

کاربرد اقتصادی الیاف پیشرفته در صنایع دریایی



اگر از مالک يك قایق فایبرگلاس پرسیده شود که آیا قایق او از مواد کامپوزیت ساخته شده است؟ به احتمال خیلی زیاد پاسخ او منفی است. او بر این باور است که قایق او از جنس فایبرگلاس است. اما اگر از يك گلّف باز که چوب های گلّف الیاف کربنی دارد پرسیده شود که آیا چوب گلّف او از جنس کامپوزیت است، پاسخ او متفاوت خواهد بود.

الیاف **کربن** و **کولار**، بازار کامپوزیت را تسخیر کرده اند. دلیل موفقیت این الیاف در بازار لوازم ورزشی کارایی بسیار مناسب آن هاست. به تازگی با عرضه الیاف کربن ارزان، به کارگیری این الیاف در ساخت قایق های تفریحی نیز اقتصادی شده است و میتوان از کارایی خوب این مواد در قایق ها نیز استفاده کرد. الیاف کربن صنعتی هم اکنون با بهای ۱۱ تا ۲۲ دلار در هر کیلوگرم در بازار موجود است و بهای آن در حال کاهش است. این کاهش بهای الیاف کربن پیشرفته، آینده روشنی فراوری کاربرد این مواد در قایق های تفریحی ایجاد کرده است. با به کارگیری فرصت های به دست آمده در کاهش وزن و افزایش کارایی، هیجان و لذت استفاده از قایق های تفریحی افزایش می یابد.

کاربرد الیاف پیشرفته ارزان در صنایع دریایی، تنها به ساخت قایق های تفریحی محدود نمی شود. از آنجایی که تنها مانع کاربرد این الیاف، هزینه های بالای این مواد بوده است، با عرضه الیاف ارزان، دیگر کاربردهای دریایی نیز از ویژگی های این الیاف بهره مند می شوند. بزرگ ترین سازه الیاف کربنی جهان يك کشتی کامپوزیتی در سوئد است.

کشتی ۷۳ متری ویزی بیانگر يك دگرگونی بزرگ در روش های ساخت کامپوزیت و به کارگیری مواد است. این کشتی نشان می دهد که کامپوزیت های پیشرفته در آینده، جایگاه مهمی دارند.

تحولات اخیر در ساخت الیاف کربن ارزان، تغییرات گسترده ای را در بازار ایجاد کرده است. توماس ادیسون نخستین کسی بود که الیاف کربن را برای استفاده در لامپهای روشنایی کشف کرد. امروزه فناوری الیاف کربن به خودی خود علم گسترده ای است. الیاف کربن را میتوان از سه گونه مواد اولیه تهیه کرد. نوع ماده اولیه و روش فراوری آن تاثیر زیادی بر ویژگیهای الیاف کربن دارد. سه گونه اصلی از مواد اولیه ساخت الیاف کربن به ترتیب عبارتند از: **پلی اکریلونیتریل (PAN)**، **قیر ایزوتروپ**، **کریستال مایع و ابریشم مصنوعی (Rayon)**.

الیاف کربن با توجه به سفتی یا مدول آنها دسته بندی می شوند. الیاف با مدول پایین از ابریشم مصنوعی یا قیر ایزوتروپ تهیه شده و الیاف با مدول بالا از PAN یا قیر کریستال مایع تهیه می شوند. الیاف کربن با مدول بالا بازار کامپوزیت های هوافضایی را تسخیر کرده است؛ در صورتی که الیاف با

