نشریه هنرهای زیبا - هنرهای نمایشی و موسیقی • شماره ۴۱ • تابستان ۱۳۸۹

کامپوزیت های پلیمری جایگزین چوب برای ساخت آلات موسیقی

امیر سهیل پیرایش فر[۱]، دکتر محمدمهدی جلیلی*[۲]، سید یحیی موسوی[۳]

[۱] کارشناس پلیمر، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

[۲] استادیار دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

[۳] کارشناس پلیمر، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

(تاریخ دریافت مقاله: ۸۸/۸/۲، تاریخ پذیرش نهایی: ۸۹/۳/۱)

چکیده:

در این پژوهش معایب چوب برای کاربرد در ساخت آلات موسیقی از جمله حساسیت بالا به رطوبت، خواص متفاوت چوب در درخت های مختلف از یک گونه و همچنین در قسمت های مختلف از یک درخت، ساخت زمان بر و مشکل سازهای چوبی، مقاوت پایین در برابر ضربه و سایر موارد که به صورت مفصل به آنها پرداخته شده است، مورد بررسی قرار گرفت و نسل جدید کامپوزیت های پلیمری برای جایگزینی چوب در ساخت ادوات موسیقی معرفی شد. بکارگیری کامپوزیت های چوب پلاستیک برای جایگزینی چوب در ساخت آلات موسیقی می تواند بسیاری از مشکلات ذاتی چوب برای کاربرد در ساخت آلات موسیقی را بر طرف نماید، با این حال برای ساخت تخته صدای کامپوزیتی استفاده از کامپوزیت های لیفی که ساختاری دقیقاً مشابه چوب دارند، به دلیل خواص ارتعاشی و آکوستیکی ویژه آنها، رشد بسیاری نموده است. در این مقاله از سه نوع مختلف الیاف مصنوعی (الیاف شیشه، کربن و کولار) و یک رزین پلی استر غیر اشباع استفاده گردید. همچنین خواص آکوستیک این نمونه ها در قیاس با نمونه های چوب درخت توت سفید و سرو سیمین مورد بررسی قرار گرفت. مطالعات نشان داد که الیاف کربن به همراه رزین پلی استر بالا ترین پارامتر های آکوستکی را در بین سایر نمونه ها به خود اختصاص می دهد و در نتیجه می تواند به عنوان یک جایگزین بسیار خوب برای چوب با خواص استثنایی در ساخت آلات موسیقی به کار رود..

واژه های کلیدی:

آلات موسیقی، چوب، کامپوزیت های پلیمری، الیاف مصنوعی، الیاف طبیعی.

* نویسنده مسئول: تلفکس: ۴۴۹۵۲۶۱۳-۰۲۱، **E-mail:** m.jalili@srbiau.ac.ir.

مقدمه

امروزه در سراسر جهان استفاده از چوب در ساخت آلات موسیقی کاربرد بسیار دارد، بطوریکه در ساخت اکثر سازها از گونه‌های مختلف چوب استفاده می‌شود. به عنوان مثال استفاده از چوب‌هایی چون چوب لاله درختی، گردو، پالیساندر، سرو اسپانیایی، افرا، بلوط، نوئل، رز چوب و... را در ساخت گیتار و استفاده از چوب درختانی چون افرا، بید، صنوبر و ... را در ساخت ویلون می‌توان نام برد (Rujinirun & colleagues, 2005). در موسیقی سنتی ایران نیز چوب درخت توت کاربرد وسیعی در ساخت آلات موسیقی بخصوص تار و سه تار دارد. گرچه این کاربرد عمومیت دارد اما استفاده از چوب معایبی را به دنبال دارد (موسوی و پیرایش فر، ۱۳۸۷، ۲۸۱؛ پیرایش فر و موسوی، ۱۳۸۸ ، ۲۰۴ ؛ پیرایش فر و همکاران، ۱۳۸۹ ؛ Pedgley & colleagues, 2009)، معایبی چون:

۱. نداشتن صدای مطلوب در محیط های مرطوب؛
۲. مقاومت کم در برابر ضربه؛
۳. زمان بر بودن فرایند ساخت ساز به دلیل طولانی بودن مدت زمان فرآوری چوب؛
۴. احتمال وجود مشکلاتی چون وجود گره در چوب که می تواند در ساخت سازی با کیفیت مطلوب و صدادهی مناسب ایجاد مشکل کند؛
۵. احتمال وجود خطای سازندگان در حین ساخت و یا تراشیدن ساز.

چوب با گذشت زمان خواصش تغییر می کند چرا که چوبی که پانزده سال پیش از اروپا تهیه می شد، نسبت به چوب های امروزی سفید، سبک و چگال تر بوده است. همچنین چوب آمریکایی نیز نسبت به چوب های امروز زردتر و یا سرخ تر و چگال تر بوده است. به عنوان مثال سازنده ویلون مایل است از چوبی سفیدتر و کم چگالتر استفاده نماید. همچنین شایان ذکر است که صدای ساز تهیه شده از چوب به علت ثابت نماندن خواص چوب با زمان ممکن است دستخوش تغییر قرار گیرد (زاهدی، ۱۳۸۷).

