

مواد کامپوزیت

با نگرشی بر روشهای نوین

آنالیز حرارتی

تالیف

مهندس محمد رضا فیروزمنش

با همکاری

مهندس سیمین یزدان پناه

شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مواد کامپوزیت با نگرش بر

روشهای نوین آنالیز برآرشی

پولیس سیدین و دان پناه

1613233

شرکت مهندسی و تحقیقات منابع آستید

1378

مواد کامپوزیت بانگرفشی بر روشهای نوین آنالیز حرارتی

تألیف

مهندس محمدرضا فیروزمنش

با همکاری

مهندس سیمین یزدان پناه



شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک
(سهامی خاص)

شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک

۱۳۷۹

فیروزمنش، محمدرضا، ۱۳۴۰ -

مواد کامپوزیت با نگرشی بر روشهای نوین
آنالیز حرارتی / تألیف محمدرضا فیروزمنش؛ با
همکاری سیمین یزدان پناه؛ [برای] شرکت مهندسی و
تحقیقات صنایع لاستیک - تهران: مؤسسه نشر
نگاه دانش، ۱۳۷۹.

شانزده، ۳۲۰ ص: مصور، جدول، نمودار.

ISBN: 964-7119-03-8: ریال ۲۵۰۰

فهرست نویسی براساس اطلاعات فیپا.

۱. مواد چسبند سازه. ۲. آنالیز حرارتی.

الف. یزدان پناه، سیمین، ۱۳۴۵ - ب. شرکت
مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک. ج. عنوان.

۶۲۰/۱۱۸ TA۴۱۸/۹/چ۹ف۹

۲۳۴۳۳-۷۹م

کتابخانه ملی ایران

محل نگهداری:



نشر نگاه دانش تلفن: (زارچ پور ۱۶ ۴۳ ۲۰۰ ۰۹۱۱)

نام کتاب: مواد کامپوزیت با نگرشی بر روشهای نوین آنالیز حرارتی

تألیف: مهندس محمدرضا فیروزمنش با همکاری مهندس سیمین یزدان پناه

ناشر: نگاه دانش

حروفچینی و آماده سازی: واحد تولید ستایش

چاپ اول: ۲۳۰۰ نسخه زمستان ۱۳۷۹

شابک: ۸-۰۳-۷۱۱۹-۹۶۴ / ISBN. 964-7119-03-8

شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک

تهران - خیابان باقرخان غربی - شماره ۶۲ کدپستی: ۱۴۴۷ - تلفن: ۹۲۰۹۶۵ - ۹۲۰۲۲۵

حق چاپ محفوظ و نقل مطالب با ذکر ماخذ بلامانع است.

قیمت: ۲۵۰۰ تومان

فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
بخش اول: مواد کامپوزیت	
فصل ۱: کامپوزیتها	
چکیده	۴
مواد کامپوزیت	۵
مواد	۹
کامپوزیتها از نقطه نظر دیگر	۱۱
مشخصات عمومی کامپوزیتها	۱۲
طبقه‌بندی کامپوزیتها	۱۲
کامپوزیت‌های تقویت شده با الیاف (FRC)	۱۳
مزایای هشتگانه کامپوزیتها (پلاستیک‌های تقویت شده با الیاف FRP)	۱۵
۱- انعطاف پذیری در طراحی	۱۵
۲- پایداری ابعادی	۱۵
۳- ساخت قطعات بشکل یکپارچه	۱۵
۴- مقاومت بالا	۱۵
۵- سبکی وزن	۱۶
* ۶- هزینه تجهیزات متوسط	۱۶
۷- هزینه پرداختکاری پائین	۱۶
۸- مقاومت خوردگی بالا	۱۶
مقاومت کامپوزیت‌های لیفی	۱۷
کامپوزیتها با ماتریس پلیمری	۲۰

