Archive of SID

فصلنامه علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۳۲، شماره ۲، صفحه ۱۷۰-۱۵۷، (۱۳۹۶)
شناسه دیجیتال (DOI):10.22092/IJWPR.2017.109584

تأثیر الاستومر و اتصال‌دهنده بر ویژگی‌های کششی و مقاومت به ضربه چندسازه پلی‌پروپیلن/ خاک اره

حمید آیباغی اصفهانی[1*]، مهدی کلاگر[2] و حسین سپهری‌راد[1]

۱*- نویسنده مسئول، عضو هیئت‌علمی، گروه معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد زاهدان، زاهدان، ایران، پست الکترونیک: Aibaghi.esfahani@gmail.com

۲- دکترای صنایع چوب و کاغذ، مرکز تحقیقات و نوآوری سازمان اتکا

۳- عضو هیات علمی، گروه معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد زاهدان، زاهدان، ایران.

تاریخ دریافت: دی ۱۳۹۵ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۶

چکیده

برای بررسی ویژگی‌های کششی و مقاومت به ضربه در چندسازه چوب پلاستیک (WPC) از پلی‌پروپیلن به‌عنوان ماتریس و خاک اره کاج تدا به‌عنوان تقویت‌کننده/ پرکننده استفاده شده است. اتیلن، پروپیلن، داین و منومر (EPDM) به‌عنوان اصلاح‌کننده مقاومت به ضربه با میزان‌های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد برای بهبود مقاومت به ضربه و انیدرید مالئیک پیوند خورده با پلی‌پروپیلن (MAPP) به میزان ۳ درصد به‌عنوان اتصال‌دهنده برای بهبود واکنش و اتصال پلیمر و پرکننده به ترکیب چندسازه اضافه شدند. برای بررسی سطح شکست در چندسازه از میکروسکوپ الکترونی پوبشی (SEM) استفاده شد. به‌کارگیری ۱۰ درصد الاستومر و ۳ درصد اتصال‌دهنده باعث بهبود در ویژگی‌های کششی شده و استفاده از میزان‌های بالاتر الاستومر (۲۰ و ۳۰ درصد) روند کاهشی در این ویژگی‌ها را نشان داده است. نتایج نشان داد که با افزودن خاک اره به ماتریس PP کاهش قابل‌توجه‌ای در مقاومت به ضربه چندسازه نسبت به PP خالص مشاهده‌شده است. افزودن EPDM در تمامی میزان‌های مورداستفاده به چندسازه PP/ خاک اره باعث بهبود در مقاومت به ضربه چندسازه شده است. بالاترین مقادیر مقاومت به ضربه متعلق به چندسازه حاوی ۳۰ درصد الاستومر و ۳ درصد اتصال‌دهنده بوده است. استفاده همزمان از EPDM و MAPP تأثیر مثبتی بر ویژگی‌های کششی و مقاومت به ضربه چندسازه را نشان داده است. تصاویر SEM نشان داده که استفاده همزمان از EPDM و MAPP در چندسازه باعث اتصال سطح مشترک بهتر خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: چندسازه، ویژگی‌های کششی، مقاومت به ضربه، اتیلن، پروپیلن، داین، منومر، اتصال‌دهنده.

مقدمه

پودر چوب و الیاف چوب به‌صورت گسترده‌ای برای استفاده به‌عنوان تقویت‌کننده برای پلیمرهای متداول از قبیل پلی‌اتیلن[1] (PE)، پلی‌پروپیلن[2] (PP) و غیره استفاده می‌شوند (Bledzki *et al.*, 2002). تقویت‌کننده‌های فیبری دارای فواید بی‌شماری از قبیل دسترس‌پذیری فراوان، سفتی بالاتر، تجدیدپذیری، قیمت پایین، دانسیته کم و عدم ناراحتی‌های پوستی را نسبت به پرکننده‌های سنتی از قبیل شیشه دارا هستند (Joshi *et al.*, 2004; Mantia & Morreale, 2011).

1- Polyethylene
2 - Polypropylene

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به ارزیابی چندسازه‌های ساخته شده با آزمون‌های مکانیکی مانند ویژگی‌های کششی، خمشی و مقاومت به ضربه[1] مشخص شده که در بیشتر تحقیقات انجام شده مقاومت به ضربه پلیمرهای مانند (پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن) با افزودن پرکننده بخصوص مواد آلی به‌صورت قابل‌توجه ای کاهش می‌یابد (Ismail *et al.*, 2002 و Ruksakulpiwat *et al.*, 2009). نویسندگان متعددی گزارش کردند که افزودن الیاف طبیعی به پلیمرها کاهش در مقاومت به ضربه را سبب خواهد شد (Panthapulakkal & Sain, 2006; Mutjé *et al.*, 2006; Arbelaiz *et al.*, 2005 ; Morreale *et al.*, 2008). افزودن الیاف به پلیمر احتمال تجمع الیاف را افزایش داده و درنهایت چندسازه ساخته شده احتیاج به انرژی کمتری برای گسترش شکاف و شکست دارد (Kaynak *et al.*, 2003). با توجه به اینکه کاربردهای اصلی این مواد در ساختمان و صنعت اتومبیل بوده (Keledi *et al.*, 2012) و این کاربردها اغلب مقاومت به ضربه و سختی بالا را می‌طلبد، افزودن موادی با اصلاح و افزایش مقاومت به ضربه به ساختار چندسازه الزامیست.

بهبود مقاومت به ضربه چندسازه پلی‌پروپیلن پرشده با خاک اره که در این تحقیق مورد بررسی قرار می‌گیرد از آن لحاظ دارای اهمیت خواهد بود که خود پلیمر مورد بحث (پلی‌پروپیلن) که به‌عنوان یکی از پرکاربردترین مواد در صنعت اتومبیل، ساختمان، مبلمان و سایر صنایع دارای مقاومت به ضربه پایینی است و با وجود این افزودن الیاف باعث شکننده‌تر شدن چندسازه حاصل خواهد شد (Wang *et al.*, 2003). تحقیقات پیشین نشان داده است که از الاستومرها می‌توان برای بهبود مقاومت به ضربه چندسازه استفاده کرد (Kaynak *et al.*, 2003). رایج‌ترین مواد برای اصلاح مقاومت به ضربه پلی‌پروپیلن اتیلن/ کوپلیمر پروپیلن (EPM[2])، لاستیک طبیعی[3] (NR) و اتیلن/پروپیلن/دین/ منومر[4] (EPDM) هستند. با وجود این سختی چندسازه‌های پرشده با الیاف طبیعی به فاکتورهایی از قبیل ویژگی‌های ذاتی ماتریس، میزان الیاف و مقاومت اتصالات سطح مشترک بستگی دارد (Park & Balatinecz, 1997). همچنین استفاده از انیدرید مالئیک می‌تواند با ایجاد پیوند کووالانسی با گروه‌های هیدروکسیلی الیاف چوبی و اتصال با ناتریس پلیمر باعث چسبندگی قوی و انتقال تنش مؤثر بین دو فاز گردد (Kazayawoko *et al.*, 1999). در این مطالعه علاوه بر افزودن EPDM از MAPP نیز برای بهبود مقاومت به ضربه به‌عنوان اتصال‌دهنده استفاده شده است. فرض بر این بوده که استفاده همزمان از این دو ماده باعث بهبود چشمگیر در مقاومت به ضربه چندسازه گردد.

سختی پلیمر پر شده با الیاف طبیعی را می‌توان با استفاده از افزایش سختی ماتریس، بهینه‌سازی سطح مشترک (بین فازی) بین پرکننده و ماتریس بوسیله استفاده از جفت‌کننده، به کارگیری سازگارکننده و بهینه‌سازی ویژگی‌های پرکننده از قبیل میزان پرکننده، اندازه ذرات، پخش مناسب پرکننده در ماتریس، ضریب ظاهری و توزیع الیاف جهت‌دهی شده در ماتریس بهبود بخشید (Oksman & Clemons, 1998). در این پژوهش تمرکز بر روی بررسی دو دیدگاه اول مذکور می‌باشد.

با توجه به اینکه مقاومت به ضربه یکی از ویژگی‌های بحرانی در کاربرد چندسازه‌ها در بسیاری از موارد از قبیل ساختمان، فضای سبز، اتومبیل و غیره می‌باشد، استفاده از الاستومر EPDM و اتصال‌دهنده MAPP برای دستیابی به مقاومت به ضربه چندسازه پلی‌پروپیلن/ خاک اره بالاتر الزامی بوده و هدف از انجام این پژوهش را توجیه‌پذیر می‌کند.

مواد و روش‌ها

مواد

در این پژوهش از پلی‌پروپیلن ساخت شرکت پتروشیمی اراک با شاخص جریان مذاب (MFI) ۱۶ gr/10min به‌عنوان فاز زمینه استفاده شد. پلی‌پروپیلن مالئیک‌دار شده (MAPP) با شاخص جریان مذاب ۶۴ gr/10min درصد مالئیک انیدرید پیوند خورده استفاده گردید. خاک اره کاج تدا از صنایع تبدیلی شرکت جنگل شفارود در استان گیلان (رضوانشهر) تهیه شد.

1- Impact Strength
2- Ethylene/propylene copolymers
3- Natural rubber
4- Ethylene– propylene–diene–monomer

www.SID.ir

Archive of SID

برای کاهش میزان رطوبت موجود در لجن خاک اره، این ماده به مدت یک هفته در هوای آزاد خشک شد. درنهایت خاک اره به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت تا میزان رطوبت آن به حدود ۱-۲٪ برسد.

روش‌ها

جدول ۱ چگونگی ترکیب مواد برای ساخت چندسازه پلی‌پروپیلن، الیاف کاه گندم و لجن کارخانه کاغذ را نشان می‌دهد. قبل از اختلاط مواد، برای جلوگیری از رطوبت موجود در مواد مورد استفاده که فاکتور مؤثری در ساخت چندسازه است، الیاف کاه گندم (تیمار شده و بدن تیمار) و لجن کارخانه کاغذ را به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۵ درون آون قرار دادیم. برای اختلاط مواد از اکسترودر دو مارپیچ ناهمسوگرد با پنج ناحیه دمایی ۱۷۰، ۱۷۵، ۱۸۰، ۱۸۵ و ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت چرخش ۳۰ rpm استفاده شده است. ترکیبات به‌دست آمده با استفاده از خردکن نیمه‌صنعتی به گرانول تبدیل شده و به‌مدت ۱۲ ساعت در دمای درون آون قرار گرفتند.

نمونه‌های آزمون کششی و مقاومت به ضربه به روش قالب‌گیری تزریقی به‌وسیله دستگاه تزریق نیمه‌صنعتی شرکت ایمن ماشین در پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران تهیه شد. از دمای سیلندر تزریق در هر سه ناحیه ۱۸۰°C، دمای قالب ۲۳ °C، فشار تزریق ۱۱۰ bar و زمان دوره تزریق کمتر از ۲۰ ثانیه استفاده شد. آزمون کشش مطابق آیین‌نامه ۶۳۸ D استاندارد ASTM با استفاده دستگاه (INSTRON) مدل ۴۴۸۹ و مقاومت به ضربه طبق آیین‌نامه D۲۵۶ استاندارد ASTM دستگاه مدل ۵۱۰۲ ساخت شرکت Zwick انجام شد. سرعت بارگذاری در هر دو آزمون ۵ mm/min بوده است. به‌منظور تحلیل بهتر نتایج ویژگی‌های مکانیکی تصاویر SEM از سطح شکست نمونه‌ها تهیه‌شده است. تصاویر میکروسکوپ الکترونی پوبشی (SEM) مدل VEGA، شرکت TESCAN و ساخت کشور Czech Republic از مقاطع شکست نمونه‌های کششی توسط تهیه‌شده است. ولتاژی که توسط این نوع میکروسکوپ مورد استفاده قرار گرفت، ۲۰ W می‌باشد. البته قبل از تصویربرداری نمونه‌ها در دستگاه پوشش‌دهنده (مدل K450x کمپانی EMITECH ساخت کشور انگلستان) به مدت ۵ دقیقه با لایه‌ای در حدود ۱۵nm از طلا پوشش داده شدند.

با توجه به عوامل متغیر و سطح آنها در کل ۹ تیمار موجود بود که برای هر تیمار ۳ تکرار در نظر گرفته شد. تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها با استفاده از آزمون فاکتوریل در قالب بلوک‌های کاملاً تصادفی با استفاده از تجزیه واریانس توسط نرم‌افزار SPss در سطح معنی‌داری ۵٪ انجام شد.

جدول ۱- میزان اختلاط مواد مختلف برای ساخت چندسازه

شماره نمونه	کد نمونه	پلی‌پروپیلن (درصد)	خاک اره (درصد)	EPDM (درصد)	اتصال‌دهنده (درصد)
۱	PP	۱۰۰	–	–	–
۲	PP/S	۷۰	۳۰	–	–
۳	PP/S/E10	۶۰	۳۰	۱۰	–
۴	PP/S/E10/M	۵۷	۳۰	۱۰	۳
۵	PP/S/E20	۵۰	۳۰	۲۰	–
۶	PP/S/E20/M	۴۷	۳۰	۲۰	۳
۷	PP/S/E30	۴۰	۳۰	۳۰	–
۸	PP/S/E30/M	۳۷	۳۰	۳۰	۳

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج

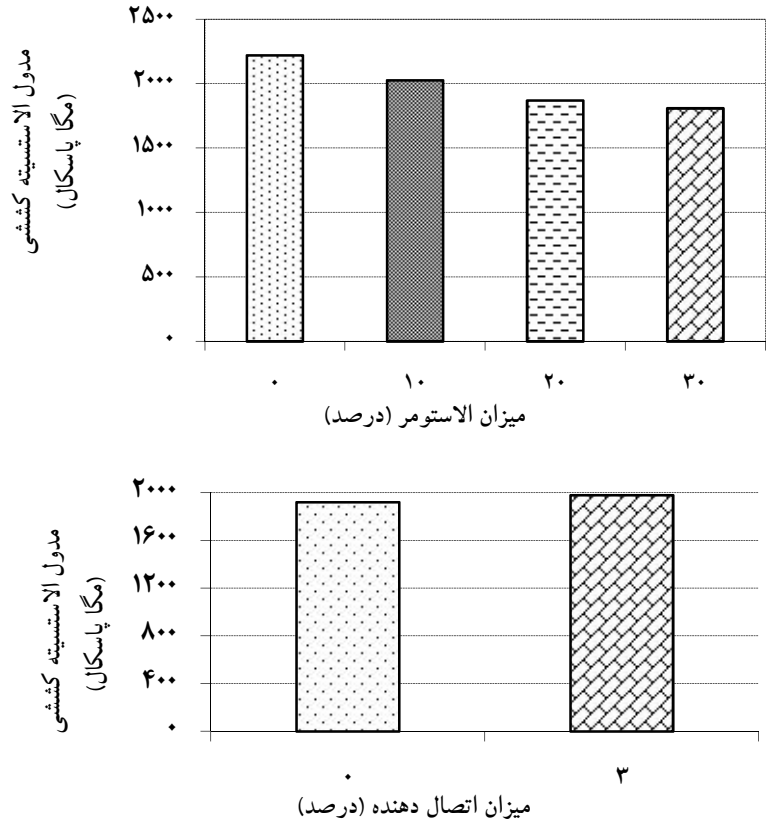
مدول‌الاستیسیته کششی

جدول ۲ نشان می‌دهد که اثر مستقل دو فاکتور اتصال‌دهنده و الاستومر بر مدول‌الاستیسیته کششی چندسازه تأثیر معنی‌داری داشته، درحالی‌که اثر متقابل دو فاکتور مذکور تأثیر معنی‌داری را نشان نداده است.

نتایج اثر مستقل EPDM و MAPP بر مدول‌الاستیسیته کششی چندسازه در شکل ۱ نشان می‌دهد که با استفاده از EPDM مقاومت کششی چندسازه کاهش یافته و با افزودن میزان بالاتر الاستومر روند کاهشی بیشتری در مدول‌الاستیسیته کششی چندسازه مشاهده‌شده است. درحالی‌که استفاده از اتصال‌دهنده تأثیر نسبتاً مثبت و روند افزایشی را بر مدول‌الاستیسیته کششی چندسازه نشان داده است.

جدول ۲- تجزیه واریانس مدول‌الاستیسیته کششی چندسازه پلی‌پروپیلن/ خاک اره/ MAPP /EPDM

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	معنی‌داری
اتصال‌دهنده	۱۱۲۸۱۲/۵۰۰	۱	۱۱۲۸۱۲/۵۰۰	۶/۹۹۱	۰/۰۰۷
الاستومر	۷۲۳۸۵۳/۷۲۲	۳	۲۴۱۲۸۴/۵۷۴	۱۴/۹۵۳	۰/۰۰۰
اتصال‌دهنده× الاستومر	۴۸۴۹/۰۰۰	۲	۲۴۲۴/۵۰۰	۰/۱۵۰	۰/۸۶۲
خطا	۱۵۲۲/۲۴۱	۱۷	۸۹/۵۴۴		
کل	۹۵۲۷۴۸۸۲/۰۰۰	۲۴			

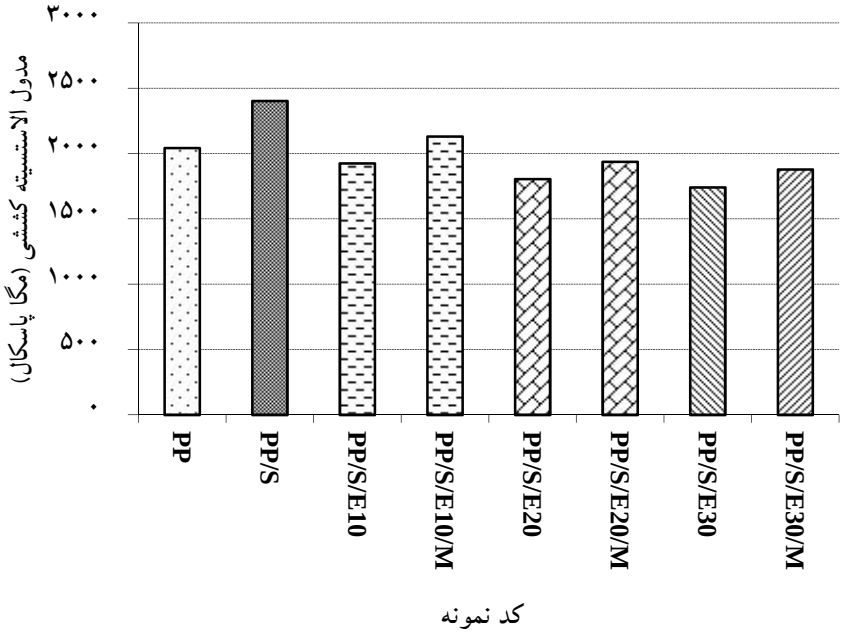


شکل ۱- اثر مستقل الاستومر (EPDM) و اتصال‌دهنده (MAPP) بر مدول‌الاستیسیته کششی

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۲ اثر متقابل استفاده از الاستومر و اتصال‌دهنده را نشان می‌دهد. با افزودن ۳۰ درصد خاک اره کاج تدا به ماتریس پلی‌پروپیلن مدول‌الاستیسیته کششی چندسازه افزایش‌یافته است. استفاده از ۱۰ درصد EPDM کاهش اندکی را مدول‌الاستیسیته کششی چندسازه نشان داد اما به‌کارگیری ۳ درصد MAPP با ۱۰ درصد EPDM باعث بهبود در سفتی شده و باعث افزایش در مدول‌الاستیسیته کششی چندسازه شده است. بهترین میزان مدول‌الاستیسیته کششی در بین چندسازه‌های ساخته شده مربوط به چندسازه حاوی ۱۰ درصد الاستومر و ۳ درصد اتصال‌دهنده بوده که مدول‌الاستیسیته کششی بالاتر از PP خالص نشان داده است، هرچند که از میزان مدول‌الاستیسیته کششی چندسازه شاهد پایین‌تر بوده است. با افزودن میزان بالاتر EPDM (۲۰ و ۳۰ درصد) روند کاهشی بیشتری در مدول‌الاستیسیته کششی مشاهده‌شده است، هرچند استفاده از MAPP باعث بهبود در استفاده همزمان از این دو افزودنی در مدول‌الاستیسیته کششی چندسازه شده است.



شکل ۲- اثر متقابل اتصال‌دهنده (MAPP) و الاستومر (EPDM) بر مدول‌الاستیسیته کششی

مقاومت کششی

تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌های حاصل از نتایج مقاومت کششی در جدول ۲ نشان می‌دهد که اثر مستقل اتصال‌دهنده و الاستومر بر مقاومت کششی چندسازه تأثیر معنی‌داری داشته، درحالی‌که اثر متقابل دو فاکتور تأثیر معنی‌داری را بر این ویژگی نشان نداده است.

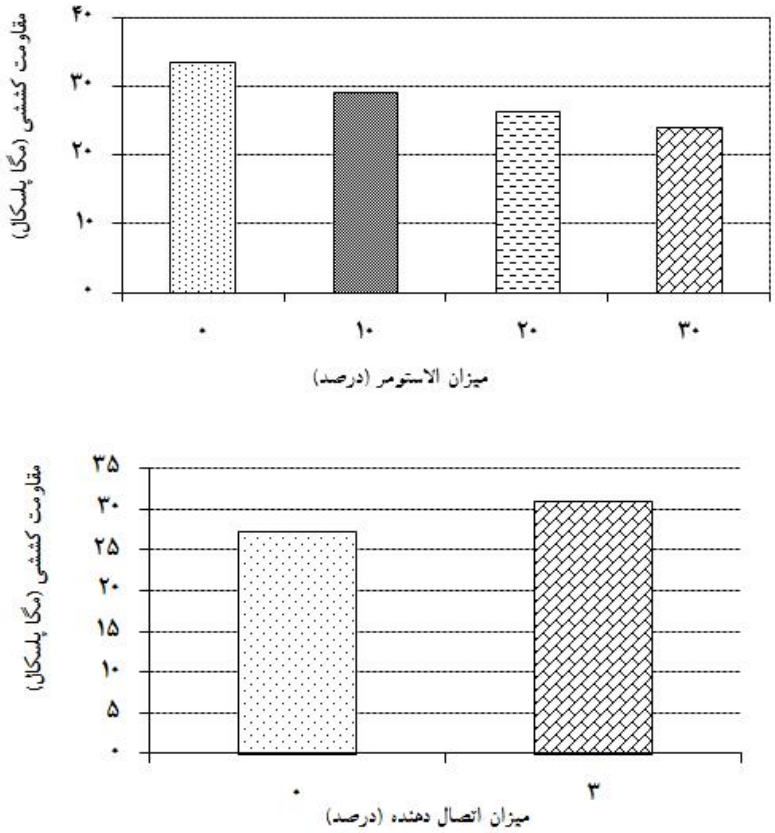
شکل ۳ نتایج مقاومت کششی حاصل از اثر مستقل استفاده از میزان‌های مختلف EPDM و MAPP را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که با استفاده از EPDM مقاومت کششی چندسازه کاهش‌یافته و با افزایش بیشتر الاستومر در ساختار چندسازه مقاومت کششی کاهش بیشتری را نشان داده است. استفاده از اتصال‌دهنده تأثیر مثبتی بر مقاومت کششی چندسازه پلی‌پروپیلن/خاک اره داشته است و با افزودن MAPP مقاومت کششی چندسازه افزایش یافته است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- تجزیه واریانس مدول‌الاستیسیته کششی چندسازه پلی‌پروپیلن/ خاک اره/ **MAPP /EPDM**

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	معنی‌داری
اتصال‌دهنده	۳۴/۵۵۶	۱	۳۴/۵۵۶	۶/۲۰۲	۰/۰۰۳
الاستومر	۳۲۸/۷۸۱	۳	۱۰۹/۵۹۴	۱۹/۶۷۱	۰/۰۰۰
اتصال‌دهنده× الاستومر	۲/۶۳۰	۲	۱/۳۱۵	۰/۲۳۶	۰/۷۹۲
خطا	۹۴/۷۱۲	۱۷	۵/۵۷۱		
کل	۴۲۷/۹۱۳	۲۴			

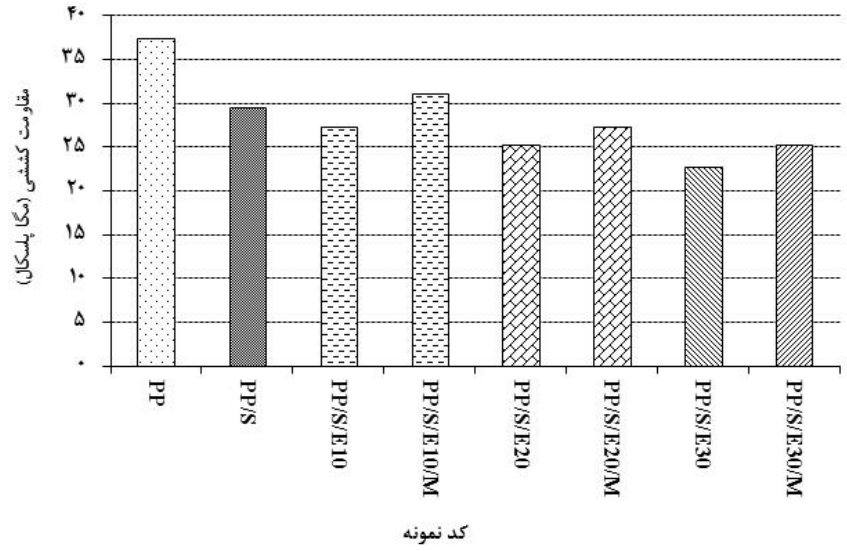


شکل ۳- اثر مستقل الاستومر (EPDM) و اتصال‌دهنده (MAPP) بر مقاومت کششی

شکل ۴ اثر متقابل اتصال‌دهنده (MAPP) و الاستومر (EPDM) بر مقاومت کششی چندسازه پلی‌پروپیلن/ خاک اره را در مقایسه با چندسازه شاهد (بدون الاستومر و اتصال‌دهنده) و پلی‌پروپیلن خالص نشان می‌دهد. برخلاف مدول‌الاستیسیته کششی، افزودن خاک اره کاج تدا به میزان ۳۰ درصد باعث کاهش در مقاومت کششی چندسازه نسبت به PP خالص شده است. با افزودن الاستومر با نسبت‌های مختلف (۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد) روند کاهش در مقاومت کششی مشاهده‌شده است. با وجود این افزودن اتصال‌دهنده به میزان ۳ درصد همزمان با EPDM باعث بهبود در مقاومت کششی چندسازه شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- اثر متقابل اتصال‌دهنده (MAPP) و الاستومر (EPDM) بر مقاومت کششی

مقاومت به ضربه

جدول ۴ نشان می‌دهد که اثر اتصال‌دهنده و الاستومر در ساخت چندسازه معنی‌دار بوده اما اثر متقابل این دو منبع تغییرات در ساخت چندسازه اثر معنی‌داری را در سطح ۵٪ نشان نداده است.

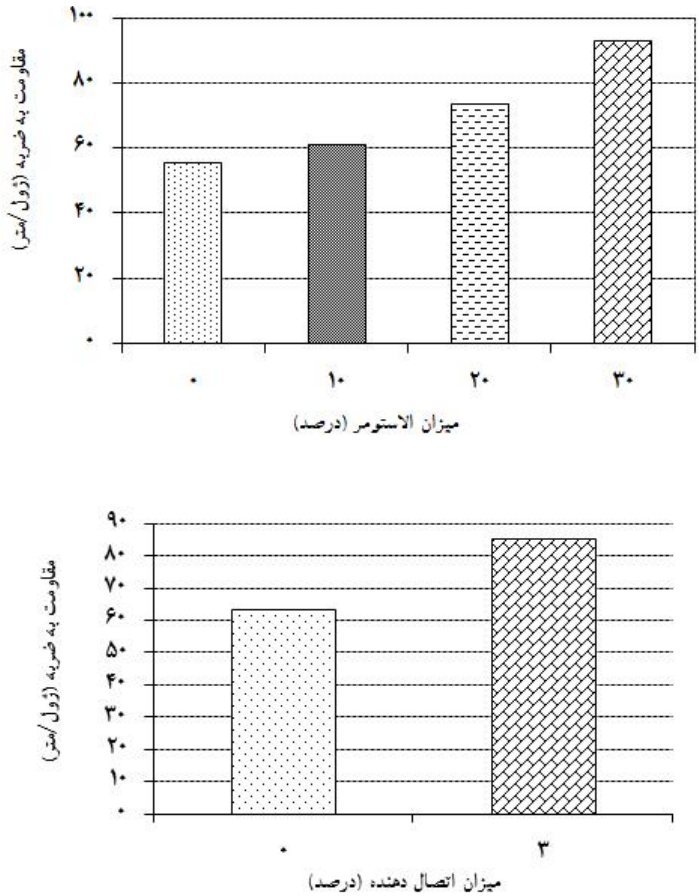
شکل ۵ (سمت راست) اثر مستقل استفاده از EPDM با میزان‌های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد وزنی و مقایسه آن با چندسازه PP/ خاک اره بر مقاومت به ضربه را نشان می‌دهد. با افزودن EPDM افزایش در مقاومت به ضربه چندسازه مشاهده شد و با افزایش میزان بالاتر و استفاده از ۳۰ درصد EPDM بالاترین میزان مقاومت به ضربه مشاهده‌شده است. استفاده از EPDM با میزان‌های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد وزنی به‌ترتیب با افزایش ۱۱، ۲۰ و ۲۶ درصدی مقاومت به ضربه نسبت به چندسازه بدون استفاده از EPDM شده است؛ بنابراین می‌توان عنوان کرد که با افزودن یک الاستومر به ساختار چندسازه افزایش معنی‌داری را در مقاومت به ضربه چندسازه PP/ خاک اره حاصل خواهد کرد.