عیب دیگری که به خاطر استفاده از چوب در سازها می توان از آن نام برد، صدمه و تخریب محیط زیست است چرا که استفاده از چوب همواره با قطع درختان همراه بوده و مشکلات عدیده‌ای برای محیط زیست به همراه دارد و باعث از بین رفتن جنگل ها به عنوان محیط زیست جانوری و طبیعی حیوانات وحشی و ریه های تنفسی زمین می شود. امروزه برای حفاظت از این منابع طبیعی باید به فکر جایگزینی مناسب برای چوب در مصارف مختلف باشیم. وجود منابع محدود چوب و طولانی بودن زمان فرآوری آن اقتصاد سازهای چوبی را تحت تاثیر قرار داده و سبب گردیده تا سازهای آماده با قیمت‌های بالا و بعضاً سرسام آور در بازار ابزار آلات موسیقی عرضه شوند، بطوریکه عمدتاً قیمت آنها از توان خرید هنرجویان موسیقی خارج است.

مشکلات کیفی و مباحث اقتصادی مطرح شده دنیا را بر آن داشت تا جایگزین مناسبی برای چوب در ساخت آلات موسیقی بیابد، بدین منظور تحقیقات علمی و عملی در این زمینه آغاز گردید و نهایتاً محصولاتی کامپوزیتی به بازار عرضه گردید. بسیاری از بررسی ها اثبات نموده است که استفاده از کامپوزیت های پلیمری به جای چوب، می تواند بسیاری از مشکلات فوق را برطرف نماید، به طوری که با استفاده از این مواد می توان، سازی اصلاح شده با مزایایی بسیار را تولید نمود، که در زیر به تعدادی از این مزایا پرداخته شده است (موسوی و پیرایش فر، ۱۳۸۷، ۲۸۸؛ پیرایش فر و موسوی، ۱۳۸۸، ۲۰۴؛ پیرایش فر و همکاران، ۱۳۸۹ ؛ Davis & colleagues, 2004,1):

۱. داشتن استحکام بسیار بالا؛
۲. اصلاح تاثیر پذیری از رطوبت؛
۳. کوتاه کردن مدت زمان تولید ساز
۴. توانایی تنظیم و اصلاح خواص آکوستیک کامپوزیت برای دستیابی به صدایی مطلوب و دلنشین؛
۵. ایجاد خواص گرمایی اصلاح شده (چوب به تنهایی از مقاوت گرمایی نسبتا پایینی برخوردار است ولی این کامپوزیت‌ها می توانند خواص خود را در محدوده دمایی بسیار بالایی حفظ کنند)؛
۶. قیمت پایین تر ساز؛
۷. بر طرف کردن نقائصی که قبلا به آنها اشاره شد؛
۸. جلوگیری از تخریب محیط زیست و حفظ منابع طبیعی.

این در حالی است که در ایران پژوهش های معدودی به صورت تئوری و عملی بر روی کامپوزیت های پلیمری برای جایگزینی چوب خصوصاً در ساخت ادوات موسیقی صورت گرفته است (موسوی و پیرایش فر، ۱۳۸۷، ۲۸۰-۲۹۶؛ پیرایش فر و موسوی، ۱۳۸۸، ۲۰۴-۲۱۴). گرچه در کارهای قبلی انجام شده توسط نویسندگان، خواص فیزیکی مکانیکی، جذب رطوبت، خواص آکوستیکی نمونه های کامپوزیتی به عنوان جایگزین چوب در آلات موسیقی مورد بررسی قرار گرفته (موسوی و پیرایش فر، ۱۳۸۷، ۲۸۰-۲۹۶؛ پیرایش فر و موسوی، ۱۳۸۸، ۲۰۴-۲۱۴؛ پیرایش فر و همکاران، ۱۳۸۹)، اما رشد روزافزون این کامپوزیت ها در جهان و لزوم آشنایی و ساختِ سازهای ایرانی با استفاده از این کامپوزیت های پلیمری، گستره وسیع مواد ما را بر آن داشت تا با تغییر مواد انتخابی و یا روش ساخت کامپوزیت هایی با خواص استثنایی تهیه نماییم و با تحلیلی عمیق تر به بررسی انواع مختلف این نوع کامپوزیت ها بپردازیم. از این رو در این مقاله مواد و روش های ساخت آلات موسیقی با استفاده از کامپوزیت های پلیمری معرفی و به بیان خصوصیات هریک از آنها پرداخته شد.

