



کاربرد کامپوزیت‌ها در مهندسی پزشکی

تألیف:

دکتر فتح‌الله مضطرزاده

استاد دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

دکتر محمد ربیعی

عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

دکتر ژامک نورمحمدی

پاییز ۱۴۰۱

سرشناسه	: مضطرزاده، فتح‌الله، ۱۳۲۵-
عنوان و نام پدیدآور	: کاربرد کامپوزیت‌ها در مهندسی پزشکی / تألیف فتح‌الله مضطرزاده، محمد ربیعی، ژامک نورمحمدی.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، مرکز نشر، ۱۳۸۲.
مشخصات ظاهری	: [۱۶۴] ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳-۱۹۷-۹
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیپا
یادداشت	: کتابنامه: ص. [۱۵۵-۱۵۷].
موضوع	: مواد چندسازه.
موضوع	: مهندسی پزشکی.
شناسه افزوده	: ربیعی، محمد، ۱۳۴۱-
شناسه افزوده	: نورمحمدی، ژامک، ۱۳۴۳-
شناسه افزوده	: دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران). مرکز نشر.
شناسه افزوده	: Amirkabir University of Technology (Tehran Polytechnic). Publishing Center.
رده‌بندی کنگره	: ۴۱۸/۹/چ۹م۶ TA
رده‌بندی دیویی	: ۶۲۰/۱۱۸
شماره کتابشناسی ملی	: ۸۶۸۹-۸۲م



انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

عنوان کتاب	: کاربرد کامپوزیت‌ها در مهندسی پزشکی
تألیف	: فتح‌الله مضطرزاده، محمد ربیعی، ژامک نورمحمدی
ناشر	: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
لیتوگرافی، چاپ و صحافی	: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
چاپ پنجم	: پاییز ۱۴۰۱
قیمت	: ۸۵,۰۰۰ تومان
تیراژ	: ۱۰۰
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳-۱۹۷-۹
	ISBN : 978-964-463-197-9

آدرس مرکز پخش: خیابان ولیعصر، روبروی خیابان بزرگمهر، فروشگاه کتاب مرکز نشر

دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران) - تلفن: ۶۶۴۹۸۸۶۸

وبسایت: <http://publication.aut.ac.ir>

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

سپاس بی حد پروردگار عزوجل که ما را نعمت آموختن عطا فرمود و ما را یاری فرمود تا بتوانیم گردآوری و تدوین این کتاب را انجام دهیم. گسترش روزافزون دانش بشری در زمینه‌های مختلف، ایجاب می‌کند که کتب علمی هر روز بیشتر و آسان‌تر در اختیار علاقه‌مندان قرار گیرد تا بتوانند خود را با پیشرفت و سرعت دانش تطبیق دهند.

هدف از نگارش این کتاب، فراهم کردن مقدماتی برای تهیه یکسری مطالب ساده جدید و بررسی دقیق جوانب مختلف کاربرد کامپوزیت‌ها در زمینه مهندسی پزشکی است برای رسیدن به این هدف، مطالب کتاب به نحوی تدوین شده که برای دانشجویان سطوح مختلف در رشته‌های مهندسی پزشکی به ویژه بیومواد قابل استفاده است.

در خاتمه از کلیه دانش پژوهان، اندیشمندان و صاحب نظران تقاضا می‌کنیم که اینجانبان را از پیشنهادات خود برای اصلاح در چاپ بعدی محروم نفرمایند. همچنین لازم می‌دانیم که از کوشش‌های خالصانه و مستمر کلیه افرادی که ما را در تدوین و چاپ این کتاب یاری کرده‌اند، نهایت تشکر و سپاسگزاری را بنماییم.

فتح مضطرزاده - محمد ربیعی - ژامک نورمحمدی

فهرست مطالب

عنوان	شماره صفحه
-------	------------

فصل اول

۱-۱- مقدمه	۱
۲-۱- تاریخچه ساخت کامپوزیت‌ها	۶
۳-۱- دسته‌بندی کامپوزیت‌ها برحسب فاز دوم	۷
۱-۳-۱- ویژگی‌های فیزیکی فاز دوم	۸
۲-۳-۱- خواص شیمیایی فاز دوم	۱۷
۳-۳-۱- مواد تقویت شده با الیاف	۱۹

فصل دوم

۱-۲- کامپوزیت‌های زمینه پلیمری	۳۹
۲-۲- دسته‌بندی مواد پلیمری	۳۹
۳-۲- پلیمرهای مورد مصرف به عنوان زمینه در کامپوزیت‌های زمینه پلیمری	۴۲
۴-۲- روش‌های تهیه کامپوزیت‌های زمینه پلیمری	۴۳
۵-۲- ویژگی‌های کامپوزیت‌های زمینه پلیمری	۵۱

