



اطلاع‌رسانی

بازیافت آramید: حل یک مشکل پیچیده زیست محیطی

برای آنها جدید بود و باید بیشتر در مورد آن می‌آموختند.

مکالمات اولیه آنها منجر به شکل‌گیری شرکت General Recycled در سال ۲۰۱۲ در کانادا شد که در زمینه بازیافت پوشاک فعالیت می‌کرد.

دفتر مرکزی شرکت در شهر برنابی در بریتیش کلمبیا و کارخانه خرد کردن الیاف آramید در منطقه له سورس در استان کبک کانادا واقع شده است. شرکت مالک یک انبار در شهر لودوک در ایالت آلبرتا نیز هست.

پارکر می‌گوید: زیرساخت‌های نساجی کانادا و بعضی از زنجیره‌های ارزش آن در استان کبک واقع شده است و در نتیجه ساخت کارخانه در آن جا منطقی بود.

او اضافه می‌کند: کانادا تولیدکننده بزرگ نفت و گاز و سومین کشور دارای ذخایر نفتی در جهان است که یعنی کارگران زیادی در این کشور از تجهیزات محافظت شخصی تهیه شده از الیاف آramید برای محافظت از خود در برابر خطرات آتش سوزی موجود در صنعت نفت و گاز استفاده می‌کنند.

* حل مشکل

نخستین قدم در بازیافت لباس‌های کار مقاوم در برابر شعله جمع‌آوری لباس‌های دورریخته شده است.

الیاف با اضافه کردن ضایعات خطرناک به زمین‌های دفن زباله باعث ایجاد چالش‌های جهانی می‌شوند.

علاوه بر آن لباس‌های تولید شده با استفاده از الیاف متا و پارا آramید کاملاً و به صورت صددرصد زیست‌تجزیه‌ناپذیر هستند. حتی اگر لباس نیز در نهایت تجزیه شود، مواد شیمیایی باقیمانده در زمین‌های دفن زباله سمی می‌باشند.

در بعضی موارد ریختن چنین ضایعاتی در زمین‌های دفن زباله به دلیل مشکلات فوق‌مورد قبول واقع نمی‌شود اما سوال اینجاست که این لباس‌ها باید کجا دور ریخته شود و با مواد تشکیل‌دهنده آن چه باید کرد؟

این سوالات بیشتر از ده سال پیش توسط سه نفر که در مجموع بیش از ۱۰ سال تجربه در صنعت نساجی داشتند، پرسیده شده بود. این سه نفر تد پارکر، دیو کسپر و لری سوزوکی بودند.

پارکر در این باره می‌گوید: پس از گفتگوهایی که با همکاران داشتیم چنین تشخیص دادیم که الیاف تهیه شده از پوشاک مصرف شده متا و پارا آramیدی در پایان عمر مفید خود تا حدی با ارزش هستند اگر بتوانیم لباس را بازیافت و به الیاف، نخ و پارچه تبدیل کنیم. با این حال با وجود تجربه زیاد این افراد در صنعت نساجی، فرایند بازیافت منسوجات هنوز

کمپانی General Recycled اقدام به جمع‌آوری و خرد کردن لباس‌های کار مقاوم در برابر شعله و تبدیل آنها به الیاف بازیافتی مورد استفاده در پوشاک جدید ضدآتش در یک فرایند حلقه بسته کرده است به نحوی که لباس‌های جدید دارای همان عملکرد محصولات تهیه شده از الیاف ویرجین باشند.

لباس‌های کار مقاوم در برابر شعله نقش مهمی در حفظ ایمنی کارگران دارای شغل‌های پرخطر که در معرض خطر آتش، قوس الکتریکی یا گردوغبار قابل احتراق هستند، ایفا می‌کنند مانند کارگران حوزه نفت و گاز، برق کارها، جوشکارها، کارکنان خطوط هوایی و خشکشویی، آتش‌نشان‌ها و سایر مشاغل. متأسفانه این لباس‌های بااهمیت در پایان عمر مفید خود به یک مساله دردسرساز تبدیل می‌شوند.

