

بررسی فرآیند ساخت و خواص مکانیکی چند سازه پلی اتیلن بازیافتی-کاه گندم

- فیاض گرجانی، کارشناس ارشد صنایع چوب و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان (مسئول مکاتبات)
- اصغر امیدوار، دانشیار دانشکده جنگلداری و فناوری چوب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: فروردین ماه ۱۳۸۴ تاریخ پذیرش: شهریور ماه ۱۳۸۴
email: garjaniy@yahoo.com

چکیده

در این تحقیق خواص مکانیکی چند سازه پلی اتیلن بازیافتی - کاه گندم ساخته شده با ۱۵، ۳۰ و ۴۰٪ آرد کاه گندم دانه ریز (مش ۲۵ تا ۴۰) و دانه درشت (مش ۱۲ تا ۲۵) به عنوان تقویت کننده با استفاده از ۲٪ مالئیک انیدرید به عنوان سازگارکننده مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که افزایش درصد آرد کاه گندم تا سطح ۳۰٪ مقاومت‌های کششی و خمشی را افزایش داده و تا سطح ۴۰٪ موجب بهبود مدول الاستیسیته کششی چند سازه شده است. اما بر روی مقاومت به ضربه تأثیر چندانی نداشت. همچنین استفاده از ذرات ریز آرد کاه گندم مقاومت به ضربه و مدول الاستیسیته کششی و خمشی را افزایش داد اما اندازه ذرات کاه بر استحکام کششی و خمشی تأثیر معنی دار نداشت. بهترین مقاومت‌های مکانیکی در چند سازه حاصل از ۳۰٪ آرد کاه گندم و ۷۰٪ پلی اتیلن سنگین بازیافتی مشاهده شد.

کلمات کلیدی: چند سازه، پلی اتیلن سنگین، کاه گندم، سازگار کننده، مالئیک انیدرید، خواص مکانیکی

Pajouhesh & Sazandegi No 72 pp: 84-88

Investigation on manufacturing process and mechanical properties wheat straw / recycled polyethylene composite

By: F. Gorjani, Graduated M. Sc Student and A. Omidvar, Associate. Professor of Forestry and Wood Technology College of Gorgan Natural Resources University.

In this study mechanical properties of wheat straw flour / recycled polyethylene composite that had been made by using 15,30, 40% fine wheat straw flour(25-40mesh) and coarse wheat straw flour (12-25 mesh) as reinforcer with 2% Maleic Anhydride as coupling agents were investigated. Results showed that the increase wheat straw rate to 30% tensile and bending strength and to 40% tensile elastic moduls improved. But had no effect on impact strength. Also fine wheat straw flour particles had better effect on impact strength and tensile and bending elastic moduls. wheat straw particle size had no significant effect on tensile and bending strength. Composite made by 30% wheat straw flour particle and 70% high density recycled polyethylene showed the best mechanical strength.

مقدمه

مواد چند سازه به موادی اطلاق می‌شود که از اختلاط دو یا چند ماده با هم بوجود می‌آیند. امروزه مواد چند سازه بسیاری در جهان برای کاربردهای متفاوت ساخته می‌شوند. این مواد معمولاً دارای دو فاز زمینه و تقویت کننده می‌باشند (۲).

در ساخت چند سازه‌ها عموماً از الیاف معدنی مانند شیشه و بور به عنوان تقویت کننده استفاده می‌شود. اما به دلیل سایش دستگاه‌ها و گران بودن این الیاف، استفاده از آنها محدودیت‌هایی را به دنبال دارد. امروزه محققان به ساخت مواد چند سازه ارزان قیمت روی آورده اند. یکی از مهمترین آنها چند سازه‌های ساخته شده از الیاف طبیعی می‌باشد (۱).

در کشور ما همه ساله مقدار قابل توجهی مواد پلاستیکی از جمله ظروف یکبار مصرف تولید می‌شود. عموماً این مواد به عنوان مواد زائد شهری جمع آوری می‌شوند و به دلیل عدم امکان تجزیه سریع آنها توسط میکروارگانیسمها موجب بروز مشکلات زیست محیطی فراوان می‌شوند. بنابراین بازیافت این مواد ضروری بنظر میرسد.

یکی از مطلوب‌ترین راه‌های بازیافت این مواد، ساخت مواد چندسازه از جمله مواد مرکب حاصل از الیاف طبیعی چوب یا محصولات زراعی می‌باشد. در مورد ساخت مواد چند سازه از الیاف طبیعی تحقیقات فراوانی صورت گرفته است. به عنوان مثال Daneault و همکاران (۸) از الیاف چوب به عنوان پر کننده پلی اتیلن با جرم مخصوص متوسط^۱، استفاده نمودند. آنها خمیر مکانیکی، آرد چوب و خمیر شیمیایی را به ماده زمینه^۲ پلی اتیلن اضافه نمودند و دریافتند که استحکام کششی فرآورده مرکب با زیاد شدن مقدار پرکننده افزایش می‌یابد.

Woodhams و همکاران (۱۱) از دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه تورنتو کانادا از الیاف کاغذ روزنامه به منظور تقویت پلی پروپیلن و پلی اتیلن استفاده نمودند و دریافتند افزایش در صد الیاف مقاومت‌های مکانیکی را افزایش می‌دهد. Oksman (۱۰) خواص چند سازه حاصل از گرما نرم‌های مختلف و الیاف سلولزی را مورد بررسی قرار داد. و به منظور بهبود اتصال بین دو فاز از سازگار کننده مالئیک انیدرید استفاده نمود و دریافت مالئیک انیدرید در بهبود اتصال بین دو فاز موثر است.

Wut, Lu (۹) تاثیر عوامل سازگار کننده در بهبود اتصال در چند سازه الیاف- پلاستیک را مورد بررسی قرار دادند. آنها به این نتیجه رسیدند. عوامل سازگار کننده با ایجاد پلی در محل تماس دو فاز الیاف و پلیمر، سازگاری آنرا افزایش داده و موجب بهبود اتصال بین دو فاز می‌شود. در کشور ایران نیز اخیراً تحقیقات در مورد ساخت این مواد

آغاز شده است. به عنوان مثال امیدوار و ثابت رفتار (۱) چند سازه الیاف چوب - پلی استر را ساختند و خواص مکانیکی آن را مورد بررسی قرار دادند. آنها دریافتند که بهترین خواص مکانیکی در بکارگیری ۲۰٪ الیاف به عنوان تقویت کننده حاصل می‌شود.

صفرزاده و ابراهیمی (۳) سه نوع الیاف آلفا سلولز، الیاف خام چوب و کاغذ باطله در چهار سطح ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد را به عنوان تقویت کننده با ماده زمینه پلی اتیلن سنگین مخلوط نموده و خواص مکانیکی آنرا اندازه‌گیری نمودند. ایشان دریافتند در بین چند سازه‌های ساخته شده از سه نوع ماده سلولزی بهترین خواص مکانیکی را چندسازه حاوی آلفا سلولز دارا می‌باشد. نتایج حاصله نشان داد بطور کلی با افزایش در صد الیاف مقاومت به ضربه و ازدیاد طولی کاهش و استحکام کششی و سختی افزایش یافته است. آنها در نهایت مقدار ۳۰ در صد الیاف را در کار برد توصیه نمودند.

شاکری و همکاران (۴) از الیاف بازیافتی کاغذ روزنامه و پلی استایرن چند سازه ساختند. آنها دریافتند بهترین خواص مکانیکی (بجز مقاومت به ضربه) در بکار بردن ۲۰٪ الیاف به عنوان تقویت کننده، حاصل می‌شود. همچنین شاکری وهاشمی (۵) چند سازه پلی اتیلن - کاه گندم را با استفاده از ۵ نوع سازگار کننده (پروکسید، مالئیک انیدرید، مالئیک انیدرید مخلوط شده با پلی پروپیلن، سیلان و پلی متیل (پلی فنیل) ایزو سیانات) ساختند و دریافتند که مناسب‌ترین ماده سازگار کننده برای بهبود اتصال فاز پلیمری و فاز الیاف، مالئیک انیدرید می‌باشد.

کریمی و همکاران (۶) با استفاده از دو نوع الیاف کنف و باگاس با در صد وزنی ۱۰، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ در صد، چند سازه پلی پروپیلن - الیاف را ساختند و خواص مکانیکی آنرا بررسی نمودند. نتایج نشان داد با افزایش در صد الیاف مقاومت به ضربه کاهش، مدول الاستیسیته و سختی افزایش یافت. ایشان بطور کلی به کارگیری ۳۰٪ باگاس را در ساخت این چند سازه برای مقاصد عملی پیشنهاد نمودند.

با توجه به مطالب یادشده، در این تحقیق با اضافه نمودن آرد کاه گندم به عنوان تقویت کننده به ماده زمینه پلی اتیلن سنگین بازیافتی و نیز استفاده از ۲۰٪ مالئیک انیدرید به عنوان سازگار کننده خواص مکانیکی چند سازه حاصل از جمله خواص کششی، خمشی و مقاومت به ضربه آن مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در این تحقیق کاه گندم در سه درصد وزنی متفاوت (۱۵، ۳۰، ۴۰) و همچنین اندازه ذرات متفاوت (درشت و ریز) به ماده زمینه پلی اتیلن سنگین بازیافتی اضافه شد و مطلوب‌ترین در صد و اندازه ذرات در بهبود خواص مکانیکی ارائه گردید.

مواد و روش‌ها

مواد

مواد اولیه مورد استفاده در این تحقیق شامل پلی اتیلن سنگین با چگالی 0.94 gr/cm^3 و شاخص جریان مذاب 510 gr/min ساخت شرکت پتروشیمی اراک با نام تجاری UA-3840، کاه گندم تهیه شده از یکی از روستاهای شهرستان کرج، مالئیک انیدرید با در صد خلوص ۹۸٪ محصول شرکت مرک آلمان برای ایجاد سازگاری بیشتر بین دو فاز الیاف و پلیمر و دی کومیل پر اکساید با در صد خلوص ۹۸٪ و با نام تجاری Dicup-90 ساخت شرکت مرک آلمان به عنوان آغاز گر برای تولید رادیکال آزاد بر روی فاز پلیمر مورد استفاده قرار گرفت.

ساخت چند سازه

آماده سازی مواد اولیه

به منظور کاهش رطوبت، کاه گندم تهیه شده به مدت سه روز در مجاورت هوای آزاد قرار گرفت. سپس بوسیله آسیاب آزمایشگاهی آسیاب شد. به منظور دستیابی به ذرات درشت کاه گندم (دانه درشت) و ذرات ریز آن (دانه ریز) کاه گندم تهیه شده از الک‌های مش ۱۲، ۲۵ و سپس ۴۰ عبور داده شد. کاه گندم باقیمانده بر روی الک مش ۲۵ به عنوان کاه دانه درشت (مش ۱۲ تا ۲۵) و کاه گندم باقیمانده بر روی الک مش ۴۰ به عنوان کاه دانه ریز (مش ۲۵ تا ۴۰) در نظر گرفته شد. سپس کاه گندم به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۳ درجه سانتیگراد در آون قرار گرفت تا کاملاً خشک شود.

جدول ۱- میزان ترکیب مواد اولیه در هر تیمار (بر حسب در صد وزنی)

تیمار	در صد پلی اتیلن	در صد کاه	اندازه ذرات کاه	مالئیک انیدرید٪	دی کومیل پر اکسید٪
۱	۱۰۰	صفر	----	----	----
۲	۸۳/۱۳	۱۴/۶۷	درشت	۲	۰/۲
۳	۸۳/۱۳	۱۴/۶۷	ریز	۲	۰/۲
۴	۶۸/۴۶	۲۹/۳۴	درشت	۲	۰/۲
۵	۶۸/۴۶	۲۹/۳۴	ریز	۲	۰/۲
۶	۵۸/۶۸	۳۹/۱۲	درشت	۲	۰/۲
۷	۵۸/۶۸	۳۹/۱۲	ریز	۲	۰/۲

و شاخص جریان مذاب 510 gr/min توسط دستگاه اکسترودر از نوع دو مارپیچه، دو بار ذوب شده و سپس به صورت دانه‌های گرانول در آمد. دانه‌های گرانول جمع آوری شده به مدت یک هفته در مجاورت هوای آزاد قرار گرفت و سپس در کیسه پلاستیک جمع آوری و نگهداری شد.

اختلاط مواد و ساخت چند سازه پلی اتیلن- کاه گندم

به منظور بررسی تاثیر دو عامل در صد کاه گندم و اندازه ذرات آن بر روی خواص مکانیکی چند سازه چنانکه در جدول ۱ مشاهده می‌شود ۷ تیمار در نظر گرفته شد. به تمامی تیمارها به جز تیمار ۱ (به عنوان تیمار شاهد) ۰/۲ درصد دی کومیل پر اکساید به عنوان شروع کننده و ۲٪ مالئیک انیدرید به عنوان سازگار کننده اضافه شد.

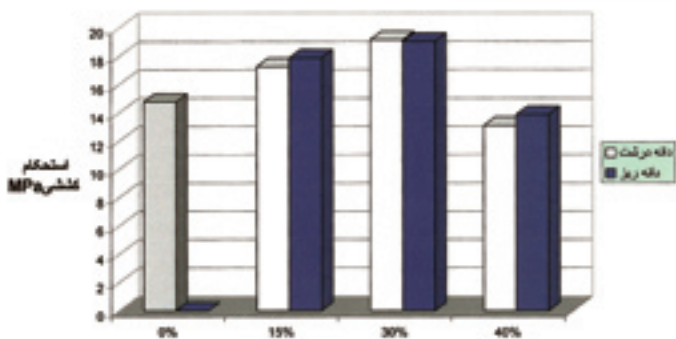
اختلاط مواد در دستگاه مخلوط کن داخلی مدل هکه^۳ در دمای ۱۹۰ درجه سانتیگراد با سرعت ۴۵ دور در دقیقه در متوسط زمان ۱۵ دقیقه انجام شد. سپس ماده خمیری خارج شده از دستگاه مخلوط کن به کمک پرس دستی به شبه سازه تبدیل و پس از سفت و سرد شدن بوسیله دستگاه آسیاب به دانه‌های کوچک تبدیل شد. دانه‌های کوچک جمع آوری و بوسیله دستگاه قالبگیری تزریقی به نمونه‌های آزمایشی مورد نیاز برای انجام آزمون‌های مکانیکی تبدیل شد.

اندازه‌گیری خواص مکانیکی

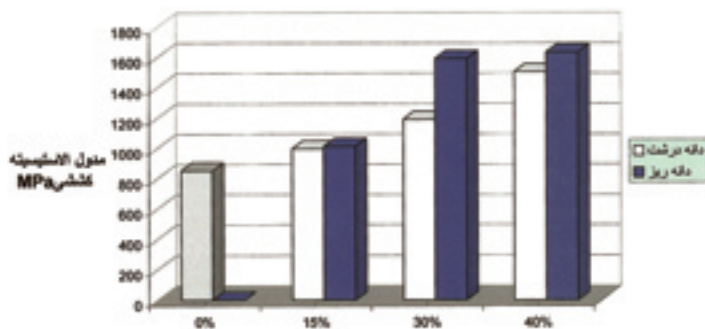
آزمون کششی با استفاده از آیین نامه ASTM D ۶۳۸D استاندارد ASTM توسط

دستگاه اینسترون^۴ مدل ۶۰۲۵ انجام شد. آزمون مقاومت به ضربه فاق دار با استفاده از آیین نامه ۲۵۶D استاندارد ASTM با استفاده از دستگاه آزمون ضربه دیجیتالی از نوع پاندولی انجام شد (۷). آزمون خمش با استفاده از آیین نامه D ۷۹۰ استاندارد ASTM به روش سه نقطه ای توسط دستگاه اینسترون انجام شد (۷). لازم بذکر است قبل از انجام هر آزمون ضخامت و پهنای هر نمونه توسط کولیس اندازه‌گیری و به عنوان اطلاعات اولیه به دستگاه داده شد. در هر تیمار برای تمامی آزمون‌ها ۳ تکرار در نظر گرفته شد و نمودارهای

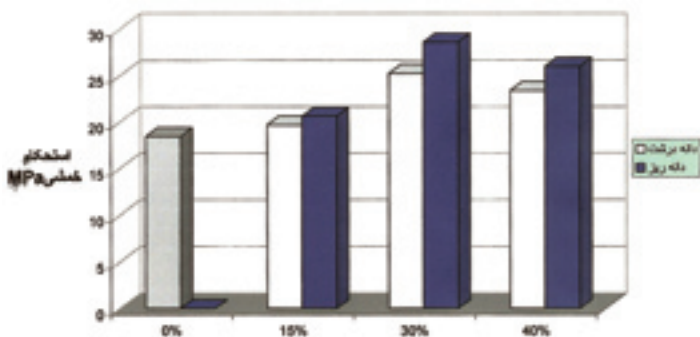
از آنجا که در کشور ما مواد زاید شهری هنوز طبق برنامه مدون از هم تفکیک نمی‌شوند. همچنین فروشندگان ظروف یکبار مصرف هیچگونه اطلاعاتی در مورد مواد اولیه تشکیل دهنده این ظروف نداشتند. و به دلیل امکان وجود ناخالصی در مواد اولیه این ظروف، لذا در این تحقیق به منظور جلوگیری از هرگونه خطا و دقت عمل بیشتر، تصمیم گرفته شد. به جای جمع آوری ظروف یکبار مصرف بر پایه پلی اتیلن سنگین، این ماده (پلی اتیلن بازیافتی) به روش آزمایشگاهی تهیه شود. بنابراین پلی اتیلن سنگین تهیه شده از شرکت بازرگانی پتروشیمی اراک با کد ۳۸۴۰



شکل شماره ۱- اثر درصد کاه گندم و اندازه ذرات آن بر استحکام کششی



شکل ۲- اثر درصد کاه گندم و اندازه ذرات آن بر مدول الاستیسیته کششی



شکل ۳- اثر درصد کاه گندم و اندازه ذرات آن بر استحکام خمشی

ستونی اثر در صد ذرات کاه و اندازه آن در خواص مکانیکی چند سازه توسط نرم افزار Excel رسم شد.

نتایج و بحث آزمون کشش

شکل ۱ اثر در صد کاه و اندازه ذرات آن بر میانگین استحکام کششی چند سازه پلی اتیلن - کاه گندم را نشان می‌دهد. چنانکه در این نمودار مشاهده می‌شود. با افزودن آرد کاه گندم به پلی اتیلن خالص بازیافتی (به عنوان تیمار شاهد) استحکام کششی افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش درصد کاه تا سطح ۳۰٪ استحکام کششی افزایش می‌یابد اما چنانکه مشاهده می‌شود استحکام کششی در سطح ۴۰٪ کاه گندم کاهش می‌یابد.

نمودار ستونی اثر درصد کاه و اندازه ذرات آن بر میانگین مدول الاستیسیته کششی در شکل ۲ مشاهده می‌شود. با توجه به این نمودار می‌توان نتیجه گرفت. با افزایش درصد وزنی کاه گندم مدول الاستیسیته کششی فرآورده افزایش می‌یابد و چنانکه مشاهده می‌شود اختلاف مدول الاستیسیته کششی بین چند سازه حاوی ذرات دانه ریز و دانه درشت در سطح درصد وزنی ۳۰٪ کاملاً مشخص است.

آزمون خمش

شکل ۳ اثر درصد کاه گندم و اندازه ذرات آن بر میانگین استحکام خمشی چند سازه پلی اتیلن - کاه گندم را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش درصد وزنی آرد کاه گندم تا سطح ۳۰٪ استحکام خمشی افزایش می‌یابد.

در شکل ۴ نمودار ستونی اثر درصد و اندازه ذرات کاه گندم بر تغییرات میانگین مدول الاستیسیته خمشی قابل مشاهده است. این نمودار نشان می‌دهد با افزایش درصد وزنی آرد کاه گندم تا سطح ۳۰٪، مدول الاستیسیته خمشی چند سازه افزایش و سپس در درصد وزنی ۴۰٪ مقدار کمی کاهش می‌یابد. همچنین مدول الاستیسیته خمشی در چند سازه دارای کاه گندم دانه ریز تا حدودی بیشتر است.

آزمون ضربه

شکل ۵ اثر درصد کاه گندم و اندازه ذرات آن بر مقادیر میانگین استحکام ضربه ای چندسازه پلی اتیلن-کاه گندم را نشان می‌دهد. نکته جالب توجه که در این نمودار مشاهده می‌شود آنست که مقاومت به ضربه تیمار شاهد (صفر درصد کاه گندم) و تیمارهای حاوی ۱۵٪ و ۳۰٪ کاه گندم دانه ریز تقریباً با هم برابرند. اما در تیمارهای دارای ۴۰٪ کاه گندم مقاومت به ضربه چند سازه کاهش می‌یابد. همچنین چنانکه در این شکل مشاهده می‌شود هر چه درصد وزنی کاه افزایش می‌یابد اختلاف میانگین بین چند سازه‌های ساخته شده از آرد کاه گندم دانه درشت (مش ۱۲ تا ۲۵) و دانه ریز (مش ۲۵ تا ۴۰) افزایش می‌یابد.

توسط دستگاه قالب‌گیری تزریقی بدلیل عبور بهتر ذرات ریز از منفذ تزریق، می‌توان بیان نمود.

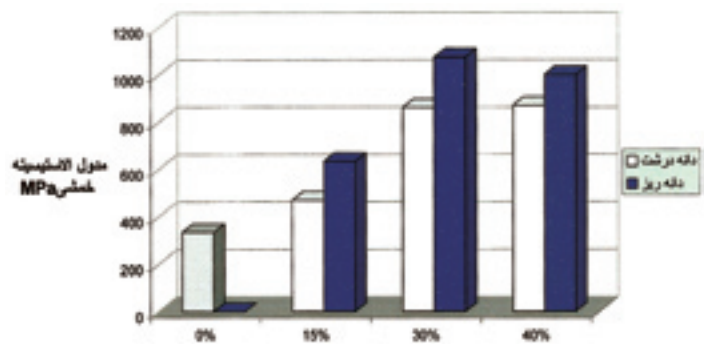
پاورقی‌ها

- 1- Medium Density Poly Ethylene
- 2- Matrix
- 3- HAKKE
- 4- Instron

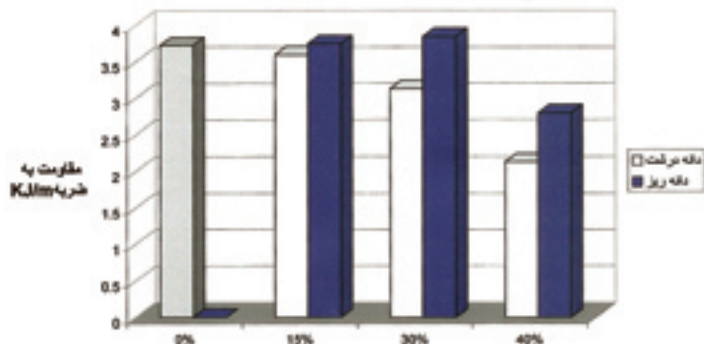
منابع مورد استفاده

- ۱ - امیدوار، ا. و ح. ثابت رفتار. ۱۳۷۹؛ بررسی ساخت فرآورده مرکب الیاف چوب-پلی استر با استفاده از الیاف بازیافتی کاغذ روز نامه، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۳، شماره ۳: ص ۱۹۹-۱۸۷
- ۲ - درودبانی، س.، ۱۳۷۳. کاربرد مواد چند سازه (ترجمه). مرکز نشر دانشگاهی.
- ۳ - صفارزاده، س. و ق. ابراهیمی. ۱۳۷۹؛ مطالعه اختلاط الیاف سلولز طبیعی با پلی اتیلن سنگین و بررسی خواص مکانیکی فرآورده مرکب حاصل، مجله منابع طبیعی ایران. جلد ۵۳، شماره ۳: ۲۲۶-۲۱۷
- ۴ - شاکری، ع.، ل. سیلانی و ا. امیدوار. ۱۳۸۱؛ بررسی ساخت فرآورده مرکب الیاف سلولزی-پلیمر با استفاده از پلی استایرن بازیافتی و کاغذ روزنامه- مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۵، شماره ۳: ۴۱۵-۴۰۷
- ۵ - شاکری، ع. و ع. هاشمی. ۱۳۸۲؛ تهیه و بررسی خواص مکانیکی کامپوزیت پلی اتیلن سنگین-کاه گندم، اولین همایش فناوری و کاربرد مواد سلولزی، رضوانشهر.
- ۶ - کریمی، ع.، روحانی، م.، د. پارسا پزوه و ق. ابراهیمی. ۱۳۸۳؛ بررسی امکان استفاده از الیاف لیگنوسلولزی (باگاس و کنف) در ساخت چند سازه‌های الیاف - پلی پروپیلن. مجله منابع طبیعی ایران. جلد ۵۷، شماره ۳: ۴۹۱-۵۰۳.

- 7- Annual Book of ASTM Standard ., 1995; Plastics(1): D256-D2343. Volum 08.01.
- 8- Daneault,C.,Raj,R.G.Kokta,G.,1990; Use of wood fiber as a filler in polyethylene , studies on mechanical properties . Plastic and Rubber processing and application . 11(4): 43-48
- 9- Lu.J.Z., Wut,Q., 2000; Chemical coupling in wood fiber and polymer composite: A review of coupling agents and treatments .Wood and fiber science,32(1):88-104.
- 10-Oksman,K., 1994; Nature and location of SEBS-MA compatibilizer in wood flour/polyethylene composites , Doctoral thesis , Lulea University of Technology. Skeftea, Sweden.
- 11- Wood hams,R.T., L.Shianglaw &Balatinecz.J .,1991; Intensive mixing of wood fiber with thermoplastics for injectionmolded composite in wood / plastic composite. conference proceeding. Madison,Wis., USA., PP:75-78.



شکل ۴- اثر درصد کاه گندم و اندازه ذرات آن بر مدول الاستیسیته خمشی



شکل ۵- اثر درصد کاه گندم و اندازه ذرات آن بر مقاومت به ضربه

بحث

بطور کلی با افزودن آرد کاه گندم به عنوان فیلر تقویت کننده به ماده زمینه پلی اتیلن سنگین بازیافتی، خواص مکانیکی کششی و خمشی به مقدار قابل توجهی افزایش یافت. دلیل آنرا می‌توان نقش آرد کاه گندم به عنوان ماده تقویت کننده در تحمل تنش‌های وارد شده به چند سازه و مدول الاستیسیته بالاتر مواد لیگنو سلولزی از جمله کاه گندم نسبت به پلیمرهای گرمانرم دانست. بهترین خواص مکانیکی (بجز مدول الاستیسیته کششی) در بکارگیری ۳۰٪ کاه گندم به عنوان تقویت کننده مشاهده شد. این نتیجه، نتایج بدست آمده توسط صفارزاده و ابراهیمی (۳) و کریمی و همکاران (۶) را تایید می‌نماید. با این تفاوت که ایشان از تقویت کننده‌های الیاف سلولزی مانند باگاس، کنف، الیاف آلفا سلولز و کاغذ بازیافتی استفاده نموده بودند. از دیگر تفاوت‌های این تحقیق با تحقیقات ذکر شده بررسی تاثیر اندازه ذرات تقویت کننده بر خواص مکانیکی چند سازه می‌باشد. نتایج کلی این تحقیق نشان داد ذرات ریز کاه گندم (مش ۲۵ تا ۴۰) تاثیر مطلوبتری بر خواص مکانیکی چند سازه (بجز استحکام کششی) دارد. تاثیر اندازه ذرات بر مقاومت به ضربه و مدول الاستیسیته کششی و خمشی کاملا مشهود می‌باشد. از دلایل افزایش خواص مکانیکی در بکارگیری آرد کاه گندم دانه ریز به عنوان تقویت کننده اختلاط یکنواخت ذرات ریز با پلیمر، سطح تماس بیشتر این ذرات و تزریق بهتر این مواد