

## مطالعه اثر عامل جفت کننده ایزوسیانات بر ویژگی های فیزیکی و مکانیکی چندسازه پلی اتیلن سنگین - الیاف کارتن کهنه

آرش رشنو<sup>۱\*</sup>، سید محمدجواد سپیده دم<sup>۲</sup>، شروین احمدی<sup>۳</sup>، احمد جهان لتیباری<sup>۴</sup> و روح اله محبی<sup>۵</sup>

۱- کارشناس ارشد علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، البرز، ایران

۲- استادیار علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، البرز، ایران

۳- استادیار پلاستیک، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، تهران، ایران

۴- دانشیار علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، البرز، ایران

۵- کارشناس ارشد علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، البرز، ایران

دریافت: اسفند ۱۳۹۰، بازنگری: اردیبهشت ۱۳۹۱، پذیرش: خرداد ۱۳۹۱

**چکیده:** در این پژوهش اثر افزودن جفت کننده ایزوسیانات (هگزا متیلن دی ایزوسیانات) بر روی ویژگی های فیزیکی و مکانیکی چند سازه الیاف به دست آمده از کارتن کهنه / پلی اتیلن سنگین بررسی شده است. مخلوط شدن مواد، در اکسترودر دو ماریچچه ناهمسوگرد انجام گرفت؛ سپس از دستگاه قالب گیری تزریقی برای ساخت نمونه های آزمونی استفاده شد. ویژگی های فیزیکی و مکانیکی نمونه های آزمونی چند سازه شامل مقاومت خمشی، مقاومت کششی، مدول ینگ، مدول خمشی، مقاومت به ضربه، درصد ازدیاد طول، سختی و جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت اندازه گیری شد. نتیجه های به دست آمده از آزمون های مکانیکی نشان دادند که با افزودن جفت کننده بر پایه ایزوسیانات، تمام ویژگی های مکانیکی به جز مقاومت به ضربه افزایش می یابند. همچنین در اثر افزودن جفت کننده، جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت کاهش یافت. تصاویر میکروسکوپ الکترونی پویشی نشان داد که افزودن جفت کننده هگزا متیلن دی ایزوسیانات سبب بهبود چسبندگی بین پلیمر و الیاف حاصل از کارتن کهنه می شود.

**واژه های کلیدی:** چند سازه، الیاف کارتن کهنه، پلی اتیلن سنگین، جفت کننده ایزوسیانات، ویژگی های فیزیکی و مکانیکی

### مقدمه

در جهان با توجه به انعطاف پذیری مناسب آن در کاربردهای روزمره مثل ساخت جعبه های حمل و نقل مواد غذایی، به سرعت افزایش یافته است. تولید کارتن کهنه در جهان از ۳۶ هزار تن در سال ۱۹۷۰ به طور صعودی به یک میلیون و هفتصد هزار تن در سال ۱۹۹۸ رسیده است [۲]. الیاف سلولزی دارای مزایایی مانند چگالی پایین، ارزان بودن و زیست سازگاری هستند، با این حال پلاستیک ها به دلیل ماهیت غیرقطبی خود با مواد سلولزی که

در سال های اخیر، استفاده از الیاف سلولزی به عنوان پرکننده در ساخت چندسازه چوب پلاستیک مورد توجه پژوهشگران و صاحبان صنایع قرار گرفته است [۱]. یکی از مواد فیبری قابل دسترس برای ساخت چند سازه چوب پلاستیک، کارتن های مورد استفاده در بخش بسته بندی هستند که از پرمصرف ترین انواع کاغذها به شمار می آیند. میزان تولید و مصرف این نوع مقوا

و شاخص جریان مذاب  $10 \text{ min} / 18 \text{ g}$  و کد HD-5218 UA ساخت مجتمع پتروشیمی تبریز استفاده شد. ماده جفت‌کننده مورد استفاده، هگزا متیلن دی ایزوسیانات (HMDI) ساخت شرکت Rodia با نام تجاری Tolonate 75N بوده است. به منظور رقیق کردن جفت‌کننده از استون با درجه خلوص ۹۹٪ ساخت شرکت Merck استفاده شد. همچنین از کارتن کهنه به عنوان الیاف سلولزی (با طول الیاف  $1,06$  میلی‌متر) استفاده شد.

