نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد بیستم، شماره سوم، ۱۳۹۲
http://jwfst.gau.ac.ir

مطالعه تأثیرات اکسایش و پرکننده نانو رس بر خواص مقاومتی تخته‌لایه از چوب اکالیپتوس کاملدولنسیس

*نورالدین نظرنژاد[۱]، کاظم دوست‌حسینی[۲] و فاطمه اکبری‌فر[۳]

[۱]استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، [۲]استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، [۳]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۲/۱۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۸/۱٤

چکیده

این پژوهش به‌منظور بررسی امکان ساخت تخته‌لایه از چوب اکالیپتوس کاملدولنسیس به همراه تیمارهای اکسایش سطوح لایه‌ها و استفاده از نانو رس به‌عنوان پرکننده چسب، انجام شد. ابتدا لایه‌های چوب اکالیپتوس به‌وسیله پراکسیدهیدروژن و اسیدسولفوریک به مقدار ۵۰ گرم بر مترمربع تیمار شده و پس از افزودن پرکننده نانو رس در ۳ سطح ۱/۵، ۳ و ٤/۵ درصد (بر حسب درصد مواد جامد چسب) به چسب اوره فرمالدئید، چسب‌زنی شدند. از نمونه‌های اکسید شده قبل و بعد از خشک کردن طیف FTIR گرفته شد. تخته‌لایه‌ها تحت شرایط فشار، دما و دو زمان پرس به‌ترتیب معادل ۱۵۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع، ۱٦۰ درجه سانتی‌گراد و ٤/۵ و ۵/۵ دقیقه ساخته شدند. مقاومت‌های مکانیکی با استفاده از روش‌های استاندارد ISO اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد، بیش‌ترین مقدار ویژگی‌های مقاومتی در نمونه‌های شاهد و کم‌ترین آن‌ها در نمونه‌های تیمار شده با اسیدسولفوریک، ۳ درصد نانو رس و مدت زمان پرس ٤/۵ دقیقه دیده شد. تیمار اکسایش سطوح لایه‌ها و استفاده از نانو رس به‌عنوان پرکننده وقتی که اوره فرمالدئید به‌عنوان چسب استفاده می‌شود، تأثیر منفی بر ویژگی‌های مقاومتی تخته‌لایه دارد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف‌ها در همه آزمون‌ها به‌جز تأثیر نوع اکسیدکننده بر مدول الاستیسیته معنی‌دار بوده است.

واژه‌های کلیدی: اکالیپتوس کاملدولنسیس، اکسایش، نانو رس، پراکسیدهیدروژن، اسیدسولفوریک، مقاومت‌های مکانیکی

* مسئول مکاتبه: nazarnezhad91@gmail.com

مقدمه

میزان برداشت چوب از جنگل‌های شمال کشور، با هدف حفظ و صیانت از جنگل، بر خلاف توسعه قابل‌توجه صنایع چوب و کاغذ و افزایش قابل ملاحظه مصرف مواد اولیه، تنزل یافته است. بنابراین بررسی و ارزیابی گزینه‌های مختلف تامین مواد اولیه سلولزی از منابع مختلف (مثل استفاده از درختان سریع‌الرشد اکالیپتوس)، برای تعیین اولویت‌ها و سهم نسبی آن‌ها در توسعه آتی این صنایع و ارایه پیشنهادات کاربردی برای تدوین سیاست‌های راهبردی و کلان توسعه پایدار منابع، بسیار ضروری و حیاتی است. اکالیپتوس کاملدولنسیس[1] یکی از گونه‌های سریع‌الرشدی است که در شرایط مختلف اکولوژیکی ایران از بین گونه‌های مختلف اکالیپتوس، در شمال و جنوب کشور از سازگاری خوبی برخوردار بوده است و در خاک‌های نیمه‌عمیق مناطق نیمه‌خشک و تقریباً خشک شرایط مدیترانه‌ای به‌خوبی رشد می‌کند.

