

بررسی تأثیر نانو ولاستونیت بر خواص چندسازه پایه گچی ساخته شده با کاه برنج

علی حسن پور تیچی^{۱*}، فرداد گلبابائی^۲ و مجتبی رضانزاد دیوکلایی^۳

*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده شهید هاشمی نژاد، دانشگاه فنی و حرفه‌ای استان مازندران، ایران
پست الکترونیک: hasanpoortichi@gmail.com

۲- کارشناس ارشد، بخش تحقیقات علوم چوب و فراورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳- دانشجوی کارشناسی، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده شهید هاشمی نژاد، دانشگاه فنی و حرفه‌ای استان مازندران، ایران

تاریخ دریافت: مهر ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش: دی ۱۳۹۹

چکیده

در این مطالعه امکان ساخت تخته‌های پایه گچی از تراشه‌های کاه برنج با سطوح مختلف بررسی شد. عوامل متغیر در این تحقیق درصد نانو در سه سطح صفر، ۳ و ۷ درصد و همچنین نسبت اختلاط کاه برنج به گچ در سه سطح (۵:۹۵، ۱۰:۹۰ و ۱۵:۸۵ درصد) در نظر گرفته شد. بدین ترتیب با احتساب ۹ تیمار، در مجموع ۲۷ تخته آزمایشگاهی ساخته شد. جرم مخصوص هدف $1/10 \text{ gr/cm}^3$ در نظر گرفته شد. خواص مکانیکی و فیزیکی کامپوزیت‌ها شامل مدول گسیختگی، مدول الاستیسیته، چسبندگی داخلی، جذب آب پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری و دانسیته تخته‌ها مطابق استاندارد DIN-EN-۶۳۴ و مقاومت به آتش (درصد کاهش وزن) طبق استاندارد ISO-۱۱۹۲۵ اندازه‌گیری شدند. برای بررسی فصل مشترک کاه برنج و گچ و همچنین نحوه پراکنش و توزیع نانو ولاستونیت تصاویر میکروسکوپی (SEM) از سطح شکست نمونه‌ها تهیه شد. نتایج نشان داد که کامپوزیت‌های ساخته شده با نانو ولاستونیت، مقاومت‌های مکانیکی و فیزیکی بالاتری داشتند. عکس‌برداری میکروسکوپی (SEM) نشان داد که تخته‌های ساخته شده با ۷ درصد نانو، اتصالات داخلی محکم‌تری داشته و یک ساختار یکنواخت به وجود آورد. در این بررسی، کامپوزیت‌های ساخته شده از ۷ درصد نانو ولاستونیت با ۵ درصد کاه برنج به‌عنوان تیمار بهینه انتخاب شدند.

واژه‌های کلیدی: کاه برنج، مدول گسیختگی، گچ، جذب آب، نانو ولاستونیت.

مقدمه

امروزه بحران محیط‌زیست به یک مسئله جهانی تبدیل شده است. استفاده از مواد دوستدار محیط‌زیست و کاهش وابستگی به منابع تجدیدناپذیر یک امر حیاتی تلقی می‌شود. گسترش نانو کامپوزیت‌های بر پایه منابع زیست‌محیطی تجزیه‌شونده نیز بخشی از لازمه دنیای امروز است. در سال‌های اخیر فناوری تولید تخته‌های چوب سیمان و چوب گچ رشد فزونی یافته و خط تولید این فراورده در اغلب کشورهای دنیا

راه‌اندازی شد. از ویژگی‌های منحصربه‌فرد این فراورده می‌توان به مقاومت بالا به آتش، عوامل جوی، عوامل بیولوژیکی و پایداری ابعاد آن اشاره کرد. با وجود مزیت‌های متعدد، یکی از معایب اصلی آن عدم سازگاری ماده لیگنوسلولوزی (به دلیل حضور مواد استخراجی) با گچ و سیمان می‌باشد که سبب کاهش مقاومت‌های تخته می‌گردد. برای رفع این مشکل کارشناسان پیشنهادها گوناگونی ارائه کرده‌اند که از جمله شستشوی خرده چوب‌ها، استفاده از مواد افزودنی

امکان‌سنجی کاربرد ضایعات اسکناس باطله را در ساخت صفحات فشرده چوب-گچ ارزیابی کرده‌اند. در این تحقیق عوامل متغیر خرده‌های کاغذ اسکناس‌های باطله در سه سطح ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد وزن خشک خرده چوب و میزان گچ در سه سطح ۲/۵، ۲/۷۵ و ۳ برابر جرم خشک مواد چوبی بود. نتایج به‌دست آمده نشان داد که با افزایش مقدار اسکناس باطله کاهش مقاومت‌های خمشی و چسبندگی درونی در تخته‌ها بوجود آمد. همچنین او به این نتیجه رسید که افزایش میزان اسکناس و گچ سبب کاهش مقدار واکنش‌دهی ضخامت و جذب آب تخته‌ها شد. Nazerian و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیقی استفاده الیاف معدنی بر هیدراتاسیون و خواص تخته فیبر- گچ حاصل از الیاف کنف و باگاس را ارزیابی کرده‌اند. آنان به این نتیجه رسیدند که استفاده از الیاف کنف در مقایسه با الیاف باگاس به دلیل مواد استخراجی کمتر، حرارت هیدراتاسیون بالاتر و مدت زمان هیدراتاسیون کمتری از خود نشان داد. Golbabaei و همکاران (۲۰۱۸) کاربرد پسماند گیاهی را در تولید چوب سیمان مورد بررسی قرار دادند. در تحقیق آنان، تخته‌های ساخته شده با کاه برنج، کاه گندم و ساقه پنبه به‌عنوان عوامل متغیر و تخته ساخته شده با خرده چوب صنوبر به‌عنوان شاهد بود. نتایج آنان نشان داد که تخته‌های ساخته شده با خرده چوب صنوبر از مقاومت‌های بالاتری نسبت به سایر تخته‌های برخوردار بودند.