#### دستگاه‌ها

در این پژوهش، اکسترودر دوماریچچه ناهمسوگرد Collin مدل ZK50 با قطر ماریچ  $50$  میلی‌متر، دستگاه تزریق ساخت شرکت ایمن ماشین، دستگاه  $4486$  Instron برای آزمون کشش و خمش، دستگاه آزمون ضربه ایزود Santam مدل SILT20D، دستگاه اندازه‌گیری سختی Santam و میکروسکوپ الکترونی پویشی مدل XL30 ساخت شرکت Philips مورد استفاده قرار گرفتند.

#### طرز تهیه نمونه‌ها

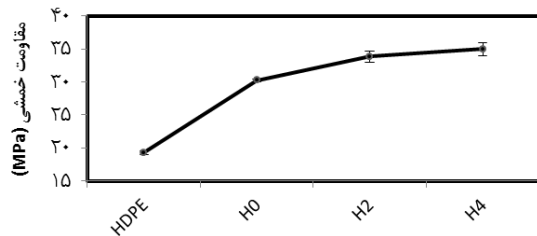
جدول ۱ مقدار مواد (براساس درصد وزنی) مورد استفاده در ساخت نمونه‌ها را نشان می‌دهد. کارتن کهنه از سطح شهر کرج جمع آوری و مراحل تمیزسازی، آماده سازی و جداسازی الیاف بر روی آن انجام شد. سپس برای رسیدن رطوبت آن‌ها به زیر  $3$  درصد در دمای  $20 \pm 103$  °C الیاف به مدت  $24$  ساعت در آن قرار داده شدند. الیاف به دست آمده تا زمان مصرف جهت جلوگیری از جذب رطوبت، درون کیسه‌های پلاستیکی نگهداری شدند. برای رقیق کردن جفت‌کننده از استون استفاده شد. برای هر نمونه در مجموع  $150$  گرم محلول جفت‌کننده و استون در نظر گرفته شد که برای نمونه‌های با  $4$ ٪ جفت‌کننده  $16$  گرم جفت‌کننده و  $134$  گرم استون در نظر گرفته شد و برای نمونه‌های با  $2$  درصد جفت‌کننده  $8$  گرم جفت‌کننده و  $142$  گرم استون استفاده شد و سپس محلول تهیه شده به کیسه پلاستیکی حاوی الیاف هر نمونه افزوده شد. سپس به مدت  $15$  دقیقه، تمام الیاف به محلول جفت‌کننده و استون آغشته شدند و پس از مخلوط شدن جفت‌کننده و الیاف، نمونه‌ها

ماهیت قطعی دارند سازگاری نداشته و چسبندگی ضعیفی بین آن‌ها برقرار می‌شود. از این رو با افزایش درصد مواد سلولزی، مقاومت‌های مکانیکی به شدت افت می‌کند. عوامل جفت‌کننده، افزودنی‌هایی هستند که با مواد سلولزی و همچنین پلاستیک‌ها سازگاری داشته و قابلیت واکنش با سطح چوب را دارا هستند این امر سبب می‌شود تا سطح مشترک بستر پلیمر و ماده سلولزی افزایش یافته و ویژگی‌های مکانیکی بهبود یابند [۳]. نتیجه پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهند که استفاده از جفت‌کننده پلی‌پروپیلن گرافت شده با مالئیک انیدرید باعث بهبود قابل توجه اتصال بین الیاف سلولزی و بستر پلیمر می‌شود [۴ و ۵]. نتیجه‌های Keener و همکاران نشان می‌دهد که افزودن مقدار  $3$  درصدی جفت‌کننده پلی‌اتیلن گرافت شده با مالئیک انیدرید باعث بهبود مقاومت کششی و مقاومت به ضربه می‌شود [۶]. ایزوسیانات‌ها یکی از جفت‌کننده‌های مورد استفاده در ساخت چندسازه چوب پلاستیک است. ایزوسیانات‌ها چندین گروه هستند که شامل: اتیل ایزوسیانات (EIC)، هگزا متیلن دی ایزوسیانات (HMDI)، پلی‌اتیلن پلی‌فنیل ایزوسیانات (PEPPI)، پلی‌متیلن پلی‌فنیل ایزوسیانات (PMPPIC)، تولوئن دی ایزوسیانات (TDI) هستند [۷]. پژوهش‌هایی در زمینه استفاده از جفت‌کننده‌های ایزوسیاناتی بر چندسازه چوب پلاستیک انجام گرفته است. اثر جفت‌کننده‌های ایزوسیاناتی مانند MDI، TDI، ODI، PBNCO بر چندسازه چوب پلاستیک نشان می‌دهند که افزودن این جفت‌کننده‌ها باعث بهبود ویژگی‌های مکانیکی می‌شود [۳ و ۸ تا ۱۱]. اما به نظر می‌رسد که در زمینه اثر جفت‌کننده هگزا متیلن دی ایزوسیانات (HMDI) بر ویژگی‌های چندسازه چوب پلاستیک پژوهشی صورت نگرفته است. در این پژوهش با انتخاب الیاف کارتن کهنه به عنوان پرکننده سلولزی و تاثیر افزودن مقادیر متفاوت جفت‌کننده هگزا متیلن دی ایزوسیانات بر بهبود ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی چندسازه چوب پلاستیک بررسی شده است.