در طول سالیان گذشته، مطالعات زیادی در زمینه جایگزینی پرکننده آرد گندم با مواد مختلف انجام و اخیراً، استفاده از نانو ذرات به‌عنوان پرکننده چسب، رایج شده است. نانو ذرات، در حالت معمولی، به مقدار کم به‌کار می‌روند و با تغییر در ترکیب و ساختار مواد در مقیاس نانو، مواد جدیدی حاصل می‌شود، که خواص منحصر به فردی دارند. نانو ذرات دارای سطح ویژه بالایی هستند، به این دلیل، پراکندگی نانو ذرات در چسب به‌صورت یکنواخت صورت می‌گیرد و در نتیجه، خواص نانو کامپوزیت را به‌طور معنی‌داری بهبود می‌دهد (دوست‌حسینی و همکاران، ۱۹۹۵).

اکسیدکننده‌ها باعث اکسیداسیون و یا تغییر ساختار پلیمرها در سطوح چوب می‌شوند. در نتیجه فعال‌سازی اکسیداسیونی سطوح چوب، رادیکال‌های آزاد فنلی و ساختارهای گلوکوپیرانوزی و فنیل‌پروپانی اکسید شده تشکیل می‌شود که تحت شرایط مناسب می‌توانند با یکدیگر پیوندهای کووالانسی تشکیل و سطوح چوب را به یکدیگر اتصال دهند. بنابراین، به‌وسیله فعال‌سازی سطوح ذرات چوب، امکان اتصال دوباره آن‌ها برای ساخت تخته به‌وجود می‌آید (وگنر و فنجل، ۱۹۸۹).

دیست و همکاران (۲۰۰۸)، ثبات ابعادی و برخی خواص مکانیکی تخته‌لایه ساخته شده با لایه‌های اصلاح شده به‌وسیله DMDHEU را مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش دو نوع گونه چوبی غان و راش با سه مقدار M ۰/۸، ۱/۳و ۲/۳ از DMDHEU تیمار شدند. از جمله خواص مکانیکی اندازه‌گیری شده در این بررسی، سختی، مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی بود، نتایج نشان

1- *Eucalyptus Camuldulensis*

داد نمونه‌های اصلاح شده برای هر دو گونه، ثبات ابعادی بیش‌تری نسبت به نمونه‌های تیمار نشده دارد و تیمار نمونه‌ها تأثیری بر روی مقدار مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی نشان نمی‌دهد. تخته‌لایه‌های تیمار شده با DMDHEU برای هر دو گونه، نسبت به تخته‌لایه‌های تیمار نشده سختی بیش‌تری داشتند.

نظرنژاد و همکاران (۲۰۰۵)، پژوهشی برای ساخت تخته‌خرده‌چوب به روش خود چسبندگی و با به‌کارگیری پلیمرهای خطی و پلیمرهای طبیعی به‌عنوان اتصال‌دهنده از چوب گونه صنوبر دلتوئیدس انجام دادند. ذرات چوب با دو اکسیدکننده اسید نیتریک و پراکسیدهیدروژن و هر کدام به مقدار ۳ درصد وزن خشک چوب به‌طور جداگانه تیمار شدند و از اتصال‌دهنده‌های ۶،۱- هگزان دی‌آمین، لیکور سیاه، مالئیک انیدرید و پارافین برای ایجاد اتصال بین خرده‌چوب‌های تیمار شده استفاده کردند. نتایج این بررسی نشان داد شرایط بهینه مصرف مواد اکسیدکننده و اتصال‌دهنده مربوط به تیمار اسیدنیتریک و اتصال‌دهنده ۶،۱- هگزان دی‌آمین و سپس لیکور سیاه می‌باشد.

