



برگردان:

مریم زارع بنادکوکي

دانشجوی کارشناسی رشته مهندسی

پلیمر، دانشگاه تهران

## الیاف بلندتر، استحکام بیشتر

M. Wöhrle

Reinforced Plastics , volume ۶۲

September – October ۲۰۱۸

وقتی صحبت از تولید مقرون به صرفه ی قطعات سبک وزن با مقاومت بالا به صورت انبوه می شود، طول الیاف تقویت کننده ای که در ساختار آنها استفاده می شود پر اهمیت است. قاعده کلی در اینجا این است: هرچه الیاف موجود در پلاستیک ها بیشتر باشند، مقاومت محصولات نهایی نیز بیشتر خواهد شد. به طور معمول ، طول و میزان فیبراستفاده شده در مخلوط های گرانول آماده شده با فیبر را نمی توان به میزان قابل توجه ای کنترل کرد ولی اگر از روش ترکیب مستقیم الیاف (FDC) استفاده شود این امر امکان پذیر می شود.

در این روش می توان از یک منبع تغذیه (feeder) که در کنار دستگاه جای گذاری شده است برای ترکیب رشته های الیاف با طولهای مختلف، در مذاب پلاستیک استفاده کرد. این امر باعث می شود که خواص مکانیکی قطعات، به مقدار بسیار زیادی بهبود یابد. علاوه بر این، در مقایسه با گرانول استاندارد تقویت شده با الیاف، مزایای قابل توجهی نیز دارد. استفاده از پلاستیک های پر شده از الیاف، در ساخت و سازهای سبک یکی از چندین گزینه مورد استفاده است. مخصوصا برای زمان هایی که می خواهیم خواص ترکیب به مقدار مناسب برسد (بهینه سازی خواص) و وزن آن اندازه گیری شود .

در اینجا نتیجه ی دلخواه ما، کاهش وزن، بدون ایجاد مشکل در ظرفیت تحمل بار، سختی یا سایر عملکردهای طراحی است. این ساخت و سازهای سبک می توانند هم به ساختار یک قسمت جداگانه و هم به یک واحد کامل مربوط باشد.

آنچه می‌خواهیم، تنظیم شوند.

استحکام جزئی بیشتر

به طور کلی روش استفاده از منبع تغذیه (feeder) بسیار ساده است. الیاف به طور مستقیم از یک چرخنده تغذیه می‌شوند، با استفاده از یک برش دهنده به طول مورد بریده شده و به پلاستیک مذاب اضافه می‌شوند. واحد تزریق دارای دو قسمت است. ابتدا گرانول پلاستیک ذوب شده، سپس الیاف برش خورده به قسمت جلوی واحدهای تزریق رسیده و از طریق حرکت پیچ با پلاستیک همگن می‌شوند.

یک آزمایش تجربی، نشان می‌دهد که وقتی از یک دانه گرانول معمولی استفاده می‌شود، حدود ۳۰ درصد از الیاف بیش از ۲ میلی متر هستند ولی با استفاده از روش ترکیب مستقیم الیاف (الیاف با اندازه ۱۶ میلی متر) این درصد به حدود ۵۰ درصد افزایش می‌یابد.



شکل ۱

روش ترکیب مستقیم الیاف در مقایسه با گرانول های معمولی که با فیبر طولانی مخلوط می‌شوند، مزایای زیادی دارد: اول اینکه در طی آماده سازی مذاب، الیاف آسیب کمتری می‌بینند، دومین این که مقاومت اجزای آن به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد و در نهایت از طریق تنظیم خواص قسمت های مختلف، می‌توان بر روی خصوصیات بخش های دلخواه تأثیر گذاشت. با توجه به اینکه در این روش از مواد پایه بسیار ارزان قیمت استفاده می‌شود، این روش مقرون به صرفه است.

در طول قالب گیری با تزریق مستقیم الیاف، علاوه بر پلی پروپیلن تجاری استاندارد، الیاف بلند و هم چنین یک ماده اتصال دهنده، لازم است

به عنوان مثال، استفاده از سازه های لانه زنبوری، همانطور که در طبیعت نیز مشاهده میشود، از سال ها قبل در ساخت هواپیما و در صنعت خودرو از ویژگی های مطرحی بوده است و یا باتری های سبک تر با کارایی بیشتر تنها از طریق استحکام بخشیدن به ساختار های سبک وزن، امکان پذیر است.