#### بخش تجربی

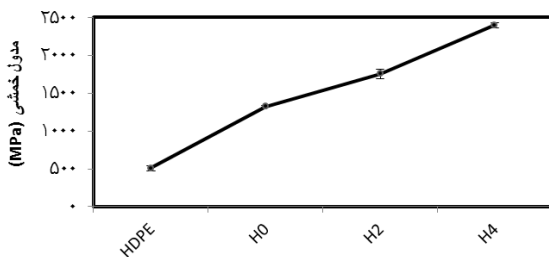
در این پژوهش از گرانول پلی‌اتیلن سنگین با چگالی  $0,95 \text{ g/cm}^3$

است. افزودن الیاف کارتن کهنه نیز باعث افزایش مقاومت خمشی شده است. افزودن الیاف سلولزی به بستر سبب تقویت پلیمر و در نتیجه افزایش سفتی چندسازه می‌شود [۱۲].



شکل ۱ تأثیر مقدار جفت‌کننده بر مقاومت خمشی

نتیجه‌های به دست آمده نشان می‌دهند که افزودن مقدار ۴ درصد جفت‌کننده به ترکیب چندسازه باعث افزایش مقاومت خمشی به میزان ۱۳ درصد شده است. افزودن جفت‌کننده سبب افزایش سازگاری بین پلیمر و الیاف کارتن کهنه و توزیع بهتر الیاف در بستر پلیمر می‌شود. مشاهده‌های مشابهی به‌وسیله Girone's و همکاران گزارش شده است [۸ و ۹]. همچنین مدول خمشی چندسازه در اثر افزودن جفت‌کننده، افزایش یافته است (شکل ۲). نتیجه‌ها نشان می‌دهد که افزودن ۴ درصد جفت‌کننده، باعث افزایش مدول خمشی به میزان ۴۵ درصد شده است. افزایش چسبندگی بین الیاف سلولزی و بستر پلیمر سبب افزایش انتقال تنش از بستر پلیمر به الیاف سلولزی می‌شود که باعث افزایش تنش در هنگام شکست و افزایش ویژگی‌های خمشی چندسازه می‌شود [۳]. افزودن الیاف کارتن کهنه نیز باعث افزایش مدول خمشی شده است.



شکل ۲ تأثیر مقدار جفت‌کننده بر مدول خمشی

#### ویژگی‌های کششی

نتیجه‌ها نشان می‌دهند که افزودن جفت‌کننده هگزامتیلن دی ایزوسیانات باعث افزایش مقاومت کششی شده است

در دمای  $80^{\circ}\text{C}$  به مدت ۲ ساعت در آون خلا قرار داده شدند.

