

## تأثیر تیمار نانو اکسید فلزات بر خواص تخته فیبر با دانسیته متوسط ساخته شده از الیاف ساقه آفتابگردان

غنچه رسام<sup>۱</sup>، حسین رنگ‌آور<sup>۱</sup> و وحید نیکخواه<sup>۲\*</sup>

۱- استادیار، گروه صنایع چوب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران

۲- نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه صنایع چوب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران

پست الکترونیک: vahid2008nic@yahoo.com

تاریخ دریافت: شهریور ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۳

### چکیده

در این تحقیق تأثیر نانو ذرات فلزی دی‌اکسید آلومینیوم ( $Al_2O_3$ ) و اکسید مس (CuO)، بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته فیبر با دانسیته متوسط ساخته شده از مخلوط الیاف صنعتی چوبی و الیاف ساقه گیاه آفتابگردان با چگالی ۰/۷ گرم بر سانتیمتر مکعب بررسی شد. ماده اولیه در دو سطح شامل الیاف صنعتی چوبی و الیاف ساقه آفتابگردان، با درصد اختلاط در پنج سطح ۱۰۰:۰، ۵۰:۵۰، ۲۵:۷۵، ۷۵:۲۵ و نانو ذرات فلزی هرکدام در دو سطح ۲ و ۴ درصد با غلظت ۴۰۰ پی‌پی‌ام بر اساس وزن خشک الیاف مورد استفاده قرار گرفت. ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی نمونه‌ها شامل واکنشیدگی ضخامت و جذب آب نمونه‌ها طی ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب، مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته خمشی و چسبندگی داخلی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که افزایش درصد نانو ذرات و الیاف صنعتی و کاهش الیاف ساقه آفتابگردان، باعث افزایش مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته‌های مورد بررسی شد. استفاده از تیمار نانو فلزات باعث کاهش جذب آب و واکنشیدگی ضخامت طی ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب شد. به‌طور کلی می‌توان گفت که با استفاده از نانو آلومینیوم ۴ درصد و نانو مس ۴ درصد در تمامی سطوح اختلاط، تخته‌هایی با ویژگی‌های بالاتر از استاندارد EN ۶۲۲-۵ و مناسب برای مصارف داخلی ساختمان تولید نمود.

واژه‌های کلیدی: الیاف صنعتی چوبی، الیاف ساقه آفتابگردان، تخته فیبر، دی‌اکسید آلومینیوم، اکسید مس.

### مقدمه

تقاضا برای MDF از یکسو و افزایش شمار کارخانه‌های تولیدکننده MDF از سوی دیگر، بکارگیری الیاف دیگر منابع لیگنوسلولزی برای تأمین بخشی از مواد اولیه موردنیاز این صنایع را اجتناب‌ناپذیر می‌کند. البته به دلیل محدودیت برداشت چوب از منابع جنگلی باید به دنبال منابع دیگری برای تأمین مواد اولیه موردنیاز بود (Karimi, et al., 2012). به‌طوری‌که از دیگر منابع لیگنوسلولزی که می‌تواند برای استفاده در صنایع تخته فیبر مورد استفاده قرار گیرد

تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF) به علت داشتن قابلیت‌های منحصر به فردی همانند قیمت ارزان‌تر (نسبت به چوب ماسیو)، دارا بودن ویژگی‌هایی همانند چوب، یکنواختی دانسیته در همه سطوح، قابلیت پرداخت و روکش‌پذیری مورد استقبال در بازار مصرف قرار گرفته و توانسته است به‌صورت چشم‌گیری نظر سرمایه‌گذاران و مصرف‌کنندگان را به خود جلب کند. رشد جمعیت و افزایش

مدول کشسانی (الاستیسیته) و چسبندگی درونی آنها شده است، درحالی که واکنشپذیری ضخامت و جذب آب پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری آنها افزایش پیدا کرده است.

Khristova (۱۹۹۸)، بیان داشت که تخته خرده چوب‌های ساخته شده از ساقه آفتابگردان مغزگیری شده با چگالی متوسط، دارای ویژگی‌های مقاومتی استاندارد است و برای مصارف میلمان و دکوراسیون توصیه شده‌اند.

Guler و همکاران (۲۰۰۶)، امکان ساخت تخته خرده چوب از ساقه آفتابگردان و چوب کاج را مورد بررسی قرار دادند. مشاهده شد که تخته‌ها با مخلوط ۵۰:۵۰ از ذرات کاج و ساقه آفتابگردان دارای خواص بهتری است.

Taghiyari و همکاران (۲۰۱۱)، تأثیر نانو ذرات نقره را بر کاهش زمان پرس گرم و بهبود ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته خرده چوب تولیدی شرکت ایران چوب را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که نسبت‌های مصرف نانو نقره به میزان ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌لیتر در هر کیلوگرم خرده چوب، به ترتیب باعث کاهش زمان پرس گرم به میزان ۱۰/۹ و ۱۰/۱ درصد و بهبود معنادار مقاومت‌های مکانیکی شد.

Farajallahpour و Doosthoseini (۲۰۱۲)، اثر رطوبت کیک خرده چوب و نانو ذرات مس بر انتقال حرارت و خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده چوب صنوبر را بررسی نمودند. نانو ذرات مس موجب افزایش انتقال حرارت از صفحه‌های پرس به لایه مغزی کیک خرده چوب و متعاقباً افزایش چسبندگی داخلی شده است و این اثر مثبت با افزایش رطوبت کیک خرده چوب مشهودتر می‌شود.

Kumar و همکاران (۲۰۱۳)، استفاده از نانو ذرات دی‌اکسید آلومینیوم در خواص انتقال حرارت از تخته فیبر با چگالی متوسط به منظور افزایش انتقال حرارت در پرس داغ را بررسی نمودند. با افزایش میزان نانو دی‌اکسید آلومینیوم در تخته خواص مکانیکی بخصوص مقاومت خمشی و چسبندگی داخلی افزایش زیادی داشت و همچنین واکنشپذیری ضخامت نیز کاهش یافته بود که دلیل این امر بر یکسان بودن حرارت در کل کیک به خصوص مغز آن بوده است.

Rangavar و همکاران (۲۰۱۳)، اثر نانو مس بر خواص

پسماند گیاهان کشاورزی از جمله ساقه آفتابگردان است، به دلیل اینکه کاربرد خاصی برای کشاورز و دام ندارد و بیشتر سوزانده می‌شود. بدین ترتیب علاوه بر از بین رفتن یک سرمایه ارزشمند، خسارت‌های زیست‌محیطی را نیز به دنبال خواهد داشت (Taheri, et al., 2012). آفتابگردان در بیشتر استان‌های کشور کشت می‌شود که بر اساس آمار FAO در سال ۲۰۱۲، سطح زیر کشت آفتابگردان در ایران ۷۰ هزار هکتار بوده است.

