

استفاده دوباره از الیاف قدیمی



جایگزین برای پلی استر PET به پیشرفت بزرگی در سال ۲۰۲۴ دست یافته است. در حالی که محصول جدید خود یک پلیمر مصنوعی است اما به طور ذاتی در آب، خاک و زمین های دفن زباله زیست تجزیه پذیر می باشد. در آب اقیانوس ۹۳ درصد از این ماده تنها در مدت زمان ۹۹ روز تجزیه زیستی می شود و در حال حاضر نخستین و تنها ماده مصنوعی تا به امروز می باشد که گواهینامه طلایی CRADLE-TO-CRADLE را دریافت کرده است. در حال حاضر کارخانجات زیادی این پلیمر را به الیاف و نخ تبدیل کرده اند. پارچه های حاصل از این نخ ها دارای تمامی ویژگی های مناسب از نظر پردازش و عملکرد می باشند ضمن این که گردشی، زیست تجزیه پذیر، قابل تبدیل به کامپوست و غیرسمی نیز هستند. این پارچه ها همچنین بادوام و قابل

درست مانند پارچه های زیست تجزیه پذیر تهیه شده از الیاف طبیعی مانند پنبه و پشم. مطالعات دراز مدت نشان داده است که پارچه های نایلونی و CicLO PET در مقایسه با الیاف مشابه فاقد آن ها با سرعت بسیار بالاتری تجزیه زیستی می شوند. پارکدیل میلز سریعاً شبکه ای از بیش از ۵۰ تولیدکننده مورد تایید الیاف و نخ را تاسیس کرد تا کیفیت و قابلیت ردیابی در تامین محصولات CicLO را تضمین کند. آندرا فریس، یکی از موسسان کمپانی اینترینزیک پیش بینی کرد که PET زیست تجزیه ناپذیر تا یک دهه دیگر منسوخ خواهد شد.

جایگزین های مصنوعی

کمپانی اوشن سیف واقع در برن، سوئیس با عرضه پلیمر NANEa به عنوان نسل آینده

در سال ۲۰۲۴ رویکردهای مربوط به بازیابی الیاف مصنوعی در مقیاس صنعتی با سرعت زیادی در حال گسترش است به ویژه در مورد PET یا پلی اتیلن ترفتالات پلی استر. در زمینه توسعه الیاف طبیعی و بیوپلیمرها به عنوان مواد اولیه خام برای زنجیره های تامین گردشی جدید نیز فعالیت های جالبی انجام شده است اما رشد چنین جایگزین هایی برای PET و سایر الیاف مصنوعی تا حدی خواهد بود که تمامی نیازهای آینده را تامین کند. پیش بینی می شود مجموع مصرف کل الیاف توسط صنایع نساجی جهان از ۱۲۰ میلیون تن در سال ۲۰۲۳ به ۱۴۰ میلیون تن تا سال ۲۰۳۰ افزایش پیدا کند. در حال حاضر نیز پلی استر و بیشتر PET حدود ۸۱ میلیون تن از کل تولیدات الیاف را به خود اختصاص می دهند.

ماده افزودنی CicLO

در کنار برنامه های مربوط به تبدیل ضایعات پارچه های PET و پلاستیک ها به پلیمرها و مونومرهای مورد استفاده به عنوان ماده اولیه خام، شاهد ظهور یک سری جایگزین های واقعی نیز هستیم برای مثال ماده افزودنی CicLO محصول شرکت های اینترینزیک ادونسد متریالز و پارکدیل میلز.

CicLO یک ماده افزودنی است که در مرحله اکستروژن بر روی الیاف به کار گرفته می شود و باعث تسریع فرایند تجزیه زیستی الیاف مصنوعی می شود. این ماده نقاط تجزیه پذیر بیشماری در ماتریس پلیمر ایجاد می کند که باعث می شود میکروب هایی که به طور طبیعی در محیط های مشخص وجود دارند قادر به تجزیه مواد اولیه شوند درست مانند همان کاری که با الیاف طبیعی می کنند. تمام چیزی که بعد از تجزیه باقی می ماند زیست توده ها و زیست گازهای طبیعی است. این مکانیزم تنها در شرایط مناسب برای تجزیه زیستی فعال می شود و این مواد پیش از موعد و زمانی که در انبار یا مورد استفاده هستند، تخریب نمی شوند

