

پلیمرها و مواد زیست تخریب پذیر در صنعت خودرو

محمد طیب عزیزی*

چکیده: پلیمرها و مواد زیست تخریب پذیر در مقایسه با پلاستیک‌های موجود نه تنها در فرآیند تولید، انرژی کمتری مصرف می‌نمایند بلکه به دلیل مواد مصرفی تجدیدپذیر از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. در این مقاله سعی گردیده تا نمونه‌هایی از پلیمرها و مواد زیست تخریب پذیر و همچنین قطعات و خودروهایی که از این مواد توسط شرکت‌های خودروساز و مراکز صنعتی و دانشگاهی تهیه گردیده معرفی شود.

واژه‌های کلیدی: پلیمر، مواد، زیست تخریب پذیر، خودرو

۱. مقدمه

ساده‌ترین تعریف پلیمر عبارت است از ماده‌ای که از تعداد متناهی واحد یکسان ساخته شده. پلیمر را مانند یک زنجیر در نظر بگیرید که هر حلقه زنجیر «مر» نامیده می‌شود که عنصر اصلی کربن و عناصر دیگر نظیر هیدروژن، اکسیژن، نیتروژن و یا سیلیکون به آن متصل می‌باشند. از بهم پیوستن مرها، پلیمر تولید می‌شود. پلیمرهایی نظیر قیر، پوسته لاک پشت، شیره درختان از شروع زمان وجود داشته‌اند که انسان‌های اولیه با اعمال حرارت و فشار از آن‌ها وسایل تزئینی و جواهرآلات می‌ساخته‌اند. ساخت اولین پلیمر نیمه سنتزی که به ولکانیزاسیون لاستیک انجام شد به سال ۱۹۰۹ توسط باکلیت برمی‌گردد و پس از آن و در سال ۱۹۱۱ ابریشم مصنوعی تولید گردید.

در صنعت پلیمر تا جنگ جهانی دوم پیشرفتی حاصل نشد به محض این‌که جنگ جهانی دوم آغاز گردید منابع لاستیک خام، پشم، ابریشم و مواد دیگر نایاب و منابع سنتزی مورد توجه قرار گرفت.

که در آن مدت نایلون، آکرلیک، نئوپرن، SBR، پلی‌اتیلن و پلیمرهای بسیار دیگری ساخته شد که در گذشته موجود نبود. [۱]

از سال ۱۹۷۰ و با وخیم شدن مشکل دفن زباله در سطح جهان، موضوع استفاده از پلیمرهای زیست تخریب پذیر مطرح گردید که اولین موضوع در خصوص کیسه‌های زباله و مواد یک‌بار مصرف بود طوری که ۳۰ درصد از پلاستیک‌های تولیدی برای مصارف یک‌بار مصرف می‌باشد و تنها ۲ درصد از آن بازیابی می‌گردد لذا پلیمرهای زیست تخریب پذیر به‌عنوان جایگزین مناسب پلاستیک‌های رایج مطرح گردید. [۲]

به‌طور کلی می‌توان پلیمرها را به دو گروه عمده زیست تخریب پذیر

و غیر تخریب پذیر تقسیم بندی نمود و پلیمرهای زیست تخریب پذیر را براساس اجزای تشکیل دهنده، روش تهیه، روش ساخت و یا کاربرد آن‌ها قابل تقسیم بندی نمود.

۲. پلیمرهای سنتزی غیر تخریب پذیر

منومر این پلیمرها از منابع نفتی بوده و به‌وسیله الیاف کربن و شیشه مقاوم می‌شوند که سعی گردیده در مقابل عوامل محیطی مقاوم باشند که خود باعث آلودگی محیط زیست به دلیل عدم تخریب پذیری آن‌ها توسط محیط زیست می‌شود که از آن جمله می‌توان به: پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن، پلی‌یورتان، پلی‌استایرن و غیره اشاره کرد.