گاردنر و الدر (۱۹۸۸)، اثر تیمار فعال‌سازی سطح چوب با استفاده از پراکسیدهیدروژن، اسیدنیتریک و هیدروکسیدسدیم بر روی زمان انعقاد چسب فنل فرم‌آلدهید را مورد بررسی قرار دادند. عوامل متغیر در این بررسی نوع گونه چوبی (دو گونه سوزنی‌برگ و دو گونه پهن‌برگ)، دو سطح تیمار و دو شرایط مختلف فعال‌سازی بود. آن‌ها دریافتند فعال‌سازی سطح چوب منجر به کاهش زمان انعقاد چسب فنل فرم‌آلدهید می‌شود، همچنین تیمار با پراکسیدهیدروژن تأثیر بیش‌تری نسبت به اسیدنیتریک و هیدروکسیدسدیم دارد.

فلیپو و همکاران (۱۹۸۲)، روش‌های پلیمریزاسیون برای ایجاد چسبندگی در کامپوزیت‌های چوبی را مورد بررسی قرار داد. سطوح چوب با اکسیدکننده‌هایی مانند پراکسیدهیدروژن، اسیدنیتریک، پراستیک‌اسید و دی‌کرومات سدیم (و یا فری سیانید پتاسیم) فعال‌سازی شدند. سپس سطوح فعال شده چوب با مواد پلی‌مری مثل فورفورال الکل، لیگنوسولفونات آمونیوم، مخلوطی از لیگنوسولفونات و فورفورال الکل، با فرم آلدهید یا با مالئیک اسید به‌طور شیمیایی پیوند عرضی برقرار کردند. کامپوزیت‌های چوبی در شرایط متعارف تولید، پرس شدند و نتایج نشان داد مقاومت‌ها و مقاومت به جذب آب تخته‌های ساخته شده برای کاربردهای بیرون از ساختمان مناسب است.

هالوارسون و همکاران (۲۰۰۹)، فعال‌سازی سطوح فیبر با فروس کلرید و پراکسیدهیدروژن (در دو سطح) را برای ساخت تخته فیبر، بدون استفاده از ماده چسبنده بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد،

خواص تخته فیبر ساخته شده با این شرایط، قابل قیاس با MUF با دانسیته ۸۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب تولید شده از کاه گندم و رزین MUF بود. مدول الاستیسیته ظاهری و چسبندگی داخلی، کم‌تر از تخته فیبرهای معمولی ساخته شده از کاه گندم، اما نزدیک به استاندارد تعیین شده بود و با افزایش سطح پراکسیدهیدروژن، خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها بهبود یافت.

سلرس و همکاران (۲۰۰۵)، تأثیر پنج پرکننده مختلف را در ترکیب چسب فنل فرم‌آلدهید برای ساخت تخته‌لایه مورد بررسی قرار دادند. ۵ نوع پرکننده شامل، ترکیب پوست گردوی انگلیسی با پسماند فورفورال پوست جوی دو سر با نسبت ٦٥ به ۳۵ درصد، پسماند فورفورال پوست جوی دو سر، پسماند فورفورال آسیایی وارداتی، پودر پوست گردوی آمریکایی و پودر پوست گردوی انگلیسی بودند. نتایج آن‌ها نشان داد، پسماند فورفورال آسیایی pH پایین‌تر و درصد بیش‌تری از سولفور، کلراید، آهن، آلومینیوم و سیلیکون نوع آلی و خاکستر را در مقایسه با سایر پرکننده‌های مورد استفاده در این پژوهش دارا بوده است.

کیوجیا و همکاران (۲۰۰٦)، نانوسیلیس را به‌عنوان پرکننده به رزین اوره فرم‌آلدهید اضافه کردند. نتایج نشان داد، افزودن نانو سیلیس به همراه یک سیلان KH-550 باعث بهبود خواص رزین می‌شود. افزودن ۱/۵ درصد نانو سیلیس باعث کاهش انتشار فرم آلدهید آزاد می‌شود. همچنین، افزودن ۱ درصد نانوسیلیس به چسب اوره فرم‌آلدهید در تخته‌لایه، تخته‌خرده‌چوب و MDF باعث افزایش بیش از حد استاندارد خواص آن‌ها می‌شود.