یکی از فناوری‌های نوین که وارد عرصه علم شده، فناوری نانو است و با توجه به اندازه خیلی ریز، کارایی‌شان بسیار افزایش یافته است. یکی از معایب موجود در الیاف تولید شده از چوب، سرعت پایین انتقال حرارت به لایه‌های مغزی در تولید صفحات فشرده‌چوبی است. نانو ذرات فلزی دارای ضریب انتقال حرارت بالایی هستند. استفاده از نانو ذرات فلزی می‌تواند باعث بهبود انتقال حرارت به لایه‌های میانی صفحات فشرده‌چوبی و در نتیجه پلی‌مریزاسیون مناسب چسب و بهبود کیفیت محصول نهایی شود (Farajallahpour, et al., 2012). اخیراً تحقیقات زیادی در زمینه استفاده از ضایعات کشاورزی در ساخت صفحات فشرده‌چوبی و همچنین تأثیر نانو ذرات بر روی خواص فیزیکی و مکانیکی صفحات فشرده‌چوبی انجام شده است که در زیر به برخی از آنها اشاره می‌شود.

Taheri و همکاران (۲۰۱۲) امکان استفاده از ساقه گیاه آفتابگردان در تخته خرده چوب با دانسیته ۰/۴۵ را مورد مطالعه قرار دادند. در این تحقیق از ساقه آفتابگردان در مخلوط با خرده چوب صنعتی در ۵ سطح استفاده شد. نتایج نشان داد که استفاده از ساقه آفتابگردان باعث افزایش واکنشپذیری ضخامت، مدول خمشی، مدول کشسانی و چسبندگی داخلی نمونه‌ها گردید.

Karimi و همکاران (۲۰۱۲) بررسی و ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌فیبر با چگالی متوسط ساخته شده از مخلوط الیاف ساقه ذرت و گونه‌های چوبی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که افزایش میزان الیاف ساقه ذرت در تخته‌ها، موجب کاهش مقاومت خمشی،

صفحات فشرده چوبی باعث کاهش خصوصیات آنها می‌گردد. با توجه به همین مطالب و با در نظر گرفتن این‌که تاکنون مطالعه‌ای در خصوص استفاده از ضایعات ساقه آفتابگردان در تولید تخته فیبر با دانسیته متوسط انجام نشده است، هدف از این مطالعه امکان‌سنجی استفاده از ضایعات ساقه آفتابگردان در تولید تخته فیبر با دانسیته متوسط و همچنین بهبود ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی آن در حد مطلوب استاندارد با استفاده از نانو ذرات دی‌اکسید آلومینیوم و اکسید مس بود.

### مواد و روش‌ها

#### مواد

در این تحقیق ساقه‌های گیاه آفتابگردان با دانسیته ۰/۳۸ گرم بر سانتیمتر مکعب از مزارع شهرستان خوی واقع در استان آذربایجان غربی جمع‌آوری و بدون مغزداپی توسط دستگاه ریفاینر آزمایشگاهی به الیاف تبدیل شدند. همچنین الیاف صنعتی چوبی از کارخانه آرین سینا استان مازندران تهیه شد. خصوصیات ساقه آفتابگردان و الیاف صنعتی در جدول ۱ آمده است. همچنین در جدول ۲ عناصر شیمیایی تشکیل‌دهنده چوب و ساقه آفتابگردان آورده شده است.

فیزیکی و مکانیکی تخته فیبر دانسیته متوسط (MDF) را بررسی نمودند. نتایج آنان نشان داد که افزایش نانو مس سبب افزایش مقاومت‌ها گردیده ولی میزان آن تا ۶ درصد نتایج بهتری داشته است.

Bektas و همکاران (۲۰۰۵)، از مخلوط ساقه آفتابگردان و چوب صنوبر برای ساخت تخته خرده چوب استفاده کردند. تمامی تخته‌های تولید شده حداقل‌های استاندارد را داشتند ولی هرچه میزان چوب صنوبر افزایش یافت خواص تخته‌ها بهبود یافت. آنان توصیه نمودند که از ساقه آفتابگردان به عنوان مخلوطی از سایر گونه‌ها و به عنوان جایگزین چوب در ساخت محصولات داخل ساختمان استفاده شود.

به طوری که از مطالعات انجام شده نیز مشخص است تأثیر نانو ذرات فلزی بر بهبود انتقال حرارت و ویژگی‌های صفحات فشرده چوبی ثابت شده است. از طرف دیگر نیز لزوم استفاده از ضایعات کشاورزی و جایگزین نمودن آن با چوب و یا حتی بخشی از آن امری مهم است. به طوری که در ابتدای مقدمه اشاره گردید یکی از ضایعات کشاورزی که می‌تواند در ساخت صفحات فشرده چوبی استفاده شود، ضایعات حاصل از ساقه آفتابگردان است اما مطالعات نشان داده است که استفاده از ضایعات کشاورزی در تولید

جدول ۱- خصوصیات ماده اولیه

نوع فیبر	دانسیته g/cm <sup>3</sup>	طول (میکرومتر)	قطر فیبر (میکرومتر)	ضخامت دیواره (میکرومتر)	ضریب لاغری
الیاف چوبی	۰/۶۵	۱۴۴۰	۲۴/۱	۶	۶۰
الیاف ساقه آفتابگردان	۰/۳۸	۹۸۵	۲۳/۸	۵/۹	۴۱

جدول ۲- عناصر شیمیایی تشکیل‌دهنده (درصد)

نوع ماده	سلولز	همی سلولز	لیگنین	مواد استخراجی
*پهن‌برگ	۴۰-۴۵	۳۰-۳۵	۲۰-۲۵	۵
*سوزنی‌برگ	۴۰-۴۵	۲۵-۳۰	۲۵-۳۰	۳
*ساقه آفتابگردان	۳۹/۹۳	۲۰/۴۲	۲۲/۲۴	۱۷/۴۱

\*Mirshokraei (۲۰۰۷) و \*Rodi و همکاران (۲۰۰۶)

چوب آورده شده است. چسب آماده از کارخانه ایران چوب قزوین تهیه گردید. جدول ۵ خصوصیات چسب مورد استفاده را نشان می‌دهد.

نانو ذرات دی‌اکسید آلومینیوم و اکسید مس از شرکت نانو مواد ثانی مشهد تهیه گردیدند، در جدول ۳ مواد تشکیل‌دهنده و خصوصیات نانو ذرات آورده شده است. در جدول شماره ۴ ضریب هدایت حرارتی مس و آلومینیوم و

جدول ۳- خصوصیات نانو ذرات فلزی

نوع نانو	اندازه ذرات (nm)	خلوص (درصد)	رنگ	دانسیته (g/m <sup>3</sup> )	سطح پوشش‌دهنده (m <sup>2</sup> /g)	مرفولوژیکی
آلومینیوم	۲۰	۹۹<	سفید	۳/۸۹	۱۳۸	کروی
مس	۴۰	۹۹<	سیاه	۶/۴	۲۰	کروی

جدول ۴- ضریب هدایت حرارتی مواد مورد استفاده

نوع ماده	مس	آلومینیوم	چوب
ضریب هدایت حرارتی در ۱۲۵ °C (w/m·c)	۴۰۰	۲۵۵	۰/۳

جدول ۵- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی رزین اوره‌فرمالدهید

