مواد خودترمیم شونده غیرذاتی
۲۱	۱-۲-۲- مواد خود ترمیم شونده پایه کپسول
۲۶	۲-۲-۲- مواد خود ترمیم شونده پودری
۲۹	۳- خصوصیات مواد به منظور ارزیابی خود ترمیم شدن
۳۰	۱-۳- خصوصیات فیزیکی مواد خود ترمیم شونده قبل و بعد از اصلاحات
۳۰	۲-۳- خصوصیات مکانیکی
۳۱	۱-۲-۳- صدمه ایستاتیک
۳۶	۲-۲-۳- صدمه برخورد
۳۷	۳-۳- مقاومت و محافظت در برابر خوردگی
۳۷	۴-۳- رسانایی الکتریکی
۳۷	۴- توصیف سیستمهای خود ترمیم شونده و نشان دادن راندمان ترمیم آنها
۴۵	۱-۴- تکنیکهای توصیف کردن
۴۵	۱-۱-۴- طیف سنجی FTIR
۴۶	۱-۲-۴- طیف مادون قرمز نزدیک (NIR)
۴۷	۳-۱-۴- اسپکتروسکوپی NMR
۴۷	۴-۱-۴- میکروسکوپ نوری (OM)، میکروسکوپ الکترونی (SEM, TEM)

۴۸	۵-۱-۴- تکنیک میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM)
۴۹	۶-۱-۴- آنالیز پراش اشعه ایکس (XRD)
۴۹	۷-۱-۴- اسپکتروسکوپی فوتوالکترون اشعه ایکس (XPS)
۵۱	۲-۴- تکنیکهای نظارتی و بازبینی
۵۱	۱-۲-۴- التراسونیکها
۵۲	۲-۲-۴- نشر صوتی
۵۳	۳-۲-۴- طیفسنجی رامان
۵۷	منابع
	فصل دوم: جنبه‌های فیزیکی و شیمیایی مواد خود ترمیم شونده
۷۰	۱- مقدمه
۷۲	۲- شیمی خود ترمیم شدن و هتروژن
۷۳	۱-۲- پیوندهای کووالانسی برگشت پذیر
۷۳	۱-۱-۲- واکنشهای حلقه زایی برگشت پذیر
۷۷	۲-۱-۲- واکنشهای جابجایی
۸۰	۳-۱-۲- واکنشهای باز ترکیب حد واسطه رادیکال آزاد پایدار
۸۳	۴-۱-۲- ترکیبات هتروسیکلی و کربوهیدراتها در پلی اورتانهای خود ترمیم
۸۶	۲-۲- شیمی سوپرامولکولی
۸۶	۱-۲-۲- پیوندهای هیدروژنی
۹۰	۲-۲-۲- کوئوردیناسیون لیگاند فلزی
۹۳	۳-۲-۲- برهمکنشهای کششی $\pi-\pi$
۹۵	۴-۲-۲- برهمکنشهای یونی
۹۶	۵-۲-۲- برهمکنشهای میزبان- میهمان

۱۰۰	۳- جنبه‌های فیزیکی خود ترمیم شدن
۱۰۲	منابع
	فصل سوم: مواد نانوکامپوزیتی خود ترمیم شونده
۱۱۲	۱- مقدمه
۱۱۲	۲- نانو کامپوزیتهای پلیمری خودترمیم شونده: شیمی و کاربردها
۱۱۴	۲-۱- مطالعه نظری نانوکامپوزیتهای پلیمری خود ترمیم شونده
۱۱۵	۲-۲- هیدروژلهای خود ترمیم شونده
۱۲۱	۲-۳- خودترمیم شدن در کامپوزیتهای نانومواد کریستالین
۱۲۵	۲-۴- نانوکامپوزیتهای پلیمری خود ترمیم شونده میسل
۱۳۱	منابع
	فصل چهارم: مواد خود ترمیم شونده بر پایه میکروکپسول
۱۳۷	۱- مقدمه
۱۳۸	۲- تکنیکهای میکروکپسوله شدن
۱۳۸	۲-۱- پلیمریزاسیون در جا
۱۴۰	۲-۲- پلیمریزاسیون سطح مشترک
۱۴۳	۲-۳- قالب امولسیون پیگیری
۱۴۳	۲-۴- پلیمریزاسیون امولسیون کوچک
۱۴۴	۲-۵- استخراج حلال/پراندن حلال
۱۴۶	۲-۶- واکنش سل-ژل
۱۴۷	۲-۷- تکنیکهای میسل
۱۴۸	۳- شیمی ترمیم
۱۴۸	۳-۱- پلیمریزاسیون باز شدن حلقه (ROMP)

