Archive of SID

پژوهش و سازندگی
در
منابع طبیعی شماره ۸۰، پاییز ۱۳۸۷

اثر میزان الیاف و دما بر ویژگی‌های مکانیکی و طیف‌سنجی فرآورده مرکب الیاف چوب/ پلی پروپیلن

• امیر نوربخش
استادیار موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع تهران
• احمد جهان لتیباری
استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهرشهر کرج
• کاظم دوست حسینی
استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
• ابوالفضل کارگرفرد
استادیار موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع تهران
تاریخ دریافت: دی ماه ۱۳۸۵ تاریخ پذیرش: آذر ماه ۱۳۸۶
Email:nourbakhsh_amir@yahoo.com

چکیده

این بررسی با هدف مطالعه تأثیر شرایط ساخت بر ویژگی‌های فرآورده مرکب الیاف چوب/ پلیمر مورد توجه قرار گرفته است. در روش مخلوط سازی ۱۲ تیمار با ترکیب شرایط مختلف مقدار الیاف سلولزی، درجه حرارت مخلوط سازی مورد توجه قرار گرفته است. ویژگی‌های مکانیکی فرآورده مرکب اندازه‌گیری و با استفاده از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و طیف‌سنجی FTIR مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. استفاده از الیاف صنوبر در مقادیر مختلف باعث تغییرات در ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی فرآورده مرکب شده است. با افزایش مقدار درصد الیاف سلولزی از ۱۰ تا ۴۰ درصد مقاومت به ضربه فاقدار، کاهش ومقاومت و مدول کششی افزایش و مقاومت خمشی تا ۳۰ درصد الیاف، افزایش داشته است. نتایج طیف سنجی FTIR نشان داده است که باندهای جذبی گروه‌های کربونیل (C=O) و اتصالات در نواحی cm^{-1} ۱۷۵۵-۱۶۸۸ در حضور عامل جفت کننده انیدرید مالئیک پلی پروپیلنی افزایش یافته و این پدیده باعث افزایش ویژگی‌های مکانیکی در فرآورده مرکب الیاف چوب/ پلیمر در محدوده ۳۰ درصد الیاف گردیده است. همچنین نتایج طیف سنجی FTIR نشان داده است که باندهای جذبی گروه کربونیل (C=O) در دمای ۱۹۰ درجه سلسیوس در محدود cm^{-1} ۱۷۲۵-۱۷۰۴ بدست آمده، که منطقه مناسب جهت تشکیل اتصالات بوده است.

کلمات کلیدی: فرآورده مرکب، پلی پروپیلن، الیاف صنوبر، درجه حرارت، ویژگی‌های مکانیکی، طیف‌سنجی (FTIR)

www.SID.ir

Archive of SID

Pajouhesh & Sazandegi No:80 pp: 68-74

The effect of fiber content and mixing temperature on mechanical properties and FTIR spectroscopy in wood fiber/polymer composites

By: A.Nourbakhsh, Ph.D., Research Institute of Forests and Rangelands,Kargarfard, A. Professor, Faculty of Natural Resources, Latibari, A.J. Azad University of Karaj, Doosthossein K. Professor , Faculty of Natural Resources, University of Tehran

This study investigate the effects of production variables of melt-blending on wood fiber /polymer composites; A combination of 12 treatments for melt-blending were used.The effect of cellulose fiber content and mixing temperature were studied. Mechanical properties of the sample were analyzed using factorial experimental design with completely random and mean comparison test. FTIR spectroscopy is used to investigate the bond formation mechanism which influence on the mechanical properties.The results of FTIR spectroscopy shows that carbonyl stretch peak occurs at1688-1755 Cm^{-1} and anhydride exhibits a characteristics doublet due to carbonylstretch of coupling agents. This phenomenon improved the mechanical properties of wood fiber/polymer composites.The utilization of lignocellulosic materials changes the properties of composites. Addition of 10 to 40% fibers to the plastics in melt-blended resulted in a composite with higher modulus and tensile but lower impact energy and of elongation and MOR was increased up to 30%.The absorption bands at 1704-1725 Cm^{-1} (carbonyl stretch) were influenced after heat treatment of copolymer at 190°c.The major factors that govern the properties of the study are fibers type strong interfacial interactions such as covalent and hydrogen bonds. Initiators radicals, which are formed across the interface between the two components account for the adhesion in the system.

Key words: Composites, Polypropylene, Poplar Fibers, Temperatures, Mechanical Properties , FTIR spectroscopy

مقدمه

استفاده گسترده از سازگار کننده‌های انیدریدمالئیکی (MA)[۱] به همراه پلی‌پروپیلن (MAPP)[۲] پلی‌اتیلن (MAPE)[۳] و پلی‌استایرن (MAPS)[۴] جهت اصلاح ویژگی‌های مکانیکی فرآورده‌های مرکب الیاف چوب / پلیمر متداول شده است. انیدرید مالئیک می‌تواند با زنجیر پلیمری در طی مرحله پلی‌مریزاسیون به شکلی از کوپلیمر تصادفی ترکیب شوند.

مؤثر بودن در استفاده از کوپلیمرهائی چون انیدرید مالئیک در توانائی واحدهای دوگانه کربن-کربن و دو گروه کربوکسیل جهت اتصال با ترکیبات لیگنوسلولزی می‌باشد، وقتی که زنجیر پلیمری طویل شده باشد این اصلاح اتفاق می‌افتد. این واحدها می‌توانند اتصال شیمیائی با الیاف سلولزی بوجود آورده و یا اینکه فقط با نیروهای الکترواستاتیکی روبرو شوند. (۸)

شواهدی که اتصالات بوجود آمده را مورد آزمون قرار می‌دهد آزمون‌های طیف‌سنجی FTIR می‌باشد.

روش FTIR[۵] جهت تعیین شدت تغییرات بوجود آمده در انواع تیمارها روی سطوح الیاف سلولزی و انیدریدمالئیک پلیمری بعنوان شاخص واکنش اندازه‌گیری می‌شود. در این راستا تحقیقات زیادی در دنیا صورت گرفته است.(۶)

در تحقیقی که روی فرآورده مرکب الیاف چوب/ پلاستیک انجام شده عنوان میگردد که انیدریدها، اسید و استرهای تشکیل شده از گروههای کربوکسیلیک دارای ویژگی‌های جذب فرکانس در نواحی IR را داشته‌اند. عنوان شده است که گروه‌های کربونیل C=O جهت سیستم‌های حلقه‌ای ۵ اتمی در $۱۷۲۵\ cm^{-1}$ - $۱۷۰۰\ cm^{-1}$ به شکل اسید و در $۱۷۵۰\ cm^{-1}$-$۱۷۳۵\ cm^{-1}$ به شکل استر قرار دارند. این مسئله زمانی رخ می‌دهد که انیدریدها دارای ویژگی دوبل شدگی در جریان پیوند کربونیل C=O سیستم‌های نامتقارن و متقارن دارای مد جفت‌کنندگی در دامنه فرکانس $۱۸۷۰\ cm^{-1}$-$۱۸۲۰\ cm^{-1}$ و $۱۸۰۰\ cm^{-1}$- ۱۷۵۰ باشند. هم‌چنین اعلام شده است که اسید دارای ویژگی جذب گروه‌های هیدروکسیل (OH-) در دامنه فرکانس $۳۲۰۰\ cm^{-1}$ - $۲۵۰۰\ cm^{-1}$ را از خود نشان می‌دهد(۴).

در تحقیقی دیگر که روی کوپلیمریزاسیون[۶] فرآورده مرکب الیاف چوب/ پلیمر انجام شده به این نتیجه رسیدند که واکنش با انیدریدمالئیک جذب در نواحی جذب $۱۷۳۷\ cm^{-1}$ را افزایش می‌دهد که می‌تواند مربوط به افزایش درصدگروه کربونیل باشد. این واکنش به شکل یک استر ضمیمه ای شده می‌باشد. نواحی هیدروکسیل ($۳۴۰۰\ cm^{-1}$) تیزتر شده و کشیدگی C – H بهتر دیده می‌شود. این مسئله به جایگزینی هیدروکسیل الکلی بوسیله استر و افزایش در C – H تفسیر شده است که سبب افزایش ویژگی‌های مکانیکی می‌گردد. در این بررسی شواهد بدست آمده در نواحی باند جذبی $۱۶۰۰\ cm^{-1}$ - $۱۶۳۱\ cm^{-1}$ بدست آمده بود. این ویژگی‌ها برای C=C مشخص شده است که احتمالاً با استرمالئیکی در نواحی جذب $۱۶۰۰\ cm^{-1}$ ممکن است مربوط به حضور کربوکسیلات باشد.(۲)

در بررسی دیگری ویژگی‌های سطحی الیاف روزنامه اصلاح شده با مواد شیمیائی را با روش[۷] (IGC) مورد توجه قرار دادند. آنان در این بررسی از عوامل جفت‌کننده انیدریدمالئیک پلی‌پروپیلنی استفاده کردند. نتایج نشان داده است که عوامل جفت‌کننده فوق روی سطوح الیاف کاغذ روزنامه دارای

www.SID.ir

Archive of SID

ویژگی‌های سطحی اسیدی شده که باعث بوجود آمدن تغییراتی شده است. آنـان با تیمار کردن بوسـیله عوامل جفت‌کننده ویژگی‌های اسـیدی را در سـطوح کاهش داده‌اند. این کار توسط رفتار خنثی زنجیرهای پلی‌پروپیلنی انیدریدی ۴۳ - E ۳۰۰۳ -Epolene شرکت Estmanne آلمان) صورت گرفته اسـت. همچنین طیف‌سنجی FTIR در این بررسی ثابت کرده است که حرکت‌های انیدرید در انیدریدمالئیک پلی‌پروپیلنی باعث واکنش استری شـدن با گروه‌های هیدروکسیل سـطح الیاف روزنامه شده است. این عوامل مجدداً با سطوح الیاف روزنامه واکنش انجام داده تا به شکل یک منو استر و تشکیل الیاف استری با گروه‌های کربوکسیلیک شده‌اند (۳).

همچنین در تحقیقی دیگر که روی ویژگی‌های سـطحی الیاف سلولزی اسـتری شـده با اسـتفاده از روش FTIR اقدام به تجزیـه و تحلیل نتایج نمودند. مطابق با بررسـی‌های انجام شـده نشـان دادند که الحاق شیمیائی در الیـاف سـطحی کاغذ روزنامه بـا تیمـار انیدریدمالئیـک پلی‌پروپیلنی بدسـت آمده است. شـواهد این مسـئله در باندهای بوجود آمده در نواحی cm^{-1} ۱۸۶۸ -۱۸۴۲، cm^{-1} ۱۷۹۵ و cm^{-1} ۱۵۹۰ بـوده اسـت. اتصـالات بوجـود آمـده در نواحـی cm^{-1} ۱۸۶۸ -۱۸۴۲ و cm^{-1} ۱۷۹۵ با کربونیل انیدریـد C=O متقارن و نامتقارن به ترتیب ارتباط داشـته اسـت. بنابراین وجـود گروه‌های عاملی کربوکسـیلیک و اسـتر می‌توانـد از باندهای جذب مختلف آن‌ها متفاوت گردند. باندهای جذب در نواحی cm^{-1} ۱۷۴۸- ۱۷۲۹ برای کربونیل استر بدسـت آمده که با استری شدن گروه‌های هیدروکسیل الیاف سـلولزی ارتباط داشـته اسـت. به عبارت دیگر باندهای جذبی cm^{-1} ۱۷۲۵- ۱۷۱۰ از گروه‌های کربونیل و کربوکسیل بدست آمده است. (۷)