بالفاس (۱۹۹۲)، تأثیر فعال‌سازی سطح با استفاده از هیدروکسیدهای لیتیم و سدیم را بر روی مقاومت اتصال چسب و قابلیت تر شدگی دو نوع گونه چوبی مورد بررسی قرار داد. قطعات چوب قبل از چسب‌زنی با سه غلظت مختلف از هر هیدروکسید تیمار شدند. زاویه تماس و مقاومت برشی برای تعیین اثر تیمارها اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد، تیمار با هیدروکسید لیتیم و سدیم به‌طور معنی‌داری قابلیت تر شدگی و مقاومت برشی خشک نمونه‌ها را افزایش داد. این تأثیرات، براساس غلظت محلول و نوع هیدروکسید، متغیر بود. افزایش غلظت محلول به‌طور معنی‌داری مقاومت اتصال خشک را افزایش داد، اما در بیش‌تر موارد، افت مقاومت در طول تر شدگی را افزایش داد. هیدروکسید لیتیم مقاومت‌های اتصال تر و خشک بالاتری نسبت به هیدروکسیدسدیم داشت.

لی و همکاران (۲۰۰۷)، تأثیر نانورس بر روی خواص کامپوزیت‌های چوب/ پلی‌اتیلن با دانسیته بالا را بررسی کردند، آن‌ها دریافتند، استفاده ۲ درصد رس، دمای تبلور (T_c) و سرعت تبلور را کاهش

می‌دهد. مقاومت کششی کامپوزیت‌ها با افزایش ۱ درصد رس، افزایش یافت، اما بعد از آن، با افزایش رس تا حد ۳ درصد کاهش یافت. همچنین، با افزایش ۱ درصد رس مقاومت به ضربه تقریباً ۷ درصد کاهش، اما با افزایش بیش‌تر، دیگر کاهشی مشاهده نشد. مقدار واکشیدگی کامپوزیت‌ها با رس کاهش یافت، اما در ثبات حرارتی کامپوزیت‌ها بهبودی حاصل نشد.

لی و همکاران (۲۰۰۸)، تأثیر نانو ذرات رس بر روی رزین اوره فرم‌آلدهید را بررسی کردند، ایشان دریافتند، افزایش درصد کمی نانو ذرات رس NaMMT (سدیم مونت موریلونیت) به‌طور قابل توجهی عملکرد رزین اوره- فرم آلدهید برای تخته‌لایه و تخته‌خرده‌چوب را بهبود می‌دهد. افزودن NaMMT در تخته‌لایه باعث افزایش مقاومت به آب پانل ساخته شده با اوره فرم‌آلدهید می‌شود، در مورد تخته خرده‌چوب، چسبندگی داخلی، که اشاره مستقیم به عملکرد چسب دارد، با افزایش مقدار کمی NaMMT بهبود داده شد. ایشان همچنین نشان دادند، افزایش نانو ذرات رس مونت موریلونیت تأثیر شتاب‌دهنده‌ای بر روی گیرایی UF داشته و منجر به افزایش اتصالات عرضی در چسب UF شده است. همچنین دریافتند، با افزایش مقدار کمی اسید، ورقه ورقه شدن نانو رس بهتر انجام می‌شود.

مواد و روش‌ها

ابتدا از گرده‌بینه‌های اکالیپتوس کاملدولنسیس لایه‌هایی به ضخامت ۲ میلی‌متر توسط دستگاه اسلایسر تهیه شد. سپس لایه‌ها به ابعاد ۵۰×۵۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری و برش شدند. در نهایت برای یکنواخت شدن و رسیدن به رطوبت مورد نیاز، در خشک‌کن آزمایشگاهی و در دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد تا رطوبت حدود ۳ درصد خشک شدند.

