Archive of SID

مجله علوم و تکنولوژی پلیمر، سال نوزدهم،
شماره ۴، صفحه ۳۰۸-۳۰۱، ۱۳۸۵
ISSN : 1016-3255

بررسی اثر نوع، مقدار و اندازه ذرات کاه بر خواص مکانیکی کامپوزیتهای پلی اتیلن سنگین - کاه غلات

Investigation on the Effect of Type, Quantity and Size of Straw Particles on the Mechanical Properties of Crops Straw-High Density Polyethylene Composites

علیرضا شاکری*، اصغر امیدوار
گرگان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشکده علوم، صندوق پستی ۳۸۶

دریافت: ۸۴/۷/۲۷، پذیرش: ۸۴/۱۲/۹

چکیده

در این پژوهش، اثر اندازه ذرات کاه گندم و ساقه برنج با مقادیر ۱۵، ۳۰ و ۴۰ درصد وزنی بر خواص مکانیکی کامپوزیت پلی اتیلن سنگین - کاه ساقه برنج و گندم بررسی شد. از مالئیک انیدرید به مقدار ۲ درصد وزنی به عنوان جفت کننده و دی کومیل پروکسید به عنوان شروع کننده واکنش استفاده شد. نتایج نشان می دهد که افزایش کاه (گندم و ساقه برنج) تا مقدار ۳۰ درصد وزنی موجب بهبود استحکام کششی و خمشی کامپوزیت شده، ولی در ۴۰ درصد وزنی سبب کاهش این خواص می‌شود. استحکام ضربه‌ای نمونه‌های شکافدار کامپوزیت با افزایش کاه کاهش می‌یابد. همچنین، آمیزه‌های دارای ذرات ریزتر استحکام ضربه‌ای و مدول خمشی بهتری را نسبت به فراورده‌های دارای ذرات درشت نشان می دهند. کامپوزیتهای تهیه شده از کاه گندم در مقادیر یکسان نسبت به کاه ساقه برنج خواص مکانیکی بهتری نشان می‌دهند. مقایسه نمونه‌های دارای ۳۰ درصد وزنی کاه با دانه‌های ریز و درشت و دارای ۲ درصد وزنی جفت کننده مالئیک انیدرید و بدون آن به وسیله آزمون آماری t-student انجام شد. نتایج میکروسکوپی الکترون پویشی نشان می‌دهد که افزودن مالئیک انیدرید سبب بهبود خواص مکانیکی و چسبندگی بین پلیمر و ذرات کاه می شود.

واژه‌های کلیدی

پلی اتیلن سنگین، کامپوزیت، کاه گندم، مالئیک انیدرید، خواص مکانیکی

Key Words

HDPE, composite, wheat straw, maleic anhydride, mechanical properties

مقدمه

اغلب می توان خواص پلیمرها را با استفاده از پرکننده های لیفی به منظور افزایش استحکام و سختی اصلاح کرد. در سالهای اخیر، استفاده از الیاف طبیعی به عنوان تقویت کننده یا پرکننده در ساخت کامپوزیت مورد توجه پژوهشگران و صاحبان صنایع به ویژه خودروسازان قرار گرفته است [۱]. الیاف طبیعی ارزان قیمت بوده، چگالی کم و خواص ویژه‌ای دارند. این الیاف برخلاف سایر الیاف تقویت‌کننده زیست سازگار و غیرساینده‌اند. ضعف مشخص آنها ناسازگاری با فاز پلیمری، تمایل به تجمع حین فرایند و حساسیت به رطوبت است، به

* مسئول مکاتبات، پیام نگار: shakeri@gau.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

همین دلیل از آنها در پلیمرهای تقویت شده کمتر استفاده می شود [۲].

کامپوزیت پلیمر ـ کاه گندم و ساقه برنج همانند سایر کامپوزیتها شامل دو فاز زمینه و تقویت کننده (الیاف) است. فاز زمینه، نقش انتقال تنش به فازتقویت کننده (الیاف) را دارد و از جنس پلیمر گرمانرم یا گرماسخت است. کامپوزیتهای گرماسخت فرمولبندی پیچیده‌ای دارند، زیرا شامل ترکیباتی مثل رزین پایه، مواد پخت‌کننده، کاتالیزور، مواد رهاکننده و سخت‌کننده هستند. این مواد کامپوزیتی به شکل فرایند شیمیایی پخت شده، ساختار شبکه‌ای سه بعدی دارند و در برابر حلال و خزش مقاومند. پلیمرهای گرمانرم نسبت به نوع گرماسخت برتریهایی داشته، قابل بازیابی هستند. یکی از مزایای کامپوزیتهای تهیه شده از پلیمرهای گرمانرم کم بودن هزینه فراورش، انعطاف‌پذیری طراحی و قابلیت پرکردن قالبهای پیچیده است. مقدار الیاف در کامپوزیتهای تهیه شده به وسیله فرایند شکل‌دهی محدود می‌شود. معمولاً الیاف سلولوزی کوتاه در ساخت کامپوزیتهای گرما نرم بکار می‌روند. جهت‌یابی الیاف در کامپوزیتهای تولید شده از این پلیمرها تصادفی بوده، اصلاح خواص کمتر از پلیمرهای گرماسخت مورد نیاز است [۳]. بین پلیمر گرمانرم غیرقطبی و الیاف سلولوزی سازگاری ناچیزی وجود دارد. بنابراین، با استفاده از عامل شیمیایی جفت‌کننده و برقراری پیوند، این دو ماده با هم سطوح مشترک بیشتری می‌یابند. عامل جفت‌کننده باعث پیوند بین الیاف و پلیمر می‌شود که به وسیله عوامل بسیاری مثل نوع الیاف، ماده پلیمری، روش تولید، نسبت وزنی الیاف به پلیمر و مقدار ماده جفت‌کننده تحت تأثیر قرار می‌گیرد. معمولاً عوامل جفت‌کننده روی سطح الیاف سلولوزی یا مواد گرمانرم پیوند زده می‌شوند [۳]. ترکیب شیمیایی کاه ساقه برنج و گندم در مقایسه با چوب صنوبر و کاج در جدول ۱ ارائه شده است [۴].

از نظر ترکیب شیمیایی شباهت زیادی بین چوب و کاه غلات وجود دارد. از این رو از کاه غلات به ویژه کاه گندم و ساقه برنج، می‌توان به عنوان جایگزین الیاف چوب در ساخت کامپوزیت استفاده کرد.

در پژوهشی ارتباط استحکام کششی وخمشی با مقدار الیاف سلولوزی در کامپوزیت پلی‌اتیلن سنگین ـ الیاف سلولوزی بررسی شد. نتایج نشان می‌دهد که استحکام خمشی کامپوزیت در مقدار ۲۵ درصد وزنی الیاف حداکثر است. همچنین، استفاده از الیاف سلولوزی سبب افزایش استحکام کششی در مقایسه با پلیمر بدون الیاف می‌شود [۵].

بررسی اثر مالئیک انیدرید روی خواص مکانیکی کامپوزیت پلی اتیلن سبک و الیاف سلولوزی (خاک اره و خمیر کاغذ) نشان می‌دهد که مالئیک انیدرید به عنوان سازگار کننده موجب بهبود خواص مکانیکی کامپوزیت می‌شود [۶]. در پژوهشی دیگر اثر پنج نوع جفت‌کننده متفاوت روی خواص مکانیکی کامپوزیت پلی‌اتیلن سنگین ـ کاه گندم بررسی و مشخص شد که بهترین خواص مکانیکی با استفاده از جفت‌کننده مالئیک انیدرید بدست می‌آید [۷].

در برخی از مقالات اثر مقدار و اندازه ذرات روی خواص فیزیکی و مکانیکی کامپوزیتهای گرمانرم تقویت شده با الیاف سلولوزی گزارش شده است [۸،۹]. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش مقدار پرکننده، ازدیاد طول تا پارگی و استحکام ضربه‌ای کامپوزیت مستقل از اندازه ذرات پرکننده کاهش می‌یابد. در بررسی کامپوزیتهای پلی‌پروپیلن ـ خاک اره مشاهده شد که با کاهش اندازه ذرات خاک اره، مقدار جذب آب کامپوزیت افزایش می‌یابد [۱۰].

در این پژوهش، اثر اندازه ذرات کاه گندم و ساقه برنج با مقادیر ۱۵، ۳۰ و ۴۰درصد وزنی بر خواص مکانیکی کامپوزیتهای با فاز زمینه پلی‌اتیلن سنگین و اثر جفت‌کننده مالئیک انیدرید مطالعه شد و بهترین درصد اختلاط و ابعاد ذرات کاه بدست آمد.

تجربی

مواد

در این پژوهش، از پلی‌اتیلن سنگین (HDPE) محصول پتروشیمی اراک با شاخص جریان مذاب ۴g/۱۰min به عنوان ماده زمینه، ساقه‌های برنج از سه منطقه کشاورزی ساری، محمود آباد و آستانه اشرفیه به شکل مخلوط و ساقه کاه گندم، نژاد آزادی شهرستان شهریار به عنوان تقویت‌کننده و پرکننده استفاده شد. همچنین، دی‌کومیل پروکسید

جدول ۱ مقایسه ترکیب شیمیایی کاه ساقه برنج و گندم با چوب صنوبر و کاج [۴].

ماده خام گیاهی	موم (٪)	همی سلولوز (٪)	سلولوز (٪)	لیگنین (٪)	خاکستر (٪)	سیلیکا (٪)
کاه برنج	۳-۴	۲۳-۲۸	۴۳-۴۹	۱۲-۱۶	۱۵-۲۰	۹-۱۴
کاه گندم	۳-۴	۲۶-۳۲	۴۹-۵۴	۱۶-۲۱	۴/۵-۹	۳-۷
چوب صنوبر	۱-۳	۲۳-۲۵	۴۸-۵۵	۲۵-۲۷	۰/۱-۰/۲	<۱
چوب کاج	۱-۵	۲۵-۳۰	۴۲-۵۰	۲۸-۳۵	۰/۱-۰/۲	<۱

www.SID.ir

Archive of SID

(DCP) با خلوص ۹۸ درصد به عنوان آغازگر واکنش و مالئیک انیدرید (MA) با خلوص ۹۸ درصد به عنوان جفت کننده، همگی محصول شرکت Merck بکار گرفته شد.

دستگاهها

در این پژوهش، برای اختلاط مواد از دستگاه مخلوط کن Haake مدل SIS۹۰، برای تهیه نمونه ها از دستگاه قالبگیری تزریقی ساخت شرکت ایمن ماشین، برای اندازه گیری مقدار کشش از دستگاه کشش Instron مدل ۶۰۲۵ و برای اندازه گیری استحکام ضربه‌ای از دستگاه پاندولی ساخت شرکت Zwick استفاده شد.

