

بررسی تخصصی مواد اولیه، فرایند تولید و محصولات پالتروژن

معنی پالتروژن به صورت ترکیبی از دو واژه (pull کشیدن) و (extrusion اکستروژن) است، که یکی از روش های معروف و پر استفاده برای تولید مواد کامپوزیت FRP به حساب می آید. به تعبیر دیگر، روش پالتروژن از روش های تولید مقاطع و میلگرد کامپوزیت به صورت پیوسته با خواص مکانیکی بالا بوده که این مواد، قابل رقابت با مواد سنتی و مهندسی هستند. این روش تولید، چندان پیچیده نیست و از سال های ۱۹۵۰ میلادی، پلتفرم های اولیه آن مشغول تولید مقاطع FRP می باشند.

فرایند پالتروژن از معدود فرایندهای قالب گیری پیوسته و خودکار در تولید قطعات کامپوزیتی است. این مفهوم، فرایند تولید قطعات پیوسته با سطح مقطع ثابت با هزینه پایین و حجم تولید بالا و شبیه اکستروژن فلزات بوده، تفاوت آن با اکستروژن در این است که در پالتروژن، به جای فشار دادن مواد در قالب، که در اکستروژن رخ می دهد، مواد از قالب به بیرون کشیده می شوند. قطعات تولید شده با این روش، دارای کسر حجمی بالای الیاف هستند که این الیاف بیشتر در جهت طولی قطعه قرار می گیرند. هر چند با بافت درست، امکان ایجاد الیاف در جهت عرضی نیز وجود دارد، اما خواص اصلی آن در جهت طولی است.



کاربرد محصولات پالتروژن

پالتروژن دارای کاربردهای متنوع و مختلفی بوده که یکی از مهم ترین کاربردهای پالتروژن این است که از این فرایند، میتوان برای ساخت هر قطعه پیوسته مانند قوطی، نبشی، لوله، میله و نظایر آن استفاده کرد البته این امر مشروط به آن است که این قطعه، مقطع ثابت داشته و در راستای عمود بر کشش، شیار یا سوراخ نداشته باشد. همچنین پالتروژن در زمینه نردبان عایق، مسیره های کابل، اجزای عایق کننده و پوشش های عایق کاربرد دارد. در مجموع، کاربردهای مواد حاصل از فرایند پالتروژن در صنایع مختلف عبارتند از:

- کارخانه های محصولات شیمیایی با محیط مخرب مانند صفحات شناور استخراج نفت و گاز در دریا، درهای مشبک، نردبان و اجزای سیستم
- صنایع مختلف ساختمان مانند چارچوب در و پنجره، قطعات پیش ساخته، پروفیل های مختلف حفاظت کننده، تیرها، مجاری سیال، کانال ها
- صنعت ورزش و تفریح مانند موانع عبور، چوب های اسکی، اجزای اسکی، نردبان، اجزای چادر
- صنایع حمل و نقل مانند اتاق های کامیون هم دما، تقویت ضد ضربه، فنرهای تیغه ای، مجاری مقاوم
- صنایع هوافضا مانند اجزای هدایت در هواپیما
- سایر صنایع مانند پرده بادبزن، هواکش و پروفیل های مبلمان اداری

همچنین از میان پروفیل های معمول پالتروژن میتوان به میله های توپر، لوله ها، صفحه ای، زاویه ای، کانالی و کلاهی اشاره کرد. هر جا خواصی مانند مقاومت در جهت خاص مدنظر است، این پروفیل ها، حرف اول را می زنند. تاکنون پروفیل های گوناگونی بر پایه رزین های وینیل استر، پلی استر غیراشباع، اپوکسی و فنولیک با استفاده از دستگاه پالتروژن تولید شده است.

تولید کامپوزیت به روش پالتروژن

اجزای تشکیل دهنده کامپوزیت های تولید شده از روش پالتروژن دو جزء اصلی یعنی الیاف و ماتریس یا زمینه را شامل می شود و طراحی قطعات و فرایند ساخت وابسته به نوع مواد الیاف، رزین و نسبت ترکیب این دو است. علاوه بر الیاف و ماتریس، برای بهبود فرایند پالتروژن، افزودنی های دیگر مانند فیلرها و جداکننده ها نیز وجود دارند. فیلرها برای پر شدن کامل قالب استفاده می شوند و جداکننده ها موجب جدا شدن آسان قطعه از قالب می باشد. الیاف در کامپوزیت ها، مسئولیت تحمل نیروها و انتقال آنها را بر عهده دارند و استحکام کششی، ضربه و سفت بودن نیز وابسته به الیاف است.