در بررسـی دیگری که روی فـرآورده مرکب الیاف چوب/ پلی‌پروپیلن و عوامل جفت‌کننده فعال و غیرفعال انیدریدمالئیک پلی‌پروپیلنی انجام شـده است واکنش میان سلولز و کوپلیمر به دو مرحله اصلی تشکیل انیدرید فعال و استری شدن تقسیم می‌شود. آن‌ها عنوان کردند که در جریان بوجود آمدن اتصالات هیدروژنی در محدوده الیاف سلولزی و ماتریس پلیمر، الیاف تمایل به تشـکیل دسـتجات و توزیع در سراسـر ماتریس را دارند. آن‌ها همچنین بیان کردند که تیمار کردن الیاف سـلولزی بـا انیدریدمالئیک پلی‌پروپیلنی سبب تشکیل اتصالات کووالانسی عرضی در فاز داخلی شده که باعث بوجود آمدن چسبندگی میان بخشـهای مجاز کریستالی الیاف سلولزی و ماتریس پلیمر می‌گردد. در این بررسـی از طیف‌سـنجی FTIR اسـتفاده شده بود. باند جذبی cm^{-1} ۱۷۱۷ برای دایمرهای دی کربوکسـیلیک اسـید توسـط انیدریدمالئیک پلی‌پروپیلنی خالص تشکیل شده بود و در این راستا باندهای جذبی نسـبتاً کوچک در cm^{-1} ۱۷۸۶ و ندرتاً در cm^{-1} ۱۸۶۲ برای سـیکل انیدریدها تشـکیل شده بود. مطابق با بررسی‌های بعمل آمده مشخص شده بود که باند جذبی cm^{-1} ۱۷۳۹ در الیاف تیمار شده با کوپلیمر غیرفعال و در cm^{-1} ۱۷۴۶ در الیاف تیمار شـده با کوپلیمر فعال بدست آمده است. وجود اتصالات استری در باند جذبی cm^{-1} ۱۷۴۶ میان کوپلیمر و الیاف تشخیص داده شـده اسـت. بنابراین در حالتی که از کوپلیمر فعال اسـتفاده می‌گردد اتصالات استری بزرگتر از کوپلیمر غیرفعال می‌باشند. همچنین زمانی که از کوپلیمر فعال شـده استفاده شده بود تعداد گروه‌های هیدروکسیل در الیاف سلولزی بیشتر از کوپلیمر غیرفعال شده بود. محققان فوق اعلام داشتند که در تولید فرآورده مرکب بر مبنای الیاف سـلولزی نباید از عوامل واکشـیده کننده استفاده شود. آنان علت فوق را مربوط به سیستم موئینگی در ترک‌ها و روزنه‌های الیاف سـلولزی می‌داند، که در زمان واکنش بسـته می‌شوند و نفوذپذیری مقادیر زیاد MAPP را به داخل الیاف غیرممکن می‌سـازد. در نتیجه استری شدن در لایه سطحی محدود شده است. (۷)

در بررسی که بر روی فرآورده مرکب سلولزی انجام دادند عنوان می‌کنند که در دماهای بالاتر از ۲۰۰ درجه سلسیوس ترکیبات خمیر CTMP مثل لیگنین و همی‌سـلولزها شـروع به تخریب کرده و در اثر تخریب شدن این ترکیبات فضاهای خالی در داخل فرآورده مرکب ایجاد شده و تخریب الیاف اتفاق می‌افتد که باعث کاهش شدید ویژگی‌ها می‌گردد.

رفتار پلیمرهای الیافی نسبت به تغییر شکل حرارتی بسیار حساس بوده و این حساسـیت در مقاومت به ضربه بیشتر می‌باشد ولی با استفاده ازعامل جفـت کننده انیدرید مالئیک بعنوان سـازگار کننده در دامنه حرارتی ۱۹۰ درجه سلسیوس این ویژگی مطلوب‌تر بوده است(۵).

مواد و روش‌ها

عوامل متغیر

عوامل متغیر و سطوح آن در این بررسی بشرح زیر می‌باشند.

- **الیاف سلولزی:** در چهار سطح ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد
- **دمـای مخلوط‌سـازی:** سـه درجـه حـرارت ۱۸۰، ۱۹۰ و ۲۰۰ درجـه سلسیوس

عوامل ثابت

نوع ماده سلولزی: الیافRMP صنوبر (*Populus deltoides*)

نوع پلیمر گرمانرم (پلی‌پروپیلن: مقاومت کششـی، مدول کششـی، مقاومت خمشـی و مدول خمشـی به ترتیب برابـر ۲۸/۵ ، ۱۲۵۰ ، ۳۸/۵ و ۱۱۵۰ مگاپاسکال می‌باشند).

نوع سـازگارکننده (انیدریدمالئیک پلی پروپیلنی)، مقدار سـازگارکننده ۲ درصد

تهیه الیاف سلولزی، پلیمر گرمانرم و جفت‌کننده:

الیاف سلولزی

در این بررسـی از گونه صنوبر اسـتفاده گردید. ذرات خرده چوب صنوبر به روش خمیر پالایشـی مکانیکی (RMP) به الیاف تبدیل شدند. بدین منظور با اسـتفاده از دسـتگاه بخارزنی ذرات خرده چوب در دمای ۱۷۵ سلسیوس به مدت ۱۵ دقیقه بخارزنی شـدند. پس از آن توسـط دسـتگاه پالایش گر (جداکننده الیاف خرده چوب) به الیاف مناسب تبدیل گردیدند. الیاف صنوبر تا رطوبت زیر ۳ درصد خشک شدند.

پلیمر گرمانرم

در این بررسی از ماده پلیمری پلی‌پروپیلن گرانول از محصولات پتروشیمی بنـدر امام با شـاخص جریان مـذاب gr/۱۰ min ۱۰-۷ اسـتفاده گردید. (ویژگی‌های پلیمر مورد اسـتفاده شـامل: مقاومت کششی، مدول کششی، مقاومت خمشـی و مدول خمشـی به ترتیب برابـر ۲۸/۵، ۱۲۵۰، ۳۸/۵ و ۱۱۵۰ مگاپاسکال می‌باشند).

تهیه سازگار کننده (عامل جفت‌کننده)

جهـت افزایش سـازگاری میـان الیاف سـلولزی و پلاسـتیک‌ها از عوامل جفت کننده شـیمیائی و مواد افزودنی اسـتفاده می‌گـردد. انیدریدمالئیک پلی‌پروپیلنی (MAPP) از محصولات شرکت Eastman آلمان با ۶ درصد اسید انیدرید در سطح ۲ درصد استفاده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

روش ساخت

در این روش با استفاده از پلیمر و الیاف سلولزی مخلوط‌سازی مذاب با نسبت‌های مختلف وزنی توسط دستگاه برابندر (Brabender) دو ماردونه Two Screw) (مجهز به المنت‌های مخلوط‌سازی از نوع بنبوری مدل ۹۰- Haake که دارای نواحی حرارتی و خنک کاری، بادی بوده و مجهز به ترسیم گراف در جریان مخلوط‌سازی است صورت گرفت. پس از رسیدن دمای مخلوط کن با توجه به عوامل متغیر دما، مواد پلیمری را داخل آن ریخته و پس از گذشت ۳ دقیقه مواد کاملاً ذوب شدند. سپس عامل جفت کننده به آن اضافه شدند و ۲ دقیقه صبر کرده تا مواد کاملاً ذوب شوند و الیاف سلولزی را اضافه کرده و تحت دمای موردنظر و با سرعت ۲۰ دور در دقیقه به مدت ۳ دقیقه مخلوط کردیم. پس از خارج نمودن نمونه‌های بی‌شکل از مخلوط کن به کمک دستگاه پرس و با روش قالب‌گیری در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس و تحت فشار ۱۵۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و زمان ۵ دقیقه قرار دادیم. نمونه‌های داخل پرس به جهت جلوگیری از تشکیل حباب چند بار هواگیری شدند.

تهیه نمونه‌های آزمونی و اندازه‌گیری ویژگی‌های مکانیکی

پس از تهیه نمونه‌های آزمونی از هر تیمار ۱۰ نمونه مورد آزمون قرار گرفت. آزمایشات کششی و مدول آن، خمشی و مدول آن، مقاومت به ضربه از نوع فاقدار (Izod) اندازه‌گیری شدند.

آزمون کششی مطابق با استاندارد ASTM – D-۶۳۸ با محاسبه تنش حداکثر مدول کششی و درصد ازدیاد طولی صورت پذیرفت. آزمون کششی با سرعت ۲ میلیمتر بر دقیقه توسط دستگاه آزمایش‌گر MTS مدل M/۱۰ انجام گرفت(۱).

آزمون خمشی مطابق با استاندارد ASTM – D-۷۴۷ با محاسبه تنش حداکثر، مدول خمشی صورت پذیرفت. نمونه آزمون خمشی با سرعت ۱ میلیمتر بر دقیقه توسط دستگاه آزمایش‌گر MTS مدل M/۱۰ انجام گرفت (۱)

آزمون مقاومت به ضربه از نوع فاقدار (Izod) مطابق با استاندارد ASTM–D-۲۵۶ و توسط دستگاه آزمایش‌گر zwick انجام گرفت. (۱)

طیف‌سنجی (FTIR)

جهت تعیین شدت تغییرات و بهبودی در انواع تیمارهای فرآورده مرکب روی سطوح الیاف و انیدرید مالئیک پلی‌پروپیلنی از اندازه‌گیری طیف‌سنجی FTIR استفاده می‌گردد. اندازه‌گیری‌های طیف سنجی فوق تابعی از واکنش انجام یافته می‌باشد. طیف‌های FTIR، باندهای مرتعش آشفته را بعنوان واکنش نسبت به باندهای بدون تغییر نشان می‌دهد.

در این بررسی از طیف‌سنجی Matison مدل ۱۰۰ Sirius طیف Infrared در دامنه بین cm^{-1} ۴۰۰۰-۴۰۰ و با تجزیه cm^{-1} ۴ استفاده شده بود. الیاف فرآورده مرکب در یک صفحه KBr با نمونه‌های گرانول شده آماده شده و فشرده شده بودند. زمان فشار ۱۵ دقیقه و مقدار آن ۱۵۰۰۰ پوند بر اینچ مربع و به کمک تخلیه نهائی صورت گرفته بودند.

پس از طیف سنجی نمونه‌های فرآورده مرکب ساخته شده، اختلافات میان تیمارها به کمک تجزیه و تحلیل طیف‌ها مورد بررسی قرار گرفتند. در اینجا منظور از تجزیه و تحلیل طیف سنجی FTIR شدت ارتفاع طیف و جذب در نواحی مختلف می‌باشد.

تجزیه و تحلیل آماری

این تحقیق در قالب آزمون فاکتوریل دو عامله در قالب طرح کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن (DMRT) برای فرآورده مرکب الیاف چوب/ پلی‌پروپیلن صورت پذیرفت. اثرات مستقل و متقابل عوامل متغیر بر ویژگی‌های تخته خرده چوب مورد مطالعه قرار گرفتند. در ارتباط با اثرات متقابل ارتباط معنی‌داری مشاهده نشد.

نتایج

اثر مستقل درصد الیاف سلولزی

میان سطوح مختلف درصد الیاف سلولزی بر ویژگی‌های مقاومت به ضربه فاقدار، مقاومت و مدول کششی درصد ازدیاد طولی و مقاومت خمشی اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد مشاهده می‌شود. مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن نشان می‌دهد که با افزایش میزان الیاف ازمقدار ۱۰ تا ۴۰ درصد مقاومت به ضربه فاقدار کاهش داشته است. همچنین با افزایش میزان الیاف ازمقدار ۱۰ تا ۴۰ درصد مقاومت کششی و مدول کششی افزایش یافته است. مقاومت خمشی با افزایش درصد الیاف تامقدار ۳۰ درصد افزایش داشته است.

جدول ۱ - آزمون دانکن تأثیر مستقل درصد الیاف سلولزی بر ویژگی‌های مکانیکی فرآورده مرکب الیاف چوب/پلی پروپیلن

درصد الیاف / سلولزی / ویژگی	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰
مقاومت به ضربه (J/m)	۱۸/۲۸ (A)	۱۵/۷۴(B)	۱۳/۵۸(C)	۱۰/۶۴ (D)
مقاومت کششی (MPa)	۳۲/۷۶(A)	۲۶/۵۹(C)	۲۹/۲۷ (B)	۳۰/۶۵ (A)
مدول کششی (MPa)	۸۹۹ (D)	۱۰۴۳ (C)	۱۱۱۰(B)	۱۲۵۸(A)
مقاومت خمشی (MPa)	۴۲/۸۳(B)	۴۵/۴۱(AB)	۴۶/۴۰ (A)	۴۶/۳۵(A)

بطور کلی مدول الاستیسیته یک ماده مرکب متأثر از مدول الاستیسیته اجزای تشکیل دهنده آن می‌باشد، بنابراین با توجه به اینکه الیاف سلولزی دارای مدول الاستیسیته نسبتاً بالایی هستند طبعاً می‌توانند مدول الاستیسیته ماده مرکب را بهبود بخشند. لذا با افزایش الیاف سلولزی از مقدار ۱۰ تا ۴۰ درصد مقاومت و مدول الاستیسیته کششی ماده مرکب نسبت به پلی‌پروپیلن شاهد افزایش داشته است. بعلاوه استفاده از عامل جفت‌کننده و مواد شروع کننده به اتصال میان الیاف و ماتریس کمک می‌کند.

اثر مستقل درجه حرارت مخلوط‌سازی

میان سطوح مختلف درجه حرارت مخلوط سازی بر ویژگی‌های مقاومت به ضربه فاقدار، مقاومت و مدول کششی، درصد ازدیاد طولی و مقاومت خمشی اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد و مدول خمشی در سطح ۵ درصد مشاهده می‌گردد. با توجه به مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن ملاحظه می‌گردد که در حالت استفاده از دمای ۱۹۰ درجه سلسیوس مقاومت به ضربه فاقدار، مقاومت و مدول کششی، مقاومت و مدول خمشی

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش داشته است.

بـه طور کلـی تخریب حرارتی فـرآورده مرکب الیاف چـوب/ پلیمر در دماهای بالاتر بیشـتر اسـت. این مسئله به تغییرات شـیمیائی و ساختمانی چوب و در نتیجه اتصالات پلیمر و الیاف چوب منجر می‌شود.

در بررسی که بر روی فرآورده مرکب سلولزی انجام دادند عنوان می‌کنند

جدول ۲ - تأثیر مسـتقل درجه حرارت مخلوط‌سازی بر ویژگی‌های مکانیکی فرآورده مرکب الیاف چوب/پلی‌پروپیلن

ویژگی / درجه حرارت	۱۸۰ درجه سلسیوس	۱۹۰درجه سلسیوس	۲۰۰ درجه سلسیوس
مقاومت به ضربه (J/m)	۱۳/۵۹ (C)	۱۵/۶۴ (A)	۱۴/۴۵ (B)
مقاومت کششی (MPa)	۲۶/۲۹ (C)	۲۹/۱۰ (A)	۲۷/۳۲ (B)
مدول کششی (MPa)	۱۰۱۶ (B)	۱۱۳۲ (A)	۱۰۸۴ (A)
مقاومت خمشی (MPa)	۴۴/۳۴ (B)	۴۸/۳۳ (A)	۴۳/۸۵ (B)
مدول خمشی (MPa)	۱۹۸۱ (C)	۲۱۵۳ (A)	۲۰۳۰ (B)

