



Woodiconf-21

فناوری و فرصت های بازار برای کامپوزیت های الیاف سیمانی

حامد میرزایی اسرمی^۱، شوبو صالح پور^{۲*}، محمد اسدی^۳، علی اسدی^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مدیریت صنعتی، دانشگاه خوارزمی تهران، تهران، ایران

۲- دانش آموخته دکتری گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران،

۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مدیریت، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، تهران،

ایران.

۴- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه تهران، تهران، ایران

*مسئول مکاتبات: shubusalehpoor@ut.ac.ir

چکیده

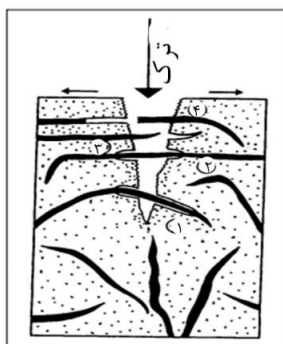
کامپوزیت های الیاف سیمانی در بیست سال گذشته جایگاه فزاینده ای در بازارهای آمریکای شمالی به دست آورده اند. ضریب نفوذ در بازار مسکن و ساختمان ثابت بوده است. در طی این سال ها، استقبال قابل توجهی از کامپوزیت های الیاف سیمانی در کاربردهایی که به طور سنتی توسط چوب و مواد دیگر استفاده می شد، افزایش یافته است. این تحقیق به منظور ارائه یک نمای کلی از فناوری هایی است که در حال حاضر به طور کلی در حال استفاده هستند و به برخی از ملاحظات بازار به ویژه در رابطه با بازار ایالات متحده اشاره می کند.

واژگان کلیدی: الیاف، کامپوزیت، سیمان



مقدمه

واضح است که افزودن الیاف به کامپوزیت های الیاف سیمانی باعث بهبود برخی از ویژگی های آنها شده است. این ویژگی ها عبارتند از مقاومت در برابر ترک خوردگی، کاهش چگالی و افزایش انعطاف پذیری که برای بازار مهم هستند [۱]. شکل ۱ به طور شماتیک نشان می دهد که چگونه الیاف مانع از توسعه ترک می شوند.



شکل ۱. الیاف در کامپوزیت های الیاف سیمانی نشان می دهد. الیاف مانند پل (۱) و (۲) و لغزش (۳) و پارگی (۴) [۲]

اکنون سؤال بر روی نوع الیافی است که می توان استفاده کرد. این الیاف نه تنها باید از نظر فنی با دوام باشند، بلکه باید به وضوح از نظر اقتصادی قابل قبول باشد [۳]. برای سالیان متمادی از الیاف آریست به عنوان الیاف انتخابی برای این کامپوزیت ها بوده است. الیاف آریست محصولات الیاف سیمانی که انواع نیازهای بازار را با قیمت رقابتی برآورده می کند را ایجاد کرده است. البته این گزینه به دلیل تأثیر آریست برای سلامتی غیرقابل قبول شده است [۴]. در سطح بین المللی، شرکت ها به دنبال یک جایگزین مناسب برای آریست در تولید کامپوزیت های الیاف سیمانی هستند. انواع الیاف ها و تعدادی ویژگی را برای تولید الیاف سیمان و بازاریابی محصول مهم است در جدول ۱ نشان داده شده است [۲].

جدول ۱. مقایسه الیاف به عنوان ویژگی های مختلف در نظر گرفته شده است (۱ = زیاد، ۲ = متوسط، ۳ = کم) [۲]

الیاف	مقاومت به شرایط قلیایی	مقاومت به دما	مقاومت در فرایند	استحکام	چقرمگی	قیمت
خمیر چوب (شیمیایی)	۱	۱	۱	۱	۱	۳
خمیر چوب (مکانیکی)	۲	۲	۲	۲	۳	۳
پروپیلین	۱	۳	۳	۳	۳	۲
پلی وینیل الکل	۱	۳	۳	۳	۳	۲
کولار	۱	۱	۲	۱	۱	۱



۲	۳	۳	۳	۱	۱	فولاد
۲	۳	۳	۳	۱	۳	شیشه
۳	۳	۳	۳	۱	۳	الیاف معدنی
۱	۱	۱	۳	۱	۱	کربن

با توجه به ماهیت بسیار قلیایی ماتریس سیمانی، ضروری است که الیاف مورد استفاده در طول عمر محصول در محیط قلیایی مقاومت کنند. علاوه بر این، الیاف مورد استفاده باید ویژگی‌های دیگری مانند مقاومت در برابر دمایی را که در طول فرآیند تولید در معرض آن قرار می‌گیرند، ارائه دهند. همچنین سازگاری با فرآیند تولید، استحکام الیاف و چقرمگی نیز مهم است [۵]. بدیهی است که اقتصاد یک نکته کلیدی است. همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، الیاف لیگنوسلوزی که به عنوان خمیر شیمیایی چوب ذکر شده است، نسبت به سایر الیاف ذکر شده مزیتی دارند [۶]. واضح است که الیافی مانند کولار و الیاف کربن دارای کیفیت استثنایی هستند. با این حال، اقتصادی بودن آن الیاف استفاده از آنها را ممنوع می‌کند. در جدول ۲ مقایسه متفاوت و در عین حال بسیار مهم برخی از الیاف که در جدول ۱ ذکر شده را نشان می‌دهد.