جدول ۴- تجزیه واریانس مقاومت به ضربه چندسازه پلی‌پروپیلن/ خاک اره/ MAPP /EPDM

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	معنی‌داری
اتصال‌دهنده	۱۵۹۸/۲۹۹	۱	۱۵۹۸/۲۹۹	۱۷/۸۴۹	۰/۰۰۱
الاستومر	۳۶۱۶/۷۹۹	۳	۱۲۰۵/۶۰۰	۱۳/۴۶۴	۰/۰۰۰
اتصال‌دهنده× الاستومر	۱۸۷/۰۳۲	۲	۹۳/۵۱۶	۱/۰۴۴	۰/۳۷۳
خطا	۱۵۲۲/۲۴۱	۱۷	۸۹/۵۴۴		
کل	۱۲۸۵۶۱/۴۶۲	۲۴			

www.SID.ir

Archive of SID



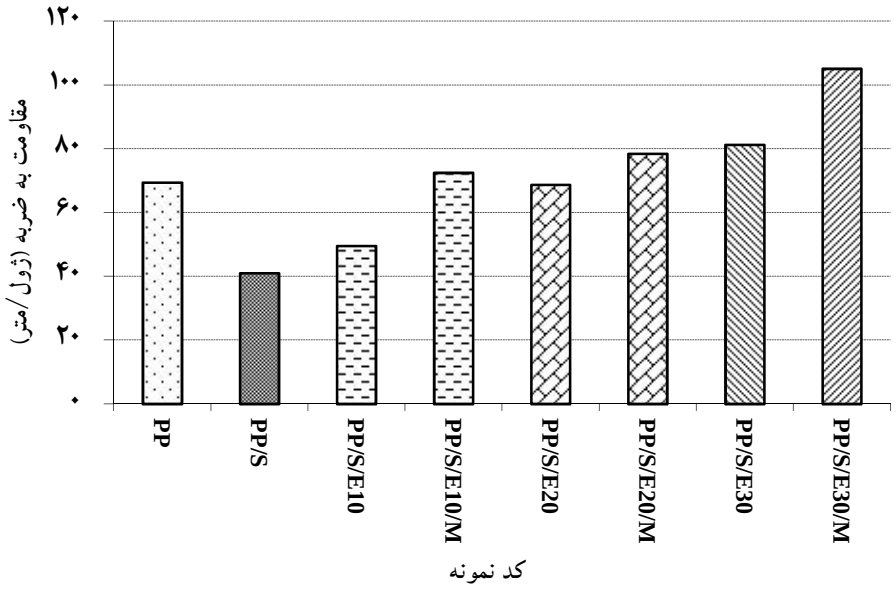
شکل ۵- اثر مستقل الاستومر (EPDM) و اتصال‌دهنده (MAPP) بر مقاومت به ضربه چندسازه

شکل ۵ (سمت چپ) اثر مستقل اتصال‌دهنده (MAPP) بر مقاومت به ضربه چندسازه را نشان می‌دهد. استفاده از MAPP نیز باعث بهبود در مقاومت به ضربه چندسازه PP/ خاک اره شده است. استفاده از ۳٪ MAPP بهبودی به میزان ۳۴٪ در مقاومت به ضربه را نسبت به چندسازه بدون اتصال‌دهنده نشان داده است. اثر متقابل استفاده الاستومر و اتصال‌دهنده در چندسازه PP/ خاک اره و مقایسه آنها با چندسازه بدون افزودنی و PP را می‌توان در شکل ۳ مشاهده کرد. پلی‌پروپیلن خالص دارای مقاومت به ضربه ۶۹/۴ ژول بر متر بوده و با افزایش ۳۰٪ خاک اره، چندسازه ساخته شده مقاومت به ضربه ۴۱ ژول بر متر را نشان داده است. مقاومت به ضربه چندسازه پلی‌پروپیلن/ خاک اره بدون EPDM کمتر از پلی‌پروپیلن خالص بوده است. این کاهش در مقاومت به ضربه با افزودن خاک اره به پلیمر پلی‌پروپیلن نشان‌دهنده الزامی بودن اصلاح این ویژگی برای افزایش کاربرد چندسازه در کاربردهای مختلف است. هنگامی‌که ۱۰ درصد EPDM به چندسازه پلی‌پروپیلن/ خاک اره اضافه‌شده بهبود در مقاومت به ضربه مشاهده شد اما هنوز این میزان افزایش نتوانسته بود به میزان PP خالص برسد؛ بنابراین استفاده از میزان مناسب الاستومر برای دستیابی به مقاومت به ضربه مناسب ضروریست. با افزودن MAPP به میزان ۳ درصد به چندسازه PP/ خاک اره/ ۱۰ درصد الاستومر روند فزاینده‌ای در مقاومت به ضربه چندسازه حاصل شد و نشان داد که استفاده همزمان از الاستومر و

www.SID.ir

Archive of SID

اتصال‌دهنده برای دستیابی به میزان بالای مقاومت به ضربه ضروریست. به‌طوری‌که با افزایش میزان EPDM به ۲۰ و ۳۰ درصد و استفاده از ۳ درصد MAPP روند بسیار مناسبی در افزایش مقاومت به ضربه مشاهده شد. به‌نحوی‌که بالاترین میزان مقاومت به ضربه در چندسازه حاوی ۳۰ درصد الاستومر و ۳ درصد MAPP مشاهده شد. هنگام استفاده از ۳۰ درصد EPDM در ساختار چندسازه به‌ترتیب افزایش مقاومت به ضربه ۱۷ و ۹۸ درصدی نسبت به پلی‌پروپیلن خالص و چندسازه بدون EPDM و MAPP مشاهده شد. درحالی‌که افزودن ۳ درصد MAPP به چندسازه PP/ خاک اره و ۳۰ درصد EPDM به‌ترتیب افزایش ۵۱ و ۱۵۶ درصدی را نسبت به پلی‌پروپیلن خالص و چندسازه بدون EPDM و MAPP نشان داده است.