این لباس‌ها را به دلیل وجود بنزن در ساختار شیمیایی پلیمر و همچنین انجام تکمیل‌های شیمیایی خطرناک نمی‌توان سوزاند و در نهایت باید آنها را به زمین‌های دفن زباله فرستاد. تخمین‌های انجام شده در مورد میزان الیاف آramید تولید شده در سال متفاوت بوده و تعیین تعداد لباس‌های دورریخته شده در هر سال نیز دشوار است.

بر اساس بعضی برآوردها میزان تقاضای سالانه برای الیاف پارا و متا آramید بالغ بر ۱۰۰۰۰۰ تن می‌باشد اما جای بحثی نیست که این



در این کارخانه امکان خرد کردن انواع مختلفی از الیاف از جمله، Kermel®، Nomex IIA، Kevlar®، Nomex®، Conex، Twaron، پلی بنزیمیدازول (PBI) و Tecasafe Plus® وجود دارد. علاوه بر آن مقادیر محدودی از پارچه های ترکیب پنبه/نایلون و پنبه عمل شده در آن جا وجود دارد ضمن این که تحقیق و توسعه بر روی این ترکیبات و الیاف بازیافتی در حال انجام است.

* مراحل بعدی

پس از خرد کردن لباس ها و تبدیل آنها به الیاف قابل استفاده مجدد، عملیات ترکیب الیاف انجام می شود.

جنرال ریسایکل امکانات ترکیب کردن الیاف را نیز دارد ولی بیشتر مواقع کارخانجات ریسندگی این کار را انجام می دهند.

الیاف بر اساس رنگ آن ها پردازش می شوند. پارکر می گوید: در ترکیب الیاف برای مثال آبی رویال با آبی رویال، سرمه ای با سرمه ای و نارنجی با نارنجی ترکیب می شود.

ما هر شید رنگی که تصور کنید را از مصرف کننده نهایی دریافت می کنیم چون متغیرهایی نظیر دفعات شستشوی لباس و قراگیری آن در معرض تجزیه نور فرابنفش و غیره بر رنگ لباس تاثیر گذار است.

الیاف آرامید بازیافتی نیز مانند تمامی الیاف خرد شده و بازیافت شده معمول کوتاه تر از الیاف آرامید ویرجین است.

در نتیجه برای اطمینان از این که الیاف مناسب ریسندگی باشد آن را با مقادیری از الیاف ویرجین و بر اساس فرمولاسیون ثبت شده توسط جنرال ریسایکل ترکیب می کنند.

الیاف حاصل حاوی ۲۰ تا ۵۰ درصد الیاف آرامید بازیافتی پس از مصرف است که مقدار دقیق آن به نمره نخ مورد نیاز بستگی دارد. کسپر می گوید: در مجموع هرچه نمره نخ بیشتر باشد می توان از محتوای بازیافتی بیشتری در ترکیب استفاده کرد.

محتوای الیاف بازیافتی در ترکیب در صورت استفاده از آن در پیراهن و شلوار و بالاپوش بین

بر روی لباس ها نیز قابل بازیافت است. پارکر می گوید: برای جدا کردن زیپ و گیره ها، لباس ها به صورت دستی از رده خارج می شوند و چنانچه هرگونه تردیدی در مورد محتوای الیاف لباس نیز وجود داشته باشد، لباس مورد نظر از جریان ضایعات خارج خواهد شد.

* سختی های خرد کردن

الیاف آرامید پلی آمیدهای آروماتیک هستند که به دلیل استحکام و مقاومت سایشی و همچنین نقطه ذوب پایین آن شناخته شده می باشند. این ویژگی های مثبت اما تبدیل به یک معضل در پایان عمر مفید لباس های ضدآتش شده است.

پارکر تاکید می کند که با استفاده از یک قیچی معمولی نمی توان لباس را تکه کرد و آرامیدها همچنین باعث خوردگی ماشین نیز می شوند.