در این زمینه، پالتروژن برای ساخت قطعاتی با الیاف تک جهته ساخته می شود. هر چند الیاف می توانند به صورت پارچه ای یا حصیری برای استحکام در دو یا چند جهت نیز استفاده شوند. الیاف مورد استفاده در [فرایند پالتروژن](#) شامل الیاف کربن، الیاف آرامید، الیاف شیشه و نیز الیاف بازالت هستند. الیاف شیشه، متداول ترین تقویت کننده های مورد استفاده در فرایند پالتروژن هستند که به صورت های پیوسته، نمدی و پارچه ای مورد استفاده قرار می گیرند. ماتریس، مسئولیت چسباندن الیاف به یکدیگر و جلوگیری از لغزش آنها را برعهده دارد. مقاومت به خوردگی خصوصا در محیط های اسیدی و بازی، خواص الکتریکی و حرارتی، اشتعال پذیری و مقاومت به دما، وابسته به نوع و خواص رزین از ویژگی های آن است. در این رابطه، انواع رزین ها را میتوان به عنوان ماتریس به شمار آورد.

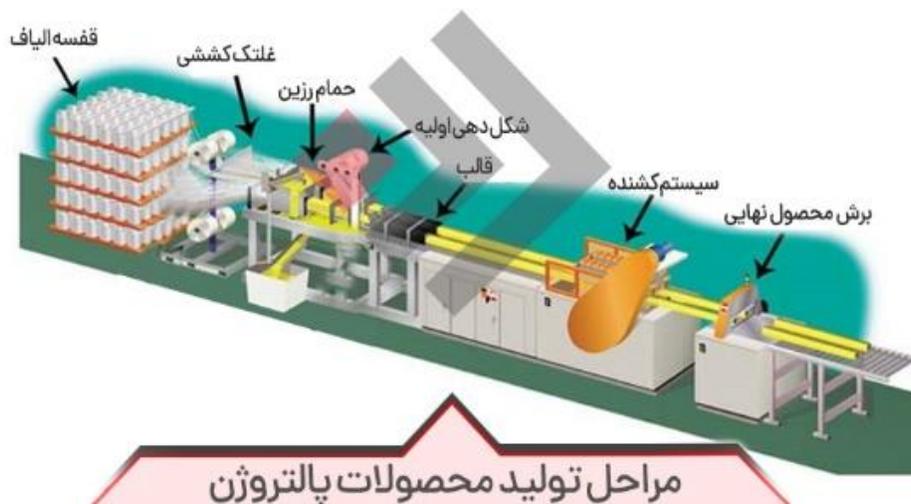
انواع رزین در فرایند پالتروژن

رزین های مورد استفاده در پالتروژن عبارتند از:

- **رزین های ترموست:** این رزین ها شامل وینیل استر، پلی استر و اپوکسی می شوند که در صورت حرارت، تغییر شکل نمی دهند و به خاطر ویسکوزیته ابتدایی پایین، فرایند کشش را راحت تر می کنند.
- **رزین های ترموپلاست:** این رزین ها مانند نایلون، پلی پروپیلین و پلی کربنات بوده و در اثر حرارت، نرم شده و تغییر شکل می دهند. این مواد، نسبت به رزین های ترموست ویسکوزیته بالاتری دارند و سخت تر می باشند. در پالتروژن ترموپلاست به خاطر دما و فشار بالاتر و نیز مواد اولیه گران تر، هزینه بالا و سرمایه گذاری زیاد، نیاز است.