معایب کلی چوب برای کاربرد در ساخت آلات موسیقی

بطوریکه در فوق اشاره شد، اگرچه کاربرد چوب در ساخت آلات موسیقی گسترده می باشد اما این کاربرد همیشه با مشکلاتی همراه بوده که در زیر به شرح تعدادی از آنها پرداخته شده است:

- وجود گره : گره عبارتست از اثر شاخه روی تنه که در اثر رشد جوانه های جانبی بوجود می آید. وزن گره ها معمولاً از دیگر اجزای چوب بیشتر و ساختار آن پیچیده تر است. بطورکلی گره ها از علل اصلی کاهش مقاومت کششی و خمشی چوب می باشند. وجود گره در چوب، معمولاً مشکلات زیادی را نیز متوجه سازندگان سازهای موسیقی می کند، زیرا وجود گره در چوب تاثیرات بسیار شدیدی بر صدای ساز تولید شده خواهد داشت.
- **ثابت نبودن خواص**: چنانچه اشاره شد چوب با گذشت زمان خواصش تغییر می کند، به همین دلیل صدای ساز چوبی نیز همیشه دستخوش تغییر است. پدیده فوق یکی از مشکلات همیشگی آلات موسیقی بوده که علت آن نیز ساختار متخلخل چوب است.
- **خواص متفاوت چوب در قسمت‌های مختلف یک درخت و همچنین در درختان مختلف از یک گونه**: این پدیده در ساخت آلات موسیقی مشکلات بسیار زیادی را ایجاد می نماید زیرا سازنده ساز قبل از اتمام ساختِ ساز، نمی تواند از مطلوب بودن صدای آن ساز اطمینان حاصل کند.
- **تاثیر پذیری شدید از رطوبت**: چوب به دلیل ساختار سلولزی، بسیار آب دوست بوده و جذب رطوبت بالایی دارد. این در حالی است که جذب رطوبت توسط ساز چوبی، تاثیراتی آنی و شدید بر روی صدادهی آنها خواهد داشت. پدیده فوق یکی از مشکلات بزرگ سازهای چوبی می باشد که دائماً در سالن ها و سایر مکان های اجرا، ناهمگونی های بسیاری را موجب می گردد.
- **تردی و شکنندگی**: به طور کلی ساختار چوب، ساختاری شکننده می باشد که علت این پدیده خواص مکانیکی ضعیف چوب است که این مورد در سازهای موسیقی که ضخامت چوب در آنها بسیار کم می باشد، شدت بیشتری می یابد. به همین دلیل شکستن سازها در هنگام انتقال و جابه جایی، پدیده ای بسیار رایج می باشد.
- **شکل پذیری مشکل**: تنها راه شکل دهی چوب برش آن در اشکال دلخواه می باشد که این شکل دهی غالباً به صورت دستی بوده و بسیار زمان بر و سخت است. در این میان فرآیند زمان بر و بسیار سخت تولید سازهای موسیقی، بازار این سازها را نیز تحت تاثیر قرار داده و در سازهای بسیار زیادی خطاهای سازنده موجب صدادهی بد آنها گردیده است.
- **گسیختگی**: گسیختگی در چوب های قطع شده دیده می شود و علت آن اختلاف شدت از دست دادن رطوبت در سطح و عمق چوب می باشد که سبب تغییر شکل چوب می گردد. این مورد در کنار اثر دائمی نیروی اعمالی توسط سیم ها، از علل اصلی تغییر شکل چوب در آلات موسیقی می باشد که این پدیده بیشتر در دسته سازهای زهی مانند سه تار، تنبور، تار و ..... مشهود است.
- **وجود شکاف**: یکی از دلایل ایجاد شدن شکاف در چوب، تغییرات ناگهانی هوا می باشد که این پدیده در سازهای موسیقی نیز مشکلاتی را به وجود می آورد، به طوریکه در بسیاری از سازها شکاف هایی بسیار کوچک و کاملا سطحی که شاید تاثیرات بسیار کمی بر صدادهی ساز داشته باشند، وجود دارد.
- **پوسیدگی**: چوب به دلیل ساختار کاملاً طبیعی، خیلی زود در شرایط محیطی تجزیه و تخریب می شود و به همین دلیل عمر سازهای چوبی غالباً کوتاه و کمتر از چندین سده می باشد.

با توجه به تمامی معایب فوق، به نظر می رسد طراحی و ساخت کامپوزیت هایی پلیمری که در آنها مشکلات فوق حل شده باشند، امری بسیار مفید و سودمند در ارتقای کیفی ساز های موسیقی می باشد. البته باید توجه داشت کاربرد چوب در ساخت آلات موسیقی دارای مزایایی نیز هست، به عنوان مثال یکی از برجستگی های چوب برای استفاده در سازهای موسیقی، وجود نقش و نگار های زیبا در آن می باشد که همین سبب تولید ساز هایی زیبا می گردد. این در حالی است که کامپوزیت های پلیمری نیز از زیبایی خاص خود برخوردارند، بطور مثال، ساز ساخته شده با الیاف شیشه بسیار زیبا و همچون کریستال شفاف می باشند. همچنین بدلیل خصوصیات مهندسی خاص کامپوزیت های پلیمری، سازنده ساز از آزادی های بسیار زیادی برخوردار می باشد، بطوری که می تواند با وارد کردن یک لایه نازک از پارچه ابریشمی در لایه بیرونی ساز، سازی با زیبایی های شگفت انگیز را وارد بازار موسیقی نماید. در این مورد بررسی های گوناگون اثبات نموده است که این لایه نازک تاثیر چندانی در صدادهی ساز نخواهد داشت و یا با ایجاد تغییراتی بسیار جزئی در انتخاب مواد و نحوه چیدمان آنها، می توان به راحتی آن اثر جزئی را نیز از بین برد.

