DOI: http://dx.doi.org/10.22092/ijwpr.2014.4427

فصلنامهٔ علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۲۸، شمارهٔ ٤، صفحهٔ ٦١٢-٥٩٧، (۱۳۹۲)

بررسی اثر نوع ماده پرکننده و کاربرد ماده کف‌زا بر خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازه چوب پلاستیک

عبدالله الیاسی[۱*]، کاظم دوست‌حسینی[۲]، مهدی تجویدی[۳] و امیرحسین بهروش[٤]

۱*- نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی ارشد، علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه تهران
پست‌الکترونیک: abdolah.elyasi@yahoo.com
۲- استاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه تهران
۳- دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه تهران
٤- دانشیار گروه مکانیک دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: تیر ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۹۲

چکیده

در این تحقیق امکان ساخت تخته‌های چوب پلاستیک متخلخل (Wood Plastic Composites Foam) با استفاده از روش قالب‌گیری تزریقی و همچنین اثر نوع ماده لیگنوسلولزی بر خواص کاربردی این چندسازه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. تخته‌های چندسازه چوب پلاستیک به ابعاد ۳/۲×۱۰۵×۱۰۵ میلی‌متر از خاک اره چوب صنوبر و پسماندهای حاصل از ساقه سویا با پلی-اتیلن سنگین (HDPE) ساخته شدند. همچنین برای متخلخل کردن چند سازه‌های چوب پلاستیک از عامل فوم‌زا شیمیایی (آزودی کربن آمید) به میزان ۲٪ وزنی پلیمر استفاده شد. سپس خواص فیزیکی، مکانیکی و ریخت‌شناسی بررسی گردید. نتایج نشان داد که با متخلخل کردن چندسازه‌های چوب پلاستیک به روش میکروسلولی، مقاومت‌های مکانیکی بجز مقاومت به ضربه بدون فاق کاهش می‌یابد و میزان جذب آب افزایش می‌یابد. همچنین نتایج نشان داد که استفاده از آرد ساقه سویا باعث کاهش مقاومت خمشی، مدول‌الاستیسیته خمشی و کششی و همچنین افزایش میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت در چندسازه‌ها می‌گردد. نتایج حاصل از تصاویر میکروسکوپ الکترونی حکایت از آن داشت که دستیابی به ساختار نزدیک به حالت میکروسلولی تحقق پذیرفته است.

واژه‌های کلیدی: خواص فیزیکی و مکانیکی، چندسازه‌های متخلخل، فوم میکروسلولی، آرد ساقه سویا.

مقدمه

امروزه از چندسازه‌های چوب پلاستیک در صنایع خودرو، ساختمان سازی و مبلمان به مقدار بسیار زیادی استفاده می‌شود. این چندسازه‌ها مورد توجه بسیاری از محققان در مراکز علمی قرار گرفته است و آنان درصدد توسعه علمی، فناوری و کاربردی این موارد هستند (قاسمی، ۱۳۸۷). چند سازه‌های چوب پلاستیک باوجود محاسن فراوان، دارای مشکلاتی هستند که مانع رشد چشمگیر این ماده شده است. برای مثال استحکام، (اتصال و ...) پایین و استحکام به ضربه پایین، کاربرد آنها را در خیلی از

محصولات محدود کرده است. با این حال گسترش چندسازه‌های متخلخل (فوم) چوب پلاستیک با سلول‌های ظریف می‌تواند به طور مؤثر بر این مشکلات فائق آید (Karina, 2007). علاوه بر این، نتایج ساخت چندسازه‌های چوب – پلاستیک فوم شده به هزینه مواد مصرفی کمتر، مشخصات سطح بهتر و شکل‌دهی دقیق‌تر نسبت به چندسازه‌های چوب پلاستیک فوم نشده منتهی خواهد شد (دریاباری، ۱۳۹۰). چندسازه‌های چوب پلاستیک فوم شده در هنگام تولید در دمای پایین‌تر و با سرعت بیشتری نسبت به نوع فوم نشده تولید می‌شوند و نیز به علت قابلیت قالب‌پذیر بودن (گرانروی پایین‌تر) می‌توان از روش‌های کم هزینه‌تری برای ساخت محصولات WPC استفاده کرد (Koksman, 2008). Rizvi و همکارانش (۲۰۰۰)، آزمایش‌هایی برای بررسی متخلخل کردن چندسازه‌های PSWF[1] با استفاده از رطوبت به‌عنوان عامل فوم‌زا طی فرایند اکستروژن انجام داده‌اند و مشخص شد که رطوبت ذاتی چوب، قابلیت استفاده به‌عنوان عاملی برای متخلخل کردن را دارد. در سال ۲۰۰۳، Moengeloglu و Matuana در تحقیقات خود مبنی بر بررسی ویژگی‌های مکانیکی چندسازه‌های سبک شده از پلی ونیل کلراید سخت و آرد چوب به روش اکستروژن با استفاده از عامل فوم‌زای شیمیایی به این نتایج دست یافتند که قابلیت کشش ویژه[2] به وسیله متخلخل شدن بهبود یافته و بعکس مقاومت کششی و مدول آن صرف‌نظر از نوع عامل فوم‌زای شیمیایی کاهش یافته است. همچنین مشخص شد که متخلخل کردن در حد خیلی ریز ساختاری، مقاومت به ضربه را نسبت به سبک کردن با ساختار سلولی بزرگ‌تر بهبود می‌بخشد. bledzki و Faruk Omar در سال ۲۰۰۶ که به تولید چند سازه فوم چوب پلاستیک با زمینه پلیمری پلی‌پروپیلن پرداخته‌اند و ادعا کرده‌اند که فوم میکروسلولی تولید کرده‌اند. چگالی قطعه تزریق شده از چند سازه چوب پلاستیک حدود ۲٤٪ کاهش یافته و سلول‌ها اندازه‌ای در حد ۲۰ µm و ۱۰۰ µm داشته‌اند. دریاباری (۱۳۹۰) اثر پارامترهای فرایند قالب‌گیری تزریقی بر روی خواص فیزیکی و مکانیکی فوم چوب پلاستیک را مورد مطالعه قرار داد. نتایج وی نشان داد که تیمارهای حاوی ٤۰٪ ذرات چوب و ۹۰٪ حجم تزریق دارای بهترین شرایط فوم شدن می‌باشد. بنابراین در این تحقیق اثر تخلخل فوم میکروسلولی و نوع گونه بر خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازه‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

ماده پلیمری

در این تحقیق از ماده پلیمری از نوع پلی‌اتیلن ٥٦۲۰ ساخت شرکت پتروشیمی اراک استفاده شد.