اکسیدکننده‌های پراکسیدهیدروژن (۳۰ درصد) و اسیدسولفوریک (٤٠ درصد) به مقدار ۵۰ گرم بر مترمربع به‌وسیله قلم مو به سطوح لایه‌ها اضافه شدند (اکسیدکننده به یک سطح از لایه‌های زیر و رو و دو سطح لایه وسط، یعنی لایه‌های درگیر با چسب، اضافه شد). سپس، به‌منظور یکنواخت شدن رطوبت لایه‌ها و رسیدن به رطوبت مورد نیاز، در خشک‌کن آزمایشگاهی و در دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد، به‌مدت ۷ ساعت، تا رطوبت ۳ درصد خشک شدند. قبل و بعد از خشک کردن لایه‌های اکسید شده، به‌منظور انجام طیف‌سنجی زیر قرمز تبدیل فوریه[1]، از سطح لایه‌ها به‌وسیله سنباده، پودر تهیه شد.

1- Fourier Transforms InfraRed (FTIR)

نانو رس مورد استفاده در این بررسی از نوع سدیم مونت‌موریلونیت (MMTNa) می‌باشد و پس از انجام آزمایش‌های مقدماتی، مقدار پرکننده در ۳ سطح ۱/۵، ۳ و ٤/٥ درصد و براساس وزن مواد جامد چسب در نظر گرفته شده و به‌کار رفت.

ضخامت لایه‌ها یکسان (حدود ۲ میلی‌متر) و از ۳ لایه در هر تخته استفاده شد. چسب مورد استفاده از نوع اوره فرم‌آلدهید (درصد مواد جامد ۵۸ درصد، گرانروی ۳۷۰cp، دانسیته ۱/۲۵ گرم بر سانتی‌مترمکعب و pH=۷/۸) و به مقدار ۱۲۰ گرم بر مترمربع مصرف شد. همچنین از کلرید آمونیوم به‌عنوان سخت‌کننده چسب اوره فرم‌آلدهید و به‌میزان ۱ درصد وزن خشک چسب استفاده گردید.

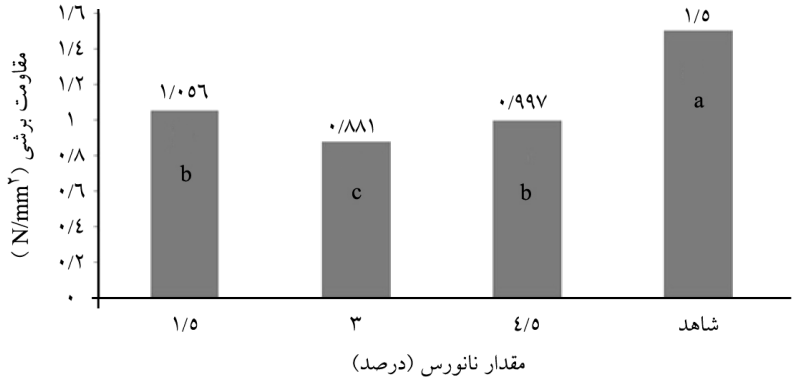
فشار پرس اعمال شده برای ساخت تخته‌ها، ۱۵ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع بود و دمای پرس برای تمامی تخته‌ها ۱٦۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. ولی زمان پرس متغیر و دو زمان ٤/٥ و ٥/٥ دقیقه در نظر گرفته شد.

نمونه‌های شاهد با چسب اوره فرمالدهید، پرکننده آرد گندم به مقدار ٤۰ درصد (وزن خشک چسب)، بدون تیمار با اکسیدکننده‌ها و زمان پرس ٤/٥ رقیقه ساخته شد.

در نهایت، خواص مکانیکی نمونه‌ها مطابق استانداردهای ISO (مقاومت برشی طبق استاندارد ISO2335 و مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته طبق استاندارد ISO16987) اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل نتایج به‌دست آمده با استفاده از روش آماری تجزیه واریانس صورت گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه دانکن (DMRT) استفاده شد.