باید ماشین آلات را به صورت هدفمند برای کار با آرامیدها طراحی کرد و ساخت در غیر این صورت استفاده از یک خط معمولی خردکننده باعث آسیب رساندن به آن خط و هزینه ده ها هزار دلاری برای تعمیر آن خواهد شد.

جنرال ریسایکل با در نظر گرفتن این موضوع تصمیم به همکاری با تامین کنندگان ماشین آلات به منظور توسعه یک خط خردکن مخصوص مجهز به سیستم برش تیغه کربن، غلتک های تقویت شده و سیستم های کاردینگ و بازکننده دوتایی مناسب برای کار با الیاف آرامید گرفت.

امتیاز این نوع از ماشین آلات این است که اگر برای کار با الیاف آرامید مناسب باشند پس می توان هر لیف دیگری را نیز با آن خرد کرد. در نتیجه شرکت قادر به بازیافت هر نوع لباس دیگری نیز هست.

پارکر می گوید: درست است که تمرکز اصلی ما از ابتدا بر روی الیاف آرامید بود اما خیلی زود دریافتیم که در کارخانه ای که برای خرد کردن الیاف آرامید احداث کردیم می توان الیاف دیگری را نیز پردازش کرد.

لباس های مقاوم در برابر شعله تمیز از مصرف کنندگان نهایی جمع آوری می شود. شرکت برای آسان کردن این فرایند با شرکت های مصرف کننده نهایی همکاری می کند.

کسپر می گوید: بعضی مشتریان مسیر جریان لباس های خود را در جایی که ما برای جمع آوری لباس ها برنامه ریزی می کنیم؛ کنترل مینمایند آنها همچنین می توانند لباس های خود را برای ما ارسال کنند.

بسیاری از مشتریان نیز از خشکشویی ها تجاری برای این کار استفاده می کنند که برای ما نیز برنامه ریزی برای جمع آوری لباس ها از این مکان ها راحت تر است.

ما همچنین به مشتریان برای برآورد هزینه های مربوط به دورریختن لباس که در حال حاضر با آن روبرو هستند کمک می کنیم تا این هزینه ها را به هزینه برنامه بازیافت اضافه کنند. حتی با در نظر گرفتن هزینه های مربوط به جمع آوری لباس ها، استفاده از الیاف آرامید بازیافتی در نخ، پارچه و محصولات تکمیل شده در نهایت به صرفه تر خواهد بود.

هر شخصی که قسمتی از زنجیره های تامین مربوط به این لباس ها باشد می داند که استفاده از ۲۰ تا ۵۰ درصد الیاف به دست آمده از پارچه های بازیافتی در مقایسه با استفاده از الیاف آرامید ویرجین هزینه ها را تا حد زیادی کاهش خواهد داد.

شرکت جنرال ریسایکل در هنگام جمع آوری لباس ها به دنبال محتوای الیاف آنهاست و نوع لباس اهمیتی ندارد. کسپر می گوید: تمامی لباس های جمع آوری شده به دلیل وجود استانداردها دارای برچسب بوده و در نتیجه تشخیص محتوای الیاف آنها ساده است.

لباس ها در هنگام جمع آوری باید تمیز و فاقد هرگونه آلودگی باشند و هرگونه روغنی که در طول فرایند خشکشویی جمع آوری می شود نیز قابل بازیابی است. زیپ ها و گیره های برنجی لباس ها پیش از خرد شدن از آنها جدا شده و مورد بازیافت قرار می گیرند.

علاوه بر آن نوارهای ضدآتش شبرنگ موجود



۲۰ تا ۳۰ درصد است اما در مواردی که در فلیس (نوعی پشم) خیلی سنگین کاربرد داشته باشد تا ۵۰ درصد نیز از الیاف بازیافتی در ترکیب استفاده می شود.

می توان این فرایند را مانند پختن یک کیک در نظر گرفت. ما یا از دستورالعمل ها پیروی می کنیم یا دستورالعمل جدیدی را برای کاربر نهایی خلق می کنیم.