جدول ۱- ویژگی‌های ساختاری پلی‌اتیلن ٥٦۲۰ (تولید شده در شرکت پتروشیمی اراک)

نام تجاری	MFI (g/10min)	دانسیته (g/cm^3)	مقاومت کششی (MPa)	مدول‌الاستیسیته کششی (Mpa)	مدول‌الاستیسیته خمشی (MPa)	سختی (KPa)	مقاومت به ضربه فاق‌دار (j/m)
HD5620EA	۲۰	۰/۹٥٦	۲۲	۹۰۰	۱۰۰۰	٦٦	۰/٤

1 - Poly Styrene Wood Foam
1 - Specific Tensile

ماده لیگنوسلولزی

ماده لیگنوسلولزی مورد استفاده در این تحقیق از دو نوع آرد چوب صنوبر و ساقه سویا بود. آرد چوب صنوبر مورد استفاده از چوب بری‌های واقع در شهر کرج تهیه شد. همچنین پسماندهای ساقه سویا از مزارع سویا در شهرستان گرگان تهیه گردید. پس از پاک کردن مواد لیگنوسلولزی از ناخالصی‌ها، ذرات ساقه سویا توسط یک خردکن آزمایشگاهی PALMAN به تراشه تبدیل شد و بعد هر دو نوع ماده لیگنوسلولزی توسط یک آسیاب آزمایشگاهی به آرد تبدیل شد. در ادامه برای جداسازی ذرات مورد نظر از الک‌های با مش ٤٠ و ٨٠ استفاده شد. بدین منظور ابتدا ذرات از الکی با مش ٤٠ عبور کرده و ذراتی که بر روی الکی با مش ٨٠ باقی ماندند، برای استفاده در این تحقیق جداسازی شدند. در پایان پس از تهیه ذرات مورد نظر، آنها درون یک آون با دمای $^{O}C \pm ۱۰۳$ به مدت ٢٤ ساعت خشک شده و برای جلوگیری از جذب رطوبت داخل کیسه‌های پلاستیکی دربسته نگهداری شدند. عامل فومزای مورد استفاده در این تحقیق آزودی کربن آمید[1] با نام تجاری AC-K در شرکت Gong Chano کشور چین، به مقدار ٢٪ وزنی پلیمر می‌باشد. مشخصات حرارتی (نتایج آنالیز DHT[2]) عامل فومزا در جدول ٢ ارائه شده است. همچنین برای کاهش دمای فعال‌سازی آزودی کربن آمید از ^{O}C ۲۱۰ به محدوده دمای ١٦٥ تا ^{O}C ۱۸۰ از اکسید روی به میزان ٥٠٪ وزنی آزودی کربن آمید استفاده شد. البته برای توزیع هرچه بهتر عامل فومزا در حجم ماتریس از پارافین مایع به مقدار ۰/۰۰۸ وزن پلیمر استفاده گردید.

جدول ٢– مشخصات عامل فومزای شیمیایی تهیه شده

نام تجاری	دمای فعال سازی (^{O}C)	ماده باقی مانده	سایر گازها	گاز عمده تولیدی
AC-K	۲۱۰	اسید سیانوریک اوره	Co, Co_2, NH_3	N_2

عوامل متغیر در این بررسی، نوع ساختار چند سازه و نوع ماده لیگنوسلولزی مورد استفاده بودند. به‌طوری‌که ساختار چند سازه در حالت متخلخل و ساده و ماده لیگنوسلولزی در دو نوع آرد چوب صنوبر و آرد ساقه سویا مورد بررسی قرار گرفتند.

جدول ٣- ترکیبات تیمارهای مختلف چندسازه‌های تولید شده و کد مربوط به هر ترکیب

کد تیمار	درصد ماده لیگنوسلولزی	نوع ماده لیگنوسلولزی	درصد پلی‌اتیلن	درصد عامل فومزا
١	٤٠	آرد چوب صنوبر	٦٠	–
٢	٤٠	آرد ساقه سویا	٦٠	-
٣	٤٠	آرد چوب صنوبر	٦٠	٢
٤	٤٠	آرد ساقه سویا	٦٠	٢

1 - Azido Carbon Amide
2 - Decomposed at High Temperature

فرایند اختلاط

مخلوط آرد خشک شده و پلی‌اتیلن سنگین و عامل فومزا با نسبت درصد وزنی مورد نظر (مطابق جدول ۳) توسط یک دستگاه اکسترودر دوماردونه همسوگرد مدل DS26B و USEON با متوسط دمای ۱۴۰ درجه سلسیوس برای نواحی مختلف و دمای ۱۵۰°C برای قالب، فشار قالب ۶ مگا پاسکال و سرعت تغذیه ۸ دور در دقیقه و سرعت موتور ۱۷۰ دور در دقیقه مخلوط شدند و پس از اختلاط، توسط یک آسیاب به گرانول تبدیل شدند. سپس گرانول‌ها در درون یک آون با دمای ۹۵ °C به مدت ۴۸ ساعت خشک گردیدند.

ساخت نمونه‌های آزمونی

برای ساخت نمونه‌های آزمونی به روش قالب‌گیری تزریقی از دستگاه تزریق نیمه صنعتی ساخت گروه مکانیک دانشگاه تربیت مدرس در شرایط دمای ۱۸۵°C برای نواحی مختلف و فشار ۷۰MPa و دمای قالب ۶۰°C استفاده شد. ابعاد حفره قالب که همان ابعاد تخته‌های حاصل است، ۳/۲ × ۱۰۵ × ۱۰۵ میلی متر می‌باشد.

به‌منظور انجام آزمایش‌های فیزیکی و مکانیکی براساس استانداردهای (ASTMD638, ASTM) D256 نمونه‌ها برش داده شد و پس از تهیه الگوی برش توسط دستگاه برش‌دهنده با آب تحت فشار (Waterjet) نمونه‌های آزمونی تهیه شدند. قبل از انجام آزمایش‌های مربوطه، نمونه‌ها به مدت ۲ هفته در شرایط آزمایشگاه متعادل سازی شدند. خلاصه‌ای از نوع آزمون، استاندارد و دستگاه مورد استفاده برای آن آزمون در جدول ٤ آورده شده است.