که در دماهای بالاتر از ۲۰۰ درجه سلسیوس ترکیبات خمیر CTMP مثل لیگنین و همی‌سـلولزها شـروع به تخریب کرده و در اثر تخریب شدن این ترکیبات فضاهای خالی در داخل فرآورده مرکب ایجاد شده و تخریب الیاف اتفاق می‌افتد که باعث کاهش شـدید ویژگی‌هـای فرآورده نهایی می‌گردد. رفتار پلیمرهای الیافی نسـبت به تغییر شـکل حرارتی بسیار حساس بوده و این حساسـیت در مقاومت به ضربه بیشـتر می‌باشد ولی با استفاده ازعامل جفـت کننده انیدرید مالئیک بعنوان سـازگارکننده در دامنه حرارتی ۱۹۰ درجه سلسیوس این ویژگی مطلوب‌تر بوده است.(۵)

موفقیت اتصـال در کوپلیمرهائی چون انیدرید مالئیک پلی‌پروپیلنی به واحدهای انیدرید مالئیک و طویل شـدگی درون ماتریس بسـتگی داشـته اسـت. این واحدهـا (انیدرید مالئیـک) می‌توانند اتصال شـیمیائی با الیاف سلولزی را بوجود آورند. در این واکنش درجه حرارت می‌تواند به اندازه کافی واکنش مطمئن را بوجود بیاورد.

طیف سنجی FTIR در فرآورده مرکب الیاف چوب/ پلی‌پروپیلن

بـه جهت تعیین شـدت تغییرات بوجود آمده دراثر انـواع تیمارها روی سطوح الیاف سـلولزی و انیدرید مالئیک پلیمری بعنوان شاخص واکنش از طیف سنجی FTIR استفاده شده است. در این بررسی میزان و شدت جذب گروه کربونیل (C=O) در انواع تیمارها اندازه‌گیری شده است.

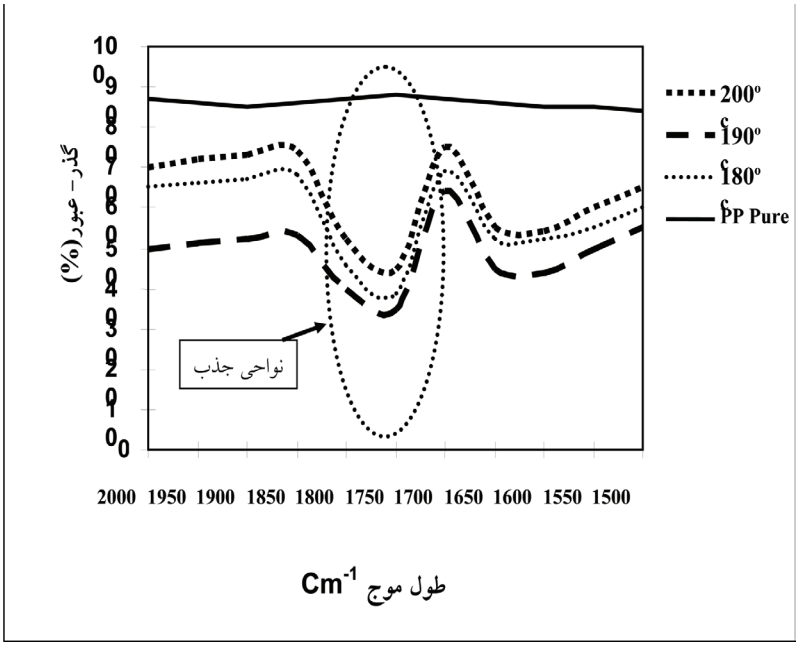
شـکل ۱ - باندهای بوجـود آمده و میزان جذب اتصالات شـیمیائی را در فـرآورده مرکب الیـاف چوب/ پلی‌پروپیلن را نشـان می‌دهـد که میزان جـذب گروه کربونیـل (C=O) در دامنـه حرارت‌هـای ۱۸۰، ۱۹۰ و ۲۰۰ درجه سلسـیوس در الیـاف RMP صنوبر متفاوت می‌باشـد. منطقه اتصال نیز نشـان‌دهنده تغییرات در طیـف ۱۷۵۰-۱۶۰۰ Cm^{-1} برای جذب گروه کربونیل (C=O) در تیمارهای مختلف بوده است. میزان جذب گروه کربونیل در فرآورده مرکب الیـاف RMP صنوبر/ پلی‌پروپیلن در درجه حرارت ۱۹۰ درجه سلسـیوس در مقدار مصرف الیاف سـلولزی متفاوت بـوده و و دارای سـیر صعودی می‌باشـد. ارزیابی میزان جذب گروه کربونیل در پلی‌پروپیلن خالص (۱۲-۱۰٪) نشـان می‌دهد که افزودن انیدرید مالئیک پلی پروپیلنی باعـث بوجود آمـدن اتصالات زیادتـر گروه کربونیـل دراین نـوع فرآورده مرکـب گردیده اسـت. همچنین باندهـای جذبی منطقه اتصـال در نواحی ۱۷۵۵-۱۷۰۰ Cm^{-1} در فـرآورده مرکب الیاف چوب/ پلی‌پروپیلن مشـاهده شـده است، که نسـبت به پلی‌پروپیلن خالص که هیچ گونه تغییراتی نداشته اسـت نشـان‌دهنده بوجود آمدن اتصالات گروه کربونیل در این نواحی بوده است(شـکل -۱). در تحقیقی که بر روی فـرآورده مرکب الیاف چوب/ پلیمر انجام شـده عنوان می‌کند که انیدریدها، اسـیدها و اسـترهای تشکیل شده از گروه‌های کربوکسـیلیک دارای ویژگی‌های جـذب فرکانس در نواحی IR هستند. آنان عنوان می‌کنند که گروه‌های کربونیل جهت سیستم‌های حلقه‌ای ۵ اتمی در نواحی جذبی ۱۷۲۵-۱۷۰۰ Cm^{-1} به شکل اسید و درنواحی جذبی ۱۷۵۰-۱۷۳۵ Cm^{-1} به شکل استر قرار دارند و این مسئله زمانی رخ می‌دهد کـه انیدریدهـا دارای ویژگی دوبل شـدگی در جریان پیوند گـروه کربونیل (C=O) باشند.(۳) همچنین در تحقیقی دیگر که بر روی ویژگی‌های سطحی الیاف سـلولزی انجام شده است وجود گروه‌های عاملی کربوکسیلی و استری در باندهـای جذبی آن‌ها متفاوت می‌باشـد. عنوان شـده اسـت که باندهای جذب در نواحی ۱۷۴۸-۱۷۲۹ Cm^{-1} برای گروه کربونیل اسـتری بدسـت آمده است و می‌تواند با اسـتری شدن گروه‌های هیدروکسیل الیاف سلولزی ارتباط داشته باشـد. آن‌ها بیان می‌دارند که باندهای جذب در نواحی جذبی ۱۷۲۵-۱۷۱۰ Cm^{-1} از گروه‌های کربونیل و کربوکسـیل بدست آمده است. (۶) باندهای جذبی منطقه اتصال در نواحی ۱۷۱۹-۱۷۰۵ Cm^{-1} در فرآورده مرکب نشـان می‌دهد که دمای مورد قبول در ایجاد اتصالات گروه کربونیل (C=O) در دمای ۱۹۰ درجه سلسـیوس بدست آمده است. در همین راستا تحقیقاتی که روی ویژگی‌های سطحی الیاف سلولزی (کاغذ روزنامه) بوسیله طیف‌سنجی FTIR انجام داده‌اند حرکتهای انیدریدی و ایجاد واکنش استری شدن با گروه‌های هیدروکسیلی سطحیِ الیاف روزنامه را مورد نظر قرار دادند. آنان عنوان کردند که این عوامل مجدداً با سطوح الیاف روزنامه در اثر حرارت واکنش انجام داده و به شـکل یک منواستر و تشکیل الیاف استری به همراه گروه‌های کربوکسـیلیک در می‌آینـد. این روش در اصلاح شـیمیائی الیاف طبیعی بسـیار مفید است. در این روش بهبودی اتصال در فاز میانی فرآورده مرکب صورت می‌گیرد. سـطوح الیاف تیمار شـده بوسیله تشکیل پل اتصال شـیمیائی بین الیاف و ماتریس صورت می‌گیرد. این واکنش در ابتدا توسـط رادیکال‌های آزاد مولکول سلولز شروع می‌شود. سلولز بوسیله یک محلول آبی که دارای یون‌هائی می‌باشد در معرض انرژی زیاد تابشی قرار می‌گیرد. سپس مولکول‌های سـلولز شکسته و رادیکال‌ها شکل می‌گیرد. بعد از آن سایت‌های رادیکال سـلولز بوسیله محلول سـازگارکننده مناسب با ماتریس پلیمر تیمار می‌شـوند. در نهایـت کوپلیمری که دارای ویژگی‌هائی بـا خواص هر دو نوع الیاف سلولزی و پلیمر گرافت شده است شکل می‌گیرد.(۳)