یکی دیگر از محاسن بسیار بزرگ استفاده از کامپوزیت ها در ساخت آلات موسیقی، ساخت ساز هایی مهندسی که صدادهی آنها از قبل پیش بینی شده، می باشد. زیرا با توجه به خواص مواد اولیه مورد استفاده و همچنین ترکیب درصد های آنها، می توان خواص آکوستیک کامپوزیت نهایی را به راحتی پیش بینی نمود، یعنی می توان با انتخاب مناسب مواد اولیه و همچنین ترکیب درصد مناسب، امکان ساخت سازی با خواص از پیش تعیین شده را میسر نمود. مطالعات نشان داده است که با بررسی های فیزیکی می توان تشخیص داد که برای خلق صدا های جدید چه خواص آکوستیکی مورد نیاز می باشد (Parry,1965)، که در این میان با تغییر دادن نوع مواد و همچنین میزان ترکیب درصدهای آنها، می توان به راحتی به آن مقادیر خاص رسید. در این میان تنوع بسیار وسیع موجود در مواد اولیه کامپوزیت ها امکان رسیدن به هر خواصی را برای ما میسر می سازد، به طوری که با استفاده از الیاف کربن مدول بالا می توان به کامپوزیتی با مدول الاستیک بسیار بالا و حتی بیشتر از 700GPa دست یافت. این یکی از قابلیت های بسیار بزرگ کامپوزیت ها است که می تواند سبب ایجاد تحولاتی بسیار بزرگ در موسیقی و حتی به تولید ساز هایی جدید منجر گردد. این در حالی است که انجام چنین فعالیت هایی با استفاده از چوب غیر ممکن می باشد.

نگاهی گذرا به ساختار شیمیایی چوب

به طور کلی ساختار چوب، ساختاری لیفی می باشد که در آن لیف های سلولزی توسط چسب لیگنین در کنار هم قرار گرفته اند. درتصویر۱ ساختار شیمیایی چوب از دو دید میکروسکوپی و ماکروسکوپی نشان داده شده است:

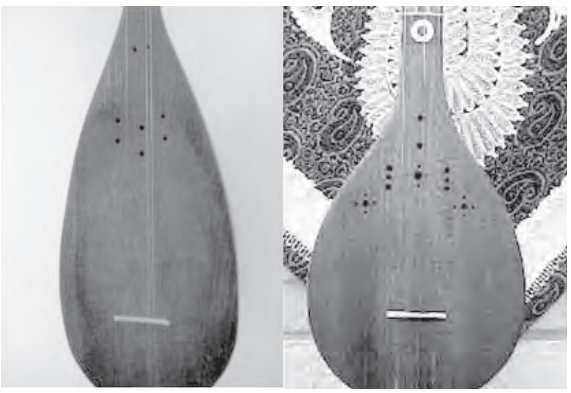
چنانچه در تصاویر فوق ملاحظه می گردد الیاف چوب فقط در یک جهت قرار گرفته اند و به همین دلیل خواص چوب فقط در جهت الیاف قابل ملاحظه می باشد. چنانچه در تصویر۱ الف مشاهده می شود ساختار چوب به دلیل وجود آوندهای انتقال دهنده آب و سایر مواد غذایی، ساختاری غیرپیوسته می باشد، که شدت و جهت گیری این آوندها در چوب های مختلف متفاوت بوده و تاثیر بسیار زیادی بر روی خواص فیزیکی مکانیکی گونه های متفاوت چوب دارد.

در این میان جهت گیری الیاف چوب در ساخت آلات موسیقی نیز بسیار مهم و تاثیرگذار است، به طوریکه برای ساخت تخته صدای آلات موسیقی، الیاف چوبی باید کاملاً در راستای طولی و موازی با سیم های ساز قرار گیرد. این موضوع در تصویر۲ که تصویری از یک سه تار و تنبور می باشد، نشان داده شده است.

کامپوزیت های چوب پلاستیک

کامپوزیت های چوب پلاستیک یا چوب پلیمری، آمیزه‌ای از خرده ها و تکه های کوچک چوب در داخل یک پلیمر یا چسب می باشد که این چسب (رزین) با پیوندهای قوی این ذرات چوب را به صورت یکپارچه نگه داشته است. چوب های پلیمری می توانند تا حدود زیادی بر مشکلات ناشی از به کارگیری چوب فایق آیند. سرعت تولید و تهیه بالا، ضربه پذیری مناسب، مقاومت خوب در برابر رطوبت و.... همه و همه با استفاده توامان پلیمر در کنار چوب، بدست می آید (میرشکرایی،۱۳۷۳).