روش مهم وجود دارد که عبارتند از متانولیز، گلاکولیز، هیدرولیز و بازیابی آنزیمی. این روش ها به سرعت در حال صنعتی شدن هستند. متانولیز بر پایه عمل کردن پلیمرهای پلی استری با متانول در دمای نسبتاً بالا بین ۱۸۰-۲۸۰ و فشار ۴۰-۲۰ اتمسفر می باشد که منجر به شکل گیری مونومرهای تشکیل دهنده یعنی دی متیل ترفتالات (DMT) و اتیلن گلاکول می شود.

کمپانی ایستمن در این زمینه سریع ترین پیشرفته را داشته است. این شرکت در ماه مارس اعلام کرد که دومین کارخانه بازیافت ملکولی خود را برای بازیافت سخت ضایعات PET افتتاح کرده است. این کارخانه در لانگویو، تگزاس واقع شده است. نخستین کارخانه واقع در کینگزپورت ایالت تنسی در ماه مارس تولید اولیه خود را آغاز کرد و در حال حاضر به درآمدزایی رسیده و قصد دارد به درآمد حدود ۷۵ میلیون دلاری در سال ۲۰۲۴ برسد.

گفته می شود فناوری متانولیز شرکت ضایعات را تجزیه و به واحدهای مونومری تشکیل دهنده پلی استر تبدیل می کند که می توان از آن مجدداً در حلقه با بازیافت بالا ماده اولیه-به-ماده اولیه استفاده کرد بدون این که خدشه ای در عملکرد آن وارد شود.

هدف این است که کارخانجات کینگزپورت و لانگ ویو تا سال آینده به رقم بلندپروازانه تعیین شده توسط شرکت که بازیافت ۱۲۵۰۰۰ تن پلی استر است، دست پیدا کرده و تا سال ۲۰۳۰ نیز آن را دو برابر کنند. در ژانویه ۲۰۲۲ امانوئل مکرون، نخست وزیر فرانسه و مارک کاستا، مدیر عامل ایستمن مشترکاً اعلام کردند که شرکت قصد دارد تا یک میلیارد دلار بر روی کارخانه بازیافت ملکولی ماده-به-ماده در نورمندی، فرانسه سرمایه گذاری کند.

این سایت همچنین تا سال ۲۰۲۸ بازیافت سخت ۱۱۰۰۰۰ تن ضایعات پلی استر را انجام خواهد داد.



کمپانی شینکنگ سینتتیک فایبرز، تولیدکننده جهانی پلی استر در تایپه، تایوان در در ماه اوت اعلام کرد که مبلغ ۱۰ میلیون دلار در نخستین کارخانه امبرسایکل برای تولید تجاری پلی استر CYCORA تهیه شده از ضایعات PET سرمایه گذاری کرده است. این سرمایه گذاری نتیجه سه سال همکاری امبرسایکل با کمپانی شینکنگ در رابطه با فناوری بازسازی ملکولی امبرسایکل بوده که تجربیات گسترده ای را در زمینه بازار پلی استر درجه یک به همراه داشته است.

شرکت پیش بینی می کند که فعالیت کارخانه صنعتی جدید در سال ۲۰۲۶ آغاز خواهد شد اما هنوز مکان و ظرفیت تولید آن مشخص نیست.

کمپانی هیوسانگ اولین تولیدکننده در کره جنوبی بود که در ژوئن ۲۰۲۴ الیاف CYCORA را در زنجیره های تامین خود به کار گرفت و در همان زمان نیز کمپانی ام ای اس هولدینگ، تولیدکننده جهانی پوشاک در سریلانکا بر سر یک قرارداد سه ساله برای الیاف CYCORA با کمپانی امبرسایکل مذاکره کرده است. کمپانی ایندیتکس مالک اسپانیایی برند زارا یک قرارداد سه ساله برای خرید بخش بزرگی از تولید سالانه الیاف CYCORA به ارزش بیش از ۷۰ میلیون یورو امضا کرده است.

