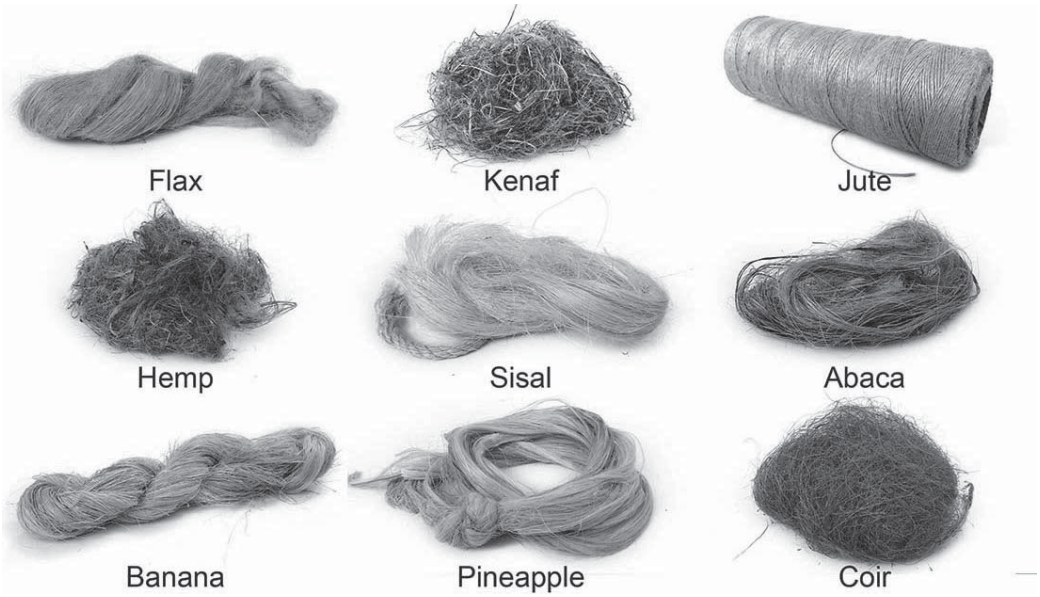
اطلاع‌رسانی

کامپـوزیت‌های الیاف طبیعی ـ راهنمای عملی برای استفاده صنعتی

ترجمه: مریم زینیوند[1]



هر ساله هزاران قطعه کامپوزیت غیرقابل بازیافت و تجزیه ناپذیر مانند مانند پره‌های توربین بادی به محل‌های دفن زباله فرستاده می‌شود که این امر سبب اعمال فشار به تولیدکنندگان کامپوزیت به منظور ارزیابی پایداری و گزینه های پایان عمر محصولاتشان شده است.

به همین علت است که بسیاری از فعالان صنعت به کامپوزیت های الیاف طبیعی علاقه مند هستند.

با این حال، ناآشنایی عمومی با این تازه وارد در صنعت کامپوزیت مانع از استفاده گسترده آن می‌شود.

هدف این مقاله پر کردن این شکاف و ارائه راهنمای عملی در مورد استفاده صنعتی از کامپوزیت‌های تقویت شده با الیاف طبیعی است.

کامپوزیت‌های الیاف طبیعی را می‌توان به عنوان کامپوزیتی تعریف کرد که در آن فاز تقویت کننده از الیاف طبیعی تشکیل شده است، در حالی که فاز ماتریس یا پلیمری زیستی یا مصنوعی است. اما چرا صنعت باید تقویت کننده های الیاف طبیعی را در نظر بگیرد؟

۱-پایداری و دوام : الیاف طبیعی از منابع تجدیدپذیر و دی اکسید کربن خنثی به دست می آیند و می توانند انتشار CO_2 قطعات کامپوزیتی را در مقایسه با قطعات الیاف شیشه ۶۰ تا ۸۰ درصد کاهش دهند. علاوه بر این که زیست تخریب پذیر هستند و در پایان عمر قابل بازیافت هستند.

۲-سبک و ایمن: الیاف طبیعی تقریباً نیمی از چگالی الیاف شیشه را دارند، در حمل و نقل ایمن هستند. همچنین در حین پردازش نسبت به قطعات دستگاه ساینده نیستند.