۳. پلیمرهای زیست تخریب پذیر

در این مقاله پلیمرهای زیست تخریب پذیر براساس اجزای تشکیل دهنده از نظر خاستگاه طبیعی و غیرطبیعی تقسیم بندی می‌گردد که در ادامه به آن می‌پردازیم.

۳-۱. پلیمرهای زیست تخریب پذیر با خاستگاه طبیعی

پلیمرهای زیست تخریب پذیر با خاستگاه طبیعی به شش گروه تقسیم می‌شوند:

- پلی‌ساکاریدها مانند نشاسته و سلولز
- پروتئین‌ها مانند ژلاتین، پروتئین موجود در شیر، ابریشم، پشم
- لیپیدها نظیر روغن کرچک و چربی اشباع شده حیوانی
- پلی‌استرهای تولید شده از میکرو ارگانیزم‌ها یا گیاهان مانند پلی هیدروکسی آلکانوات‌ها یا پلی هیدروکسی بوتیرات
- پلی‌استرهای ساخته شده بر پایه منومر طبیعی نظیر پلی لاکتیک اسید
- یک گروه از پلیمرهای گوناگون نظیر لاستیک طبیعی

* کارشناس مسئول مدیریت مهندسی تولید

آدرس پست الکترونیک: azizi_m@saipacorp.com

۲-۳. پلیمرهای زیست تخریب پذیر سنتزی

پلیمرهای زیست تخریب پذیر زیادی وجود دارد که از مواد اولیه پتروشیمی تولید می‌شوند و بعضی وقت‌ها تعدادی از آن‌ها در محیط اطراف ما یافت می‌شوند نظیر نخ‌های بخیه که در پزشکی مصرف می‌شوند.

- پلی استرهای آلیفاتیک نظیر پلی گلایکولیک اسید
 - پلی استرهای آروماتیک یا ترکیب با پلی استرهای آلیفاتیک
 - پلی وینیل الکل‌ها
 - پلی اولفین‌های اصلاح شده
- هر کدام از نمونه‌های بالا دارای خواص ویژه و کاربردهای بالقوه‌ای هستند. [۳]

۴. روش‌های تخریب پلیمرهای زیست تخریب پذیر

پلیمرها به روش‌های میکروبی، نوری و شیمیایی تخریب می‌شوند. هر سه روش تحت عنوان زیست تخریب پذیری تقسیم‌بندی می‌شوند که محصولات نهایی حاصل از تخریب در طبیعت یافت می‌شوند.

۴-۱. تخریب از طریق نور

در این روش با تابش نور خورشید پلیمر به قطعات کوچک‌تر تبدیل می‌گردد. بیشتر تخریب میکروبی بعد از تخریب نوری شروع می‌شود. پلی اولفین‌ها از آن دسته پلیمرهایی هستند که توسط نور تخریب می‌شوند.

روش‌های پیشنهادی جهت تخریب نوری عبارتند از:

- اضافه کردن افزودنی نظیر بنزوفنون به داخل ساختار پلیمر.
- اصلاح ساختار پلیمر با اضافه کردن جاذب اشعه فرابنفش نظیر کربونیل.
- ساخت پلیمرهای حساس به نور

۴-۲. تخریب از طریق میکروبی

پلیمرهایی که از مواد طبیعی ساخته می‌شوند نظیر الیاف کتان یا نشاسته مستعد به تخریب شدن از طریق مواد بیولوژیک هستند. سرعت تخریب پلیمرها در سیستم تخریب بیولوژیکی بستگی به نوع فرمولاسیون و میکروب مورد نیاز برای تخریب دارد. در این روش با وارد کردن نشاسته به ساختار پلیمر و بعد از آن که در تماس خاک یا آب قرار می‌گیرند به وسیله میکروب‌ها حمله می‌شود که در ابتدا نشاسته تجزیه شده و پلیمر به ساختار اسفنجی تبدیل می‌شود که بسیار ضعیف می‌گردد. بعد از آن که نشاسته تجزیه می‌شود بافت پلیمر به وسیله حمله آنزیمی شروع به تخریب می‌کند. هر واکنش آنزیمی باعث قیچی شدن مولکول و کوچکتر شدن پلیمر شده تا این که کل پلیمر تخریب شود.

