

بررسی خواص مکانیکی نوع و درصد جفت کننده در چندسازه باگاس پلی پروپیلن

امیر نوربخش^{۱*} و ابوالفضل کارگرفرد^۲

*۱- نویسنده مسئول، دانشیار، صنایع چوب و کاغذ، بخش تحقیقات علوم چوب و فراورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران.

پست الکترونیک: nourbakhsh_amir@yahoo.com

۲- دانشیار، صنایع چوب و کاغذ، بخش تحقیقات علوم چوب و فراورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران

تاریخ دریافت: دی ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۳

چکیده

در این بررسی استفاده از سه نوع جفت کننده پلی پروپیلن و آرد باگاس در تولید چندسازه چوب پلاستیک مورد توجه قرار گرفت. نوع جفت کننده و مقدار مصرف جفت کننده در سه سطح به عنوان عوامل متغیر با ۴۰ درصد آرد باگاس در نظر گرفته شد. ویژگی های مکانیکی و شاخص جریان مذاب (MFI) چندسازه های چوب پلاستیک در تیمارهای مختلف مورد مقایسه قرار گرفت. با استفاده از آزمون فاکتوریل دو عامله در قالب بلوک های کامل تصادفی تجزیه و تحلیل آماری انجام شد و مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن (DMRT) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که جفت کننده G-3216 در سطح ۲ درصد وزنی با داشتن گرانروی بیشتر و شاخص جریان مذاب بهتر، خواص مکانیکی بالاتری نسبت به دو نوع دیگر جفت کننده مالیتیکی داشته است. مورفولوژی چندسازه های چوب پلاستیک ساخته شده با سه نوع جفت کننده پلی پروپیلنی توسط میکروسکوپ الکترونی پویشی SEM نیز مورد تحقیق قرار گرفت. حضور حفره های بیشتر در سطح شکست نمونه حاوی پلی پروپیلن به همراه جفت کننده G-3015 نسبت به دو جفت کننده دیگر نشان دهنده اتصال ضعیف بین ماده لیگنوسولوزی و ماتریس پلیمری بود.

واژه های کلیدی: چندسازه، باگاس، پلی پروپیلن، جفت کننده، خواص مکانیکی، شاخص جریان مذاب.

مقدمه

دستیابی به علم و فناوری نانو چندسازه ها امکان طراحی و بهینه سازی را در ابعاد مولکولی فراهم می سازد. نانو چندسازه ها به موادی متشکل از بیش از دو جزء گفته می - شود که یکی از اجزای آن در ابعاد نانومتر باشد و در جزء دیگر پراکنده شده باشد. البته یک چندسازه باید دارای خواص بهتری از هر دو جزء تشکیل دهنده آن (حداقل در یکی از خواص) باشد.

Maldas و kokta (۱۹۸۹) بیان کردند که رفتار پلیمرهای الیافی نسبت به تغییر شکل حرارتی بسیار حساس

اهمیت مواد لیگنوسولوزی به اندازه ای زیاد شده که این مواد امروزه به عنوان تقویت کننده پلاستیک ها مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است. مواد پلیمری که همان ماده زمینه یا ماتریس می باشند شامل پلیمرهای گرمانرم و یا پلیمرهای گرماسخت است. در دهه اخیر زمینه جدیدی تحت عنوان نانو چندسازه ها نیز در عرصه علم و فناوری وارد شده است و از آن پس تاکنون موضوع بسیاری از تحقیقات انجام شده و پیشرفت های به دست آمده بوده است.

نشان داده‌اند. البته مقدار بهبودی خواص مکانیکی به مقدار الیاف، غلظت، ساختمان شیمیایی عوامل اتصال، ترکیب اجزا پوشش، درجه پیوند زدن و به نوع تیمار مورد استفاده بستگی داشت. به‌طورکلی نتایج نشان داد که تیمار با ایزوسیانات و مالئیک انیدرید پیوند شده با پلی‌پروپیلن بسیار مؤثرتر از تیمارهای سیلان و انیدرید فتالیک است.

در بررسی دیگری Lu و همکاران (۲۰۰۵) هفت نوع عامل جفت کننده را مورد بررسی قرار دادند. آنها نتیجه گرفتند که جفت کننده MAPE اثر بهتری نسبت به OPE (پلی‌اتیلن اپوکسیدایزد) و PPE پلی‌پروپیلن خالص دارد و دلیل آن وجود اتصال قوی‌تر است. ترکیب عدد اسیدی، وزن مولکولی و غلظت عامل جفت کننده همه در قدرت اتصال چندسازه چوب پلاستیک مؤثر است. به‌طوری‌که عامل جفت کننده با وزن مولکولی بالا و عدد اسیدی متوسط باعث بهبود اتصال می‌شود.

در تحقیقی جامع Matuana و همکاران (۲۰۰۹) استفاده از انواع جفت کننده‌های مالئیک پلی‌اتیلنی و پلی‌پروپیلنی را در جهت کاهش مصرف چسب و افزایش چسبندگی در تولید فراورده‌های مرکب چوبی (تخته خرده چوب، تخته فیبر با دانسیته متوسط و چندسازه‌های چوب پلاستیک) مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که جفت کننده مالئیک پلی‌اتیلنی (MAPE) نسبت به جفت کننده پلی‌پروپیلنی (MAPP) دارای خواص مقاومتی بهتری از جمله چسبندگی داخلی (IB) داشته است. همچنین مقایسه انواع جفت کننده مالئیک با وزن مولکولی مختلف (MW) شامل G-3216 با وزن مولکولی ۳۹۰۰۰، G-3015 با وزن مولکولی ۴۷۰۰۰ و G-3003 با وزن مولکولی ۵۲۰۰۰ مورد توجه قرار گرفت. نتایج نشان داد که استفاده از جفت کننده G-3216 با وزن مولکولی کمتر توانسته مقاومت‌های مکانیکی فراورده‌های مرکب چوبی را افزایش دهد.

در این تحقیق برای بهبود خواص مکانیکی چندسازه چوب پلاستیک، از سه سطح نوع جفت کننده مالئیک و از مواد چوبی باگاس به‌عنوان مواد اولیه چوبی و دو سطح درصد جفت کننده برای تعیین بهترین شرایط ساخت استفاده شده است.