۱۵۰	۳-۲- پلی تراکم
۱۵۱	۳-۳- پلیمریزاسیون باز شدن حلقه آنیونی
۱۵۲	۳-۴- پلیمریزاسیون کاتیونی
۱۵۳	۳-۵- پلیمریزاسیون رادیکال آزاد
۱۵۴	۳-۶- واکنش اضافی
۱۵۶	۳-۷- استراتژیهای خودترمیم شدن با کمک حلال و مشابه
۱۵۸	منابع
	فصل پنجم: مواد خودترمیم شونده بر پایه میکروآوندی
۱۶۶	۱- مقدمه
۱۶۶	۲- اقا کردن بیولوژیکی در سیستمهای خودترمیم شدن میکروآوندی
۱۶۶	۲-۱- ساختار میکروآوندی بعنوان سیستم بیوریکی
۱۶۷	۲-۲- سیستمهای بیولوژیکی ساختاری
۱۶۸	۳- طراحی سیستمهای خودترمیم شونده میکروآوندی
۱۶۹	۳-۱- شبکه آوندی
۱۷۰	۳-۲- گردش سیال
۱۷۱	۳-۳- اثرات مکانیکی
۱۷۱	۳-۱-۳- خصوصیات استحکامی و ضریب الاستیکی
۱۷۲	۳-۲-۳- خصوصیات مد I و II
۱۷۲	۳-۳-۳- خصوصیات برش بین صفحه‌ای
۱۷۳	۳-۴-۳- خصوصیات برخورد
۱۷۳	۳-۴- شیمی خودترمیم شدن
۱۷۴	۳-۵- الگوی بهینه‌سازی

۱۷۴	۴- ساخت ساختارهای میکروآوندی جاسازی شده
۱۷۵	۴-۱- عناصر آوندی گسسته
۱۷۶	۴-۲- فرایندهای ساخت تفریقی
۱۷۷	۴-۳- فرایندهای ساخت اضافی
۱۷۸	۴-۴- فرایندهای برپایه فیبر
۱۸۰	۵- کاربردها، عملکرد و ارزیابی خودترمیم شدن بر پایه میکروآوندی
۱۸۰	۵-۱- دیدگاه کلی
۱۸۰	۵-۲- خودترمیم شدن صدمه: کستن شبه پایا
۱۸۰	۵-۲-۱- پوششها
۱۸۲	۵-۲-۲- ماتریکس توده
۱۸۲	۵-۲-۳- فیبر تقویت شده
۱۸۳	۵-۳- خودترمیم شدن صدمه فرسودگی
۱۸۴	۵-۴- خودترمیم شدن صدمه برخورد
۱۸۵	۵-۵- خودترمیم شدن تلف شدن مواد در مقیاس ماکرو
۱۸۶	منابع
	فصل ششم: مواد خود ترمیم شونده بر پایه سوپرامولکول
۱۸۶	۱- مقدمه
۱۹۴	۲- پلیمرهای سوپرامولکولی خودترمیم شونده بر پایه پیوند هیدروژنی
۱۹۴	۲-۱- اصول اساسی پلیمرهای سوپرامولکولی پیوند هیدروژنی
۱۹۶	۲-۲- توسعه و کاربرد
۲۰۵	۳- پلیمرهای سوپرامولکولی بر پایه برهمکنشهای کششی $\pi-\pi$
۲۰۵	۳-۱- مقدمه