مدول پایین، الیاف کربن صنعتی هستند و این نوع الیاف کربن هستند که بهای آنها کاهش شدیدی داشته است. الیاف کربن صنعتی نسبت به الیاف کربن هوافضایی، سفتی کم تری دارند. همچنین تردی آنها کمتر است و ارزان تر هستند. الیاف کربن صنعتی را میتوان از مواد اولیه نفتی تهیه کرد که بهای کمتری نسبت به الیاف کربن با مدول بالا دارند. در هر حال، هم اکنون هم الیاف کربن با مدول بالا و هم الیاف کربن با مدول پایین دارای سفتی برابر با الیاف شیشه هستند. مدول الیاف برحسب واحد psi یا (MPa) بیان می شود. الیاف شیشه E که در ساخت قایق های تفریحی ارزان به کار می رود دارای مدول حدود ۶۹،۰۰۰ مگاپاسگال است. مدول الیاف کربن دارای مدول پایین در محدوده ۴۸،۰۰۰ تا ۲۰۷،۰۰۰ مگاپاسگال و مدول الیاف کربن دارای مدول بالا بین ۲۰۷،۰۰۰ تا ۵۵۲،۰۰۰ مگاپاسگال است. کربن های با مدول خیلی بالا دارای مدول الیاف بالاتر از ۵۵۲،۰۰۰ مگاپاسگال هستند. باتوجه به اینکه در سازه های دریایی، سفتی خوب بدون ترد شدن لایه ها هدف اصلی است، الیاف کربن صنعتی با مدول پایین که دارای مدولی بالاتر از ۱۲۸،۰۰۰ مگاپاسگال هستند کاملاً مناسبند. الیاف کربن هوافضایی با مدول بسیار بالا هنوز بسیار گرانتر از آن است که در ساخت قایق های تفریحی موتوری به کار گرفته شود.

ویژگیهای الیاف کربن نه تنها به مواد اولیه بستگی دارند، بلکه فرایند کشش الیاف و به دنبال آن عملیات حرارتی و عملیات سطحی که روی الیاف انجام می شوند نیز روی ویژگیهای الیاف اثر دارند. فرایند کشش، مولکول های مواد اولیه را ردیف می کند. سپس الیاف تحت دو مرحله عملیات حرارتی قرار می گیرند. فرایند اول اکسیداسیون است که در این مرحله الیاف تحت دمای ۲۰۰ تا ۳۲۰ درجه سانتی گراد قرار می گیرند. وابسته به فرایند، الیاف در اتمسفری خنثی (معمولاً نیتروژن) حرارت می بینند. کشش الیاف طی این فرایند و فرایند بعدی، ویژگی های الیاف کربن به دست آمده را بهبود می بخشد. پس از اکسیداسیون دوباره الیاف در اتمسفری خنثی تحت عملیات حرارتی قرار می گیرند و در این مرحله دما بسیار بیشتر و از ۱۰۰۰ تا ۱۵۵۰ درجه سانتی گراد است. در این مرحله دست کم بیش از ۹۰ درصد الیاف به کربن عنصری تبدیل می شوند. برای ساخت الیاف گرافیتی، الیاف در دماهایی عملیات حرارتی میشوند که منجر به تبدیل بیش از ۹۹ درصد آنها به عنصر کربن میشود. پس از اکسیداسیون و کربنیزاسیون، الیاف هنوز باید تحت فرایند سایزینگ یا عملیات سطحی قرار گیرند. این عملیات، ویژگی های اتصال الیاف را بهبود بخشیده و به فرایند بافت الیاف کمک می کند. بهای بالای الیاف کربن در مقایسه با دیگر الیاف، باتوجه به فراوری این ماده در دمای بالا پذیرفتنی است. باوجود این فرایندها، الیاف کربن صنعتی هم اکنون با بهایی اقتصادی در بازار وجود دارد. شرکت کونوکو فناوری جدیدی را برای تولید الیاف کربن با استفاده از محصولات فرعی پالایش نفت عرضه کرده است. این فناوری توان بالقوه ای برای دگرگونی صنایع کامپوزیت دارد. تمام تولیدکنندگان الیاف کربن صنعتی از روش هایی با حجم تولید بالا استفاده می کنند. این تولیدکنندگان به دنبال دستیابی به بازارهای جدید با قیمتهای کمتر هستند. نکته این است که تولیدکنندگان الیاف کربن برای کاهش قیمت های خود باید حجم تولید بالایی داشته باشند. گستردگی بازار کامپوزیت های الیاف شیشه، یک مبنای تجاری مناسب برای تولید الیاف کربن به صورت اقتصادی است. تولیدکنندگان الیاف کربن به صورت فعال به دنبال هیبریدهای کربن- شیشه و بافته های کربنی ارزان برای کاربردهایی هستند که هم اکنون از الیاف شیشه در آنها استفاده می شود.