جدول ۲. مقایسه هزینه نسبی برای انواع الیاف [۲]

الیاف	رابطه هزینه به ازای هر واحد وزن	وزن مخصوص (SG)	استحکام کششی (مگا پاسکال) (ft)	ft / SG	رابطه هزینه به ازای هر واحد وزن (ft / وزن SG) /
چوب (خمیر کرافت)	۱	۱/۵	۵۰۰	۳۳۳	۱
شیشه	۴	۲/۵	۱۴۰۰	۵۶۰	۲/۲
فولاد	۱/۴	۷/۹	۲۱۰۰	۲۶۷	۱/۶
کولار	۲۰	۱/۵	۲۸۰۰	۱۸۶۷	۳/۳
آزبست	۱/۲	۲/۶	۷۰۰	۲۶۹	۱/۳

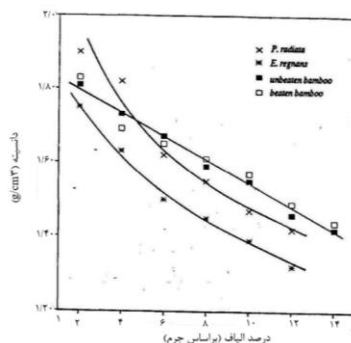
در این جدول، وزن مخصوص و استحکام کششی الیاف‌های مختلف و همچنین هزینه نسبی در واحد وزن نشان داده شده است. اگر هزینه هر واحد وزن برای الیاف خمیر کرافت یک در نظر گرفته شود، هزینه الیاف شیشه، فولاد، کولار و آزبست بیشتر است. همچنین واضح است که الیاف آزبست با هر نوع الیاف دیگری که نشان داده شده است متفاوت و بسیار نزدیک به الیاف خمیر کرافت است. مهم است که توجه داشته باشید که هزینه‌ها گاهی اوقات در یک دوره زمانی کوتاه می‌تواند متفاوت باشد. اما مقایسه‌ها در اینجا هنوز باید برای درک موقعیت اقتصادی نسبی هر الیاف مفید باشد.

تأثیر الیاف

با بررسی الیاف چوب، یک موضوع کلیدی در مورد کامپوزیت‌های الیاف سیمانی این است که "چه مقدار الیاف؟" میزان الیاف چه تأثیری بر خواص کامپوزیت دارد؟ شکل ۲ تأثیر درصد الیاف را بر روی چگالی کامپوزیت حاصل را نشان می‌دهد. این شکل دو نوع الیاف را بررسی می‌کند. یکی کاج رادیاتا (Pinus radiata) و دیگری اکالیپتوس (E. regnans). همچنین دو نوع الیاف از بامبو را ارائه می‌دهد، یکی از ویژگی‌هایی که هم برای انواع الیاف و فرآورده‌ها مشترک است این است که با افزایش مقدار الیاف چگالی

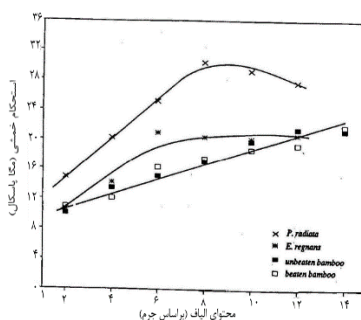


کامپوزیت‌های الیاف سیمانی کاهش می‌یابد [۲، ۷]. این امر نباید غیرمنتظره باشد زیرا چگالی الیاف در کامپوزیت کمتر از ماتریس سیمان است.



شکل ۲. رابطه چگالی-الیاف [۲]

میزان الیاف استفاده شده در کامپوزیت‌ها نیز به طور قابل توجهی بر استحکام تاثیر می‌گذارد. تحقیقات نشان داده شده است که مقدار الیاف در مخلوط به طور قابل توجهی بر چگالی کامپوزیت تاثیر می‌گذارد. شکل ۳ به این رابطه اشاره می‌کند. همانطور که نتایج نشان داده شده است، در کاج رادیاتا، نقطه بازدهی کاهشی به حدود ۸ درصد می‌رسد در حالی که برای اکالیپتوس حدود ۶ درصد است. همچنین برای بامبو، استحکام خمشی همچنان در محدوده ۲ تا ۱۴ درصد نشان داده شده افزایش می‌یابد. اگرچه دلایل دقیق این تفاوت در بامبو مشخص نیست، اما حدس زده می‌شود که الیاف بامبو در ماتریس توزیع بهتری دارند و "توده‌هایی" از الیاف را تشکیل نمی‌دهند که نقاط ضعیفی را در مخلوط تشکیل می‌دهند که باعث استحکام کمتر در کامپوزیت می‌شود [۲].

