

ویژگی‌های کششی و مقاومت به ضربه چندسازه پلی اتیلن و لجن کارخانه زیتون

حمید آیباغی اصفهانی^{۱*}، مهدی کلاگر^۲ و الهام مرزبان مریدانی^۳

*- نویسنده مسئول، عضو هیئت علمی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد زاهدان، گروه معماری، زاهدان

پست الکترونیکی: Perisk2001@yahoo.com

۲- دانشجوی دکتری گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران

۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران

تاریخ پذیرش: فروردین ۱۳۹۳

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۹۲

چکیده

در این مطالعه ویژگی‌های مکانیکی چند سازه پلی اتیلن با دانسیته بالا (به عنوان ماتریس) و لجن کارخانه زیتون (به عنوان پرکننده) مورد بررسی قرار گرفت. برای ساخت چندسازه میزان لجن کارخانه زیتون بین ۱۵ تا ۴۵ درصد وزنی متغیر بوده است. تأثیر انیدرید مالئیک پیوند خورده با پلی اتیلن به عنوان اتصال دهنده بر ویژگی‌های مکانیکی چندسازه مورد بررسی قرار گرفت و بعد از این چندسازه‌ها (با اتصال دهنده) با چندسازه‌های بدون اتصال دهنده مورد مقایسه قرار گرفتند. برای اختلاط مواد از اکسترودر و برای تهیه نمونه‌های استاندارد مکانیکی از روش قالب‌گیری تزریقی استفاده شد. ویژگی‌های مکانیکی شامل ویژگی‌های کششی (مدول الاستیسیته و مقاومت کششی) و مقاومت به ضربه مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج بدست آمده از مدول الاستیسیته نشان داد که افزودن لجن کارخانه زیتون به پلی اتیلن باعث افزایش معنی داری در مدول الاستیسیته کششی نسبت به پلی اتیلن خالص شد. مقاومت کششی چندسازه با افزودن لجن کارخانه زیتون نسبت به پلی اتیلن خالص افزایش یافت اما بیشترین میزان مقاومت کششی مربوط به چندسازه حاوی ۳۰٪ لجن کارخانه زیتون و اتصال دهنده بود. همچنین افزودن ۱۵٪ لجن کارخانه زیتون به پلی اتیلن باعث بهبود در مقاومت به ضربه نسبت به پلی اتیلن خالص شد اما با افزودن بیشتر لجن کارخانه زیتون مقاومت به ضربه چندسازه نسبت به پلی اتیلن خالص کاهش یافت. افزودن اتصال دهنده (MAPE) به ترکیب منجر به افزایش در ویژگی‌های مکانیکی چندسازه شد که دلالت بر چسبندگی سطح مشترک ماتریس و لجن کارخانه زیتون داشت.

واژه‌های کلیدی: لجن کارخانه زیتون، ویژگی‌های کششی، مقاومت به ضربه، پلی اتیلن با دانسیته بالا.

مقدمه

به طور کلی ماده مرکب (چندسازه) به ماده‌ای گفته می‌شود که از دو یا چند فاز تشکیل شده باشد. دو فاز اصلی این مواد شامل فاز زمینه و پرکننده است. در فاز زمینه این مواد اکثراً از پلاستیک‌های گرم‌انرم شامل پلی اتیلن (PE) و پلی پروپیلن (PP) استفاده شده (Albuquerque et al., 2008) که علت آن در بیشتر منابع موجود به ویژگی‌های مکانیکی خوب این مواد نسبت داده شده است اما بحث اصلی در این مواد فاز پرکننده است که در بیشتر تحقیقات

سعی بر استفاده از موادی است که بتواند ویژگی‌های نهایی چندسازه حاصل را بهبود بخشد و همچنین باعث کاهش در هزینه نهایی این مواد شود. در سال‌های اخیر استفاده از پسماندهای صنعتی که اکثراً در زمین دفن شده و باعث مشکلات زیست محیطی شده در ساخت این مواد افزایش یافته است. یکی از این پسماندها لجن کارخانه زیتون است که در حجم بالایی در صنعت روغن زیتون تولید می‌شود، براساس داده‌های تحقیقات صنعت زیتون ۱۵ تا ۲۲ کیلوگرم روغن زیتون و ۳۵ تا ۴۵ کیلوگرم لجن کارخانه زیتون از هر

۱۰۰ کیلوگرم زیتون بدست می‌آید (Fornes et al., 2009).
لجن کارخانه زیتون ماده‌ای جامد، لیگنوسلولزیک تر و
محصول فرعی تولید شده در حجم بالاست که به‌وسیله

استخراج روغن زیتون از روش گریز از مرکز استخراج می-
شود. میزان ترکیبات شیمیایی لجن کارخانه زیتون در جدول
۱ ارائه شده است (Vlyssides et al., 1998).

جدول ۱- ترکیبات شیمیایی لجن کارخانه زیتون

| میزان | ترکیبات شیمیایی | میزان | ترکیبات شیمیایی |
|--------------|--------------------|--------------|-----------------|
| ۸/۵۴ ± ۱۸/۰ | لیگنین (%) | ۵۶/۸۰ ± ۲۰/۲ | میزان رطوبت (%) |
| ۱/۴۲ ± ۰۹/۰ | خاکستر (%) | ۴/۶۵ ± ۷۴/۱ | روغن و چربی (%) |
| ۰/۴۳ ± ۰۰۶/۰ | نیتروژن (%) | ۲/۸۷ ± ۰۱/۰ | پروتئین (%) |
| ۰/۰۴ ± ۰۰۳/۰ | فسفر (P2O5) | ۰/۸۳ ± ۰۱/۰ | کل قندها (%) |
| ۲/۴۳ ± ۱۵/۰ | ترکیبات فنولیک (%) | ۱۴/۵۴ ± ۱۷/۰ | سلولوز (%) |
| ۰/۳۲ ± ۰۲۷/۰ | پتاسیم (K2O) | ۶/۶۳ ± ۱۸/۰ | همی سلولوز (%) |
| ۲۵/۳۷ ± ۰۳/۲ | کل کربن (%) | ۰/۳۷ ± ۰۳۶/۰ | کلسیم (CaO) |
| | | ۹۶/۶۸ ± ۲۵/۵ | نسبت C/N |

تغذیه دام مورد استفاده قرار می‌گیرد و بخشی از این مواد در طبیعت رها می‌شود. با تولید بیوسسته این یسماند نیاز به استفاده مناسب و مدیریت راهبردی مورد قبول برای کاهش خطرات زیست محیطی اش الزامیست. بنابراین استفاده از این ماده در ساخت چندسازه دارای مزایایی از قبیل قیمت پایین، قابلیت تجدیدپذیری و کاهش خطرات مربوط به مسائل زیست محیطی و بهداشتی را دارا بوده و همچنین استفاده از این نوع پرکننده‌ها در ساخت چندسازه باعث تولید چندسازه سبک تر و ارزان تر نسبت به بیشتر پرکننده‌های معدنی خواهد شد (Ashori & Nourbakhsh 2009). هدف از انجام این تحقیق استفاده از لجن کارخانه زیتون به‌عنوان تقویت‌کننده برای ساخت چندسازه بر پایه پلیمر پلی اتیلن با دانسیته (HDPE) بالاست که از میزان ۲/۵٪ انیدرید مالئیک پیوند خورده با پلی اتیلن به‌عنوان اتصال‌دهنده بین دو فاز استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از پلی اتیلن ساخت شرکت پتروشیمی اراک با شاخص جریان مذاب (MFI) gr/10min ۱۶ به‌عنوان فاز زمینه استفاده شد. پلی اتیلن پیوند خورده با انیدرید مالئیک (MAPE) با شاخص جریان مذاب gr/10min ۰/۱ درصد مالئیک انیدرید پیوند خورده

لجن کارخانه زیتون به‌صورت عمده در تخریب محیط زیست نقش دارد که دلایل آن شامل: میزان بالای تولید لجن در کارخانه تولید روغن زیتون که این میزان در کارخانه‌ها از نوع سنتی (۳/۲۵ کیلوگرم لجن از هر کیلو روغن زیتون تولید شده) و در کارخانه از نوع گریز از مرکز (۵ کیلوگرم لجن از هر کیلو روغن زیتون تولید شده) می‌باشد (Hytiris et al., 2004). صنعت روغن زیتون در کشورهای حوزه دریایی مدیترانه بر حسب شرایط اقتصادی و سنتی‌شان دارای اهمیت بسیاری است. اسپانیا مهمترین کشور در صنعت روغن زیتون است و پس از آن ایتالیا، یونان، ترکیه، سوریه و تونس قرار دارند. بیشترین میزان لجن کارخانه زیتون در حوزه کشورهای دریای مدیترانه است که ۹۵٪ تولید روغن زیتون در دنیا را در اختیار دارند. برای مثال کشور اسپانیا حدود ۴ میلیون تن لجن کارخانه زیتون در سال تولید می‌کند (Varol, 2006). بیشتر لجن کارخانه زیتون در استخرهای با تخیخ سطحی بدون پوشش در زمین دفن می‌شوند (Varol & Atimtiy 2007) و باقی مانده این مواد به‌عنوان منبع گرما به کار گرفته می‌شود (Ashori, 2007). با توجه به تحقیقات انجام شده در ایران به‌خصوص در شمال کشور (رودبار استان گیلان) بخشی از لجن تولید شده در کارخانجات تولید روغن زیتون به‌عنوان کود طبیعی در زیر درختان یا ترکیب با خوراک دام برای

در قالب بلوک‌های کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SPSS در سطح معنی‌داری ۵٪ انجام شد.

جدول ۲- سطوح اختلاط مواد برای ساخت چندسازه

| کد نمونه | PE | لجن کارخانه زیتون | MAPP |
|----------|-----|-------------------|------|
| ۱ | ۱۰۰ | - | - |
| ۲ | ۸۵ | ۱۵ | - |
| ۳ | ۸۲ | ۱۵ | ۳ |
| ۴ | ۷۰ | ۳۰ | - |
| ۵ | ۶۷ | ۳۰ | ۳ |
| ۶ | ۶۰ | ۴۰ | - |
| ۷ | ۵۷ | ۴۰ | ۳ |
| ۸ | ۵۰ | ۵۰ | - |
| ۹ | ۴۷ | ۵۰ | ۳ |

نتایج

جدول ۳ تجزیه و تحلیل آماری مربوط به مدول الاستسیته کششی را نشان می‌دهد. اثر مستقل لجن کارخانه زیتون و اتصال‌دهنده بر مدول الاستسیته کششی چندسازه معنی‌دار بود، اما اثر متقابل این دو منبع تغییرات در ساخت چندسازه اثر معنی‌داری را بر این ویژگی نشان نداده است.

به‌عنوان اتصال‌دهنده در ساخت چندسازه استفاده گردیده است. لجن کارخانه زیتون از کارخانه تولید روغن زیتون در استان گیلان (رودبار) تهیه شد. برای کاهش میزان رطوبت موجود در لجن کارخانه زیتون این ماده به مدت یک هفته در هوای آزاد خشک شده و از آسیاب چکشی برای جداسازی ذرات بهم پیوسته استفاده شد و برای بدست آوردن ماده‌ای با ذرات همگن ماده تهیه شده از الک با اندازه ۴۰ مش عبور داده شد. در نهایت لجن کارخانه زیتون به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت تا میزان رطوبت آن به حدود ۱-۲٪ برسد. عملیات اختلاط پلیمر و لجن کارخانه زیتون در دستگاه اکسترودر (کولین) با سرعت ۸۰ rpm انجام شد. جدول ۲ سطوح اختلاط مواد برای ساخت چندسازه‌های مورد بررسی را نشان می‌دهد. نمونه‌های آزمون مکانیکی، به روش قالب‌گیری تزریقی تهیه شد. دمای سیلندر تزریق در هر سه ناحیه ۱۷۵°C، دمای قالب ۲۳°C، فشار تزریق ۱۱۰ bar و زمان دوره تزریق کمتر از ۲۰ ثانیه در نظر گرفته شد.

آزمون کشش مطابق آیین‌نامه D۶۳۸، استاندارد ASTM و بارگذاری ۵mm/min اعمال شد. بدین منظور از دستگاه (INSTRON) مدل ۴۴۸۹ استفاده شد. آزمون مقاومت به ضربه مطابق آیین‌نامه D۲۵۶ استاندارد ASTM به صورت بدون فاق با استفاده از دستگاه مدل ۵۱۰۲ انجام گردید. با توجه به عوامل متغیر و سطح آنها در کل ۹ تیمار موجود بود که برای هر تیمار ۳ تکرار در نظر گرفته شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از آزمون فاکتوریل

جدول ۳- تجزیه واریانس مدول الاستسیته کششی چندسازه پلی‌اتیلن و لجن کارخانه زیتون

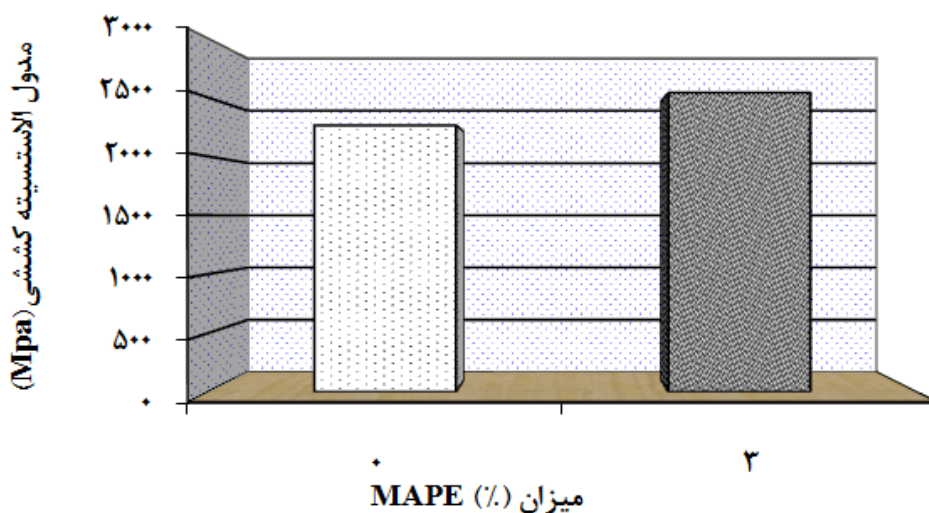
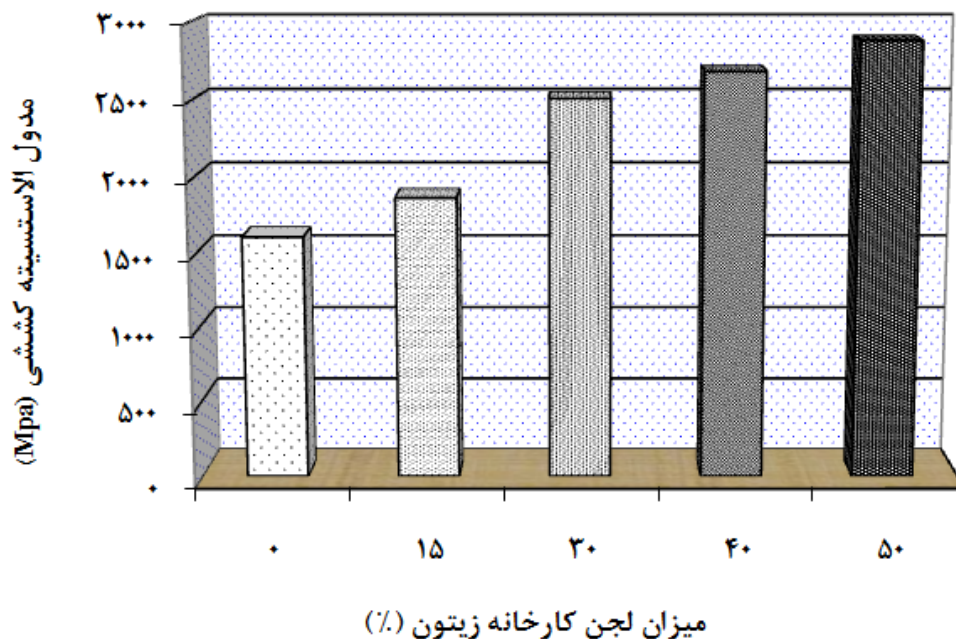
| منبع تغییرات | مجموع مربعات | درجه آزادی | میانگین مربعات | F | معنی‌داری |
|---------------------------------|--------------|------------|----------------|---------|-----------|
| لجن کارخانه زیتون | ۵۱۴۰۸۰۵/۸۳۳ | ۴ | ۱۲۸۵۲۰۱/۴۵۸ | ۴۷۲/۵۹۱ | ۰/۰۰۰ |
| اتصال‌دهنده | ۷۳۲۶۱/۵۰۰ | ۱ | ۷۳۲۶۱/۵۰۰ | ۲۶/۹۴۰ | ۰/۰۰۰ |
| لجن کارخانه زیتون × اتصال‌دهنده | ۸۵۱۴/۱۶۷ | ۳ | ۲۸۳۸/۰۵۶ | ۱/۰۴۴ | ۰/۳۹۷ |
| خطا | ۴۸۹۵۰/۶۶۷ | ۱۸ | ۲۷۱۹/۴۸۱ | | |
| کل | ۱۵۹۴۶۲۲۷۶ | ۲۷ | | | |

به‌طوری‌که با افزایش یافتن میزان لجن کارخانه زیتون از ۱۵ به ۵۰ درصد، بخوبی مشاهده می‌شود که مدول الاستسیته

شکل ۱ اثر مستقل میزان لجن کارخانه زیتون استفاده شده بر مدول الاستسیته کششی چندسازه را نشان می‌دهد،

با افزایش میزان لجن کارخانه زیتون مدول الاستسیته کششی چندسازه پلی اتیلن و لجن کارخانه زیتون افزایش یافته و بیشترین میزان افزایش با افزایش حدوداً ۸۰٪ مربوط به چندسازه حاوی ۵۰٪ لجن کارخانه زیتون است.

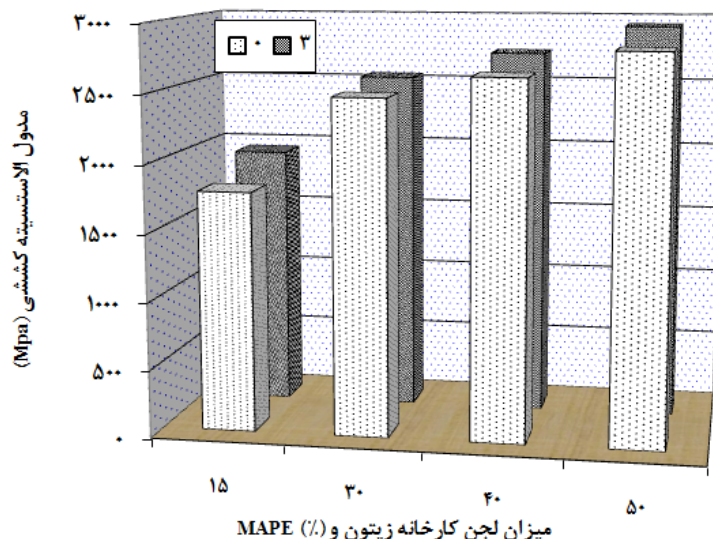
کششی چندسازه افزایش یافته است. همچنین قابل ذکر است که در مقایسه چند سازه‌های ساخته شده با پلی اتیلن خالص در تمامی موارد چند سازه‌های ساخته شده دارای مدول الاستسیته کششی بالاتری بوده‌اند. مشاهده می‌شود که



شکل ۱ و ۲- اثر مستقل میزان لجن کارخانه زیتون و اتصال‌دهنده بر مدول الاستسیته کششی چندسازه

بدون اتصال دهنده شده‌اند. شکل ۳ اثر متقابل میزان لجن کارخانه زیتون و MAPE را بر مدول الاستسیته کششی چندسازه نشان می‌دهد، به وضوح مشخص است که وجود گروه‌های بنیادی مانند انیدرید مالئیک در اتصال دهنده باعث واکنش و فعل و انفعال بهتر بین دو فاز شده است.

شکل ۲ اثر مستقل میزان MAPE بر مدول الاستسیته کششی چندسازه را نشان می‌دهد. با استفاده از اتصال دهنده میزان مدول الاستسیته کششی چندسازه به صورت معنی داری افزایش یافته است. نمونه‌های حاوی اتصال دهنده باعث افزایش ۱۳٪ مدول الاستسیته کششی نسبت به چندسازه



شکل ۳- اثر متقابل میزان لجن کارخانه زیتون و MAPE بر مدول الاستسیته کششی چندسازه

جدول ۴- تجزیه واریانس مقاومت کششی چندسازه پلی اتیلن و لجن کارخانه زیتون

| منبع تغییرات | مجموع مربعات | درجه آزادی | میانگین مربعات | F | معنی داری |
|---------------------------------|--------------|------------|----------------|--------|-----------|
| لجن کارخانه زیتون | ۱۶۷/۶۹۱ | ۴ | ۴۱/۹۲۳ | ۹۴/۹۶۶ | ۰/۰۰۰ |
| اتصال دهنده | ۱۷/۹۵۷ | ۱ | ۱۸/۹۵۷ | ۴۲/۹۴۲ | ۰/۰۰۰ |
| لجن کارخانه زیتون × اتصال دهنده | ۰/۳۱۹ | ۳ | ۰/۱۰۶ | ۰/۲۴۱ | ۰/۸۶۷ |
| خطا | ۷/۹۴۶ | ۱۸ | ۰/۴۴۱ | | |
| کل | ۲۱۹۷۲/۳۳۷ | ۲۷ | | | |

مقاومت کششی

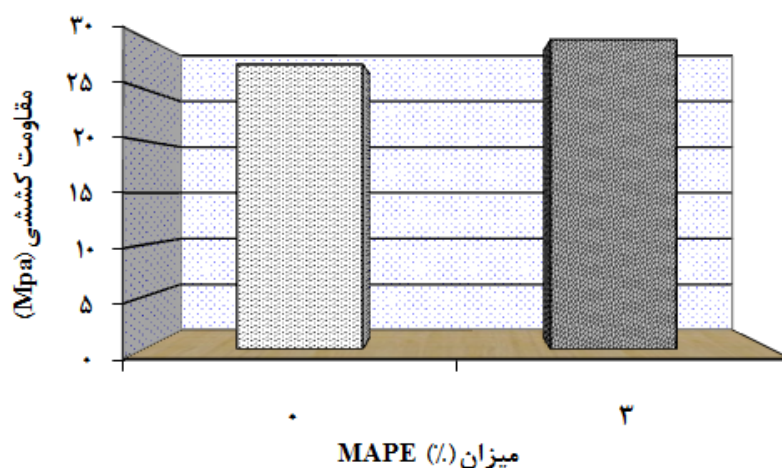
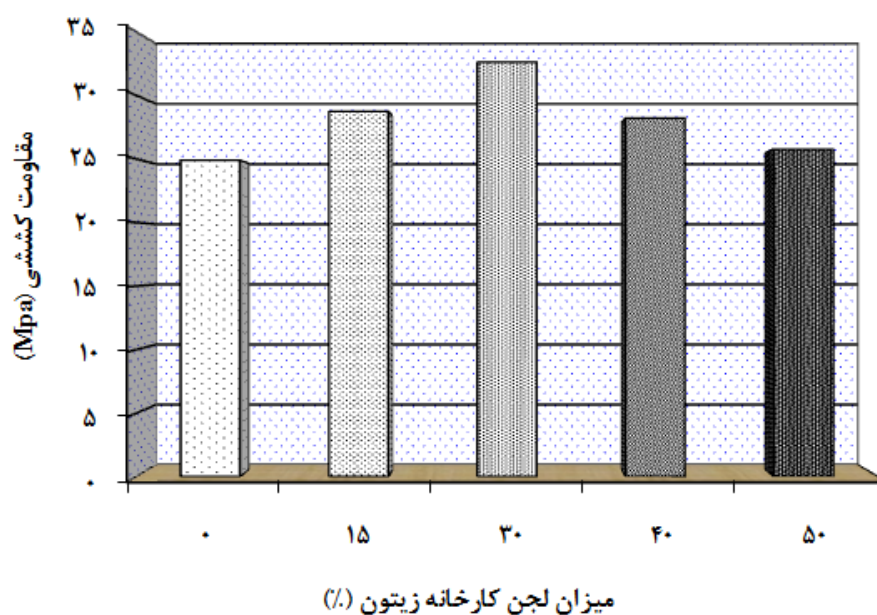
مقاومت کششی چندسازه نسبت به پلی اتیلن خالص افزایش یافته است؛ اما قابل مشاهده است که تا ۳۰٪ استفاده از لجن کارخانه زیتون میزان مقاومت کششی به حداکثر میزان خود رسیده اما با استفاده از ۴۰ و ۵۰٪ لجن کارخانه زیتون میزان مقاومت کششی نسبت به استفاده از ۱۵ و ۳۰٪ لجن کارخانه زیتون کاهش یافته، هر چند این میزان‌ها هم نسبت به پلی اتیلن خالص کمتر نشده است. بیشترین میزان افزایش مقاومت کششی چندسازه نسبت به پلی اتیلن خالص مربوط به

جدول ۴ نشان می‌دهد که اثر مستقل لجن کارخانه زیتون و اتصال دهنده در ساخت چندسازه معنی دار بوده اما اثر متقابل این دو منبع تغییرات در ساخت چندسازه اثر معنی داری را در سطح معنی داری ۵٪ نشان نداده است. شکل ۴ اثر مستقل میزان لجن کارخانه زیتون استفاده شده بر مقاومت کششی چندسازه را نشان می‌دهد، با استفاده از لجن کارخانه زیتون به میزان ۱۵ تا ۵۰ درصد مشاهده می‌شود که

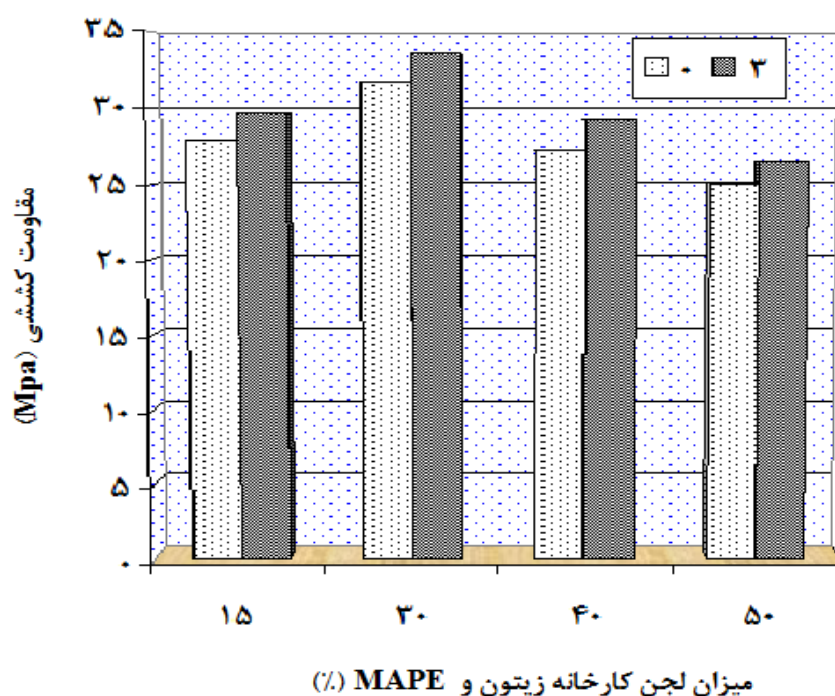
شکل ۵ اثر مستقل میزان MAPE بر مقاومت کششی چندسازه را نشان می‌دهد. با تکیه بر تجزیه و تحلیل آماری استفاده از اتصال‌دهنده میزان مقاومت کششی چندسازه را به صورت معنی‌داری افزایش داده است. جدول ۳ و ۴ مقاومت کششی چندسازه را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که بیشترین میزان افزایش در مقاومت کششی مربوط به چندسازه حاوی ۳۰٪ لجن کارخانه زیتون و ۳٪ اتصال‌دهنده (MAPE) است.

چندسازه حاوی ۳۰٪ لجن کارخانه زیتون بوده است که ۳۱٪ افزایش را نشان داده است. اما کمترین میزان افزایش در مقاومت کششی مربوط به چندسازه حاوی ۵۰٪ لجن کارخانه زیتون بوده که ۳٪ افزایش را نشان داده است.

افزایش ۹٪ چندسازه حاوی اتصال‌دهنده در مقایسه با چندسازه بدون اتصال‌دهنده را نشان می‌دهد. شکل ۶ اثر متقابل میزان لجن کارخانه زیتون و MAPE بر



شکل ۴ و ۵- اثر مستقل میزان لجن کارخانه زیتون و اتصال‌دهنده بر مقاومت کششی چندسازه



شکل ۶- اثر متقابل میزان لجن کارخانه زیتون و MAPE بر مقاومت کششی چندسازه

مقاومت به ضربه

اثر متقابل این دو منبع تغییرات در ساخت چندسازه اثر معنی‌داری را در سطح معنی‌داری ۵٪ نشان نداده است.

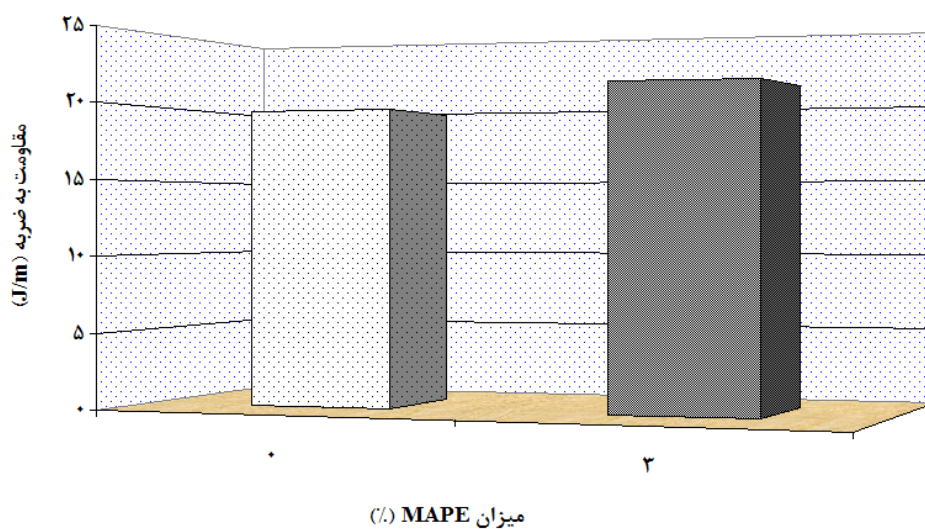
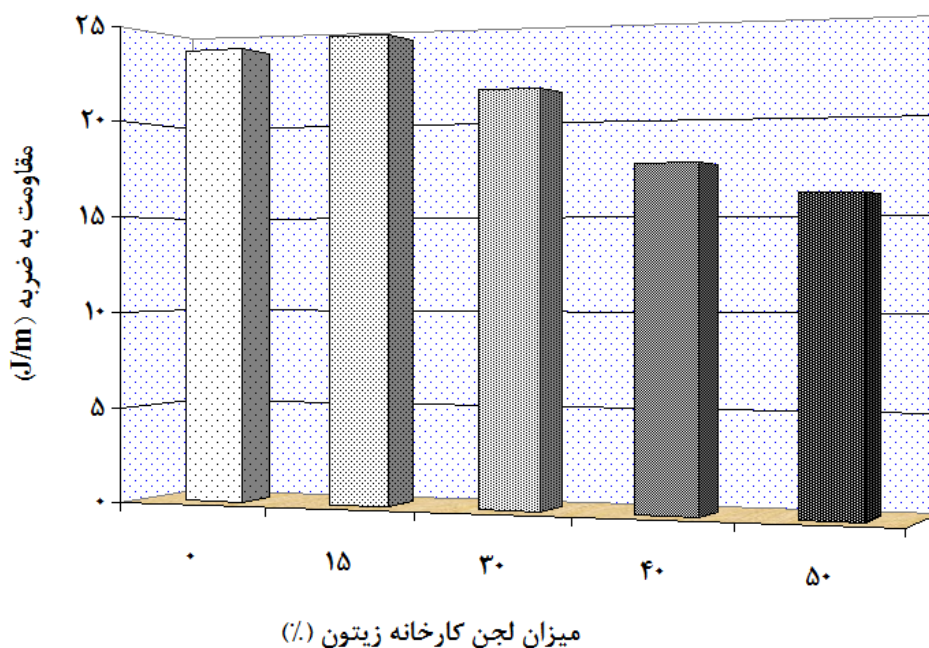
جدول ۵ نشان می‌دهد که اثر مستقل لجن کارخانه زیتون و اتصال‌دهنده در ساخت چندسازه معنی‌دار بوده اما

جدول ۵- تجزیه واریانس مقاومت به ضربه چندسازه پلی‌اتیلن و لجن کارخانه زیتون

| منبع تغییرات | مجموع مربعات | درجه آزادی | میانگین مربعات | F | معنی‌داری |
|---------------------------------|--------------|------------|----------------|--------|-----------|
| لجن کارخانه زیتون | ۳۲۳/۴۳۳ | ۴ | ۸۰/۸۵۸ | ۲۷/۵۰۳ | ۰/۰۰۰ |
| اتصال‌دهنده | ۴۱/۵۰۱ | ۱ | ۴۱/۵۰۱ | ۱۴/۱۱۶ | ۰/۰۰۰ |
| لجن کارخانه زیتون × اتصال‌دهنده | ۶/۱۹۹ | ۳ | ۲/۰۶۶ | ۰/۷۰۳ | ۰/۵۶۳ |
| خطا | ۵۲/۹۲۰ | ۱۸ | ۲/۹۴۰ | | |
| کل | ۱۱۵۰۳/۴۱۷ | ۲۷ | | | |

استفاده از میزان بالاتر ۳۰ تا ۵۰٪ لجن کارخانه زیتون میزان مقاومت به ضربه کاهش یافته است. بیشترین میزان کاهش مقاومت به ضربه چندسازه نسبت به پلی‌اتیلن خالص مربوط به چندسازه حاوی ۵۰٪ لجن کارخانه زیتون بوده که ۳۳٪ کاهش را نشان داده است.

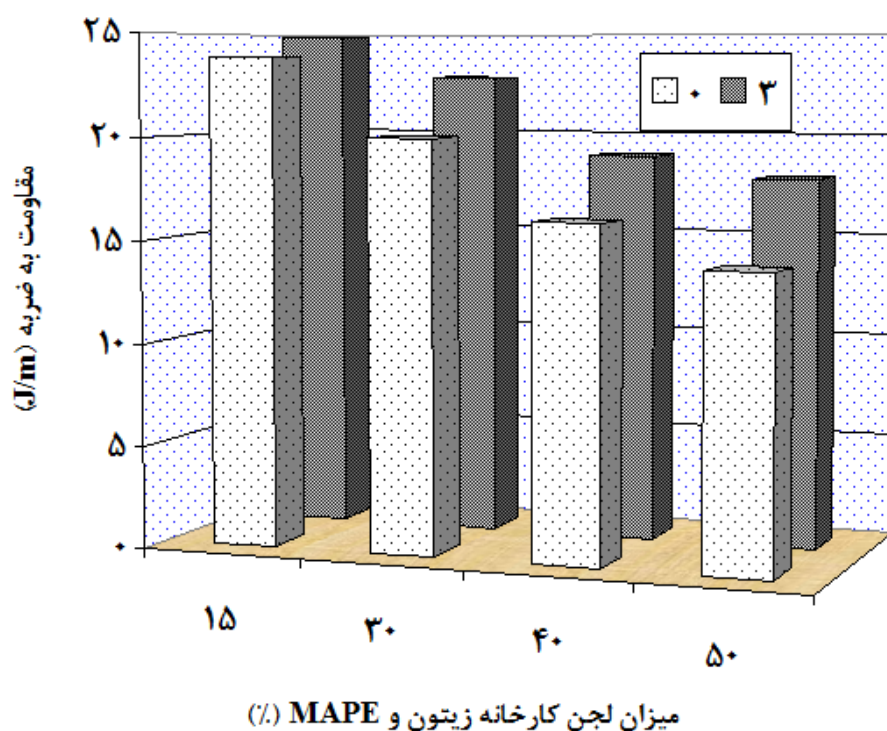
شکل ۷ اثر مستقل میزان لجن کارخانه زیتون استفاده شده بر مقاومت به ضربه چندسازه را نشان می‌دهد. البته با استفاده از لجن کارخانه زیتون به میزان ۱۵٪ اندکی افزایش به میزان ۲٪ در مقاومت به ضربه چندسازه نسبت به پلی‌اتیلن خالص نشان داده است. اما قابل مشاهده است که با



شکل ۷ و ۸- اثر مستقل میزان لجن کارخانه زیتون و اتصال‌دهنده بر مقاومت به ضربه چندسازه

شکل ۹ اثر متقابل میزان لجن کارخانه زیتون و MAPE بر مقاومت به ضربه چندسازه را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که با استفاده از ۱۵٪ لجن کارخانه زیتون مقاومت به ضربه بیشترین میزان خود را نشان داده است اما با افزایش این میزان و حتی با استفاده از اتصال‌دهنده مقاومت به ضربه کاهش یافته است.

شکل ۸ اثر مستقل میزان MAPE بر مقاومت به ضربه چندسازه را نشان می‌دهد. با تکیه بر تجزیه و تحلیل آماری استفاده از اتصال‌دهنده میزان مقاومت به ضربه چندسازه را به صورت معنی‌داری افزایش داده است. چندسازه حاوی اتصال‌دهنده افزایش ۸٪ در مقایسه با چندسازه بدون اتصال‌دهنده در بهبود مقاومت به ضربه را نشان داده است.



شکل ۹- اثر متقابل میزان لجن کارخانه زیتون و MAPE بر مقاومت به ضربه چندسازه

بحث

حاصل مشاهده شده است (Girones *et al.*, 2010). در کارهای مشابهی که در ساخت چندسازه از ضایعات صنعتی که دارای مواد معدنی و آلی هستند استفاده شده نتایج شبیه به استفاده از لجن کارخانه زیتون گزارش شده است (Vallejos *et al.*, 2006 و *et al.*, 2007). بنابراین ما می‌توانیم به این نتیجه برسیم که چندسازه پر شده با لجن کارخانه زیتون با رفتارهای از نمونه‌های از این مواد، مشابه است. همچنین با افزودن اتصال‌دهنده (MAPE) به چندسازه میزان افزایش در سفتی چندسازه با افزایش بیشتری مواجه شده است. این موضوع را می‌توان به افزایش انتقال تنش از ماتریس به تقویت‌کننده نسبت داد. به طور کلی استفاده از اتصال‌دهنده باعث اصلاح سطحی بین پرکننده و ماتریس شده، بنابراین چسبندگی سطحی بین این دو فاز را افزایش می‌دهد (Lai و Panthapulakkal *et al.*, 2005). با استفاده از لجن کارخانه زیتون به میزان ۴۰ و ۵۰٪ وزنی مقاومت کششی نسبت به چندسازه حاوی ۱۵ و ۳۰٪ لجن کارخانه زیتون کاهش یافت، هرچند از میزان مقاومت کششی پلی‌اتیلن خالص میزان بالاتری را نشان داد. مقاومت کششی چندسازه

نتایج حاصل از استفاده لجن کارخانه زیتون به‌عنوان تقویت‌کننده در ساخت چندسازه در تحقیق حاضر می‌تواند دریچه جدیدی را برای استفاده از این قبیل ضایعات به‌عنوان یک روش اقتصادی ممکن بوجود آورد. ارزیابی مدول الاستیسیته کششی نشان داد با افزایش میزان لجن کارخانه زیتون (از ۱۵ تا ۵۰٪ وزنی) به پلی‌اتیلن سفتی چندسازه به صورت پیوسته و معنی‌داری افزایش یافته است. بیشترین میزان افزایش در مدول الاستیسیته کششی مربوط به چندسازه حاوی ۵۰٪ لجن کارخانه زیتون بوده است. با استفاده از ۵۰٪ لجن کارخانه زیتون مدول الاستیسیته کششی چندسازه ۷۶٪ نسبت به پلی‌اتیلن خالص افزایش نشان داده است. این میزان افزایش چشمگیر در سفتی چندسازه را می‌توان به سفتی بالاتر لجن کارخانه زیتون نسبت به پلیمر نسبت داد. پس لجن کارخانه زیتون به‌علت دارا بودن مواد آلی و معدنی باعث افزایش سفتی در چندسازه شده است. در بسیاری از تحقیقات که بر روی ضایعات صنعتی به‌خصوص لجن کارخانه کاغذ انجام شده (که دارای مواد آلی و معدنی بوده است) این افزایش در سفتی چندسازه‌های

تمرکز تنش بالا باشد شروع می‌شوند، مانند مناطق دارای عیوب و یا تقاطعی که اتصالات بین دو فاز خیلی ضعیف است. استفاده از سازگارکننده تمرکز تنش را کاهش و همچنین انرژی مورد نیاز برای ایجاد ترک را افزایش می‌دهد (Sain *et al.*, 2005). در چند سازه‌های ساخته شده با لجن کارخانه زیتون مشاهده شد که با افزودن ۱۵٪ لجن کارخانه زیتون میزان مقاومت به ضربه چندسازه حاصل نسبت به پلی‌اتیلن خالص افزایش یافته که می‌توان آنرا به اتصالات قوی بین دو فاز و پراکنش خوب پرکننده در ماتریس نسبت داد. با افزودن میزان لجن کارخانه زیتون به میزان ۳۰، ۴۵ و ۵۵٪ وزنی کاهش چشمگیر در مقاومت به ضربه چندسازه نسبت به پلی‌اتیلن خالص مشاهده شد که می‌توان آنرا به تمرکز تنش در نقاط تجمع پرکننده نسبت داد که انرژی کمتر به شکست چندسازه نیاز است. همچنین اعتقاد بر این است که چسبندگی سطح مشترک قوی بین دو فاز باعث افزایش مقاومت و سفتی در چندسازه شده، در حالی که مقاومت به ضربه به علت انتشار آسان شکست در بین دو فاز کاهش می‌یابد (Panthapulakkal *et al.*, 2005).

افزایش در مقاومت به ضربه چندسازه با افزودن ۳٪ وزنی MAPE در تمامی نمونه‌ها مشاهده شد که می‌توان آنرا به توانایی بالاتر جذب و توزیع مجدد انرژی به وسیله شکل‌گیری مجدد سطح مشترک با استفاده از اتصال‌دهنده قبل از شروع شکاف نسبت داد (Panthapulakkal *et al.*, 2005). همچنین Yang و همکاران (۲۰۰۷) اعلام کردند MAPE باعث تر پذیری بهتر ماتریس پلی‌اتیلن شده و در نتیجه باعث بهبود مقاومت به ضربه چندسازه می‌شود. همچنین Oksman و Lindberg (۱۹۹۸) اعلام کردند MAPE باعث سفتی در چندسازه می‌شود. یافته‌های بدست آمده از این مطالعه نشان داد که لجن کارخانه زیتون به عنوان تقویت‌کننده جدید در ساخت چند سازه بر پایه پلیمرهای گرمانرم هزینه تولید را کاهش داده و باعث کاهش معایب زیست محیطی آنها خواهد شد.

سپاسگزاری

در پایان نویسندگان لازم می‌دانند از دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان که در اجرای این طرح همکاری لازم را بعمل آوردند نهایت تشکر را ابراز کنند.

به برقراری اتصالات سطح مشترک و پراکنش مناسب (عدم تجمع تقویت‌کننده در یک ناحیه) تقویت‌کننده در پلیمر ماتریس بستگی دارد که در بسیاری از مطالعات گذشته به این دو فاکتور اشاره شده است (Yang *et al.*, 2004, 2007). پس با افزایش یافتن لجن کارخانه زیتون به میزان ۴۰ و ۵۰٪ وزنی تجمع این ماده در بخش‌هایی از ماتریس افزایش یافته و این موضوع باعث پراکنش نامناسب این ماده در پلی‌اتیلن شده و در نهایت مقاومت‌کششی چندسازه کاهش یافته است. همچنین عدم اتصال مناسب در سطح مشترک دو ماده برای تشکیل چندسازه باعث جلوگیری از پراکنش تنش (Yang *et al.*, 2007) در چندسازه شده و در نهایت مقاومت‌های چندسازه کاهش می‌یابد. در بسیاری از مطالعات کاهش در مقاومت کششی چندسازه با افزایش میزان پرکننده مشاهده شده است (Yang *et al.*, 2007). با استفاده از ۳٪ اتصال‌دهنده در تمامی نمونه‌ها مقاومت‌کششی نسبت به نمونه‌های بدون اتصال‌دهنده بهبود یافت. این موضوع را می‌توان به اتصالات بیشتر بین تقویت‌کننده و پلیمر نسبت داد (Lai *et al.*, 2003 و Son *et al.*, 2001)، که باعث انتقال تنش در تمامی نواحی چندسازه شده و همچنین باعث بهبود سازگاری بین دو فاز می‌شود (Li 2003, Buyuksari & Ayrilmis (2010) که از میزان ۴۰٪ لجن کارخانه زیتون برای ساخت چندسازه استفاده کردند، آنها کاهش در مقاومت خمشی چندسازه را عنوان کردند، همچنین آنها با افزودن اتصال‌دهنده بهبود سازگاری بین دو فاز را گزارش کردند. البته به صورت معمول مقاومت ترموپلاستیک‌های پر شده در داخل دو کلاس قرار می‌گیرد. پرکننده‌هایی که در داخل ماتریس پلیمر به بهبود ویژگی‌ها منجر شده (پرکننده تقویت‌کننده) یا باعث کاهش هزینه مواد می‌شود (پرکننده غیر تقویت‌کننده). پرکننده تقویت‌کننده با افزایش میزان پرکننده مقاومت را افزایش داده، در حالی که پرکننده‌ها مقاومت را کاهش می‌دهند (Simonsen, 1995).

با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان گفت لجن کارخانه زیتون یک پرکننده تقویت‌کننده است. به طور کلی مقاومت به ضربه، به عنوان معیاری از توانایی مواد مرکب در برابر انرژی اعمال شده ناگهانی تعریف می‌شود. جذب انرژی در استحکام چند سازه در برابر ضربه به وسیله ترکیبی از ایجاد و توسعه شکاف صورت می‌گیرد. شکاف‌ها از تقاطعی که

منابع مورد استفاده

- Panthapulakkal, M., Sain, K. and S, Law., 2003. Effect of coupling agents on rice-husk-filled HDPE extruded profiles. *Polymer International*, 54 (8):137-142.
- Oksman, K. and Lindberg, H., 1998. Influence of Thermoplastic Elastomers on Adhesion in Polyethylene-Wood Flour Composites. *Journal of Applied Polymer Science*, 68(5): 1845-1855.
- Sain, M., Suhara, P., Law, S., and Bloulooux, A., 2005. Interface Modification and Mechanical Properties of Natural Fiber-Polyolefin Composite Products. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 24(4): 121-130.
- Simonsen, J., 1995. The Mechanical Properties of Wood fiber-plastic Composites: Theoretical vs. Experimental, In: *Proceedings of Wood Fiber-Plastic Composites - Virgin and Recycled Wood Fiber and Polymers for Composites*. Forest Products Society, Madison, Wis: 47-55.
- Son, J., Kim, J. and Lee, W., 2001. Role of paper sludge particle size and extrusion temperature on performance of paper sludge-thermoplastic polymer composites. *Journal of Applied Polymer Science*, 82(11):2709-2781.
- Varol M (2006) Combustion and co-combustion of olive pomace and coal in a fluidized bed. MSc Thesis, Middle East Technical University, 175.
- Varol, M. and Atimtay, A.T., 2007. Combustion of olive pomace coal in a bubbling fluidized bed with secondary air injection. *Fuel*, 86(6): 1430-1438.
- Vallejos, E., Canigual, N., Mendez, A., Vilaseca, F., Corrales, F., Lopez, A. and Mutje, P., 2006. Benefit from hemp straw as filler/reinforcement for composite material. *Afinidad*, 63(525): 354-361.
- Vlyssides, A.G., Loizidou, M., Gimouhopoulos, K. and Zorpas, A., 1998. Olive oil processing waste production and their characterizing in reaction to olive oil extraction methods. *Fresenius Environ Bull*, 7(2): 308-313.
- Yang, S., Kim, J., Son, J., Park, J., Lee, J. and Hwang S., 2004. Rice-husk filled polypropylene composites; mechanical and morphological study. *Composite Structure*, 63(3): 305-312.
- Yang, S., Wolcott, M., Kim, H., Kim, S. and Kim, H., 2007. Effect of different compatibilizing agents on the mechanical properties of lignocellulosic material filled polyethylene bio-composites. *Composite Structures*, 79(4): 369-375.
- Ashori, A., 2008. Wood-plastic composites as promising green composites for automotive industries. *Bioresource Technol*, 99(11):4661-4667.
- Ashori, A. and Nourbakhsh, A., 2009. Characteristics of wood-fiber plastic composites made of recycled materials, *Waste Management*, 29 (3): 1291-1295.
- Albuquerque, J. A., Gonzalvez, J., Garcia, D. and Cegarra, J., 2004. Agrochemical characterization of alperujo a solid by-product of the two phase centrifugation method for olive oil extraction. *Bioresource Technol*, 91(7): 195-200.
- Ayirmis, N. and Buyuksari, U., 2010. Utilization of olive mill sludge in manufacture of lignocellulosic/polypropylene composite. *Journal Master Science*, 45:1336-1342.
- Fornes, F., Fuente, R.G., Belda, M. and Abad, M., 2009. Alperujo compost amendment of contaminated calcareous and acid soils: Effect on growth and trace element uptake by five brassica species. *Bioresource Technol*, 100(7): 3982-3990.
- Girone, J., Pardini, G., Vilaseca, F., Pelach, M. A. and Mutje, P., 2010. Recycling of Paper Mill Sludge as Filler/Reinforcement in Polypropylene Composites, *Journal of Polymer Environmental*, 18(4): 407-412.
- Hytriris, N., Kapellakis, I.E., de Roij, R.L. and Tsagarakis, K.P., 2004. The potential use of olive mill sludge in solidification process. *Resour Conserv Recy*, 40(4): 129-139.
- Lai, S., Yeh, C., Wang, Y., Chan, C. and Shen H., 2003. Comparative study of maleated polyolefin as compatibilizers for polyethylene/ wood flour composites. *Journal of Applied Polymer Science*, 87(4): 487-496.
- Li, Q. and Matuana, M., 2003. Surface of cellulosic materials modified with functionalized polyethylene coupling agents. *Journal of Applied Polymer Science*, 88(3):278-86.
- Marzban Moridani, E., Talaeipou, M., Hemmasi, A.H., Ghasmi, E. and Kalagar, M., 2013. The effect of paper mill recycling sludge application on the mechanical properties of composites based on recycled polymers. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research* Vol. 28 No. (3): 509-521
- Mutje, P., Lopez, A., Vallejos, E., Lopez, P. and Vilaseca, F., 2007. Full exploitation of cannabis sativa as reinforcement/filler of thermoplastic composite material. *Composite part A- applied science and technology*, 38(2):369-377.

Tensile and impact properties of polyethylene/ olive mill sludge composites

Aibaghi esfahani, H.^{1*}, Kalagar, M.² and Marzban, E.³

1*- Corresponding Author, Faculty Member, Department of Architecture, Islamic Azad University, Zahedan, Iran

Email: Perisk2001@yahoo.com

2-Ph.D., student, Department of Wood and Paper Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

3- M.Sc., Department of Wood and Paper Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: Nov., 2013

Accepted: April, 2014

Abstract

In this study, the mechanical properties of composite produced using high -density polyethylene (as a matrix) and olive mill sludge (as filler) was studied. Composite samples were prepared using different content of olive mill sludge between 15 to 45% (w/w). Effect of maleic anhydride grafted polyethylene as coupling agent on the mechanical properties of the composites was also studied, and the properties of these composites were compared with composites without coupling agent. Material compounding was performed using extruder and then standard samples were fabricated using injection molding technique. Mechanical properties including the tensile properties (tensile strength and modulus of elasticity) and impact strengths were measured. The results showed that the tensile modulus of elasticity of polyethylene/olive mill sludge were significantly higher than pure polyethylene samples and the highest tensile strength was measured on samples prepared using 30% olive mill sludge and incorporating coupling agent. The impact strength of the composite containing 15% olive mill sludge was superior to pure polyethylene but at higher dosages of the sludge, the impact strength was reduced. Adding coupling agent (MAPE) to the mixture of the composite resulted in improving the mechanical properties of composites, which implies the development of matrix / sludge plant olive adhesion.

Key words: Olive mill sludge, tensile properties, impact strength, high density polyethylene.