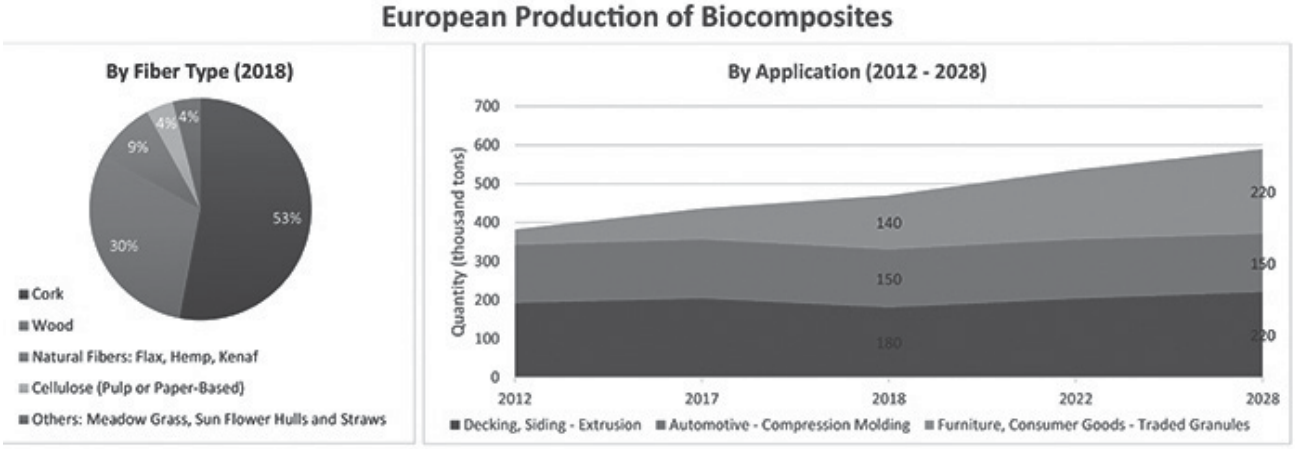
۳-کارایی بالا : الیاف طبیعی دارای خواص کششی خاصی معادل الیاف شیشه هستند و خصوصیات عایق حرارتی و صوتی بالاتری نسبت به الیاف شیشه و کربن دارند.

تصویر بالا نشان می دهد که کامپوزیت‌های تقویت شده با الیاف طبیعی تنها ۹ درصد (۴۲۰۰۰ تن) از کل بازار بیوکامپوزیت‌ها در اروپا در سال ۲۰۱۸ را تشکیل می‌دهد.

وضعیت بازار کامپوزیت‌های تقویت شده با الیاف طبیعی

هنگام بررسی گزارشات مربط به بازار کامپوزیت، اغلب مشاهده می شود که اندازه بازار به عنوان بیوکامپوزیت گزارش می‌شود.

ذکر این نکته مهم است که بیوکامپوزیت اصطلاحی است که هم کامپوزیت‌های چوب پلاستیک و هم کامپوزیت های تقویت شده با الیاف طبیعی را در بر می‌گیرد.



در سال ۲۰۱۸، اندازه کل بازار بیوکامپوزیت‌ها در اروپا ۴۷۰۰۰۰ تن بود و سهم بازار کامپوزیت الیاف طبیعی تنها ۹ درصد(۴۲۰۰۰ تن) بوده است که عمدتاً در کاربردهای قالب گیری تراکمی خودرو استفاده می شود. بخش خودرو یک بازار عمده و یکی از قدیمی‌ترین بازارهای کامپوزیت الیاف طبیعی است که قدمت آن به خودروی الیاف کنفی هنری فورد در دهه ۱۹۴۰ باز می‌گردد.

قطعات اصلی که به صورت تجاری از کامپوزیت الیاف طبیعی در صنعت خودروسازی تولید می‌شوند، پانل‌های درب داخلی، آستر صندوق عقب، قفسه‌های بسته‌های عقب، سربرگ‌ها و تابلوهای ابزار هستند. اما اخیراً شرکت‌هایی مانند Porche و McLaren با مشارکت Bcomp محدودیت‌ها را کنار گذاشته و شروع به استفاده از کامپوزیت های الیاف طبیعی در پانل‌های بدنه بیرونی و بخش‌های ساختاری مانند قاب صندلی‌ها کرده‌اند.