فصل سوم

۱-۳- کامپوزیت‌های زمینه فلزی	۵۷
------------------------------	----

۵۸	۲-۳- روش‌های تهیه کامپوزیت‌های زمینه فلزی
۵۹	۱-۲-۳- روش ذوبی
۶۵	۲-۲-۳- روش‌های حالت جامد
۶۷	۳-۳- خواص مکانیکی کامپوزیت‌های زمینه فلزی

فصل چهارم

۷۳	۱-۴- کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی
۷۴	۲-۴- روش‌های تهیه کامپوزیت‌های CMCs
۸۹	۳-۴- ویژگی‌های کامپوزیت‌های CMCs
۸۹	۱-۳-۴- سرامیک‌های تقویت شده با الیاف
۹۳	۲-۳-۴- سرامیک‌های تقویت شده با ذرات پراکنده
۹۴	۳-۳-۴- سرامیک‌های تقویت شده با ویسکرها

فصل پنجم

۹۷	۱-۵- کامپوزیت‌های گرادیانی
۹۹	۲-۵- روش‌های تهیه کامپوزیت گرادیانی
۱۱۰	۳-۵- الیاف نوری

فصل ششم

۱۱۳	۱-۶- کاربرد کامپوزیت‌ها در صنعت
۱۱۵	۲-۶- بیومتریال‌های کامپوزیتی
۱۱۶	۱-۲-۶- کامپوزیت‌های پرکننده دندان
۱۱۷	۱-۱-۲-۶- فاز ماتریس
۱۲۰	۲-۲-۲-۶- فازهای پراکنده
۱۲۳	۳-۲-۲-۶- عوامل جفت کننده
۱۲۳	۴-۲-۲-۶- یونومرهای شیشه‌ای

۱۲۶	 انواع سیمان‌های یونومر شیشه‌ای ۱-۴-۲-۲-۶
۱۲۸	 خواص سیمان‌های یونومر شیشه‌ای (GICs) ۲-۴-۲-۲-۶
۱۲۹	 کامپوزیت‌های ارتوپدی ۲-۲-۶
۱۳۰	 مواد کامپوزیتی مورد استفاده در ارتوپدی ۱-۲-۲-۶
۱۳۲	 استریل کردن کامپوزیت‌های ارتوپدی ۲-۲-۲-۶
۱۳۲	 نقش کاشتنی‌های کامپوزیتی از نظر بیولوژیکی ۳-۲-۲-۶
۱۳۳	 انواع کامپوزیت‌های غیرقابل جذب در ارتوپدی ۴-۲-۲-۶
۱۳۹	 انواع کامپوزیت‌های قابل جذب در ارتوپدی ۵-۲-۲-۶
۱۵۵	 مراجع
۱۵۹	 واژه نامه

مقدمه‌ای بر مواد کامپوزیتی

۱-۱- مقدمه

یک ماده کامپوزیت مخلوطی از دو یا چند ماده (یا چند فاز) است که در این مجموعه ویژگی‌های موجود از ویژگی‌های اجزای تشکیل‌دهنده کامپوزیت بهتر است. البته این تعریف بسیار کلی است و برای این اساس بسیاری از مواد موجود در طبیعت را می‌توان در خانواده کامپوزیتها قرار داد. به عنوان مثال سیستم اسکلت - ماهیچه انسان و یا به عبارت دیگر تمام مهره‌داران، یک کامپوزیت محسوب می‌شود. استخوان موجودات زنده ترکیبی از فازهای کلسیم فسفاتی، کلاژن و آب است که آن نیز به نوبه خود یک کامپوزیت محسوب می‌شود.

همچنین براساس تعریف کلی بالا، بتن که مخلوطی از سیمان و ماسه است یک کامپوزیت به حساب می‌آید و یا بتن آرمه که ترکیبی از بتن و میل‌های فولادی که به جهت تقویت بتن به کار می‌روند نیز کامپوزیت است. همچنین تخته‌های سه لایه که از سه لایه تخته که با زاویه 90° نسبت به هم قرار گرفته‌اند در زمره کامپوزیتها قرار می‌گیرند.

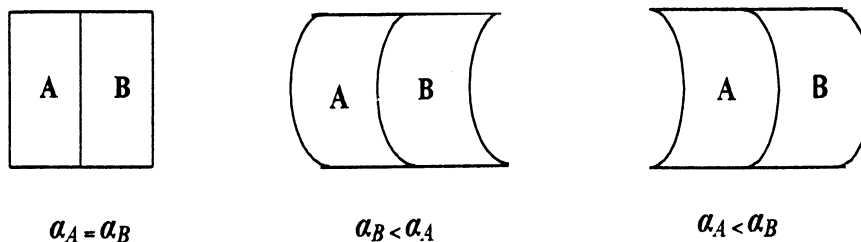
بدین ترتیب باید تعریف دقیق‌تری را برای کامپوزیت‌های مهندسی ارائه کرد. "کامپوزیت‌های مهندسی دسته‌ای از مواد هستند که از اختلاط دو یا چند جزء حاصل می‌شوند به گونه‌ای که این اجزاء از نظر شیمیایی متفاوت و از نظر فیزیکی تفکیک‌پذیرند و به طور مصنوعی ساخته می‌شوند."

