

ساختارهای کامپوزیتی پیشرفته بدنه چوب گلف

بخش‌های حفاظت بالستیکی، کیسه‌های سوخت انعطاف پذیر، سازه‌های بازشونده در هوافضا از این الیاف در سیستم‌های کامپوزیتی شفت یا بدنه چوب گلف استفاده کرده است.

مهم‌تر این که کینتیکس تنها یک یکپارچه‌کننده مواد نیست بلکه تنها مالک و تولیدکننده ساختارهای پری پرگ (الیاف تقویت کننده که از قبل با رزین آغشته شده‌اند) نوین یک جهته مورد استفاده در بدنه چوب گلف می باشد. شرکت این پری پرگ‌ها را در محل کارخانه توسعه داده، واجد شرایط و در مقیاس تجاری تولید می‌کند. این قابلیت تولید یکپارچه عمودی در صنعت گلف بی نظیر بوده و در کالاهای ورزشی ممتاز عملاً موجود نیست.

این طراحی‌ها باعث تنظیم سختی محوری، سختی پیچشی، استحکام حلقه و میرایی ارتعاش می شود تا از این طریق شرایط پویا و تناوبی ناشی از تاب خوردن چوب گلف را تحمل کند، شرایطی که اساساً با کاربردهای صنعتی ایستا یا تقریباً ایستا متفاوت است. پری پرگ یک جهته اختصاصی یک راهکار یک بار مصرف نیست و در واقع یک فناوری بنیادی مواد اولیه می باشد که کینتیکس به طور فعال در حال استفاده از آن در یک نقشه راه گسترده‌تر است که شامل کاربردهای آتی آن در رشته‌های ورزشی مرتبط، سیستم‌های صنعتی و ابزار پزشکی پیشرفته که در آن‌ها انعطاف پذیری کنترل شده، مقاومت در برابر خستگی و اطمینان پذیری سازه‌ای از اهمیت زیادی برخوردار است، می شود.

* دو پلتفرم

کمپانی کینتیکس تنها تولیدکننده بدنه چوب گلف است که به طور انحصاری به الیاف EXO™ Kevlar® دسترسی دارد و تاکنون دو پلتفرم متمایز برای بدنه چوب گلف یعنی Syrgex و FlexurX توسعه داده است تا از طریق روش‌های ساخت ترکیبی دارای ثبت اختراع کاربردی به طور کامل از مزایای این ماده اولیه بهره برداری کند. از آن جایی که این شرکت مواد کامپوزیتی زیربنایی را هم مهندسی و هم تولید می‌کند، هیچ تولیدکننده دیگری قادر به تکرار ساختارهای بدنه چوب گلف، محدوده عملکردی یا ثبات تولید آن نیست. به طور

نمایش می‌گذارند.

ویژگی‌های فوق همین حالا هم راهکارهای نوآورانه‌ای را محقق کرده‌اند که در نسل آینده زره نرم، سیستم‌های مهار انعطاف پذیر و سازه‌های بازشونده در هوافضا که در آنها دوام پس از افزایش طول عمر مفید و بارگذاری کرنش بالا و تکرارشونده ضروری است، مفید واقع خواهند شد.

* مهندسی کامپوزیت

الیاف Kevlar® EXO™ از نقطه نظر مهندسی کامپوزیت به طرز باورنکردنی دارای پروفایل کرنش تا شکست مطلوبی است که باعث می‌شود در زیر فشار دینامیک به جای اتلاف انرژی به صورت شکسته شدن آن را جذب و بازگرداند. ازدیاد طول تا حد پارگی عالی این الیاف که حدود ۱/۵ تا ۲ برابر الیاف کربن است، باعث بهبود شکل پذیری و تحمل ضربه الیاف شده ضمن این که دانسیته پایین آن را حفظ می‌کند. این لیف همچنین یکپارچگی ساختاری خود را در دماهای بالاتر از ۵۰۰°C حفظ می‌کند که این ویژگی خطرات مرتبط با نرم شدن ماتریس رزینی یا تجزیه حرارتی در محیط‌های با انرژی بالا را کاهش می‌دهد.