شامل کلرید کلسیم و نانو می‌باشد (Doosthoseini, 2007). پسماند کشاورزی با توجه به ویژگی‌های جالب توجهی که دارند از جمله تجدیدپذیر بودن، در دسترس بودن، قیمت پایین، سبکی و امکان برداشت سالانه آنها، جایگزین مناسب برای چوب‌های جنگلی به‌شمار می‌روند (Karade, 2010; Rowell, et al., 1991). کاه برنج یکی از پسماندهای کشاورزی بوده و با توجه به قابلیت‌هایی که در کشور ما از این لحاظ وجود دارد، می‌تواند گزینه مناسبی برای ساخت کامپوزیت‌های پایه گچی باشد. Hassanpoortichi و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی کاربرد باگاس در چندسازه پایه گچی تقویت‌شده با نانو و لاستونیت پرداختند. نتایج آنان نشان داد که با افزایش باگاس در اختلاط، مقاومت مکانیکی و فیزیکی کاهش یافت. همچنین آنان به این نتیجه رسیده‌اند که با افزایش نانو مقاومت‌های فیزیکی و مکانیکی بهبود یافتند.

Mohammad kazemi و همکاران (۲۰۱۵) به ارزیابی اثر نانوسلولز باکتریایی بر خواص کامپوزیت‌های فیبر- سیمان و دوام در برابر چرخه ذوب- انجماد پرداختند. در تحقیق آنان اثر نانوسلولز باکتریایی در سه سطح (شاهد، پودر و ژل) به‌عنوان عوامل متغیر بودند. آنان به این نتیجه رسیدند که کامپوزیت‌های ساخته شده با ژل سلولز، مقاومت‌های خمشی، مقاومت چسبندگی داخلی و چقرمگی شکست بالاتری داشتند. Rangavar (۲۰۱۳) در پژوهشی



شکل ۱- کاه برنج قبل از آسیاب (الف)، کاه برنج مورد استفاده در این تحقیق (ب)

واقع در استان مازندران، شهرستان بابل جمع‌آوری شد (شکل ۱-الف) و با استفاده از یک آسیاب به تراشه‌های قابل مصرف تبدیل گردید (شکل ۱-ب). سپس تراشه‌ها با آب گرم شستشو و در هوا آزاد خشک گردید. گچ و نانو ولاستونیت مورد استفاده در این تحقیق به ترتیب از شرکت امید سمنان و شرکت تولید فراورده‌های صنعتی و معدنی ورد (VARD) تهیه شد.

فرمول و ترکیبات شیمیایی نانو ولاستونیت استفاده شده در این تحقیق در جدول ۱ نشان داده شده است. جدول ۲ سطوح عوامل متغیر را نشان می‌دهد و با توجه به عوامل متغیر و ۳ تکرار در هر تیمار به‌طور کلی ۲۷ تخته آزمایشگاهی ساخته شد.

Taghiyari و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی اثر نانو ولاستونیت بر روی ضریب هدایت حرارتی MDF پرداختند. نتایج آنان نشان داد که تخته‌های تیمار شده با نانو ولاستونیت ضریب هدایت حرارتی بیشتری نسبت به تخته‌های بدون تیمار داشته‌اند. این تحقیق با هدف ساخت و تولید کامپوزیت‌های پایه گچی از کاه برنج و تعیین مقدار بهینه نانو ولاستونیت در ساخت این کامپوزیت‌ها انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، برای ساخت کامپوزیت، کاه برنج از مزارع

جدول ۱- فرمول و ترکیبات شیمیایی نانو ژل ولاستونیت (Taghiyari *et al.*, 2013)

فرمول	CaSiO ₃
ترکیبات نانو ژل ولاستونیت	نسبت اختلاط (%)
SiO ₂	۴۶/۹۶
CaO	۳۹/۷
Fe ₂ O ₃	۲/۷۹
Al ₂ O ₃	۳/۹۵
TiO ₂	۰/۲۲
K ₂ O	۰/۰۴
MgO	۱/۳۹
Na ₂ O	۰/۱۶
SO ₃	۰/۰۵
آب	۴/۶۷

جدول ۲- سطوح عوامل متغیر و مشخصات آن

توضیحات	تعداد سطوح	عوامل متغیر
%۵		
%۱۰	۳	مقدار کاه برنج
%۱۵		
%۰		
%۳	۳	مقدار نانو
%۷		

به صورت کامل مخلوط شد. پس از اختلاط کامل، ملات داخل قالب چوبی با ابعاد $4 \times 45 \times 45$ سانتیمتر ریخته و تحت فشار ۳۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع تا ضخامت ۱۶ میلی متر پرس شد. بعد از پرس، برای اینکه گیرایی گچ کامل شود، تخته‌ها به مدت ۲۴ ساعت در داخل کیسه‌های پلاستیکی قرار گرفتند. پس از این مدت، تخته‌ها با استفاده از اره گرد کناره‌بری شدند (شکل ۲).