کاربرد الیاف پیشرفته، بدون در نظر گرفتن هزینه

هنگامی که ارتش ایالات متحده میتواند یک چکش ۵۰۰ دلاری بخرد، نیروی دریایی نیز میتواند از پس هزینه فایده‌های پیشرفته الیاف کربنی خود برآید. حتی نیروی دریایی آمریکا نیز هنگام تدارک سلاح‌های خود، به هزینه‌ها توجه می‌کند. با این وجود، نیروی دریایی به عنوان یکی از بازارهایی که در آن کارایی بالای الیاف کربن هزینه‌ها را توجیه می‌کند مورد توجه است.

افزون بر نیروی دریایی، برای افزایش سرعت قایق‌های مسابقه (حتی به اندازه چند دهم گره دریایی) نیز میتوان از الیاف پیشرفته بهره برد. از الیاف شیشه E در این کاربردها استفاده می‌شود. الیاف کربن سفت تر و الیاف کولار چقرمه تر هستند. نمونه‌هایی از سازه‌های دریایی نظامی، تجاری و ورزشی نشان می‌دهند که اگر هزینه محرک اصلی طراحی نباشد، الیاف پیشرفته چه کارایی‌هایی دارند.

نیروی دریایی آمریکا دارای پیشرفته‌ترین تجهیزات پژوهشی کامپوزیت‌های دریایی است ولی سوئد پیشرفته‌ترین ناو جنگی کامپوزیتی را دارد. کوروت رده ویزبی تماماً از لایه‌های ساندویچی با هسته فوم و روکشی از کربن/وینیل استر ساخته شده است. این ماده به طور قابل توجهی وزن سازه را کاهش می‌دهد (حدود ۵۰ درصد نسبت به نوع فلزی). در نتیجه قابلیت حمل بار، سرعت و برد کشتی افزایش می‌یابد. برتری دیگر این سازه کامپوزیتی علائم مغناطیسی رادار فوق العاده پایین آن است.

بنا بر گفته تولیدکننده سوئدی این کشتی بخش‌های گوناگون بدنه، عرشه و ابرسازه‌ها نخست از روش تزریق در خلاء و به صورت پانل‌هایی تخت ساخته می‌شوند. سپس این پانل‌ها برای تشکیل بخش‌های گوناگون به هم متصل می‌شوند و در نهایت کشتی کامل می‌شود. این روش بالا بودن میزان الیاف، کیفیت عالی لایه‌ها، وزن مناسب و سرعت بالای ساخت را تضمین می‌کند.

ایالات متحده نیز کشتی‌هایی به نام استریت فایتر دارد که کارایی‌هایی مشابه ویزبی دارند. در ضمن نیروی ویژه این کشور از الیاف با کارایی بالا در انجام ماموریت‌های بحرانی خود بهره می‌جوید. قایق جنگی ۱۱ متری RIB با بدنه‌ای به شکل V عمیق توسط نیروی دریایی و از جنس الیاف شیشه E و کولار و رزین وینیل استر ساخته شده است.

در حالی که الیاف پیشرفته، چقرمگی بالا و قابلیت پنهان شدن از رادار را برای کاربردهای نظامی فراهم می‌کند، صنایع دریایی تجاری بر کشتی‌های سبک‌تر، برای انتقال مردم با سوخت کمتر، تأکید بیشتری دارند. در این راستا کشتی FL برای ۲ بار رفت و آمد بین تامپاوکی وست در روز طراحی شده است. فست کتز فری سرویس، در حال ساخت کشتی فوق سریع خود در تامپای فلوریدا است.

سازندگان این کشتی ادعا می‌کنند که کشتی آنها سریعترین کشتی مسافری ساخته شده تاکنون خواهد بود. این کشتی با سرعتی افزون بر ۶۰ گره دریایی (۱۱۰ کیلومتر در ساعت) در مدت ۳ ساعت ۱۵۰ مسافر را به مقصد می‌رساند. این زمان ۲ ساعت کمتر از زمان مسافرت هوایی و ۵ تا ۷ ساعت کمتر از زمان مسافرت جاده‌ای است. سرعت بالای این کشتی به علت طراحی ویژه بدنه‌اش است که بر پایه فن‌های بزرگ که با وارد آوردن فشار هوا به سطح آب که آب نشین بدنه کشتی را کاهش می‌دهند انجام شده است. وزن سازه نیز مهم است. بنابراین شرکت سازنده، از مواد اولیه‌ای همچون الیاف کربن، پارچه کولار، فوم PVC و اپوکسی‌های رده هوایی و روش ساخت قالب‌گیری

در خلاء استفاده می کند. قایق های مسابقه همیشه از الیاف پیشرفته بهره برده اند. در این زمینه مثال های خوبی از قایق های موتوری، بادی و پارویی وجود دارد. قایق بادبانی بزرگ و دودنه پلی استیشن، بدون استفاده از سازه های کامپوزیتی پیشرفته نمیتوانست در برابر طوفانهای سهمگین اقیانوس اطلس مقاومت کرده و رکورد سرعت را در این مسیر بشکند.