جدول ۱ مقادیرهای تشکیل دهنده نمونه‌ها براساس درصد وزنی (میناء وزن خشک)

الیاف کارتن کهنه (%)	HDPE (%)	HMDI (%)	کد نمونه
۳۰	۷۰	۰	H0
۳۰	۶۸	۲	H2
۳۰	۶۶	۴	H4
۰	۱۰۰	۰	HDPE

برای مخلوط شدن مواد از دستگاه اکسترودر دو ماریچه ناهمسوگرد با پروفیل دمای  $165-160-162-150-152^{\circ}\text{C}$  و سرعت چرخش  $80\text{ rpm}$  استفاده شد. مخلوط گرانول‌های تولید شده در دستگاه اکسترودر دو ماریچه به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای  $80^{\circ}\text{C}$  نگهداری و پس از آن برای جلوگیری از جذب رطوبت در کیسه‌های پلاستیکی نگهداری شدند. برای تهیه نمونه‌های آزمونی، از دستگاه قالب‌گیری تزریقی با دمای  $160^{\circ}\text{C}$  استفاده شد.

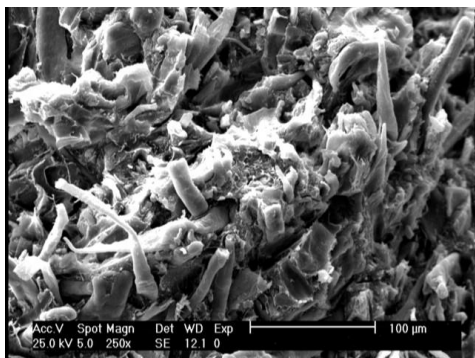
#### اندازه‌گیری ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی

برای بررسی کیفیت نمونه‌های تولیدی آزمایشگاهی و ارزیابی تأثیر جفت‌کننده، آزمون‌های مقاومت به کشش براساس دستورالعمل ASTM D638، مقاومت خمشی براساس دستورالعمل ASTM D790 با سرعت بارگذاری  $5\text{ mm/min}$  انجام شدند. همچنین مقاومت به ضربه فاق‌دار به روش ایزود براساس دستورالعمل ASTM D256، سختی طبق دستورالعمل ASTM D2240 و جذب آب طبق دستورالعمل ASTM D570 پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب انجام شد.

#### نتیجه‌ها و بحث

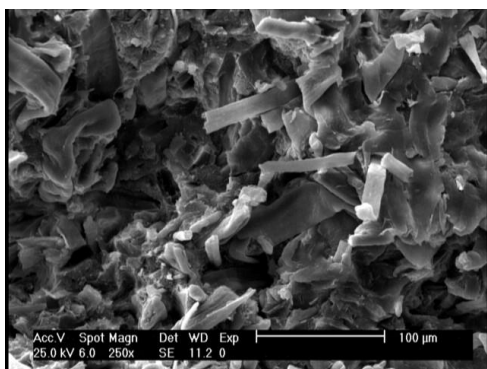
##### ویژگی‌های خمشی

همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود افزودن جفت‌کننده هگزامتیلن دی ایزوسیانات باعث افزایش مقاومت خمشی شده



شکل ۵ تصویر شکست سطح نمونه‌های کششی (نمونه حاوی ۲٪ جفت‌کننده)

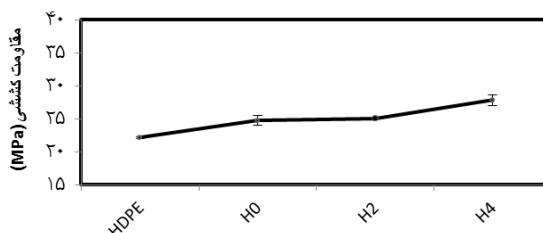
همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود نمونه حاوی ۴٪ جفت‌کننده دارای حفرات کمتر و بیرون زدگی کمتر الیاف، از سطح پلیمر است.