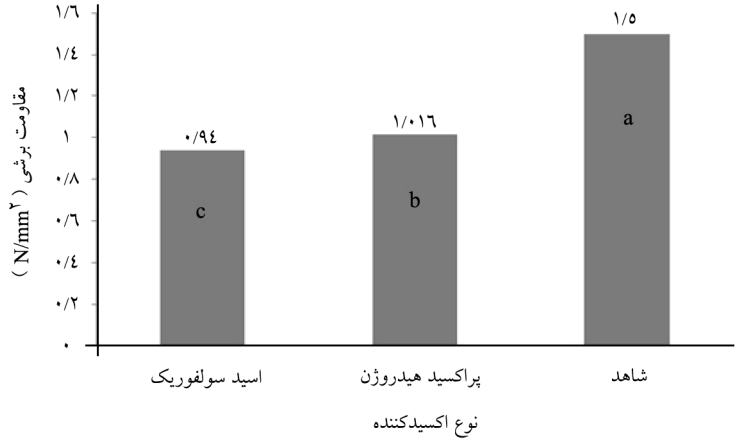
نتایج

مقاومت برشی: شکل ۱ تأثیر درصدهای مختلف نانو رس استفاده شده را بر مقاومت برشی نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل مشاهده می‌شود، با مصرف نانو رس این مقاومت کاهش می‌یابد و درصدهای متفاوت نانو رس تأثیرات متفاوتی داشته است به‌طوری‌که بیش‌ترین کاهش را مصرف ۳ درصد نانو رس و کم‌ترین کاهش را مصرف ۱/۵ درصد نانو رس نشان داد. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، مقادیر مقاومت برشی به‌دست آمده از درصدهای مختلف نانو رس، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند.



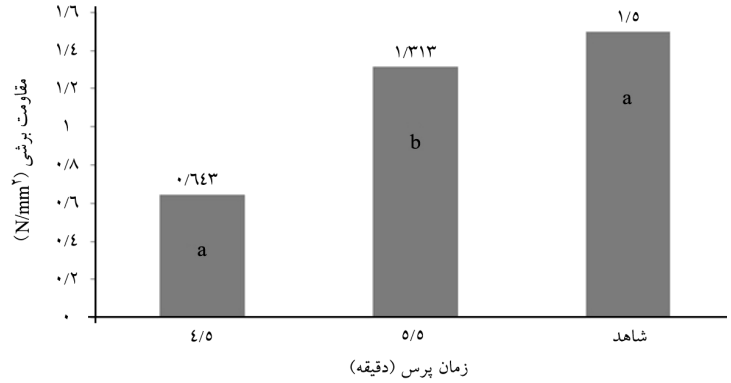
شکل ۱- تأثیر مقدار نانو رس مصرف شده بر مقاومت برشی.

شکل ۲ تأثیر اکسیدکننده‌های متفاوت را بر مقاومت برشی نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل مشاهده می‌شود، در نتیجه استفاده از اکسیدکننده، مقاومت برشی کاهش می‌یابد، به‌طوری‌که دو نوع اکسیدکننده، تأثیرات متفاوتی داشته‌اند، یعنی بیش‌ترین کاهش را اسیدسولفوریک باعث شده است. تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد، مقادیر مقاومت برشی به‌دست آمده از اکسیدکننده‌های مختلف، از نظر آماری، اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهند.



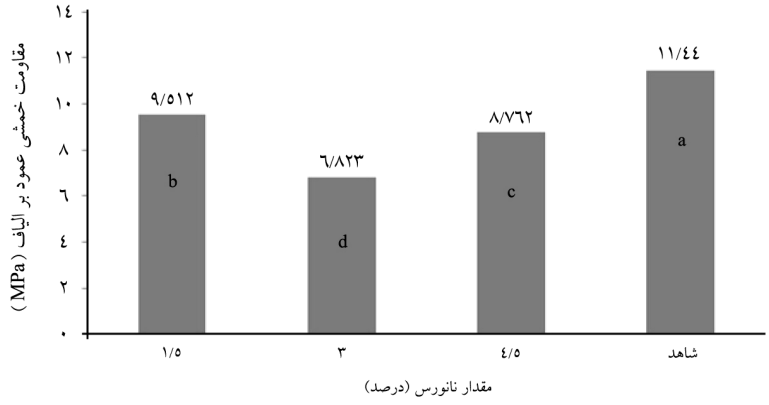
شکل ۲- تأثیر نوع اکسیدکننده بر مقاومت برشی.