الیاف آرامید ویرجین بسته به خصوصیات مشتری یا استانداردهای مورد نظر او می تواند نومکس، کونکس، یانتایی یا آراوین باشد. این ترکیبات همچنین می تواند حاوی مدارکریلیک های مختلف، آنتی استاتیک ها یا الیاف ویسکوز کندکننده شعله باشد.

به کارگیری روش های ریسندگی رینگ، اپن اند و ورتکس برای تولید نخ از الیاف بازیافتی نتایج خوبی را به همراه داشته است.

کسپر می گوید: طول الیاف استپیل در طول فرایند بازیافت کاهش می یابد و در نتیجه نمی تواند به استحکام الیاف تهیه شده از الیاف ویرجین استاندارد با طول ۵۰ تا ۵۱ میلیمتر باشد.

لازم به ذکر است که الیاف به محض ترکیب شدن با الیاف ویرجین دارای استحکامی مشابه آرامید ویرجین خواهند بود و عملکرد آن ها تغییری نخواهد کرد.

محصولات آرامید بازیافتی در مقایسه ای بسیار مطلوب دارای پارامترهایی مشابه محصولات آرامید ویرجین موجود در بازار هستند.

به گفته کسپر هزینه الیاف آرامید بازیافتی بسیار کمتر از الیاف ویرجین است. الیاف آرامید به طور کلی گران هستند اما قطعاً تولید الیاف آرامید بازیافتی صرفه جویی های زیادی را به همراه خواهد داشت.

* پردازش پایین دستی

کمپانی جنرال ریسایکلد تنها یک بازیافت کننده است. در نتیجه عدل های الیاف به محض آماده شدن برای ریسندگی به کارخانجات ریسندگی و سپس تولیدکنندگان پارچه و در پی آن کارخانجات رنگرزی و تولید

لباس فرستاده می شوند.

این شرکت زنجیره ارزش خود را شامل ریسندگان، بافندگان تار پودی و بافندگان حلقوی در سطح آمریکای شمالی توسعه داده است اما در عین حال فروش الیاف به زنجیره های ارزش موجود که یک کاربر نهایی پوشاک ضد آتش در حال حاضر آن را در اختیار دارد را نیز انجام می دهد.

نکته اصلی برنامه شرکت این ایده است که برنامه بازیافت به زنجیره های ارزش موجود که کاربر نهایی آن را ایجاد کرده است، آسیبی وارد نمی کند.

پارکر می گوید: ما معمولاً الیاف بازیافتی خود را به کارخانه ریسندگی نخ مورد نظر کاربر نهایی می فروشیم که آن هم نخ را به تامین کننده پارچه مورد نظر کاربران نهایی و آن هم به تامین کننده لباس می فروشد.

تنها تفاوت این است که در حال حاضر لباس های تهیه شده با استفاده از الیاف حاوی مقداری محتوای بازیافتی نیز می باشند. نکته مهم اینجاست که این لباس ها را می توان به دفعات در یک فرایند حلقه بسته بازیافت کرد.

* شرکای صنعتی شرکت عبارتند از:

* ریسندگان نخ: رجیتکس، سنت ژوزف دوپوس در کبک؛ کوتس گروپ در ایالات متحده آمریکا و آرنتوم تکستیل در مکزیک

* بافندگی حلقوی، رنگرزی و تکمیل: اوراتکس در مونترال

* تامین کنندگان الیاف آرامید: تیجین آرامید در هلند؛ کرمل در فرانسه و یانتای تایهو ادونسد مترالز در چین

* عملکرد و کشف تصادفی

از الیاف بازیافتی ممکن است برای تولید منسوجات بی بافت نیز استفاده شود.

تمامی پارچه ها توسط شرکت های مستقل شخص ثالث مانند گروپ CTT، سنت هیاسنت در کبک، کینکتیکز در تورنتو و مرکز تحقیقات پوشاک و تجهیزات در دانشگاه آلبرتا به تایید

رسیده اند.