* پری پرگ‌های کینتیکس

تیم مهندسی کمپانی کینتیکس واقع در شهر سن کلمنته ایالت کالیفرنیا با تکیه بر اعتبارسنجی گسترده الیاف Kevlar® EXO™ در

شرکت‌های Dupont و KINETIXX با توسعه الیاف Kevlar® EXO™ در تجهیزات ورزشی بسیار دقیق مورد استفاده بازیکنان عادی موفق به گسترش محدوده عملکردی الیاف آرامید شده‌اند.

کمپانی دوپونت مستقر در شهر ویلمینگتون در ایالت دلاویر پس از بیشتر از پانزده سال تحقیق بر روی مواد اولیه، توسعه و صلاحیت سنجی پلیمرهای مورد استفاده در محیط‌های صنعتی و مشابه صنعت هوافضا اکنون الیاف EXO™ Kevlar® را برای استفاده در سیستم‌های ورزشی بسیار دقیق عرضه کرده است. دینامیک انتقال انرژی، انعطاف‌پذیری ساختار، کنترل میزان چرخش حول یک محور و مقاومت در برابر خراب شدن در اثر استفاده در طول زمان در این سیستم‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است.

الیاف Kevlar® EXO™ یک تغییر اساسی بین فناوری الیاف آرامید بین دو نسل ایجاد کرده است. این الیاف بر خلاف الیاف کولار متداول یک پلتفرم مبتنی بر الیاف کوپلی آمید می‌باشد که دارای مونومرهای جدید و اصلاح شده‌ای است که باعث بهبود آرایش ملکولی و آزادی حرکت زنجیره‌های ملکولی می‌شود. این ساختار دارای ترکیبی کمیاب از ویژگی‌هایی نظیر استحکام کششی بالا، ازدیاد طول تا حد پارگی عالی، ثبات حرارتی و مقاومت ذاتی در برابر شعله می‌باشد که در کنار هم عملکرد بهتری را در مقایسه با پارآرامیدهای متداول به



ساده این شفت ها با روش های مهندسی معکوس، اخذ لیسانس یا یک سرهم بندی ساده قابل بازتولید نیستند.

اسکات جانکو از بخش توسعه برنامه EXO™ Kevlar® می گوید: ما با ترکیب ساختارهای کامپوزیتی پیشرفته کینتیکس و علمی که پشت ماده اولیه Kevlar® EXO™ وجود دارد، موفق به توسعه محدوده عملکردی الیاف آرامید در سیستم های ورزشی دقیق شده ایم؛ یک فضای کاربردی که هم زمان نیازمند کارایی مکانیکی بسیار بالا و پاسخ لمسی دقیق می باشد.

* پلتفورم Syrgex

پلتفورم Syrgex دارای یک ساختار هیبریدی پخت شده در خلا بوده که لایه های مرکزی آن را الیاف کربن با مدول بالا (الیاف ۳۰T در زاویه صفر درجه برای افزایش ازدیاد طول تا حد پارگی و الیاف ۴۰T در زاویه ۳۵° برای افزایش مقاومت پیچشی) و اسکلت بیرونی آن را Kevlar® EXO™ و همگن تولید شده به روش فیلامنت پیچی تشکیل می دهد.

فیلامنت پیچی باعث می شود الیاف مداوم Kevlar® EXO™ همگی در راستای مسیرهای محاسبه شده انتقال بار به صورت مارپیچی و حلقوی قرار بگیرند که باعث ایجاد یک شفت «بدون ستون فقرات» با هم محوری بسیار دقیق در برابر بیضی شدن تحت بارهای زیاد می شود. پخت در خلا باعث به حداقل رساندن محتوای رزین و حفره های هوا شده و یک کامپوزیت متراکم با میزان حفره های پایین ایجاد می کند که درصد حجمی الیاف و بازگشت انرژی را به حداکثر می رساند.

ساختار ذکر شده این اجازه را به شفت های Syrgex می دهد تا به طور همزمان سختی فشاری الیاف کربن و سختی کششی و جذب ضربه الیاف Kevlar® EXO™ را بهینه کنند. رسیدن به این تعادل و توزان در طراحی شفت های گلف قدیمی قابل دستیابی نبود.