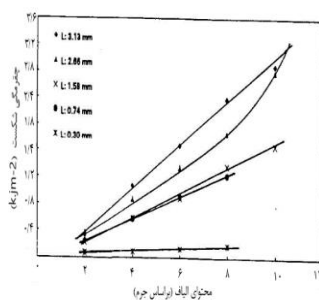


شکل ۳. استحکام خمشی و محتوای الیاف

همچنین به خوبی درک شده است که طول الیاف نقش مهمی در خواص الیاف سیمان دارد. شکل ۴ تأثیر طول الیاف بر چقرمگی شکست را برای کامپوزیت‌های الیاف سیمانی حاصل برای پنج طول الیاف مختلف نشان می‌دهد [۸]. چقرمگی شکست یک پارامتر



مهم است زیرا نشان دهنده مقاومت الیاف سیمان در برابر شکستگی و در نهایت شکست محصول است. همانطور که از این شکل مشخص است، الیاف بلندتر چقرمگی شکست بالاتری را به کامپوزیت الیاف سیمانی می دهند. الیاف با طول ۳.۱۲ میلی متر به وضوح استحکام بالاتری در محدوده ۲ تا ۱۰ درصد محتوای الیاف را نشان داد. از سوی دیگر، طول الیاف ۰.۳۰ میلی متری عملاً هیچ بهبودی در چقرمگی شکست در محدوده آزمایش شده ایجاد نمی کند. نتایج نشان داده است که الیاف کوتاه هیچ خاصیت پل زدن قابل توجهی در ایجاد ریز ترک ارائه نمی دهند و به طور کلی بیشتر به عنوان پرکننده عمل می کنند [۹]. موضوع طول الیاف از منظر زیست محیطی و همچنین اقتصادی موضوع مهمی است. صنعت عموماً مایل است از الیاف بازیافتی به جای الیاف بکر استفاده کند. همچنین قبلاً اشاره شد که الیاف کوتاه معمولاً بیشتر به عنوان پرکننده عمل می کنند و باعث افزایش چقرمگی شکست (و احتمالاً سایر خواص مقاومتی) کامپوزیت ها الیاف سیمانی نمی شود [۹].



شکل ۴. تاثیر طول الیاف بر چقرمگی شکست [۲]

جدول ۳ چالشی که ما در استفاده از الیاف بازیافتی با آن روبرو هستیم را نشان می دهد. این جدول توزیع طول الیاف سلولز بکر را با دو نوع الیاف بازیافتی مقایسه می کند. نتایج نشان داد که در الیاف سلولز بکر، الیاف بلندتر غالب هستند و تقریباً ۸۰ درصد الیاف ۱ میلی متر و بلندتر هستند. علاوه بر این، نزدیک به ۳۰ درصد از الیاف ۳ میلی متر یا بلندتر هستند. از سوی دیگر برای الیاف بازیافتی از همان گونه و گونه های مشابه بیشتر الیاف کمتر از ۳ میلی متر و درصد بالایی یک میلی متر یا کمتر است.

جدول ۳. توزیع طول برای سلولز بکر و دو منبع الیاف بازیافتی [۲]

طول الیاف (میلی متر)	الیاف ویرجین	الیاف بازیافتی (منبع ۱)	الیاف بازیافتی (منبع ۲)
۰/۲	۴/۱۶	۱۲/۴۷	۱/۹۶
۰/۲-۱/۲۰	۱۶/۷۲	۴۴/۴۳	۴۹/۸۶
۱/۰-۲/۰	۲۰/۶۳	۲۷/۹۶	۲۹/۶۳
۲/۰-۳/۰	۱۶/۵۶	۱۲/۱۲	۱۵/۲۸
۳/۰-۴/۰	۱۲/۳۸	۲/۶۲	۲/۶۶
۴/۰-۵/۰	۱۰/۹	۰/۳۸	۰/۵۱
۶/۰-۷/۰	۴/۱۱	-	-
۷/۰	۶/۹۵	-	-