مراحل تولید محصولات پالتروژن

پالتروژن فرایند پیوسته ای برای تولید انواع پروفیل های کامپوزیتی می باشد. در این فرایند، الیاف تقویت کننده را از یک حمام عبور می دهند تا به رزین آغشته شود. سپس الیاف آغشته شده وارد یک قالب گرم شده و نمونه پخت شده توسط یک دستگاه کشش بیرون کشیده می شود. در نهایت، امکان برش محصول در اندازه های دلخواه ایجاد خواهد شد، در واقع این فرایند تقریباً مشابه فرایند اکستروژن پلاستیک ها و تولید پروفیل های پلاستیکی است. در مجموع پالتروژن، در فرایند هفت مرحله ای، شامل موارد زیر انجام می شود:



۱. **قفسه الیاف (رول های پیوسته فیبرهای تقویت شده یا فیبرهای حصیری):** (قفسه الیاف، اولین مرحله این فرایند است تا آن را به طور پیوسته و هماهنگ با سرعت فرایند، تغذیه کند. در این مسیر الیاف نباید گره یا پیچ بخورند و برای حل آن، از صفحات راهنمای فلزی، سرامیکی و تفلون استفاده می شود.
۲. **غلنگ کششی:** در این مرحله، با توجه به نکات ذکر شده در مرحله اول، با دقت بالا، مواد را برای آغشته سازی به داخل حمام رزین هدایت می کنند.
۳. **حمام رزین و آغشته سازی:** در این مرحله، الیاف وارد حمام رزین می شوند تا به طور کامل به رزین ها آغشته شوند. خواص محصول نهایی به این مرحله وابسته است. البته آغشته سازی می تواند به صورت تزریق در قالب صورت گیرد.
۴. **شکل دهی اولیه:** بعضا برای گرفتن رزین اضافی یا زمانی که مقطع، پیچیده است، قبل از ورود به قالب، صفحاتی با عنوان شکل دهی اولیه قرار می دهند که الیاف را راهنمایی می کنند. این صفحات نباید به الیاف آسیب برسانند. جنس این صفحات از تفلون، پلی اتیلن یا آلیاژهای مناسب فولادی است.
۵. **قالب:** فشار و حرارت لازم برای شکل گیری و پخت قطعه در قالب تامین می شود. طراحی دمای قالب و سرعت فرایند باید طوری باشد که زمانی که قطعه در قالب قرار دارد، به طور کامل پخته شود در غیر این صورت، خواص مکانیکی و فیزیکی آن کاهش می یابد. حرارت زیاد نیز باعث ایجاد ترک خواهد شد.
۶. **سیستم کشنده:** سیستم کشش، سرعت فرایند را تعیین می کند و باید در فاصله مناسبی نسبت به قالب قرار گیرد تا قطعه، فرصت سرد شدن داشته باشد و در اثر فشار سیستم کشش، تغییر شکل ندهد. این سیستم شامل سه نوع کشش تسمه نقاله، کشش رفت و برگشتی پیوسته و کشش رفت و برگشتی متناوب است.
۷. **محصول نهایی و برش:** در مرحله آخر، قطعه، کامل شده و با قرار دادن دستگاه برش یا یک تیغه اتوماتیک میتوان قطعه هایی با طول های برابر و دلخواه ایجاد کرد.

مزایای محصولات پالتروژن

محصولاتی که از فرایند حاصل از پالتروژن ایجاد می شود، مزیت های زیادی دارند. مزایای مواد حاصل از روش پالتروژن که به خاطر تجهیزات ساده و ارزان و عدم نیاز به نیروی انسانی، یک روش اقتصادی محسوب می شود، عبارتند از:

- عدم هدر رفت مواد
- قابل کنترل بودن میزان درصد رزین در محصول
- استفاده از الیاف به ساده ترین و ارزان ترین شکل یا ریسمان

- سرعت بالای فرایند
- مناسب بودن برای قطعات کامپوزیتی با تولید انبوه
- استحکام کششی و فشاری بالا
- وزن پایین
- مقاومت بالا و عمر طولانی به ویژه در محیط های اسیدی
- با کیفیت بودن سطح محصول نهایی و عدم نیاز به فرایندهای تکمیلی
- قابلیت شکل پذیری مجدد (ویژه مواد حاصل از پالتروژن ترموپلاستیک) و قابل بازیافت بودن

معایب محصولات پالتروژن

- محدودیت هندسی قطعات حاصل شده
- محدودیت در ایجاد ضخامت های پایین
- عدم دقت ابعادی قطعات حاصل شده
- هزینه بالای گرم سازی قالب

استفاده از محصولات پلیمری در ایران، به دلیل خورندگی خاک و شرایط بد اقلیمی بسیاری از مناطق کشور، مقرون به صرفه است چرا که محصولات حاصل از پالتروژن، علاوه بر استحکام بالا، خواص مورد نیاز محصول مانند مقاومت به خورندگی، خواص الکتریکی، حرارتی و مانند آن را نیز تامین می کند.