علاوه بر این، ما شاهد محققان، مهندسان، معماران و طراحان مشتاق هستیم که در حال بررسی افق‌های جدید برای کامپوزیت های الیاف طبیعی هستند.

به عنوان مثال، اخیراً کل نمای ساختمان در هلند از کنف و رزین اپوکسی پایه زیستی ساخته شده است. همچنین در تابستان ۲۰۲۱ دو غرفه کامپوزیت از NFCها در آلمان ساخته شد.

اولی لیومات نام دارد که از کتان و اپوکسی زیستی با استفاده از فرآیند سیم پیچی رشته بدون قالب ساخته شده است و دومی آلاچیق کامپوزیت Biomat است که از میله‌های کتان و کنف ساخته شده است.

علاوه بر این، یک برنامه جالب توسط یک شرکت دانمارکی به نام Projektkin، در حال ساخت کیف‌های مسافرتی سخت است که می‌توان آنها را با قیمت ۴۵۰ دلار از فروشگاه آنلاین آنها خریداری کرد.

یکی دیگر از شرکت‌های مستقر در بریتانیا به نام مواد Jiva در تلاش برای تجاری‌سازی بسترهای پایدار برای بردهای مدار چاپی از کامپوزیت های الیاف طبیعی است. مهمتر از همه، یک شرکت آلمانی به نام Greenboats که به خاطر کشتی نمادین کتان ۲۷ روزه خود معروف است، در تابستان ۲۰۲۱ در یک برنامه آزمایشی با هدف مطالعه عملکرد چنین مواد جدیدی در صنعت باد اولین ناسل NFC را در هلند نصب کرد.

چه چیزی کامپوزیت‌های الیاف طبیعی را عقب نگه می دارد؟

این یک واقعیت است که کامپوزیت‌های الیاف طبیعی با وجود ویژگی های برجسته هنوز در مراحل اولیه پذیرش هستند

چهار چالش عمده پیش روی این کامپوزیت‌ها وجود دارد که درک آنها برای تعریف نحوه غلبه بر آنها و حرکت رو به جلو بسیار مهم است.

***عدم سازگاری:** الیاف طبیعی آب‌دوست هستند و با اکثر مواد ماتریس پلیمری مصنوعی آبگریز کاملاً سازگار نیستند

علاوه بر این، پایداری حرارتی پایینی دارند و نمی‌توان آنها را بیش از ۲۰۰ درجه سانتیگراد گرم کرد، بنابراین استفاده از آنها با پلیمرهای ترموپلاستیک محدود به پلیمرهای کم ذوب مانند پلی اولفین ها از جمله پلی‌پروپیلن و پلی اتیلن خواهد بود.

علاوه بر این، آنها به خوبی با ماتریس پیوند ندارند زیرا گروه‌های عاملی سطحی آنها با گروه های عاملی پلیمرهای مصنوعی واکنش نمی دهند.

علاوه بر این، بیشتر تقویت‌کننده‌های الیاف طبیعی ماهیت درشتی دارند، بنابراین پردازش آنها به شکل نساجی با استفاده از روش‌های معمولی ریسندگی و بافندگی پنبه آسان نیست.

***پیچیدگی:** بیشتر تقویت کننده‌های الیاف طبیعی در کشورهای در حال توسعه رشد می‌کنند که دانش زیادی در مورد کامپوزیت‌ها ندارند، در حالی که اکثر تولیدکنندگان کامپوزیت در کشورهای توسعه یافته هستند و دانش زیادی در مورد الیاف طبیعی ندارند.

این امر درک نحوه استفاده از چنین موادی را در برنامه‌های جدید دشوار می کند.

***آزمایش‌پذیری:** اکثر تولیدکنندگان کامپوزیت در اروپای غربی، ایالات متحده و ژاپن قرار دارند و اکثر این کشورها به استثنای کتان در فرانسه و بلژیک، الیاف طبیعی را پرورش نمی‌دهند. بنابراین، تولیدکنندگان کامپوزیت در این مناطق دسترسی آسانی به طیف گسترده‌ای از تقویت کننده‌های الیاف طبیعی ممکن برای تحقیق و توسعه ندارند.