بوده و این حساسیت در مقاومت به ضربه بیشتر است ولی با استفاده از عامل جفت‌کننده انیدرید مالئیک به‌عنوان سازگار کننده در دامنه حرارتی ۱۹۰ درجه سلسیوس این ویژگی مطلوب‌تر بوده است.

در بررسی دیگری Felix و همکاران (۱۹۹۳) ویژگی‌های سطحی الیاف روزنامه اصلاح شده با مواد جفت‌کننده را مورد توجه قرار دادند. آنان در این بررسی از عوامل جفت‌کننده انیدریدمالئیک پلی‌پروپیلنی استفاده کردند. نتایج آنان نشان داده که عوامل جفت‌کننده فوق روی سطوح الیاف کاغذ روزنامه دارای ویژگی‌های سطحی اسیدی شده که باعث بوجود آمدن تغییراتی شده است. آنان با تیمار کردن به‌وسیله عوامل جفت‌کننده ویژگی‌های اسیدی را در سطوح کاهش داده‌اند. این کار توسط رفتار خنثی زنجیرهای پلی‌پروپیلنی انیدریدی (Epolene-3003 شرکت Eastman آلمان) انجام شده است. همچنین طیف‌سنجی FTIR در این بررسی ثابت کرده است که حرکت‌های انیدرید در انیدریدمالئیک پلی‌پروپیلنی باعث واکنش استری شدن با گروه‌های هیدروکسیل سطح الیاف روزنامه شده است. البته این عوامل مجدداً با سطوح الیاف روزنامه واکنش انجام داده تا به شکل یک منو استر و تشکیل الیاف استری با گروه‌های کربوکسیلیک شده‌اند.

Li و همکاران (۲۰۰۳) بر روی استفاده از مواد مختلف جفت کننده در سطح اتصال بین چوب و مواد پلیمری مطالعاتی انجام داده و عنوان کرده‌اند که قابلیت پیوند زنی در مواد مختلف جفت کننده مالئیک E-432 و G-3003 است و در فرایندهای مختلف از جمله چندسازه‌های چوب پلاستیک استفاده شده دارای مزایای بسیاری از جمله چسبندگی بهتر و اتصال شیمیایی مناسب‌تر است.

همچنین در تحقیقی Maldas و همکاران (۲۰۰۳) اثر سه سازگار کننده ایزوسیانات، سیلان و مالئیک انیدرید پیوند خورده با پلی‌پروپیلن را در تشکیل مواد چندسازه ترموپلاستیک مورد بررسی قرار دادند. این تحقیق نشان داد که به‌طورکلی چندسازه تیمار شده با سازگار کننده‌ها خواص مکانیکی مطلوب‌تری را نسبت به چندسازه‌های تیمار نشده

مواد و روش‌ها

عوامل متغیر این تحقیق شامل سه سطح نوع جفت کننده (G-3003، G-3216 و G-3015) و سه سطح جفت کننده (صفر، ۲ و ۴ درصد وزنی) است. در تمام ۷ تیمار نوع پلیمر، مواد چوبی و سایر مواد مصرفی ثابت فرض شدند.

تهیه مواد اولیه

مواد چوبی

مواد: آرد چوب مورد استفاده از گونه باگاس تهیه گردید که پس از درجه بندی در ابعاد ۶۰/۴۰ الک گردیدند. سپس

در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت تا رطوبت ۳٪ خشک شدند. میزان مواد لیگنوسولونی ۴۰٪ وزن کل چندسازه ثابت در نظر گرفته شد.

پلی‌پروپیلن مورد بررسی با نام تجاری Moplen V30S از پتروشیمی اراک با شاخص جریان مذاب ۸ گرم بر ۱۰ دقیقه در دمای ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد و دانسیته ۰/۹۲ گرم بر سانتیمتر مکعب تهیه گردید.

جفت‌کننده در این بررسی از سه نوع مختلف از شرکت Sigma-Aldrich مطابق با جدول شماره ۱ تهیه گردید.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی پلی‌پروپیلن و جفت‌کننده‌های مالیکی مورد استفاده

نوع سازگارکننده‌ها و پلیمر مورد استفاده	گرانروی بروکفیلد (۱۹۰°C, cP)	نقطه ذوب (C ⁰)	شماره اسیدی (mgKOH/g)	دانسیته (g/cm ³)	وزن مولکولی (Mw)	شاخص جریان مذاب (گرم بر ۱۰ دقیقه در ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد)
PP Moplen V30S	-	۱۴۳	-	۰/۹۲	-	۸-۱۰
G-3003 Eastman-	۶۰۰۰۰	۱۵۲	۹	۰/۹۳	۵۲۰۰۰	۹
Eastman- G-3216	۱۸۰۰۰	۱۴۲	۱۶	۰/۹۷	۶۰۰۰۰	۱۴
G--Eastman 3015	۱۸۰۰۰	۱۵۶	۱۵	۰/۹۵	۴۷۰۰۰	۶-۸

آماده‌سازی و ساخت چندسازه

نسبت وزنی ترکیب مواد مختلف و تیمارهای ساخت در جدول شماره ۲ ارائه شده است. مواد مورد استفاده توسط دستگاه اکسترودر (کولین) از نوع دو ماریچه همسوگرد مخلوط گردیدند. سپس مناطق حرارتی اکسترودر به ترتیب ۱۶۵، ۱۷۰، ۱۷۵، ۱۸۰ و ۱۸۵ درجه سانتی‌گراد برای نواحی ۱ تا ۵ اختصاص یافت. سرعت دورانی ماریچه در حد ۶۰ دور در دقیقه تنظیم گردید. مواد مخلوط شده مذاب از حمام آب سرد عبور داده شده و به صورت پلت (Pellets)

تهیه گردید. ذرات پلت تهیه شده توسط دستگاه گرانول‌ساز به گرانول تبدیل شدند. به منظور جلوگیری از هرگونه اثر منفی رطوبت، ذرات گرانول توسط دستگاه خشک‌کن در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد تا ۳٪ خشک گردیدند. ذرات گرانول به دست آمده توسط دستگاه قالب‌گیری تزریقی در دمای ۱۸۵ درجه سانتی‌گراد و با فشار ۳ مگاپاسکال مطابق با استاندارد ASTM D 618 برای تهیه نمونه‌های آزمونی ضربه، خمش و کشش تهیه گردید.

جدول شماره ۲ - درصد ترکیب مواد و تیمارهای ساخت نمونه‌های چندسازه

شماره تیمار	نوع جفت کننده	جفت کننده (درصد وزنی)	پلی پروپیلن (درصد وزنی)	آرد باگاس (درصد وزنی)
۱	نمونه شاهد (بدون جفت کننده)	۰	۶۰	۴۰
۲	G-3003	۲	۵۸	۴۰
۳	G-3003	۴	۵۶	۴۰
۴	G-3216	۲	۵۸	۴۰
۵	G-3216	۴	۵۶	۴۰
۶	G-3015	۲	۵۸	۴۰
۷	G-3015	۴	۵۶	۴۰

اندازه‌گیری خواص مکانیکی

بررسی قرار گرفت. سطوح شکست نمونه‌های آزمونی بعد از اندازه‌گیری مقاومت به ضربه توسط لایه طلا پوشش داده شد. تمام تصاویر با ولتاژ تسریع شده ۲۵ کیلووات بررسی شدند.

تجزیه و تحلیل آماری

برای تجزیه و تحلیل آماری از آزمون فاکتوریل دوعامله و در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. تجزیه و تحلیل با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (DMRT) مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج

جدول ۳ خلاصه تجزیه واریانس مقاومت‌های مکانیکی و اثرات مستقل و متقابل نوع جفت کننده و درصد جفت‌کننده را در سطح ۱ و ۵ درصد نشان می‌دهد. همچنین مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

خواص کششی

با توجه به جدول تجزیه واریانس مشخص شده است که اثرات مستقل نوع جفت کننده بر مقاومت و مدول کششی در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. همان‌گونه که از شکل ۱ مشخص شده است اثرات مستقل نوع جفت‌کننده در سطح ۵ درصد بر خواص کششی چندسازه چوب پلاستیک معنی‌دار شده است. نتایج نشان داده است

تمام نمونه‌های آزمونی مطابق با آیین‌نامه‌های استاندارد ASTM-D 638 برای خواص کششی، ASTM-D 790 برای خواص خمشی و ASTM-D 256 برای مقاومت به ضربه فاقدار آیزود آزمایش گردیدند. نمونه‌های کششی و خمشی با استفاده از دستگاه (Instron 1186) در سرعت ۱/۵ و ۲ میلی‌متر بر دقیقه به ترتیب آزمایش شدند. برای آزمون استحکام کششی نمونه‌های دمبلی شکل از نوع III با ضخامت ۱۲ میلی‌متر استفاده شد. دستگاه آزمایشگر مقاومت به ضربه از نوع Zwick 1446 انتخاب گردید. نتایج ارائه شده، میانگین حداقل ۶ نمونه برای هر تیمار است.

شاخص جریان مذاب (MFI)

شاخص جریان مذاب مطابق با آیین‌نامه استاندارد ASTM-D1238-98 و با دستگاه اندازه‌گیری شاخص جریان مذاب Plasto-meter اندازه‌گیری گردید. این شاخص در دمای ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد با وزنه ۲/۱۶۴ کیلوگرم تعیین شد. نتایج به‌دست آمده بر اساس ۱۰ دقیقه مشخص گردید.

مطالعه ریخت‌شناسی میکروسکوپی: (SEM)

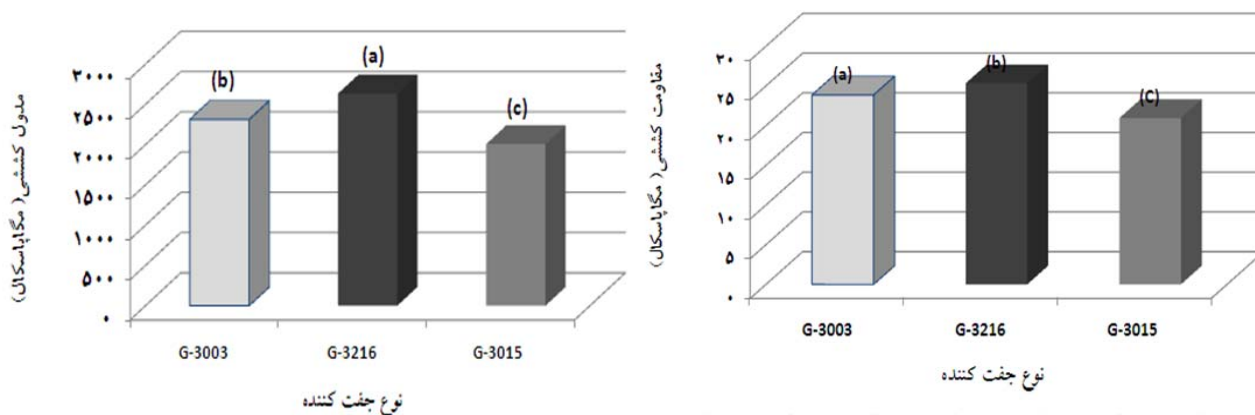
خواص مورفولوژیکی چندسازه‌های ساخته شده با استفاده از میکروسکوپ الکترونی (SEM) از نوع Philips XL 30 مورد

جدول ۳- خلاصه تجزیه واریانس مقاومت‌های مکانیکی و فیزیکی

منبع	مقاومت کششی	مدول کششی	مقاومت خمشی	مدول خمشی	مقاومت به ضربه
نوع جفت‌کننده	*۰/۰۲۸۰	*۰/۰۴۲	*۰/۰۳۱	ns۰/۱۱۸	*۰/۰۲۲
درصد جفت‌کننده	**۰/۰۰۰	**۰/۰۰۰	**۰/۰۰۰	*۰/۰۱۲	*۰/۰۱۸
اثر متقابل (نوع جفت‌کننده * درصد جفت‌کننده)	**۰/۰۰۱	ns۰/۱۱۷	*۰/۰۴۲	ns۰/۲۸۵	ns۰/۱۱۲

می‌شود که استفاده از جفت‌کننده G-3216 در گروه برتر (a) قرار داشته که نسبت به جفت‌کننده G-3003 که در گروه بعدی (b) قرار داشته دارای افزایش ۶/۴۲ درصدی است.