فصل ۲: افزودنیها و تقویت کننده‌های سیستمهای کامپوزیتی

۲۴	افزودنیها و تقویت کننده‌های سیستمهای کامپوزیتی
۲۴	کارایی و خواص کامپوزیتها
۲۵	محدودیتهای کامپوزیتها
۲۶	پلیمریزاسیون
۲۶	۱- پلیمر شدن تراکمی یا پلیمر شدن مرحله‌ای
۲۶	۲- پلیمر شدن افزایشی یا پلیمر شدن زنجیره‌ای
۲۶	پلیمرهای گرما سخت و گرما نرم
۲۷	متداولترین انواع کامپوزیتها (پلاستیکهای تقویت شده)
۲۷	تعریف پلاستیک
۲۸	خواص کلیدی و مهم سیستمهای رزین
۲۸	رزینهای ترموپلاستیک (گرما نرم)
۳۰	رزینهای گرما سخت (ترموست)
۳۱	ماتریس
۳۱	رزینهای اپوکسی
۳۳	ساختمان رزینهای اپوکسی
۳۵	مکانیزم سخت شوندگی
۳۷	پلی آمینها
۳۸	انیدریدها
۴۲	پلی آمیدها
۴۳	تقسیم بندی رزینهای اپوکسی از نظر گروه شیمیایی
۴۳	خصوصیات اپوکسی‌ها
۴۴	معایب رزینهای اپوکسی
۴۵	تقسیم بندی انواع تجاری و مهم رزینهای اپوکسی
۴۵	پخت رزینهای اپوکسی
۴۵	پلاستی ساینرها و نرم کننده‌ها

۴۵	بهبود دهنده‌ها یا مودیفایرها
۴۶	فیلرها
۴۶	رزینهای پلی‌استر غیر اشباع
۴۷	رزینهای پلی‌استر غیر اشباع (بحث تفصیلی)
۵۶	خصوصیات رزینهای پلی‌استر
۵۶	معایب رزینهای پلی‌استر غیر اشباع
۵۶	پخت رزینهای پلی‌استر (بحث عملی)
۵۸	رزینهای فنولیک
۵۸	مقدمه
۵۹	معرفی
۶۰	شیمی رزینهای فنولیک
۶۰	نووالاک
۶۲	رزول‌ها
۶۳	تولید صنعتی رزینهای فنولیک
۶۳	تولید نووالاک
۶۴	تولید رزول
۶۶	مهمترین پارامترهای قالبگیری
۶۶	الف) درجه حرارت قالبگیری
۶۶	ب) فشار قالبگیری
۶۷	ج) زمان قالبگیری
۶۷	متداولترین انواع پودرهای قالبگیری رزینهای فنولیک
۶۹	خواص و کاربردهای رزینهای فنولیک
۷۰	معایب و محدودیتهای رزینهای فنولیک
۷۱	میزان مصرف رزینهای فنولیک
۷۲	پخت شدن
۷۳	عامل پخت و شتاب‌دهنده فنولیک

فصل ۳: تقویت کننده‌ها

۷۸	مواد با ماتریس فلزی
۷۹	تقویت کننده‌ها
۷۹	تقویت کننده‌های لیفی
۸۰	الیاف
۸۲	الیاف شیشه
۸۴	فرایند ساخت الیاف شیشه
۸۹	الیاف شیشه (بحث تفصیلی)
۹۰	۱- الیاف شیشه نوع A
۹۰	۲- الیاف شیشه نوع C
۹۰	۳- الیاف شیشه نوع E
۹۰	۴- الیاف شیشه نوع S
۹۳	الیاف پیشرفته
۹۳	الیاف بور
۹۳	خواص و کاربرد الیاف بور
۹۴	الیاف سیلیکون کاربید
۹۴	الیاف سیلیسیم کاربید
۹۵	الیاف آلومینا
۹۶	قیمت الیاف
۹۶	الیاف کربن و گرافیت
۹۷	الیاف پلیمری
۹۷	الیاف کربن
۱۰۰	خواص الیاف کربن و گرافیت
۱۰۰	کامپوزیت‌های کربن و گرافیت
۱۰۰	الیاف کربن (بحث تفصیلی)
۱۰۹	خصوصیات الیاف کربن