نتیجه‌گیری

در این بررسـی تاثیر عوامل متغیر ساخت بر ویژگی‌های فرآورده مرکب الیاف چوب/پلیمر و طیف‌سنجی FTIR مورد نظر قرار گرفته است. فرآورده مرکب‌هـا از روش مخلوط سـازی مذاب ۱۲ تیمار آزمایشـگاهی با ترکیب

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱ - اثر درجه حرارت مخلوط سازی بر میزان باندهای جذبی فرآورده مرکب الیاف چوب صنوبر / پلی پروپیلن بدست آمده در این بررسی

شرایط مختلف درصد الیاف سلولزی و درجه‌حرارت مخلوط‌سازی ساخته شده است. از آزمون فاکتوریل به عنوان مقایسه آماری نتایج استفاده شده است.

نتایج طیف سنجی FTIR نشان داد که باندهای جذبی اتصالات در نواحی مختلف با حضور عامل جفت‌کننده تشکیل شده است. میزان جذب گروههای کربونیل در باندهای جذبی cm^{-1} ۱۷۵۵-۱۶۸۸ در فرآورده مرکب الیاف چوب/پلیمر نشان‌دهنده بوجود آمدن اتصالات شیمیایی در فرآورده مرکب است.

با افزایش درصد الیاف‌سلولزی از مقدار ۱۰ تا ۴۰ درصد مقاومت به ضربه فاقدار و درصد ازدیاد طولی کاهش، مقاومت و مدول کششی افزایش و مقاومت خمشی تا میزان ۳۰ درصد الیاف افزایش داشته است. با افزایش درصد الیاف‌سلولزی مقاومت و مدول کششی در فرآورده مرکب نسبت به ماده پلیمری زمینه افزایش یافته است.