روش دیگر جهت تخریب میکروبیولوژیکی پلیمرها استفاده از میکروارگانیسم‌ها در پلیمرهاست که برای هدفی خاص به منظور تخریب مواد پلیمری انجام می‌گیرد. این روش بسیار پسر هزینه بوده و باعث توقف استفاده از منابع تجدیدپذیر می‌شود. میکروارگانیسم‌های مورد نظر به منظور تخریب پلاستیک‌های برپایه نفت طراحی شده‌اند. [۳] البته این روش کمکی به حفظ منابع تجدیدناپذیر نمی‌نماید تنها از آلودگی محیط زیست جلوگیری می‌کند.

۴-۳. تخریب شیمیایی

بعضی از پلیمرها وقتی در محلول‌های آبی قرار می‌گیرند به سرعت تخریب می‌شوند. نمونه‌ای از این نوع، دیپارات^۱ است (نام تجاری دانه‌های پلی وینیل الکل است که در قالب‌گیری تزریقی به‌عنوان فداشونده عمل می‌نماید این ماده توسط یک شرکت انگلیسی تولید می‌شود) که به سرعت در آب گرم حل شده و به پلی وینیل الکل و گلیسرین تبدیل می‌شود. مشابه بسیاری از پلاستیک‌های تخریب پذیر به‌وسیله نور، در این پلیمر نیز تخریب عامل پلیمر بعد و از طریق میکروبی اتفاق می‌افتد. میکروارگانیسم‌های مناسب به راحتی در مکان‌های تصفیه آب یافت می‌شوند. از جمله پلیمرهای زیست تخریب پذیر دیگری که می‌توان به آن اشاره کرد نوداکس^۲ است. نوداکس قابل تخریب در محیط قلیایی بوده و به سرعت تخریب می‌شود. [۴]

۵. کاربرد پلیمرهای زیست تخریب پذیر

در صنعت خودرو

پلیمرها و مواد زیست تخریب پذیر ابتدا در صنایع غذایی مانند بطری‌های آمبیوه، ظرف‌ها، فنجان‌ها، ظروف غذایی یک‌بار مصرف و بسته بندی‌ها قابلیت استفاده پیدا نمود و پس از آن محصولات پزشکی نیز از فواید مواد زیست تخریب پذیر برخوردار گردید که منومر لازم جهت تولید پلیمر زیست تخریب پذیر از طریق فرآیند تخمیر ذرت و نیشکر (اسید لاکتیک) تولید و سپس پلاستیک‌ها و پلی استرهایی که خطر کمتری برای استفاده به‌عنوان ظروف غذا یا سرنگ را دارند تهیه گردید. با وجود فواید ذکر شده، هزینه بالای تولید و روش‌های پیچیده ساخت پلیمرهای زیست تخریب پذیر باعث عدم پیشرفت و توسعه کم مواد مذکور در صنایع غیر دارویی و غذایی گردید طوری که در ابتدا قیمت هر کیلوگرم پلی لاکتاید ۲۰۰ دلار بود اما بعد از اصلاح روش‌های تولید در حال حاضر قیمت آن به کمتر از یک دلار در هر کیلوگرم رسیده است. نگرانی دیگری که در خصوص مواد زیست تخریب پذیر وجود داشت کیفیت مواد زیست تخریب پذیر با مواد موجود بود اما با گذشت زمان و اصلاح خواص مختلف مواد زیست تخریب پذیر این نگرانی نیز برطرف شد.

در این مقاله سعی داریم مواد و پلیمرهای زیست تخریب پذیری که در صنعت خودرو قابلیت استفاده پیدا کرده‌اند به همراه قطعات تولید شده را مطرح کنیم.

در صنعت خودرو سه پلیمر پلی لاکتاید (PLA)، پلی هیدروکسی آلکانوات (PHA) و پلی هیدروکسی بوتیرات (PHB) قابلیت استفاده یافته‌اند که از نظر خواص فیزیکی و فرآیند شکل‌دهی مشابه پلاستیک‌هایی نظیر پلی اتیلن و پلی پروپیلن هستند. صنعت خودرو به دلیل ساختار کریستالی و شفاف بودن PLA در پیداکردن کاربردهای وسیع‌تر علاقه بیشتری نشان داده است. پلی لاکتاید یک پلیمر بلوری شفاف بوده که برای روکش یا سطح نهایی استفاده می‌شود. این مواد به‌عنوان ورق‌های

¹ Depart

² Nodax PBHB

بنز و دایملر کرایسلر نشان می‌دهد.



شکل ۱. قطعات تولید شده توسط دایملر کرایسلر

تعدادی از اهداف منحصر به فرد که چراغ سبز را برای استفاده الیاف طبیعی در خودرو نشان داده‌اند درخواست‌هایی برای قطعات سبک با قابلیت بازیابی خوب است. مطابق با کنترل‌های جانسون استفاده از کامپوزیت‌های ساخته شده از الیاف طبیعی باعث کاهش وزن خودرو تا ۳۵ درصد گردیده که خود باعث کاهش مصرف سوخت گردیده است. به‌علاوه کامپوزیت‌های بر پایه الیاف طبیعی کارآیی مکانیکی خوب، شکل‌پذیری مناسب، جذب صدای بالا و کاهش هزینه به دلیل هزینه پایین مواد را به همراه دارد.

استفاده از مواد زیست تخریب‌پذیر در بیرون خودرو موضوع اصلی است جهت مشخص کردن مواد کامپوزیت بین الیاف طبیعی و پلاستیک‌های زیست تخریب‌پذیر. جدای از محدودیت‌های استفاده از الیاف طبیعی برای خارج خودرو به دلیل استحکام پایین و فقدان مقاومت حرارتی، پایداری الیاف طبیعی را نگران می‌کند. شرکت‌های خودروساز فلسفه‌های طراحی را به اکتشاف محدودیت‌ها و پتانسیل مواد زیست تخریب‌پذیر معطوف نموده‌اند. اکثر الیاف شناخته شده مصرفی در صنعت خودرو عبارتند از کتان، کنف، کنف هندی و الیاف درخت صبار. در اکثر فرآیندها الیاف در داخل پلیمرهای پلی پروپیلن یا آکریلیک قرار داده شده یا با پلی یورتان‌ها ترکیب شده است. کامپوزیت‌های پلی پروپیلن مسلح شده توسط الیاف طبیعی که به روش فشردگی توسط غلطک‌ها تهیه می‌شود به شکل و ضخامت مورد نیاز تهیه می‌شوند. مصرف این نوع از کامپوزیت‌های زیست‌سازگار سبک در داخل خودرو رایج می‌باشد. [۵] شرکت کراس مافی آ در سال ۲۰۰۴ توانست الیافی مانند کتان، کنف و کنف هندی را توسط روش قالب‌گیری تزریقی وارد قالب‌های پلی یورتان نماید. مطابق این روش، کامپوزیت‌های تولید شده در مقایسه با کامپوزیت‌های حاوی الیاف شیشه و پلاستیک‌های متداول ۱۵ درصد سبک‌تر است. البته بسیاری از شرکت‌ها از روش قالب‌گیری تراکمی جهت تهیه کامپوزیت‌های الیاف طبیعی پلی یورتان جهت داخل خودرو که توسط شرکت بایر پیشنهاد شده استفاده می‌نمایند که دارای کارایی مطلوب و کاهش مصرف انرژی می‌باشد. در طول سال‌های اخیر بعضی از شرکت‌ها و مراکز تحقیقاتی از مواد زیست تخریب‌پذیر خودروهایی