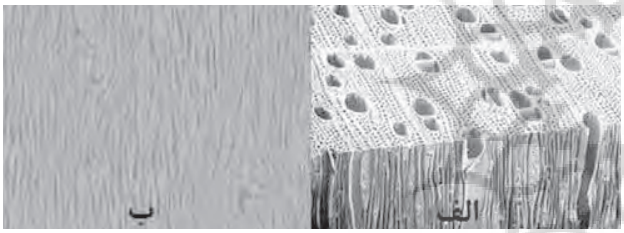
در این میان همکاری نزدیک هنرمندان موسیقی و شیمیدان ها باعث گردید تا چوب های پلیمری به بازار ابزارآلات موسیقی نیز راه پیدا کنند. استفاده از پلیمر در کنار چوب خواص ویژه‌ای را ایجاد می کند (Walker, Martin,1956) که با توجه به مسائل بیان شده جالب توجه است و می توان با در نظر گرفتن این ویژگی ها مشکلات و نقائص ذاتی چوب را برای کاربرد در ساخت آلات موسیقی از میان برد.



تصویر ۲- عکس از یک سه تار (سمت راست) و یک تنبور (سمت چپ)، که در هر دو جهت گیری الیاف چوب دقیقاً موازی با راستای سیم های ساز می باشد.

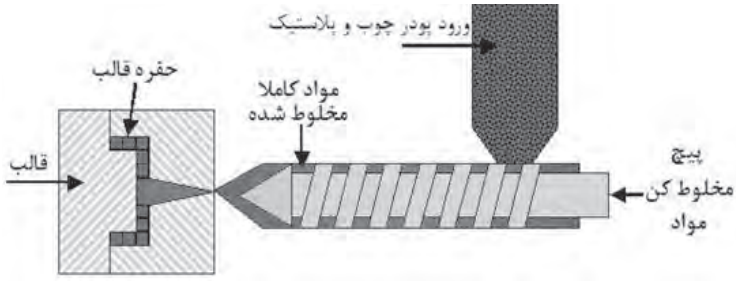
حسن دیگر استفاده از چوب های پلیمری در ساخت ساز های موسیقی ساده کردن فرایند ساخت ساز است (Wegst, 2006). مثلاً با استفاده از این مواد جدید، با روش قالبگیری و تزریق بدنه ویلون و ویولنسل تنها در چهار بخش کلی و مجزا (صفحه رو، صفحه زیر، صفحه انگشت گذاری، چانه و خرک) تولید می شوند و می توانیم ویلون را بجای آنکه با ۷۰ قطعه تولید کنیم با ۲۰ قطعه این کار را انجام دهیم (تصویر۱).

در این میان قالب گیری تزریقی پرکاربردترین روش برای تولید کامپوزیت های چوب پلاستیک می باشد، در این روش پودر چوبی که قبلاً خشک شده است به همراه دانه های پلیمری وارد دستگاه شده و پس از آن وارد بخش گرمکن می شود. در آنجا دانه های پلیمر ذوب شده و دور پودر چوب را می گیرند، همچنین چرخش پیچ مخلوط کن سبب اختلاط کامل پلیمر ذوب شده و پودر چوب می گردد. در نهایت مخلوط حاصله تحت فشار پیچ مخلوط کن وارد قالب شده و پس از سرد شدن قالب، نمونه نهایی در شکل های مختلف از قالب خارج می گردد (Walker, 1956).



تصویر ۱- ساختار شیمیایی چوب که از الیاف تک جهت تشکیل شده است الف: عکس میکروسکوپی از الیاف چوب ب:عکس ماکروسکوپی که نشان دهنده جهت گیری تک جهت الیاف چوب می باشد.
ماخذ: (Bodig, 1982)

تصویر ۳- چگونگی ساده شدن ساخت ساز با استفاده از چوب های پلیمری و روش قالب گیری.
ماخذ: (موسوی و پیرایش فر، ۱۳۸۷،۲۸۲)



تصویر ۴- مکانیسم عمل در روش قالب گیری تزریقی.

بررسی دقیق ساختار لیفی چوب که از الیاف احاطه شده توسط چسب لیگنین تشکیل شده است، شیمیدانان را بر آن داشت که جایگزینی همانند و هم شکل چوب برای آن بیابند. از آنجا که چوب ها از الیاف طبیعی درست شده اند، این ساختار شیمیدان ها را به ساخت چوب های پلیمری که با الیاف مصنوعی درست شده اند سوق داد. در واقع این بار به جای استفاده از مخلوط چوب و پلیمر برای ساخت چوب های پلیمری، از کامپوزیت الیاف و پلیمر استفاده گردید. این نوع کامپوزیت ها علاوه بر ظاهر زیباتر و تداعی جلوه‌ای شکیل تر، مقاومت های خارق العاده‌ای را نیز ایجاد می‌کنند. به بیان ساده تر محصولی با این ویژگی ها بر تمامی مشکلات مطرح شده در مورد چوب غلبه کرده و تخته صدایی استثنایی را به بازار موسیقی وارد می‌کند. برای ساخت چنین کامپوزیت هایی الیاف مختلف با قابلیت ها و خواص متفاوت، به کار گرفته می شود و بدیهی است که استفاده از مواد مختلف، خواص گوناگون را ایجاد می‌کند. به منظور آشنایی بیشتر با این مواد، اسامی آنها به همراه مختصری در مورد خواص آنها در ذیل آورده شده است.