### روش ترکیب مستقیم الیاف (FDC)

اگر تقاضای زیادی که برای قطعات تقویت شده با الیاف در ساخت خودرو وجود دارد را در نظر بگیریم، مشخص می‌شود که تنظیم انعطاف پذیری پلاستیک با طول الیاف، برای بهبود خواص موردنظر، مناسب است. راه حل فنی برای پردازش طول فیبرهای مختلف که اربوگ (Arburg) در زمینه ترکیب مستقیم فیبر ارائه می‌دهد، شامل یک منبع تغذیه (feeder) با دستگاه برش یکپارچه، یک سیلندر تطبیق یافته است. با کمک تخته های ارزان قیمت الیاف شیشه، الیاف به طور مداوم قبل از اینکه مستقیماً به ذوب مایع اضافه شوند، به طول های موردنیاز بریده می‌شوند (شکل ۱). به صورت تئوری الیاف تا ۵۰ طول میلی متر قابل برش هستند. اگرچه به صورت عملی حداکثر تا طول ۳۳٫۶ میلی متر نیز قابل برش اند.

### مزایای پلاستیک های تقویت شده با

#### الیاف شیشه

مهمترین مزیت استفاده از پلاستیک های تقویت شده با الیاف، استحکام مکانیکی زیاد آنها است که به دما نیز وابسته نیست. با این حال، اثر قابل توجهی در مقاومت و چقرمگی فقط با استفاده از الیاف با طول بیش از ۲ میلی متر حاصل می‌شود. شکستگی، خزش و جذب انرژی این پلاستیک ها، همگی مشابه فلزات است. این درحالیست که قطعه ترموپلاست می‌ماند و مزایای آن را به همراه دارد. مخلوط های گرانول معمولی با طول فیبر بین ۰٫۳ و حداکثر ۶ میلی متر هستند ولی منبع تغذیه (arburg) این امکان را به ما میدهد که الیافی با طول بین ۱۵ تا ۵۰ میلی متر را در مذاب پلاستیک مخلوط کنیم. علاوه بر طول الیاف، محتوای فیبر و ترکیب مواد (و بنابراین خصوصیات قطعه) می‌توانند به صورت جداگانه، با توجه به



شکل ۲

تغذیه و برش یکپارچه در واحد کنترل

فرآیند ترکیب مستقیم الیاف (FDC) می‌تواند به طور کامل در واحد کنترل (Selogica)، با فرآیند های دلخواه ترکیب و تکمیل شود. این فرآیند های دلخواه را می‌توان بصورت کاملا کاربردی در هر قسمت چرخه که مطلوب تر است، قرار داد. تست های منطقی برای اطمینان از اینکه این فرآیند های فرعی به طور منطقی و بصره و آن طور که مد نظر ما است، عمل میکنند، انجام میشود. بنابراین این روش بسیار انعطاف پذیر است.

انعطاف پذیری این روش به صورت روزمره نیز مشهود است. به عنوان مثال، می‌توان از این روش در طیف گسترده ای از ترکیبات استفاده کرد. زیرا بسیاری از پلاستیک هایی که به طور معمول استفاده می‌شوند، می‌توانند با الیاف به روشی که در بالا توضیح داده شد، تقویت شوند. منبع تغذیه، قالب گیری تزریقی را با استفاده از ماژول های سیلندر ترموپلاستیک دستگاه های مختلف قالب گیری تزریقی (Allrounder) امکان پذیر می‌کند. هزینه کل این پروژه نیز، وقتی که سیستم در دستگاه های قالب گیری تزریقی استاندارد با نیروی ۲۷۵ تن یا بیشتر استفاده می‌شود، بسیار ناچیز خواهد شد. همچنین امکان اتوماسیون در منبع تغذیه نیز وجود دارد. به این طریق که می‌توان از یک سیستم رباتیک برای قرار دادن ورق های آلی اضافی در قالب استفاده کرد که به طور قابل توجهی باعث افزایش ظرفیت تحمل قطعات نیز خواهد شد.

### ترکیبی از FDC با ورق های کامپوزیت

الیاف، چه به صورت بافته شده و چه به صورت

غیربافته، خواص مکانیکی ترکیب را مانند سختی و مقاومت افزایش می‌دهند. از مزایای این ایده که در آن فرآیند ترکیب مستقیم الیاف با ورق های کامپوزیت ترموپلاستیک بهره برداری می‌شود، این است که ورق های کامپوزیت ترموپلاستیک مقاومت بیشتری ایجاد می‌کنند و در نهایت قطعات کامپوزیتی بسیار مقاومی تولید می‌شوند که حتی می‌توانند در بعضی موارد جایگزین فلز شوند.

مثالی برای جز کامپوزیتی با مقاومت بالا و سبک وزن که در صنعت خودروسازی استفاده می‌شود، رکاب های مورد استفاده در صنعت خودرو است (شکل ۳). به منظور افزایش سختی رکاب ها دو ورق آلی اضافه، با ضخامت های مختلف در قالب های تک حفره ای، قرار می‌گیرند و پس از آن، عناصر تقویت کننده بر روی آن قرار می‌گیرند.