شفاف برای مکان‌هایی که به چنین موادی نیاز است استفاده می‌شوند. پلی هیدروکسی آلکانوات (PHA) می‌تواند به‌عنوان الیاف، فیلم نازک و روکش‌های مقاوم در برابر آب استفاده شوند. در طراحی‌های جدید این مواد به‌عنوان موادی که می‌توانند جهت طراحی قطعات داخل و خارج خودرو استفاده شوند در نظر گرفته شده است.

به‌علاوه نوع عمومی‌تری از PHA، پلی‌بتا هیدروکسی بوتیرات (PHB) می‌باشد که دارای خواصی مشابه PP است که برای بسته‌بندی، حمل و نقل مواد صادراتی، صنعت خودرو و وسایل بزرگ آشپزخانه کاربرد دارد. در توسعه خواص سه پلیمر PLA و PHA و PHB اختلافات دمایی و انتظار طول عمر این مواد نگرانی اصلی برای محدوده‌های طراحی می‌باشد. هدف معین شده در این راستا ایجاد مواد زیست تخریب‌پذیری است که در صنعت خودرو استفاده می‌شود طوری که برای تولید این مواد انرژی کمتری مصرف می‌گردد.

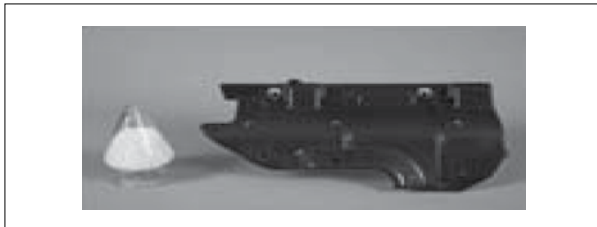
بعد از اصلاح PLA که بتواند در دماهای بالا کار کند پلاستیک‌هایی تهیه گردید که مشابه PET و ABS می‌باشد. همچنین دمای فرآیند مجدد PLA بین ۲۳/۹ - ۲۹/۴ می‌باشد که کمتر از پلاستیک‌های متداول است.

بعد از اصلاح دمایی PHA به‌عنوان ظرف آب، فنجان قهوه، کاسه سوپ استفاده شده که دارای خواص مقاومت به محیط آبی است که البته در محیط آب تخریب می‌شود. این پلیمر از نظر خواص مشابه LDPE و HDPE و PP است. از نظر کیفیت چاپ بر روی سطح قطعه شبیه پلی‌استر است و بر روی سطوح قطعات به‌عنوان محلول چاپ می‌تواند استفاده شود. خواص اضافی دیگری که این مواد دارند مقاومت به روغن و گریس است که می‌توانند به‌عنوان ظروف آشپزخانه و مسافرتی استفاده شوند. همچنین PHA دارای نقطه ذوب ۴۰ تا ۱۸۰ درجه سانتیگراد است که می‌تواند به‌عنوان مواد ترموپلاستیک و الاستومر استفاده شوند. راه‌حل‌های تکامل صنعت طراحی داخل خودرو که از مواد موجود در طبیعت و استفاده از مواد آلی استفاده شده کانون‌های کاربردهای تحولی از مواد بر پایه مواد زیستی هستند. ایده استفاده از مواد بر پایه کربن، مثالی از کاربرد پلاستیک‌های زیستی مانند PLA و PHA و PHB که از ذرت و نیل‌سکر ساخته شده‌اند بر ایده طراحی و راه‌های ممکن از اجزای طراحی خودرو و لوازم جانبی دلالت دارد.