الیاف کربن

مشخصه الیاف کربن سبکی، استحکام و سختی بالا می‌باشد. الیاف کربن دارای خواص بسیار خوبی در مقابل کشش و خمش بوده و جلاپذیری آنها نیز مناسب است، همچنین مقاوم در برابر رطوبت و تغییرات دمایی هستند (هاشمی، ۱۳۷۲).

الیاف شیشه

الیاف شیشه مشهورترین تقویت کننده مورد استفاده در صنعت کامپوزیت می‌باشد. تقریباً ۹۰ درصد الیاف مورد استفاده در کامپوزیت های مهندسی الیاف شیشه می‌باشد. الیاف شیشه استحکام و سختی مناسبی دارد و خواص مکانیکی خود را در دماهای بالا حفظ می‌کند. همچنین این الیاف از مقاومت رطوبت و خوردگی مناسبی برخوردار است (Nielsen & colleagues,1994).

الیاف کولار

دانسیته کم و استحکام کششی بسیار بالای این الیاف، موجب تشکیل یک ساختار چقرمه و مقاوم به ضربه گردیده است. الیاف کولار در ابتدا به منظور جایگزینی فولاد در تایرهای رادیال ساخته شدند، ولی بعداً کاربردهای دیگری پیدا کردند (www.wikipedia.com).

استفاده از الیاف شیشه در موسیقی دریچه‌ای به سوی ساختِ سازهای نو، با ظاهری بسیار متفاوت است که این سازها همچون کریستال شفاف بوده و در رنگ های متنوع موجود می باشند. استفاده از الیاف کولار نیز می تواند ساخت سازهایی بسیار خوش صدا و همچنین محکم و ضربه پذیر را مقدور سازد. با این حال الیاف کربن پرکاربردترین ماده در ساخت انواع صفحات صوتی می باشد و دلیل آن خواص ارتعاشی و آکوستیکی فوق العاده این الیاف است.

همانند ساختار چوب که الیاف آن توسط چسب لیگنین در کنار هم قرار گرفته اند، برای تولید کامپوزیت های لیفی نیز الیاف مصنوعی با استفاده از چسب (رزین) های پلیمری در کنار هم قرار می گیرند، در این میان معروف ترین رزین های پلیمری رزین های پلی‌استر، اپوکسی، وینیل‌استر و فنولیک می باشند که عمده ویژگی های آنها مقاومت شیمیایی عالی، چسبندگی بسیار بالا، استحکام کششی و فشاری بسیار خوب، قابلیت پخت در دماهای مختلف و مقاومت خستگی ممتاز می باشد (Lee, Neville,1956 ، پاکزی فرد و میرعابدینی، ۱۳۸۹).

به منظور آشنایی بیشتر با خواص صوتی کامپوزیت های لیفی تعدادی از مهمترین پارامترهای صوتی در زیر تعریف و در جدول۱ مقادیر اندازه گیری شده توسط نویسندگان برای این پارامترها در کامپوزیت های الیاف کربن-رزین پلی استر، الیاف شیشه-رزین پلی استر و الیاف کولار-رزین پلی استر و نمونه چوب های درختان سروسیمین و توت سفید که کاربردهای بسیار بالایی در ساخت آلات موسیقی دارند، آورده شده است.

- **چگالی**: چگالی یکی از مهمترین پارامترهای فیزیکی است که تاثیر مستقیمی بر روی خواص ارتعاشی و آکوستیکی نمونه ها دارد، بطوریکه هرچه مقدار چگالی نمونه‌ای با فرض ثابت بودن سایر پارامترها کمتر باشد آن نمونه دارای قابلیت ارتعاش نمودن بیشتری می باشد (Roohnia, 2005, 2).
- **مدول الاستیک در جهت طولی**: به طور کلی مدول الاستیک یا یانگ از نسبت تنش و کرنش برای جسمی که تحت کشش قرار گرفته است، در کرنش های اولیه بدست می آید. به بیان ساده تر مدول الاستیک پارامتری است که مقدار سفتی نمونه را نشان می دهد. طبیعی است که هرچه نمونه ای سفت تر و مدول بالاتر باشد، قابلیت ارتعاش آن بیشتر بوده و دارای خواص آکوستیکی مطلوب تری می باشد (Roohnia, 2005, 2).
- **سرعت فراصوت در جهت طولی**: سرعت فرا صوت یکی از پارامترهای صوتی بسیار مهم می باشد بطوریکه هرچقدر مقدار این پارامتر برای نمونه‌ای بیشتر باشد قابلیت ارتعاش آن نمونه بیشتر خواهد بود و در نتیجه نمونه فوق برای ساخت تخته صدا مناسب‌تر خواهد بود. بررسی ها نشان داده است که سرعت فراصوت مطابق رابطه زیر به چگالی و مدول الاستیک در جهت طولی وابسته است.

$$V^2=E/\rho$$

در رابطه فوق E مدول الاستیک در جهت طولی، ρ چگالی و V سرعت فراصوت در جهت طولی نمونه می باشد (Roohnia, 2005, 3).