طبق این تعریف بسیاری از مواد طبیعی و مصنوعی که با هدف ساخت کامپوزیت پدید نیامده‌اند از خانواده کامپوزیت‌های مهندسی خارج می‌شوند.

ویژگی اصلی یک ماده کامپوزیت آن است که می‌بایستی حتماً جامد باشد. بنابراین محلولها یا

مخلوط‌های غیرجامد را نمی‌توان کامپوزیت مهندسی محسوب نمود. از طرف دیگر یک ماده کامپوزیت باید ویژگی‌هایی برتر از اجزای سازنده خود داشته باشد. بدین معنی که در اثر اختلاط اجزا و در کنار هم قرار گرفتن آنها ویژگی‌هایی پدید آید که هیچیک از اجزای سازنده به تنهایی آن را دارا نباشند. در غیر اینصورت کامپوزیت‌سازی بجز اسراف وقت و هزینه هدف دیگری را دنبال نکرده است!!

گاهی اوقات کامپوزیت‌ها دارای ویژگی‌های منحصر بفردی خواهند بود که این ویژگی در هیچیک از اجزای سازنده وجود نداشته است. به عنوان مثال اگر دو فلز A و B با ضرایب انبساط حرارتی متفاوت در کنار هم قرار بگیرند، در اثر افزایش یا کاهش دما تغییر حالت فیزیکی در این مجموعه به دست می‌آید که امکان ندارد هر یک از آنها به تنهایی بتواند چنین ویژگی را از خود نشان دهد. این موضوع در شکل (۱-۱) نشان داده شده است.



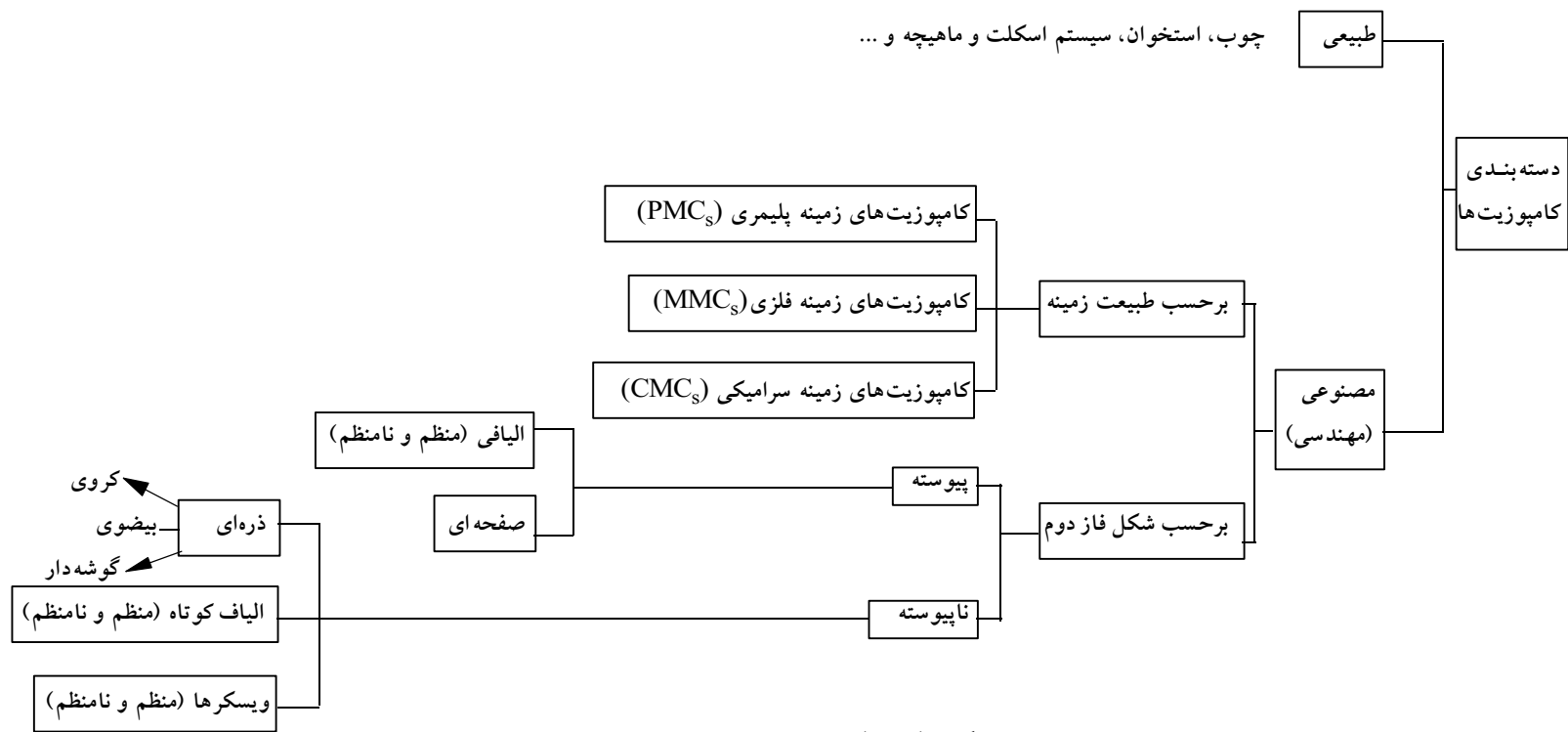
شکل (۱-۱): تغییرات ضریب انبساط حرارتی دو ماده با دما