### سریع و کارآمد: روند فرآیند

ابتدا ورق های آلی قبل از اینکه از طریق رادیاتور مادون قرمز، به دمای تشکیل برسند، با استفاده از یک صفحه گرمایشی، به آرامی گرم می‌شوند. ورق های آلی با ضخامتهای مختلف را می‌توان با کج کردن گیره، به دمای پرداخت یکنواخت رساند. فرآیند تشکیل و پوشاندن بیش از حد، هر دو در قالب خاصی انجام می‌شوند (شکل ۴).

این فرآیند، متناسب با تولید انبوه تنظیم شده است. بنابراین ضروری است که در این روش از زمان، بخصوص در مراحل مختلف نظارت و تضمین کیفیت، به صورت بهینه استفاده کرد. تضمین کیفیت کلی و نظارت بر درجه حرارت، برای ورق های آلی گرم شده، به صورت درون خطی و با استفاده از دوربین مادون قرمز و آزمایش خمشی قطعات انجام می‌شود. پارامترهای کیفیت مربوطه، با استفاده از سیستم کنترل (Selogica) می‌توانند بصورت گرافیکی تجسم شوند.

ادغام شوند، هنگام اعمال بار آستانه تخریب ۱۱۷ درصد افزایش می یابد. همچنین در مقایسه با قطعات فلزی هم وزن، خواص کامپوزیت ها بهتر است. برای مثال قطعه ای فلزی با طول ۵۰۰ میلی متر، ۵۳۳ گرم وزن دارد، در حالی که همان قطعه کامپوزیتی فقط ۲۰۲ گرم وزن دارد. این اختلافات در فرآیند تولید حتی بارزتر می شود: قطعه ی کامپوزیت آزمایش شده و آماده ی استفاده، فقط در ۵۰ ثانیه تولید می شود، در حالی که تولید همان قطعه به صورت فلزی، چند روز طول می کشد.

### نتیجه گیری

وقتی صحبت از تولید قطعات سبک وزن با مقاومت بالا می شود، روش ترکیب مستقیم الیاف چندین مزیت را با هم برای ما به ارمغان می آورد:

۱. قطعات کامپوزیت را می توان به سرعت، به

سادگی و به صورت انبوه تولید کرد.

۲. الیاف شیشه را می توان به طول دل خواه برید. بنابراین می توان آنها را به صورت جداگانه با نیازهای قسمت مربوطه تنظیم کرد و به طور کارآمد استفاده کرد.

۳. می توان آنها را مستقیماً از طریق منبع تغذیه (**feeder**) که در کنار دستگاه جای گذاری شده است به مذاب افزود و مخلور را همگن کرد.

۴. اتوماسیون و همچنین تکمیل فرآیند، می تواند با استفاده از کنترل کننده (**Selogica**) به طور جامع و به میزان مورد نیاز برای بهینه سازی، انجام شود.

از ترکیب کردن روش ترکیب مستقیم الیاف با ورق های آلی میتوان با نام کلیدی ادغام فرایند نیز یاد کرد.

تهیه، تولید و بازرسی کیفیت می تواند به طور کامل در یک فرآیند ادغام شود و تولید را دو برابر کارآمدتر کند. از این طریق اولاً، هزینه های پروژه کاهش می یابد و ثانیاً، زمان تولید به طور قابل توجهی کوتاه تر از تولید یک قطعه فلزی است. به این ترتیب سطح بالایی از کارایی، در تولید قطعات سبک وزن با مقاومت بالا، به صورت روزانه حاصل می شود.



شکل ۳



شکل ۴

### بالاترین کیفیت قطعه

وقتی فناوری قالب و روند تولید کاملاً مطابقت داشته باشند، این نوع تولید پیچیده به صورت انبوه، کاملاً آسان و با اطمینان کار می کند. در واقع، این بدان معنی است که به دلیل پوشاندن مداوم و زیاد ورق های آلی، هیچ الیافی به صورت باز وجود نخواهد داشت. به عنوان مثال برای اضافه کردن پیچ خوردگی ها در ترکیب یا افزایش گره خوردگی ها، تزریق با ورق های آلی به ساختار الیاف آسیب نمی رساند. هم چنین با استفاده از بخش هایی با ضخامت های مختلف، میتوان اجزا را در موقعیت مناسب، تقویت کرد تا در نهایت یک پیوند محکم، از طریق فشرده سازی مقاطع موجود در قالب، ایجاد کرد.

پردازش ورق های آلی به همراه فرآیند ترکیب مستقیم الیاف، مقاومت بسیار بالایی ایجاد میکند. اگر هنگام تولید سیستم پدال ورقه های آلی نیز