- ضریب آکوستیک: چنانچه بیان گردید چگالی و مدول الاستیک مهمترین پارامترهای فیزیکی و مکانیکی می باشند که دارای تاثیر مستقیم بر روی خواص ارتعاشی و آکوستیکی هستند. به منظور تعیین میزان تاثیر آنها در کنار همدیگر، پارامترهای متفاوتی تعریف شده اند که یکی از مهمترین آنها ضریب آکوستیک است که مطابق با رابطه زیر تعریف می گردد:

$$K= (E/\rho^3)^{0.5}$$

در رابطه فوق K ضریب آکوستیک، ρ چگالی و V سرعت فراصوت در جهت طولی نمونه می باشد (Roohnia, 2005, 23).

- فاکتور کیفیت: فاکتور کیفیت برابر نسبت انرژی تزریق شده در یک سامانه به انرژی تلف شده در آن سامانه است. این پارامتر که یکی از مهمترین پارامترهای آکوستیکی است، از مهمترین عوامل تعیین کننده مانایی و پایداری صدای ایجاد شده توسط آلات موسیقی می باشد، بطوریکه هرچقدر مقدار این پارامتر بیشتر باشد، مقدار انرژی تلف شده کمتر و در نتیجه مانایی و پایداری صدای ایجاد شده بیشتر خواهد شد (Roohnia, 2005, 25).
- فاکتور کارایی تبدیل صوتی: فاکتور کارایی تبدیل صوتی که از حاصل ضرب ضریب آکوستیک و فاکتور کیفیت بدست می آید، در اصل برآیندی از کل فاکتورهای در پیش گفته شده می باشد. بطورکلی هرچه مقدار فاکتور کارایی تبدیل صوتی در نمونه ای بیشتر باشد، آن نمونه برای ساخت آلات موسیقی مناسب تر است (Roohnia, 2005, 41).

چنانچه در جدول۱ ملاحظه می گردد، کلیه خواص آکوستیک نمونه های کامپوزیتی به خصوص نمونه کربنی بسیار فراتر از نمونه های شاهد چوبی است. این نتایج نشان می دهد که با استفاده از کامپوزیت های لیفی می توان سازهایی با صدادهی بسیار مطلوب و وسعت صدایی بالا تولید نمود. بعلاوه نتایج میرایی بدست آمده نشان می دهد که مانایی و پایداری صدای سازهای کامپوزیتی بسیار بیشتر از سازهای چوبی خواهد بود.

جدول ۱- خواص آکوستیک نمونه های الیاف کربن-رزین پلی استر، الیاف شیشه-رزین پلی استر و الیاف کولار-رزین پلی استر به همراه همین نتایج برای نمونه های شاهد از چوب درختان سرو سیمین و توت سفید.

	نمونه الیاف کربن و رزین پلی‌استر	نمونه الیاف شیشه و رزین پلی‌استر	نمونه الیاف کولار و رزین پلی‌استر	چوب درخت سرو	چوب درخت توت
چگالی (g/Cm3)	۱/۵۶	۱/۹۳	۱/۲	۰/۴۳۵	۰/۵۵۲
مدول الاستیک در جهت طولی (GPa)	۱۹۹/۴۷	۴۲/۹۴	۱۴۰/۵۴	۶/۱۸	۱۲/۰۴
سرعت فراصوت در جهت طولی (m/s)	۱۱۳۰۹/۷۶	۴۷۱۳/۶۰	۱۰۸۲۲/۰۵	۳۷۶۹/۲۰	۴۶۶۹/۶۶
ضریب آکوستیک	۲۲۹/۳۴	۷۷/۱۳	۲۳۳/۴۷	۲۷۴/۰۱	۲۶۷/۵۱
فاکتور کیفیت	۱۱۷۲/۷۵	۳۵۸/۱۷	۶۲۸/۵۳	۷۱/۹۲	۷۴/۱۹
کارایی تبدیل صوتی	۲۶۸۹۵۸	۲۷۶۲۵	۱۴۶۱۴۲	۱۹۷۰۶	۱۹۸۴۶

ماخذ: (Pedgley et. al, 2009, 168)

خواص آکوستیک شگفت انگیز و همچنین فرآیندپذیری آسان و سریع کامپوزیت ها، سبب رشد روزافزون این مواد در کاربردهای مختلف گردیده و روز به روز نیز بر حجم تولید آنها افزوده می شود. در تصویر۵ الف یک گیتار که تماماً با استفاده از الیاف کربن و رزین اپوکسی و در تصویر ۵ ب تخته صدای گیتار که توسط کامپوزیت های چوب پلاستیک ساخته شده اند، نشان داده شده است.

تصویر ۵- در قسمت الف یک گیتار که تماماً با استفاده از الیاف کربن-رزین اپوکسی و در قسمت ب تخته صدای یک گیتار که از کامپوزیت های چوب پلاستیک ساخته شده است، نشان داده شده است.