۱۱۱	الیاف آرامید یا پلی آمیدهای حلقوی	۸۷۱
۱۱۵	خصوصیات الیاف آرامید	۸۷۱
۱۱۷	خواص کامپوزیت‌های آرامید	۸۷۱
۱۱۹	خواص و کاربرد الیاف آرامید	۸۷۱
۱۲۰	الیاف پلی اتیلن	۸۷۱
۱۲۰	الیاف سرامیکی	۸۷۱
۱۲۰	مقایسه الیاف مختلف	۸۷۱
۱۲۲	کامپوزیت‌های لیفی هیبرید (آمیزه‌ای)	۸۷۱
۱۲۲	انواع پلیمرها	۸۷۱
۱۲۳	کامپوزیت‌های پلیمری پر شده	۸۷۱
۱۲۳	فیلرها در رزین‌های ترموست	۸۷۱
۱۲۳	الف) خواص اولیه	۸۷۱
۱۲۴	ب) خواص ثانویه	۸۷۱

فصل ۴: پخت

۱۲۶	پخت	۸۷۱
۱۲۷	فرآیندهای پخت	۸۷۱
۱۲۸	سیکل پخت	۸۷۱
۱۲۸	تجهیزات پخت توسط آون	۸۷۱
۱۲۹	تجهیزات پخت توسط اتوکلاو	۸۷۱

فصل ۵: روش‌های ساخت مواد کامپوزیت

۱۳۲	طراحی قطعات پلاستیک تقویت شده با لیف (FRP)	۸۷۱
۱۳۲	الف) انتخاب مواد	۸۷۱
۱۳۴	ب) انتخاب فرآیند	۸۷۱
۱۳۵	انتخاب مواد در ساخت کامپوزیتها (بحث تکمیلی)	۸۷۱

۱۳۸	.....	فرآیندهای شکل دهی کامپوزیتها	۱۳۸
۱۳۸	.....	مقدمه	۱۳۸
۱۴۰	.....	فرآیند پالتروژن	۱۴۰
۱۴۰	.....	مقدمه	۱۴۰
۱۴۱	.....	آمیزه قالبگیری ورقه‌ای (SMC)	۱۴۱
۱۴۹	.....	رفتار جریان	۱۴۹
۱۵۰	.....	پارامترهای قالبگیری	۱۵۰
۱۵۰	.....	اندازه Charge	۱۵۰
۱۵۰	.....	فرآیند رشته پیچی	۱۵۰
۱۵۳	.....	فرآیند ساخت	۱۵۳
۱۵۷	.....	مهمترین فرآیندهای ساخت کامپوزیتها	۱۵۷
۱۵۷	.....	الف) عملیات لایه گذاری	۱۵۷
۱۵۷	.....	ب) عملیات پیچش	۱۵۷
۱۵۷	.....	ج) قالبگیری	۱۵۷
۱۵۸	.....	مهمترین فرآیندهای انجام شده با روش قالبگیری باز	۱۵۸
۱۵۸	.....	۱- روش لایه گذاری دستی	۱۵۸
۱۵۹	.....	۲- روش اسپری کردن	۱۵۹
۱۵۹	.....	۳- قالبگیری کیسه‌ای تحت خلاء	۱۵۹
۱۶۰	.....	۴- قالبگیری کیسه‌ای تحت فشار	۱۶۰
۱۶۱	.....	۵- قالبگیری انبساط حرارتی	۱۶۱
۱۶۱	.....	۶- قالبگیری اتوکلاو	۱۶۱
۱۶۲	.....	۷- قالبگیری سانترفوز	۱۶۲
۱۶۲	.....	فرآیندهای قالبگیری بسته	۱۶۲
۱۶۴	.....	مقایسه خواص کامپوزیت‌های ساخته شده به روشهای قالبگیری کیسه‌ای و قالبگیری تماسی	۱۶۴
۱۶۴	.....	۱- از نظر دانسیته و مقاومت	۱۶۴
۱۶۴	.....	۲- از نظر میزان خلل و فرج	۱۶۴