ناخدا استیوفاست و ۱۱ نفر خدمه بین المللی سوار بر این قایق ۲۸ متری، يك مسير ۴۸۰ کیلومتری را در ۴ روز و ۱۷ ساعت طی کردند و رکورد پیشین را ۴۴ ساعت بهبود بخشیدند. در ساخت این قایق که توسط طراحان معروفی طراحی شده است، تماماً از فناوری الیاف کربن رده هوایی استفاده شده است. استیوفاست بهترین قایق را میخواست تا بتواند با تمام خدمه و بیشترین سرعت ممکن، با آن بدون توقف دور دنیا بگردد.

شرکت نیوزلندی کوک سان بوتز با استفاده از الیاف کربن پیش آغشته و هسته لانه زنبوری آلومینیومی يك قایق بادبانی دو بدنه ۲۲ متری ساخته است. در ساخت این قایق از بانک اطلاعاتی سازمان ناسا در زمینه مواد کامپوزیتی و آزمایشهای آنها استفاده شده است. هر قدر پوسته های بدنه کمتر خم شوند نیروی پیش رانش بیشتری منتقل میشود.

شرکت سایکز ریسینگ در استرالیا، ادعای ساخت برترین سازه کامپوزیتی از نظر کیفیت را دارد. بدنه قایق با استفاده از روش ساندویچ لانه زنبوری شکل داده میشود. دو طرف سبک ترین و سفت ترین لانه زنبوری در دسترس (نامکس) برای تقویت، با پوسته ای از آرامید، پارچه کولار و الیاف کربن پوشانده میشود. لایه های کامپوزیت در خلاء و در دماهای بالا پخت میشوند. محصول به دست آمده سبک و صلب است و در برابر فشارهای پیچشی که هنگام پارو زدن به بدنه قایق وارد میشود، مقاومت می کند.

دیگر حوزه های ورزش حرفه ای همانند رقابت های قایق سواری با قایق های موتوری و بادی، به عنوان بخشی از صنعت لوازم تفریحی دریایی، در استفاده از الیاف پیشرفته پیشرو هستند. قایق های بادبانی با دکل های الیاف کربن/ اپوکسی که روزی ویژه افراد معروف و پروتمند بود روز به روز بیشتر در آنها دیده میشوند. قایق های موتوری با بدنه تقویت شده با کولار تنها روزهای تعطیل در دریاها دیده نمیشوند. اصل مهندسی "مهم نبودن هزینه" کاربرد الیاف پیشرفته را در صنایع دریایی ممکن ساخته است. با این وجود کاهش بهای الیاف کارآمد و پیشرفت روش های ساخت این الیاف، شرایط لازم را برای استفاده افراد عادی از آنها فراهم میسازد.

قایق های تفریحی و الیاف پیشرفته

الیاف پیشرفته در سازه های دریایی معینی کاربرد دارند. قایق های بادبانی پیشرفته عموماً از دکل های الیاف کربن استفاده می کنند. این دکل ها سبک بوده و سفتی بسیار خوبی دارند. در هر دو نوع قایق مسابقه یعنی موتوری و بادبانی، الیاف پیشرفته ای همانند الیاف کربن و آرامید به کار می روند. مدت هاست که در بسیاری از قایق های تفریحی و مدرن، الیاف پیشرفته به کار گرفته می شود. در تمام این موارد، کارایی مورد انتظار از این الیاف، هزینه استفاده از آنها را توجیه می کند. به تازگی کاهش بهای الیاف کربن کاربردهای نوینی برای الیاف پیشرفته فراهم آورده است.

یکی از حوزه هایی که میتواند به صنعت قایق سازی کمک کند، افزایش سفتی اسکلت بندی قایق است. به کارگیری الیاف کربن روی سفت کننده ها یکی از اقتصادی ترین کاربردهای الیاف کربن است.