❖فرایند متانولیز کمپانی ایستمن

برای مهندسی معکوس ضایعات PET و تبدیل آن به واحدهای مونومری تشکیل دهنده چهار

تولید در مقیاس بزرگ می باشند. با افزایش حجم تولید NANEa قیمت آن کاهش خواهد یافت. تولیدکنندگان PET با استفاده از تجهیزات موجود قادر به تولید پلیمر NANEa هستند ضمن این که الیاف و نخ های تهیه شده از آن با استفاده از روش های متداول قابل استفاده در فرایندهای بافندگی تار پودی، کشبافی، رنگرزی و تکمیل می باشند.

❖الیاف قابل تبدیل به کامپوست CELYS

کمپانی اینتیمیتری استرالیا با عرضه الیاف پلی استر قابل تبدیل به کامپوست و دارای گواهینامه CELYS توجه ها را به خود جلب کرده است. در شرایط کامپوستینگ صنعتی ۹۵/۴ درصد از این الیاف در مدت زمان ۱۷۹ روز به کامپوست تبدیل می شود که علت آن افزودن یک مونومر سوم به ساختار ملکولی آن در طول فرایند پلیمریزاسیون است. این کمپانی به منظور تسهیل هیدرولیز و تسریع هر چه بیشتر نرخ تجزیه زیستی پیوندهای استری قابل هیدرولیز و تجزیه آسان را در ساختار پلیمری الیاف CELYS قرار داده است. تمام آن چه پس از تجزیه زیستی باقی می ماند دی اکسید کربن، آب و زیست توده می باشد. خواص پارچه تولید شده با استفاده از الیاف CELYS عبارت است از زیردست نرم و پنبه مانند، پرزدهی کم، آبدوستی، رنگرزی در دمای پایین، تنفس پذیری و انتقال رطوبت طبیعی و خشک شدن سریع. کمپانی امبرسایکل



جریان جامد که پنبه از بقایای آن است و جریان مایع که حاوی پلیمرها، رنگزاهای، مواد تکمیل و پوشش ها می باشد.

عملیات بیشتری بر روی سلولز پنبه انجام می شود تا در فرایندهای موجود برای تولید الیاف سلولزی بشرساخت قابل استفاده باشد و در مورد جریان مایع نیز مونومرها از آن استخراج و خالص سازی می شوند که شامل PTA (اسید ترفتالیک خالص) است.

رییس و مدیرعامل شرکت، پیتر ماجرانوفسکی می گوید: "ما با همکاری پروفیسور آلن مایرز از ام آی تی موفق به توسعه یک روش خالص سازی شده ایم. شما باید اطمینان حاصل کنید که ناخالصی ها مشخص که مانع از پلیمریزاسیون مجدد PTA- که تقریباً ۷۰ درصد وزن پلی استر را تشکیل می دهد- می شود، جدا شده باشند.

در حال حاضر کارخانجات بازیافت با استفاده از فرایند هیدرولیتیک که در مقیاس آزمایشی فعالیت می کنند اما قصد افزایش مقیاس را دارند عبارتند از دی پلی (سیون، سوییس)، جی آر تری ان (لوگان، سوییس) و روو وان پت (براونشوایگ، آلمان).

شرکت ایتالیایی آکوافیل واقع در کومونه آرکو، ترنتینو نیز دارای یک کارخانه معروف در اسلوونی است که در آن جا عملیات بازیافت فرش و تورهای ماهیگیری و تبدیل آن ها به مونومرهای جدید پلی امید انجام می شود. ظرفیت تولید سالانه این کارخانه ۳۵۰۰۰ تن می باشد. محصولات بازیافتی با برند

کمپانی اچ اند ام امضا کرده، قصد دارد تا چندین کارخانه در سراسر جهان برای تولید گردشی پلی استر تاسیس کند. کشورهای ویتنام و پرتغال یا اسپانیا در فهرست نهایی شرکت برای تاسیس دو کارخانه اول قرار دارند. تامین بودجه با فروش سهام این امکان را برای شرکت فراهم می کند تا مالکیت کامل فناوری PREMIRR را داشته باشد. این فناوری بخش اصلی فرایند بازیافت منسوج-به-منسوج شرکت می باشد.