نتیجه

در این مقاله معایب کاربرد چوب در ساختِ آلات موسیقی از جمله تغییر خواص با گذشت زمان، خواص متفاوت چوب در قسمت های مختلف یک درخت و همچنین در درختان مختلف از یک گونه، تاثیر پذیری شدید از رطوبت، تردی و شکنندگی، وجود گره و .... مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. همچنین استفاده از کامپوزیت های پلیمری به عنوان جایگزین چوب در ساختِ آلات موسیقی مطرح گردید. این کامپوزیت ها قادرند تمامی معایب فوق را بر طرف و سازی بسیار خوش صدا با قابلیت های ویژه تولید نمایند

در این میان در ایران نیز با توجه اقدامات بسیار تاثیر گذار انجام شده در سال های گذشته در ساخت سازهایی جدید با ظاهر و صدایی متفاوت، به نظر می رسد بررسی بیشتر خواص آکوستیک این کامپوزیت ها و تولید صنعتی آنها بتواند اقدامی موثر در ارتقای کیفیت سازهای ایرانی و حتی خلق سازهایی جدید باشد. در نهایت شایان ذکر است که متخصصان توانمند داخلی که با درایت و هوش سرشار خود توانسته اند، در بسیاری از زمینه ها ایران اسلامی را به خودکفایی برسانند، در این مورد نیز می توانند تولید ساز های ایرانی را با استفاده از این کامپوزیت های پلیمری ممکن سازند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پی نوشت ها:

۱ Knot.
۲ High modulus carbn fiber.
۳ مدول الاستیک یکی از پارامترهای صوتی بسیار مهم است، به طوریکه هرچه مقدار این پارمتر برای یک نمونه بیشتر باشد، قابلیت ارتعاش آن نمونه بیشتر خواهد بود. مقدار مدول الاستیک برای چوب درخت توت 12GPa و برای پرارتعاش ترین چوب های جهان در حدود 20Gpa می باشد. این در حالی است که مقادیر این پارامتر در نمونه های کامپوزیتی بسیار بالا و غیر قابل مقایسه با چوب می باشد.
۴ Molding.
۵ Injection .
۶ Carbon fiber.
۷ Fiberglass.
۸ Aramaid fiber.

فهرست منابع:

اسکندری جم، جعفر و امیرسهیل پیرایش فر و امیر سهیل جلیلی و محمد مهدی موسوی و سید یحیی روح نیا و مهران (۱۳۸۹)، طراحی و ساخت کامپوزیت های پلیمری از الیاف طبیعی و مصنوعی با رزین پلی استر برای جایگزینی چوب در ساخت آلات موسیقی، دارای گواهی نامه پذیرش از دوفصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران.
ای. پی زی. (۱۳۷۳)، شیمی و تکنولوژی چسب چوب، ترجمه میرشکرایی، ا.، مرکز نشر دانشگاهی، تهران.

پیرایش فر، امیر سهیل و موسوی، سید یحیی (۱۳۸۸)، بررسی خواص آکوستیک کامپوزیت های لیفی بر پایه رزین اپوکسی، فصلنامه علمی پژوهشی هنر، شماره ۷۹.
زاهدی، حمید (۱۳۸۷)، تئوری موسیقی، اصول هارمونی(هوموفونی و پلی فونی و علوم موسیقی)، انتشارات پارت، تهران.
فیتذر، اریک(۱۳۷۲)، الیاف کربن و کامپوزیت های آن، ترجمه هاشمی، سید علی، انتشارات مرکز تحقیقات پلیمر ایران، تهران.
میسو، الکساندر(۱۳۸۹)، شیمی و تکنولوژی پوشش های پودری، ترجمه: پاکزی فرد، شهلا.، میر عابدینی، مجتبی، انتشارات پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، تهران.
موسوی، سید یحیی و پیرایش فر، امیر سهیل (۱۳۸۷)، کامپوزیت های پلیمری در خدمت موسیقی، فصلنامه علمی پژوهشی هنر، شماره ۷۵.

Bodig, J. and Jayne, B.A. (1982), *Mechanics of Wood and Wood Composites*, Van Nostrand Reinhold Company.
Davis, S.J. and Janes, R. and Bash, C.M. and Chou, P.J.C.(??), *One piece composite guitar body*, United State Patent 6, 683, 236 B2.
Lee, H. and Neville, K.(1957), *Epoxy Resins, Their Applications and Technology*, McGRAW Hill Book press.
Nielsen, L.E. and Landel, R.F. (1994), *Mechanical Properties of Polymers and Composites*, Marcel Dekker, INC press.
Parry, W. (1965), *A Music Course for Students*, Oxford University press.
Pedgley, O. and Norman, E. and Armstrong, R. (2009), Materials-inspired innovation for acoustic guitar design, *METU JFA* (26:1), 157-175.
Roohnia, M.(2005), *Study on Some Factors Affecting Acoustic Coefficient and Damping Properties of Wood Using Nondestructive Tests*, Ph.D. Thesis, Islamic Azad University Campus of Science and Researches.
Rujinirun, C. and Phinyocheep, P. and Prachyabrued, W.and Laemsak, N. (2005), Chemical treatment of wood for musical instruments, Part I: acoustically important properties of wood for the Ranad. *Wood Science and Technology*, Volume 39, Number1.
Walker, J.S. and Martin, E.R. (1956), *Injection Molding of Plastics*, The Plastics Institute Under The Title.
Wegst. U.G.K. (2006), Wood for sound, *American journal of Botanym*, Volume93, 1438-1448.
www.wikipedia.com

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی