کامپوزیت‌های پلیمری در خدمت موسیقی

سید یحیی موسوی
امیر سهیل پیرایش فر

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

امروزه در سراسر جهان استفاده از چوب در ساخت آلات موسیقی کاربرد بسیار دارد؛ چنانکه در ساخت اکثر سازهای ارف و سازهای آکوستیک و حتی در ساخت انواع پیانو از گونه‌های مختلف چوب استفاده می‌شود. به عنوان مثال استفاده از چوب‌هایی چون چوب لاله درختی، گردو، پائولو سانتو[۱]، سرو اسپانیایی، افرا[۲]، بلوط، صنوبر[۳]، اقاقیا[۴] و... را در ساخت گیتار و استفاده از چوب درختانی چون افرا، بید، آبنوس[۵]، اقاقیا، صنوبر و... را در ساخت ویولن می‌توان نام برد. 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، معایبی چون:

۱- نداشتن صدای مطلوب در محیط‌های مرطوب

۲- مقاومت کم در برابر ضربه

۳- زمانبر بودن فرآیند ساخت ساز به دلیل طولانی بودن مدت زمان فرآوری چوب.

۴- احتمال وجود مشکلاتی چون وجود گره در چوب که می‌تواند در ساخت سازی با کیفیت مطلوب و صدادهی مناسب ایجاد مشکل کند.

۵- ناسازگاری برخی وسایل جانبی ساز با چوب.

۶- امکان تغییر شکل ساز با گذشت زمان که غالباً در دسته سازهای زهی قابل رویت است.

۷- احتمال وجود خطای سازندگان در حین ساخت و یا تراشیدن ساز.

براساس گفته‌های تیبوت[۶] چوب با گذشت زمان خواصش تغییر می‌کند، چرا که چوبی که پانزده سال پیش از اروپا تهیه می‌شد، نسبت به چوب‌های امروزی سفید، سبک و چگال‌تر بوده است. همچنین چوب آمریکایی نیز نسبت به چوب‌های امروز زردتر و یا سرخ‌تر و چگال‌تر بوده است. به عنوان مثال سازنده ویولن مایل است از چوبی سفیدتر و چگال‌تر استفاده کند. همچنین شایان ذکر است که صدای ساز تهیه شده از چوب به علت ثابت نماندن خواص چوب با زمان ممکن است دستخوش تغییر شود.

عیب دیگری که به خاطر استفاده از چوب در سازها می‌توان 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 جنگل‌ها به عنوان محیط‌زیست جانوری و طبیعی حیوانات وحشی و ریه‌های تنفسی زمین می‌شود. امروزه برای حفاظت از این منابع طبیعی باید به فکر جایگزینی مناسب برای چوب در مصارف مختلف باشیم.

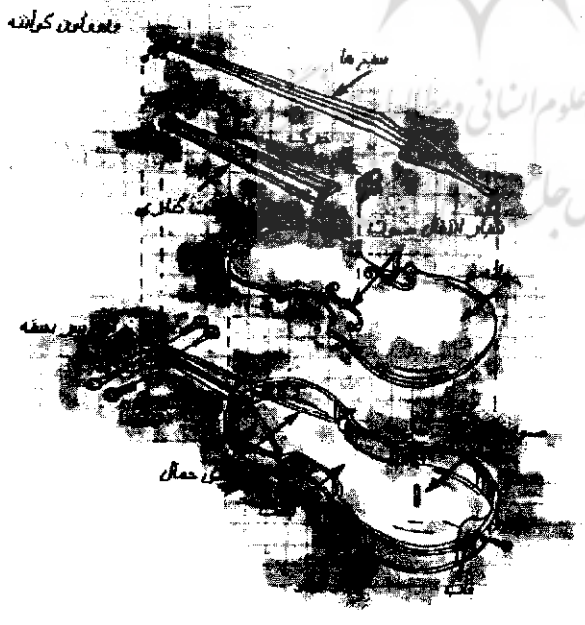
به نظر می‌آید وجود منابع محدود چوب و طولانی بودن زمان فرآوری آن، اقتصاد

سازهای چوبی را تحت تاثیر قرار داده و سبب می‌شود تا سازهای آماده با قیمت‌های بالاتر و بعضاً سرسام‌آور در بازار ابزارآلات موسیقی عرضه شوند، به طوری که عمدتاً قیمت آنها از توان خرید هنرجویان موسیقی خارج است.

شاید مشکلات کیفی و مباحث اقتصادی مطرح شده دنیا را بر آن داشت تا جایگزین مناسبی برای چوب در صنعت بیابد، بدین‌منظور تحقیقات علمی و عملی در این زمینه آغاز شد و نهایتاً محصول جدیدی به نام کامپوزیت چوب پلیمر[۷] (WPC) به بازار عرضه شد.

WPC یا به عبارت ساده‌تر همان چوب پلیمری، آمیزه‌ای از خرده‌ها و تکه‌های کوچک چوب در داخل یک پلیمر یا چسب است. که این چسب (رزین) با پیوندهای قوی این ذرات چوب را به صورت یکپارچه نگه داشته است. چوب‌های پلیمری توانستند تا حد زیادی بر مشکلات ناشی از به کار گیری چوب فایق آیند. سرعت تولید و تهیه بالا، ضربه‌پذیری مناسب، مقاومت خوب در برابر رطوبت و... همه و همه به خاطر استفاده توأمان پلیمر در کنار چوب، به دست می‌آید.

در این میان همکاری نزدیک هنرمندان موسیقی و شیمیدان‌ها باعث شد تا چوب‌های پلیمری به بازار ابزارآلات موسیقی نیز راه پیدا کنند. استفاده از پلیمر در کنار چوب

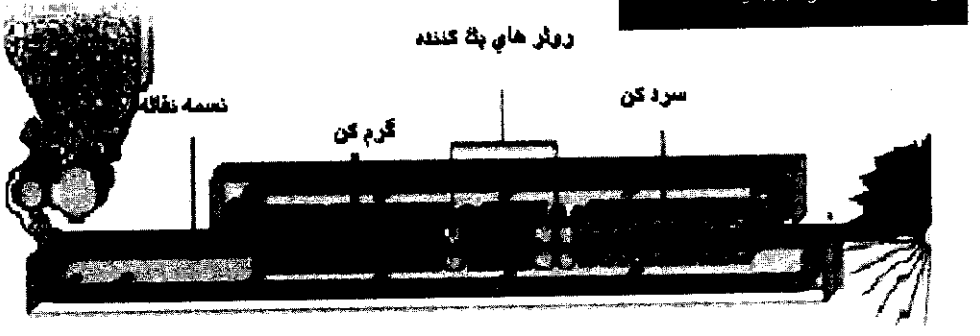


شکل ۱ عکس‌برگی ساده شده ساخت سازها با استفاده از چوب‌های مصنوعی و روش قالب‌گیری

خواص ویژه‌ای را ایجاد می‌کند که با توجه به مسائل بیان شده جالب توجه است و می‌توان با در نظر گرفتن این ویژگی‌ها مشکلات و نقائص ذاتی چوب را از میان برد.

حسن دیگر استفاده از چوب‌های پلیمری در ساخت سازهای موسیقی ساده کردن فرآیند ساخت ساز است، مثلاً با استفاده از این مواد جدید، با روش قالب‌گیری[8] و تزریق[9] بدنه ویولن، ویولا، سلو و باس، تنها در چهار بخش کلی و مجزا (صفحه رو، زیر، صفحه انگشت گذاری، چانه و خرک) تولید می‌شوند و می‌توانیم ویولن را به جای آنکه با ۷۰ قطعه تولید کنیم با ۲۰ قطعه این کار را انجام دهیم. (شکل ۱)

در این میان می‌توان به روش جدید کاسکید[10] که مخصوص پلیمر و چوب است اشاره کرد. در این روش پودر چوبی که قبلاً پوست‌گیری و خشک شده است، به همراه دانه‌های پلیمری وارد دستگاه شده و برای آنکه حداکثر مواد اولیه بتواند وارد دستگاه شود، با گرم کننده‌ای که در ورودی آن تعبیه شده است رطوبت باقی‌مانده در چوب نیز گرفته می‌شود (شکل ۲). پس از عبور از گرم‌کن‌ها مواد روی تسمه طویل متحرکی قرار می‌گیرند و همراه آن وارد بخش گرم‌کن می‌شوند و در آنجا دانه‌های پلیمر ذوب می‌شوند و دور پودر چوب را می‌گیرند. به منظور فشردگی بیشتر، مواد از بین رولرهای پک کننده‌ای نیز عبور می‌کنند و سپس وارد ناحیه‌ای که دمای آن پایین است می‌شوند و در این ناحیه مواد، جامد شده و سخت می‌شوند و نهایتاً در شکل‌های مختلفی بریده می‌شوند. با این روش می‌توان محصولاتی حاوی ۶۰ درصد چوب با عرض ۲ متر و ضخامت ۸ تا ۱۰ میلیمتر تولید کرد.



برای بررسی بهتر خواص چوب‌های پلیمری بهتر است ابتدا انواع و خواص چوب‌ها، اجزای سازنده چوب و معایب کلی چوب‌ها را بررسی کنیم:

تقسیم بندی انواع چوب:

سخت چوب‌ها: این دسته، شامل چوب درختان پهن‌برگ است. بافت چوب درختان پهن‌برگ تنها در زمانی که درخت برگ دارد، رشد می‌کند. رشد و نمو در بهار شروع و به مرور در پاییز متوقف می‌شود. لذا رنگ حلقه سالیانه این درختان از بهار تا پاییز به طور یکنواخت شروع به تیره شدن می‌کند. نام «سخت چوب» به‌دلیل نوع بافت آنهاست و دلیل بر سخت‌تر بودن کلیه چوب‌های این دسته نمی‌باشد.

برخی از درختان پهن‌برگ عبارتند از: گردو، انجیر، بلوط، چنار، سپیدار و افرا. از جمله موارد استفاده از این نوع چوب‌ها، ساخت مبلمان، در و پنجره و نازک‌کاری در ساختمان است.

نرم چوب‌ها: شامل چوب درختان سوزنی‌برگ است. بافت چوب درختان سوزنی‌برگ در طول سال، زمان رشد بیشتری دارد. این نوع درختان در بهار و تابستان با شدت بیشتری رشد می‌کنند و سپس تا پایان فصل سرما این رشد و نمو به کندی می‌گراید و به آرامی ادامه پیدا می‌کند. به این دلیل، چوب پاییزه و بهاره در حلقه سالیانه به‌راحتی از یکدیگر تمیز داده می‌شود و رنگ آنها این مسئله را مشخص می‌کند.

در فصل بهار، وجود آب فراوان و خاک سرشار از مواد غذایی، موجب می‌شود که سلول‌های پهن با دیواره نازک تشکیل شوند و بافتی متخلخل و نسبتاً کمرنگ به‌وجود آورند. اما با کاهش سرعت رشد در اواخر تابستان، چوب پاییزه تشکیل می‌شود که متشکل از الیاف دیواره ضخیم است و به ساقه مقاومت و استحکام مکانیکی می‌دهد و فشرده‌تر، تیره‌تر و مقاوم‌تر از چوب بهاره است.

اجزای تشکیل‌دهنده چوب:

این اجزا عمدتاً عبارتند از: کربوهیدرات‌ها[11] (سلولز[12] و همی‌سلولز[13])، لیگنین[14] و مواد

استخراجی.

- سلولز:

سلولز یکی از پلیمرهایی است که در طبیعت به مقدار فراوان وجود دارد. سلولز، جزء اصلی چوب است. در اغلب گونه‌ها در حدود ۴۰ تا ۴۵٪ چوب خشک، سلولز است. چوب، کاغذ، کتان و طناب‌های کنفی همه از سلولز درست شده‌اند.

سلولز یک فیبر[۱۵] بسیار خوب است و در ساختار آن پیوندهای هیدروژنی[۱۶] بسیار قوی وجود دارد، به همین دلایل سلولز از مقاومت کششی بالایی برخوردار است و در اغلب حلال‌ها، نامحلول است. سلولز به خاطر این خواص به عنوان ماده ساختمانی در دیواره سلول‌های چوب عمل می‌کند.

- لیگنین:

لیگنین در سال ۱۸۱۹ توسط «کاندوله[۱۷]» شناخته شد و اسم آن از کلمه لاتین لیگنیوم[۱۸] که معنای آن چوب است گرفته شده است و این ماده بعد از سلولز بیشترین پلیمر زنده بر روی زمین است و تقریباً، یک چهارم تا یک سوم وزن چوب خشک را در بر می‌گیرد.

لیگنین در تمام گیاهان دارای آوند وجود دارد و غالباً در داخل سلول‌ها موجود است، اما گاهی در دیواره سلول‌ها نیز وجود دارد و کار آن با قاعده کردن انتقال مایعات در گیاهان زنده است و همچنین این ماده سبب می‌شود که درخت بلندتر و ساختار آن کامل‌تر شود. محققان به این نتیجه رسیده‌اند که این ماده برای سوخت‌وساز سلول نیز ضروری است.

مواد استخراجی:

تعداد زیادی از اجزای شیمیایی موجود در چوب که در کل بخش کوچکی را تشکیل می‌دهند، در حلال‌های آلی خنثی و در آب انحلال‌پذیرند؛ این اجزا را مواد استخراجی می‌گویند. در ترشحات بیرون‌زده از درخت که بر اثر آسیب‌های مکانیکی یا حمله

حشرات و قارچ‌ها تراوش می‌کنند نیز ترکیب‌های مشابهی مشاهده می‌شود.

مواد استخراجی چوب عبارتند از:

- ترپنوییدها[19] و استرووییدها[20]
- چربی‌ها و موم‌ها
- عصاره‌های فنلی[21]
- ترکیبات معدنی[22]

معایب کلی چوب‌ها:

- وجود گره[23]: گره عبارتست از اثر شاخه روی تنه که در اثر رشد جوانه‌های جانبی به‌وجود می‌آید. گره‌ها به‌دلیل بافت پیچیده، وزن زیادتر و سختی بیشتر باعث کاهش مقاومت کششی و خمشی چوب می‌گردند.
- گسیختگی[24]: گسیختگی در چوب‌های قطع شده دیده می‌شود و علت آن اختلاف شدت از دست دادن رطوبت در سطح و عمق چوب است که سبب تغییر شکل چوب می‌شود.
- تردی و شکنندگی
- پوسیدگی
- وجود شکاف: که غالباً در اثر سرمای ناگهانی ممکن است ایجاد شود.

وجود نقش و نگارهای بسیار زیبا و ظریف در چوب و همچنین برش‌خوری و شکل‌پذیری بسیار خوب آن شیمیدان‌ها را بر آن داشت که جایگزینی همانند و هم‌شکل چوب برای آن بیابند. از آنجا که چوب‌ها از الیاف طبیعی درست شده‌اند، این ساختار شیمیدان‌ها را به ساخت چوب‌های پلیمری که با الیاف مصنوعی درست شده‌اند سوق داد. در واقع این بار به جای استفاده از کامپوزیت (مخلوط) چوب پلیمر برای ساخت چوب‌های پلیمری، از کامپوزیت الیاف و پلیمر استفاده کردند این نوع کامپوزیت‌ها علاوه بر ظاهر زیباتر و تداعی جلوه‌ای شکیل‌تر از چوب، مقاومت‌های خارق‌العاده‌ای را نیز ایجاد کردند. به بیان ساده‌تر محصولی با این ویژگی‌ها بر تمامی مشکلات مطرح

شده در مورد چوب غلبه کرده و چوبی استثنایی را به بازارموسیقی وارد می‌کند.
برای ساخت چنین کامپوزیت‌هایی الیاف مختلف و پلیمرهای متنوع با قابلیت‌ها و خواص متفاوت، به کار گرفته شدند. بدیهی است که استفاده از مواد مختلف، خواص گوناگون ایجاد می‌کند به منظور آشنایی بیشتر با این مواد، اسامی آنها به همراه مختصری در مورد خواص آنها ذیلا اشاره شده است.
انواع الیاف مورد استفاده عبارتند از:

- الیاف شیشه[۲۵]

الیاف شیشه مشهورترین تقویت کننده مورد استفاده در صنعت کامپوزیت می‌باشد. تقریباً ۹۰ درصد الیاف مورد استفاده در کامپوزیت‌های مهندسی الیاف شیشه است. 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.

- الیاف آرامید[۲۶]

اولین بار الیاف آرامید در حدود سال‌های ۱۹۷۰ معرفی شد. دانسیته کم و استحکام کششی بسیار بالای این الیاف، موجب تشکیل یک ساختار چقرمه و مقاوم به ضربه گردیده است، ولی قیمت این الیاف گران است.
الیاف آرامید در ابتدا به منظور جایگزینی فولاد در تایرهای رادیال ساخته شدند و بعداً کاربردهای دیگری پیدا کردند. جلیقه ضد گلوله از موفقیت‌آمیزترین کاربردهای الیاف آرامید است.

- الیاف کربن[۲۷]

مشخصه الیاف کربن، سبکی، استحکام و سختی بالا است. فیبرهای کربن دارای خواص بسیار خوبی در مقابل کشش و خمش بوده و جلاپذیری آنها مناسب است.

همچنین مقاوم در برابر رطوبت و تغییرات دمایی هستند. از جنبه اقتصادی نیز می‌توان گفت قیمت مناسبی دارند. مهم‌ترین شکل الیاف کربن به‌صورت پارچه است که در بافت‌های مختلف وجود دارد.

استفاده از الیاف شیشه‌ای (یا فایبرگلاس) در موسیقی دریچه‌ای به سوی ساخت سازهای نو، با ظاهری بسیار متفاوت است که این سازها همچون کریستال شفاف بوده و در رنگ‌های متنوع موجود می‌باشند.

همچنین استفاده از الیاف آرامید، می‌تواند ساخت سازهای بسیار محکم و ضربه‌پذیر را برای ما مقدور سازد.

با این حال فیبر کربن پرکاربردترین ماده در ساخت انواع صفحات صوتی می‌باشد و دلیل آن خواص مناسب و در عین حال قیمت مناسب این الیاف است.

استفاده از کامپوزیت‌های پلیمری به جای چوب مزایایی را با خود به ارمغان خواهد آورد. مزایایی چون:

۱) داشتن استحکام بسیار بالا

۲) اصلاح تأثیرپذیری 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 مقاومت گرمایی نسبتاً پایینی برخوردار است، ولی این کامپوزیت‌ها می‌توانند خواص خود را در محدوده دمایی بسیار بالایی حفظ کنند.)

۶) قیمت پایین‌تر ساز

۷) بر طرف کردن نقایصی که قبلاً به آنها اشاره شد.

۸) جلوگیری از تخریب محیط‌زیست و حفظ منابع طبیعی

در صورت تمایل به استفاده از انواع الیاف برای ساخت کامپوزیت‌ها، باید توجه داشت

که کاربرد الیاف همواره با استفاده از رزین‌ها مقدور است، که در این میان انواع رزین‌ها عبارتند از:

- رزین‌های اپوکسی[۲۸]
- رزین پلی‌استر[۲۹]
- رزین وینیل‌استر[۳۰]
- رزین فنولیک[۳۱]

شاید بتوان گفت که یکی از پرمصرف‌ترین رزین‌ها در ساخت کامپوزیت‌ها خصوصاً کامپوزیت‌های پلیمری جایگزین چوب، رزین‌های اپوکسی هستند که در ذیل به اختصار به تاریخچه این رزین‌ها، موارد مصرف و ویژگی‌های آنها می‌پردازیم.

رزین‌های اپوکسی در کاربردهای مختلفی از قبیل پوشش سطح، چسب، روکش‌دهی[۳۲] و... استفاده می‌شوند. بسیاری از قطعات ساخته شده از جنس الیاف کربن و رزین اپوکسی جایگزین آلیاژهای فلزی مرسوم شده و نتایج مطلوبی نیز به همراه داشته‌اند.

بالا بودن هزینه‌های تولید رزین اپوکسی قبل از جنگ جهانی دوم، مانع از تجاری شدن کاربرد آن شده بود. تلاش‌های بعدی و ابداع روش‌های تولید جدید، موجب پیدایش مقبولیت اقتصادی این رزین‌ها شد. در حال حاضر نیمی از رزین‌های اپوکسی تولید شده، در کاربردهای روکش سطح استفاده می‌شوند و باقیمانده در صنایع الکتریکی و الکترونیک، هوا فضا، ساختمان و سایر کاربردها، استفاده می‌شوند. اپوکسی می‌تواند در حضور عوامل پخت و سخت‌کننده‌ها[۳۳]، یک ساختار شبکه‌ای مستحکم را تشکیل دهد.

عمده ویژگی‌های اپوکسی‌ها عبارتند از:

- مقاومت شیمیایی عالی
- چسبندگی بسیار عالی
- استحکام کششی، فشاری و خمشی بسیار بالا
- پایین بودن جمع‌شدگی پخت
- پایداری ابعادی
- عایق عالی الکتریسیته

- دوام بالا در شرایط سخت محیطی
- قابلیت پخت در دماهای مختلف
- مقاومت خستگی ممتاز
- نداشتن بو

سایر رزین‌ها نیز در موارد خاص و با توجه به نوع کاربری مورد استفاده قرار می‌گیرند، اما همانگونه که در قبل نیز ذکر شد، معروف‌ترین کامپوزیت‌های الیاف- پلیمر که جایگزین بسیار مناسبی برای چوب می‌باشند کامپوزیت‌های الیاف کربن - رزین اپوکسی هستند که قادرند تا حد زیادی نقایص و معایب موجود به خاطر استفاده از چوب را بر طرف کنند و یک چوب مصنوعی با خواص استثنایی ایجاد کنند.

برای ساخت کامپوزیت‌های الیاف کربن - رزین اپوکسی روش‌های مختلفی وجود دارد که هر یک از این روش‌ها الیاف کربن را گونه‌ای خاص در کنار رزین اپوکسی قرار می‌دهد و لذا کامپوزیت‌های الیاف کربن- اپوکسی به دست آمده در هر روش دارای خصوصیات متفاوتی خواهد بود، بدین معنا که نوع روش انتخاب شده برای ساخت کامپوزیت الیاف کربن - رزین اپوکسی بر روی خواص آن تأثیرگذار بوده و هر روش مزایا و معایب مختص خود را دارد.

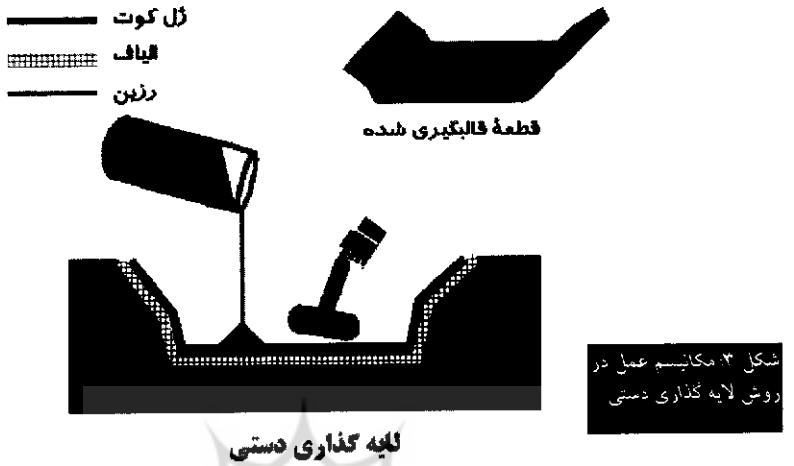
در ذیل به اختصار به برخی از روش‌هایی که برای ساخت کامپوزیت‌های الیاف - پلیمر استفاده می‌شود، اشاره شده است:

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۱. روش لایه گذاری دستی[۳۴]

در این روش، ابتدا رهاساز روی سطح قالب اسپری می‌شود تا جدا کردن قطعه ساخته شده به سهولت انجام بگیرد. سپس ژل کوت روی آن اعمال می‌شود تا سطح قطعه از نظر کیفیت و ظاهر، سطح مطلوبی باشد. آنگاه الیاف رو یا درون قالب قرار می‌گیرند و رزین با دست روی آنها ریخته شده، توسط قلم و یا غلتک آغشته‌سازی کامل می‌شود. همچنین این امکان وجود دارد که الیاف ابتدا به رزین آغشته شود و بعد لایه‌گذاری انجام گیرد. حباب‌های هوای گیر کرده در قطعه با حرکت قلم یا غلتک و فشار دادن

الیاف خارج می‌شوند. لایه گذاری و آغشته‌سازی تا رسیدن به ضخامت مورد نظر ادامه می‌یابد. قطعه معمولا در فشار و دمای محیط پخت می‌شود.



شکل ۳: مکانیسم عمل در روش لایه گذاری دستی

لایه‌گذاری دستی در حدود سال‌های ۱۹۴۰ ابداع شد و مواد و روش‌ها از آن وقت تا کنون تفاوت‌های چندانی نکرده‌اند. لایه‌گذاری دستی هنوز وابسته به مهارت کارگر است. این فرآیند در ساخت کشتی با موفقیت به‌کار گرفته شده است.

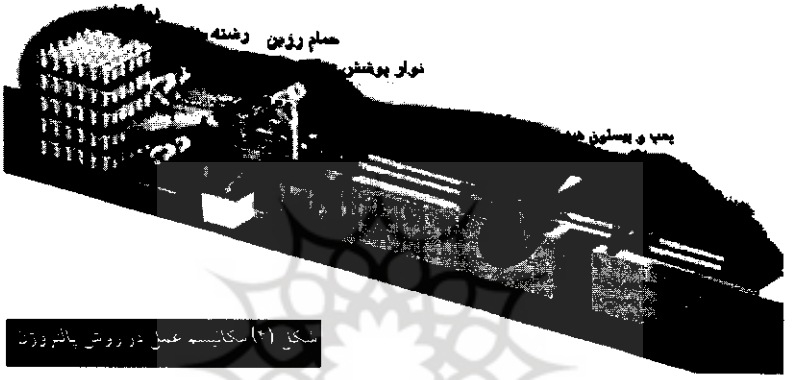
سایر قطعات ساخته شده به این روش عبارتند از گنبدها[۳۵]، کانال‌های آب، استخر، تانکر، میز و صندلی، تجهیزات محیط‌های خورنده، قطعات خودرو، اطاقک و خانه‌های پیش ساخته، صفحات صاف و موجدار و...

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۲. روش پالتروژن[۳۶]

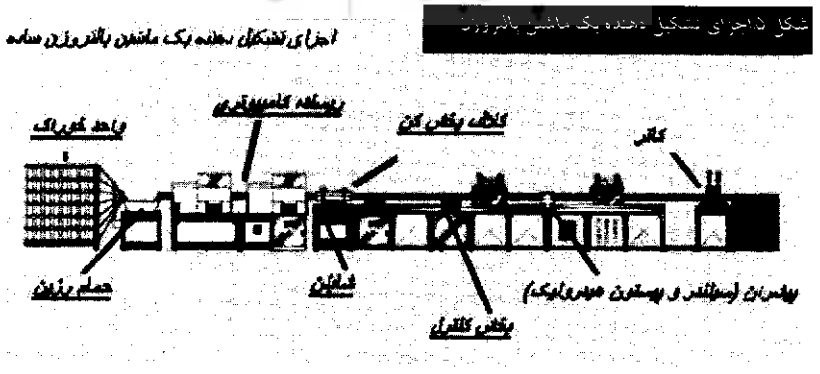
پالتروژن فرآیند پیوسته‌ای برای تولید انواع پروفیل‌های کامپوزیتی است. در این فرآیند، الیاف را پس از آغشتن به رزین از یک قالب گرم عبور می‌دهند تا کاملاً پخت شود. به هر حال رزین در عملیات پالتروژن وظیفه ایجاد اتصال بین اجزای کامپوزیت را بر عهده دارد. الیاف تقویت کننده را از یک حمام رزین عبور می‌دهند تا به رزین آغشته شود و بعد وارد قالب شده و در آنجا سخت می‌شود و در نهایت امکان برش محصول در اندازه‌های دلخواه وجود دارد.

در این روش الیاف از دوک‌هایی که قبلاً دور آنها پیچیده شده‌اند باز می‌گردند و این الیاف باز شده به کمک یک رشته‌ساز در کنار هم قرار می‌گیرند و سپس وارد حمام رزین می‌شوند و در آنجا به رزین آغشته می‌شوند سپس وارد قالب می‌شوند و در قالب مواد شبکه‌ای کننده را اضافه می‌کنند. به همین جهت در حین عبور از قالب علاوه بر شکل‌گیری، سخت نیز می‌شوند و سپس از قالب به صورت پیوسته خارج و در اندازه‌های مختلف بریده می‌شوند.



شکل (۲) مکانیسم عمل در روش پالتروژن

کامپوزیت‌های تولیدی در این روش معمولاً مواد تقویت شده مانند الیاف شیشه همسو و یک تکه هستند. از این فرآیند در ساخت قطعات سبک مقاوم در برابر خورندگی، سیستم‌های عایق الکتریکی، سازه‌های ساحلی و بسیاری از کاربردهای دیگر استفاده می‌شود.

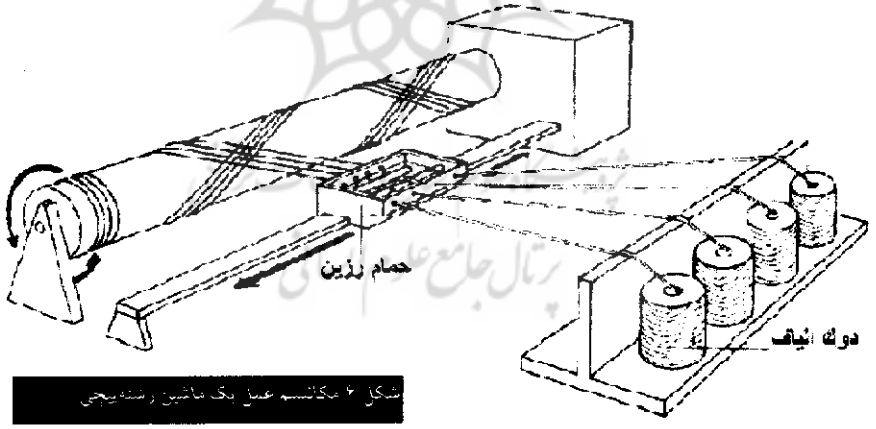


شکل ۳ اجزای تشکیل دهنده یک ماشین پالتروژن

۳. روش رشته پیچی[۳۷]:

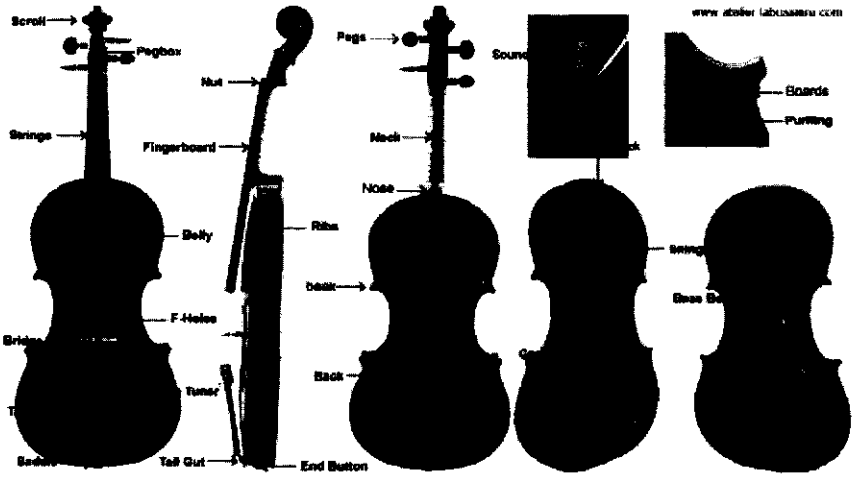
با ابداع این تکنیک توانایی ساخت مواد سبک و مستحکم به‌وجود آمد. این تکنولوژی برای ساخت ترکیبات و اجزای فضاپیماها و هواپیماهایی که روی آب حرکت می‌کنند استفاده شده و کاربردهای نظامی بسیاری دارد. در این روش اگر رزین و الیاف تقویت کننده، درست و اصولی انتخاب شوند، در این صورت ماده نهایی هر گونه انتظاری را برآورده خواهد کرد. در این فرآیند الیاف و یا فیبرهای کربنی که قبلاً تهیه و روی دوک پیچیده شده‌اند، از داخل حمام رزین شامل رزین، رنگدانه و افزودنی‌های دیگر عبور کرده، سپس الیاف بارور شده از داخل یک پاک کننده عبور و مازاد رزین‌های چسبیده به آن جدا می‌شود. معروف‌ترین دستگاه پاک کننده یک سری از غلتک‌های به هم فشرده است که موقعیت غلتک پایینی ثابت و غلتک بالایی حجم رزین روی الیاف را کنترل می‌کند.

سپس الیاف به دور قالب به گونه‌ای پیچیده می‌شود که ضخامت و شکل آن قابل تنظیم است و در این حین رزین بر روی الیاف شبکه‌ای می‌شود. بعد از آنکه فرآیند پیچش الیاف به دور قالب و پخت آن انجام شد، قالب از محصول با نیروی هیدرولیکی و یا مکانیکی جدا می‌شود.



شکل ۶ مکانیسم عمل یک ماشین رشته‌پیچی

روش رشته‌پیچی اگرچه یک محصول با خواص تقویت شده و مطلوب می‌دهد، ولی تنها برای قالب‌گیری محصولاتی با اشکال ثابت و منظم مناسب است و برای ساخت محصولاتی با شکل‌های پیچیده مانند اجزای ویولن که در شکل (۷) نشان داده شده است کاربرد چندانی ندارد.



شکل ۷ اجزای شکل دهنده یک ویولن

در حالی که در روش‌های قالب‌گیری مانند کاسکید امکان تولید شکل‌های بسیار پیچیده در مدت زمان بسیار کم و در عین حال با قیمتی ارزان وجود دارد، ولی از نظر خواص نهایی محصول نمی‌تواند با روش رشته‌پیچی رقابت کند.

این در حالی است که با روش لایه گذاری دستی امکان ساخت کاسه‌ساز به صورت جداگانه و چسباندن آن به سایر قطعات وجود دارد. استفاده از این روش‌ها ساخت ساز را بسیار ساده و ارزان می‌کند. ولی در این روش به علت انجام فرآیند به صورت دستی و غیرمکانیزه کیفیت محصولات به نسبت سایر روش‌ها پایین است.

روش پالتروژن نیز می‌تواند برای تولید دسته و صفحه ساز با سرعتی بالا و کیفیتی مطلوب مورد استفاده قرار گیرد.

* با تشکر از استاد محترم جناب آقای دکتر محمد مهدی جلیلی که مقاله زیر نظر ایشان تهیه شده است.

REFERENCES:

1- Jozsef Bodig & Benjamin A.Jayne - Mechanics of Wood and Wood Composites. INC_Van Nostrand Reinhold Company -1982

2- W.E.Hillis - Wood Extractives - AcADEMIGRRESS. INC - 1962

3- A handbook of hardwoods - R.rices risborough. ENG - 1956

4- A handbook of softwoods - R.rices risborough. ENG - 1957

5- V.K. Tewary - Machanics of Fiber Composites - 1978

6- G.S. Holister & C.Thomas - Fiber Reinforsed Materials - Elsevier Publishing CO.LTD. _1966

7- Henry Lee & Kris Neville - Epoxy Resins, Their Applications and Technology - McGRAW. Hill Book -1957

8- J .S. Walker & E.R. Martin - Injection Molding of Plastics - The Plastics Institute Under The Title - 1956

9- Lawrence E. Nielsen & Robert F. Landel - Mechanical Properties of Polymers and Composites - Marcel Dekker, INC -1994

10- Parry. Williams - A Music Course for Students - Oxford University _ 1965

۱۱- حسین زندباف - فرم در موسیقی - انتشارات پارت - پاییز ۱۳۷۶

۱۲- حمید زاهدی - تئوری موسیقی، اصول هارمونی (هوموفونی و پلی‌فونی و علوم موسیقی) - انتشارات پارت - تابستان ۱۳۷۸

پی‌نوشت‌ها:

1- Paulo Santo

2- Maple

3- Spruce

4- Rose wood

5- Ebony

۶- تئوری موسیقی، اصول هارمونی (هوموفونی و پلی فونی) و علوم موسیقی، اثر و نگارش حمید زاهدی

7- Wood polymer composites

8- Molding

9- Injection

10- cascade

11- carbohydrate

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

12- Cellulose

13- Hemicelluloses

14- Lignin

15- fiber

16- Hydrogen bond

17- candolle

18- lignum

19- Terpenoids

20- Steroids

21- Phenol

22- Mineral combinations

23- knot

24- shakes

25- Fiberglass

26- Aramaid fiber

27- Carbon fiber

28- Epoxy resin

29- Poly ester resin

30- Vinyl ester resin

31- Phenol resin

32- Coating

33- hardener

34- Hand lay up

35- domes

36- Pultrusion

37- Filament winding

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی