

## (OCC)

امیر نوربخش<sup>۱\*</sup>، کاظم دوست حسینی<sup>۲</sup>، ابوالفضل کارگرفرد<sup>۳</sup>، فرداد گلبابایی<sup>۴</sup> و رضا حاجی حسینی<sup>۵</sup>

<sup>۱\*</sup> - استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، مسئول مکاتبات

nourbakhsh\_amir@yahoo.com

<sup>۲</sup> - استاد، گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

<sup>۳</sup> - استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

<sup>۴</sup> - مربی پژوهشی، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

<sup>۵</sup> - کارشناس، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۸۶ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۸۶

## چکیده

این بررسی با هدف مطالعه تأثیر شرایط ساخت بر ویژگیهای فیزیکی و مکانیکی کامپوزیت های الیاف چوب/ پلیمر در حالت ساخت ریزش کبک مورد توجه قرار گرفته است. در این بررسی ۱۲ ترکیب شرایط مختلف از نوع پلاستیک، مقدار الیاف سلولزی کارتن کهنه و مقدار عامل جفت کننده مورد توجه قرار گرفته است. پس از ساخت تخته ها ویژگیهای فیزیکی و مکانیکی کامپوزیت‌ها اندازه گیری و داده ها با استفاده از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. در حالت استفاده از ۷۰ درصد الیاف سلولزی، مقاومت و مدول خمشی و درمقدار ۵۵ درصد الیاف سلولزی، چسبندگی داخلی، مقاومت و مدول کششی، واکنشیدگی ضخامت ۲ ساعت غوطه وری در آب کامپوزیت برتر بوده است. تأثیر عوامل جفت کننده در تولید کامپوزیت های لیگنوسلولزی به روش ریزش کبک در مقادیر ۲ و ۴ درصد نسبت به کامپوزیت های ساخته شده بدون عامل جفت کننده زیاده‌تر بوده است. ویژگیهای مکانیکی در مقدار ۴ درصد عامل جفت کننده حداکثر بوده و میزان واکنشیدگی ضخامت درمقدار ۲ و ۴ درصد عامل جفت کننده حداقل بوده است

**واژه‌های کلیدی:** کامپوزیت‌های لیگنوسلولزی، پلیمر گرمانرم، عوامل جفت کننده، الیاف کارتن کهنه، ویژگیهای فیزیکی و

مکانیکی

## مقدمه

می‌توان به اثر عوامل سازگار کننده (جفت کننده)، روش تولید، مواد افزودنی، ویژگیهای فیزیکی و مکانیکی، درصد و نوع الیاف سلولزی، درصد و نوع پلیمر گرمانرم، شرایط پرس، طول و توزیع و پخش مناسب الیاف در توده ماتریس، نوع اتصال، جهت‌یابی الیاف و... اشاره نمود. اکثر پلیمرها بویژه گرمانرم‌ها بعنوان جایگزین شونده‌های غیرقطبی (آب گریز) سازگاری با الیاف سلولزی قطبی (آب‌دوست) سازگاری ندارند. بنابراین در چنین سازه‌هایی اتصال ضعیفی میان پلیمر و الیاف چوب

تولید کامپوزیت های الیاف چوب/ پلیمر تحت تأثیر عوامل مختلفی صورت می‌گیرد. این نوع کامپوزیت‌های پلیمری معمولاً از طریق ترکیب کردن الیاف چوب و پلیمرها و یا با افزودن الیاف چوب بعنوان پرکننده و تقویت کننده در ماتریس پلیمر و به کمک عمل پرس کردن یا قالب‌ریزی در شرایط دما و فشار تولید می‌گردند. از جمله مهمترین فاکتورهای مؤثر در تولید کامپوزیت ها

دادند به نتایج زیر دست یافتند. آنان جهت ساخت کامپوزیت با روش جریان بادی از مواد اولیه ضایعاتی چوب و پلاستیک (قوطی‌های شیر)، بطری‌های پلی‌اتیلنی استفاده کردند، و به این نتیجه رسیدند که کامپوزیت‌های ساخته شده از مواد اولیه ضایعاتی بسیار مشابه کامپوزیت‌های ساخته شده از مواد اولیه اصلی بودند. در روش مخلوط کردن مذاب مواد اولیه ضایعاتی نظیر ضایعات کاغذ، قوطی‌های شیر پلی‌پروپیلنی، بطری‌های رب و مواد ضایعاتی باطری ماشین و بطری‌های پلی‌اتیلنی استفاده نمودند. آنان در این بررسی ویژگی‌های کامپوزیت ساخته شده از ضایعات روزنامه را بهتر از آردچوب می‌دانند که بتازگی در کامپوزیت‌های تجاری از آن استفاده می‌شود. همچنین در این بررسی نحوه ترکیب کردن در یک مخلوط‌کن سنتیکی و یا اکسترودر یک پیچچه را موردنظر قرار دادند. نتایج بدست آمده نشان داد که پرکننده‌های سلولزی و الیاف سلولزی دارای اختلافاتی در ویژگی‌ها می‌باشند که به عدم پخش یکسان مربوط می‌شود. همچنین در این بررسی مشخص شده است که طول و ضریب کشیدگی کاغذ روزنامه کهنه کاهش داشته و این کاهش می‌تواند به عدم مؤثر بودن ویژگی‌های کامپوزیت منجر گردد.