***قابلیت برقراری ارتباط:** این به سهولت برقراری ارتباط با مزایای این ماده مربوط می‌شود.

مهمترین مزایای استفاده از کامپوزیت های الیاف طبیعی مزایای غیرمستقیم زیست‌محیطی از جمله تجزیه‌پذیری زیستی یا کاهش ردپای کربن است.

متأسفانه، در برخی موارد، چنین عوامل ارزش پیشنهادی

ممکن است برای مشتریانی که بیشتر نگران قیمت، عرضه یا عملکرد هستند، قانع کننده نباشند.

جعبه ابزار تقویت کننده‌های الیاف طبیعی

به طور کلی الیاف طبیعی به الیاف گیاهی از منابع گیاهی و الیاف حیوانی از حیوانات و حشرات طبقه بندی می‌شوند.

با این حال بیشتر تقویت کننده های الیاف طبیعی، الیاف گیاهی، به ویژه الیاف پایه، برگ و میوه هستند.

نمونه‌هایی از الیاف باست شامل جوت است که بزرگترین الیاف گیاهی تولید شده پس از پنبه است که عمدتاً در بنگلادش و هند رشد می‌کند.

همچنین، کتان به عنوان یک الیاف پایه در نظر گرفته می شود و بیشتر در فرانسه رشد می کند، و شواهد باستان شناسی تایید می‌کند که کتان اولین الیاف مورد استفاده در تاریخ بشر بوده است.

یکی دیگر از الیاف باست کنف است که به خانواده شاهدانه تعلق دارد و این ارتباط با ماری‌جوانا منجر به ممنوعیت گسترده کشت آن در سراسر جهان شده است، اما اخیراً علاقه به آن به ویژه در ایالات متحده افزایش یافته است. دیگر نمونه های کمتر محبوب الیاف باست رامی و کناف هستند.

نمونه‌هایی از الیاف برگ عبارتند از سیزال، که لیفی است که از برگ یک کاکتوس که متعلق به خانواده آگاو بومی آمریکای جنوبی است، استخراج می‌شود، اما در کنیا و سایر مناطق آفریقا نیز رشد می‌کند.

یکی دیگر از الیاف شگفت انگیز برگ چرتکه است که به نام کنف مانیل نیز شناخته می شود که بومی فیلیپین است و از برگ درختی به نام Musa textilis که یکی از اقوام نزدیک به موز است استخراج می شود.

از دیگر انواع الیاف برگ می‌توان به الیاف آناناس و موز اشاره کرد که در سال‌های اخیر محبوبیت زیادی پیدا کرده است.

در مورد الیاف میوه، نوع اصلی آن، گشنیز است که از پوسته اطراف میوه نارگیل به دست می‌آید و عمدتاً در هند تولید می شود.

یکی دیگر از الیاف میوه‌ای کمتر محبوب، لیفی است که از پوسته اطراف میوه روغنی نخل به دست می‌آید، اما تا به حال هیچ ارزش تجاری نداشته است.

الیاف Bast توسط طبیعت به عنوان تقویت کننده برای ساقه گیاه طراحی شده اند، بنابراین آنها ریزتر و سفت تر هستند.

در حالی که الیاف برگ توسط طبیعت به عنوان خطوط لوله در داخل برگ‌های گیاه طراحی شده اند و برای انتقال رطوبت و مواد مغذی در نظر گرفته شده‌اند، بنابراین الیاف درشت و توخالی و با کرنش شکست بالاتر و چقرمگی بالاتر همانطور که در جدول ۱ نشان داده شده است.

تولید کامپوزیت های الیاف طبیعی

برای استفاده از تقویت کننده‌های الیاف طبیعی، باید ابتدا آنها را به یک پیش‌شکل نساجی با ساختارهای مختلف مشابه با تقویت کننده‌های ساخت بشر یا مصنوعی تبدیل نمود.

محبوب ترین ساختار، پیش شکل‌های بی بافت هستند که معمولاً با ۵۰ درصد وزنی پلی پروپیلن مخلوط می‌شود.

به طوری که می‌توان آن را مستقیماً برای ساخت قطعات خودرو قالب گیری فشرده نمود.

منسوجات نبافته به دلیل جهت‌گیری تصادفی الیاف و مشکل در دستیابی به تراکم بالای الیاف و در نتیجه کسر حجمی الیاف بالا، کمترین کارایی را ارائه می‌دهند. با این حال، تقویت کننده های بی‌بافت می‌توانند مقرون به صرفه باشند و می‌توانند از الیاف سختی استفاده کنند که در غیر این صورت ریسندگی آنها دشوار است.

علاوه بر این، آنها یک ساختار متخلخل با حداکثر ۳۰ درصد حفره را ارائه می‌دهند که در دستیابی به سطوح مطلوب عایق حرارتی و میرایی ارتعاش مورد نیاز در صنعت خودرو مهم است.

ساختارهای دیگر شامل پریفرم‌های جناغی بافته شده در تراکم های سطحی مختلف با عملکرد بالاتر و تقویت دو محوره علاوه بر یک الگوی بصری جذاب است.

ساختارهای دیگر شامل پیش شکل‌های تاری پودی با طرح بافت سرژه جناغی بافته شده در تراکم‌های سطحی مختلف با عملکرد بالاتر و تقویت دو محوره به همراه یک الگوی بصری جذاب است.

پیش شکل‌های الیاف طبیعی همچنین شامل نوارهای تک جهته با عرض ۴۰ سانتی متر می‌باشد که مستقیماً بدون پیچ و تاب و بدون در هم تنیدگی از برش به جای نخ ساخته شده است که سبب افزایش تراکم و خواص می‌گردد.

در حالی که بیشتر این پیش شکل‌ها ممکن است با استفاده از رزین‌های تجاری آغشته شوند، شرکت های خاصی وجود دارند که فرمول های ویژه‌ای برای الیاف

PHYSICAL PROPERTIES				CHEMICAL PROPERTIES			MECHANICAL PROPERTIES		
Fiber	Density [gm/cm3]	Diameter [µm]	Length [mm]	Cellulose [wt.%]	Hemicellulose [wt.%]	Lignin [wt.%]	Tensile Strength [MPa]	Young's modulus [GPa]	Elongation [%]
Flax	1.4 – 1.5	40 – 600	5 – 900	70 – 75.2	8.6 – 20.6	2.2 – 5	345 – 900	27 – 80	1.2 - 1.6
Kenaf	1.2 – 1.45	12 - 37	4 - 110	45 - 57	21.5	8 – 13	295 - 930	53	1.6 – 6.9
Hemp	1.4 - 1.48	10 – 500	5 – 55	70 – 75.1	2 – 22.4	3.5 – 8	300 - 800	30 – 70	1.6
Jute	1.3 – 1.5	25 – 200	1.5 – 120	61 – 75.5	13.6 – 20.4	5 – 13	200 – 800	10 – 55	1.8
Sisal	1.2 – 1.5	8 – 200	900	47.6 – 78	10 – 17.8	8 – 14	100 – 800	9.4 – 28	2 - 3
Abaca	1.1 – 1.5	132 – 266	900	56-63.7	17.5	15.1	705 - 1041	9.8 – 14.8	3 - 12
Coir	1.1 – 1.46	10 - 460	20 – 150	32-43	<1	40 – 45	13 – 220	4 – 6	15 - 40

طبیعی می‌سازند.

به طور کلی مواد زمینه پلیمری به دو دسته ترموپلاستیک و ترموست تقسیم می‌شوند. ترموپلاستیک ها به دلیل چرخه‌های کوتاه تولید و قابلیت بازیافت، مورد توجه صنعت خودروسازی هستند.

پرکاربردترین ترموپلاستیک مورد استفاده پلی پروپیلن است که یا به صورت الیاف، پودر و یا ورق مورد استفاده قرار می گیرد.

یکی دیگر از ترموپلاستیک‌های مهم پلی‌لاکتیک اسید است زیرا پایه زیستی دارد و می‌تواند سبب تولید به یک کامپوزیت کاملاً زیست تخریب پذیر شود، اما قیمت بسیار بالایی دارد که سبب محدودیت در استفاده ازاین ماده به عنوان تقویت کننده کامپوزیت شده است.

برای رزین‌های ترموست می‌توان از رزین‌های اپوکسی و پلی‌استر معمولی استفاده کرد، با این حال علاقه فزاینده ای به اپوکسی پایه زیستی از جمله فرمولاسیون با روغن های گیاهی مانند سویا، دانه کتان و آفتابگردان وجود دارد.