۲۰۶	۲-۳- پیشرفتهای اخیر پلیمرهای خودترمیم شونده با کشش $\pi-\pi$
۲۰۹	۴- پلیمرهای سوپرامولکولی خودترمیم شونده بر پایه برهمکنشهای لیگاند-فلز
۲۰۹	۱-۴- مقدمه
۲۱۰	۲-۴- پیشرفتهای اخیر پلیمرهای خودترمیم شونده با پیوندهای کوئوردیناسیونی
۲۱۳	۳-۴- دیدگاهها
۲۱۳	۵- یونمرهای خودترمیم شونده
۲۱۳	۱-۵- مقدمه
۲۱۴	۲-۵- پیشرفتهای اخیر پلیمرهای خودترمیم شونده با یونمرها
۲۱۵	۳-۵- دیدگاهها
۲۱۶	منابع
	فصل هفتم: مواد خود ترمیم شونده بر پایه یونمر با اتصالات عرضی برگشت پذیر
۲۲۵	۱- مقدمه
۲۲۵	۲- مواد خودترمیم شونده پلیمری خودکار
۲۲۷	۳- مواد پلیمری قابل ترمیم
۲۲۸	۱-۳- مواد پلیمری قابل ترمیم حاوی پیوندهای غیر کووالانسی برگشت پذیر
۲۲۹	۱-۱-۳- پیوندهای هیدروژنی
۲۳۰	۲-۱-۳- برهمکنشهای کشش $\pi-\pi$
۲۳۱	۳-۱-۳- کوئوردیناسیون فلز- لیگاند
۲۳۱	۲-۳- مواد پلیمری قابل ترمیم حاوی پیوندهای کووالانسی برگشت پذیر
۲۳۳	۱-۲-۳- پلیمر قابل ترمیم با اتصالات عرضی آویزان با واکنش افزایش دیلز- آلدو
۲۳۵	۲-۲-۳- پلیمر قابل ترمیم شبکه فضا خالی
۲۳۷	منابع

فصل هشتم: کامپوزیتهای خود ترمیم شونده بر پایه پلیمرهای حافظه شکل

- ۲۴۵ ۱- مقدمه
- ۲۴۵ ۱-۱ پلیمرهای حافظه شکلی
- ۲۴۶ ۲-۱ فوم ترکیبی
- ۲۴۷ ۳-۱ فوم ترکیبی - هسته ساندویچی
- ۲۴۷ ۲- شیوه خودترمیم شدن بر پایه حافظه شکل
- ۲۵۰ ۱-۲ دیگر کامپوزیت های خودترمیم شونده
- ۲۵۱ ۳- کامپوزیت خودترمیم شونده بر پایه پلیمر حافظه شکل (SMP)
- ۲۵۱ ۱-۳ کامپوزیت ساندویچ - هسته فوم ترکیبی بر پایه SMP
- ۲۵۱ ۱-۳-۱ فوم ترکیبی بر پایه SMP
- ۲۵۲ ۲-۱-۳ کامپوزیت ساندویچی هسته فوم ترکیبی پوشش دارند
- ۲۵۳ ۳-۱-۳ ارزیابی خصوصیت ترمومکانیکی
- ۲۵۴ ۴-۱-۳ ارزیابی رفتار خود ترمیم شدن بعد از برخورد با سرعت پایین
- ۲۵۵ ۵-۱-۳ ارزیابی استحکام فشردگی باقیمانده بعد از برخورد/بازیابی
- ۲۵۶ ۶-۱-۳ بازرسی ترمیم و صدمه
- ۲۵۷ ۲-۲ کامپوزیت ساندویچ هسته فوم ترکیبی شبکه سفت شده بر پایه SMP
- ۲۵۷ ۱-۲-۳ ساخت کامپوزیت ساندویچی شبکه سفت شده
- ۲۵۸ ۲-۲-۳ برنامه ریزی کشیدگی کنترل شده
- ۲۵۹ ۳-۲-۳ ارزیابی خودترمیم شدن طی برخورد سرعت پایین
- ۲۵۹ ۴-۲-۳ ارزیابی برخورد بواسطه انتشار موجی
- ۲۵۹ ۵-۲-۳ ارزیابی استحکام باقیمانده بوسیله فشردگی بعد از تست برخورد
- ۲۶۰ ۶-۲-۳ بازرسی غیرمخرب

۳-۳- کامپوزیت خودترمیم شونده بر پایه SMP تقویت شده با رشته بافته شده سه بعدی ۲۶۳

۳-۳-۱ ساخت کامپوزیت تقویت شده با رشته بافته شده هوشمند ۲۶۳

۳-۳-۲ ارزیابی پاسخ برخورد بعد از برخورد با سرعت پایین ۲۶۳

۳-۳-۳ ارزیابی عملکرد خود ترمیم شدن بعد از تکرار برخوردها ۲۶۴

۳-۳-۴ ارزیابی صدمه بوسیله میکروسکوپیها ۲۶۵

۴- کامپوزیتهای پلیمری خودترمیم شونده و خود احساس ۲۶۵

۴-۱ مطالعات انجام شده بر روی کامپوزیتهای پلیمری خود ترمیم شونده خود احساس ۲۶۸

منابع ۲۷۰