شکل ۶ تصویر شکست سطح نمونه‌های کششی (نمونه حاوی ۴٪ جفت‌کننده)

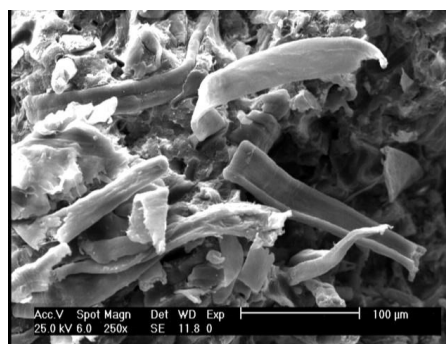
شکل‌های ۴ الی ۶ نشان دهنده این نکته است که افزایش جفت‌کننده هگزا متیلن دی ایزوسیانات سبب بهبود چسبندگی بستر-الیاف شده و در فرایند شکست به جای خروج الیاف از بستر که در نمونه بدون جفت‌کننده (شکل ۴) مشخص بود به شکست الیاف تغییر یافته است. همچنین افزودن جفت‌کننده باعث افزایش مقدار مدول یانگ شد (شکل ۷) این روند در گزارش‌های Girone's و همکارانش نیز دیده شده است [۸ و ۹]. جفت‌کننده می‌تواند ضمن تقویت چسبندگی بستر به پرکننده، سبب تغییر ریخت زنجیرهای پلیمر

(شکل ۳). افزایش مقدار جفت‌کننده هگزا متیلن دی ایزوسیانات باعث بهبود چسبندگی بستر پلیمری-الیاف و در نتیجه افزایش مقاومت کششی چندسازه شده است. به نظر می‌رسد با توجه به نتایج گزارشات سایر پژوهشگران افزایش بلورینگی در اثر افزایش مقدار جفت‌کننده نیز منجر به افزایش مقاومت کششی می‌شود [۱۳ و ۱۴].



شکل ۳ تأثیر مقدار جفت‌کننده بر مقاومت کششی نمونه‌ها

همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود پس از شکست نمونه بدون جفت‌کننده فواصل و حفره‌هایی در نمونه ایجاد شده است که بیانگر خروج الیاف کارتن کهنه از سطح بستر پلی اتیلن سنگین است. این رفتار به واسطه اتصال ضعیف بین بستر پلیمر و الیاف کارتن کهنه است.



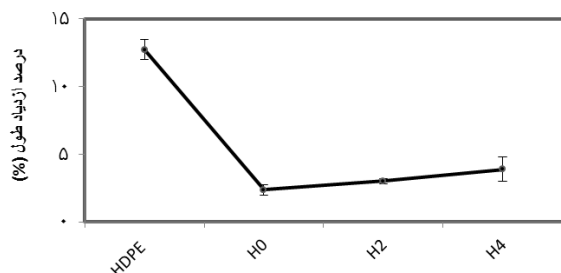
شکل ۴ تصویر شکست سطح نمونه‌های کششی (نمونه بدون جفت‌کننده)

همچنین شکل ۵، نمایی از سطح شکست نمونه حاوی ۲ درصد جفت‌کننده را نشان می‌دهد. الیاف تا حدودی به وسیله بستر پلیمر احاطه شده‌اند و چسبندگی بین فازی تا حدودی بهبود یافته است و در نتیجه خروج الیاف از سطح بستر پلیمری کمتر مشاهده می‌شود. البته در این تصویر نیز حفره‌هایی دیده می‌شود.

الیاف کارتن کهنه و بستر پلی اتیلن سنگین است که باعث مقاومت به ضربه بیشتر شده است. در واقع چسبندگی تا حدودی ضعیف تر برای رسیدن به مقاومت به ضربه بالاتر مطلوب تر است. چسبندگی مناسب باعث شکست ناگهانی الیاف در حین اعمال نیرو و جذب مقدار کمتر انرژی به وسیله چندسازه شده است [۱۵]. نتیجه‌های Karmarkar و همکارانش نشان می‌دهند که افزودن جفت‌کننده ایزوسیاناتی m-TMI باعث کاهش مقاومت به ضربه می‌شود [۳]. در نگاهی کلی کم بودن مقاومت به ضربه چندسازه‌های چوب پلاستیک نقص به شمار می‌آیند و افزودن به تنهایی جفت‌کننده ایزوسیاناتی نیز باعث افزایش مقاومت به ضربه در چندسازه نشده است. برای رفع این مشکل می‌توان از اصلاح‌کننده‌های ضربه استفاده کرد [۱۰].