جدول ٤- نوع آزمون، استاندارد و دستگاه مورد استفاده

نوع آزمون	استاندارد استفاده شده	دستگاه مورد استفاده
مقاومت کششی و مدول‌الاستسیته	ASTM 16638-02	Instron مدل ٤٤٨٦
مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته	ASTMD790	Instron مدل ٤٤٨٦
مقاومت به ضربه	ASTM D 256-02	SANTAM (SIT20D)
جذب آب و واکشیدگی ضخامت	ASTM D570	---------
دانسیته	ASTM D1622	---------
SEM	---------	DSM960A

برای بررسی تعداد سلول‌ها، بعد از تهیه تصاویر میکروسکوپ الکترونی، نقاط مورد بررسی توسط کادری که مقدار آن به وسیله مقیاس تصاویر قابل اندازه‌گیری می‌باشد، مشخص می‌گردد. سپس تعداد سلولهای موجود در کادر به صورت دقیق شمارش می‌گردد و در نهایت از طریق فرمول زیر میزان چگالی سلولی محاسبه می‌شود.

$$N = [\frac{n}{a \times b}]^{\frac{3}{2}} \times \frac{\rho_p}{\rho_f} \times 10^{12}$$

در این رابطه:

N: چگالی سلول‌ها ($cells/cm^3$) در ناحیه مورد نظر

n: تعداد سلول‌ها در محدوده مشخص شده

$a \times b$: مساحت ناحیه مشخص شده

ρ_p: چگالی کامپوزیت فوم نشده (g/cm^3)

ρ_f: چگالی نمونه فوم شده (g/cm^3)

نتایج

نتایج حاصل از اندازه‌گیری ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی نمونه‌های آزمونی با استفاده از طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. بررسی اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر با استفاده از آزمون تجزیه واریانس انجام شد که این نتایج به صورت دو جدول در زیر آورده شده است.

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس اثر متغیرهای مختلف بر روی ویژگی‌های فیزیکی و ریخت‌شناسی

عوامل متغیر / نوع آزمون	جذب آب	واکشیدگی ضخامت	دانسیته	دانسیته سلولی حفرها
سطح ماده کف زا	۰/۰۰۱**	ns۰/۰۶۷	۰**	۰**
ماده لیگنوسلولزی	۰/۰۰۹**	۰/۰۰۱**	ns۰/۷۸۹	ns۰/۶۷۶
اثرات متقابل نوع ساختار چندسازه و ماده لیگنوسلولزی	ns۰/۱۰۴	ns۰/۱۱۸	ns۰/۷۱۷	ns۰/۶۷۶

**- معنی‌داری در سطح ۱٪ ، *- معنی‌داری در سطح ۵٪، ns- بدون اثر معنی‌دار

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس اثر متغیرهای مختلف بر روی ویژگی‌های مکانیکی

عوامل متغیر / نوع آزمون	مقاومت خمشی	مدول‌الاستیسیته خمشی	مقاومت کششی	مدول‌الاستیسیته کششی	مقاومت به ضربه بدون فاق
سطح ماده کف زا	۰**	۰**	۰**	۰**	۰/۰۰۵**
ماده لیگنوسلولزی	۰/۰۲۴*	۰/۰۱۳*	ns۰/۰۶۷	۰/۰۱۱*	ns۱
اثرات متقابل نوع ساختار چند سازه و ماده لیگنوسلولزی	ns۰/۶۴۳	۰/۰۴۳*	ns۰/۱۴۶	ns۰/۰۹۳	ns۱

**- معنی‌داری در سطح ۱٪ ، *- معنی‌داری در سطح ۵٪، ns- بدون اثر معنی‌دار

دانسیته نمونه‌ها

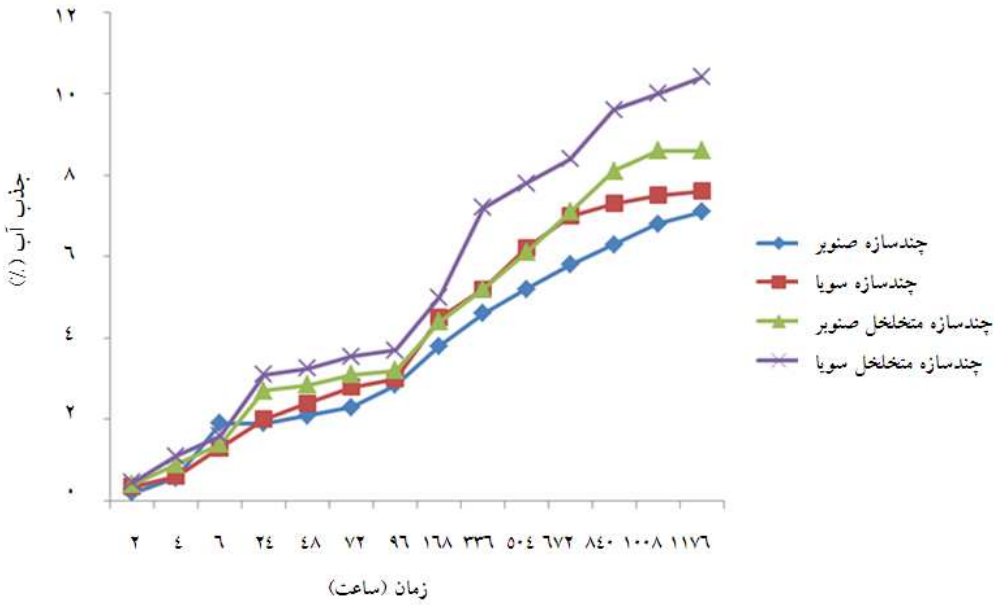
نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که ایجاد تخلخل تأثیر معنی‌داری در سطح ۹۹٪ اعتماد بر دانسیته چند سازه‌های چوب پلاستیک داشته است و میزان دانسیته چند سازه در نمونه‌های متخلخل شده تا ۱۵ درصد کاهش یافته است (از میزان ۱/۰۵ g/cm^3 به حدود ۰/۸۵ g/cm^3 کاهش یافته است). همچنین نتایج تجزیه واریانس نشان داد که نوع ماده لیگنوسلولزی تأثیر معنی‌داری بر دانسیته چند سازه چوب پلاستیک نداشته است.