ساخت محصول

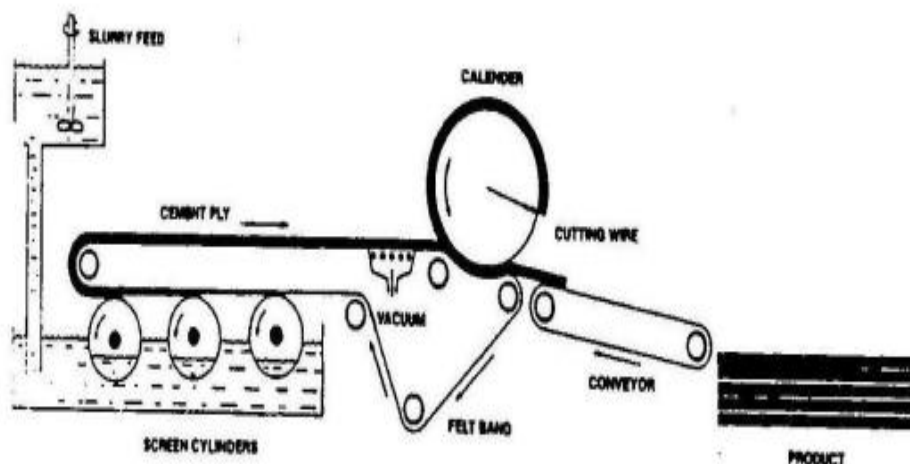
تولید کامپوزیت الیاف سیمانی شامل استفاده از مواد خام آلی و معدنی است.

مواد معدنی و آلی شامل موارد زیر می باشند:

مواد معدنی: سیمان پورتلند، آب، سیلیس، دود سیلیس، آهک، متاکائولین، خاکستر بادی و سیلیکات کلسیم

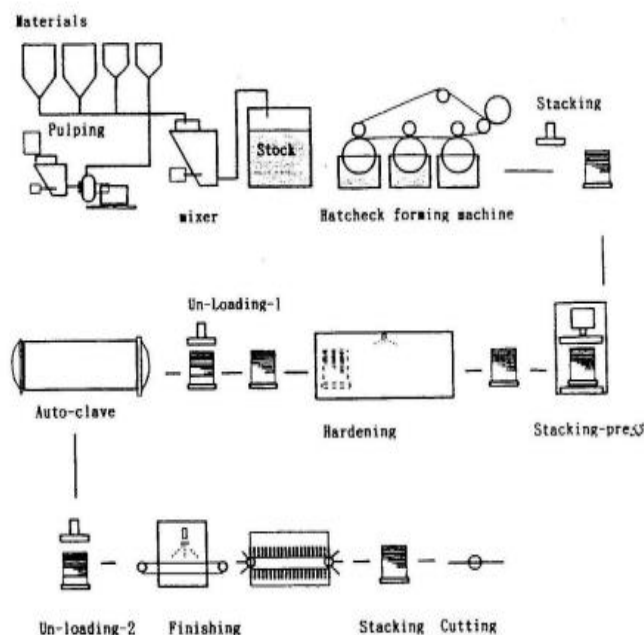
مواد آلی: خمیر سلولزی (کرافت)، الیاف بازیافتی، الیاف مصنوعی، فلوکولانتها و کف زدا [۱۰].

اجزای اصلی شامل سیمان، آب، سیلیس، آهک و الیاف است. سایر موارد ذکر شده، در مقادیر جزئی مورد استفاده قرار می گیرند. محصولات الیاف سیمانی که در آنها الیاف لیگنوسلولزی گنجانده شده است در بازارهای خاصی ظهور کرده اند و با تلاش برای جایگزینی آزیست در این کامپوزیتها به طور فزاینده ای پذیرفته شده اند. همانطور که در این تحقیق اشاره شد، جوامع تحقیقاتی و صنعتی در حال بررسی انواع الیاف هستند که برخی از آنها قبلاً ذکر شد. با این حال، الیاف لیگنوسلولزی به دلیل مزایایی که ارائه می دهند، از جمله اقتصادی بودن که در رقابتی کردن قیمت این محصولات حیاتی است، همچنان الیاف انتخابی برای بسیاری از تولیدکنندگان است. مطمئناً هیچ یک از الیاف هنوز از نظر خواص و مقرون به صرفه و همچنین سهولت پردازش با آزیست مطابقت ندارند. بسیاری از کارخانه های کامپوزیت الیاف سیمان در سراسر جهان محصولات متنوعی را برای بازارهای ساختمانی و صنعتی ارائه می دهند. این کارخانه ها هنوز هم عمدتاً در کشورهای کمتر توسعه یافته از آزیست استفاده می کنند که به طور فزاینده ای از خطر سلامتی استفاده از این الیاف آگاه می شوند بنابراین تعداد کارخانه های که از آزیست استفاده می کنند طی یکی دو دهه آینده کاهش می یابد. در همین حال، کشورهای صنعتی الیاف های قابل دوام دیگر را توسعه می دهند. فناوریهای مختلفی برای ساخت کامپوزیت الیاف سیمانی وجود دارد، این فناوری ها احتمالاً در سطح جهانی مورد بررسی قرار می گیرند و بسته به شرایط محلی توسط هر کارخانه مورد استفاده قرار می گیرند. اگرچه هیچ بررسی دقیقی از تعداد کارخانه الیاف سیمانی در دسترس نیست، تخمین زده می شود که حدود ۱۱۰۰ تا ۱۵۰۰ واحد تولیدی در حال تولید کامپوزیت الیاف سیمانی، هستند. محبوب ترین فناوری مورد استفاده در تولید کامپوزیت الیاف سیمانی، فرآیند Hatschek است که قدمت آن به سال ۱۹۱۱ بازمی گردد [۱۱]. این فناوری به نام توسعه دهنده آن Ludwig Hatschek از اتریش نامگذاری شده است که آن را بر اساس فرآیند تولید خمیر و کاغذ است. در این فرآیند، دوغاب آبی از الیاف و سیمان به همراه برخی مواد افزودنی، حدود ۷ تا ۱۰ درصد وزنی جامد، به مخزن نگهدارنده ای که دارای تعدادی سیلندر صفحه چرخان است، عرضه می شود. این سیلندرها مواد جامد را جمع آوری می کنند و مقداری از آب را در عملیات حذف می کنند. یک نوار نمدی بر روی سطوح بالای سیلندرها حرکت می کند و یک لایه نازک از فرمول کامپوزیت الیاف سیمانی، را از هر سیلندر می گیرد. لایه ای ساخته شده سپس روی دستگاه های آب گیری خلاء حرکت می کند که بیشتر آب را از حذف می کند. محصول ورقه ای که به این ترتیب شکل می گیرد متعاقباً در اطراف یک رول پیچیده می شود و تا زمانی که ضخامت مورد نظر به دست آید. به این ترتیب، ورق کامپوزیت الیاف سیمانی بیشتر توسط رول های فشاری که با رول انباشتگی در تماس هستند تحت فشار قرار می گیرند. تشکیل شده است. این رول های فشار نه تنها در یکپارچه سازی ورق نقش مهمی ایفا می کنند، بلکه در ایجاد پروفیل سطح (به عنوان مثال نقش چوب و غیره) به ورق نیز مهم هستند. هنگامی که ضخامت ورق مورد نظر به دست آمد، یک چاقوی برش خودکار تعبیه شده در رول انباشته فعال می شود و ورق با ضخامت و طول مورد نظر بر روی یک نوار نقاله رها می شود که سپس به قسمت پرس منتقل می شود (شکل ۵).



شکل ۵. اجزای اصلی یک ماشین هچک [۲]

شکل ۶ شماتیک یک چیدمان کارخانه را برای عملیات فرآیند Hatschek را نشان می‌دهد. در این شکل سیمان، الیاف و مواد افزودنی اندازه‌گیری شده و به یک میکسر هدایت می‌شوند که به نوبه خود مواد خام را مخلوط کرده و به مخزن ذخیره مارسال می‌شود. از این مخزن مواد به دستگاه هچک ارسال می‌شود. هنگامی که ورق‌های "کامپوزیت الیاف سیمانی" تولید می‌شوند، روی هم چیده می‌شوند و به سمت پرس ارسال می‌شوند سپس به یک محفظه پخت شامل گرما و رطوبت فرستاده می‌شوند. سپس ورق‌ها را وارد اتوکلاو می‌شوند هنگامی که ورق‌ها از اتوکلاو خارج می‌شوند، به مقاومت نهایی خود رسیده‌اند. برش و سایر آماده‌سازی‌های مورد نیاز برای حمل و نقل به مقاصد مختلف بازار انجام می‌شود. در بسیاری از نقاط جهان، علاوه بر ورق‌های مسطح، محصولات موجدار نیز معمولاً برای کاربردهای سقف تولید می‌شوند [۲].



شکل ۶. طرح شماتیک کارخانه کارخانه تولید الیاف سیمان اتوکلاو شده با استفاده از دستگاه هچک [۲]

علاوه بر فرآیند Hatschek، ساخت کامپوزیت الیاف سیمانی با فناوری اکستروژن نیز انجام می‌شود. در بازار ایالات متحده انواع دیگری از محصولات وجود دارد که در کاربردهای مختلف مانند ورق پشت کاشی استفاده می‌شود. یکی از این محصولات WonderBoard (همچنین Durock) نام دارد. این محصول دارای یک مش فایبرگلاس است که ورق را تقویت می‌کند و در یک ماتریس تعبیه شده است. این ورق دارای یک خمیر سیمانی در وسط و در سطوح بالا و پایین و یک مش فایبرگلاس است. WonderBoard استحکام و مقاومت بالایی در برابر آتش دارد. علاوه بر این، پایداری ابعادی بالا و مقاومت کششی قابل قبولی را ارائه می‌دهد.

تخته خرده چوب سیمانی

در این فناوری، به جای الیاف، از ذرات چوب با نسبت‌های بسیار بالاتری نسبت به الیاف سیمان استفاده می‌شود. این فناوری از تخته خرده چوب چسبانده شده با رزین گرفته شده است. در این مورد شامل اتوکلاو نیز می‌شود. اتوکلاو باعث تسریع عمل‌آوری سریع تخته می‌شود و در نتیجه، از جمله مزایای دیگر، کاهش تاثیر منفی تانن ها و سایر اجزای چوب بر چسب سیمان می‌باشد.

ورق پشم چوبی (اکسلزور)

این ورق ها از رشته‌های بلند چوب و سیمان پرتلند تشکیل شده اند. رشته ها معمولاً ۱-۵ میلی‌متر عرض و ۰.۲ تا ۰.۵ میلی‌متر ضخامت دارند و بسته به کاربرد آنها می‌توانند از این ابعاد متفاوت باشند. برای کاربردهای صوتی و تزئینی رشته ها نسبتاً باریک ضخیم



و برای کاربردهای عایق، رشته‌ها پهن تر استفاده می‌شود [۲]. رشته‌ها در ماشین‌های مخصوص تولید می‌شوند و متعاقباً با سیمان و سایر مواد شیمیایی مانند کلرید کلسیم و سایر مواد برای بهبود پیوند چوب و سیمان استفاده می‌شوند. ماشین‌های شکل‌دهی مخلوط را به ورق تبدیل می‌کنند. در اروپا و ایالات متحده، این تخته‌ها معمولاً برای کاربردهای تزئینی و عایق استفاده می‌شوند. در مناطق کمتر توسعه یافته جهان به دلیل هزینه کمتر در ساخت مسکن‌های ارزان قیمت استفاده می‌شود. به عنوان مثال، نوآوری در تولید ساندویچ پانل با ترکیب ورق الیاف سیمانی و استایروفوم باعث بهبود بیشتر عایق و وزن کمتر در هر متر مربع از تخته می‌شود.

بلوک

این فناوری‌ها واقعاً جدید نیستند: از دهه ۱۹۴۰ در سوئیس وجود داشته‌اند. بلوک‌ها نیز از دهه ۱۹۵۰ در کانادا ساخته شده است. در این فناوری‌ها، کامپوزیت اساساً از چوب و سیمان ساخته می‌شود و به شکل بلوک‌هایی در می‌آید و برای سازه‌های بتنی، و سایر کاربردها استفاده می‌شود. آنها بافت باز دارند و در برابر پوسیدگی ایمن هستند و در عین حال مقاومت بالایی در برابر آتش دارند. بلوک‌ها علاوه بر کاربرد آن‌ها در مسکن، در ساخت بزرگراه‌ها به عنوان مانع صوتی نیز به کار رفته‌اند [۲].