- ۳- استفاده از عامل جدا کننده ۱۶۴
- ۴- از نظر پخت ۱۶۴
- قالبگیری تزریقی ۱۶۵
- بررسی موقعیت حال و روند آینده کامپوزیت‌های پلاستیکی تقویت شده ۱۶۷
- مقدمه ۱۶۷
- مصرف و سرعت رشد پلاستیک‌های تقویت شده ۱۶۷
- اثر شکل تقویت کننده بر کارایی مکانیکی کامپوزیتها ۱۷۲
- کامپوزیت‌های پیشرفته ۱۷۳
- ماتریس در کامپوزیت‌های پیشرفته ۱۷۵
- کامپوزیت‌های با حجم بالا ۱۷۶
- کاربرد مواد کامپوزیت در صنایع مختلف ۱۷۷
- صنایع حمل و نقل (جاده‌ای) ۱۷۷
- استفاده از کامپوزیت‌های الیاف کربن در صنایع اتومبیل سازی ۱۸۱
- استفاده از مواد کامپوزیت در ساخت تانک‌های جنگی و سلاح ۱۸۴
- کاربرد کامپوزیتها در صنایع هوا- فضا ۱۸۴
- هواپیماهای شخصی (غیر نظامی) ۱۸۹
- فضا پیماها ۱۹۰
- استفاده از کامپوزیتها در ساخت فضاپیماهای شاتل ۱۹۲
- حمل و نقل توسط خط آهن ۱۹۳
- کاربرد کامپوزیتها در واحدهای شیمیایی ۱۹۳
- کاربرد GRP در ساخت مخازن ۲۰۰
- مخازن حمل و نگهداری ۲۰۰
- کامپوزیتها در صنعت مهندسی دریا ۲۰۱
- صنایع ساختمانی ۲۰۱
- استفاده از کامپوزیتها در ساخت ابزار ۲۰۳
- خواص مناسب کامپوزیتها جهت ساخت ابزار ۲۰۳

۲۰۴	.....	رزینهای ترموست در ساخت اسباب و تجهیزات
۲۰۴	.....	صنایع الکتریکی
۲۰۵	.....	صنعت هسته‌ای
۲۰۵	.....	کاربردهای متفرقه کامپوزیتها

بخش دوم: روشهای آنالیز حرارتی

فصل ۶: اصول بنیادی

۲۱۰	.....	آنالیز حرارتی
۲۱۰	.....	تعریف
۲۱۰	.....	اثر انرژی حرارتی بر مواد
۲۱۲	.....	قابلیتهای روشهای مختلف آنالیز حرارتی (TA)
۲۱۷	.....	روش ترموگرایمتری (TG)
۲۱۷	.....	تعریف
۲۱۹	.....	پارامترهای موثر بر نمودارهای ترموگرایمتری
۲۱۹	.....	۱- پارامترهای دستگاهی
۲۱۹	.....	۲- پارامترهای مربوط به خصوصیات نمونه
۲۲۱	.....	کاربردهای روش ترموگرایمتری
۲۲۲	.....	کاربرد روشهای آنالیز حرارتی (TA) در مواد پلیمری
۲۲۲	.....	کاربرد ترموگرایمتری (TG)
۲۲۴	.....	کاربرد TG در مقایسه پایداری حرارتی پلیمرها
۲۲۴	.....	کاربرد TG در تعیین درصد مواد افزودنی
۲۲۶	.....	استفاده از TG در تعیین ترکیب درصد مواد مخلوط پلیمری و کوپلیمرها
۲۲۷	.....	روش ترموگرایمتری دیفرانسیلی (DTG)
۲۲۷	.....	مقایسه تکنیکهای TG و DTG
۲۲۸	.....	تفسیر نمودارهای TG و DTG
۲۳۰	.....	کاربردهای کمی تکنیکهای TG/DTG