فلسفه طراحی سبز مواد طبیعی را به‌گونه‌ای اصلاح نمود که بتوانند جایگزین پلاستیک‌هایی نظیر ABS و PET شوند. البته ترکیب مواد طبیعی و پلاستیک‌های رایج ایده جدیدی نیست طوری که در سال ۱۹۸۳ شرکت سیتروئن خودروی تجاری مدل BX آن از جنس کامپوزیت را عرضه نمود که ترکیبی از الیاف شیشه، پلی‌استر و پلی‌امید بود. طراحی دیگر در بدنه خودروی فرمول ۱ توسط شرکت فورد بود که توانست با استفاده از الیاف کربن، رزین اپوکسی و موم عسل بدنه‌ای تولید نمایند که باعث وزن خودرو و هزینه تولید شوند. از آن به بعد ترکیب مواد طبیعی با پلیمرها بخشی از فلسفه طراحی سبز گردید. با این وجود مواد ذکر شده در تولید متداول خودرو غیرقابل پذیرش و نیازمند تحقیقات بیشتری بود. در شکل ۱ استفاده از الیاف را جهت تولید مواد داخل خودرو به‌عنوان مواد جایگزین توسط شرکت مرسدس

³ Krauss-Maffei

۲ مرکز تحقیقاتی و ۲ دانشگاه است. یکی از فواید این محصول کاهش انتشار گازهای آلاینده می‌باشد. در این پلیمر از پلی لاکتیک اسید موجود در ذرت استفاده گردیده و کوشش‌ها بر روی توسعه بیوپلاستیکی که در برگیرنده عامل هسته‌زایی جهت تولید کریستال و ترکیبات سازگار جهت افزایش استحکام و مقاومت به حرارت که امکان مصرف پلیمر مذکور در موارد بیشتر را باعث می‌گردد. [۸]



شکل ۴. قطعه زیست تخریب پذیر

قطعات مصرفی در داخل خودرو نظیر روکش صندلی، نگهدارنده سر و تزئینات داخلی خودرو از جنس پلی اتیلن، پلی وینیل الکل، پی وی سی است. بعضی از شرکت‌ها به تازگی شروع به استفاده از پلیمرهایی نظیر پلی لاکتیک اسید و پلی بوتیلن ساکسینات جهت روکش صندلی و روکش نگهدارنده سر و تزئینات داخلی خودرو نموده‌اند. از زمره این شرکت‌ها می‌توان به شرکت مزدا اشاره کرد که با استفاده از پلی لاکتیک اسید و به روش قالب‌گیری توانسته روکش و قطعات تزئینی داخل خودرو تولید نماید. همچنین شرکت‌های مرسدس و میتسوبیشی با استفاده از الیاف نارگیل و بامبو توانسته‌اند نگهدارنده سر و صندلی تولید نمایند. شرکت فورد و با همکاری شرکت لید توانسته با استفاده از دانه‌های روغنی سویا، فوم صندلی تولید نمایند که دارای ساختار سلولی و لانه زنبوری است که دیگر مشکل چسبناکی صندلی در فصل تابستان را ندارد. [۹]

استفاده از روغن موتور زیست تخریب پذیر 10W30 که از چربی اشباع شده گاو تهیه شده و مطابق با استانداردهای بین‌المللی است که این نوع روغن تا دو مرحله قابل بازیابی بوده و بعد از آن با اضافه کردن مواد تخریب‌کننده به روغن مصرفی، به مواد اولیه قابل بازیابی تبدیل می‌شود. [۱۰]

۶. نتیجه‌گیری

با توجه به مشکل زباله‌های غیر قابل تخریب پذیر که حجم قابل توجهی از آن به پلاستیک‌های پایه نفتی مربوط می‌شود و مشکل منابع نفتی به‌عنوان منابع تجدیدناپذیر، استفاده از پلاستیک‌ها و مواد زیست تخریب پذیر در بعضی از شرکت‌های خودروساز جهانی شروع و در زمینه تزئینات داخلی خودرو کاربرد وسیعی یافته اما در خصوص خارج خودرو به دلیل محدودیت‌هایی که مواد زیست تخریب پذیر دارند نیازمند تحقیقات بیشتری است.