#### درصد ازدیاد طول

همان‌طور که در شکل ۹ مشاهده می‌شود افزودن الیاف کارتن کهنه به پلی اتیلن سنگین باعث کاهش چشمگیر درصد ازدیاد طولی شده است. این رفتار توسط بسیاری از پژوهشگران گزارش شده است [۳]. به طور کلی با افزودن الیاف سلولزی به عنوان پرکننده به پلی اتیلن سنگین، درصد ازدیاد طول کاهش می‌یابد. ماهیت الیاف سلولزی به نحوی است که رفتار تنش-کرنش پلی اتیلن سنگین را از حالت چقرمه به حالت شکننده تبدیل می‌کند. افزودن جفت‌کننده هگزامتیلن دی ایزوسیانات نیز باعث افزایش درصد ازدیاد طول شده که ناشی از بهبود چسبندگی الیاف و بستر پلیمر است.

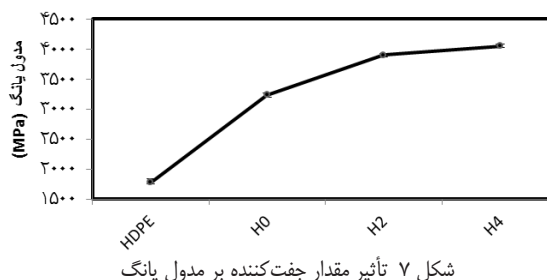


شکل ۹ تأثیر مقدار جفت‌کننده بر درصد ازدیاد طول

#### سختی

سختی معیاری از مهاجرت الیاف سلولزی به سطح نمونه یا

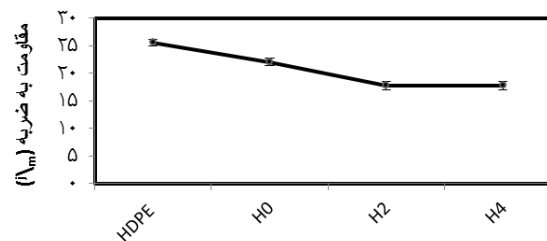
در فصل مشترک پلیمر-الیاف شود. نتیجه‌های Mueller و همکارانش نشان می‌دهد که افزودن ۲ درصد جفت‌کننده باعث تغییر چشمگیری در بلورینگی پلیمر و در نتیجه افزایش مدول چندسازه می‌شود [۱۵].



شکل ۷ تأثیر مقدار جفت‌کننده بر مدول ینگ

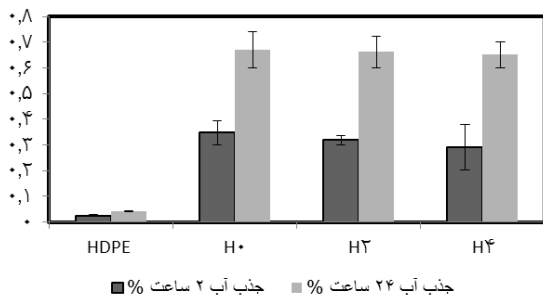
#### مقاومت به ضربه

افزودن الیاف کارتن کهنه به پلی اتیلن سنگین باعث کاهش مقاومت به ضربه چندسازه شده است. تردی و شکنندگی الیاف سلولزی و کاهش چقرمگی باعث کاهش مقاومت به ضربه چندسازه شده است (شکل ۸). افزودن جفت‌کننده ایزوسیانات نیز سبب کاهش مقاومت به ضربه چندسازه شده است.



شکل ۸ تأثیر مقدار جفت‌کننده بر مقاومت به ضربه

کاهش مقاومت به ضربه با افزودن جفت‌کننده هگزامتیلن دی ایزوسیانات، به دلیل کاهش میزان ترک‌های ایجاد شده در حین اعمال ضربه و در نتیجه کاهش اتلاف انرژی ضربه از طریق مکانیزم ایجاد ترک و همچنین افزایش سطح تماس پرکننده-بستر به واسطه بهبود چسبندگی پرکننده-بستر بوده است. همان‌طور که در شکل ۸ مشاهده می‌شود، نمونه بدون جفت‌کننده دارای مقاومت به ضربه بالاتری نسبت به نمونه‌های دارای جفت‌کننده است که این امر ناشی از پیوند ضعیف بین