برای ساخت تخته‌ها، ابتدا با توجه به دانسیته هدف که $1/10 \text{ gr/cm}^3$ و ابعاد تخته‌ها ($16 \times 400 \times 400$ میلی متر) بود. جرم مواد اولیه مطابق با درصد‌های ذکر شده در جدول عوامل متغیر محاسبه شد. در مرحله اول مقدار آب مصرفی ($0/4$ وزن خشک گچ) با نانو و لاستونیت مخلوط و بر روی کاه برنج اسپری شد. سپس پودر گچ به صورت دستی بر روی کاه برنج پاشیده و ملات حاصل با استفاده از یک دستگاه همزن



شکل ۲- تخته‌های آزمایشگاهی ساخته شده از کاه برنج و گچ

آزمون مقاومت به آتش، تخته با استفاده از یک ترازوی دیجیتالی با دقت $0/01$ گرم وزن شد و بعد به مدت دو دقیقه در معرض شعله آتش قرار گرفت و پس از آن تخته دوباره وزن شد و درصد کاهش وزن نمونه نسبت به وزن اولیه به عنوان میزان مقاومت به آتش در نظر گرفته شد.

آزمایش مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی با استفاده از دستگاه UNIVERSAL آزمایشگاه کارخانه آمل روکش واقع در شهرستان آمل انجام شد (شکل ۳).

پس از برش، آزمون‌های مربوط شامل اندازه‌گیری مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته، چسبندگی داخلی، جذب آب، دانسیته و مقاومت به آتش مطابق با استاندارد Part ۱,۲، DINEN-۶۳۴ روی نمونه‌های مورد نظر انجام شد.

تخته‌ها مطابق با استاندارد ISO-۱۱۹۲۵ در ابعاد $16 \times 100 \times 150$ میلی متر برای انجام مقاومت به آتش تهیه شد. برای انجام آزمون مقاومت به آتش از دستگاهی که طبق استاندارد ذکر شده طراحی گردید، استفاده شد. قبل از انجام



شکل ۳- دستگاه اندازه‌گیری برای آزمون مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی

داده شده است. بر اساس تحلیل آماری، اثر نسبت اختلاط و مقدار نانو ولاستونیت بر خواص مکانیکی در سطح اعتماد ۱ و ۵ درصد معنی‌دار است (جدول ۳). با توجه به شکل‌های ۴، ۵ و ۶ مشاهده می‌شود که افزایش نانو ولاستونیت در تخته‌ها باعث افزایش مقاومت مکانیکی کامپوزیت شده است. در ارتباط با این موضوع نمونه‌های ساخته شده با ۷٪ نانو ولاستونیت و ۵ درصد کاه برنج با ۹۵٪ گچ بیشترین مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی را داشتند. همچنین کمترین مقدار مقاومت مکانیکی در تخته‌های ساخته شده با ۰٪ نانو ولاستونیت و ۱۵٪ کاه برنج با ۸۵٪ گچ مشاهده شد.

برای انجام تحلیل آماری از نرم‌افزار SPSS و آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. همچنین مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون چند دامنه‌ای دانکن (DMRT) انجام شد. در این تحقیق از دستگاه SEM واقع در دانشگاه امیرکبیر برای بررسی ریزساختاری و نحوه پراکنش نانو استفاده شده است.

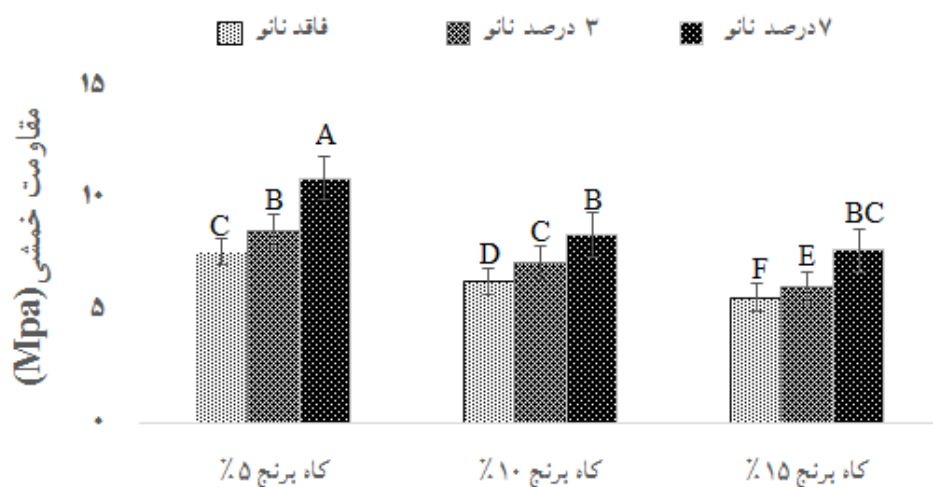
نتایج خواص مکانیکی

در جدول ۳ اثر عوامل مستقل و متقابل بر روی مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی نمونه‌ها نشان

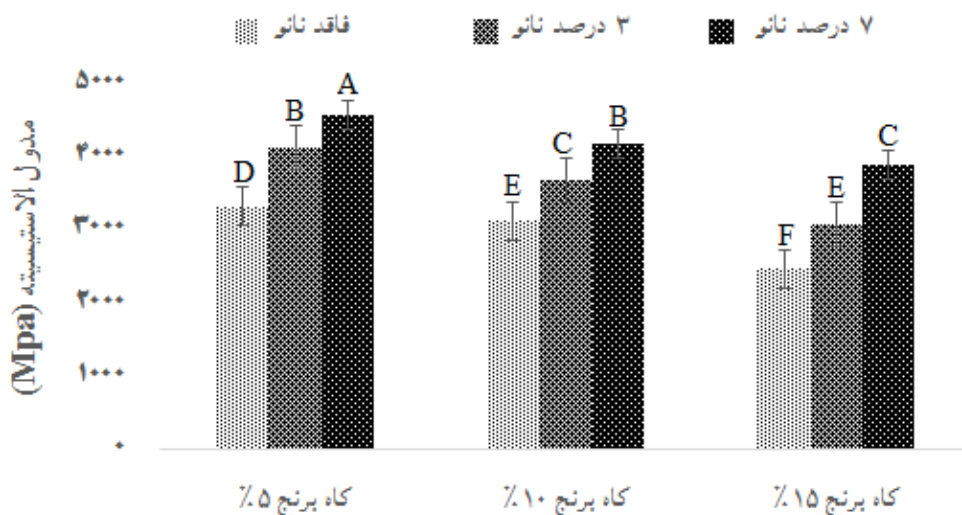
جدول ۳- تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل متغیرها بر خصوصیات مکانیکی تخته

منبع تغییرات	درجه آزادی	مقاومت خمشی (Mpa)	مدول الاستیسیته (Mpa)	چسبندگی داخلی (MPa)
نسبت کاه برنج به گج	۲	۴۷۵/۲۳**	۱۴۲/۵۲**	۹۸/۴۲*
مقدار نانو ولاستونیت	۲	۳۲۸/۴۵**	۱۲۳/۷۴*	۶۹/۶۵**
نسبت کاه برنج به گج × مقدار نانو ولاستونیت	۴	۶۷/۸۷ **	۸۶/۳۱*	۴۹/۴۷**

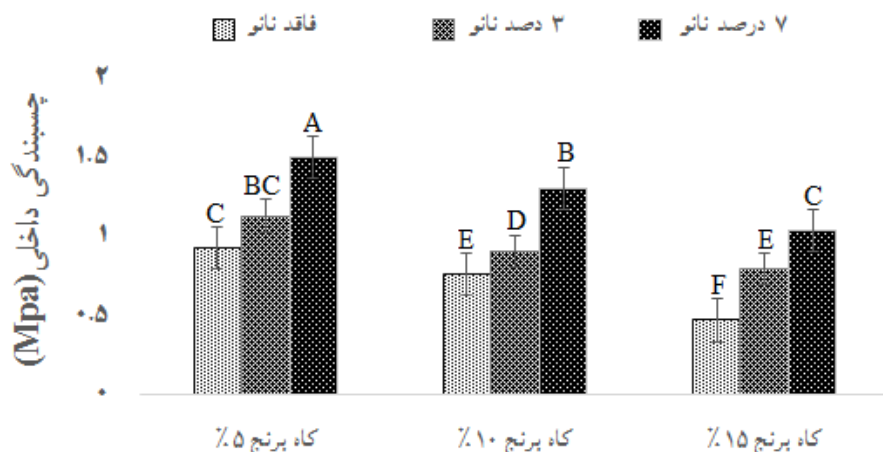
** : معنی دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد، * : معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد



شکل ۴- تأثیر متقابل نسبت اختلاط کاه برنج، گج و نانو ولاستونیت بر مقاومت خمشی به همراه گروه‌بندی دانکن



شکل ۵- تأثیر متقابل نسبت کاه برنج، گج و نانو ولاستونیت بر مدول الاستیسیته به همراه گروه‌بندی دانکن



شکل ۶- تأثیر متقابل نسبت اختلاط کاه برنج، گچ و نانو و لاستونیت بر چسبندگی داخلی به همراه گروه‌بندی دانکن

خواص فیزیکی

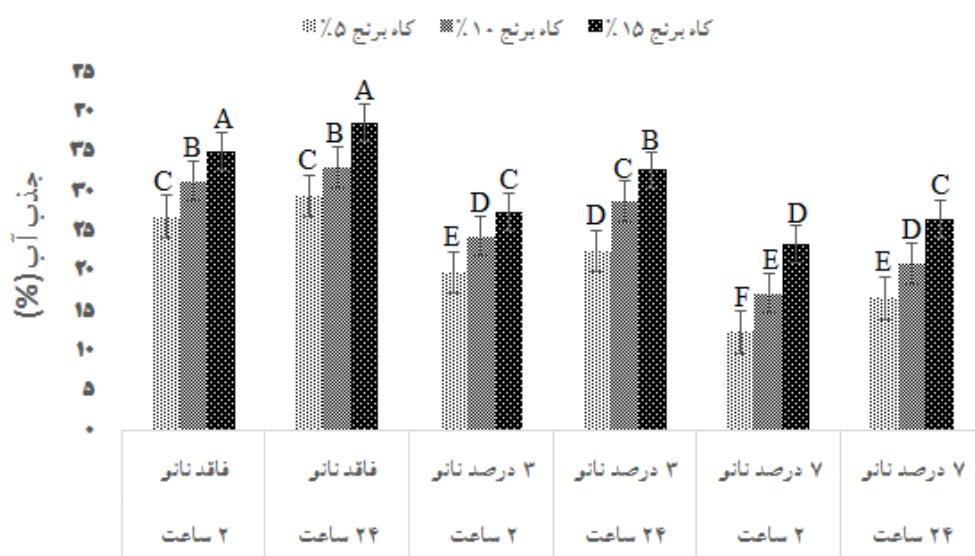
مربوط به تیمار ۷ درصد نانو و لاستونیت و ۵ درصد کاه برنج بوده است (شکل ۸). بر اساس تحلیل آماری اثر عوامل مستقل و متقابل بر درصد کاهش وزن در سطح ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۴). نتایج نشان داد که با افزایش نانو و لاستونیت از کاهش وزن تخته‌ها کاسته شده و مقاومت به آتش آنها افزایش یافته است (شکل ۹). به طوری که کمترین درصد کاهش وزن در تخته‌های حاوی ۷ درصد نانو و لاستونیت و ۵ درصد کاه برنج با مقدار ۰/۱۶ درصد مشاهده شد. تخته‌هایی که با نانو و لاستونیت تیمار نشده‌اند، کمترین مقاومت به آتش و بیشترین درصد کاهش وزن را از خود نشان داده‌اند (شکل ۹).

همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود اثر عوامل مستقل و متقابل بر روی جذب آب و دانسیته در دو سطح اعتماد ۱ و ۵٪ معنی‌دار است. با توجه به شکل ۷ و ۸ با افزایش نانو و لاستونیت از صفر درصد به ۷ درصد مقدار جذب آب و دانسیته تخته‌ها به ترتیب کاهش و افزایش می‌یابد. به طوری که کمترین درصد جذب آب در هر دو حالت ۲ و ۲۴ ساعت مربوط به تخته‌های با اختلاط ۵ درصد کاه برنج، ۹۵ درصد گچ با ۷ درصد نانو و لاستونیت می‌باشد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود با افزایش نانو و کاهش کاه برنج، دانسیته تخته‌ها افزایش یافته است. به طوری که بیشترین دانسیته

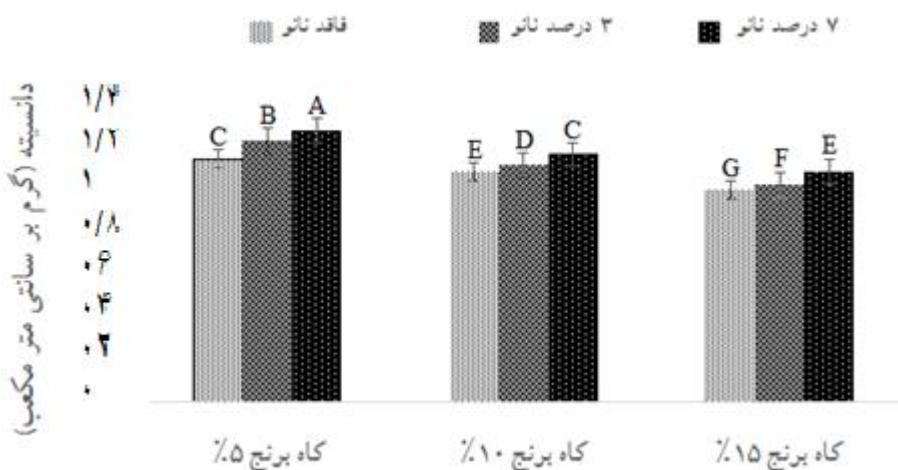
جدول ۴- تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل متغیرها بر خصوصیات فیزیکی تخته

کاهش وزن (%)	دانسیته gr/cm ³	جذب آب (%)		درجه آزادی	منبع تغییرات
		۲۴ ساعت	۲ ساعت		
۶۸/۳۷**	۷۶/۸۵*	۷۴۸/۳۶**	۵۲۶/۱۲**	۲	نسبت کاه برنج به گچ
۹۳/۴۵**	۱۵۴/۲۱*	۳۳۸/۷۴*	۶۳۸/۳۱**	۲	مقدار نانو و لاستونیت
۶۱/۸۵**	۶۵/۵۷*	۲۳۸/۱۲*	۳۱۴/۳۴*	۴	نسبت کاه برنج به گچ × مقدار نانو و لاستونیت

** : معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد، * : معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد



شکل ۷- تأثیر متقابل نسبت اختلاط کاه برنج، گچ و نانو ولاستونیت بر جذب آب پس از ۲ و ۲۴ ساعت به همراه گروه بندی دانکن



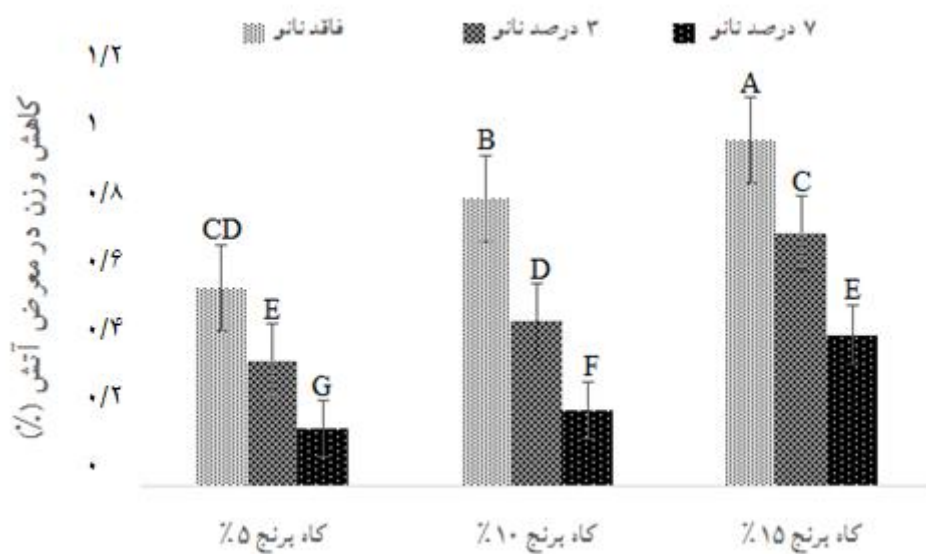
شکل ۸- تأثیر متقابل نسبت اختلاط کاه برنج، گچ و نانو ولاستونیت بر دانسیته به همراه گروه بندی دانکن

فیزیکی بهبود یافت. نانو ولاستونیت به دلیل ابعاد نانو در نتیجه خلل و فرج، کامپوزیت پر کرده از نفوذ آب به داخل کامپوزیت جلوگیری کرده، بنابراین باعث کاهش جذب آب تخته‌ها شده است (شکل ۱۰-الف).

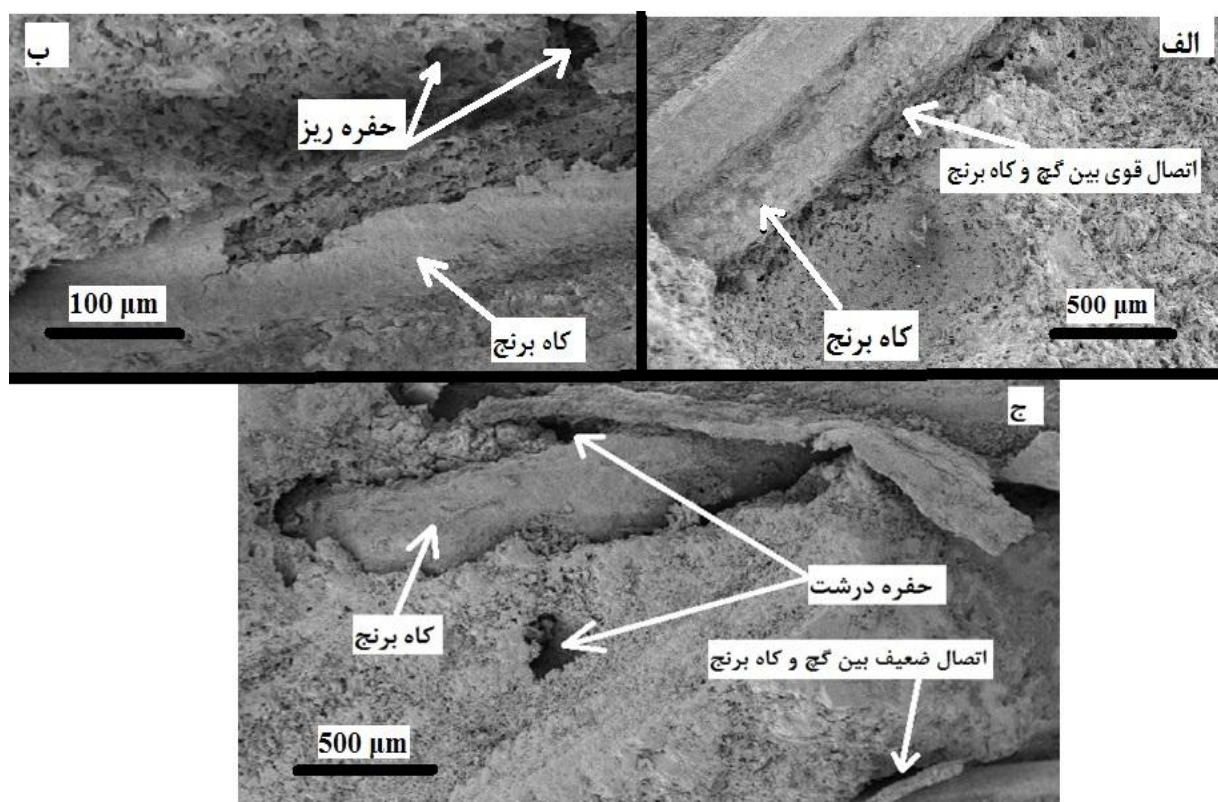
در تخته‌هایی که نانو ولاستونیت حضور ندارد، پیوستگی مناسبی بین کاه برنج و گچ وجود ندارد و باعث ایجاد ترک‌ها و حفره‌های درشت شده است (شکل ۱۰-ب-ج).

مشاهدات مورفولوژی کامپوزیت

با استفاده از دستگاه SEM بررسی ریزساختاری و نحوه پراکنش نانو ولاستونیت در کامپوزیت تعیین شد. در شکل ۱۰، درصد‌های مختلفی از نانو را در تخته‌ها مشاهده می‌کنید. همان‌طور که در شکل ۱۰-الف مشاهده می‌شود تخته‌های ساخته شده با ۷ درصد نانو یک شبکه منسجم‌تر و محکم‌تر با حفره‌های ریزتر به وجود می‌آورد. همچنین اتصال قوی‌تری بین کاه برنج و گچ حاصل شده، در نتیجه مقاومت مکانیکی و



شکل ۹- تأثیر متقابل نسبت اختلاط کاه برنج، گچ و نانو و لاستونیت بر مقاومت به آتش به همراه گروه‌بندی دانکن



شکل ۱۰- تصویر میکروسکوپی الکترونی کامپوزیت با حضور ۷ درصد نانو (الف)، ۳ درصد نانو (ب) و فاقد نانو (ج)

بحث

بر اساس نتایج بدست آمده، تخته‌های حاوی نانو ولاستونیت مقاومت مکانیکی و فیزیکی بالاتری نسبت به تخته‌های بدون نانو داشتند. دلایل افزایش مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی با حضور نانو ولاستونیت در تخته‌ها را می‌توان به این صورت بیان کرد که اولاً، سیلیس موجود در نانو ولاستونیت با ترکیبات گچ از قبیل سولفات کلسیم واکنش داده و سبب تشکیل ژل کلسیم سیلیکات هیدراته شده و این ژل از نفوذ مواد شیمیایی مخرب به داخل کامپوزیت جلوگیری می‌کند، در نتیجه سبب افزایش حرارت هیدراتاسیون می‌گردد (Hassanpoor Tichi et al., 2020). درثانی، همان‌طور که در عکس‌های میکروسکوپی مشاهده شد نانو ولاستونیت سبب اتصال ناگسستی بین گچ و کاه برنج شده، در نتیجه موجب افزایش مقاومت مکانیکی کامپوزیت گردید (شکل ۱۰). در این بررسی، تخته‌هایی که با نانو ولاستونیت تیمار شد، جذب آب کمتری داشتند. دلیل این موضوع را می‌توان به آبریز بودن نانو ولاستونیت نسبت داد (ciullo, 1997). با توجه به ساختار نانو، فوق‌ریز و سطح ویژه بالا نانو ولاستونیت، خلل و فرج درون تخته‌ها را پر کرده و مانع نفوذ آب به داخل کامپوزیت شده، در نتیجه جذب آب تخته کاهش و دانسیته آن افزایش یافت. با افزایش تراشه باگاس در اختلاط، به دلیل میزان سلولز بالا و بافت اسفنجی و متخلخل آن جذب آب تخته‌ها افزایش یافت. نتایج حاصل از تحقیقات Rangavar و همکاران (۲۰۱۶) و Hassanpoor و Tichi و همکاران (۲۰۱۵) مؤید نتایج به دست آمده در این تحقیق می‌باشد. در کامپوزیت‌هایی که با ۷ درصد نانو ساخته شده بود نسبت به کامپوزیت‌های فاقد نانو مقاومت به آتش بالاتر و درصد کاهش وزن کمتری داشته‌اند. یکی از دلایل مقاومت به بالای کامپوزیت‌های حاوی نانو ولاستونیت این است که: نانوهای معدنی از قبیل نانو ولاستونیت به دلیل ترکیبات شیمیایی شامل سیلیس، تیتانیوم، منیزیم، کلسیم و آهن ذاتاً در مقابل آتش مقاوم هستند (ciullo, 1997). دلیل بعدی را می‌توان به این صورت بیان کرد که: سرعت انتقال حرارت نانو ولاستونیت بالا می‌باشد (2,5 w/m·K)، همین

موضوع سبب شده که گرما با سرعت به نقطه دیگری که حرارت کمتری دارد منتقل شود؛ در نتیجه مقاومت به آتش تخته‌هایی که با نانو ولاستونیت تیمار می‌شود افزایش یابد (Taghiyari et al., 2014). نتایج ذکر شده با نتایج Esmailpour و همکاران (۲۰۱۸) مطابقت دارد.

منابع مورد استفاده

- Ciullo, P.A. 1997. Industrial minerals and their uses. Noyes Publications, Westwood, USA. 640p. URL: <https://www.elsevier.com/books/industrial-minerals-and-their-uses/ciullo/978-0-8155-1408-4>
- DIN EN standard, NO. 634, 1995. Cement-bonded Particleboards. Specifications- general requirements; German version.
- Doosthoseini, K. 2007. Technology of production and application of compressed wood panels, University of Tehran Press.
- Esmailpour, A., Taghiyari, H.R., Nouri, P. and Jahangiri, A., 2018. Fire-retarding properties of nanowollastonite in particleboard. Fire Mater. 42, 306–315.
- Golbabaei, F., Salehi, K. and Hajihassani, R., 2018. Use of bagasse in the manufacture of reinforced wood-fiber cement composite. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 34(2): 302-311. (In Persian).
- Hassanpoortichi, A., Bazayr, B., Khademieslam, H., Rangavar, H. and Talaeipour, M., 2015. Effect of nano-wollastonite on microscopic, mechanical and physical properties of cement-wood fibers composite. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research. 3(4): 567–577. (In Persian).
- Hassanpoortichi, A., Golbabaei, F. and Khademieslam, H., 2020. Application of bagasse in gypsum board - reinforced with nano-wollastonite. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research. 35(2): 138–151. (In Persian).
- Hosseinkhani, H., 2014. Gypsum bounded board production reinforced with Date Palm (Phoenix dactylifera L.) pruning residues fibers. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research. 30(1): 60–71. (In Persian).
- Karade, S.R., 2010. Cement-bonded composites from lignocellulosic wastes. Construction and building materials, 24(8): 1323-1330.
- Li, H., Xiao, H. and Ou, J., 2004. A study on mechanical and pressure-sensitive properties of cement mortar with nanophase materials. Cement and Concrete Research, 34(3): 435-438.
- Nazerian, M., Kamyab, M. and Kermaniyan, H., 2016.

- 31(4):684-694. (In Persian)
- Rowell, P.M., Youngquist, J.A. and McNatt, D., 1991. Agricultural fibers in composition panels. In Proceedings of the 27th International Particleboard Composite Materials Symposium. USA, 9-11 April: 301-314.
- Taghiyari, H. R., Mobini, K., Sarvari Samadi, Y., Doosti, Z., Karimi, F., Asghari, M., Jahangiri, A. and Nouri, P., 2013. Effects of nano-wollastonite on thermal conductivity coefficient of medium-density fiberboard. *Journal of Nanomaterials & Molecular Nanotechnology*. 2(1): 1-5.
- Taghiyari, H. R., Ghorbanali, M. and Tahir, P. M. D., 2014. Effects of the improvement in thermal conductivity coefficient by nano-wollastonite on physical and mechanical properties in medium-density fiberboard (MDF), *BioResources* 9(3), 4138-4149.
- Application effect of mineral fibers on hydration and properties of gypsum-bonded fiberboard manufactured from kenaf and bagasse fibers. *Journal of Wood & Forest Science and Technology*, 23 (2): 203-228. (In Persian).
- Mohammad kazemi, F., Doosthoseini, K., Ganjian., E. and Azin, M., 2015. Effects of Bacterial Nanocellulose on Properties of Fiber-Cement Composites and Durability to Freeze-Thaw Cycling. *Concrete research*, 2: 47-56. (In Persian).
- Rangavar, H., 2013, Study on the possibility of recycled-banknote utilization in the production of wood gypsum composite-boards. *Iranian Journal of Wood and Paper Industries*, 4 (1): 87-99.
- Rangavar, H., Nourbakhsh, A. and Haji Hatamlo, S., 2016. The effect of nano-wollastonite on physical and mechanical properties of wood plastic composites made with sunflower stem waste and alder wood. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*,

Investigation of the effect of nano-wollastonite on the properties of gypsum-based composites made of rice straw

A. Hassanpoor Tichi^{1*}, F. Golbabaei² and M. Rezanezhad Divkolae³

1* -Corresponding Author, Assistant Prof, Dep. of Wood Science and Engineering, Technical Faculty of No. 2, Mazandaran Branch, Technical and Vocational University (TVU), Sari, Iran, Email: hasanpoortichi@gmail.com

2-M.Sc., Wood and forest products division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

3-B.Sc, Student, Dep. of Wood Science and Engineering, Technical Faculty of No. 2, Mazandaran Branch, Technical and Vocational University (TVU), Sari, Iran

Received: Oct., 2020

Accepted: Jan., 2021

Abstract

In this study, the possibility of making gypsum-based boards using different levels of rice straw chips was investigated. Variable factors in this study were nano-wollastonite at three levels of 0, 3 and 7% and also the ratio of rice straw to gypsum at three levels (5:95, 10:90, 15: 85%). Thus, with the consideration of nine treatments, a total of 27 laboratory boards were produced. The target density of 1.10 gr/cm³ was considered. Mechanical and physical properties of composites including modulus of rupture, modulus of elasticity, internal bonding, water absorption after 2 and 24 hours of immersion, and density of boards were measured according to DIN-EN-634 and fire resistance (weight loss percentage) according to ISO-11925. In order to investigate the bonding potential between rice straw and gypsum as well as the distribution of nano-wollastonite, electron microscopic images (SEM) of the fracture surface of the samples were produced. The results showed that the composites made with nano-wollastonite possessed that higher mechanical and physical strengths. Microscopic imaging (SEM) showed that the boards made with 7% nano exhibited more extensive internal bonds and created a uniform structure. In this study, composites made of 7% nano wollastonite with 5% rice straw were selected as the optimal treatment.

Keywords: Rice straw, modulus of rupture, gypsum, water absorption, nano-wollastonite.