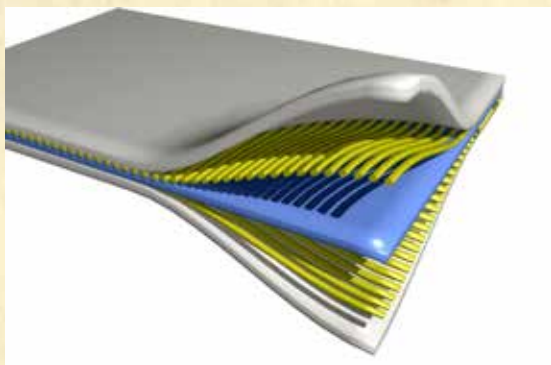


سرگذشت چندسازه‌ها

فراورده‌هایی متکی بر یک فناوری باستانی

مهدیه سالار کیا
کارشناس ارشد شیمی آلی



مرز میان اجزای سازنده در یک چندسازه مشخص است

این اجزا نه در یکدیگر حل شده‌اند و نه ترکیب تشکیل داده‌اند، بلکه فقط در یکدیگر ادغام شده‌اند؛ از این رو، ماهیت خود را به عنوان جزئی جداگانه در مجموعه حفظ کرده‌اند، برعکس آنچه در مخلوط‌ها حاکم است.

تاریخچه استفاده از چندسازه‌ها به زمانی بسیار پیشتر از شناخت نمونه‌های امروزی باز می‌گردد. آجر، سیمان، پشم شیشه، الیاف کربن، تخته سه‌لا و ... نمونه‌هایی از این مواد به شمار می‌روند. پیش‌بینی می‌شود تولید متنوع و فراوان این مواد که هم‌اکنون صنعتی عظیم را به خود اختصاص داده است. در آینده با توسعه چشمگیر و شتابانی همراه باشد.

کلیدواژه‌ها: چندسازه، فیبر، الیاف شیشه، پلیمر

اشاره

تلاشی بی‌حاصل بود... در هر خانواده‌ای جست‌وجوی اثری نمی‌یافتی! نه اینکه سر ناسازگاری داشته باشد؛ در عین نزدیکی خصوصیاتش به اعضای برخی خانواده‌ها، باز هم در جمعشان آرام نمی‌گرفت. با برخی، اختلاف‌های جزئی و با جمعی دیگر، تفاوت‌های عمده داشت. ساختار چند جزئی و چندگانگی در ماهیت، تافته‌ای جداافتده‌اش کرده بود. پس بهتر دید که در خانواده‌ای جداگانه به نام «چندسازه» منزل کند.

مقدمه

در طبقه‌بندی مواد بر اساس ساختار و ویژگی، گروه‌هایی چون عنصر و ترکیب، ساده و مرکب، خالص و مخلوط و ... قرار می‌گیرند. با این حال، گاه با موادی روبه‌رو می‌شویم که خواصشان سازگاری کامل با هیچ‌یک از این گروه‌ها ندارند؛ از جمله موادی که در عین حال، شباهت‌هایی به مخلوط‌ها دارند. امروزه این گروه از مواد را که به سرعت بر شمارشان افزوده می‌شود و به چندسازه^۱ شهرت یافته‌اند، می‌توان جامدهایی غیر یکنواخت تشکیل یافته از دو یا چند ماده با خواص کاملاً متفاوت تعریف کرد. از آنجا که در چنین موادی، ساختار و خواص فیزیکی و شیمیایی هر یک از اجزایی تغییر می‌ماند، ممکن است چندسازه نمونه‌ای خاص از یک مخلوط به نظر برسد، اما چنین نیست؛ برخلاف مخلوط‌ها در یک چندسازه، مرز جداکننده اجزای سازنده به روشنی مشخص است.

نخستین چندسازه‌ها پس از میلاد، کمان‌هایی بودند که به عنوان ابزار جنگی در سال ۱۲۰۰ میلادی ساخته می‌شدند. مغول‌ها در ساخت این ابزار مواد مختلفی مثل چوب، رزین، گیاه یامبو، اعضای بدن جانوران همچون استخوان و شاخ گاو را به شکل فشرده در می‌آوردند و با مواد طبیعی چسبناک مانند رزین کاج می‌چسباندند. سپس پوست درخت توسکا را روی آن می‌پیچیدند. کاربرد این ابزار تا زمان معرفی سلاح‌های گرم در قرن چهاردهم ادامه داشت و به عنوان هراس‌انگیزترین سلاح‌های آن دوران، قدرت نظامی و چیرگی مغول‌ها را در دوره جنگ‌های خان تضمین کرد.



کمان باستانی



فرانکوئیز کاکنیت

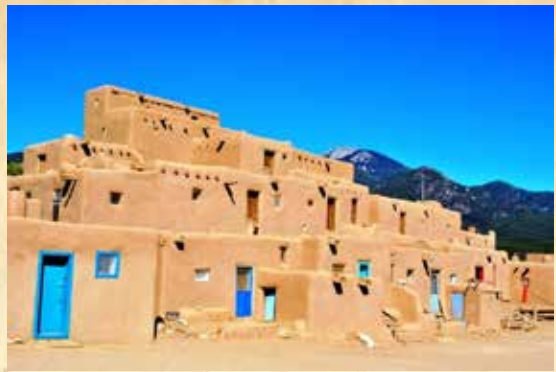
نخستین بنا از بتن تقویت‌شده با آهن، سال ۱۸۵۳ ساخته شد. پیش‌تاز این ایده فرانکوئیز کاکنیت^۲، صنعتگر فرانسوی بود.



نخستین بنای ساخته‌شده از بتن تقویت‌شده با آهن

ورود پلاستیک به دنیای چندسازه

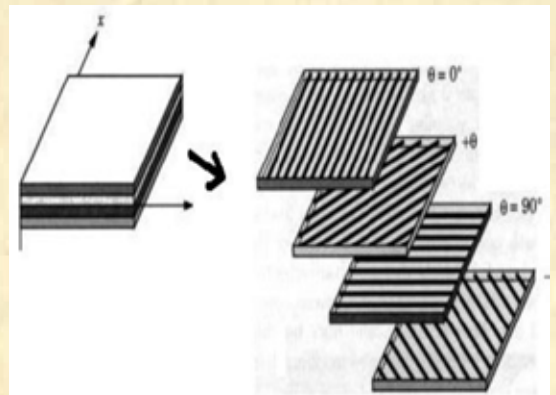
گسترش صنعت چندسازه ارتباطی تنگاتنگ با صنایع مواد مصنوعی از نوع پلیمر، پلاستیک و رزین‌های مصنوعی داشت. کشف فرایند پلیمرشدن در آغاز دهه ۱۹۰۰، چهره صنایع شیمیایی را دگرگون کرد و تولید نخستین رزین‌های مصنوعی شامل ملامین، سلولوئید و باکلیت^۳ موجب توسعه تهیه فرآورده‌های ترکیبی شد. پس از آن پلاستیک‌هایی همچون پلی‌وینیل کلرید، پلی‌استایرن، پلی‌فنول‌ها و پلی‌استرها معرفی شدند که ترکیب‌هایی بادوام و کارا تر نسبت به پلیمرهای طبیعی بودند، اما برای کاربردهای ساختاری استحکام کافی نداشتند.



سازه باستانی ساخته‌شده از چندسازه

چندسازه‌های باستانی

چندسازه خانواده بزرگ و پرجمعیتی است که نخستین اعضای آن، موادی طبیعی بوده‌اند. برای نمونه، یک قطعه چوب چندسازه‌ای شامل رشته‌های سلولزی است که به کمک یک پلیمر طبیعی به نام لیگنین در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند. ساده‌ترین چندسازه ساخت بشر که ۱۵۰۰ سال پیش از میلاد به دست مصریان باستان ساخته شد؛ نوعی آجر است که از آمیختن گل و لای به دست می‌آید و چنانکه از بقایای بناهای مربوط به این دوران بر می‌آید، از دوام زیادی برخوردار بود. دستاوردی دیگر که به همین دوران نسبت داده می‌شود نوعی تخته سه‌لا بوده است که سازندگان آن ساکنان سرزمین‌های میان دو رود دجله و فرات بوده‌اند و برای تهیه آن، قطعه‌های چوب را در جهت‌های مختلف به هم می‌چسباندند.



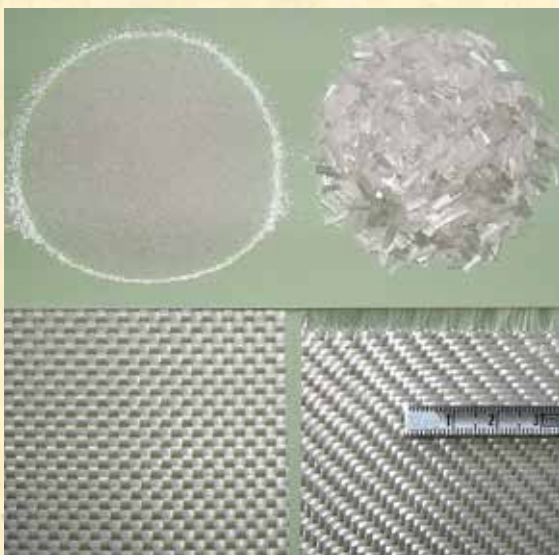
ساختار تخته سه‌لا

در بازه زمانی حدود سال‌های ۲۰۵۰ تا ۲۱۱۸ پیش از میلاد، نوعی ماسک در مصر باستان ساخته می‌شد که در تهیه آن، رشته‌های کتان و پاپیروس را به گچ آغشته می‌کردند. درباره سیمان و بتن که از مصالح رایج و پرکاربرد روزگاران دور هستند، مطالبی در متون مربوط به ۲۵ قرن پیش از میلاد آمده است؛ از آن جمله سندی از ویتروویوس^۴ مهندس روم باستان، درباره نمونه‌ای از سیمان تقویت‌شده با فلز است. برخی از فرمول‌های معرفی شده در این اسناد کارایی بهتری از انواع امروزی، حتی سیمان پورتلند، از خود نشان می‌دهند.



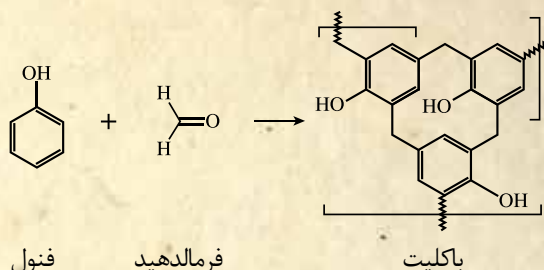
کاربرد پشم شیشه در ساختمان سازی

این روش تهیه سال ۱۹۳۶ به ثبت رسید. البته زیربنای عملی آن را هرمان هامسفر^۱ پایه گذاری کرده بود؛ مخترع و طراح نوآور نوعی پارچه که از الیاف شیشه و ابریشم بافته می شد. گرچه این پارچه در صنعت پوشاک کاربرد نیافت، اما فناوری نخ نامرئی یا نخ شیشه ای انعطاف پذیر را رواج داد. این اختراع سال ۱۸۸۰ به ثبت رسید و به سبب آن، امروزه هامسفر به پدر بزرگ فیبر نوری شهرت یافته است.



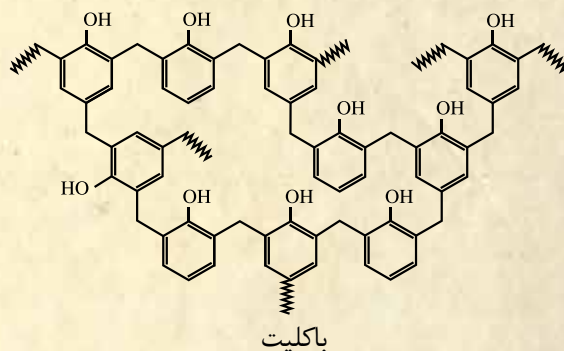
الیاف شیشه به عنوان ماده تقویت کننده، در شکل های فیزیکی متفاوت تهیه می شود. تا سال ۱۹۴۵ بیش از ۳/۵ میلیون کیلوگرم الیاف شیشه برای کاربردهای نظامی به مصرف رسید.

در این حال، دو اختراع که به فاصله حدود دو دهه از یکدیگر روی دادند، توجه پژوهشگران را به امکان بهینه سازی خواص این پلیمرهای مصنوعی جلب کردند که همان ایده تقویت پلیمرها از راه ادغام آن ها با مواد مناسب بود. هنگامی که لئو باکلند^۵ سال ۱۹۰۷ باکلیت، یکی از نخستین پلیمرهای مصنوعی را تهیه کرد، دوره جدیدی در تولید چندسازه ها آغاز شد.



روش تهیه باکلیت یا «پلی بنزیل متیل گلیکولان هیدرید»

این پلیمر بسیار شکننده بود، اما باکلند دریافت که با افزودن سلولوز، می توان به آن نرمی و انعطاف بخشید. این اقدام امکان تقویت پلیمرها را در شکل خام و اولیه آن به میان آورد، در حالی که به زمان اجرای آن، یعنی اختراع پشم شیشه، هنوز دو دهه دیگر باقی مانده بود.



ساختار باکلیت

سال ۱۹۳۲، جیمز اسلیتر^۶، مهندس و پژوهشگر شرکت اوونز ایلینویز^۷، جریانی از هوای فشرده را به توده ای از شیشه مذاب هدایت کرد که به طور تصادفی به تولید پشم شیشه یا فایبر گلاس^۸ منجر شد.

در جریان این فرایند، مقدار زیادی گاز در میان رشته های شیشه به دام می افتاد و به فرآورده خاصیت نارسایی در دمای بالا می بخشید.



تخته سه‌لا در ساختمان‌سازی کاربردهای فراوان دارد

در دهه ۱۹۶۰، بازار دریایی بزرگ‌ترین مصرف‌کننده چندسازه شمرده می‌شد. در آغاز این دهه، نخستین الیاف کربنی به ثبت رسید و تا دهه بعد که به صورت تجاری در دسترس قرار گرفت، به عنوان ماده‌ای مناسب برای تقویت خواص چندسازه‌ها، کاربردهای گسترده‌ای یافت که ساخت خودرو، تولید کالاهای ورزشی و جلیقه‌های ضد گلوله از آن جمله بود. صنعت خودرو در عرصه استفاده از چندسازه‌ها چنان پیشرفت کرد که تا دهه بعد به عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کننده این فرآورده، از بازار دریایی پیشی گرفت.

دهه ۱۹۸۰ شاهد کاربرد چندسازه‌ها در زیرساخت‌های عمومی بود؛ در سراسر جهان پل‌های بتنی کاملاً ساخته شده از چندسازه‌ها بنا شد. نخستین نمونه از این مجموعه، پل عابر پیاده در اسکاتلند بود که سال ۱۹۹۰ به بهره‌برداری رسید.



پل عابر آبرفدی^{۱۲} در اسکاتلند

معرفی پشم شیشه در دهه ۱۹۳۰، صنعت پلیمرهای تقویت‌شده با الیاف^{۱۱} را راه‌اندازی کرد. سال ۱۹۳۶ شرکت دوپون^{۱۱}، رزینی مناسب برای ادغام با پشم شیشه ساخت. نقش رزین کاهش محتوای گاز به دام افتاده بود. سپس رزین فضای ایجادشده را پر می‌کرد و کنار ماده تقویت‌کننده قرار می‌گرفت.

جنگ، مجال یک شکوفایی بی‌سابقه

وقوع جنگ جهانی دوم و نیازمندی‌های حوزه دفاعی و نظامی، توجه به کارایی چندسازه‌ها و تولید فرآورده‌های مهندسی‌شده را چند برابر کرد. ویژگی‌های بی‌مانند چندسازه‌ها به عنوان موادی سبک و در عین حال بادوام، چنان در رفع این نیازها سودمند شناخته شد که پلیمرهای تقویت‌شده را از آزمایشگاه‌ها و حوزه‌های صرفاً پژوهشی، به‌طور جدی روانه عرصه تولید کرد. پیش از جنگ، لایه‌های نازک چوبی و پلاستیکی در ساخت بال هواپیماها کاربرد داشتند. استفاده از فایبرگلاس (فیبر شیشه) برای کاهش وزن و جلوگیری از خوردگی در شرایط جوی، به عنوان جایگزینی مناسب در هواپیماهای نظامی با استقبال روبه‌رو شد. در همین حال شیمی‌دانان به یافته ارزشمند دیگری درباره فایبرگلاس دست یافتند. این چندسازه که در برابر بسامدهای (فرکانس‌های) رادیویی همچون جسمی شفاف رفتار می‌کرد، در ایجاد گنبدهای رادار و تجهیزات الکترونیکی کارایی مناسبی از خود نشان می‌داد و تا دهه ۱۹۵۰ در این عرصه خوش درخشید.

به نظر می‌رسید با پایان جنگ و کاهش تقاضا، رکودی چشمگیر دامنگیر تولید چندسازه‌ها شود، اما گویی اقبالی همیشگی در سرنوشت این مواد نگاشته شده بود، چنان که نوآوران همچنان با بلندپروازی، پیگیرانه تلاش کردند تا چندسازه‌ها را روانه بازارهای هوافضا، ساخت و ساز و حمل و نقل کنند. این تلاش‌ها به ثمر رسید و تقاضای روزافزون برای فرآورده‌ها با خواص ویژه همچون پایداری در برابر خوردگی، گرما و جریان برق سبب حفظ رونق صنعت چندسازه شد.

سال ۱۹۳۷، نخستین قایق با بدنه‌ای از جنس چندسازه ساخته شد، اما به دلیل شکنندگی، برای این کاربرد به مناسب‌سازی نیاز داشت. پس از آن، ساخت یک قایق مسافربری در روسیه و بال هواپیما در ایالات متحده گزارش شد.

با ادامه پژوهش‌ها در دهه‌های ۱۹۴۰ و ۱۹۵۰، فرآورده‌های مناسب برای ساخت تخته موج سواری، ریل قطار، لوله انتقال آب و تجهیزات پزشکی معرفی شدند. سال ۱۹۴۶ نخستین خودرو با بدنه‌ای از جنس فایبرگلاس تولید شد که به مرحله تولید راه نیافت، ولی در سال ۱۹۵۳ به معرفی شورولت کورت انجامید. این موفقیت سبب توسعه چند روش قالب‌گیری و فشرده‌سازی ارزشمند و پرکاربرد در صنعت شد.

را می توان نام برد که با داشتن استحکام زیاد برای بنانهان زیرساخت های عمومی مانند پل ها مناسب هستند.



پل راسل^{۱۵}، نخستین پل تمام ساخته شده از مواد چندسازه در کانزاس، دهه ۱۹۹۰

با دسترسی به امکان طراحی و مهندسی مواد، توسعه چندسازه ها همچنان در حال پیشروی است. این صنعت عظیم هم اکنون پشتیبان فناوری هایی است که هرگز دسترسی به آنها را ممکن نمی شمردیم.

پیشرفت در تولید چندسازه ها با خواص مناسب، می تواند موجب تحول شرایط زندگی شود و جوامع را به سوی پیشرفت پایدار سوق دهد. پژوهش ها در عرصه نانوحندسازه ها بر توسعه باتری های قوی، مواد الکترونیکی انعطاف پذیر، مواد مستحکم با حداقل وزن برای حوزه های نظامی دفاعی و هوافضا، تجهیزات پزشکی و ساخت اندام های مصنوعی بهبود یافته متمرکز شده است. همچنین ساخت این مواد به توسعه مواد سازگار با محیط زیست، مانند پلیمرهای زیستی و قابل بازیافت کمک کرده است. استفاده از فناوری چندسازه ها در شکل گیری تمدن های کهن نیز مؤثر بوده است و همچنان به ایفای نقش خود در پیشرفت های آینده ادامه می دهند. کسی چه می داند؟ شاید چندسازه ها همان موادی باشند که با رفع مشکلات، ادامه حیات را در زمین امکان پذیر کنند.

پی نوشت ها

1. Composite
2. Vitruvius
3. Coignet, F.
4. Bakelite
5. Baekeland, L.
6. Slater, J.
7. Owens-Illinois
8. Fiberglass
9. Hammesfahr, H.
10. Fiber Reinforced Polymer, FRP
11. Du Pont
12. Aberfeldy
13. Thermoset
14. Thermoplastic
15. Russell

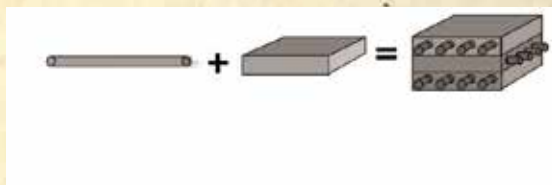
1. History and evolution of composite materials-Thought Co. www.thoughtco.com>history...
2. History of composites-composites 101|Composites Lab Compositeslab.com
3. Introduction to composite materials-Intech Open www.intechopen.com>chapter...

ویژگی های ممتاز چندسازه ها تا قرن ۲۱، آنها را از حد جایگزین های به صرفه برای فلز، چوب و پلاستیک های گرماسخت^{۱۳} و گرمانرم^{۱۴} فراتر برد و بهبود خواص مکانیکی، نارسانایی گرمایی و الکتریکی را در عرصه های صنعتی گوناگون تأمین کرد.

ساختار کلی یک چندسازه

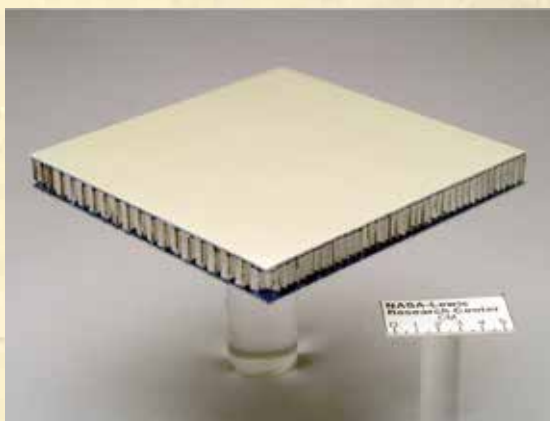
هر چندسازه از سه جزء ساخته می شود:

- ماتریس یا فاز پیوسته؛ در تأمین این بخش معمولاً از سرامیک، فلز یا پلیمر استفاده می شود. پلیمرهای رایج در این زمینه، پلاستیک های گرمانرم و گرماسخت هستند، ولی انواع گرمانرم بیشتر به کار می روند.
- تقویت کننده یا فاز پراکنده؛ الیاف شیشه یا کربن گزینه های متداول این بخش هستند.
- فضای رابط ظریف.



ساختار کلی چندسازه

انتخاب درست و هوشمندانه هر یک از این اجزاء امکان طراحی فرآورده های بی شمار با ویژگی های مناسب و کاربردهای دلخواه را برای برآوردن نیازها فراهم می کند.



چندسازه با ساختار ساندویچی که در آزمایش های ناسا کاربرد دارد.

پایان کلام

با آغاز قرن ۲۱، چندسازه ها تقریباً به همه جنبه های زندگی روزانه راه یافته اند، چنانکه در ساخت هر آنچه در پیرامون خود می بینیم از ساختمان ها گرفته تا هواپیماها و سفینه های فضایی حضوری چشمگیر دارند. ساده ترین اقدام ممکن یعنی در آمیختن مواد با یکدیگر، دسترسی به ویژگی هایی را عملی کرده است که قبلاً رویایی بیش نبوده اند. از آن جمله بتن ها