Hunt, Vick (۱۹۹۹) در تحقیقی که روی ویژگی‌های تخته فیبر سخت ساخته شده از الیاف کارتن کهنه (OCC) انجام دادند، ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها را با تخته‌های تجاری مورد مقایسه قرار داده‌اند. آنها تفاوت در الیاف کارتن کهنه و الیاف اولیه را در ویژگی‌ها مؤثر می‌دانند. آنان به این نتیجه رسیدند که الیاف اولیه شیمیائی جهت تولید کارتن که دارای لیگنین کمی می‌باشند راندمان الیاف را کاهش داده و از طرف دیگر باعث افزایش مقاومت خمشی شده است. آنها عنوان کردند که الیاف تخته فیبر سخت اغلب بصورت دستجات الیاف بوده و راندمان بالای لیگنین سبب سفتی زیادتیر الیاف در ساختمان آنها می‌گردد، که سبب راحتی زهکشی

وجود می‌آید. جهت ارتقا اتصال بین الیاف سلولزی و گرمانرم‌ها در فرآیند تولید، بناچار از عوامل جفت‌کننده شیمیائی استفاده می‌شود. عوامل جفت‌کننده در مقادیر کم جهت فرآوری و آماده سازی سطوح چسبندگی میان گرمانرم‌ها و سطح الیاف سلولزی عمل می‌کنند. عوامل جفت‌کننده بین الیاف چوب و پلیمرهای گرمانرم با مکانیسم‌های کووالانسی، پیچیده‌تر شدن زنجیره پلیمری، فعالیت قوی‌تر شونده‌گی اتصال بوجود می‌آورند. در این راستا محققان زیادی در چگونگی چسبندگی بین الیاف پلیمرها در روش‌های شکل‌گیری به روش قالب‌گیری و جریان بادی (ریزش کیک) تحقیقاتی را انجام داده‌اند.

Hwang و همکاران (۱۹۹۷) اثر ترکیبات و روش‌های تولید را بر ویژگی‌های کامپوزیت الیاف چوب/ پلی‌اتیلن مورد بررسی قرار دادند. نامبردگان از سه نوع ماده اولیه سلولزی کارتن کهنه<sup>۱</sup> (OCC)، کاغذ بازیافتی اداری<sup>۱</sup> (ROP) و الیاف بکر کاج جنوبی در ساخت تخته فیبر استفاده نمودند. تولید کامپوزیت‌ها در دانسیته ۰/۸ گرم بر سانتیمتر مکعب با روش ریزش کیک<sup>۲</sup> صورت گرفت. نتایج بدست آمده نشان داده است که با نسبت الیاف بکر کاج جنوبی در مقدار ۴۰ درصد، الیاف بازیافتی دفتری مقدار ۴۰ درصد و پلی‌اتیلن ۲۰ درصد، میزان چسبندگی داخلی در مقدار حداکثر بوده است. همچنین نتایج نشان داده است که در اثر کاهش الیاف بکر کاج جنوبی در ترکیب از مقدار ۱۰۰ درصد به صفر میزان چسبندگی داخلی، مقاومت و مدول خمشی کاهش یافته، ولی میزان جذب آب و واکنشیدگی ضخامت حتی پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب افزایش یافته است.

Youngquist و همکاران (۱۹۹۴) در تحقیقی که بر روی تولید کامپوزیت از ضایعات چوب/ پلاستیک با دو روش ساخت ریزش کیک و مخلوط کردن مذاب انجام

1- Old Corrugated Contanier  
2- Recycled Office Paper  
3- Air-Forming

بود. شرایط پرس شامل حرارت ۱۸۰° درجه سلسیوس و مدت زمان ۶۰ ثانیه برای هر میلیمتر و ضخامت ۴ میلیمتر بوده است. نتایج این بررسی نشان داده است که ویژگیهای مکانیکی تخته‌های ساخته شده با اصلاح کننده‌های شیمیائی بکار رفته دارای اتصالات مناسب‌تری بوده است. همچنین پایداری ابعاد تخته‌های حاصل دارای برتری خاص نسبت به تخته‌های بدون مواد شیمیائی اصلاح کننده بوده است. این مواد اصلاح کننده باعث افزایش چسبندگی میان الیاف چوب و الیاف پلی‌پروپیلن شده است.

Krzysik (۱۹۹۱) در بررسی اتصال میان چوب و پلیمرها در کامپوزیت‌های الیاف چوب پلاستیک به روش ریزش کیک سطوح مختلف الیاف سلولزی را مورد بحث و بررسی قرار دادند. آنها بیان داشتند که ویژگی‌های پایداری ابعاد خصوصاً واکنشیدگی مسئله مهمی در کامپوزیت‌های با درصد زیاد الیاف سلولزی می‌باشد. این نوع کامپوزیت‌ها نه تنها دارای واکنشیدگی عادی هستند، بلکه سبب آزاد شدن تنش‌های اضافی فشاری در جریان تولید می‌شوند. آنها مشخص کردند که واکنشیدگی ضخامت پس از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب جوش تقریباً ۲ برابر واکنشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب معمولی می‌باشد. مطابق با بررسی آنان اثر واکنشیدگی ضخامت در سطح مقدار ۷۰ درصد الیاف در هر دو سطح ۱ و ۳ درصد انیدریدمالئیک پلی‌پروپیلنی واکنشیدگی ضخامت کاهش یافته بود. آنان به این نتیجه رسیدند که مقاومت به ضربه در کامپوزیت‌هایی که با استفاده از ۳ درصد انیدریدمالئیک پلی‌پروپیلنی ساخته شده‌اند ویژگیهای مناسب‌تری داشته‌اند. همچنین در سطوح مقدار الیاف سلولزی ۷۰ و ۸۵ درصد مقاومت خمشی افزایش یافته بود. بطور کلی آنها مشاهده کردند که اثر انیدریدمالئیک پلی‌پروپیلنی روی پایداری ابعادی دارای اثر مثبتی است.

در فرآیندتر می‌گردد. از طرف دیگر الیاف کارتن کهنه دارای راندمان کمتری بوده و ضرورتاً لیگنین کمتری داشته که باعث خمش‌پذیری بیشتر می‌گردد.

همچنین در بررسی آنها مشخص شده بود که ویژگیهای الیاف کارتن کهنه (OCC) نسبت به الیاف اولیه بهتر می‌باشد که می‌تواند به واسطه راحتی فرآوری و ایجاد سطح تماس بیشتر الیاف-الیاف و افزایش پتانسیل جهت اتصال گرمانرم‌ها و گرماسخت‌ها و کاهش لیگنین و حتی سلولزها باشد.

Falk و همکاران (۱۹۹۹) در تحقیقی که جهت مقایسه اوراق فشرده چوبی و کامپوزیت‌های الیاف چوب/پلاستیک با روشهای قالب‌گیری تزریقی و ریزش کیک انجام داده‌اند، عنوان کردند که کامپوزیت‌های الیاف چوب/پلاستیک از لحاظ پایداری ابعاد از سایر اوراق فشرده چوبی بهتر هستند. در این بررسی، این نوع کامپوزیت‌ها با اوراق فشرده متداول مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داده است که مقاومت و مدول خمشی فرآورده‌های مرکب کمتر از کامپوزیت الیاف چوب/پلاستیک بوده است. مقاومت کششی نسبت به تخته تراشه، تخته خرده چوب در حد بالاتری قرار داشته ولی نسبت به تخته فیبر سخت و تخته چندلایی کاهش یافته است. همچنین نتایج این بررسی نشان داده است که تغییرات واکنشیدگی ضخامتی در کامپوزیت‌های الیاف چوب/پلاستیک نسبت به سایر اوراق فشرده چوبی مطلوب‌تر بوده است.

Mahlberg و همکاران (۲۰۰۱) در تحقیقی که روی کامپوزیت‌های الیاف چوب/پلی‌پروپیلن و روکش پلی‌پروپیلن و الیاف تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF) به‌مراه الیاف پلی‌پروپیلن و پودرفنل‌فرم‌آلدهید انجام دادند به این نتیجه رسیدند که استفاده از انیدرید مالئیک و انیدرید ساکسینیک می‌تواند به اصلاح الیاف سلولزی منجر گردد. در این بررسی از الیاف پلی‌پروپیلن با نسبت ۱۰ و ۲۰ درصد، انیدرید مالئیک و ساکسینیک بصورت پودر خشک به مقدار ۱۵ درصد وزن خشک الیاف استفاده شده

- نوع پلیمر گرمانرم:

در دو سطح ماده پلی پروپیلن (Polypropylene) (pp) و پلی اتیلن با دانسیته بالا (HDPE) (High Density polyethylene) عامل جفت کننده:  
در سه سطح ۰، ۲ و ۴ درصد  
- عوامل ثابت

نوع و درصد ماده شروع کننده (دی کومیل پراکساید ۰/۱ درصد)، درجه حرارت پرس (۲۱۰ درجه سلسیوس) زمان پرس (۶ دقیقه)، فشار پرس (۳ مگاپاسکال)، ضخامت تخته (۳/۲ میلیمتر)، وزن مخصوص تخته (۰/۸۵ گرم بر سانتیمتر مکعب) و سایر شرایط آزمایش بطور ثابت در نظر گرفته شدند.  
سطوح مختلف عوامل متغیر در جدول شماره ۲-۲ نشان داده شده است.

Nabi و Jog (۱۹۹۹) در بررسی روی پلیمرهای بر مبنای الیاف سلولزی عنوان کردند که مقاومت و مدول کششی این نوع کامپوزیتها با استفاده از عوامل جفت کننده افزایش یافته است. آنها بیان داشتند که اتصالات استری میان پلیمر مالئیکی و گروه هیدروکسیل سلولز باعث چسبندگی بالاتر میان الیاف و ماتریس می گردد.

### مواد و روشها

ساخت کامپوزیت های الیاف چوب/پلاستیک به روش ریزش کیک  
عوامل متغیر:  
عوامل متغیر و سطوح آن در این بررسی به شرح زیر می باشد.

- درصد الیاف سلولزی:

در سه سطح مقدار ۵۵، ۷۰ و ۸۵ درصد

جدول شماره ۱- سطوح مختلف عوامل متغیر، علائم، تعداد و نامگذاری سطح در روش ریزش کیک

عامل متغیر	علامت	تعداد سطح	نامگذاری سطوح
درصد الیاف	B	۳	B <sub>1</sub> = درصد ۵۵
			B <sub>2</sub> = درصد ۷۰
			B <sub>3</sub> = درصد ۸۵
نوع پلیمر گرمانرم	A	۲	A <sub>1</sub> = پلی پروپیلن
			A <sub>2</sub> = پلی اتیلن با دانسیته بالا
درصد جفت کننده	C	۳	C <sub>1</sub> = درصد ۰
			C <sub>2</sub> = درصد ۲
			C <sub>3</sub> = درصد ۴

سلسیوس خشک شدند. الیاف بدست آمده جهت جلوگیری از جذب رطوبت درون کیسه های پلاستیکی قرار داده شدند. دانسیته حجمی این نوع الیاف بین ۱۰-۵۰ kg/m<sup>3</sup> می باشد. الیاف کارتن کهنه OCC دارای میانگین طول الیاف ۰/۶۸۵ میلیمتر و ضریب کشیدگی ۲۹/۵۸ می باشد.

پلیمر گرمانرم:

### الیاف سلولزی:

جهت تهیه الیاف کارتن کهنه<sup>۱</sup> (OCC) نمونه های الیاف از کارخانه تولید کارتن در شمال کشور تهیه گردید و جداسازی الیاف انجام گرفت. الیاف کارتن کهنه تا رطوبت زیر ۳ درصد بوسیله خشک کن استوانه ای دوار و با سرعت ۳ دور در دقیقه در دمای ۹۰-۱۰۰ درجه

## تهیه نمونه‌های آزمونی و اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی:

پس از تهیه نمونه‌های آزمونی از هر ترکیب تیمار ۱۲ نمونه آزمونی تهیه شدند. ویژگی‌های فیزیکی شامل جذب آب پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب سرد و ۲ ساعت غوطه‌وری در آب جوش و واکنش‌پذیری ضخامت پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب سرد و ۲ ساعت غوطه‌وری در آب جوش بودند. آزمایشات مکانیکی شامل آزمون کششی و مدول کششی، آزمون خمشی و مدول خمشی و چسبندگی داخلی بوده است. صفحات کامپوزیت الیاف چوب/پلاستیک مطابق با آیین نامه D-1037 استاندارد ASTM انجام گرفت. جهت اندازه‌گیری مقاومت و مدول کششی تنش حداکثر محاسبه گردید. آزمایش تا نقطه شکست این نمونه‌ها با سرعت ۵ میلی‌متر بر دقیقه انجام شده است. نمونه‌های آزمون خمشی و مدول خمشی تنش حداکثر با سرعت ۲ میلی‌متر بر دقیقه مورد آزمایش قرار گرفتند. آزمون تعیین چسبندگی داخلی با سرعت ۱ میلی‌متر بر دقیقه انجام شده است. تمام آزمایشات مکانیکی توسط دستگاه آزمایشگر ۱۱۸۶-INSTRON انجام گرفته است.

آزمایش غوطه‌وری در آب جوش مطابق با استاندارد CAN-01880-M78 کانادا انجام شده است.

## تجزیه و تحلیل آماری

نتایج این تحقیق با استفاده از آزمون فاکتوریل سه عامله با انجام گرفته است. مقادیر هر ویژگی و اثرات مستقل و متقابل در سطوح ۵ درصد ارزیابی شده است. پس از آن در صورت معنی‌دار بودن اختلاف به کمک روش دانکن (DMRT) اختلاف میان میانگین‌ها تعیین شده است.

## نتایج

در این بررسی از پلی‌اتیلن ضایعاتی با دانسیته بالا و پلی پروپیلن (کیسه‌های ضایعاتی بسته‌بندی) و به طول ۱۰ میلی‌متر استفاده گردید

## سازگار کننده (عامل جفت کننده)

جهت افزایش سازگاری بین الیاف سلولزی و پلیمرها از عوامل جفت کننده شیمیایی و مواد افزودنی استفاده می‌گردد. در این بررسی عامل جفت کننده انیدریدمالئیک (MA) بهمراه پلی پروپیلن بوده است که از پژوهشگاه پلیمر ایران تهیه گردید. عامل شروع کننده به مقدار ۰/۱ درصد وزن سازگار کننده در حین ساخت به مواد جفت کننده و الیاف سلولزی افزوده شده است.

## روش ساخت کامپوزیت الیاف چوب/پلاستیک به روش ریزش کیک:

در این روش پس از آماده‌سازی الیاف سلولزی به میزان محاسبه شده انیدرید مالئیک به آنها افزوده شده است. پس از مخلوط شدن الیاف سلولزی با سازگار کننده، مخلوط آماده شده با الیاف پلی پروپیلن مخلوط شدند. جهت شکل دهی کیک الیاف چوب و پلاستیک از قالب چوبی به ابعاد ۳۱×۳۶ سانتیمتر استفاده شده بود. پس از آن کیک تشکیل شده در داخل پرس گرم قرار گرفته و تا رسیدن به ضخامت و دانسیته نهائی ۸۵ / ۰ گرم بر سانتیمتر مکعب در فشار ۳ مگا پاسکال و سرعت بسته شدن ۴/۵ میلی‌متر در ثانیه پرس شدند. جهت تنظیم ضخامت صفحات کامپوزیت از شابلون فلزی به ضخامت ۳/۲ میلی‌متر استفاده شده است. زمان مورد نیاز پرس کردن ۶ دقیقه و درجه حرارت نیز برابر ۲۱۰ درجه سلسیوس انتخاب شده است. صفحات کامپوزیت پس از خارج شدن از پرس به مدت کافی در محیط قرار گرفته و خنک شدند.

نتایج تجزیه واریانس اثر عوامل متغیر مورد بررسی بر ویژگیهای فیزیکی و مکانیکی تخته خرده چوب‌های ساخته شده در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲ - نتایج تجزیه واریانس اثر عوامل متغیر ساخت

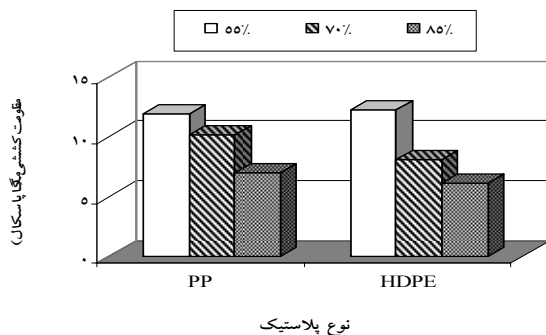
اثرات مستقل و متقابل ویژگی	A نوع پلاستیک	B درصد الیاف	C درصد جفت کننده	AB	AC	BC	ABC ضریب تغییرات (C.V.%)
مقاومت خمشی (MPa)	n.s.	**	**	n.s.	n.s.	*	۵/۰۹
مدول خمشی (MPa)	**	**	**	n.s.	**	*	۶/۱۸
چسبندگی داخلی (MPa)	n.s.	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	۱۲/۲۵
مقاومت کششی (MPa)	**	**	**	**	n.s.	n.s.	۱۰/۸۰
مدول کششی (MPa)	n.s.	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	۷/۴
واکسیدگی ضخامت ۲ ساعتی (%)	n.s.	**	**	**	n.s.	n.s.	۴/۹۸
واکسیدگی ضخامت ۲۴ ساعتی (%)	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	۵/۴۷
واکسیدگی ضخامت ۲ ساعت آب جوش (%)	n.s.	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	۸/۶۲

\*\* (معنی دار در سطح ۱٪) \* (معنی دار در سطح ۵٪) n.s. (معنی دار نمیباشد)

کهنه ۵۵ درصد حداقل و در گروه برتر (A) قرار می‌گیرند. نتایج نشان داده است که مولکولهای پلی‌پروپیلن با درصد کریستالی بالاتر نسبت به پلی‌اتیلن با دانسیته بالا باعث افزایش ویژگیهای کششی شده است. همچنین افزایش نقطه ذوب در پلی‌پروپیلن نسبت به پلی‌اتیلن با دانسیته بالا باعث تخریب کمتر در مولکولهای پلی‌پروپیلن گردیده است. افزایش میزان دانسیته در مولکولهای پلی‌اتیلن نسبت به پلی‌پروپیلن و میزان تراکم و فشردگی آن از دلایل اصلی کاهش واکسیدگی ضخامت در پلی‌اتیلن با دانسیته بالا می‌باشد.

**- اثر نوع پلاستیک و الیاف کارتن کهنه :**

نتایج نشان داده است که در حالت استفاده از الیاف پلی‌اتیلن با دانسیته بالا با مقدار ۵۵ درصد الیاف کارتن کهنه مقدار مقاومت کششی در گروه برتر (A) قرار گرفته است. همچنین نتایج نشان داده است که استفاده از الیاف پلی‌پروپیلن با مقدار ۵۵ درصد الیاف کارتن کهنه میزان مقاومت کششی در گروه بعدی (B) قرار می‌گیرد. همچنین میزان واکسیدگی ضخامت پس از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب در این روش در حالت استفاده از الیاف پلی‌اتیلن با دانسیته بالا و پلی‌پروپیلن به ترتیب در مقدار الیاف کارتن

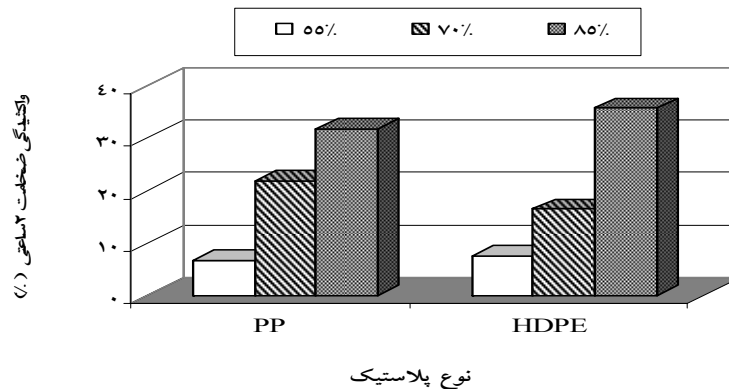


### شکل ۱ - اثر متقابل میان نوع پلاستیک و درصد الیاف کارتن کهنه بر مقاومت کششی کامپوزیت

اجزاء دیواره سلولی عناصر چوبی شده است. عدم نفوذپذیری آب در پلاستیکها در حالت آمورف و کریستالی باعث جذب آب در سایر مواد مورد استفاده در کامپوزیت می‌گردد. نسبت فشردگی در کامپوزیت الیاف چوب/پلاستیک در مورد پلاستیک با درصد بالا کمتر بوده بنابراین تنش داخلی کامپوزیت با درصد بالاتر پلاستیک کاهش یافته و واکنشیدگی ضخامت غیر قابل برگشت کمتری خواهد داشت. میزان چسبندگی داخلی نیز در حالت استفاده از ۵۵ درصد الیاف کارتن کهنه حداکثر و در گروه برتر (A) قرار گرفته است.

همچنین در حالت استفاده از مقدار ۵۵ درصد الیاف سلولزی نقش انتقال مناسب نیرو به الیاف در حالت کششی باعث بهبودی در این ویژگی شده است. افزایش ضریب کشیدگی الیاف و طول مناسب الیاف در ماتریس پلیمر به انتقال تنش کمک بیشتری می‌نماید.

با افزایش درصد الیاف سلولزی در کامپوزیت الیاف چوب/پلاستیک به روش ریزش کیک از مقدار ۵۵ به ۸۵ درصد واکنشیدگی ضخامت پس از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب و ۲ ساعت غوطه‌وری در آب جوش افزایش یافته است. افزایش درصد الیاف سلولزی نسبت به مواد پلاستیکی باعث واکنشیده شدن و جذب بیشتر رطوبت در



شکل ۲ - اثر متقابل میان نوع پلاستیک و درصد الیاف کارتن کهنه بر واکنشیدگی ضخامت پس از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب در کامپوزیت

تولید می‌شوند. مطابق با بررسی آنان اثر واکنشیدگی ضخامت در مقدار کمتر الیاف سلولزی در سطوح ۱ و ۳ درصد انیدریدمالئیک پلی پروپیلنی سبب کاهش واکنشیدگی ضخامت می‌شود. وی عنوان داشت که اثر

Krzysik (۱۹۹۱) نیز بیان داشت که ویژگی‌های پایداری ابعاد خصوصاً واکنشیدگی مسئله مهمی در کامپوزیت‌های با درصد زیاد الیاف سلولزی می‌باشد. این نوع کامپوزیت‌ها نه تنها دارای واکنشیدگی عادی هستند، بلکه سبب آزاد شدن تنش‌های اضافی فشاری در جریان

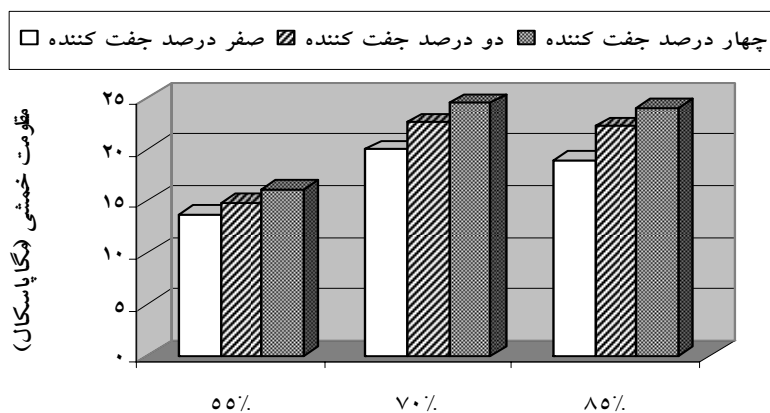
مقاومت خمشی در گروه بعدی (B) قرار میگیرد. همچنین در حالت استفاده از ۲ و ۴ درصد عامل جفت‌کننده میزان واکنشیدگی ضخامت کامپوزیت نسبت به کامپوزیت بدون عامل جفت‌کننده کاهش داشته است. عوامل جفت‌کننده ایندیریدمالئیک می‌تواند اتصال میان الیاف و ماتریس و نهایتاً بهبودی ویژگیهای فیزیکی و مکانیکی را سبب شود. واکنشهای فعال و قوی الیاف - الیاف عمدتاً از پیوندهای هیدروژنی منشاء می‌گیرند. جهت بهبود وضعیت اتصال در گرمانرم غیر قطبی و الیاف سلولزی قطبی جفت‌کننده‌ها وظیفه کاهش کشش سطحی الیاف سلولزی و نزدیک شدن کشش سطحی به پلیمر مذاب را بر عهده دارند. با وجود آمدن اتصالات توسط عوامل جفت‌کننده اتصالات هیدروژنی الیاف - الیاف تضعیف شده و پنخس الیاف در ماتریس گرمانرم سهل‌تر می‌شود و از طریق آن چسبندگی بهبود می‌یابد.

ایندیریدمالئیک پلی‌پروپیلنی (جفت‌کننده) بر روی ثبات ابعادی دارای اثر مثبتی است.

#### اثر مقدار عامل جفت‌کننده و درصد الیاف کارتن

##### کهنه:

اثر عامل جفت‌کننده در تولید کامپوزیت‌های الیاف چوب/پلاستیک به روش ریزش کیک در سه سطح شاهد ۰، ۲ و ۴ درصد مورد نظر قرار گرفته است. نتایج نشان داده است که در حالت استفاده از ۴ درصد عامل جفت‌کننده با مقدار ۷۰ درصد الیاف کارتن کهنه مقاومت خمشی حداکثر و در گروه برتر (A) قرار گرفته است. افزایش ضریب خم‌کنندگی بالا در ترکیب کامپوزیت با ۷۰ درصد الیاف سلولزی و مقاومت بیشتر در برابر نیروهای خم‌کنندگی و جذب انرژی بالاتر باعث افزایش مقاومت خمشی می‌شود. همچنین در حالت استفاده از ۴ درصد عامل جفت‌کننده و ۸۵ درصد الیاف کارتن کهنه مقدار



شکل ۳ - اثر متقابل میان درصد الیاف کارتن کهنه و درصد عامل جفت‌کننده بر مقاومت خمشی در کامپوزیت

ساخته شده با پلیمرها و الیاف سلولزی عنوان کردند که مقاومت و مدول کششی این نوع کامپوزیتها با استفاده از عوامل جفت‌کننده افزایش یافته است. آنها بیان داشتند که اتصالات استری میان پلیمر مالئیکی و گروه هیدروکسیل

نتایج نشان داده است که در حالت استفاده از ۴ درصد عامل جفت‌کننده ویژگیهای مکانیکی در حد مطلوب‌تری نسبت به ۲ درصد و بدون عامل جفت‌کننده قرار داشته‌اند. Nabi و Jog (۱۹۹۹) نیز در بررسی روی کامپوزیت‌های



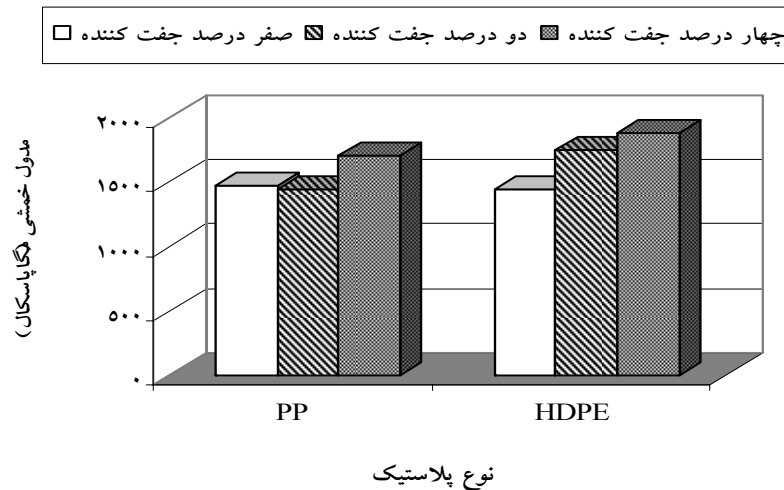
سلولز باعث چسبندگی بالاتر میان الیاف و ماتریس می‌گردد.

#### اثر نوع پلاستیک و عامل جفت کننده:

نتایج نشان داده است که در حالت استفاده از الیاف پلی اتیلن با دانسیته بالا با مقدار چهار درصد عامل جفت کننده مقدار مدول خمشی در گروه برتر (A) قرار گرفته است. همچنین نتایج نشان داده است که استفاده از الیاف پلی پروپیلن با مقدار چهار درصد عامل جفت کننده میزان مدول خمشی در گروه بعدی (B) قرار می‌گیرد. نتایج بدست آمده با تحقیقات Hunt, Vick (۱۹۹۹) همخوانی داشته است آنان عنوان کردند که تخته فیبر سخت ساخته شده از الیاف کارتن کهنه (OCC) که

الیاف اولیه به روش شیمیائی بدست آمده جهت تولید کارتن که دارای لیگنین کمی می‌باشند راندمان الیاف کاهش و از طرف دیگر باعث افزایش مقاومت خمشی شده است. از طرف دیگر الیاف کارتن کهنه دارای راندمان کمتری بوده و ضرورتاً لیگنین کمتری داشته که باعث خمش پذیری بیشتر می‌گردد.

همچنین در بررسی آنها مشخص شده بود که ویژگیهای الیاف کارتن کهنه (OCC) نسبت به الیاف اولیه بهتر می‌باشد که می‌تواند به واسطه راحتی فرآوری و ایجاد سطح تماس بالاتر الیاف- الیاف و افزایش پتانسیل جهت اتصال گرمانرم‌ها و گرماسخت‌ها و کاهش لیگنین و حتی سلولزها باشد.



شکل ۴ - اثر متقابل میان نوع پلاستیک و درصد عامل جفت کننده بر مدول خمشی کامپوزیت

الیاف سلولزی و درصد عامل جفت کننده ساخته شده‌اند. استفاده از روش آزمون فاکتوریل جهت تجزیه و تحلیل نتایج مورد بررسی قرار گرفته است. از سه سطح مقدار الیاف سلولزی کارتن کهنه ۵۵، ۷۰ و ۸۵ درصد در تولید کامپوزیت استفاده شده و نتایج نشان داده‌اند است که در

#### نتیجه گیری:

برای بررسی استفاده از الیاف سلولزی با درصد بالا در مخلوط الیاف و پلیمر در روش ریزش کیک تولید کامپوزیت الیاف چوب/ پلاستیک، ۳۶ تخته آزمایشگاهی در قالب ۱۲ ترکیب شرایط نوع پلاستیک، درصد

جفت‌کننده حداکثر شده و واکنشیدگی ضخامت کامپوزیت در ۲ و ۴ درصد عامل جفت‌کننده حداقل بوده است.

### منابع مورد استفاده:

- ASTM standards, (1995). Wood. D-1037 volume 04.10.
- Falk, R.H., Don, V., Cramer, S. M., (1999). The comparative performance of wood fiber-plastic and wood-based panels. Fifth International conference on wood fiber-plastic composites may 26-27 1999. The Madison, Wisconsin. Page 269-274.
- Hunt, J. F., Vick, C. B., (1999). Strength and processing properties of wet-formed hardboards from Recycled corrugated containers and commercial Hardboard fibers. Forest products journal (1999). Vol. 49, No. 5 pp. 69-74.
- Hwang, c. Y., Yun Hse, C., Choong, E. T., (1997). Effect of configuration and some is processing variables on the properties of wood fiber-polyethylene composites. The fourth International conference on wood fiber-plastic composites. Forest product society proceeding May 12-14 page 123-130.
- Krzysik, A. M., and youngquist, Y. A., (1991). Bonding of Air-Formed wood fiber/polypropylene fiber composites. Forest products laboratory USA. INT. J. Adhesion and adhesives vol. 11 No: 4 October 1991. P. 235-240.
- Mahlberg, R., paajanen, L., Nurmi, A., Kivisto, A., koskela, k., and Rowell, R. M. (2001). Effect of chemical Modification of wood on the mechanical and Adhesion properties of wood fiber, polypropylene fiber and polypropylene/veneer composites. Holz als-und werkstoff 59(2001) 319-329. Sprmyer-verley.
- Nabi saheb, D., and Jog, J. P., (1999). Natural fiber polymer composites: A Review. Advances in polymer Technology, vol. 18, No. 4, 351-363.
- Youngquist, J. A., Myers, G. E. Muehi, J. H., Krzysik, A. M., and clemens, C.M. (1994). Composites from Recycled wood and plastic. USDA forest service forest products lab. Madison, International conference on wood fiber-plastic composites. Sep 1994.

صورت استفاده از مقدار ۷۰ درصد الیاف سلولزی، مقاومت و مدول خمشی حداکثر بوده است. در مقدار ۵۵ درصد الیاف سلولزی، چسبندگی داخلی، مقاومت و مدول کششی و واکنشیدگی ضخامت کامپوزیت برتر بوده است. نتایج نشان دادند که ویژگیهای فیزیکی این نوع کامپوزیت زمانی که از جفت‌کننده استفاده شده بود بهتر شده است. ویژگیهای مکانیکی نیز عمده‌تاً در حالت استفاده از ۴ عامل

## Investigation of OCC Fiber/Polymers Composites in Air – Forming Production

Nourbakhsh, A.<sup>\*1</sup>, Doosthossieni, .K.<sup>2</sup>, Kargarfard, A.<sup>3</sup>, Golbabaee, F.<sup>4</sup> and Haji hassani, R.<sup>4</sup>

<sup>1\*</sup> - Corresponding author, Ph.D., Wood and Paper Science Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Iran,  
E-mail nourbakhsh\_amir@yahoo.com

2- Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran.

3- Ph.D., Wood and Paper Science Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Iran.

4- Master science, Wood and Paper Science Research DEivision, Research Institute of Forests and Rangelands, Iran.

Received: Oct. 2007

Accepted: Feb, 2008

### Abstract

This study investigated the effects of production variables on physical and strength properties of air-formed OCC fibers / polymer composites. A combination of 12 treatments of OCC fibers and coupling agents for air-forming were investigated. Physical and mechanical properties of the sample were analyzed using factorial experimental design with completely randomized and DMRT test is used to classified the averages. The results of this study showed that addition of 70% OCC fibers to the polymers in air forming resulted in composites with higher strengths and modulus of rupture and 55% OCC fibers increased internal bonding, tensile strength and modulus, and lowered thickness swelling. Thickness swelling after 2 h water-soak and mechanical properties were improved by addition 2 and 4 % coupling agent.

**Keywords:** Composites, Plastics, Coupling agents, OCC Fibers, Physical Mechanical Properties