که استفاده از جفت‌کننده G-3216 سبب افزایش مقاومت کششی نسبت به دو نوع جفت‌کننده دیگر شده است. با مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن نیز ملاحظه

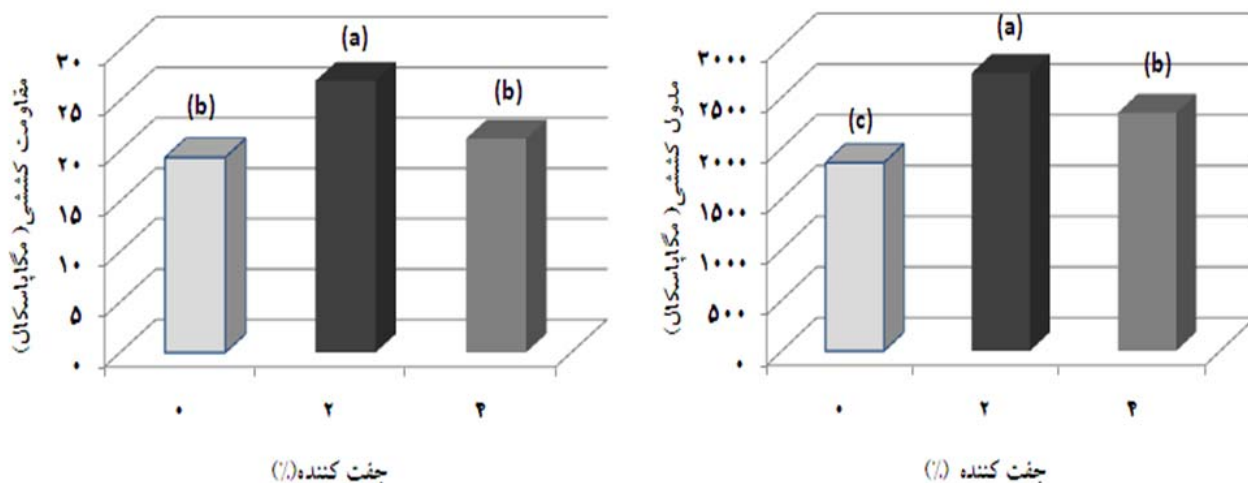


شکل ۱- اثر مستقل نوع جفت‌کننده بر خواص کششی چندسازه چوب پلاستیک

چوب پلاستیک معنی‌دار شده است. نتایج مقاومت و مدول کششی نشان داده است که استفاده از ۲ درصد جفت‌کننده سبب افزایش مقاومت و مدول کششی نسبت به ۴ درصد جفت‌کننده شده است. با مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن نیز ملاحظه می‌شود که در زمان استفاده از ۲ درصد جفت‌کننده در گروه برتر (a) قرار می‌گیرد. در تیمارهایی که از ۴ درصد مواد جفت‌کننده استفاده گردیده است در گروه بعدی (b) قرار می‌گیرد. Youngquest و همکاران (۱۹۹۱) نیز تأثیر ماده سازگاردهنده MAPP را بر چندسازه‌های چوب/ پلی پروپیلن مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنان حکایت از آن داشت که جفت‌کننده مالیکی (MAPP) در سطح ۳٪ و یا حتی کمتر باعث افزایش مقدار مقاومت‌ها و مدول‌ها و مقاومت به ضربه فاقدار گردیده است.

نتایج نشان داده است که استفاده از جفت‌کننده G-3216 سبب افزایش مدول کششی نسبت به جفت‌کننده G-3003 شده است. با مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن نیز ملاحظه می‌شود که استفاده از جفت‌کننده G-3216 در گروه برتر (a) قرار داشته که نسبت به جفت‌کننده G-3003 که در گروه بعدی (b) قرار داشته دارای افزایش ۱۳/۸۷ درصدی است. نقطه ذوب کمتر و شاخص جریان مذاب بالاتر این نوع جفت‌کننده سبب افزایش مقاومت و مدول کششی نسبت به جفت‌کننده G-3003 شده است.

همان‌گونه که در شکل ۲ مشخص شده است اثرات مستقل درصد مواد جفت‌کننده در چندسازه چوب پلاستیک در سطح ۱ درصد بر خواص کششی چندسازه



شکل ۲- اثر مستقل درصد جفت‌کننده بر خواص کششی چندسازه چوب پلاستیک

همراه جفت‌کننده مالیکی افزایش ۲۱٪ در استحکام کششی ایجاد می‌کند. Stark و Rowlands در سال ۲۰۰۳ نیز در گزارش خود مطرح کردند که چندسازه ساخته شده با ۴۰٪ چوب و ۳٪ MAPP افزایش ۲۷ درصدی در استحکام کششی ایجاد می‌کند.

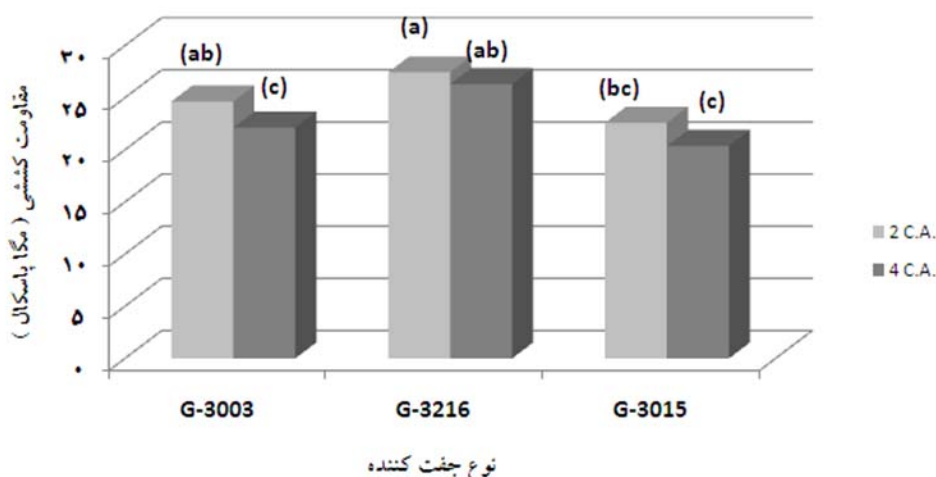
خواص خمشی

با توجه به جدول تجزیه واریانس مشخص شده است که اثرات مستقل نوع جفت‌کننده بر مقاومت خمشی در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. همان‌گونه که در شکل ۴ مشخص شده، نتایج نشان داده است که استفاده از جفت‌کننده G-3216 سبب افزایش مقاومت خمشی نسبت به دو نوع جفت‌کننده دیگر شده است. با مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن نیز ملاحظه می‌شود که استفاده از جفت‌کننده G-3216 در گروه برتر (a) قرار داشته که نسبت به جفت‌کننده G-3003 که در گروه بعدی (b) قرار داشته دارای افزایش ۱۲/۴۳ درصدی است. یکی از دلایل افزایش مقاومت خمشی در جفت‌کننده G-3216، نقطه ذوب کمتر و شاخص جریان مذاب بالاتر این نوع جفت‌کننده بوده است. Matuana و همکاران (۲۰۰۹) استفاده از انواع جفت‌کننده‌های مالیکی پلی‌اتیلنی و پلی‌پروپیلنی را در جهت کاهش مصرف چسب و افزایش چسبندگی در تولید فراورده‌های مرکب چوبی مورد بررسی قرار دادند.

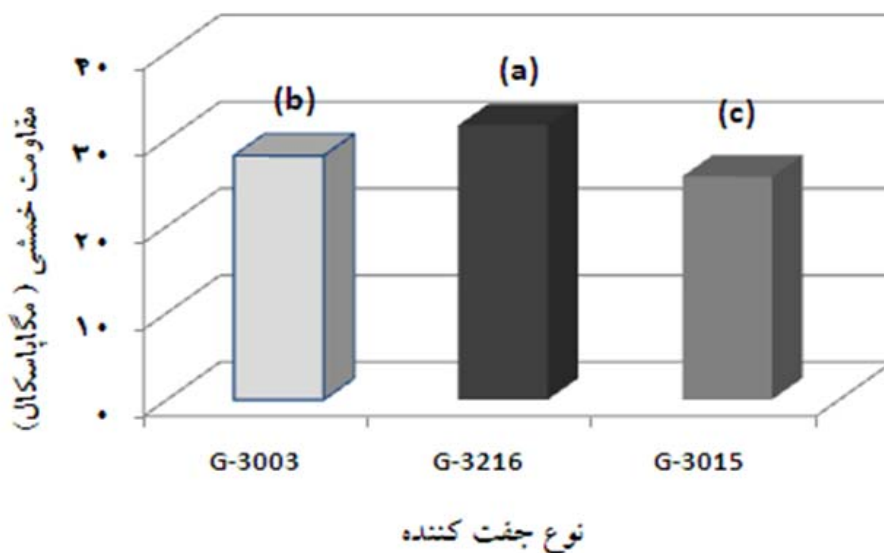
با توجه به جدول تجزیه واریانس مشخص شده است که اثر متقابل میان نوع و درصد جفت‌کننده بر مقاومت کششی در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. همان‌گونه که از شکل ۳ مشخص شده است اثر متقابل میان نوع و درصد جفت‌کننده در سطح ۱ درصد بر مقاومت کششی چندسازه چوب پلاستیک معنی‌دار شده است.

نتایج نشان داده است که استفاده از ۲ درصد جفت‌کننده G-3216 سبب افزایش مقاومت کششی نسبت به سایر تیمارها شده است. با مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن نیز ملاحظه می‌شود که استفاده از ۲ درصد جفت‌کننده G-3216 در گروه برتر (a) قرار داشته که نسبت به ۴ درصد جفت‌کننده G-3216 که در گروه بعدی (b) قرار داشته دارای افزایش ۷/۵۴ درصدی است. نقطه ذوب کمتر در جفت‌کننده G-3216 و همچنین شاخص جریان مذاب بالاتر سبب روانی جریان و باعث یکنواختی بهتر چندسازه در هنگام ساخت می‌گردد.

همچنین نتایج نشان داده است که استفاده از ۲ درصد جفت‌کننده G-3003 سبب افزایش مقاومت کششی شده که در گروه بعدی (b) قرار گرفته است. در این تحقیق نیز نقش برجسته جفت‌کننده مالیکی در افزایش مقاومت کششی چندسازه مشهود است. Mayer و همکاران در سال ۲۰۰۳ گزارش کردند که چندسازه ساخته شده چوب پلاستیک به



شکل ۳- اثر متقابل بین نوع و درصد جفت کننده بر مقاومت کششی چندسازه چوب پلاستیک



شکل ۴- اثر مستقل نوع جفت کننده بر مقاومت خمشی چندسازه چوب پلاستیک

در سطح ۱ و ۵ درصد بر خواص خمشی چند سازه چوب پلاستیک معنی دار شده است. نتایج مقاومت و مدول خمشی نشان داده است که استفاده از ۲ درصد جفت کننده سبب افزایش مقاومت و مدول خمشی نسبت به ۴ درصد جفت کننده گردیده است.

با مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن نیز ملاحظه می‌شود که در زمان استفاده از ۲ درصد جفت کننده مقاومت‌های خمشی در گروه برتر (a) قرار می‌گیرد. در تیمارهایی که از

مقایسه انواع جفت کننده مالیکی با وزن مولکولی مختلف (MW) شامل G-3216 با وزن مولکولی ۳۹۰۰۰ و G-3015 با وزن مولکولی ۴۷۰۰۰ مورد توجه قرار گرفت. نتایج نشان داد که استفاده از جفت کننده G-3216 با وزن مولکولی کمتر توانسته مقاومت‌های مکانیکی فرآورده‌های مرکب چوبی را افزایش دهد.

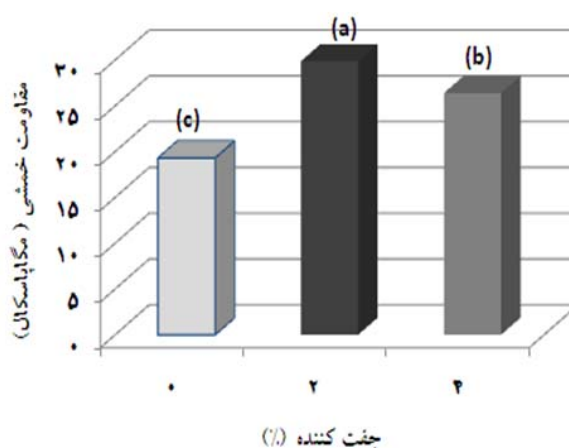
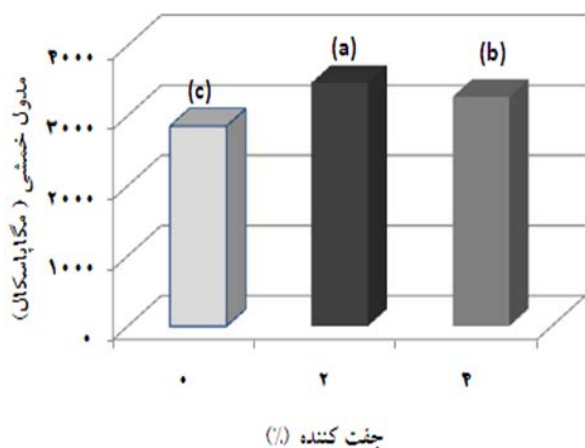
همان‌گونه که در شکل ۵ مشخص شده است اثرات مستقل درصد مواد جفت کننده در چندسازه چوب پلاستیک

G-3003 که در گروه بعدی (b) قرار داشته دارای افزایش ۸/۶ درصدی است.

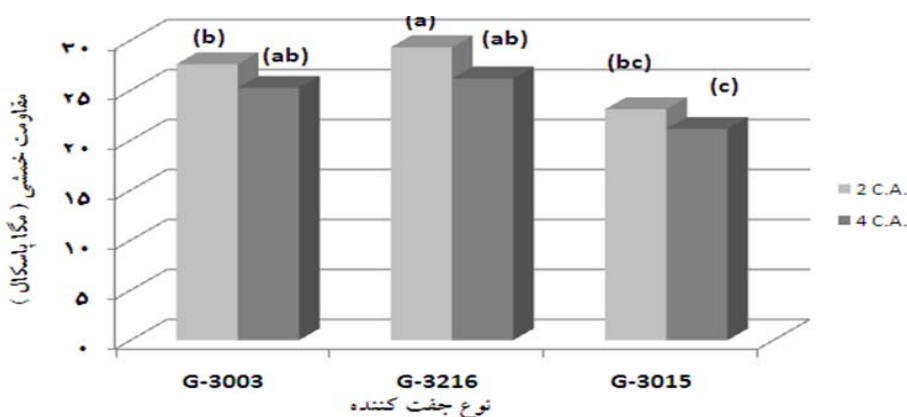
همچنین نتایج نشان داده است که استفاده از ۴ درصد جفت کننده G-3216 سبب افزایش مقاومت خمشی شده که در گروه بعدی (c) قرار گرفته است. در این قسمت نیز نقش برجسته جفت کننده مالیکی در افزایش مقاومت خمشی چندسازه مشهود است. به طوری که نقطه ذوب کمتر در جفت کننده G-3216 و همچنین شاخص جریان مذاب بالاتر سبب روانی جریان و باعث یکنواختی بهتر چندسازه در هنگام ساخت می گردد.

۴ درصد مواد جفت کننده استفاده گردیده است در گروه بعدی (b) قرار می گیرد.

با توجه به جدول تجزیه واریانس مشخص شده است که اثر متقابل میان نوع و درصد جفت کننده بر مقاومت خمشی در سطح ۵ درصد معنی دار است. همان گونه که در شکل ۶ نشان داده است، استفاده از ۲ درصد جفت کننده G-3216 سبب افزایش مقاومت خمشی نسبت به سایر تیمارها شده است. با مقایسه میانگینها به روش دانکن نیز ملاحظه می شود که استفاده از ۲ درصد جفت کننده G-3216 در گروه برتر (a) قرار داشته که نسبت به ۲ درصد جفت کننده



شکل ۵- اثر مستقل درصد جفت کننده بر خواص خمشی چندسازه چوب پلاستیک



شکل ۶- اثر متقابل بین نوع و درصد جفت کننده بر مقاومت خمشی چندسازه چوب پلاستیک

اثرات مستقل نوع جفت کننده بر مقاومت به ضربه فاقدار در سطح ۵ درصد معنی دار است. همان گونه که در شکل ۷

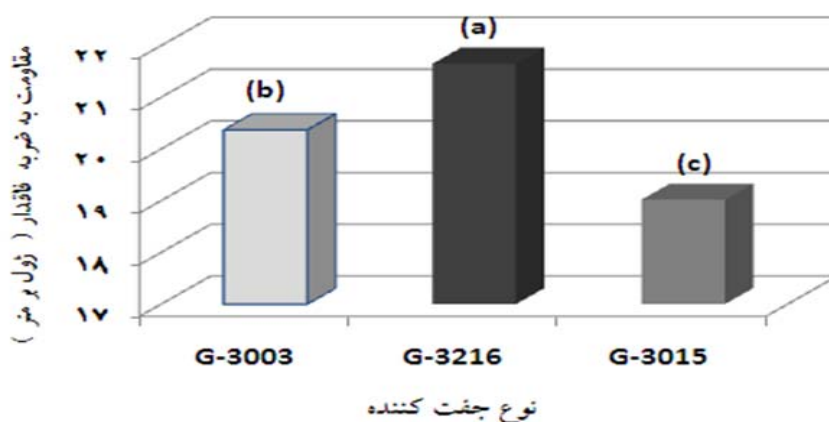
مقاومت به ضربه فاقدار با توجه به جدول تجزیه واریانس مشخص شده است که

کننده G-3216، نقطه ذوب کمتر و شاخص جریان مذاب بالاتر این نوع جفت کننده بوده است. Matuana و همکاران (۲۰۰۹) مقایسه انواع جفت کننده مالیکی با وزن مولکولی مختلف (MW) شامل G-3216 با وزن مولکولی ۳۹۰۰۰ و G-3015 با وزن مولکولی ۴۷۰۰۰ را مورد توجه قرار دادند. نتایج آنان نشان داد که استفاده از جفت کننده G-3216 با وزن مولکولی کمتر توانسته مقاومت‌های مکانیکی فرآورده‌های چندسازه چوب پلاستیک را افزایش دهد.

مشخص شده، نتایج نشان داده است که استفاده از جفت کننده G-3216 سبب افزایش مقاومت به ضربه فاقدار نسبت به دو نوع جفت کننده دیگر شده است.

با مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن نیز ملاحظه می‌شود که استفاده از جفت کننده G-3216 در گروه برتر (a) قرار داشته که نسبت به جفت کننده G-3003 که در گروه بعدی (b) قرار داشته دارای افزایش ۶/۲۸ درصدی است.

یکی از دلایل افزایش مقاومت به ضربه فاقدار در جفت

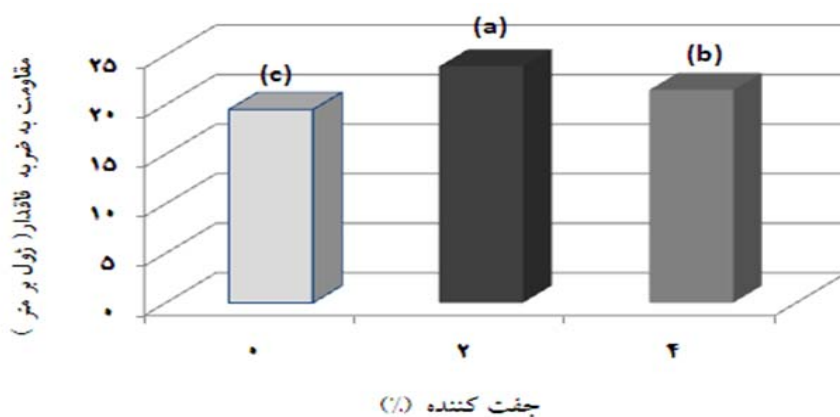


شکل ۷- اثر مستقل نوع جفت کننده بر مقاومت به ضربه فاقدار در چندسازه چوب پلاستیک

عامل جفت کننده مورد بررسی قرار گرفت. آنها نتیجه گرفتند که جفت کننده MAPE اثر بهتری نسبت به سایر جفت کننده‌ها داشته و دلیل آن را وجود اتصال قوی‌تر ترکیب عدد اسیدی، وزن مولکولی و غلظت جفت کننده در قدرت اتصال چندسازه چوب پلاستیک مؤثر می‌دانند. عامل جفت کننده با وزن مولکولی بالا و عدد اسیدی متوسط باعث بهبود اتصال می‌شود (Lu, 2005). در این بررسی نیز مشخص شده است که شماره اسیدی بالاتر، نقطه ذوب کمتر، دانسیته بیشتر و وزن مولکولی بالاتر جفت کننده مالیکی پلی پروپیلنی از نوع G-3216 از جمله فاکتورهای مؤثر در افزایش خواص مکانیکی است.

همان‌گونه که در شکل ۸ مشخص شده است اثرات مستقل درصد مواد جفت کننده در چندسازه چوب پلاستیک در سطح ۱ درصد بر مقاومت به ضربه فاقدار در چند سازه چوب پلاستیک معنی دار شده است. نتایج مقاومت به ضربه فاقدار نشان داده است که استفاده از ۲ درصد جفت کننده سبب افزایش مقاومت به ضربه فاقدار نسبت به ۴ درصد جفت کننده گردیده است.

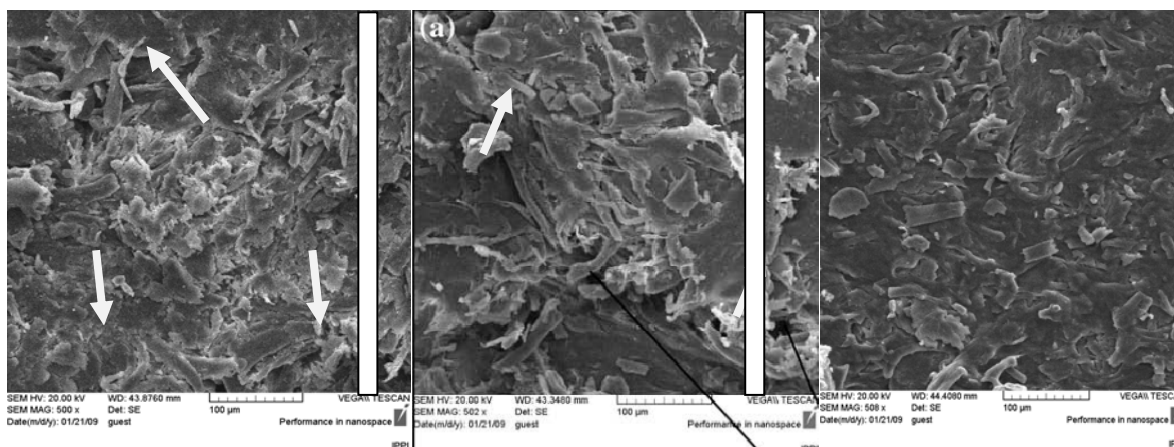
با مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن نیز ملاحظه می‌شود که در زمان استفاده از ۲ درصد جفت کننده مقاومت به ضربه فاقدار در گروه برتر (a) قرار می‌گیرد. در تیمارهایی که از ۴ درصد مواد جفت کننده استفاده گردیده است در گروه بعدی (b) قرار می‌گیرد. در بررسی دیگری ۷ نوع



شکل ۸- اثر مستقل درصد جفت کننده بر مقاومت به ضربه فاقدار در چندسازه چوب پلاستیک

تحقیق قرار گرفت. چندسازه‌های ساخته شده به همراه درصدهای مختلف جفت کننده در شکل ۹ مشاهده می‌شود.

مطالعات میکروسکوپ الکترونی پوشی (SEM):
چندسازه‌های چوب پلاستیک ساخته شده با سه نوع جفت کننده توسط میکروسکوپ الکترونی پوشی مورد



شکل ۹- تصاویر میکروسکوپ الکترونی پوشی نمونه‌های کششی (تصویر راست نمونه جفت کننده G-3216، تصویر وسط جفت کننده G-3003، تصویر سمت چپ نمونه جفت کننده G-3015- فضاهای خالی)

استفاده از این نوع جفت کننده سبب پخش مناسب‌تر مواد چوبی نسبت به دو نوع جفت کننده دیگر شده که می‌تواند به میزان گرانروی مناسب‌تر آن ارتباط داشته باشد. همچنین تصاویر میکروسکوپی نشان دادند که بهبودی بین زمینه پلیمر و مواد چوبی در هر سه نوع جفت کننده مالیکی پلی پروپیلنی پدیدار شده است.

حضور حفره‌ها در سطح شکست نمونه حاوی پلی پروپیلن به همراه جفت کننده G-3015 نشان از اتصال ضعیف بین ماده لیگنوسلولزی و ماتریس پلیمری دارد. به طوری که در مقایسه با این تصویر سطح شکست نمونه حاوی G-3216 را نشان می‌دهد که با حفرات کمتر و پوشش مناسب‌تر، اتصال بهتری بین ماده زمینه و ماده لیگنوسلولزی داشته است.

بحث

استفاده از سه نوع جفت کننده مالیکسی پلی پروپیلن (MAPP) و آرد باگاس در تولید چندسازه چوب پلاستیک مورد توجه قرار گرفته است. جفت کننده مالیکسی در سه سطح (G-3003, G-3216 و G-3015) و مقدار مصرف جفت کننده نیز در سه سطح (صفر، ۲ و ۴ درصد وزنی) به عنوان عوامل متغیر با ۴۰ درصد آرد باگاس در نظر گرفته شده است.

نتایج نشان داده است که استفاده از ۲ درصد جفت کننده G-3216 سبب افزایش مقاومت های مکانیکی نسبت به سایر تیمارها شده است. با مقایسه میانگین ها به روش دانکن نیز ملاحظه می شود که استفاده از ۲ درصد جفت کننده مالیکسی پلی پروپیلنی G-3216 در گروه های برتر قرار داشته است. به نحوی که نقش برجسته جفت کننده مالیکسی در افزایش مقاومت های چندسازه مشهود است. نقطه ذوب کمتر در جفت کننده G-3216 و همچنین شاخص جریان مذاب بالاتر سبب روانی جریان و باعث یکنواختی بهتر چندسازه در هنگام ساخت می گردد.

چندسازه های چوب پلاستیک ساخته شده با سه نوع جفت کننده مالیکسی پلی پروپیلنی توسط میکروسکوپ الکترونی پویشی SEM مورد تحقیق قرار گرفت. حضور حفره های بیشتر در سطح شکست نمونه حاوی پلی پروپیلن به همراه جفت کننده G-3015 نسبت به دو جفت کننده دیگر نشان دهنده اتصال ضعیف بین ماده لیگنوسلولزی و ماتریس پلیمری است. همچنین تصاویر میکروسکوپی نشان دادند که بهبودی اتصال بین زمینه پلیمر و مواد چوبی در هر سه نوع جفت کننده مالیکسی پلی پروپیلنی پدیدار شده است. بنابراین توزیع مناسب مواد، ترکیب عدد اسیدی، وزن

مولکولی و غلظت عامل جفت کننده در قدرت اتصال چندسازه چوب پلاستیک مؤثر است. به طوری که عامل جفت کننده با وزن مولکولی بالا و عدد اسیدی متوسط باعث بهبود اتصال می شود.

منابع مورد استفاده

- Annual book of ASTM standards (1999) American Society for Testing and Materials, 100 Barr Harbor Dr., West Conshohocken, PA 19428, United States
- Felix, J.M., Gatenholm, P., and Schreiber, H. P., (1993). Controlled Interaction in cellulose-polymer composites. I effect on Mechanical properties. *Polym compos. J.*, 1993. 14. 49.
- Krzysik, N. and Yangquist, B. (1991). Dependence of the mechanical properties of wood flour polymer composites on the moisture content. *Journal of Applied Polymer Science*, 68. 2069-2076.
- Li, Q and Matuana, L. (2003). Effectiveness of Maleated and Acrylic Acid-Functionalized Polyolefin Agents for HDPE-WoodFlour Composites. *Journal of Thermoplastic Composites Materials* Nov.2003 vol.16,551-564
- Lu John Z., Wu Qinglin, Negulescu Ioan I. (2005). Wood-Fiber/High-Density-Polyethylene Composites: Coupling Agent Performance: *Journal of Applied Polymer Science*. 96. 93-102.
- Maldas, D., and kokta, B. r. (1989). Improving Adhesion of wood fiber with polystyrene by the chemical Treatment of fiber with a coupling Agent and the Influence on the Mechanical properties of composites. *J. Adhes. Sci. Technol.* 3(7): 529-539.
- Matuana. (2009). patent No: US 7605197B2 Oct.20,2009
- Meyers EG, Chahyadi IS, Gonzalez C, Coberly CA (2003) Wood fibres/polymer composites: fundamental concepts, processes, and material options. Forest Product Society, Madison, USA
- Stark NM, Rowlands RE (2003) Effects of wood fiber characteristics on mechanical properties of wood/polypropylene composites. *Wood Fiber Sci* 35:167-174

Investigation on Morphological and Mechanical Properties of Coupling Agents on Baggass Polypropylene Composites

A. Nourbakhsh^{1*} and A. Kargarfard²

1*- Corresponding author, Associate Prof., Wood Science and its Products Research Division, Iran Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran, Email: nourbakhsh_amir@yahoo.com

2-Associate. Prof., Wood Science and its Products Research Division, Iran Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran

Received: Jan., 2015

Accepted: Mar., 2015

Abstract

The main objective of this research was to study the potential of bagasse fibers as reinforcement for thermoplastics as an alternative to wood fibers. The effects of three grades (Eastman G-3003, G-3015 and G-3216) of coupling agents on the mechanical properties were also studied. In the sample preparation, one level of fiber loading (40 wt.%) and three levels of coupling agent content (0, 2 and 4 wt.%) were used. For overall trend, with addition of three grades of the coupling agents, tensile, flexural and impact properties of the composites significantly improved, as compared with untreated samples. In addition, morphological study (SEM) revealed that the positive effect of coupling agent on interfacial bonding. The composites treated with G-3216 gave better results in comparison with G-3003 and G-3015 in which, There are some voids where the fibers have been pulled-out. The presence of these voids means that the interfacial bonding between the fiber and the matrix polymer is weak. This could be caused by the high melt viscosity of G-3216 Coupling agent.

Keywords: Bagasse fibers, polypropylene, eastman G-3003, G-3015 and G-3216, mechanical properties, SEM.