در اثر افزایش یا کاهش دما در مجموعه انحنایی پدید می‌آید که تحذب و تعقر آن وابسته به ضریب انبساط حرارتی اجزای A و B است.

بسیاری از ویژگی‌های کامپوزیت‌ها نظیر خواص الکتریکی، جمع‌پذیر است و از قانون مخلوط‌ها یا (Rule of Mixture) به دست می‌آید:

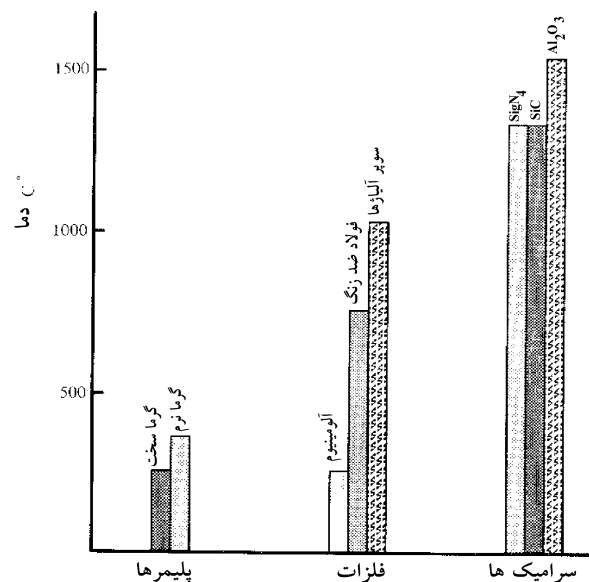
$$(۱-۱)$$

$$\dots + \text{جز حجمی جز ۲} \times \text{ویژگی جز ۲} + \text{جزء حجمی جز ۱} \times \text{ویژگی جز ۱} = \text{ویژگی کامپوزیت}$$



شکل (۱-۲): نمودار دسته بندی کامپوزیت ها

نکته قابل توجه دیگر در دسته‌بندی کامپوزیت‌ها آن است که در PMCs برای تقویت زمینه نیازی به مواد گران قیمت به عنوان فاز دوم وجود ندارد زیرا به هر حال دامنه کاربرد PMCs با توجه به محدودیت دمایی، بسیار محدود است. اما در MMCs به دلیل ویژگی‌های مکانیکی مناسبی که فلزات دارند و همچنین نقطه ذوب بالای آنها، فاز دوم گران قیمت و با کیفیت بالا مطرح است. از طرف دیگر انتظاری که از MMCs می‌رود در مقایسه با PMCs بسیار بیشتر است. زیرا فلزات به تنهایی دارای استحکام بالایی هستند، پس کامپوزیت به دست آمده از آنها نیز باید استحکام بسیار بالایی را از خود نشان دهد. [۱]



شکل (۱-۳): محدودیت دمایی کامپوزیت‌ها بر حسب طبیعت زمینه [۱]

همانطور که در شکل (۱-۳) دیده می‌شود کاربرد PMCs در دماهای کمتر از 400°C امکان‌پذیر است در حالی که برخی از کامپوزیت‌های سرامیکی تا بالای 1500°C نیز امکان استفاده و کاربرد دارند. اگر چه MMCs نیز نمی‌توانند دماهای بسیار بالایی را (در مقایسه با CMCs) تحمل نمایند، اما استحکام مکانیکی بالا و چقرمگی زیاد آنها کاربردهای بسیاری را در دماهای حدود 1000°C برای آنها پدید آورده است. مشکل عمده CMCs در تردی و عدم