آزمایش های شخص ثالث نشان می دهد که پارچه های بازیافتی مطابق با ویژگی های مورد نیاز برای محافظت در برابر قوس الکتریکی یا آتش و فراتر از آن می باشد.

این نیازها بر اساس استانداردهای مقابل تعیین می شوند: هیات استانداردهای عمومی کانادا (CGSB) ۱۵۵،۲۰، انجمن ملی محافظت در برابر آتش (NFPA) استاندارد آتش سوزی ۲۱۱۲، انجمن استانداردهای کانادا CSA Z462، استاندارد ایمنی الکتریکی محل کار و NFPA 70E.

تاییدیه UL (یکی از قدیمی ترین شرکت های صدور گواهینامه ایمنی در جهان) نیز قابل دریافت بوده که در صورت درخواست نیازمند انجام آزمایشات اضافی است.

یکی از تولیدکنندگان مطرح الیاف آرامید نتایج انجام تست چهار ثانیه ای سوختن مانکن را منتشر کرد که نشان می دهد الیاف تولیدی در یک پارچه ۶ اونس ۴۰ تا ۵۰ درصد ترکیب سوختگی درجه دو و سه می دهد.

کسپر حدس می زند که تولیدکنندگان آرامید به این دلیل تمایل به انتشار این نتایج دارند تا نشان دهند که در تست سوختن ۴ ثانیه ای آرامید چقدر بهتر از پارچه صددرصد پنبه ای یا ترکیب پنبه/نایلون دارای تکمیل کندکنندگی شعله عمل می کند.

این پارچه ها معمولاً سنگین تر از آرامید دارای عملکرد عالی در سه ثانیه هستند اما متأسفانه در تست چهار ثانیه ای رد می شوند و معمولاً ۸۵ تا ۹۰ درصد سوختگی درجه دو و سه به جا می گذارند که به سختی می توان از آن جان سالم به در برد.

پارچه ۶ اونس حاوی الیاف جنرال ریسایکلد در تست سوختن سه ثانیه ای مانکن نتایج خوبی را از خود نشان داد و تنها دچار ۷/۳ درصد سوختگی درجه دو شد.

این نتایج فراتر از نتایج مربوط به پارچه های تهیه شده از آرامید ویرجین با همان وزن بوده است. شرکت برای این که دریابد پارچه در چه نقطه ای واقعاً شکست می خورد تصمیم



به آنها در دسترس است، به درستی دور ریخته شوند. این مشکل بزرگ و بزرگ تر شده و در آینده به یک چالش تبدیل می شود. پارکر تاکید می کند که گسترش مسئولیت تولیدکننده (EPR) - رویکردی که بار مسئولیت بیشتری را بر دوش تولیدکننده می گذارد تا پایان عمر محصولات خود را نیز مدیریت کند - فشار بیشتری را به آنها برای مشارکت و ایجاد تغییر وارد می کند.

* وجود راهکار

کمپانی جنرال ریسایکلد موفق به ایجاد یک برنامه بازیافت اقتصادی و کاملاً حلقه بسته برای استفاده مجدد از لباس های کار تهیه شده از الیاف آرامید شده است.

این شرکت قصد دارد تا صنعتگران را متوجه این موضوع کند که راه حل مشکل بازیافت آرامیدها فرایند جنرال ریسایکلد است چون لباس های تهیه شده از الیاف بازیافتی ارزان تر بوده، محافظت حرارتی بیشتری ایجاد می کنند، دارای تاییدیه شرکت های مستقل شخص ثالث هستند و می توان آن ها را به دفعات بازیافت کرد.

کسپر می گوید: توسعه فناوری جدید همچنان انگیز و در عین حال چالشی بوده است. در هر مرحله از کار با نظرات دلسرد کننده اطرافیان روبرو می شدیم اما به مخالفان ثابت کردیم که اشتباه می کنند.