* پلتفورم FlexurX

این پلتفورم نوآوری Kevlar® EXO™ را در یک معماری تولید کارگاهی و پخت در خلا به کار می گیرد و از الیاف کربن با مدول بالا ۴۰T/ Kevlar® در مرکز و الیاف تخصصی EXO™ Kevlar® فوق ظریف (۰/۱۰ mm) یک جهته در قسمت بیرونی و با زاویه ۴۵° استفاده می کند. این الیاف کولار زاویه دار به عنوان یک اسکلت بیرونی تثبیت کننده عمل می کند که در هنگام بارگذاری با سرعت بالا از پیچ خوردن و بیضی شدن شفت (تغییر شکل از حالت دایره به بیضی) جلوگیری کرده ضمن این که باعث افزایش ازدیاد طول تا حد پارگی و میرایی ارتعاش می شود؛ قابلیت هایی که در ساختارهای تنها مبتنی بر الیاف کربن وجود ندارد.

محصول نهایی یک ساختار سبک تر با حساسیت کمتر است که حتی در هنگام اعمال ضربه های خارج از مرکز رفتار دقیق خود را در بارگذاری و باربرداری حفظ می کند.

* از ابتدا تا انتها

جیسون هورودزکی، مدیرعامل کینتیکس می گوید: آن چه که این لحظه را کاملاً خاص می کند این است که از ماده اولیه یک تولیدکننده دیگر در محصول خود استفاده نمی کنیم. ما خود صاحب علم ماده اولیه، ساختار پری پرگ و فرایند تولید از ابتدا تا انتها هستیم که به ما امکان مهندسی عملکرد به طور هم زمان در سطوح ملکولی، لیفی و ساختاری را می دهد.

شرکت های محدودی در بخش های مختلف قادر به طراحی، تولید و مقیاس پذیر کردن سیستم های کامپوزیتی به این صورت هستند، در گلف نیز شرکتی که چنین قابلیت را داشته باشد وجود ندارد. این شفت ها نخستین نمونه قابل مشاهده از پلتفورم های بسیار بزرگتر مواد اولیه هستند که در نهایت در بخش های دیگری غیر از گلف گسترش خواهند یافت.

کینتیکس در هر دو پلتفورم به جای استفاده از فرایندهای متداول پخت در هوا یا فشرده سازی مکانیکی از روش پخت در خلا استفاده کرده است که توزیع یکنواخت رزین، کاهش حفره های هوا و

خواص مکانیکی قابل تکرار از یک شفت به شفت دیگر را تضمین می کند.

شفت های کینتیکس بر خلاف شفت های بدون مرکز به صورت کامپوزیت های با شکل نهایی واقعی تولید می شوند که باعث حفظ متحدالمرکز بودن و تقارن ساختاری می شود؛ مواردی که در رابطه با یکنواختی رفتار پیچشی و کنترل پراکندگی از اهمیت بسیار بالایی برخوردارند.

کینتیکس با بهره گیری از الیاف EXO™ Kevlar® در قسمت های پایدارکننده و تحمل کننده بار موجود در شفت در واقع تعریف تازه ای از الگوی کامپوزیت های مبتنی بر کربن که در شفت های گلف پیشین استفاده می شد، ارائه داده است. ساختارهای حاصل دارای کارایی انرژی بیشتر، انتقال ارتعاش کمتر، عمر خستگی بهبود یافته و مقاومت بیشتر در برابر آسیب می باشند ضمن این که نسبت های سختی به وزن را که مورد تقاضای بازیکنان برتر است، حفظ می کنند. عملکرد قابل مشاهده توسط مصرف کننده نهایی همکاری کینتیکس و دوپونت نشان می دهد که چگونه نوآوری در سطح پلیمر و الیاف می تواند ساختارهای جدید کامپوزیت ها را فراتر از توازن های رایج بین سختی، سفتی و وزن ممکن کند.

این موضوع همچنین بر یک روند گسترده تر تاکید دارد: مهندسی دوباره مواد اولیه مورد استفاده در صنایع دفاع و هوافضا برای استفاده از آنها به عنوان محصولات مصرفی متداول؛ جایی که دوام، یکنواختی و بهینه سازی ساختاری به همان اندازه حداکثر توان خروجی مهم است.

مرجع:

Kevlar® EXO™ And KINETIXX Collaboration Transforms Advanced Golf Shaft Composite Architectures", Textile World, February 2026