در این بخش است که يك ذره كوچك كربن، بهبود عظیمی ایجاد می کند. شرکت کامپ سیس در حال تولید پیش شکل های پیشرفته ای به صورت هیبرید سه محوره سفارشی است. این سفت کننده ها دارای الیاف شیشه E در جهت های ± 45 درجه سانتی گراد روی کل سفت کننده هستند. يك لایه كربن تك جهته نیز با زاویه صفر درجه، روی سفت کننده قرار می گیرد. برتری بزرگ این روش این است که میزان الیاف كربن مصرفی کم است. سفتی بیشتر، مقاومت بیشتر در برابر بار و بیشینه تحمل د برابر شکست مشخص می کند که تیرهای هیبرید نه تنها صلبیت بیشتری را فراهم می کنند بلکه از تیرهای الیاف شیشه نیز قویترند. برتری دیگر تیرهای هیبرید این است که این تیرها با طول بسیار کمتری همان کارایی الیاف شیشه را دارند. از این طریق وزن قایق کاهش یافته و فضای درون آن افزایش می یابد. قایق های موتوری اج و اتر یکی از نخستین کاربران الیاف كربن صنعتی هستند. این شرکت امسال قایق ماهیگیری جدید خود، اج و اتر ۲۶۵، را ارائه کرده است. این قایق دارای بدنه ای سبك و تك پوسته است و از ترکیب تیرهای افقیبا پیش شکل سفارشی و تیرهای هیبرید الیاف كربن/ شیشه بهره می برد. شرکت اج و اتر گزارش می دهد که این قایق کارایی مورد انتظار از بدنه های V شکل را دارد و به کارگیری تیرها ساخت قایق را با بدنه تك پوسته ممکن ساخته است. ضمن اینکه کوتاه بودن سفت کننده های اصلی، امکان استفاده بیشتر از فضای داخلی را فراهم می سازد. اج و اتر ۲۶۵ دارای ۲۰۵۰ کیلوگرم وزن (منهای سوخت و موتور)، ۹۳ کیلومتر در ساعت سرعت و موتور دوقلو چهارزمانه ۲۲۵ اسب بخار یاماهاست. این شرکت چشم به آینده دارد، آینده ای که در آن الیاف پیشرفته، بیشتر به کار گرفته شوند. تولیدکنندگان الیاف كربن مصمم به یافتن بازارهای جدیدی برای الیاف كربن هستند؛ چرا که تولید انبوه به کاهش هزینه ساخت الیاف كمك شایانی می کند. با کاهش قیمت ها، به کارگیری الیاف كربن و هیبریدهای كربن/ شیشه مقرون به صرفه می شود. انتظار می رود در آینده نزدیک، الیاف شیشه مواد غالب در ساخت قایق باقی بماند ولی کاربرد آنها نباید به سفت کننده ها محدود شود. هدف بعدی به کارگیری پارچه های كربنی در لایه های بدنه قایق ها و کشتی هاست؛ به ویژه نمد های كربنی که برای کاربرد در فرایندهای قالب باز بسیار مورد توجه قرار گرفته اند؛ چون سفتی آنها از نمد های شیشه ای بیشتر است. تولیدکنندگان الیاف كربن نه تنها به بازار صنایع دریایی بلکه به بازارهای دیگری که به طور سنتی از الیاف شیشه استفاده می کنند نیز توجه ویژه ای دارند. صنعت خودرو شاید مشتری عمده ای برای تولیدکنندگان الیاف كربن باشد. استفاده از سوخت های جایگزین، سازندگان خودرو را مجبور به روی آوردن به خودروهای سبك کرده است.

از دیگر بازارهای پنهان الیاف كربن، صنعت انرژی بادی و زیرسازه هاست. علاقه و توجه به نیروی باد، به ویژه در اروپا بالاست. این انرژی باستانی امروزه از کلیدی ترین انرژی های تجدیدپذیر در دسترس است. از دیگر بازارها برای الیاف میتوان به ساخت باتری ها و پیل های سوختی اشاره کرد. تولیدکنندگان الیاف كربن احساس می کنند این بازارها به همراه بازارهای نظامی و تفریحی، حجم تولید مورد نیاز را برای ایجاد انقلابی در الیاف كربن و محصولات آن ایجاد خواهند کرد.

منبع: فصلنامه کامپوزیت