نتایج طیف سنجی FTIR نشان داده است که اثر افزایش درصد الیاف سلولزی از مقدار ۱۰ تا ۳۰ درصد در روش مخلوط سازی مذاب موجب افزایش میزان جذب گروه کربونیل (C=O) شده است. با افزایش درصد الیاف سلولزی از مقدار ۳۰ به ۴۰ درصد کاهش جذب گروه‌های کربونیل مشاهده شده است و باندهای جذبی بوجود آمده در نواحی cm^{-1} ۱۷۵۱-۱۷۰۰ در فرآورده مرکب الیاف چوب/ پلی‌پروپیلن ملاحظه شده است. میزان جذب گروه کربونیل در میزان ۳۰ درصد الیاف‌سلولزی در فرآورده مرکب چوب پلاستیک حداکثر شده که قادر به افزایش مقاومت به ضربه فاقدار نشده است. مقاومت و مدول خمشی نیز در ۳۰ درصد الیاف‌سلولزی حداکثر بوده و همینطور جذب گروه کربونیل افزایش داشته است. میزان مقاومت و مدول کششی نیز با افزایش درصد الیاف افزایش یافته ولی در این رابطه میزان جذب کربونیل در ۴۰ درصد الیاف سلولزی کاهش داشته است که می تواند به افزایش سطوح داخلی الیاف سلولزی و متعاقب آن کم شدن واکنش عامل جفت‌کننده.

درجه حرارت مخلوط‌سازی در تولید فرآورده مرکب الیاف چوب/ پلی‌پروپیلن به روش مخلوط‌سازی مذاب در سه سطح ۱۸۰، ۱۹۰ و ۲۰۰ درجه سلسیوس بررسی شدند . نتایج نشان داده است که دمای مخلوط‌سازی مذاب در ۱۹۰ درجه سلسیوس برای ساخت این نوع فرآورده مرکب مناسب بوده است. مقاومت به ضربه فاقدار، مقاومت و مدول کششی و مقاومت و مدول‌خمشی در این دما افزایش داشته است. در دماهای بالاتر تخریب حرارتی فرآورده مرکب لیگنوسلولزی باعث کاهش ویژگی‌های مکانیکی گردیده است. نتایج طیف‌سنجی FTIR نشان داده است که باندهای جذبی در دمای ۱۹۰ درجه سلسیوس در محدوده cm^{-1} ۱۷۲۵-۱۷۰۴ بدست می‌آید که در واقع منطقه مناسب جهت تشکیل اتصالات بوده است.

در ارتباط با درصد جذب کربونیل و ویژگی‌های مکانیکی این نوع فرآورده مرکب لیگنوسلولزی دمای ۱۹۰درجه سلسیوس باعث افزایش ویژگی‌های مکانیکی و جذب گروه کربونیل گردیده است.

نکات برجسته

- افزایش درصد الیاف‌سلولزی از مقدار ۱۰ تا ۴۰ درصد مقاومت به ضربه فاقدار و درصد ازدیاد طولی کاهش، مقاومت و مدول کششی افزایش و مقاومت خمشی تا میزان ۳۰ درصد الیاف افزایش داشته است.
- طیف‌سنجی FTIR نشان داده است که اثر افزایش درصد الیاف سلولزی از مقدار ۱۰ تا ۳۰ درصد در روش مخلوط سازی مذاب موجب افزایش میزان جذب گروه کربونیل (C=O) شده است.
- دمای مخلوط‌سازی مذاب در ۱۹۰ درجه سلسیوس برای ساخت این نوع فرآورده مرکب مناسب بوده است.

www.SID.ir

Archive of SID

- طیف‌سنجی FTIR نشان داده است که باندهای جذبی در دمای ۱۹۰ درجه سلسیوس در محدوده cm^{-1} ۱۷۲۵-۱۷۰۴ بدست می‌آید که در واقع منطقه مناسب جهت تشکیل اتصالات بوده است

پاورقی‌ها

1- Maleic Angydride
2- Maleated Polypropylene
3- Maleated Polyetylene
4- Maleated Polystyrene
5- Fourier Transform Infrared
6- Copolymerisation
7- Inverse Gas Chromatography

منابع مورد استفاده

1- ASTM Standards (1997) Plastics (I): D-256-D747-D638. Volume 08.01.2- Banks, W.B., Din, R.H., and Owen, N. L., (1995). Fiber Activation and subsequent CO-polymerisation. Holzforchung. j. vol. 79. 1995. No. 2 page 104-107.

2- Felix, J.M., Gatenholm, P., and Schreiber, H. P. (1993) Controlled Interaction in cellulose-polymer composites. I effect on Mechanical properties. Polym compos. J., 1993. 14. 49.

3- Hill, C. A. S. (2000) Wood-plastic composites: strategies for compatibilising the phases. Journal of the Istitute of wood science volume 15 No. 3 (2000) page 140-149.

4- Maldas, D., and kokta, B. R. (1989) Improving Adhesion of wood fiber with polystyrene by the chemical Treatment of fiber with a coupling Agent and the Influence on the Mechanical properties of composites. J. Adhes. Sci. Technol. 3(7): 529-539.

5- Matuana, L. M., Balatinecz, J. G., park, C.B., woodhams, R. T. (1999) Surface characteristics of chemically modified Newsprint fibers Deterimined by Invers Gas chromadtography. Wood and fiber science, 31 (2). 1999 pp. 116-127.

6- Matuana, L. M., Balaticcz, J. J., Sodhi, R. N. S., park, C. B. (2001) Surface characterization of esterified Cellulosic Fibers b) XPS and FTIR spectroscopy. Wood science and Technology 35 (2001) 191-201 springer-verlag 2001.

7- Rowell, R. M., caulfield, D. F., Chen, G. W., Ellis, W. D., Jacobson, R. E., lange, S., and Schumann, R. (1998) Recent Advances in Agro-fiber/thermoplastic composites. Natural polymers and composites. May 10-13 1998. A tibaia, SP. Brazil page 11-20.

www.SID.ir