مواد جامد (درصد)	۶۴±۱
گرانروی (cps)	۳۰۰-۵۰۰
میزان فرم آلدهید آزاد (درصد)	حد اکثر ۰/۳
اسیدیته	۸±۰/۵
جرم حجمی (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	۱/۲۷۵
زمان انعقاد (ثانیه)	۴۰-۴۵

### ساخت تخته‌ها

عوامل متغیر شامل درصد اختلاط الیاف صنعتی و الیاف ساقه آفتابگردان در پنج سطح با نسبت‌های ۱۰۰:۰، ۵۰:۵۰، ۲۵:۷۵ و ۷۵:۲۵ در داخل یک مخلوط‌کن آزمایشگاهی مخلوط شدند. نانو فلزات دی‌اکسید آلومینیوم و اکسید مس هر کدام در دو سطح ۲ و ۴ درصد نسبت به وزن خشک الیاف با غلظت ۴۰۰ پی‌پی‌ام با چسب مخلوط شد. میزان مصرف چسب ۱۰ درصد بر اساس وزن خشک الیاف بود. به منظور چسب‌زنی الیاف، چسب تهیه شده در یک

چسب‌زن آزمایشگاهی روی الیاف اسپری شد، سپس الیاف آغشته شده با چسب در داخل یک قالب ۴۰×۴۰ سانتیمتر شکل داده شد. یک شکل داده شده به وسیله پرس آزمایشگاهی با دمای پرس ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۶ دقیقه تا رسیدن به ضخامت ۱۶ میلی‌متر فشرده گردید. در مجموع با ترکیب عوامل متغیر و در نظر گرفتن ۳ تکرار برای هر تیمار ۷۵ تخته آزمایشگاهی ساخته شد. دانسیته تخته‌ها ۰/۷ گرم بر سانتیمتر مکعب در نظر گرفته شد. به منظور متعادل‌سازی تنش‌های داخلی، تخته‌های ساخته شده به مدت ۱ ماه در

گرفت. برای بررسی اثر مستقل و متقابل عوامل، نتایج با استفاده از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سطح اطمینان ۹۵ درصد مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. برای مقایسه میانگین نمونه‌ها از آزمون دانکن استفاده شد.

### نتایج

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری و اثرات مستقل و متقابل عوامل متغیر بر ویژگی‌های تخته فیبر در جدول ۶ (جدول تجزیه واریانس) آورده شده است. همان‌طور که جدول آنالیز واریانس نشان می‌دهد اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر کلیه خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌های ساخته شده در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار است که در ادامه نتایج حاصل از ارزیابی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی ارائه شده است.

شرایط آزمایشگاهی (رطوبت نسبی  $65 \pm 1$  درصد و دمای  $20 \pm$  درجه سلسیوس) نگهداری شدند.

### تعیین خصوصیات مکانیکی و فیزیکی

نمونه‌های لازم برای تعیین مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته‌ها مطابق با استاندارد EN ۳۱۰ برش خوردند. برای تعیین چسبندگی داخلی مطابق با استاندارد EN ۳۱۹ و برای به‌دست آوردن مقادیر جذب آب و واکنشیدگی ضخامت مطابق با استاندارد EN ۳۱۷ نمونه‌های آزمایش از تخته‌ها تهیه گردید. اندازه‌گیری خواص مکانیکی با استفاده از دستگاه Instron model ۴۴۸۶ انجام شد.

### تحلیل آماری

نتایج به‌دست آمده با نرم‌افزار آماری SPSS مورد آنالیز قرار

جدول ۶- نتایج تجزیه و تحلیل واریانس

عوامل متغیر مستقل و متقابل	مقاومت خمشی (MPa)	مدول کشسانی (MPa)	چسبندگی داخلی (MPa)	واکنشیدگی ضخامت پس از ۲ ساعت	واکنشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت	جذب آب پس از ۲ ساعت	جذب آب پس از ۲۴ ساعت
درصد اختلاط	۳۷۰/۷۵*	۱۳۳/۲۴۷*	۱۲۴/۵*	۹۵۸/۱۶*	۸۸۷/۷۵*	۱۷۸/۳*	۲۱۴/۱*
درصد نانو	۳۰۹/۶۷*	۹۷/۲۶۴*	۱۵۱/۹*	۲۰۹/۰۸*	۱۵۷/۶۱*	۴۱/۳*	۱۲۴/۵*
اختلاط * نانو	۲/۶۸۴*	۲/۲۷۶*	۲/۱۵*	۲/۴*	۲/۸۲*	۴/۱۹*	۱/۸۱*

\* معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵ درصد

### خواص مکانیکی

#### مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته

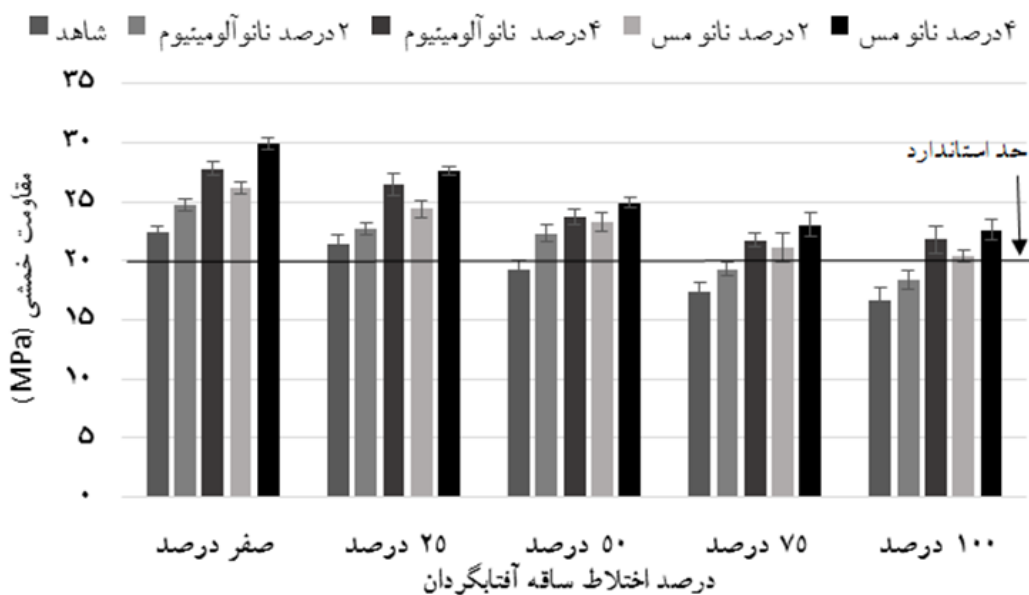
نتایج به‌دست آمده در مورد تأثیر مستقل درصد اختلاط بیانگر این بود که کمترین مقدار خواص مکانیکی مربوط به ساقه آفتابگردان ۱۰۰ درصد است. در اثر مستقل نانو ذرات روی خواص مکانیکی، بالاترین مقدار در استفاده نانو اکسید مس ۴ درصد به‌دست آمد و نانو دی‌اکسید آلومینیوم نیز نتایج تقریباً نزدیک به نانو اکسید مس داشت. تخته‌های ساخته شده با الیاف آفتابگردان و بدون نانو ذرات مقاومت پایین‌تری داشتند، به‌طوری‌که در مقایسه مقاومت خمشی تخته‌های ساخته شده از الیاف صنعتی خالص و ۵۰ درصد

ساقه آفتابگردان با ساقه آفتابگردان خالص به ترتیب ۳۲ و ۱۴ درصد و مدول الاستیسیته این گروه‌ها به ترتیب ۲۳ و ۱۱ درصد بیشتر شد (جدول ۷). نتایج تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که با افزایش درصد نانو ذرات و کاهش الیاف ساقه آفتابگردان خواص مکانیکی نمونه‌ها افزایش یافت. همان‌طور که در شکل‌های ۱ و ۲ مشاهده می‌شود، مقاومت خمشی نمونه‌های ساخته شده با ۱۰۰ و ۵۰ درصد الیاف صنعتی و ۴ درصد نانو مس در مقایسه با ۱۰۰ درصد ساقه آفتابگردان و ۴ درصد نانو مس به ترتیب افزایش ۳۲/۵ و ۱۰ درصدی و مدول الاستیسیته این تیمارها افزایش ۳۱ و ۱۲ درصدی را نشان می‌دهد.

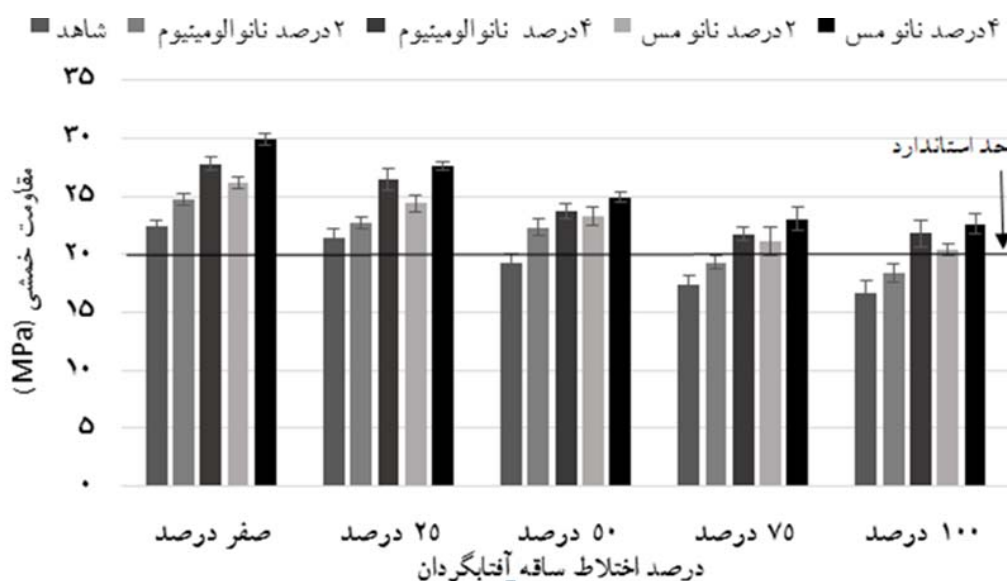
جدول ۷- میانگین تأثیر مستقل و گروه‌بندی دانکن

خواص تیمار اختلاف Fw-Fs*	مقاومت خمشی (MPa)	مدول الاستیسیته (MPa)	چسبندگی داخلی (MPa)	واکسیدگی ضخامت ۲ ساعت (درصد)	واکسیدگی ضخامت ۲۴ ساعت (درصد)	جذب آب ۲ ساعت (درصد)	جذب آب ۲۴ ساعت (درصد)
اختلاف ۱۰۰-۰	A	A	E	E	E	D	E
اختلاف ۷۵-۲۵	B	B	D	D	D	C	D
اختلاف ۵۰-۵۰	C	C	C	C	C	C	C
اختلاف ۲۵-۷۵	D	D	B	B	B	B	B
اختلاف ۰-۱۰۰	E	E	A	A	A	A	A
نانو ۰ درصد	E	E	C	A	A	A	A
نانو $Al_2O_3$ ۲٪	D	D	B	B	B	B	B
نانو $Al_2O_3$ ۴٪	B	B	A	C	C	C	C
نانو CuO ۲٪	A	A	A	C	C	C	C
نانو CuO ۴٪	A	A	A	C	C	C	C

\* Fw=الیاف ساقه آفتابگردان و Fs=الیاف صنعتی چوبی -  $Al_2O_3$  = دی‌اکسید آلومینیوم و CuO = اکسید مس



شکل ۱- تأثیر متقابل درصد اختلاط ماده اولیه و نانو ذرات فلزی بر مقاومت خمشی

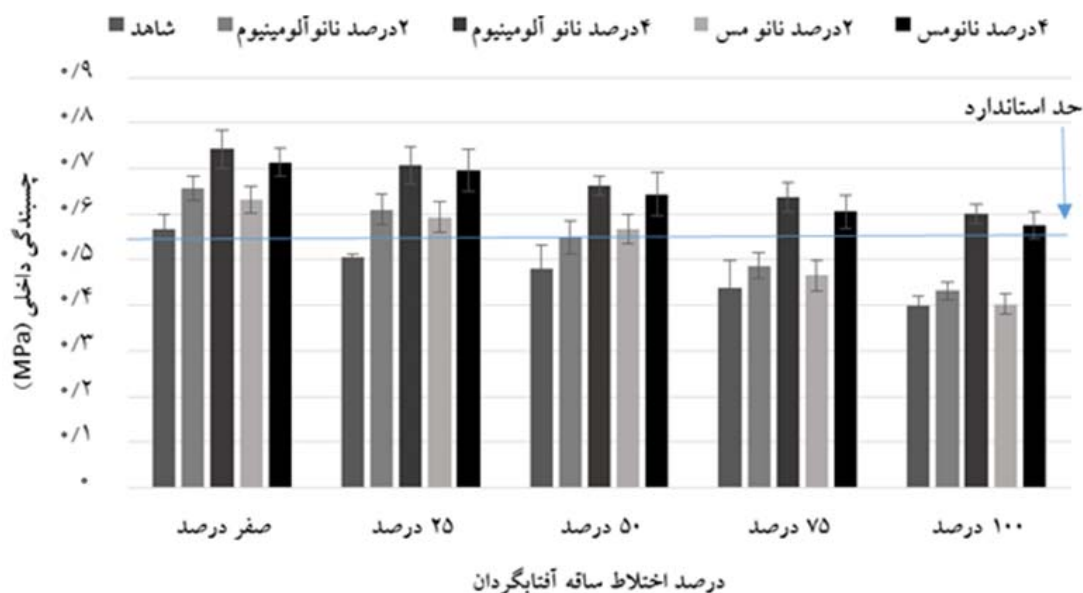


شکل ۲- تأثیر متقابل درصد اختلاط ماده اولیه و درصد نانو ذرات فلزی بر مدول الاستیسیته

### چسبندگی داخلی

در استفاده از نانو دی‌اکسید آلومینیوم ۴ درصد به دست آمد که نسبت به نمونه شاهد ۴۰ درصد بیشتر بود (جدول ۷). نتایج تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که با افزایش نانو و همچنین کاهش درصد الیاف آفتابگردان چسبندگی داخلی افزایش یافت. در نمونه‌های صفر و ۵۰ درصد آفتابگردان و ۴ درصد نانو آلومینیوم در مقایسه با ۱۰۰ درصد آفتابگردان و ۴ درصد نانو آلومینیوم به ترتیب افزایش ۲۴ و ۱۰ درصدی مشاهده شد (شکل ۳).

نتایج به دست آمده در مورد تأثیر مستقل درصد اختلاط بیانگر این بود که کمترین مقدار چسبندگی داخلی مربوط به ساقه آفتابگردان ۱۰۰ درصد است. در مقایسه الیاف صنعتی چوبی خالص و ۵۰ درصد الیاف ساقه آفتابگردان با الیاف ساقه آفتابگردان خالص به ترتیب افزایش ۳۷ و ۲۰ درصدی مشاهده شد. تأثیر مستقل نانو ذرات روی چسبندگی داخلی بالاترین مقدار

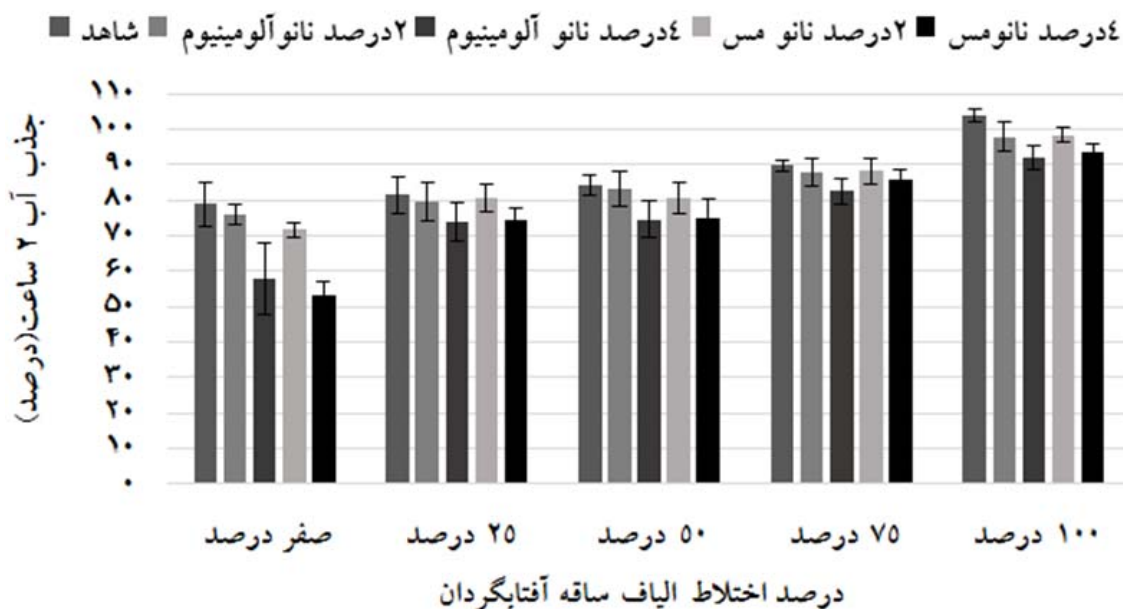


شکل ۳- تأثیر متقابل درصد اختلاط ماده اولیه و نانو ذرات فلزی بر چسبندگی داخلی

## خواص فیزیکی

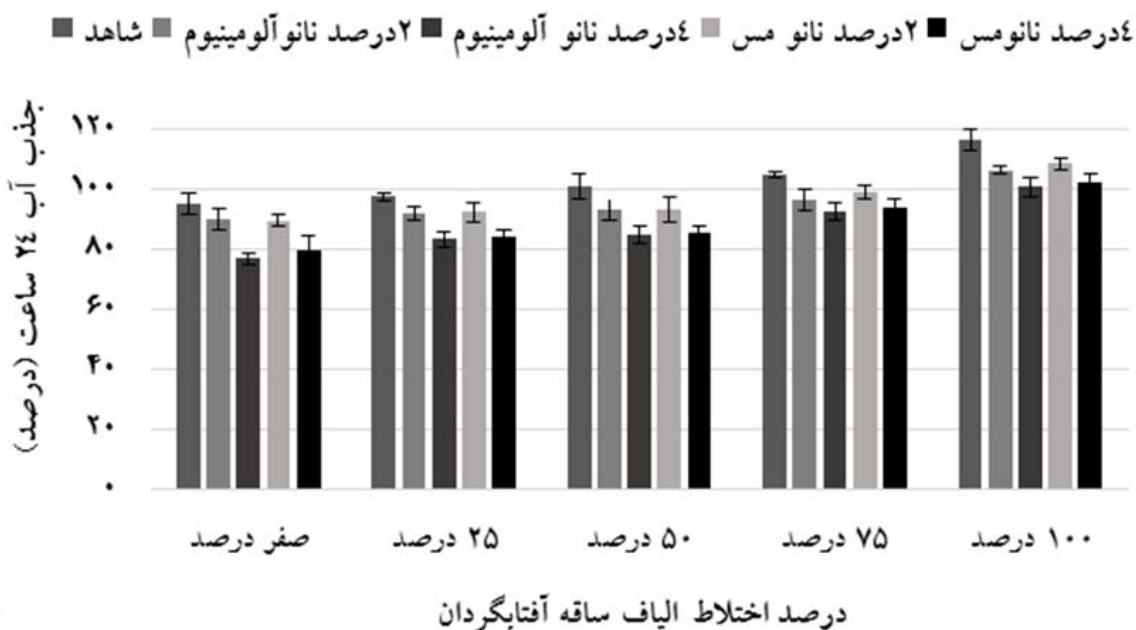
در تأثیر مستقل درصد اختلاط روی جذب آب و واکنشیدگی ضخامت در طی ۲ و ۲۴ ساعت بیشترین میزان جذب آب در تخته‌های ساخته شده با الیاف ساقه آفتابگردان خالص مشاهده شد. در تأثیر مستقل نانو ذرات کمترین میزان جذب آب و واکنشیدگی ضخامت در تیمار نانو دی‌اکسید آلومینیوم ۴ درصد و نانو اکسید مس ۴ درصد به دست آمد (جدول ۷). با افزایش میزان نانو کاهش میزان الیاف ساقه آفتابگردان، در ترکیب ساخت نمونه‌ها میزان جذب آب و واکنشیدگی ضخامت تخته‌ها طی ۲ و ۲۴ ساعت کاهش یافت. نمونه‌های ساخته شده با الیاف صنعتی چوبی خالص و ۴ درصد نانو مس در مقایسه با نمونه‌های ساقه آفتابگردان خالص و ۴ درصد نانو مس، منجر به کاهش ۷۶ درصدی و نسبت ۵۰ درصد ساقه آفتابگردان کاهش ۴۰ درصدی جذب آب

طی ۲ ساعت گردید. همچنین نمونه‌های ساخته شده با الیاف صنعتی چوبی خالص و ۴ درصد نانو آلومینیوم در مقایسه با نمونه‌های الیاف ساقه آفتابگردان خالص و ۴ درصد نانو آلومینیوم، کاهش ۳۱ درصدی و نسبت به ۵۰ درصد ساقه آفتابگردان، کاهش ۱۰ درصدی جذب آب طی ۲۴ ساعت را در پی داشت. نمونه‌های ساخته شده با ۱۰۰ درصد الیاف صنعتی و ۴ درصد نانو مس در مقایسه با نمونه‌های ۱۰۰ درصد الیاف ساقه آفتابگردان و ۴ درصد نانو مس، کاهش ۱۴۴ درصدی واکنشیدگی ضخامت طی ۲ ساعت و کاهش ۷۸ درصدی واکنشیدگی ضخامت طی ۲۴ ساعت را از خود نشان دادند. نمونه‌های ساخته شده با ۴ درصد نانو مس و ۵۰ درصد ساقه آفتابگردان در مقایسه با نانو مس ۴ درصد و ساقه آفتابگردان خالص طی ۲ و ۲۴ ساعت به ترتیب کاهش ۸۳ و ۴۳ درصدی را نشان داد (شکل‌های ۴ تا ۷).

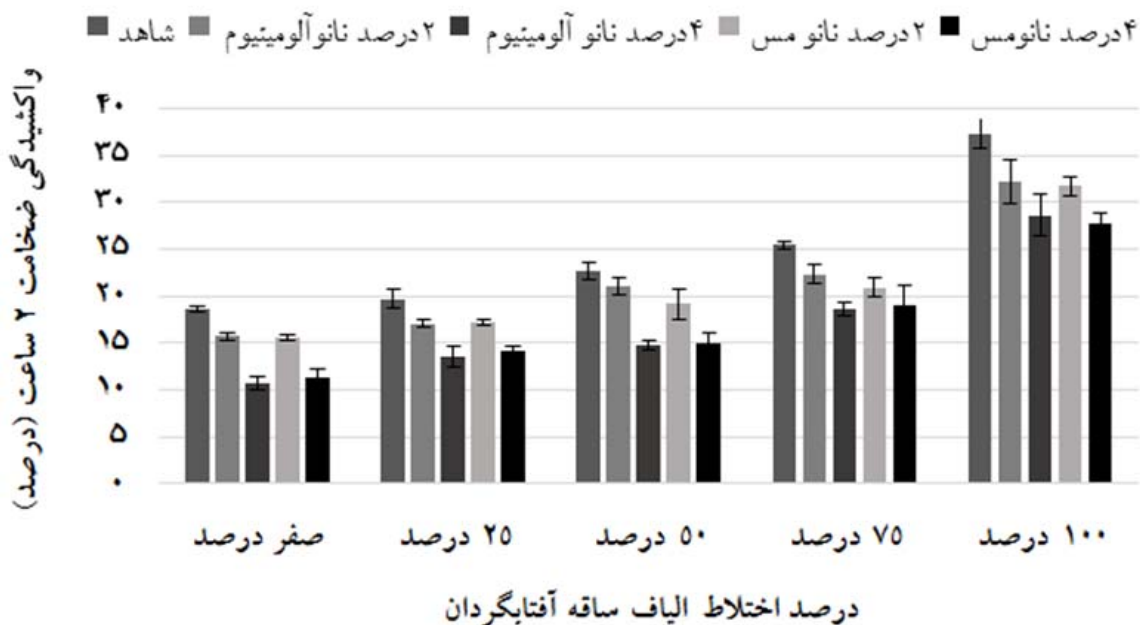


شکل ۴- تأثیر متقابل درصد اختلاط ماده اولیه و نانو فلزات بر جذب آب در نمونه‌ها طی ۲ ساعت

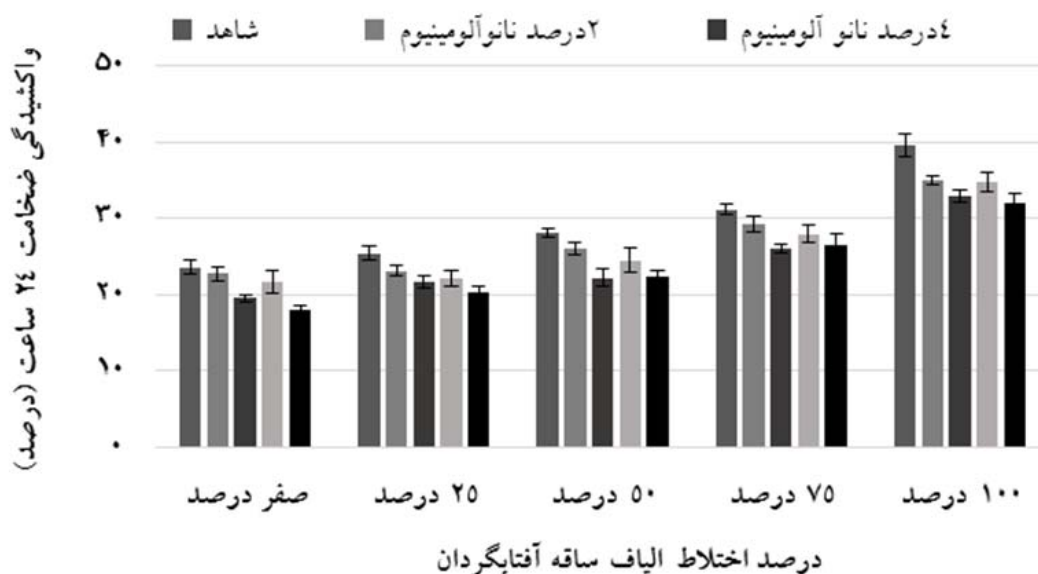




شکل ۵- تأثیر متقابل درصد اختلاط ماده اولیه و نانو فلزات بر جذب آب نمونه‌ها طی ۲۴ ساعت



شکل ۶- تأثیر متقابل درصد اختلاط ماده اولیه و نانو فلزات بر واكشیدگی ضخامت ۲ ساعت



شکل ۷- تأثیر متقابل درصد اختلاط ماده اولیه و نانو فلزات بر واکنش ۲۴ ساعتی

## بحث

با توجه به نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل واریانس، با افزایش میزان نانو فلزات در ساخت تخته فیبر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها افزایش یافت. با توجه به اینکه نانو فلزات دارای ذرات بسیار ریزی در حد هزار میکرون می‌باشند باعث پخش در همه نقاط تخته شده و باعث افزایش سطح تماس می‌گردند. Easter و همکاران (۲۰۰۱) دلیل آن را افزایش نسبت سطح به حجم (سطح ویژه بالا) در نتیجه سبب افزایش تأثیر ضریب هدایت حرارتی که با کاهش اندازه نانو ذرات ممکن می‌شود، بیان کردند. در بین نانو اکسید مس و دی‌اکسید آلومینیوم نانو ذرات مس تأثیر بیشتری بر روی خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها گذاشت که در سطح احتمال ۹۵ درصد این تأثیرگذاری معنی‌دار است که دلیل آن بالا بودن ضریب هدایت حرارتی مس نسبت به آلومینیوم است (جدول ۴). Farajollahpour و همکاران (۲۰۱۲) مشاهده نمودند که تخته‌های ساخته شده با نانو ذرات با ضریب هدایت حرارتی بالاتر عملکرد بهتری داشته‌اند. بالا بودن ضریب هدایت حرارتی سبب می‌شود که حرارت سریع‌تر به مغز تخته انتقال یافته و سبب خروج زودتر بخار از مغز تخته و گیرایی سریع‌تر چسب گردد (Taghiyari و همکاران ۲۰۱۱). همچنین

Rangavar و همکاران (۲۰۱۳)، در تحقیق تأثیر نانو مس بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته فیبر با دانسیته متوسط، مشاهده کردند که نانو مس سبب افزایش انتقال حرارت گردید، در نتیجه خواص فیزیکی و مکانیکی بهبود یافت. Kumar و همکاران (۲۰۱۳) زمانی که نانو دی‌اکسید آلومینیوم را در ساخت تخته فیبر به چسب اوره فرم آلدئید اضافه کردند مشاهده نمودند که مقاومت‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها افزایش یافت که دلیل آن را قابلیت پخش بهتر نانو ذرات با استفاده از اسپری چسب و انتقال سریع‌تر حرارت به مغز تخته و انعقاد سریع چسب و خروج بهتر رطوبت از مغز تخته ذکر نمودند. با توجه به نتایج به دست آمده دلیل نزدیک بودن نتایج نانو اکسید مس و نانو دی‌اکسید آلومینیوم به یکدیگر با توجه به اختلاف زیاد ضریب هدایت حرارتی را می‌توان به اندازه ذرات آنها نسبت داد. با توجه به خصوصیات هر دو نانو در یک جرم مشخصی از نانو ذرات اندازه نانو مس ۴۰ و اندازه ذرات نانو آلومینیوم ۲۰ است و سطح تحت پوشش یک گرم نانو ذرات مس ۲۰ مترمربع و سطح تحت پوشش یک گرم نانو ذرات آلومینیوم ۱۳۸ مترمربع است (جدول ۳). بنابراین می‌توان دلیل نزدیک بودن نانو آلومینیوم به نانو مس با توجه به ضریب هدایت حرارتی پایین نانو آلومینیوم را این مطلب ذکر کرد.

با توجه به نتایج به دست آمده و مقایسه آنها با استاندارد EN ۶۲۲-۵ (۲۰۰۹) که برای تخته فیبر دانسیته متوسط ساخته شده برای کارهای عمومی ساختمان در محیط خشک است، حداقل مقاومت خمشی ۲۰ مگاپاسگال است. نتایج نشان داد که الیاف ساقه آفتابگردان باعث کاهش مقاومت‌ها شد اما با استفاده از نانو ذرات تخته‌های تولیدی با ساقه آفتابگردان بهبود مناسبی یافتند و با افزودن نانو تا ۴ درصد در تمامی خصوصیات مکانیکی خواص تخته با ساقه آفتابگردان تا درصد اختلاط ۵۰ درصد بالاتر از حد استاندارد بود. لازم به ذکر است که در مورد مقاومت خمشی و چسبندگی حتی استفاده از نانو ذرات در ۷۵ و ۱۰۰ درصد ساقه آفتابگردان نیز خواص را تا حد استاندارد افزایش داد. در مقاومت خمشی تیمار نانو مس ۴ درصد و الیاف صنعتی خالص دارای مقاومت ۲۹/۸۹ مگاپاسگال که ۵۰ درصد و نانو مس ۴ درصد و آفتابگردان ۵۰ و ۱۰۰ درصد به ترتیب ۲۴ و ۱۳ درصد بیشتر از استاندارد مذکور است. با توجه به حداقل مقدار تعیین شده در استاندارد برای مدول الاستیسیته (۲۲۰۰ مگاپاسگال)، نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که الیاف صنعتی خالص در تمامی گروه‌های تیماری که در آنها نانو استفاده شده بیشتر از استاندارد بوده و در گروه نانو اکسید مس ۴ درصد و دی‌اکسید آلومینیوم ۴ درصد در سطح اختلاط‌های ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد الیاف صنعتی بیشتر از استاندارد است. تیمار نانو مس ۴ درصد و الیاف صنعتی خالص دارای مقاومت ۲۶۴۱ مگاپاسگال بوده که ۲۰ درصد بیشتر از مقدار استاندارد است. با توجه به نتایج چسبندگی داخلی، می‌توان نتیجه گرفت که در تمامی تیمارهایی که از نانو مس ۴ درصد و نانو آلومینیوم ۴ درصد استفاده شده است مقاومت‌ها بیشتر از میزان عنوان شده در استاندارد (۰/۵۵ مگاپاسگال) است و در گروه‌های اختلاط ۱۰۰، ۷۵ و ۲۵ درصد الیاف صنعتی تیمار شده با نانو بیشتر از استاندارد شد که میانگین تیمار نانو آلومینیوم ۴ درصد و الیاف صنعتی خالص ۰/۷۳۴ مگاپاسگال به دست آمد که ۳۳ درصد بیشتر از استاندارد است. با توجه به بالا بودن ضریب لاغری الیاف صنعتی در مقایسه با الیاف ساقه آفتابگردان و پیوستگی بیشتر بین ذرات باعث افزایش خواص مکانیکی شده است ( Taheri,

۲۰۱۲). نتیجه مشابهی را Bektas و همکاران (۲۰۰۵) زمانی که از مخلوط ساقه آفتابگردان و صنوبر در ساخت تخته خرده چوب استفاده کردند، مشاهده نمودند. با افزایش مصرف الیاف ساقه آفتابگردان جذب آب و واکنشیدگی ضخامت افزایش یافت که دلیل آن کمتر بودن لیگنین در مواد غیرچوبی و ظاهر مورفولوژیکی ساقه آفتابگردان است (Taheri, et al., 2012). Guler و همکاران (۲۰۰۶) نیز نتایج مشابهی را برای جذب آب تخته ساخته شده از چوب کاج و ساقه آفتابگردان ارائه کردند و بیان نمودند که با افزایش میزان ساقه آفتابگردان جذب آب و واکنشیدگی ضخامت تخته‌ها افزایش می‌یابد. نتایج مشابه برای تخته‌های تولید شده از الیاف کشاورزی در مطالعات دیگر نیز مشاهده شده است. Kozłowski and Piotrowski (۱۹۸۷) نتایج مشابه را برای کتان و شاهدانه و Guler (۲۰۰۱) نتیجه مشابهی را برای ساقه پنبه در مورد افزایش ضخامت با افزایش این ضایعات گزارش کردند.

نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که می‌توان به دلیل تأثیر نانو ذرات مس و آلومینیوم و بالا رفتن مقاومت‌های مکانیکی به بیش از حد استاندارد، تخته‌های ساخته شده از مخلوط الیاف ساقه آفتابگردان با الیاف صنعتی را به صنعت پیشنهاد نمود؛ زیرا خواص مکانیکی تخته‌های ساخته شده تا ۵۰ درصد الیاف ساقه آفتابگردان تیمار شده با نانو ذرات بیشتر از استاندارد بود و در مورد خواص فیزیکی نیز می‌توان با افزودن مقدار کمی پارافین خصوصیات آنها را نیز بهبود بخشید؛ بنابراین برای استفاده بهینه از ساقه آفتابگردان می‌توان با اختلاط ۵۰ درصد به صورت مخلوط با الیاف صنعتی استفاده کرد. این تحقیق نشان داد که می‌توان از ساقه آفتابگردان به عنوان یکی از ضایعات کشاورزی در تولید تخته فیبر استفاده نمود تا بتوان از فشار وارده بر جنگل‌ها کاست. همچنین به دلیل اینکه ساقه آفتابگردان برای کشاورزان و محیط‌زیست سودی ندارد و اکثراً سوزانده می‌شود، برای استفاده از آن به عنوان ماده اولیه می‌توان از آلودگی زیست‌محیطی جلوگیری نمود و برای کشاورزان ایرانی منبع درآمد ایجاد نمود.

## سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند، از دکتر کارگرفرد (از محققان بخش تحقیقات علوم چوب و فراورده‌های آن در مؤسسه البرز)، از مهندس نوری (سرپرست محترم کارگاه صنایع چوب دانشگاه شهید رجایی) و مهندس سعید خجسته (دانشجوی صنایع چوب دانشگاه شهید رجایی) که نهایت راهنمایی‌ها و همکاری را انجام دادند، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشند.

## منابع مورد استفاده

- Heat Transfer and Physical and Mechanical Properties of Poplar Particleboard. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, vol. 27, No. 2: pp. 348-360. (In Persian)
- Guler, C., Bektas, I. and Kalaycioglu, H., 2006. The experimental particleboard manufacture from sunflower stalks (*Helianthus annuus L.*) and Calabrian pine (*Pinus brutia Ten.*). FOREST PRODUCTS JOURNAL VOL. 56, NO. 4.
- Guler, C., 2001. The Utilization of Cotton Stalks as Raw Material in Particleboard Production, PhD Thesis. Zonguldak Karaelmas University, Zonguldak/Turkey.
- Karimi, F., Enayati, A., Faezipour, M. and Doosthoseini, K., 2012. A Study on Physical and Mechanical Properties of Medium-Density Fiberboard Made from Corn Stalk and Wood fibers. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, vol. 2, No. 2, Fall and Winter: pp.48-61. (In Persian)
- Khristova, P., Yussifou, N., Gabir, S., Glavche, I., and Osman, Z., 1998. Particleboards from sunflower stalks and tannin modified UF resin. Cellulose Chemistry and Tech. 32:327-337.
- Kozlowski, R. and Piotrowski, R. (1987). Produkcja Plyt Pazdzierzowo-Trocinowych (Flax Shives Saw Dust Production) Prace Instytutu Krajowych Włokien Naturalnych (Works of the Institute of Natural Fibers) Vol. XXXI pp. 132-142.
- Kumar, A., Gupta, A., Sharma, K.V. and Nasir, N., 2013. Use of aluminum oxide nanoparticles in wood composites to enhance the heat transfer during hot-pressing. Eur. J. Wood Prod.
- Mirshokraei S.A., 2007. Wood Chemistry: fundamentals and applications, 2nd Edition. Yyzh, Iran, 2nd Reprint, p 196. (In Persian)
- Rangavar, H., Taghiyari, H.R. and Mehr, M., 2007. Effects of Nanocopper on Physical and Mechanical Properties of Medium Density Fiberboard (MDF). J. tropical forest product.
- Rodi, H., 2006. The reviews the neutral sulfite semi-chemical pulp and evaluation of sunflower stalks to produce paper pulp and paper industry Congress in Mazandaran. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 13(2):173-182. (In Persian)
- Taghiyari, H.R., Rangavar, H. and Farajpour Bibalan, O., 2011. Nano-Silver in Particleboard. BioResources 6(4):4067-4075.
- Taheri, A., Rassam, GH., Rangavar, H. and Taghiary, H.R., 2012. Study on the Possibility of Using Sunflower Stalk in Particleboard Production. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, vol. 2, No. 2, Fall and Winter: pp.83-97. (In Persian)
- Bektas, I., Guler, C. and Kalaycioglu, H., 2005. The Manufacture of Particleboards using Sunflower Stalks (*helianthus annuus l.*) And Poplar Wood (*populus alba L.*) Journal of COMPOSITE MATERIALS, Vol. 39, No. 5.
- Easter, J., Chio, S. and Li, S., 2001. Anomalously increased effective thermal conductivities of ethylenglycon-based ano fluidcontaning Cu nano particles. Applied physics letter, 78: 6. 7-20.
- European Standard EN 310.,1993. Wood Based Panel. Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength.CEN European Committee for Standardization.
- European Standard EN 317.,1993. Particleboard and fiberboards. Determination of swelling in thickness after immersion in water. CEN European Committee for Standardization.
- European Standard EN 319.,1993. Determination of tensile strength perpendicular to the plane of the board. CEN European Committee for Standardization.
- European Standard EN 622-5. 2009. Fiberboards. Specifications. Requirements for dry process boards (MDF). European committee for standardization, Brussels.
- FAOSTAT|©FAO Statistics Division 2014|02 May, 2014.
- <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>.
- Farajallahpour, M., Doosthoseini, K. and Layeghi, M., 2012. Thermal Dependence of Thermal Conductivity of Particleboard Containing Ag and Cu Nanoclouids. J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 19(2): pp. 131-141. (In Persian)
- Farajallahpour, M. and Doosthoseini, K., 2012. Effect of Mat Moisture Content and Cu Nanoparticles on

## **Influence of nano metals oxide treatment on medium density fiberboard properties made of sunflower straw fibers**

**G. Rassam<sup>1</sup>, H. Rangavar<sup>1</sup>, V. Nickhah<sup>2\*</sup>**

1- Assistant Professor, Wood Science and Technology Department, Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran

\*2- Corresponding author, M.Sc., Wood Science and Technology Department, Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran Email: vahid2008nic@yahoo.com

Received: Sep., 2014

Accepted: Mar., 2015

### **Abstract**

In this study the effects of aluminum dioxide (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) and copper oxide (CuO) metallic nanoparticles, on the physical and mechanical properties of medium density fiberboard (density of 0.7 g/cm<sup>3</sup>) made with mixture of industrial wooden fibers and sunflower plant stalk fibers were studied. Two levels of raw material including industrial fibers and sunflower stalks fibers, with five levels of mixing ratios (100: 0, 0:100, 50: 50, 25: 75, 75: 25), metallic nanoparticles with concentration of 400 ppm each at two levels of 2 and 4 percent (based on dry fiber weight) were used. Physical and mechanical properties including thickness swelling, water absorption after 2 & 24 hours soaking in water, modulus of rupture, modulus of elasticity of bending and internal bonding of the samples were measured and analyzed statistically. The results showed that higher percentage of nanoparticles and industrial fibers and lower percentage of sunflower stalk fibers increased the modulus of rupture and modulus of elasticity. Applying nano-metal treatment reduced water absorption and thickness swelling after 2 and 24 h soaking in water. In overall, using 4% nano aluminum dioxide and 4% nano copper oxide at all levels of mixing ratios were resulted in producing boards with better properties, comparing to the EN 622-5 standard specifications, which are suitable for interior uses.

**Keywords:** Industrial wooden fibers, sunflower stalk fibers, fiberboard, aluminum dioxide, copper oxide.