فرایند بازیافت آرامید نه تنها کار کرد بلکه نتایج نشان داد که محصولات بازیافتی حاصل بی شک دارای عملکردی مشابه و حتی بهتر از محصولات تهیه شده از الیاف ویرجین می باشند. این بسیار جالب توجه است.

مرجع:

Rachael S. Davis, "Aramid Recycling: Solving a Tricky Environmental Issue", Textile World, March 2024

تهیه و تنظیم: آزاده موحد



پارکر عقیده دارد که شرکتها باید پیگیر پیام رسانی خود در رابطه با مباحث مربوط به پایداری باشند.

آن ها می خواهند این پیام را که تمامی تلاش خود را برای استفاده از شیوه های پایدار و مدیریت ضایعات به کار می گیرند، در کل دنیا پخش کنند اما همچنان به ریختن لباس های استفاده شده به زمین های دفن زباله ادامه می دهند.

آگاهی از این که امکان بازیافت لباس های استفاده شده و تبدیل آنها به لباس جدیدی که دارای عملکردی مشابه یا بهتر از لباس حاوی الیاف ویرجین است آن هم به شیوه ای مقرون به صرفه، انتخاب و تصمیم گیری را به یک امر ساده و بدیهی تبدیل می کند.

پارکر می گوید به یک تغییر الگو در فکر کردن نیاز است. ذهن مدیران یک شرکت باید باز باشد تا بتوانند گزینه بازیافت صحیح لباس های ضایعاتی را مد نظر قرار دهند.

به نظر نمی رسد که بازیافت لباس های ضدآتش جزو انتخاب های اول افراد باشد و در بیشتر مواقع ذهنیت «دور از دید، دور از ذهن» نیز مانع از انجام این کار می شود.

البته این بدان معنا نیست که لباس های ضدآتش زیست تجزیه ناپذیر نباید زمانی که فناوری های مناسب برای دادن زندگی دوباره

به انجام تست سوختن ۵ ثانیه ای مانکن گرفت.

بر اساس گزارش کسپر در تست ۵ ثانیه ای تنها شاهد ۲۱/۵ درصد سوختگی درجه دو بوده ایم. این نتیجه عالی و غیرمنتظره و صد درصد بهتر از پارچه تهیه شده از الیاف آرامید ویرجین با وزن مشابه بود.

مشاهده شده است که استفاده از الیاف بازیافتی در فرایند تولید نخ باعث ایجاد محافظت حرارتی مازاد در ترکیب نهایی نخ می شود. مشتریان جنرال ریسایکلد نیز نتایج مشابهی را از تست های مستقلی که انجام می دهند، گزارش می کنند.

* صنعت پوشاک ضدآتش

کمپانی جنرال ریسایکلد به منظور کمک به به کارگیری الیاف بازیافتی در محصولات، تمرکز خود را برروی آموزش و آگاهی رسانی گذاشته است.

کسپر می گوید: ما به هدفمان خیلی نزدیک شده ایم. ما با ارایه مقالات و آگاهی رسانی شرکتها را تشویق به به کارگیری فرایند بازیافت شرکت به صورت آزمایشی کرده ایم. ما خیلی زود در یافتیم که داشتن افرادی برای مدیریت ضایعات از اهمیت زیادی برخوردار است.

فرایند بازیافت با جمع آوری ضایعات آغاز می شود. لازم بود تا آگاهی رسانی لازم در مورد هزینه های مربوط به دور ریختن پوشاک حاوی مواد اولیه خطرناک در صنعت انجام شود.

* تغییر الگو

بازیافت آرامید یک مشکل جهانی با تأثیرات جهانی است. متأسفانه جریان بازیافت بسیار به آرامی پیش می رود.

پارکر می گوید: آرامیدها در لباس پرسنل صنعت نفت و گاز مورد استفاده قرار می گیرند. با این حال حوزه های قضایی در خارج از آمریکای شمالی علاقه بیشتری به آن نشان داده اند تا در خود آمریکای شمالی.