۲۳۲	.....	تعریف تکنیک آنالیز حرارتی دیفرانسیلی DTA	۷۵۲
۲۳۲	.....	مقایسه تکنیکهای TA و DTA	۷۵۲
۲۳۵	.....	تفسیر منحنی‌های DTA	۷۵۲
۲۳۷	.....	تکنیک گرماسنجی روبشی تفاضلی (DSC)	۷۵۲
۲۴۰	.....	تاریخچه گرماسنجی تفاضلی	۷۵۲
۲۴۰	.....	تفسیر نمودار عمومی DSC/DTA	۷۵۲
۲۴۱	.....	DSC فشار بالا	۷۵۲
۲۴۲	.....	عوامل موثر برگرافهای DTA/DSC	۷۵۲
۲۴۳	.....	اثر سرعت حرارت‌دهی	۷۵۲
۲۴۴	.....	مزایا و معایب تکنیکهای DTA/DSC	۷۵۲
۲۴۵	.....	کاربردهای DTA/DSA	۷۵۲
۲۴۵	.....	کاربردهای عمومی	۷۵۲
۲۴۶	.....	کاربردهای DSC در تحقیقات نفتی	۷۵۲
۲۴۷	.....	کاربردهای DTA/DSC در مواد و ترکیبات آلی	۷۵۲
۲۴۷	.....	کاربردهای تکنیکهای فوق در مورد پلیمرها و مواد کامپوزیت	۷۵۲
۲۴۷	.....	کاربرد DSC/DTA در مورد پلیمرها	۷۵۲
۲۴۸	.....	کاربردهای روشهای آنالیز حرارتی DTA/DSC در مورد پلیمرها	۷۵۲
۲۵۰	.....	سایر تکنیکهای آنالیز حرارتی (تکنیکهای متفرقه)	۷۵۲
۲۵۰	.....	روشهای ترمومکانیکی	۷۵۲
۲۵۰	.....	تکنیک TDA	۷۵۲
۲۵۱	.....	کاربردهای تکنیک TDA	۷۵۲
۲۵۱	.....	تکنیک (TMA)	۷۵۲
۲۵۱	.....	کاربردهای (TMA)	۷۵۲
۲۵۵	.....	تکنیک DMA	۷۵۲
۲۵۵	.....	کاربردهای DMA	۷۵۲
۲۵۶	.....	کاربرد DMA در تحقیق فرآیند پخت رزینهای اپوکسی	۷۵۲

۲۵۶	انتقال نوع آلفا	۲۳۲
۲۵۷	انتقال نوع بتا	۲۳۲
۲۵۷	انتقال نوع گاما	۵۲۷
۲۵۷	سایر روشهای آنالیز حرارتی	۷۲۲
۲۵۸	کاربردهای عمومی تکنیکهای DSC/DTA	۲۲
۲۵۸	کاربردهای DSC	۲۲
۲۵۹	نقایص تکنیکهای DTA/DSC	۲۲
۲۵۹	معرفی دستگاه آنالیز حرارتی STA	۲۲
۲۵۹	قسمتهای مختلف دستگاه	۲۲
۲۶۰	کاربردهای دستگاه S.T.A	۲۲
۲۶۰	آنالیز گاز آزاد شده (EGA) تعیین گاز آزاد شده (EGD)	۲۲
۲۶۱	تاریخچه تکنیکهای EGA/EGD	۲۲
۲۶۲	تکنیکهای جاری EGD/EGA	۲۲
۲۶۴	پایداری حرارتی (تجزیه در اثر حرارت)	۷۲۲
۲۶۵	فعالیت شیمیایی	۷۲۲
۲۶۵	خصوصیات مواد	۷۲۲
۲۶۷	تجزیه و آنالیز کمی	۸۲۲
۲۶۸	دامنه موادی که روشهای آنالیز حرارتی در بر میگیرد	۵۲
۲۶۹	استفاده از روشهای آنالیز حرارتی در تعیین دمای Tg	۵۲
۲۶۹	استفاده از روشهای آنالیز حرارتی در تعیین دمای ذوب	۵۲
۲۷۰	استفاده از روشهای آنالیز حرارتی در تعیین میزان کریستالینیتی	۱۵۲
۲۷۰	استفاده از روشهای آنالیز حرارتی در تعیین پروسسهای اکسیداسیون و تجزیه حرارتی	۱۵۲
۲۷۰	استفاده از روشهای آنالیز حرارتی در تعیین هویت و شناسایی پلیمرها	۱۵۲
۲۷۰	استفاده از روشهای آنالیز حرارتی در تعیین درجه کریستالینیتی	۵۵۲
۲۷۰	در مخلوطهای پلیمری	۵۵۲
۲۷۱	استفاده از روشهای آنالیز حرارتی در آنالیزهای کیفی مخلوطهای پلیمر	۹۵۲

۲۷۲	..... کاربرد روشهای آنالیز حرارتی در مطالعات مواد پلیمری و کامپوزیتها.
۲۷۲	..... کاربرد روشهای آنالیز حرارتی (TA) در مطالعات دارویی
۲۷۴	..... کاربرد روشهای آنالیز حرارتی در مطالعه لاستیکها.
۲۷۴	..... استفاده از روشهای آنالیز حرارتی در تحلیل و بررسی فرآیند پخت پلیمرها و کامپوزیتها ..
۲۷۶	..... بررسی مشخصات پخت رزین فنولیک به کمک تکنیکهای (DSC-TG)
۲۷۶	..... الف) آگاهی از عملیات رزینهای فنولیک.
۲۷۷	..... ب) استفاده بهینه از دستگاههای آنالیز حرارتی (تحلیل صحیح گرافها).
۲۷۷	..... گراف DSC برای سیستم رزین فنولیک
۲۸۱	..... استفاده از روشهای آنالیز حرارتی در سیستم پخت رزینهای فنل فرمالدئید
۲۸۱	..... ۱- معرفی
۲۸۲	..... ۲- روش تجربی (آزمایشگاهی)
۲۸۳	..... ۳- نتایج حاصل از DTA
۲۸۵	..... ۴- تفسیر نتایج
۲۸۷	..... نتایج کل مشاهدات
	..... کاربرد تکنیک DSC در تحقیق و بررسی فرآیند پخت رزینهای اپوکسی و
۲۸۹	..... ثبت داده‌های سینتیکی آن
۲۸۹	..... استفاده از تکنیک DSC در اندازه‌گیری دمای Tg
۲۹۰	..... استفاده از تکنیک DSC در بدست آوردن داده‌های سینتیکی
۲۹۰	..... مثالی از کاربرد روشهای TA در بررسی فرآیند پخت رزینها
۲۹۳	..... الف) بررسی و مطالعه دقیق پخت
۲۹۴	..... ب) درجه پخت
۲۹۵	..... ج) مقادیر Cp و Tg
۲۹۶	..... نتایج
۲۹۷	..... کامپوزیتها (خلاصه)

ضمائم

- ۳۰۰ کاربردهای مهندسی مواد کامپوزیت
- ۳۰۱ درصد رشد ترموپلاستیکها تا سال ۱۹۹۵
- ۳۰۲ رشد بازار ترموپلاستیکها و ترموستها تا سال ۱۹۹۰
- ۳۰۳ درصد هزینه‌های مربوط به کامپوزیت‌های پلیمری پیشرفته
- ۳۰۴ فرآیندهای اصولی ساخت پلاستیکهای تقویت شده با الیاف شیشه
- ۳۰۵ نگرشی آماری به مواد کامپوزیت در ایران
- ۳۰۵ گروهها و واحدهای تولیدی
- ۳۰۵ ظرفیت اسمی رزینهای تولیدی با کاربرد در صنایع کامپوزیت و رنگ
- ۳۰۶ گروهها و صنایع مصرف کننده ساختارهای کامپوزیتی در ایران
- ۳۰۶ موارد کاربرد گرما سخته‌های تقویت شده
- ۳۰۷ موارد کاربرد گرمانرمهای تقویت شده

منابع و مراجع

- ۳۱۰ الف) منابع لاتین
- ۳۱۳ ب) منابع فارسی

واژه‌نامه

- ۳۱۶ واژه‌نامه



Composite Materials
Through New Methods
of Thermal Analysis

M.R. Firouzmanesh
S. Yazdanpanah

Rubber Industries Engineering & Research Co. (RIERCO)