طراحی و ساخته‌اند که در این مقاله به دو نمونه آن می‌پردازیم. شرکت رینسپید^۴ یک خودروی نمونه طراحی و ساخته بنام eXaxis. شکل ۲ بدنه خودرو از پلی کربنات که شفاف است و مشابه کامپوزیت PLA و الیاف طبیعی است. وزن خودرو ۷۵۰ کیلوگرم و سوخت آن الکلی است به طوری که انتشار گازهای آلاینده در آن صفر می‌باشد. قدرت این خودرو ۱۵۰ اسب بخار و حداکثر سرعت آن ۲۱۰ کیلومتر بر ساعت است. [۶]



شکل ۲. خودروی تولیدی توسط رینسپید

خودروی دیگری که توسط مواد زیست تخریب پذیر طراحی و ساخته شده نتیجه فعالیت پژوهشگران دانشگاه وارویک^۵ در انگلستان می‌باشد و توانسته‌اند خودرویی بسازند که ۹۵ درصد از اجزای آن را مواد زیست تخریب پذیر تشکیل می‌دهد مطابق شکل ۳. بدنه این خودرو از الیاف کف و رزین، پدال‌های ترمز از پوسته آجیل، غربیلک فرمان از تفاله هویج، پنل‌ها از نشاسته سیب زمینی و صندلی از روغن سویا تهیه شده است. سوخت این خودرو از پلاستیک ضایعات شکلات و چربی تهیه شده است. شاسی این خودرو از جنس استیل سبک می‌باشد که هم قابل بازیابی و هم حدود ۳۵ درصد از نمونه‌های فعلی سبک‌تر است. سرعت این خودرو ۲۴۰ کیلومتر بر ساعت است. [۷]



شکل ۳. خودروی زیست تخریب پذیر توسط دانشگاه وارویک

در زمینه تهیه قطعه می‌توان به فعالیت‌های زیر اشاره نمود. گردیده نتیجه فعالیت امروزه پلیمرهای زیست تخریب پذیر در زمینه خودرو مصارف متعددی یافته‌اند که در ذیل به مواردی از آن‌ها می‌پردازیم: قطعه پلاستیکی زیست تخریب پذیری که حاوی ۸۸ درصد ذرت و ۱۲ درصد مشتق نفتی است جهت استفاده در داخل خودرو تولید شده است و در شکل ۴ نشان داده است. تولید این قطعه نتیجه فعالیت ۷ کمپانی،

^۴ Rinspeed

^۵ Warwick

and Hemp" KMITL Sci. Tech. J. Vol. 7 S2 Nov.2007

[6]<http://www.Rinspeed.com>

[7]<http://www2.warwick.ac.uk> "chocolate-powered car invented by Warwick University "

[8]<http://www.greencarcongress.com>"Japanese Research Consortium Develops High-strength Heat-Resistance Bioplastic for Auto Parts" 11 may 2006.

[9]<http://www.nerac.com>" Eco-Friendly Requirements in the Automotive Industry Create Growth Opportunity for Recycling Technology Innovators".

[10]<http://www.ecogeek.org> "new Cow Fat Motor Oil Biodegradable in Days".

منابع

[1] History of Plastics and Polymer, <http://www.american-chemistry.com>

[2] Ray Smith, "Biodegradable Polymers for industrial applications", Published in North America by CRC Press LLC 2000.

[3] "Biodegradable Polymer: A Review", <http://www.cpia.ca/search/results.php>

[4] M. Kolybaba, L.G. Tabil, S. Panigrahi, W.J. Crerar, T. Powell, B. Wang, "Biodegradable Polymers: Past, Present, and Future", CSAE/ASAE Annual Intersectional Meeting 2003.

[5] A. Sindhuphak " Bioproducts of Automotive Accessories: Rethinking Design Materials Through Cornstarch, Sugarcane