*هیدرولیز

فرایند هیدرولیز شامل استفاده از آب برای شکستن پیوندهای استری پلیمرها و تبدیل آن ها به مونومرهای تشکیل دهنده است. فرایندهای هیدرولیزی بازیابی مونومرها هم برای PET و هم پلی امید توسعه یافته اند. فناوری جدید کمپانی سیرک پیشرو در زمینه فناوری الیاف واقع در دنویل، ویرجینیا دارای سطح آمادگی فناوری (TRL) ۷ می باشد و قرار است به سرعت وارد مقیاس صنعتی شود. با استفاده از این فناوری می توان مواد اولیه پنبه پلی استر شامل ضایعات پس از مصرف را با هر نسبتی از ترکیب و هر رنگی آماده سازی کرد.

در این فرایند پلی استر از طریق دی پلیمریزاسیون ناشی از هیدرولیز تجزیه شده و جداسازی الیاف نیز همزمان اتفاق می افتد. پلی استر پس از تجزیه و تبدیل به مونومرها در مایع حل شده و دو جریان حاصل می شود-

*کمپانی لوپ اینداستریز

کمپانی لوپ اینداستریز مالک فناوری اختصاصی و ثبت شده متانولیز است که با استفاده از آن ضایعات الیاف پلی استر و پلاستیک PET شامل بطری های پلاستیکی و بسته بندی ها، فرش و منسوجات در هر رنگ، با هر سطح از شفافیت و شرایطی و حتی پلاستیک های موجود در اقیانوس ها که توسط نور خورشید و نمک تجزیه شده اند، دی پلیمریزه می شوند. مونومرهای به دست آمده فیلتر، تصفیه و پلیمریزه می شوند تا رزین های PET با کیفیت ویرجین و مناسب برای استفاده در بسته بندی مواد غذایی و الیاف پلی استر حاصل شوند.

شرکت سرمایه گذاری رید منجمنت واقع در انگلستان در ژانویه ۲۰۲۴ اعلام کرد که مبلغ ۶۶ میلیون دلار در لوپ اینداستریز سرمایه گذاری می کند تا این شرکت بتواند برنامه های خود برای ساخت یک کارخانه بازیافت در سنت آلود، فرانسه با ظرفیت تولید سالانه ۷۰۰۰۰ تن ادامه دهد.

شرکت لوپ اینداستریز نیز در ماه می خبر از یک سرمایه گذاری مشترک با کمپانی استر اینداستریز برای تاسیس کارخانه اینفینیت لوپ به ارزش ۱۶۵ میلیون دلار در هند داده است. قرار است در این کارخانه ضایعات PET بازیافت و به دی متیل ترفتالات و مونو اتیلن گلایکول تبدیل شود.

*گلایکولیز

در فرایند گلایکولیز پلی استر با وزن ملکولی بالا با استفاده از یک گلایکول نظیر اتیلن گلایکول عمل می شود تا مونومرهای پلی استر برای تولید محصولات جدید بازیابی شوند. کمپانی سایر که یک شرکت جدید واقع در پارک مثلث تحقیقاتی در کارولینای شمالی می باشد، تحولات زیادی را در این عرصه ایجاد کرده است. این شرکت در مارس ۲۰۲۴ تاسیس شده و در ماه می ۲۰۲۴ مبلغ ۱۰۰ میلیون دلار سرمایه سری A جذب کرده است. شرکت که یک قرارداد پیش فروش با



ضایعات جمع آوری شده در کارخانه آزمایشی CARBIOس تجزیه شده و به PTA و مونومرهای MEG تبدیل می شوند. مونومرهای حاصل سپس مجدداً پلیمریزه شده و با انجام عملیات ریسندگی به نخ تبدیل می شوند و از این نخ پارچه جدید تولید می شود. تی شرت حاصل که صددرصد از ضایعات نساجی تهیه شده از نظر کیفیت و پایداری مطابق با استانداردهای مورد نظر برندهای پوشاک عضو کنسرسیوم می باشد.