جذب آب

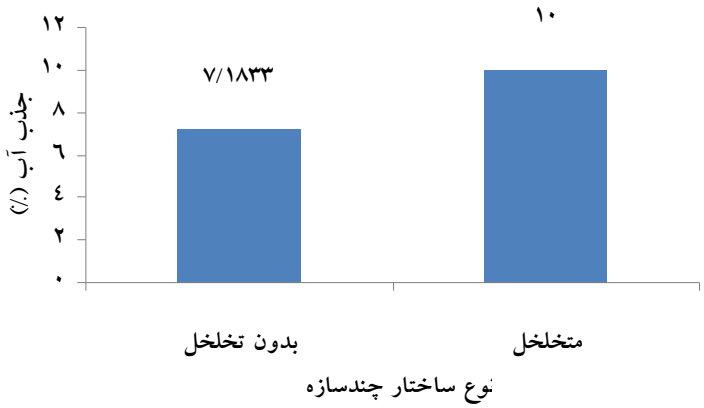
یکی از ویژگی‌های بسیار مهم چند سازه‌های چوب پلاستیک در مقایسه با چوب، جذب آب پایین آن است. روند جذب آب طولانی مدت (۱۱۷۶ساعت) تیمارهای مختلف در شکل ۱ نشان داده شده است.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر نوع ساختار نمونه‌ها بر جذب آب در سطح ۹۹٪ اعتماد معنی‌دار می‌باشد و میزان جذب آب در نمونه‌های با ساختار متخلخل شده به میزان ۲۸ درصد افزایش یافته است.

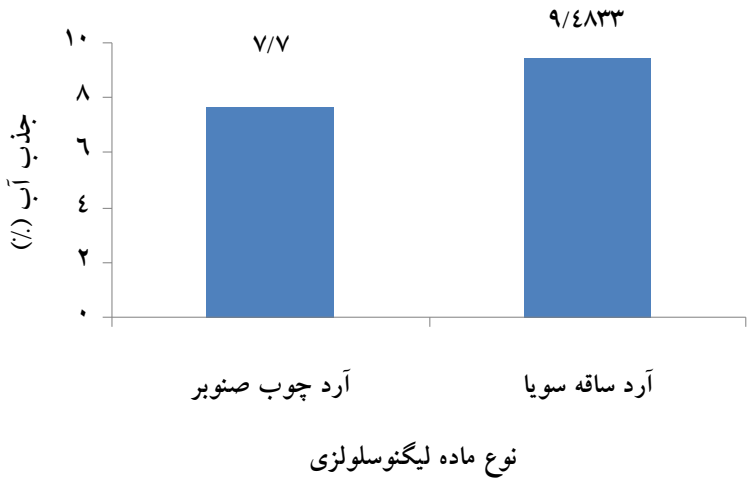
همچنین نتایج نشان داد که استفاده از مواد لیگنوسلولزی متفاوت بر روی میزان جذب آب در سطح ۹۹٪ اعتماد معنی‌دار می‌باشد و نمونه‌های حاوی آرد ساقه سویا، میزان آب بیشتری جذب نموده‌است (شکل‌های ۲ و ۳).



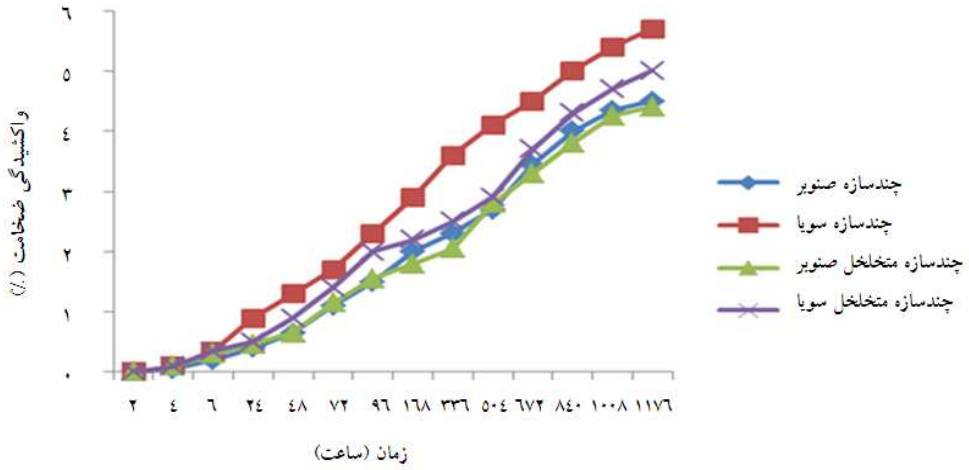
شکل ۱- روند جذب آب تیمارهای مختلف در طولانی مدت (۱۱۷٦ ساعت)



شکل ۲- اثر مستقل نوع ساختار چندسازه بر جذب آب



شکل۳- اثر مستقل نوع ماده لیگنوسلولزی بر جذب آب



شکل٤- روند واکشیدگی ضخامت تیمارهای مختلف در طولانی مدت (۱۱۷٦ ساعت)

واکشیدگی ضخامت

در شکل ٤ روند تغییرات واکشیدگی ضخامت تیمارهای متفاوت در طولانی مدت (۱۱۷٦ ساعت) نشان داده شده است.

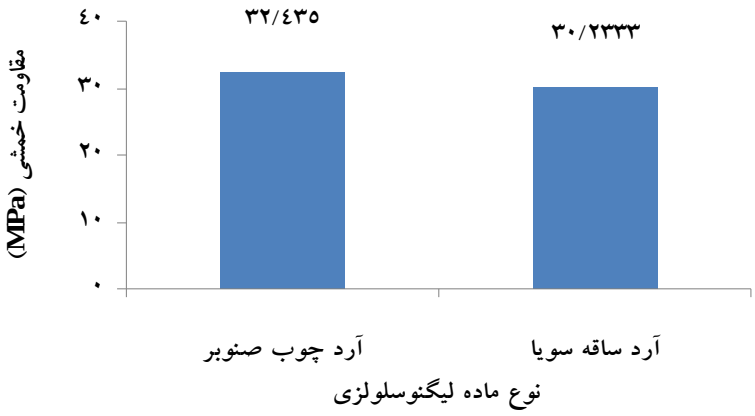
نتایج حاصل از تجزیه واریانس حکایت از آن داشت که تأثیر نوع ماده لیگنوسلولزی بر میزان واکشیدگی ضخامت در سطح ۹۹٪ اعتماد معنی‌دار می‌باشد و همان گونه که شکل ۵ نشان می‌دهد، نمونه‌های حاوی آرد چوب صنوبر از واکشیدگی ضخامت کمتری برخوردار می‌باشند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر نوع ساختار نمونه‌ها، بر روی واکشیدگی ضخامت تأثیر معنی‌داری نداشته است.

مقاومت خمشی

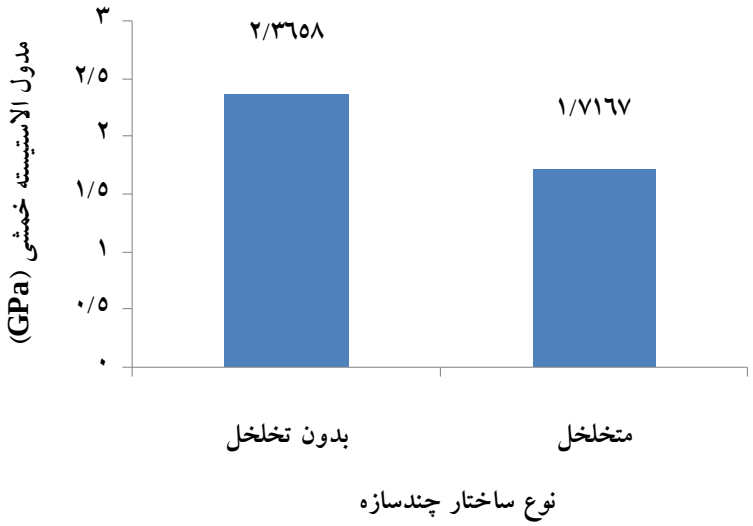
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که نوع ساختار نمونه‌ها، اثر معنی‌داری بر مقاومت کششی چندسازه‌ها داشته است. همان گونه که مشاهده می‌شود (شکل٦) ایجاد تخلخل در ساختار چندسازه‌ها در سطح ۹۹٪ اعتماد اثر معنی‌داری بر کاهش مقاومت خمشی داشته است.

همچنین نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر نوع ماده لیگنوسلولزی بر مقاومت خمشی در سطح ۹۵٪ اعتماد معنی‌دار می‌باشد و همان گونه که شکل ۷ نشان می‌دهد، نمونه‌های حاوی آرد چوب صنوبر از میزان مقاومت بیشتری برخوردار می‌باشند.

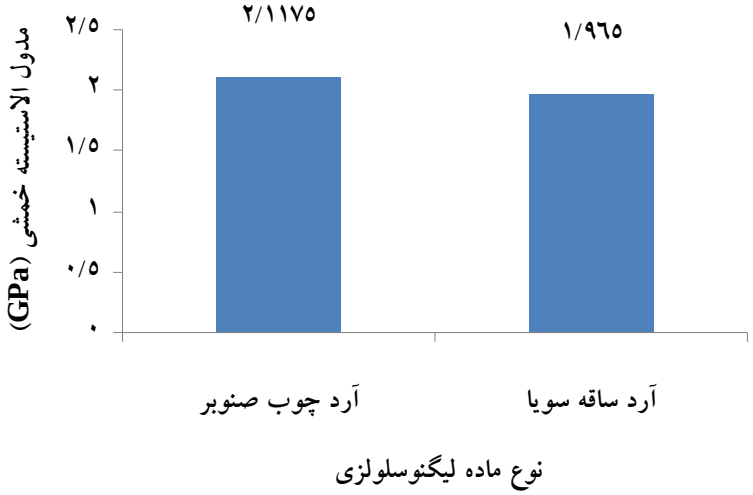
شکل ٦- اثر مستقل نوع ساختار چند سازه بر مقاومت خمشی



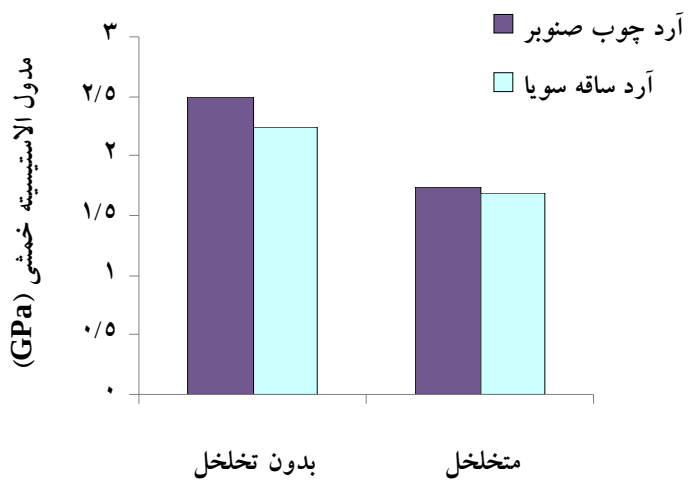
شکل ۷- اثر مستقل ماده لیگنوسلولزی بر مقاومت خمشی



شکل ۸- اثر مستقل نوع ساختار چند سازه بر مدول خمشی



شکل ۹- اثر مستقل نوع ماده لیگنوسلولزی بر مدول خمشی



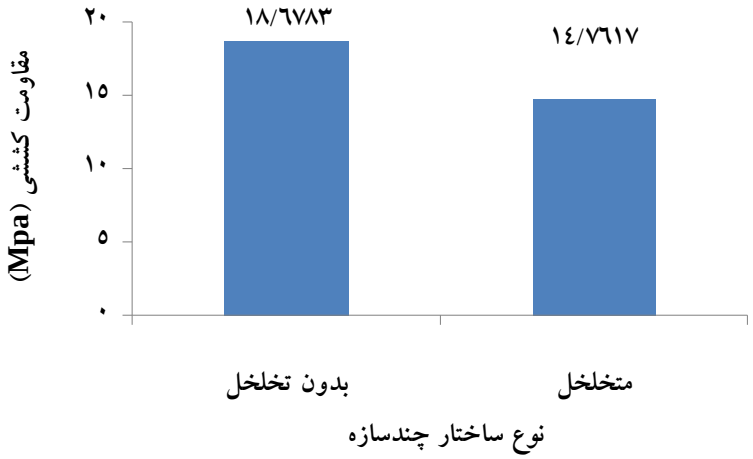
شکل ۱۰- اثر متقابل ساختار چند سازه و ماده لیگنوسلولزی بر میزان مدول‌الاستیسیته خمشی

مدول‌الاستیسیته خمشی

نتایج تجزیه واریانس حکایت از آن داشت که تأثیر نوع ساختار نمونه‌ها، اثر معنی‌داری در سطح ۹۹٪ اعتماد بر مدول‌الاستیسیته خمشی چندسازه‌ها داشته است. همان گونه که در شکل ۸ مشاهده می‌شود، ایجاد تخلخل باعث کاهش این مدول به میزان ۲۷ درصد شده است. همچنین نتایج نشان داد که تأثیر نوع ماده لیگنوسلولزی بر مدول‌الاستیسیته در سطح ۹۵٪ اعتماد معنی‌دار می‌باشد و نمونه‌های آرد چوب صنوبر از میزان مدول‌الاستیسیته بیشتری برخوردار می‌باشند. اثر متقابل نوع ساختار چندسازه‌ها و نوع ماده لیگنوسلولزی بر روی مدول‌الاستیسیته نمونه‌ها از لحاظ آماری در سطح ۹۵٪ اعتماد معنی‌دار می‌باشد و نمونه‌های آرد چوب صنوبر با ساختار متخلخل نشده دارای بیشترین میزان مدول‌الاستیسیته خمشی می‌باشند (شکل‌های ۹ و ۱۰).

مقاومت کششی

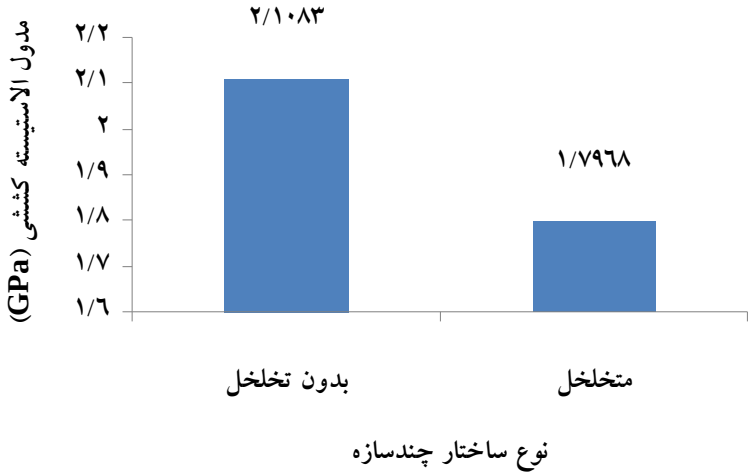
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که متخلخل کردن چندسازه‌ها اثر معنی‌داری در سطح ۹۹٪ اعتماد بر مقاومت کششی چند سازه داشته است. همان گونه که در شکل ۱۱ مشاهده می‌شود ایجاد ساختار متخلخل در چندسازه‌ها، میزان مقاومت کششی را ۲۱ درصد کاهش می‌دهد. همچنین نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر نوع ماده لیگنوسلولزی بر روی مقاومت کششی اثر معنی‌داری نداشته است.



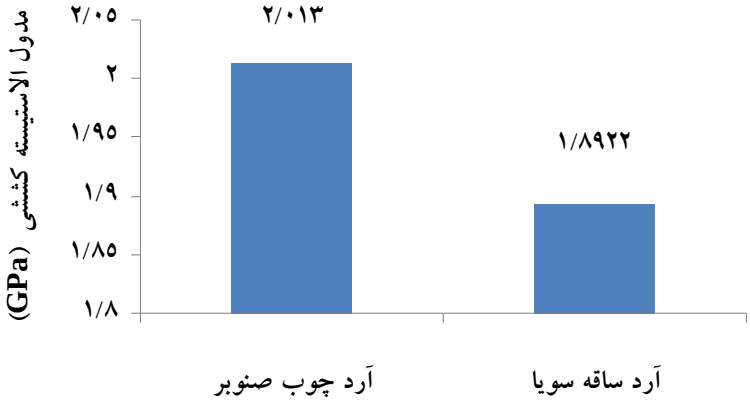
شکل ۱۱- اثر مستقل ساختار چند سازه بر مقاومت کششی

مدول‌الاستیسیته کششی

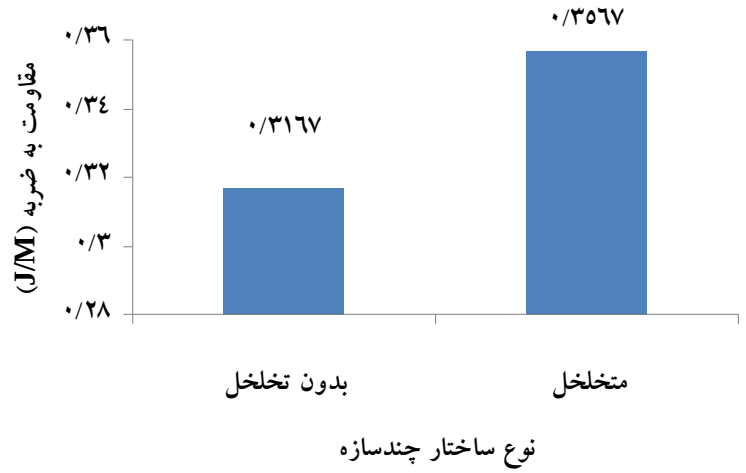
نتایج حاصل از تجزیه واریانس، حکایت از آن داشت که ایجاد تخلخل در ساختار چندسازه‌ها باعث کاهش مدول‌الاستیسیته کششی در سطح ۹۹٪ اعتماد شده است. همچنین نتایج نشان داد که نوع ماده لیگنوسلولزی اثر معنی‌داری در سطح ۹۵٪ اعتماد بر مدول‌الاستیسیته کششی دارد و شکل‌های ۱۲ و ۱۳ نشان می‌دهد که نمونه‌های حاوی آرد چوب صنوبر از مدول‌الاستیسیته بیشتری برخوردار می‌باشند.



شکل ۱۲- اثر مستقل نوع ساختار چند سازه بر مدول کششی



شکل ۱۳- اثر مستقل نوع ماده لیگنوسلولزی بر مدول کششی



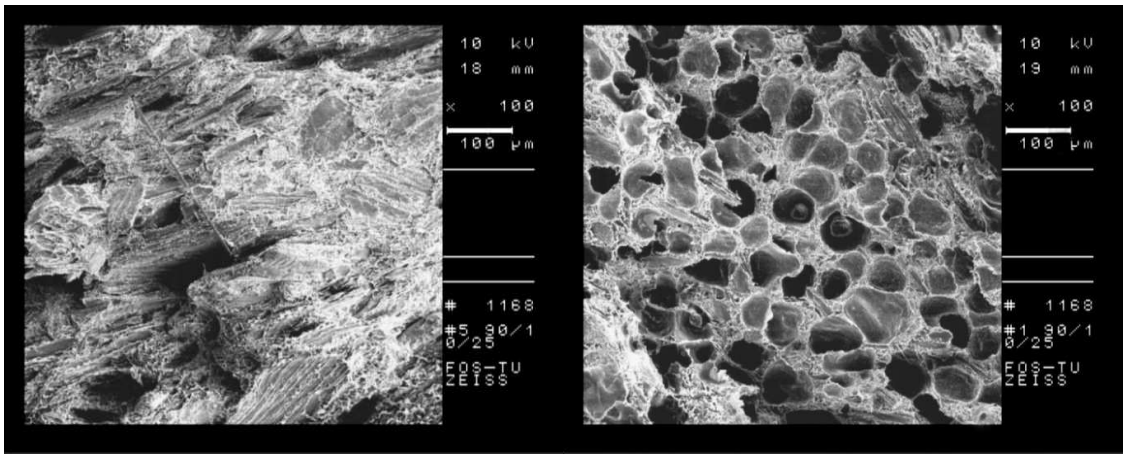
شکل ١٤- اثر مستقل ساختار چند سازه بر مقاومت به ضربه

مقاومت به ضربه بدون فاق

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که نوع ساختار چندسازه‌ها تأثیر معنی‌داری در سطح ۹۹٪ اعتماد بر مقاومت به ضربه دارد و همان گونه که شکل ١٤ نشان می‌دهد، نمونه‌های با ساختار متخلخل دارای مقاومت به ضربه‌ی بالاتری بوده‌اند. همچنین نتایج نشان داد که نوع ماده لیگنوسلولزی بر مقاومت به ضربه اثر معنی‌داری ندارد.

تصاویر SEM

نتایج حاصل از ریز نگار میکروسکوپ الکترونی نشان داد که ساختار متخلخل میکروسلولی در چندسازه‌ها ایجاد شده است. همچنین نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان می‌دهد که نوع ماده لیگنوسلولزی تأثیر معنی‌داری بر دانسیته سلولی چندسازه‌ها نداشته است (شکل‌های ۱۵ و ۱۶).

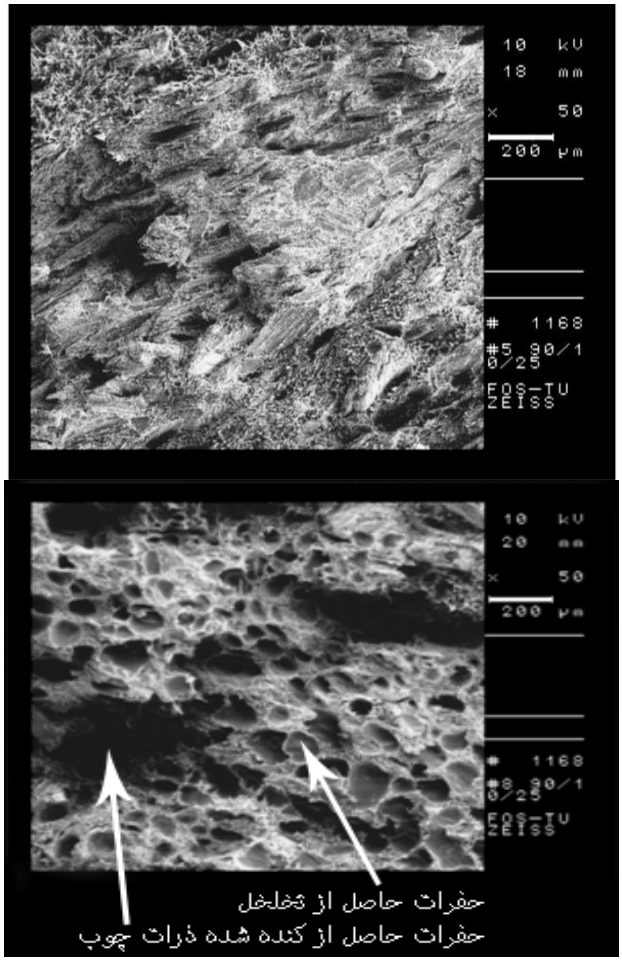


شکل ۱۵ – نمونه‌های فوم نشده و فوم شده با مقیاس ۱۰۰µm

بحث

نتایج نشان داد با ایجاد تخلخل در ساختار چندسازه-های چوب – پلاستیک، مقاومت‌های کششی و خمشی و مدول‌های الاستیسیته کششی و خمشی در سطح معنی‌داری کاهش پیدا کرد. به‌طوری‌که بیشترین کاهش مربوط می‌شود به مقاومت کششی به میزان ۴۸ درصد و کمترین کاهش به مدول‌الاستیسیته کششی به میزان ۱۵ درصد، که علت این امر را می‌توان به ساختار متخلخل ایجاد شده در چندسازه‌های چوب – پلاستیک نسبت داد که باعث ایجاد نقاط تمرکز تنش می‌گردند. البته نتایج مشابهی نیز به وسیله بلدزکی(۲۰۰۷) و دریاباری (۱۳۹۰) بدست آمد. نتایج مقاومت به ضربه بدون فاق نشان داد که ایجاد ساختار متخلخل میکروسلولی باعث افزایش در میزان این مقاومت می‌شود که این ویژگی را می‌توان یکی از مهمترین مزایای نمونه‌های متخلخل شده نسبت به نوع غیر متخلخل دانست. علت این امر را می‌توان به ریز حفرهای موجود در ساختار چندسازه‌های متخلخل شده نسبت داد که به هنگام شکست ناشی از ضربه به صورت مانع رشد ترک ایجاد شده عمل نموده و باعث افزایش مقاومت قطعات در برابر ضربه شده‌اند (دریاباری ۱۳۹۰). همچنین نتایج نشان داد که استفاده از آرد ساقه سویا مقاومت خمشی، کششی و مدول‌الاستسیته خمشی را در سطح معنی‌داری کاهش داده است. علت آن را می‌توان وجود ذرات مغزی (Pith) در آرد ساقه سویا که دارای مقاومت بسیار کمی می‌باشند دانست (فائزی‌پور، ۱۳۸۱). نتایج آزمون جذب آب حکایت از آن داشت که در نمونه‌های با ساختار متخلخل میزان جذب آب بیشتر است، دلیل این امر را وجود تخلخل در ساختار نمونه‌ها دانست که از یکسو باعث نفوذ راحت‌تر مولکول‌ها و از سوی دیگر موجب کاهش پوشش ذرات چوب می‌شود.

همچنین نتایج نشان داد که استفاده از آرد ساقه سویا باعث افزایش جذب آب می‌شود که علت آن را می‌توان به بالک بودن ذرات آرد ساقه سویا ارتباط داد که باعث عدم اختلاط مناسب و در نتیجه عدم پوشش مناسب این ذرات می‌شود (مهدی نیا ۱۳۹۰). نتایج آزمون واکشیدگی ضخامت نشان داد که نمونه‌های حاوی آرد ساقه سویا از واکشیدگی ضخامت بیشتری برخوردار می‌باشند.



شکل ۱۶ – نمونه‌های فوم نشده و فوم شده با مقیاس ۲۰۰µm

نتایج حاصل از ریزنگار میکروسکوپ الکترونی (SEM) حکایت از آن است که ساختار متخلخل میکروسلولی حاصل گردیده است و اندازه حفرها و دانسیته سلولی آنها به‌ترتیب حدود ۱۰۰µm و $۱/٤ \times ۱۰^{۸}$ cell/cm^3 می‌باشد که این میزان با شرایط ذکر شده در منابع (۱۰۰µm و $۱۰^{٦}$) همخوانی دارد. همچنین اندازه‌گیری دانسیته نمونه‌ها نشان می‌دهد، با ایجاد ساختار متخلخل، دانسیته نمونه‌ها به میزان ۱٤/۵ درصد کاهش یافته است.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج ریخت‌شناسی نشان می‌دهد که ساختار متخلخل میکروسلولی حاصل شده است، اما باز باوجوداین از میزان مقاومت‌های مکانیکی کاربردی خمشی و کششی کاسته شده است و میزان جذب آب نیز تا حدودی افزایش یافته است که تأثیر نامطلوبی بر روی کاربرد چندسازه‌های چوب پلاستیک دارد. با توجه به این موضوع که تخلخل چندسازه‌ها باعث صرفه‌جویی در مصرف مواد اولیه پلیمری گرانقیمت می‌گردد و از سوی دیگر شاید بتوان با استفاده از مواد تقویت‌کننده مقاومت‌ها را بهبود بخشید، بنابراین لازم است در این زمینه تحقیقات جدیدی انجام شود.

منابع مورد استفاده

- دریاباری، ی.، ۱۳۸۹، بررسی اثر پارامترهای فرایند قالب گیری تزریقی بر روی خواص فیزیکی و مکانیکی فوم چوب پلاستیک. پایان نامه کارشناسی ارشد. رشته مکانیک دانشکده فنی دانشگاه تربیت مدرس
- فائزی‌پور، م.، پارسا پژوه، د. و کبورانی، ع.، ۱۳۸۱. کاغذ و مواد چند سازه از منابع زراعی (ترجمه)، صفحات ۵۳۱
- قاسمی، ا. عزیزی، ح. و احسانی نمین، پ.، ۱۳۸۷. بررسی اثر اندازه ذره چوب بر خواص فیزیکی – مکانیکی و رفتار رئولوژیکی کامپوزیت پلی‌پروپیلن چوب. مجله علوم و تکنولوژی پلیمر ۲۱ (۱) : ۵۲ – ۴۵.
- مهدی نیا، م.، ۱۳۹۰، بررسی اثر مقدار و شکل هندسی ذرات ساقه سویا بر روی ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی چند سازه الیاف طبیعی / پلاستیک. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی. دانشگاه تهران.
- Bledzki.k, Zheng,A.W., and Faruk, Omar., 2005. Microfoaming of flax and wood fiber reinforced polypropylene composites. Holz als Roh-und Werkstoff 63. 30-37.
- Faruk,O. , Bledzki,A.K. , Matuanan,L.M. 2007. Microcellular Foamed Wood-Plastic Composites by Different Processes; A.Review, Macromol. Mater Eng. 2007, 292, 113-127.
- Karina, M., Onggo, H. and Syampurwadi, A. 2007. Physical and mechanical properties of natural fibers filled polypropylene composites and its recycles. Journal of Biological Sciences, 7: 393-396.
- Laurent,F.M., Matuana,M., 2003. Mechanical properties of Extrusion Foamed Rigid PVC /Wood fiber composites, journal of vinyl & additive technology, March 2003, Vol .9, No .1.
- Niska, K., 2008, wood-Polymer composites, Lulea university of technology, Sweden and msain, 367p.
- Rizvi,G., Laurent.M. Matuana, Chul.B.Park 2000. Foaming of Ps/wood Fiber Composites using moisture as a blowing agent, polymer engineering and science, October 2000, Vol .40, No .10

Effect of filler material and foaming agent on practical properties of wood plastic composites

Elyasi, A.[1*], Dusthoseini, K.[2], Tajvidi, M.[3] and Behravash, A.H.[4]

1*-Corresponding author, M. Sc. Student, Department of Wood and Paper Sciences and Technology, Tehran University, Iran, E-mail: abdolah.elyasi@yahoo.com
2-Prof. Department of Wood and Paper Sciences and Technology, Tehran University, Iran
3–Associate Prof. Department of Wood and Paper Sciences and Technology, Tehran University, Iran
4–Associate Prof. Department of Mechanical Engineering, Tarbiat Moderras University, Tehran, Iran

Received: July, 2012 Accepted: Oct., 2013

Abstract

In this study, feasibility of foaming wood plastic composites using injection molding process was investigated. The effect of lignocellulosic raw material (Poplar saw dust and soybean straw flour) on the properties of composites was examined. Wood plastic composite boards with 3.2 mm thickness, 105 mm width and 105 mm length were prepared using high density polyethylene granules. The foaming agent (Azodicarbonamide) at 2 wt % was also used. The scanning electron microscope micrographs confirmed that foaming process has been successfully carried out. The Results showed that all mechanical properties (except the impact strength) decreased while water absorption increased as the microcellular foaming method was used. Adding soybean straw flour to the foam structure led to the decrease in flexural strength, flexural modulus of elasticity and tensile strength. Water absorption and thickness swelling were negatively affected with the addition of soybean straw flour.

Key words: Physical and mechanical properties, foamed composites, microcellular, soybean flour.