روشها

ساقه های برنج سه منطقه (ساری، محمودآباد و آستانه اشرفیه) با یگدیگر مخلوط و در ابعاد تقریبی cm ۵ قطع شدند. به مدت یک هفته در گرمخانه در دمای $90^{o}C$ کاملاً خشک شدند. سپس، با آسیاب چکشی آزمایشگاهی آسیاب و ابتدا از الک الکتریکی با مش ۱۲ سپس، مش ۲۵ عبور داده شدند. ذرات کاه برنج قرار گرفته روی الک با مش ۲۵ به عنوان ذرات دانه درشت در نظر گرفته شد. سپس، ذرات کاه برنج عبور یافته از الک با مش ۲۵ از الک با مش ۴۰ عبور داده شد. ذرات کاه باقیمانده روی الک با مش ۴۰ به عنوان آرد کاه برنج دانه ریز در نظر گرفته شد. ذرات کاه گندم هم به روش یاد شده تهیه شد.

عملیات پیوند زدن پلیمر با مالئیک انیدرید و اختلاط مواد در دستگاه مخلوط کن داخلی در دمای $190^{o}C$ با سرعت rpm ۴۵ به مدت min ۱۲ انجام شد. نخست پلیمر به دستگاه اضافه و بعد از اطمینان از ذوب شدن پلیمر به ترتیب DCP به مقدار ۰/۲ درصد وزنی و MA به میزان ۲ درصد وزنی اضافه شد. بعد از ثابت شدن گشتاور دستگاه و پیوندزنی MA روی پلی اتیلن، کاه خرد شده در دو اندازه، به مخلوط بر اساس جدول ۲ اضافه شد. وزن هر مخلوط g ۲۰۰ بود که در آن ذرات کاه با مقادیر مختلف ۱۵، ۳۰ و ۴۰ درصد وزنی نسبت به پلیمر در نظر گرفته شد. پس از اختلاط مواد، آمیزه تولید شده، پس از سرد شدن دوباره آسیاب شد. سپس، به دستگاه قالبگیری تزریقی منتقل و نمونه های آزمون با فشار MPa ۱۱۰ و در دمای $190^{o}C$ تهیه شدند.

در این پژوهش، مقدار کشش، خمش و استحکام ضربه‌ای نمونه های شکافدار به ترتیب بر اساس استاندارد ASTM D۶۳۸، D۷۹۰۱ و D ۲۵۶ انجام شد. نتایج این پژوهش، در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۳ نمونه و سه تکرار بدست آمد. برای داده های حاصل از آزمون نمونه های دارای الیاف با دانه های ریز و درشت و ماده جفت کننده از طرح آماری فاکتوریل استفاده و هر نمونه ۵ مرتبه آزمایش شد. سپس، برای مقایسه میانگین نمونه های مختلف با یکدیگر و همچنین با نمونه شاهد از آزمون چند دامنه ای دانکن استفاده شد. استحکام کششی نمونه های با ۳۰ درصد الیاف دانه ریز کاه گندم و ساقه برنج دارای مالئیک انیدرید و بدون آن به روش آزمون آماری t-student بدست آمد.

نتایج و بحث

اثر نوع کاه (الیاف سلولوزی)

اثر کاه گندم و ساقه برنج بر ویژگیهای کامپوزیت پلی اتیلن - کاه تجزیه و تحلیل آماری شد. اثر نوع کاه بر استحکام ضربه‌ای نمونه های شکافدار، استحکام و مدول کششی، استحکام و مدول خمشی در مقدار ۱ درصد معنی دار شده است. نتایج تجزیه و تحلیل آماری و مقایسه میانگینها به روش دانکن نشان داده است که افزودن کاه گندم مقدار استحکام ضربه‌ای نمونه های شکافدار را نسبت به کاه ساقه برنج در مقدار و اندازه ذرات یکسان افزایش می دهد (شکل ۱). استحکام و مدول کششی و خمشی نیز با تغییر نوع ماده سلولوزی از کاه ساقه برنج به کاه گندم در مقدار و اندازه ذرات یکسان کاه افزایش یافته است (شکلهای ۵-۲). در تمام

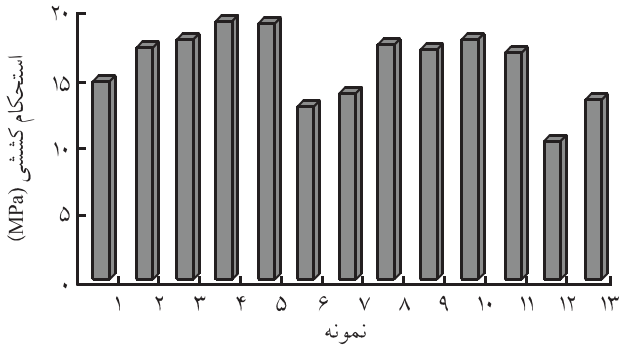
جدول ۲ درصد وزنی اجزا در نمونه های کامپوزیتی*.

نمونه	پلی اتیلن (٪)	مقدار کاه (٪)	اندازه ذرات کاه (μ)
۱	۱۰۰	۰	-
۲	۸۳/۱۳	۱۴/۶۷ گندم	درشت
۳	۸۳/۱۳	۱۴/۶۷ گندم	ریز
۴	۶۸/۴۶	۲۹/۳۴ گندم	درشت
۵	۶۸/۴۶	۲۹/۳۴ گندم	ریز
۶	۵۸/۶۸	۳۹/۱۲ گندم	درشت
۷	۵۸/۶۸	۳۹/۱۲ گندم	ریز
۸	۸۳/۱۳	۱۴/۶۷ برنج	درشت
۹	۸۳/۱۳	۱۴/۶۷ برنج	ریز
۱۰	۶۸/۴۶	۲۹/۳۴ برنج	درشت
۱۱	۶۸/۴۶	۲۹/۳۴ برنج	ریز
۱۲	۵۸/۶۸	۳۹/۱۲ برنج	درشت
۱۳	۵۸/۶۸	۳۹/۱۲ برنج	ریز

* به تمام نمونه‌ها ۲ درصد مالئیک انیدرید و ۰/۲ درصد وزنی دی‌کومیل‌پروکسید اضافه شد.

www.SID.ir

Archive of SID

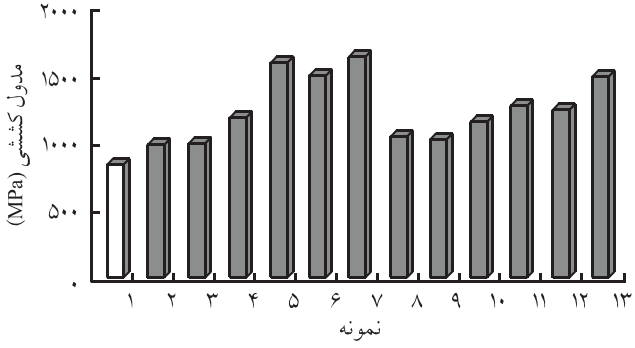


شکل ۱ نمودار تغییرات استحکام کششی کامپوزیت پلی‌اتیلن - کاه.

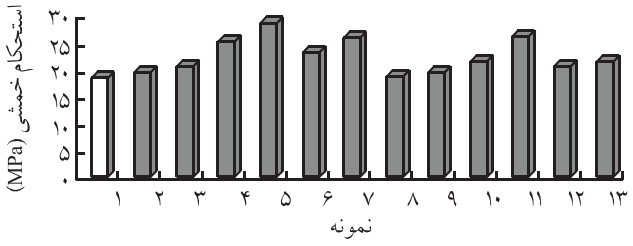
نمونه‌های بررسی شده، کامپوزیتهای دارای کاه گندم خواص مکانیکی بهتری نشان می‌دهند. نوع ماده سلولوزی در تولید کامپوزیتها با ماده زمینه گرمانرم بسیار مؤثر است. طول الیاف سلولوزی، اجزای تشکیل دهنده و مقدار کشیدگی آنها از ویژگیهای مهم در افزایش مقاومت مکانیکی کامپوزیت است. همان‌طور که در جدول ۱ ملاحظه می‌شود کاه گندم مقدار بیشتری سلولوز دارد، مقدار سیلیس و خاکستر آن نسبت به کاه ساقه برنج کمتر است. در نتیجه، کامپوزیت تهیه شده از کاه گندم خواص مکانیکی بهتری دارد. نتایج نشان می‌دهد که در صورت استفاده از کاه گندم و ساقه برنج استحکام و مدول کششی و خمشی نسبت به پلی‌اتیلن سنگین خالص افزایش می‌یابد. مواد سلولوزی به دلیل کشسانی زیادتر و توان انتقال تنش نسبت به پلیمر با مدول کم سبب بهبود این ویژگیها می‌شوند.

اثر مقدار کاه

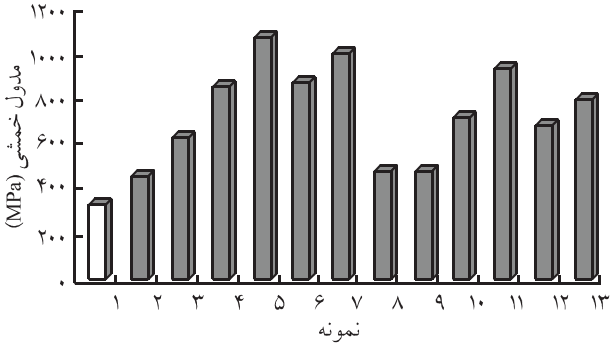
مقدار کاه با مقادیر ۱۵، ۳۰ و ۴۰ درصد وزنی مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که مقدار کاه بر استحکام ضربه‌ای نمونه‌های شکافدار، استحکام و مدول کششی و خمشی در



شکل ۲ نمودار تغییرات مدول کششی کامپوزیت پلی‌اتیلن - کاه.

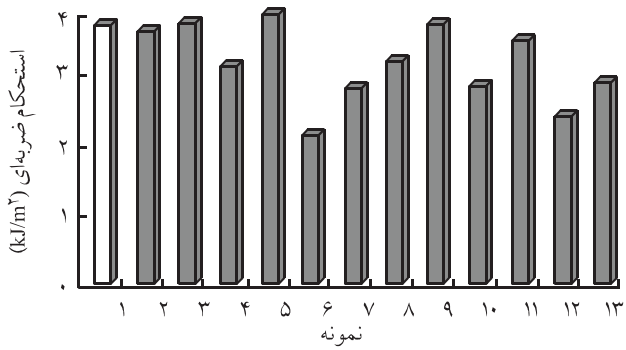


شکل ۳ نمودار تغییرات استحکام خمشی کامپوزیت پلی‌اتیلن - کاه.



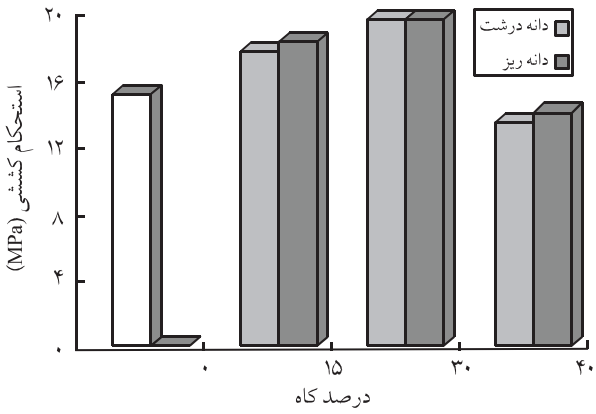
شکل ۴ نمودار تغییرات مدول خمشی کامپوزیت پلی‌اتیلن - کاه.

مقدار ۱ درصد معنی‌دار شده است. نتایج تجزیه واریانس کامپوزیت کاه دانه ریز گندم و ساقه برنج به ترتیب در جداول ۳ و ۴ آمده است. نتایج و مقایسه میانگینها نشان می‌دهدکه با افزایش ماده سلولوزی از ۱۵ به ۴۰ درصد وزنی استحکام ضربه‌ای نمونه‌های شکافدار کاهش یافته است. همچنین، استحکام کششی و خمشی از ۱۵ تا ۳۰ درصد افزایش و در ۴۰ درصد کاهش می‌یابد (شکلهای ۶ و ۷). ولی، مدول کششی با افزایش ماده سلولوزی از ۱۵ به ۴۰ درصد افزایش می‌یابد. مدول کشسانی

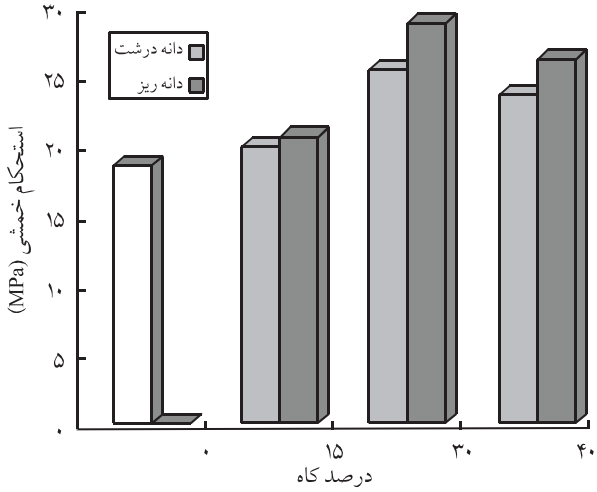


شکل ۵ نمودار تغییرات استحکام ضربه‌ای نمونه‌های شکافدار کامپوزیت پلی‌اتیلن - کاه.

www.SID.ir



شکل۶ نمودار تغییرات استحکام کششی کامپوزیت پلی‌اتیلن - کاه گندم.

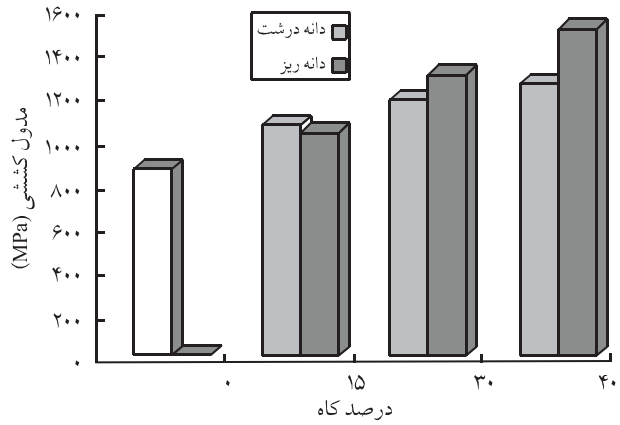


شکل۷ نمودارتغییرات استحکام خمشی کامپوزیت پلی‌اتیلن - کاه گندم.

جدول ۳ داده‌های تجزیه واریانس برای اثر مقدار کاه گندم با دانه‌های ریز روی خواص مکانیکی کامپوزیت.

عامل	منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
استحکام کششی (MPa)	مقدار کاه	۲(۶)*	۲۲/۱۴(۱/۲۵)*	۱۷/۷۱
مدول کششی (MPa)	مقدار کاه	۲(۶)	۳۵۹۲۳۶(۳۷۶۲۴)	۹/۵۵
استحکام خمشی (MPa)	مقدار کاه	۲(۶)	۴۹/۳۶(۴/۸۳)	۱۰/۲۳
مدول خمشی (MPa)	مقدار کاه	۲(۶)	۱۶۶۵۹۰(۱۲۹۵۵)	۱۲/۸۶
استحکام ضربه‌ای (kJ/m^2)	مقدار کاه	۲(۶)	۱/۶۸۴(۰/۱۴۸)	۱۱/۴۰

* اعداد داخل پرانتز مقادیر خطای داده‌هاست.



شکل ۸ نمودار تغییرات مدول کششی کامپوزیت پلی‌اتیلن - کاه گندم.

کامپوزیت متأثر از مدول کشسانی اجزای تشکیل دهنده آن است. با توجه به اینکه مواد سلولوزی مدول کشسانی نسبتاً زیادی دارند می‌توانند مدول کشسانی کامپوزیت را بهبود بخشند. بنابراین، با افزایش ماده سلولوزی کاه از ۱۵ به ۴۰ درصد، مدول کششی و خمشی کامپوزیت نسبت به پلی اتیلن خالص افزایش می‌یابد (شکلهای ۸ و۹). در ضمن، افزایش کاه از ۱۵ به ۴۰ درصد باعث کاهش مقدار ازدیاد طول تا پارگی کامپوزیت شده است. زیرا در اثر افزایش ماده سلولوزی، کاهش زیادی در مقادیر ازدیاد طول تا پارگی ایجاد شده که می‌تواند ناشی از تبدیل ماده پلاستیکی با ازدیاد طول تا پارگی کم به ماده کشسان با ازدیاد طول تا پارگی زیاد باشد. استفاده از جفت کننده مالئیک انیدرید سبب پیوند کاه و فاز زمینه شده، خواص مکانیکی را افزایش می‌دهد.

اثر اندازه ذرات

اثر اندازه ذرات کاه در دو مقدار μ ۲۵-۱۲ و μ ۴۰-۲۵ روی برخی از

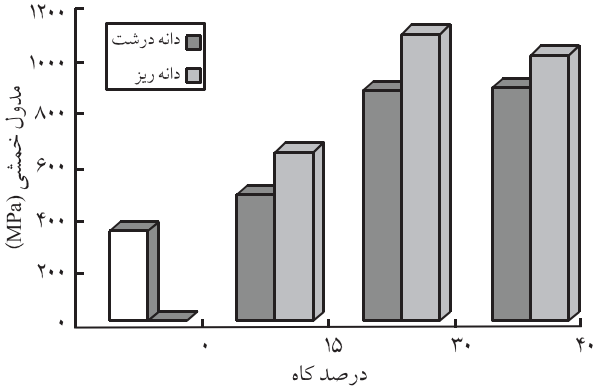
جدول ۴ داده‌های تجزیه واریانس برای اثر مقدار کاه برنج با دانه‌های ریز روی خواص مکانیکی کامپوزیت.

عامل	منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
استحکام کششی (MPa)	مقدار کاه	۲(۶)*	۱۱/۰۱(۴/۱۲)*	۲/۶۷
مدول کششی (MPa)	مقدار کاه	۲(۶)	۱۶۴۸۴۷(۲۶۸۴۵)	۶/۱۴
استحکام خمشی (MPa)	مقدار کاه	۲(۶)	۳۳/۸۸(۵/۴۸)	۶/۱۸
مدول خمشی (MPa)	مقدار کاه	۲(۶)	۱۸۲۳۷۳(۴۸۴۴)	۳۷/۶۵
استحکام ضربه‌ای (kJ/m^2)	مقدار کاه	۲(۶)	۰/۵۷۳(۰/۲۰۹)	۲/۷۴

* اعداد داخل پرانتز مقادیر خطای داده‌هاست.

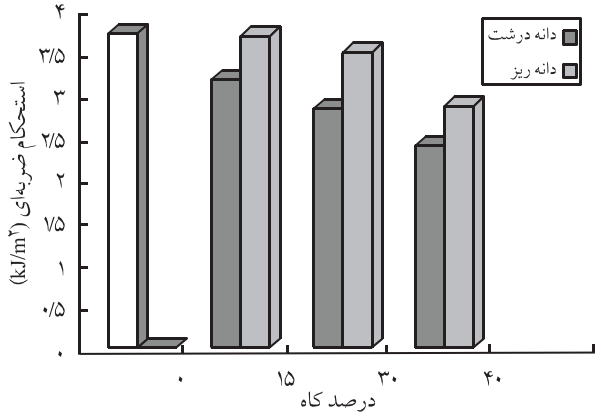
www.SID.ir

Archive of SID



شکل۹ نمودار تغییرات مدول خمشی کامپوزیت پلی اتیلن ـ کاه گندم.

خواص مکانیکی کامپوزیت مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. در تمام خواص اندازه گیری شده کامپوزیتهای دارای ذرات ریزتر خواص بهتری را نشان می دهند (شکلهای ۱۰-۶). اثر اندازه ذرات بر مدول کششی، استحکام کششی و خمشی در مقادیر ۱ و۵ درصد معنی دار نیست، ولی استحکام ضربه‌ای نمونه های شکافدار و مدول خمشی معنی دار شده است. به عبارت دیگر، کامپوزیتهای حاصل از ذرات ریز کاه گندم و ساقه برنج خواص استحکام ضربه‌ای و مدول خمشی بهتری را در مقدار و نوع کاه یکسان نسبت به کامپوزیتهای دارای ذرات درشت نشان می دهند (شکلهای ۹ و۱۰). بنظر می رسد که ذرات ریزتر به علت



شکل۱۰ نمودار تغییرات استحکام ضربه‌ای نمونه های شکافدار کامپوزیت پلی اتیلن ـ کاه ساقه برنج.

داشتن سطح تماس بیشتر با فاز زمینه سبب خواص مکانیکی بهتری می شوند. جداول تجزیه واریانس نشان می دهد که بین استحکام ضربه‌ای و مدول خمشی کامپوزیتهای دارای درصدهای مختلف وزنی کاه گندم و ساقه برنج و اندازه ذرات آنها با ضریب اطمینان ۹۹ درصد اختلاف معنی داری وجود دارد. اما، برای اثر متقابل این دو عامل در مقادیر ۱ و ۵ درصد تفاوت معنی داری مشاهده نمی شود. به عبارت دیگر، اثر متقابلی بین درصد وزنی کاه و اندازه ذرات بر مدول خمشی و استحکام ضربه‌ای کامپوزیت وجود ندارد، فقط هر یک به تنهایی روی

جدول ۵ مقایسه میانگین استحکام کششی نمونه های دارای کاه گندم با دانه های ریز برای بررسی اثر مالئیک انیدرید.

نمونه کامپوزیت	میانگین (MPa)	انحراف معیار	ضریب تغییرات	مقدار آماری آزمون t
۳۰ درصد کاه گندم با دانه های ریز، با مالئیک انیدرید	۱۹/۱۶	۰/۸۱۷	۴/۳	۳/۷۴۰*
۳۰ درصد کاه گندم با دانه های ریز، بدون مالئیک انیدرید	۱۶/۲۳	۰/۷۴۵	۴/۶	ـــــ

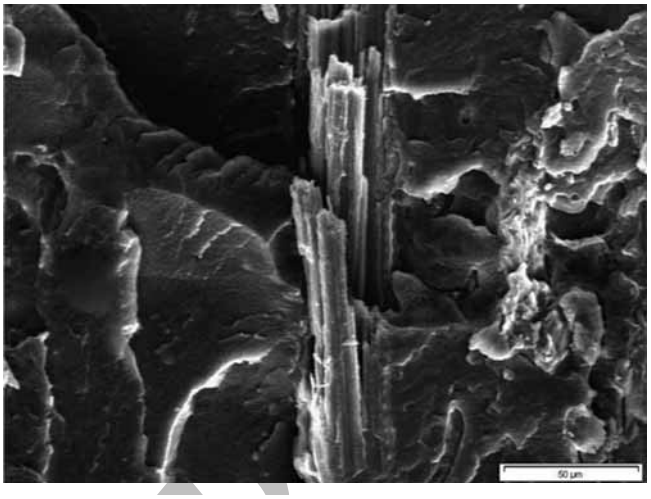
* معنی دار در مقدار آماری ۵ درصد.

جدول ۶ مقایسه میانگین استحکام کششی نمونه های دارای کاه گندم با دانه های درشت برای بررسی اثر مالئیک انیدرید.

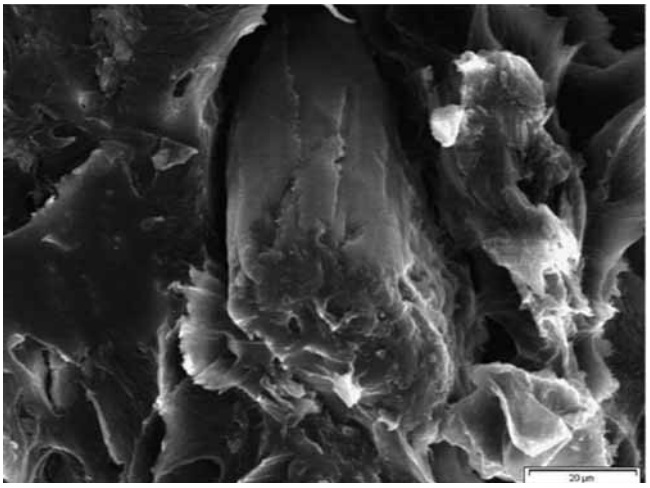
نمونه کامپوزیت	میانگین (MPa)	انحراف معیار	ضریب تغییرات	مقدار آماری آزمون t
۳۰ درصد کاه گندم با دانه های درشت، با مالئیک انیدرید	۱۹/۰۲	۱/۴۶	۷/۶	۲/۶۸*
۳۰ درصد کاه گندم با دانه های درشت، بدون مالئیک انیدرید	۱۵/۸۷	۰/۷۹۴	۵/۰	ـــــ

* معنی دار در مقدار آماری ۵ درصد.

www.SID.ir



(الف)



(ب)

شکل ۱۱ تصاویر SEM آمیزه پلی اتیلن - کاه گندم با دانه های ریز (۳۰ درصد وزنی) بدون مالئیک انیدرید با بزرگنمایی: (الف) ۵۰۰ و (ب) ۱۰۰۰.

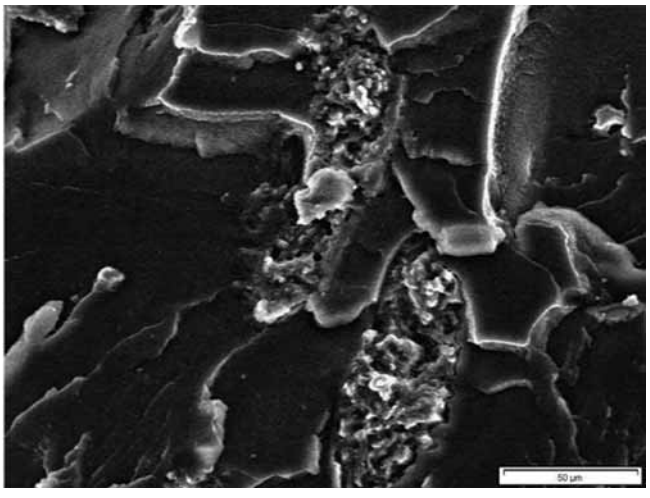
استحکام ضربه ای و مدول خمشی مؤثرند.

همچنین، خواص مکانیکی کامپوزیت دارای ۳۰ درصد کاه گندم دانه ریز و ۲ درصد مالئیک انیدرید به وسیله آزمون آماری t-student با نمونه دارای همان مقدار کاه گندم دانه ریز بدون مالئیک انیدرید مقایسه شد. نتایج در جدول ۵ نشان داده شده است. این نتایج نشان می دهد که بین نمونه های یاد شده در مقدار ۵ درصد اختلاف معنی دار وجود دارد یعنی استفاده از ۲ درصد مالئیک انیدرید با ضریب اطمینان ۹۵ درصد موجب افزایش استحکام کششی کامپوزیت می شود. چنین بنظر می رسد که این افزایش به دلیل بهبود پیوندها در ناحیه سطح مشترک به وسیله مالئیک انیدرید و نیز استحکام کششی مناسب مواد سلولوزی باشد.

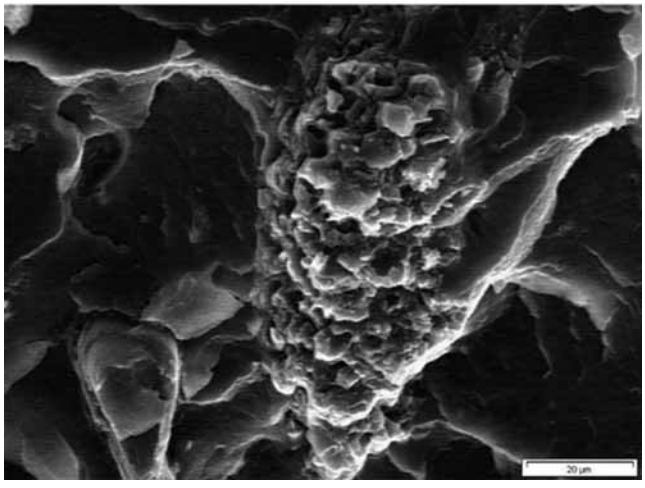
استحکام خمشی کامپوزیت مشابه استحکام کششی بهبود یافت و نتایج مشابهی برای کامپوزیتهای دارای کاه ساقه برنج به وسیله آزمون آماری t-student بدست آمد. همچنین، در جدول ۶ استحکام کششی نمونه های دارای کاه گندم با دانه های درشت مقایسه شده است.

شکل شناسی

به منظور مطالعه سطوح شکست و سطح مشترک پلیمر و کاه، تصاویری از سطح شکست نمونه بدون مالئیک انیدرید (شکل ۱۱) و نمونه دارای آن (شکل ۱۲) تهیه شد. همان طور که در شکل ۱۱ ملاحظه می شود هنگام شکست نمونه کاه به شکل سالم از جای خود درپلیمر زمینه خارج شده



(الف)



(ب)

شکل ۱۲ تصاویر SEM آمیزه پلی اتیلن - کاه گندم با دانه های ریز (۳۰ درصد وزنی) دارای مالئیک انیدرید با بزرگنمایی: (الف) ۵۰۰ و (ب) ۱۰۰۰.

www.SID.ir

Archive of SID

است و نیز فواصل و شکافهایی اطراف کاه سلولوزی وجود دارد که به معنی بر همکنش ضعیف بین سطح کاه و زمینه پلی اتیلن به دلیل عدم وجود مالئیک انیدرید به عنوان جفت کننده است. تمایز آشکاری بین شکل ۱۲ با شکل ۱۱ وجود دارد، بدین معنی که پیوند خوبی بین کاه و پلیمر مشاهده می شود و در ناحیه حدوسط، کمتر فاصله و عدم پیوند مشاهده می شود و عمل در بر گرفتن کاه به وسیله پلیمر بسیار بهتر انجام گرفته، شکست در کاه به همراه شکست پلیمراتفاق افتاده است.

نتیجه‌گیری

با توجه به پژوهشهای انجام شده نتایج را می توان به شکل خلاصه بیان کرد: افزودن کاه گندم یا برنج به ماده زمینه پلی‌اتیلن سنگین سبب افزایش برخی از خواص مکانیکی مثل مدول کششی و خمشی، استحکام کششی و خمشی نسبت به پلیمر خالص می‌شود. ولی، استحکام ضربه‌ای نمونه‌های شکافدار و ازدیاد طول تا پارگی کاهش می‌یابد. نتایج بدست آمده در تمام موارد نشان می دهد که کامپوزیتهای دارای کاه گندم خواص بهتری نسبت به کامپوزیتهای دارای ذرات کاه ساقه برنج دارند. افزایش تا ۳۰ درصد کاه سبب بهبود استحکام کششی و خمشی شده اما افزایش ۴۰ درصد وزنی کاه باعث کاهش استحکام کششی و خمشی می شود. به طور کلی کامپوزیتهای ساخته شده از ذرات کاه با دانه‌های ریز به علت چسبندگی بهتر با فاز زمینه خواص مکانیکی بهتری نشان می دهند. همچنین، اثر متقابلی بین دو عامل درصد وزنی کاه و اندازه ذرات روی خواص مکانیکی در کامپوزیتها مشاهده نشد. استفاده از مالئیک انیدرید به عنوان جفت کننده کاه گندم و ساقه برنج به فاز زمینه پلیمر سبب پیوند بین دو فاز و در نتیجه موجب بهبود نسبی خواص مکانیکی کامپوزیت و چسبندگی بین کاه و پلیمر می شود.

مراجع

1. Magurno A., Vegetable Fibers in Automotive Interior Compartments, *Die Angew. Makromol. Chem*., **272**, 99-107, 1999.
2. Nabi Saheb D. and Jog J.P., Natural Fiber Polymer Composites: A Review, *Adv. Polym. Technol*., **18**, 351-363, 1999.
3. Lu Z.J., Qinglin W. and Mcnabb H.S., Chemical Coupling in Wood Fiber and Polymer Composite, *Wood Fiber Sci.*, **32**, 88-104, 2000.
4. Kocurek M.J. and Stevens C.F.B., *Pulp and Paper Manufacture*, TAPPI, USA, Chap. 17, 1983.
5. Kit L., Binoy K., Gogot K. and Selke S.E., Composites from Compounding Wood Fiber with Recycled High Density Polyethylene, *Polym. Eng. Sci*., **30**, 115-123, 1990.
6. Wang Jion J. and Wange Z., Study of Modification PE for Wood Fiber/Plastic Composites Manufacture, *Wood Ind*., **9**, 10-13, 1995.
7. Shakeri A. and Hashemi S.A., Effect of Coupling Agents on Mechanical Properties HDPE/Wheat Straw Composite, *Polym. Polym. Compos*., **12**, 449-452, 2004.
8. Berenbork P.A. and Liles B., Effect of WF Filler on Polyethylene, *Proceeding of Annual Technical Conference of the Society of Plastic Engineers (ANTEC)*, Toronto, 2931-2934, 1997.
9. Zaini M., Fuad M., Ismail Z., Mansor M. and Mostafa J., The Effect of Filler Content and Size on the Mechanical Properties of Polypropylene/Oil Palm Wood Flour Composites, *Polym. Int*., **40**, 51-55, 1997.
10. Ichazo M., Aibano C., Gonzalez J. and Candal M., Polypropylene/Wood Flour Composites: Treatment and Properties, *Compos. Struct*., **54**, 207-214, 2001.

www.SID.ir