ملاحظات بازار

کامپوزیت الیاف سیمان و محصولات مرتبط، همانطور که در این مقاله اشاره شد، جایگاه خوبی در بازار پیدا کرده اند. یکی از دلایل مهم پذیرش آنها، ویژگی‌های محصول بوده است. برخی از این ویژگی‌های کامپوزیت الیاف سیمانی مانند (مقاومت به آتش، مقاوم به باد، وزن سبک، پوشش دهی، مقاوم به موریانه و حشرات، خواص مکانیکی خوب و مقاوم به ضربه) در پذیرش آنها توسط بازار مهم هستند. کامپوزیت الیاف سیمان مقاومت بالایی در برابر آتش دارد و مورد حمله حشرات و قارچ‌های پوسیدگی قرار نمی‌گیرد. آنها به طور کلی بسیار بادوام هستند (بعضی از تولید کنندگان در حال حاضر به طور معمول ۵۰ سال ضمانت ارائه می‌دهند). آنها همچنین ثبات رنگ را روی محصولات نهایی ارائه می‌دهند. مقاومت در برابر بادهای شدید و ضربه نیز از ملاحظات مهم بازار است. یکی از موارد مهم، ایمن سازی تاییدیه‌های کد ساختمانی است که کلیدی در بازاریابی کامپوزیت الیاف سیمان است [۲]. کامپوزیت الیاف سیمان به ویژه در کاربردهای خاص در آمریکای شمالی اکنون دارای آن تاییدیه است و به خوبی توسط پیمانکاران ساختمان، معماران و عموم مردم پذیرفته شده است. زیرسازی کامپوزیت الیاف سیمان، به ویژه در ضخامت‌های لمینت شده اینچ ۱/۲ یا بیشتر و تخته‌های پشتی کاشی در حال حاضر به بازار عرضه می‌شوند. موارد دیگری مانند تخته دیواری، سقفی، پانل‌های سقف، کفپوش برای مصارف تخصصی، لت‌های خنک کننده آب، پانل‌های مشبک، صفحات پیشخوان آزمایشگاهی، پایه‌های نرده، سقف‌های راه راه تنها نمونه‌هایی از کاربردهای کامپوزیت الیاف سیمان هستند [۱۲]. واقعیت این است که حداقل در ایالات متحده، شرکت‌ها کاملاً مشغول عرضه بازارهای موجود در تعداد محدودی از محصولات بوده اند و از فرصت‌هایی که برای توسعه و گسترش محصولات جدید در اختیار آنها قرار می‌گیرد، استفاده نکرده اند. در ایالات متحده، تولید کنندگان فعلی کامپوزیت الیاف سیمان شرکت‌های (James Hardie Building Products, GAF Materials, Nichiha, CertainTeed, Cemplanck, MaxiTile) هستند. در این میان، محصولات ساختمانی جیمز هاردی سهم عمده‌ای از بازار به ویژه در سایدینگ خانه و ورق‌های پشت کاشی را به خود اختصاص داده است. محصولات ساختمانی جیمز هاردی از فرآیند Hatschek در تولید خانواده‌ای از محصولات فعلی خود استفاده می‌کند. این شرکت هم اکنون دارای ده واحد تولیدی در مکان‌های زیر است: فونتانا، کالیفرنیا رنو، نوادا تاکوما، واشنگتن کلیورن، تگزاس، تگزاس پلنت سیتی، فلوریدا سامرویل، کارولینای جنوبی پولاسکی، ویرجینیا بلاندون، پنسیلوانیا پرو، ایلینوی این کارخانه‌ها عمدتاً در بیست نه سال گذشته ساخته شده اند و برای تامین مناطق در حال رشد بازار در جنوب، غرب و شرق ایالات متحده طراحی شده اند [۲]. کامپوزیت



الیاف سیمان همچنان به عنوان یک تجارت سودآور با حاشیه های قابل توجه در نظر گرفته می شود، اگرچه در حال حاضر با بازار نرمی مواجه است. قیمت کامپوزیت الیاف سیمان در گذشته افزایش یافته است اما در حال حاضر به دلیل شرایط بازار در حال تسطیح هستند. سایر تولیدکنندگان سیمان الیافی در ایالات متحده، همانطور که قبلاً ذکر شد، عبارتند از CertainTeed یک شرکت تولید کننده پیشرو محصولات ساختمانی علاوه بر کامپوزیت الیاف سیمان. دفتر اصلی آن در Valley Forge، پنسیلوانیا با حدود ۷۰ کارخانه تولیدی در ایالات متحده است. اگرچه CertainTeed در سال ۱۹۰۴ به عنوان یک تولید کننده سقف شروع شد و در سال ۱۹۸۸ به یک شرکت تابعه کاملاً متعلق به Saint-Gobain فرانسه تبدیل شد. Nichiha Corp. ژاپن یک شرکت نسبتاً جدید به عنوان تولید کننده در بازار ایالات متحده است که اولین کارخانه خود را در ایالت جورجیا ساخته است. Nichiha به عنوان تولید کننده تخته در ژاپن در سال ۱۹۵۶ شروع به کار کرد اما بعداً وارد تولید کامپوزیت الیاف سیمان شد. سمپلنک شرکتی با سابقه نزدیک به یک قرن کامپوزیت الیاف سیمان است. سیلیس، سیمان و الیاف سلولزی مواد خام را با استفاده از فرآیند Hatschek برای تولید تخته، پانل و محصولات تزئینی استفاده می کنند محصولات اتوکلاو می شوند. GAF که در سال ۱۸۸۶ تاسیس شد، یکی از بزرگترین تولیدکنندگان محصولات ساختمانی در آمریکای شمالی است. سقف، کفپوش، نرده، سنگ های تزئینی، کانال کشی و پارچه های تخصصی از جمله محصولاتی هستند که علاوه بر الیاف سیمان توسط GAF تولید می شوند. Maxi-Tile همچنین محصولات الیاف سیمان را در هر دو کاربرد سقف و سایدینگ سقف شامل پانل های راه راه و تخته سنگ ارائه می دهد. صنعت کامپوزیت الیاف سیمان از سال ۲۰۰۲ رشد قابل توجهی را تجربه کرده است.