شکل ۶- اثر متقابل اتصال‌دهنده (MAPP) و الاستومر (EPDM) بر مقاومت به ضربه چندسازه

ریخت‌شناسی

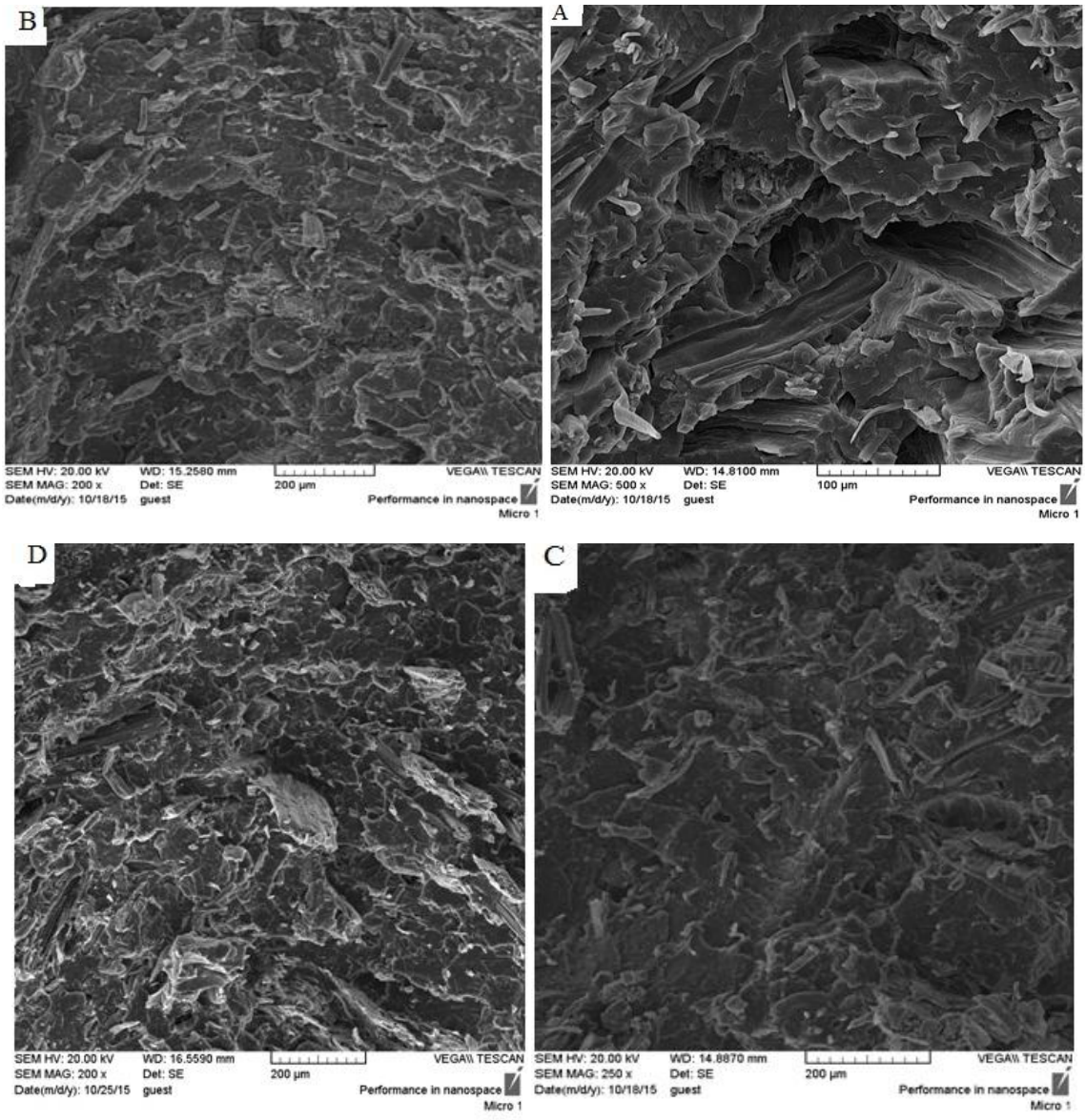
ساختار چندسازه‌ها یکی از مهمترین فاکتورهای تعیین‌کننده ویژگی‌ها و کارایی مواد تشکیل‌دهنده چندسازه‌هاست. پخش، تجمع، جهت‌گیری الیاف و اتصالات سطح مشترک از مهمترین فاکتورها در بررسی مرفولوژی چندسازه در سطح شکست بشمار می‌روند. بررسی سطح شکست چندسازه به‌وسیله میکروسکوپ الکترونی روبشی می‌تواند اطلاعات مناسبی از اتصالات بین دو فاز و چگونگی تأثیر مواد افزودنی از قبیل MAPP و EPDM به ساختار چندسازه را نشان دهد. شکل ۷ سطح شکست در نمونه کششی چندسازه پلی‌پروپیلن/ خاک اره را نشان می‌دهد. این شکل به‌وضوح نشان می‌دهد که اتصال مناسبی بین PP و خاک اره به وجود نیامده است و به‌راحتی می‌توان خروج الیاف را از ماتریس و شکست الیاف مشاهده کرد. چسبندگی ضیغف بین دو فاز لزوم افزودن مواد دیگر برای بهبود اتصالات بین دو فاز را اثبات می‌کند.

شکل B استفاده همزمان از EPDM و MAPP را نشان می‌دهد و بیانگر اتصال بهتر بین پلی‌پروپیلن و خاک اره است. شکلهای C و D که به ترکیب مربوط به چندسازه‌های حاوی ۳۰ درصد EPDM و ۳۰ درصد EPDM و ۳ درصد MAPP هستند به‌خوبی نتایج

www.SID.ir

Archive of SID

حاصل از مقاومت به ضربه را توجیه‌پذیر می‌کنند. در این شکلها مشخص است که اتصالات سطح مشترک در بهترین حالت قرار دارد و خروج پرکننده از ماتریس مشاهده نمی‌شود.



شکل ۷- ریخت‌شناسی سطح شکست چندسازه حاوی پلی‌پروپیلن/ خاک اره (**A**)، چندسازه پلی‌پروپیلن/ خاک اره/ **EPDM** (۱۰٪)/ **MAPP** (۳٪) (**B**)، چندسازه پلی‌پروپیلن/ خاک اره/ **EPDM** (۳۰٪) (**C**) و چندسازه پلی‌پروپیلن/ خاک اره/ **EPDM** (۳۰٪)/ **MAPP** (۳٪) (**D**)

www.SID.ir

Archive of SID

بحث

در این بررسی ویژگی‌های کششی و مقاومت به ضربه چندسازه پلی‌پروپیلن/ خاک اره حاصل از برش چوب کاج تدا با افزودن اتیلن، پروپیلن، دایین و منومر به‌عنوان اصلاح‌کننده مقاومت به ضربه با سه میزان ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد و انیدرید مالئیک پیوند خورده با پلی‌پروپیلن به‌عنوان اتصال‌دهنده مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفته است. افزودن خاک اره به‌عنوان پرکننده به میزان ۳۰ درصد به پلی‌پروپیلن مدول‌الاستیسیته کششی را از ۲۰۴۲ مگا پاسکال به ۲۴۰۱ مگا پاسکال افزایش داده است (۱۸ درصد افزایش). استفاده از الیاف طبیعی تأثیر مثبت بر ویژگی‌های کششی داشته که می‌تواند باعث افزایش ۵۰ درصدی در مقاومت کششی و مدول‌الاستیسیته چندسازه تقویت‌شده با الیاف شود (Ochi, 2008). با وجود این، افزودن الاستومر باعث کاهش در مدول‌الاستیسیته و مقاومت کششی چندسازه شده است ولی با افزودن اتصال‌دهنده و تأثیر مثبت این ماده، ویژگی‌های کششی در چندسازه افزایش‌یافته است. از لحاظ آماری اثر متقابل الاستومر و پرکننده بر ویژگی‌های کششی معنی‌داری نبوده و کاهش رخ داده در این ویژگی‌ها به‌صورت چشمگیری نبوده است. برای مثال استفاده از ۱۰ درصد الاستومر و ۳ درصد اتصال‌دهنده باعث افزایش در مقاومت کششی شده و حتی مقادیر بالاتری را نسبت به نمونه شاهد بدون افزودنی نشان داده‌اند. قابل‌توجه است که در بررسی مدول‌الاستیسیته کششی چندسازه حاوی ۱۰ درصد الاستومر و ۳ درصد MAPP سفتی بالاتری را نسبت به پلیمر خالص نشان داده‌اند. البته با افزایش میزان بالاتر (۲۰ و ۳۰ درصد) الاستومر ویژگی‌های کششی روند نزولی را نشان داده‌اند.

Ruksakulpiwat و همکاران (۲۰۰۹) در استفاده از مقادیر مختلف EPDM مشاهده کردند که به‌کارگیری ۵ و ۱۰ درصد این الاستومر باعث بهبود در ویژگی‌های کششی شده و استفاده از مقادیر بالاتر این ماده کاهش قابل‌توجه‌ای را نشان داده است.

مقاومت به ضربه می‌تواند ویژگی بحرانی چندسازه چوب پلاستیک در کاربردهای معین به‌عنوان مواد ساختمانی باشد. چندسازه تقویت‌شده با الیاف زیستی دارای ویژگی‌های هستند که می‌توانند با ویژگی‌های چندسازه تقویت‌شده با الیاف شیشه بخصوص در ویژگی‌های ویژه رقابت کنند. با وجود این، یک ویژگی بنام مقاومت به ضربه در میان معایب اصلی کامپوزیت تقویت‌شده با الیاف زیستی به چشم می‌خورد. بطور کلی چقرمگی (سفتی) چندسازه پرشده با الیاف تحت تأثیر فاکتورهای مانند ویژگی‌های ذاتی ماتریس، کسر حجمی الیاف و مقاومت پیوند سطح مشترک می‌باشد (Balatinecz & Kazayawoko 1995).

بررسی گزارش‌های قبلی دلالت بر کاهش مقاومت به ضربه با افزایش الیاف طبیعی به ساختار چندسازه پلیمری دارد (Arbelaiz *et al.*, 2005). در این بررسی از میزان ثابت ۳۰٪ خاک اره برای ارزیابی مقاومت به ضربه با افزودن EPDM (۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد) و MAPP (۳ درصد) برای بهبود این ویژگی استفاده شده است. مقاومت به ضربه چندسازه پلی‌پروپیلن/ خاک اره بدون EPEM کمتر از پلی‌پروپیلن خالص بوده است. این پدیده در پژوهش‌های گذشته بر روی چندسازه پلی‌پروپیلن/ الیاف طبیعی ارائه شده است (Ruksakulpiwat *et al.*, ; Ismail *et al.*, 2002 2009). از این‌رو می‌توان بیان کرد که افزودن میزان بالاتر الیاف احتمال تجمع الیاف را افزایش داده که احتیاج به انرژی کمتر برای گسترش شکاف دارد.؛ بنابراین افزودن خاک اره به PP نتوانسته است باعث شکل‌گیری اتصالات سطح مشترک شده و درنهایت سبب کاهش در مقاومت به ضربه چندسازه نسبت به PP خالص شده است. مقاومت به ضربه چندسازه بدون EPDM پایین‌تر از پلی‌پروپیلن خام است. این پدیده توسط مطالعات انجام شده بر روی چندسازه PP/ الیاف طبیعی گزارش‌شده است (Ismail *et al.*, 2002). تصویر SEM تهیه‌شده از چندسازه PP/خاک اره نشان داد که اتصال مناسبی بین PP و خاک اره به وجود نیامده است و به‌راحتی می‌توان خروج الیاف از ماتریس و شکست الیاف را مشاهده کرد. قابل‌ذکر است که اتصالات نواحی سطح مشترک اهمیت بسزایی در تعیین سختی (چقرمگی) چندسازه دارد. عدم اتصال، خروج و شکست

www.SID.ir

Archive of SID

الیاف سه مکانیزم جذب انرژی در طی ضربه هستند. درنتیجه چسبندگی ضعیف بین ماتریس و الیاف منجر به شکست با انرژی کمتر می‌شود (Bax & Mussig, 2008). شکاف‌ها از نقاطی که تمرکز تنش بالا باشد شروع می‌شوند، مانند مناطق دارای عیوب و یا نقاطی که اتصالات بین دو فاز خیلی ضعیف است. اعتقاد بر این است که چسبندگی سطح مشترک قوی بین دو فاز باعث افزایش مقاومت و سفتی در چندسازه شده، درحالی‌که مقاومت به ضربه به علت انتشار آسان شکست در بین دو فاز کاهش می‌دهد (Panthapulakkal *et al.*, 2006). بنابراین با مشاهده این نتیجه، در افزودن خاک اره به PP افزودن اصلاح‌کننده مقاومت به ضربه برای کاربرد این مواد در بخش‌های خواهان مقاومت به ضربه بالا ضروری به نظر می‌رسد.

یکی از مهمترین راه‌حل‌های بهبود در مقاومت به ضربه چندسازه پرشده با الیاف طبیعی، افزودن الاستومرها به این ساختار می‌باشد. افزودن ۱۰ درصد EPDM به چندسازه تأثیر مثبت این EPDM را به‌عنوان بهبوددهنده مقاومت به ضربه نشان داد. افزودن ۳ درصد MAPP روند افزایشی بیشتری را در بهبود مقاومت به ضربه نشان داده است. بنابراین می‌توان بیان کرد که استفاده از سازگارکننده تمرکز تنش را کاهش و همچنین انرژی موردنیاز را برای ایجاد ترک افزایش می‌دهد. افزودن ۱۰ درصد EPDM و ۳ درصد MAPP باعث افزایش ۶۳ درصدی مقاومت به ضربه نسبت به چندسازه PP/ خاک اره شده است؛ اما این میزان از افزودن EPDM و MAPP باعث رسیدن مقاومت به ضربه در سطح PP خالص نشده است؛ بنابراین افزودن میزان بالاتر EPDM ضروری به نظر می‌رسد. افزودن ۲۰ درصد EPDM باعث بهبود بیشتری در مقاومت به ضربه چندسازه پرشده با خاک اره شده و اضافه شدن MAPP روند افزایشی را تشدید کرده است. در بالاترین سطح افزایش از EPDM یعنی ۳۰ درصد، بالاترین میزان بهبود در مقاومت به ضربه مشاهده‌شده که البته با افزایش MAPP این روند بهبود چشمگیرتر شد. واکنش گروه‌های انیدرید مالئیک با گروه‌های هیدروکسیلی الیاف چوبی پیوندهای کووالانسی قوی را شکل می‌دهد و اتصال MAPP از سمت دیگر با ماتریس PP باعث شکل‌گیری چسبندگی قوی و انتقال تنش مناسب خواهد شد (Kazayawoko *et al.*, 1999). Anuar و Zuraida (۲۰۱۰) به بررسی بهبود ویژگی‌های مکانیکی با استفاده از ۲۰٪ الیاف کنف/ PP پرداختند و از دو نوع بهبوددهنده مقاومت به ضربه شامل لاستیک طبیعی ترموپلاستیک (TPNR) و اتیلن پروپیلن دایین مونومر (EPDM) استفاده کردند. به علت ناسازگاری دو فاز از MAPP به‌عنوان اتصال‌دهنده استفاده کردند. آنان عنوان کردند که استفاده همزمان از اصلاح‌کننده‌ها و MAPP بهبود مناسب و چشمگیری در مقاومت به ضربه ایجاد کرد. همچنین اعلام کردند که تصاویر SEM نشان داد که بهبود در ویژگی‌های مکانیکی به علت واکنش خوب بین دو فاز می‌باشد.

تصاویر تهیه‌شده از سطح شکست چندسازه‌ها نتایج حاصل از بررسی مقاومت به ضربه را تأیید کرد. درحالی‌که شکست در چندسازه حاوی الاستومر در مقایسه با چندسازه بدون الاستومر اغلب در بین ذرات چوبی قابل‌رؤیت بوده (ذرات شکسته شده الیاف چوبی قابل‌مشاهده است) که دلالت بر چسبندگی قوی بین ذرات چوبی و PP دارد. چسبندگی سطح مشترک قوی بین ماتریس و الیاف تحرک‌پذیری پلیمر را کاهش داده (Oksman & Clemons 1998) و از خروج الیاف از ماتریس جلوگیری کرده است. همچنین Ruksakulpiwat و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که چسبندگی بین ترکیبات مخلوط شده در چندسازه PP با EPDM مناسب و خوب به نظر می‌رسد.

منابع مورد استفاده

-Arbelaiz, A., Fernández, B., Ramos, J. A., Retegi, A., Llano-Ponte, R. and Mondragon, I., 2005. Mechanical properties of short flax fibre bundle/ polypropylene composites: Influence of matrix/fibre modification, fibre content, water uptake and recycling. Composites Science and Technology, 65 (10) 1582–1592.

-Anuar, H. and Zuraida, A., 2011. Improvement in mechanical properties of reinforced thermoplastic

www.SID.ir

Archive of SID

properties of a biodegradable polymer. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 39 (3): 503–513.

-Mutjé, P., Vallejos M.E., Gironès, J., Vilaseca F., López, A., López, J.P. and Méndez, J.A., 2006. Effect of Maleated polypropylene as coupling agent for polypropylene composites reinforced with hemp strands. Journal of Applied Polymer Science, 102 (1): 833–840.

-Oksman, K. and Clemons, C., 1998. Mechanical Properties and Morphology of Impact Modified Polypropylene–Wood Flour Composites. Journal of Applied Polymer Science, 67 (2): 1503–1513.

-Ochi, S., 2008. Mechanical properties of kenaf fibers and kenaf/PLA composites. Mechanics of Materials
40 (3): 446–452.

-Park, B. and Balatinecz, J., 1997. Mechanical properties of wood–fiber/toughened isotactic polypropylene composites. Polymer Composite, 18 (1):79–89.

-panthapulakkal, S., Sain, M. 2006. Injection molded wheat straw and corn stem filled Polypropylene composites. Journal of Polymer Environmental,14 (3): 265-272.

-Panthapulakkal, S., Zereshkian, A. and Sain, M., 2006. Preparation and characterization of wheat straw fibers for reinforcing application in injection molded thermoplastic composites. BioresourceTechnology, 97(2), 265-272.

-Ruksakulpiwat, Y., Sridee, J., Suppakarn, N. and Sutapun, W., 2009. Improvement of impact property of natural fiber–polypropylene composite by using natural rubber and EPDM rubber. Composites: Part B, 40 (3): 619–622.

- Wang, W., Tang, L. and Qu, B., 2003. Mechanical properties and morphological structures of short glass fiber reinforced PP/EPDM composite. European Polymer Journal 39 (2) 2129–2134.

elastomers composite with kenaf bast fibre. Composites: Part B 42 (3) 462–465.

- Bax, B. and Mussig, J., 2008. Impact and tensile properties of PLA/Cordenka and PLA /flax composites. Composites Science and Technology, 68 (7): 1601–1607.

-Bledzki A.K., Faruk, O. and Huque M., 2002. Physico-mechanical studies of wood fiber reinforced composites. Polymer-Plastics Technology and Engineering, 41(3): 435– 451.

-Joshi, S., Drzal, L., Mohanty, A. and Arora, S., 2004. Are natural fiber composites environmentally superior to glass fiber reinforced composites. Composites Part A, 35 (3):371–376.

- Ismail, H., Shuhelmy, S. and Edyham, M., 2002. The effects of a silane coupling agent on curing characteristics and mechanical properties of bamboo fiber filled natural rubber composites. European Polymer Journal, 38 (2): 39–47.

-Kaynak, C., Arikan, A. and Tincer, T., 2003. Flexibility improvement of short glass fiber reinforced epoxy by using a liquid elastomer. Polymer, 44 (8):2433- 2439.

-Kazayawoko, M., Balatinecz, J. and Matuana, L. M., 1999. Surface modification and adhesion mechanisms in wood fiber- polypropylene composites. Journal of Materials Science, 34 (24): 6189–6199.

-Keledi1, G., Sudár1, A., Burgstaller, Ch., Renner1, K., Móczó1, J. and Pukánszky, B., 2012. Tensile and impact properties of three-component PP/wood/elastomer composites. eXPRESS Polymer Letters, 6 (3): 224–236.

- Mantia, F. P. and Morreale, M., 2011. Green composites: A brief review. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 42(6): 579–588.

- Morreale, M., Scaffaro, R., Maio, A. and La Mantia F. P., 2008. Effect of adding wood flour to the physical

www.SID.ir

Archive of SID

The effect of elastomers and coupling agent on tensile properties and impact strength polypropylene/saw dust composites

H. Aibaghi esfahani[1*], M. Kalagar[2] and H. Sepahri Rad[3]

1*- Corresponding Author, Faculty Member, Department of Architecture, Zahedan Branch, Islamic Azad University, Zahedan, Iran, Email: Aibaghi.esfahani@gmail.com
2-Ph.D. wood and paper industry, research and innovation center of ETKA organization, Tehran, Iran
3-Faculty Member, Department of Architecture, Zahedan Branch, Islamic Azad University, Zahedan, Iran

Received: Jan., 2017 Accepted: April, 2017

Abstract

To study the tensile properties and impact strength in Wood Plastic Composites (WPC) polypropylene as a matrix and teada pine sawdust as reinforcement / filler is used. Ethylene / propylene / Diane / monomer (EPDM) as modified impact resistance with 10, 20 and 30 percent improved impact resistance and maleic anhydride grafted polypropylene (MAPP) at a rate of 3 percent as a fasteners to improve response and polymers and fillers were added to the composite. To evaluate the fracture surface of a structure scanning electron microscope (SEM) was used. The apply of 10% elastomer and 3% coupling agent cause to improved of tensile properties and the use of higher levels of elastomer (20 and 30%) has shown a decreasing trend in these properties. The results showed that PP matrix by adding sawdust to a significant reduction in impact strength of composite than pure PP is observed. An EPDM additive used in all contents of composites PP / sawdust has improved impact strength. Simultaneous use of EPDM and MAPP used a positive effect in tensile properties and impact strength. The apply of EPDM (30%) and 3% (MAPP) has demonstrated the highest level of impact strength. SEM images show that the use of EPDM and MAPP composites will improve the connection of interface.

Keywords: Composite, tensile properties, impact strength, ethylene/ propylene/ Diane/ monomer, coupling agent.

www.SID.ir