شکل ۱۲ تأثیر جفت‌کننده بر جذب آب

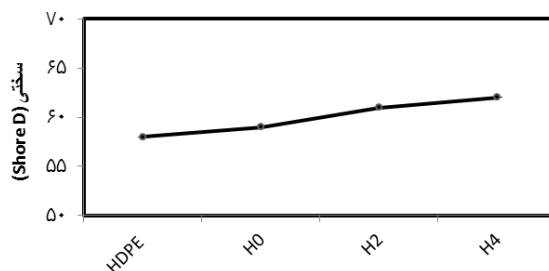
### نتیجه‌گیری

با افزودن جفت‌کننده هگزامتیلن دی ایزوسیانات ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی مانند مدول یانگ، مدول خمشی، مقاومت خمشی، مقاومت کششی، درصد ازدیاد طول، سختی و جذب آب بهبود یافته است. نتایج نشان می‌دهد که افزایش مقدار جفت‌کننده باعث پراکندگی بهتر الیاف در سطح بستر پلیمر و بهبود چسبندگی بین الیاف کارتن کهنه و بستر پلیمر می‌شود. جفت‌کننده می‌تواند ضمن تقویت چسبندگی بستر به پرکننده، سبب تغییر ریخت زنجیرهای پلیمر در فصل مشترک پلیمر-الیاف شود. همچنین افزودن جفت‌کننده سبب کاهش مقاومت به ضربه شده است. نمونه بدون جفت‌کننده دارای مقاومت به ضربه بالاتری نسبت به نمونه‌های دارای جفت‌کننده است. در واقع چسبندگی تا حدودی ضعیف‌تر برای رسیدن به مقاومت به ضربه بالاتر مطلوب‌تر است. تصاویر سطح شکست نمونه‌های کششی نشان می‌دهد که اتصال بین الیاف کارتن کهنه و بستر پلیمر بهبود یافته است.

### مراجع

- [1] Basiji, F., Safdari, V., Nourbakhsh, A. and Pilla, S.; J. Turk Agric For, 34, 191-196, 2010.
- [2] Anonymous; New Developments in molded pulp processes and packaging, IMPEPA Report; Chicago, Illinois USA, 20-24 Jun, 2001.
- [3] Karmarkar, A., Chauhan, S.S., Modak, J.M., Chanda, M.; Composites Part A, 38, 227-233, 2007.
- [4] Mahalberg, R., Paajanen, L., Nurmi, A.,

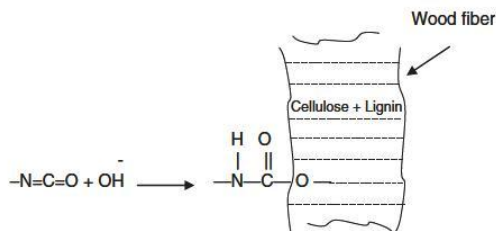
افزایش نسبت حجم به سطح الیاف سلولزی است. افزودن جفت‌کننده هگزامتیلن دی ایزوسیانات باعث افزایش سختی چندسازه شده است (شکل ۱۰) که ناشی از بهبود اتصال در سطح مشترک بستر پلیمر و الیاف کارتن کهنه و در نتیجه توزیع مناسب‌تر الیاف در بستر پلیمری است. بهبود سختی می‌تواند باعث بهبود ویژگی‌های نهایی چندسازه مثل خش پذیری شود.



شکل ۱۰ تأثیر مقدار جفت‌کننده بر سختی

### جذب آب

با افزودن مقدار جفت‌کننده هگزامتیلن دی ایزوسیانات، جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت نمونه‌ها کاهش یافته است. افزودن جفت‌کننده باعث پوشش فضاهای خالی و سطح الیاف که دارای عوامل قطبی هستند، شده است و در نتیجه از میزان جذب آب چندسازه کاسته شده است. همچنین واکنش گروه‌های هیدروکسیل سطح الیاف با گروه‌های NCO- جفت‌کننده، باعث کاهش گروه‌های هیدروکسیل و کاهش آبدوستی سطح الیاف می‌شود (شکل ۱۱).



شکل ۱۱ واکنش بین الیاف سلولزی با جفت‌کننده ایزوسیانات [۱۰].

کمترین میزان جذب آب مربوط به نمونه پلی‌اتیلن سنگین خالص و بیشترین میزان جذب آب مربوط به نمونه بدون جفت‌کننده بوده است. شکل ۱۲ جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت نمونه‌های متفاوت را نشان می‌دهد.



- Kivisto, A., Koskela, K., Rowell, R.M.; *Holz als Roh- und Werkstoff*, 59, 319–26, 2001.
- [5] Li, H., Law, S., Sain, M.; *J Reinforced Plastics Compos*; 23(11), 1153–8, 2004.
- [6] Keener, T.J., Stuart, R.K., Brown, T.K.; *Composites: Part A*, 35, 357–62, 2004.
- [7] Gacitua, W. and Wolcott, M.; A method for studying the wood-plastic interaction. Part I; Mechanical interlocking 8th International Conference on woodfiber-plastic composites (and other natural fiber); Madison; Wisconsin USA; May, 23-25, 2005.
- [8] Girone's, J., Pimenta, M. T. B., Vilaseca, F., Carvalho, A. J. F., Mutje, P. and Curvelo; *Carbohydrate Polymers*, 68, 537–543, 2007.
- [9] Girone's, J., Vilaseca, F., Carvalho, A.J.F.; *Carbohydrate Polymers*, 74, 106–113, 2008.
- [10] Nourbakhsh, A., Kokta, B., Ashori, A., Jahan-Latibari, A.; *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 27, 16-17, 2008.
- [11] Xu, Min, LI, Shuai; Higher Education Press and Springer-Verlag, 2, 347–349, 2007.
- [12] Stark, N.M., Rowlands, R.E.; *Wood Fiber Sci.* 35(2), 167–74, 2003.
- [13] Sirisinha, K., Meksawat, D.; *J Appl Polym Sci.* 93(3), 1179–85, 2004.
- [14] Jiao, C., Wang, Z., Liang, X., Hu, Y.; *Polym Test*, 24(1), 71–80, 2005.
- [15] Mueller, D.H., Krobjilowski, A.; *J Industrial Text*, 33(2), 111–30, 2003.

## Studies of the effect of isocyanate coupling agent on physical and mechanical properties of HDPE-old cartoon fiber composite

A. Rashno<sup>1,\*</sup>, Seyyed M.J. Sepidehdam<sup>2</sup>, S. Ahmadi<sup>3</sup>, A. Jahan-Latibari<sup>4</sup> and R. Mohebi<sup>5</sup>

1. M.Sc in Wood and Paper Science, Karaj Branch, Islamic Azad University, Alborz, Iran
2. Assistant Prof. of Wood and Paper Science, Karaj Branch, Islamic Azad University, Alborz, Iran
3. Assistant Prof. of rubber, Iran Polymer and Petrochemical Institute, Tehran, Iran
4. Associate Prof. of Wood and Paper Science, Karaj Branch, Islamic Azad University, Alborz, Iran
5. M.Sc in Wood and Paper Science, Karaj Branch, Islamic Azad University, Alborz, Iran

Received: February 2012, Revised: April 2012, Accepted: May 2012

**Abstract:** In this research, the effect of isocyanate coupling agent (Hexamethylene diisocyanate) on physical and mechanical properties of old cartoon fiber / high density polyethylene composite was investigated. Components of composite were compound via melt mixing during extrusion by twin screw, counter rotating compounder. The mechanical and physical properties of composite samples such as flexural strength, tensile strength, tensile modulus, flexural modulus, impact strength, elongation at break, hardness and water absorption for 2h and 24h were measured. The mechanical results revealed that, by adding isocyanate base coupling agent, all mechanical properties except impact strength increased. Also, by adding coupling agent, water absorption 2h after and 24h decreased. The SEM observations were shown that, adhesion between old cartoon fiber and polymer matrix was improved by adding the coupling agent.

**Keywords:** Composite, Old cartoon fiber, HDPE, Isocyanate coupling agent, Physical and mechanical properties