چه چیزی یک استراتژی بازاریابی و فروش موثر برای محصولات کامپوزیت الیاف سیمان را تشکیل داده است؟

به طور کلی بهره برداری از یک شبکه فروش/توزیع موجود اجازه می دهد که کامپوزیت الیاف سیمان به همراه سایر مصالح ساختمانی فروخته شود. با افزایش آگاهی زیست محیطی، برخی استدلال کرده اند که استفاده از الیاف بازیافتی و سایر ویژگی های مثبت محیطی باید در فروش برجسته شود (برچسب سبز). اگرچه این رویکرد می تواند مفید باشد، اما عامل اصلی در پذیرش بازار کامپوزیت الیاف سیمان نیست. کیفیت محصول همچنان از اهمیت بالایی برخوردار است زیرا معماران، پیمانکاران و صاحبان خانه به عنوان عناصر کلیدی در نظر گرفته می شوند.

نتیجه گیری

در نهایت، کامپوزیت الیاف سیمان همچنان یک تجارت موفق است. این احتمال وجود دارد که تنوع محصول در سال های آینده در پرداختن به فرصت های بازار که احتمالاً ظهور می کنند، ادامه یابد. کامپوزیت های الیاف سیمان آماده ارائه جایگزینی محصول و همچنین کاربردهای جدید در دهه آینده و فراتر از آن هستند.

مراجع

- [1] Brand, A. M. (2008). Fibre reinforced cement-based (FRC) composites after over 40 years of development in building and civil engineering. *Composite Structures*, 86(1–3): 3-9.
- [2] Moslemi, A., (2008). Technology and Market Considerations for Fibre Cement Composites. 11th International Inorganic-Bonded Fibre Composites Conference (IIBFCC). Madrid-Spain. November. 113-125.
- [3] Daude, G., Lasnier, J.M., Guillaubert, B., Filliatre, C., Sabouraud, A., Guilhemat, R. (1996). Extraction and identification of organic fibers from fiber-reinforced cement composites without asbestos. *Cement and Concrete Research*, 26(5): 791-798.



- [4] European Commission Directorate-General Health and Consumer Protection. (2002). Directorate C Scientific Opinions. Scientific Committee on Toxicity, Ecotoxicity and the Environment. Brussels. December .
- [5] Won, J. P., Hong, B. T., Choi, T. J., Lee, S. J., and Kang, J. W. (2012). Flexural behavior of amorphous micro-steel fiber-reinforced cement composites. *Composite Structures*, 94 (4): 1443–1449.
- [6] Biagiotti, J., Puglia, D., and Kenny, M. 2008. A Review on Natural Fiber- Based Composites-Part I, 37–41.
- [7] Siqueira, I. S., Toledo Filho, R. D., Koenders. E. A. B. (2015). Influence of cellulose pulp fiber addition on the hydration of cementitious pastes with silica fume. *First International Conference on Bio-based Building Materials*. Clermont-Ferrand, France. June. 33(2):493-503.
- [8] Zuraida, A., Norshahida, S., Sopyan, I., and zahurin, H. (2011). Effect of fiber length variations on mechanical and physical properties of coir fiber reinforced cement-albumen composite. *IIUM Engineering Journal*, 12. 1-12
- [9] Khedari, J., Suttidonk, B., Pratinhong, N. and Hirunlabh, J. (2001). New lightweight composite construction materials with low thermal conductivity. *Cement and Concrete Composite*, 23: 65-70.
- [10] Amiandamhen, S. O. (2013). Technology and market opportunities in fiber cement composites for small scale enterprises in nigeria. *Global Journal of Agricultural Sciences*, 12: 11-14
- [11] Coutts, R.S.P. (2005). A review of Australian research into natural fiber cements composites. *Cement and Concrete Composites*, 27: 518-526.
- [12] Hambach, M. and Volkmer, D. (2017). Properties of 3D-printed fiber-reinforced portland cement paste. *Cement and Concrete Composites*, 79: 62–70.



Technology and market opportunities for fiber cement composites

Hamed mizae asrami¹, Shoboo salehpour^{2*}, Mohammde Asadi³, Ali asadi⁴

1. M.Sc., Student. Dept, of industrial management faculty of management, kharazmi university, Tehran, Iran.
2. Ph.D. Graduate, Dept, of Wood and Paper Sciences and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran.
3. - M.Sc., Graduate. Dept, of Management, Faculty of Management and Economics, Islamic Azad University, Research Sciences Unit, Tehran, Iran
4. M.Sc., Graduate, Dept, of Engineering, Faculty of Mechanical Engineering University of Tehran, Iran

Corresponding author: shubusalehpour@ut.ac.ir 09184672293

Abstract

Fiber cement composites have gained an increasing foothold in the North American markets over the last twenty years. The penetration in the housing and construction markets has been steady. Over those years, there has been a substantially increased acceptance of fiber cement in applications that were traditionally supplied by wood and other materials. This presentation is intended to provide an overview of the technologies that are currently in use in general and point out some of the market considerations particularly as it relates to the US market.

Keywords fiber, composite, cement