*الیاف ECOMADE لایکرا

هرچند که الیاف الاستان باعث ایجاد کشسانی و راحتی عالی در پوشاک می شوند اما از نظر بازیافت در پایان عمر مفید لباس دارای مشکلات زیادی هستند.

کمپانی لایکرا در نیمه اول سال ۲۰۲۵ الیاف جدید الاستان تجدیدپذیر را با نام ECOMADE عرضه خواهد کرد. الیاف جدید با منابع زیستی دارای ۷۰ درصد محتوای تجدیدپذیر بوده و تاییدیه برنامه Bio-PREFERRED دپارتمان کشاورزی آمریکا را دارند. پارچه ها و لباس های تهیه شده از این الیاف دارای عملکردی مشابه پارچه های تهیه شده از الیاف لایکرا اوربجینال می باشند و برای تولید آن ها نیاز به مهندسی دوباره پارچه ها، فرایندها یا الگوهای لباس نیست. نیکلاس بانیولز، مدیر ارشد بازرگانی شرکت گفت: برای ایجاد محتوای تجدیدپذیر در پارچه با استفاده از الیاف ECOMADE نیازی به قربانی کردن عملکرد پارچه نیست. ما نسبت به روی آوردن به منابع تجدیدپذیر تعهد داریم چون بخش اصلی استراتژی پایداری ماست و به برندها و خرده فروشان کمک می کند تا اثرات زیست محیطی خود را نیز کاهش دهند.

مرجع:

Adrian Wilson, "Old Fibers for New", International Fiber Journal, January 2025

تهیه و تنظیم: آزاده موحد



کارخانه ECONYL وارد بازار می شوند.

*بازیافت آنزیمی

کمپانی کریبوس موفق به ثبت یک فرایند دی پلیمریزاسیون آنزیمی فاقد حلال برای بازیافت پلی استر شده است. در حال حاضر نیز این شرکت در حال ساخت یک کارخانه ۵۴ میلیارد یورویی در لانگلاویل، فرانسه می باشد. پیش بینی می شود تا سال ۲۰۲۶ حجم بالایی از مواد اولیه بازیافتی جدید در این کارخانه تولید شود.

کریبوس برای تاسیس یک کارخانه بازیافت جدید در چین قراردادی را با گروه ژینگ امضا کرده است. این دو کارخانه قصد دارند شراکت طولانی مدتی را با هم داشته باشند و برای شروع یک قرارداد لایسنس برای ساخت کارخانه ای با حداقل ظرفیت پردازش ۵۰۰۰۰ تن ضایعات پلی استر آماده سازی شده در سال را امضا کرده اند. چین بزرگ ترین تولیدکننده PET در جهان است و در حال حاضر ۷۸ درصد تبدیل PET به R-PET شامل بطری های PET در چین انجام می شود. در ماه اوت کمپانی ترکیه ای ساسا برای دریافت مجوز ساخت کارخانه بازیافت زیستی پلی استر با کمپانی کریبوس وارد مذاکره شد. قرار است این کارخانه در سایت آدانا ساخته شود و ظرفیت سالانه آن ۱۰۰۰۰۰ تن باشد.

*کمپانی مایل استون

کمپانی کریبوس به همراه شرکای خود در کنسرسیوم الیاف-به-الیاف از جمله برندهای آن، پاتاگونیا، پوما، پی وی ایچ و سالامون از یک تی شرت پلی استری ساده سفید رونمایی کردند. این تی شرت به صورت صددرصد از ضایعات نساجی ترکیبی و رنگی تولید شده است. تولید این تی شرت با همراهی تمامی اعضای کنسرسیوم که وظیفه تامین رول ها و تولید تکه های برش داده شده را برای کریبوس بر عهده داشتند، آغاز شد. ضایعات نساجی به کاررفته در تولید این تی شرت حاوی مخلوطی از ترکیبات پلی استر با پنبه و یا الاستان و همچنین مواد تکمیل کننده مختلف نظیر عناصر ضدآب و رنگها می باشد که بازیافت آن ها با استفاده از روشهای متداول بسیار پیچیده و دشوار است.