محبوب‌ترین تامین کننده اپوکسی زیستی، Sicomin GreenPoxy است که فرمولاسیون‌هایی با حداکثر ۵۰ درصد محتوای زیستی ارائه می‌دهد.

اما بهترین عملکرد را می توان با Greenpoxy ۳۳ که دارای ۳۵ درصد محتوای زیستی است به دست آورد. کامپوزیت‌های الیاف طبیعی را می‌توان با استفاده از اکثر روش های تولید کامپوزیت ساخت، اما پارامترهای تولید باید بهینه شوند.

مهم‌ترین تکنیک، قالب‌گیری فشرده است، به‌ویژه برای کامپوزیت‌های الیاف طبیعی پلی پروپیلن طبیعی که در خودرو استفاده می‌شود، زیرا این روش برای تولید انبوه مناسب‌ترین روش است.

یکی دیگر از روش‌های رایج، قالب‌گیری انتقال رزین به کمک خلاء است که برای سازه‌های بزرگ‌تر که در مقادیر کمتر تولید می‌شوند، از جمله کاربردهای دریایی، مناسب‌تر است.

همچنین، قالب‌گیری انتقالی رزین یک تکنیک رایج برای قطعاتی است که به سطح بالایی از هر دو طرف نیاز دارند.

پیش از شروع تولید و فرآیند ساخت، برای دستیابی به پیوند بین سطحی مناسب بین لیف و ماتریس باید چند نکته درنظرگرفته شود.

۱– الیاف باید خشک باشند، زیرا الیاف گیاهی در شرایط عادی می توانند تا ۸ درصد رطوبت داشته باشند که ممکن است حداقل ۲۰ درصد کاهش عملکرد کامپوزیت را به همراه داشته باشد.

۲–اگر پیش شکل الیافی مورد استفاده در ابتدا برای کاربرد کامپوزیت توسعه نیافته باشد، ممکن است حاوی روان‌کننده‌های ریسندگی و فرایند باشد که ممکن است یک لایه مانع بین فیبر و ماتریس ایجاد کند. در این صورت، پیش شکل باید قبل از استفاده شسته یا تمیز شود و سپس کاملاً خشک شود.

علاوه بر این، برای دستیابی به حداکثر عملکرد، سازگارکننده‌ها یا عوامل جفت‌کننده ممکن است برای تقویت اتصال سطحی استفاده شوند.

متداول‌ترین سازگار کننده با ماتریس PP انیدرید مالئیک است و برای ترموست از عامل جفت کننده سیلان ماتریس استفاده می‌شود.

امروزه علاقه بیشتری به بقایای کشاورزی به عنوان ماده اولیه استخراج الیاف به منظور دستیابی به عرضه بیشتر الیاف طبیعی با قیمت‌های مقرون به صرفه که می تواند با الیاف مصنوعی رقابت کند، وجود دارد. یکی از ابداعات اخیر الیاف PalmFil است که از برگ و ساقه میوه خرما که یکی از محصولات کشاورزی عمده در خاورمیانه و شمال آفریقا است، استخراج می شود. این لیف دارای خواص مکانیکی بالایی است.

جمع بندی

امروزه الیاف طبیعی به عنوان یک جایگزین پایدار برای تقویت‌کننده‌های ساخته دست بشر در حال ظهور هستند. الیاف طبیعی دارای مزایای زیست محیطی عالی هستند و عملکرد آنها می تواند معادل کامپوزیت‌های الیاف شیشه باشد. و در حالی که موانع خاصی وجود دارد که آنها را از انتشار به بازار انبوه باز می دارد، شرکت‌ها و محققانی هستند که محدودیت ها را پشت سر می‌گذارند و سعی می کنند بر آن موانع غلبه کنند.

مراجع:

1.Elseify LA, Midani M, El-Badawy A, Jawaid M (2021) "Manufacturing Automotive Components from Sustainable Natural Fiber Composites" Springer Nature.

2.nova-Institut, (2021) "Solutions Made from Renewable Materials: Biocomposites", Bioplastics Magazine [05/21] Vol. 16.

۱–دانشجوی مقطع دکتری رشته مهندسی نساجی گرایش تکنولوژی دانشگاه صنعتی امیرکبیر