شکل ۳ تأثیر زمان پرس را بر مقاومت برشی نشان می‌دهد. مقادیر مقاومت برشی در دو زمان پرس نشان می‌دهد، با افزایش زمان پرس، این مقاومت نیز افزایش می‌یابد. تجزیه واریانس داده‌ها نیز نشان می‌دهد، اختلاف مقادیر از نظر آماری معنی‌دار بوده است.



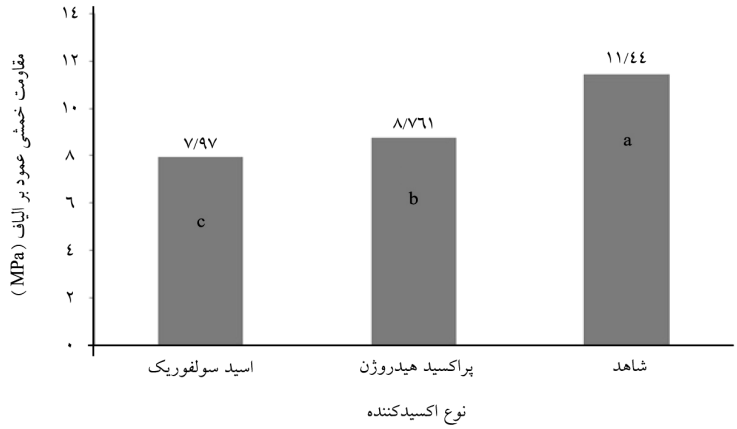
شکل ۳- تأثیر زمان پرس بر مقاومت برشی.

مقاومت خمشی عمود بر الیاف: شکل ٤ تأثیر مقدار مصرف نانو رس را بر مقاومت خمشی عمود بر الیاف نشان می‌دهد. درصدهای مختلف مصرف نانو رس تأثیرات متفاوتی بر روی این مقاومت داشته است، طوری‌که بیش‌ترین مقاومت با مصرف ۱/۵ درصد نانو رس و کم‌ترین مقدار آن با مصرف ۳ درصد نانو رس به‌دست آمد. تجزیه واریانس داده‌ها نیز نشان می‌دهد، اختلاف مقادیر از نظر آماری معنی‌دار بوده است.



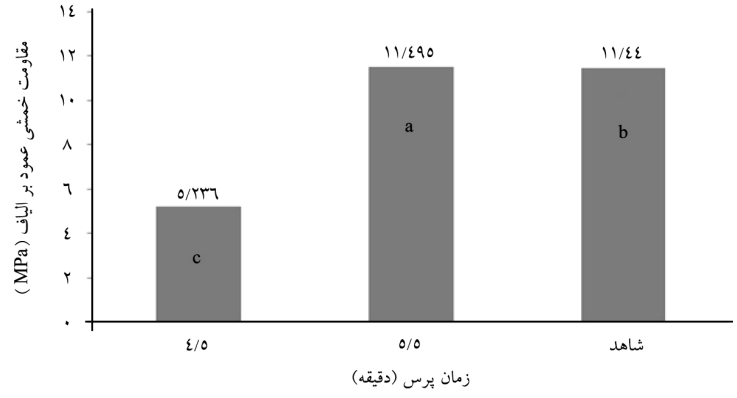
شکل ٤- تأثیر مقدار نانو رس مصرف شده بر مقاومت خمشی عمود بر الیاف.

شکل ۵ تأثیر نوع اکسیدکننده را بر مقاومت خمشی عمود بر الیاف نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد، میانگین مقاومت خمشی عمود بر الیاف تخته‌های ساخته شده با پراکسیدهیدروژن نسبت به اسیدسولفوریک بیش‌تر بوده است. تجزیه واریانس داده‌ها نیز نشان می‌دهد، اختلاف مقادیر از نظر آماری معنی‌دار بوده است.



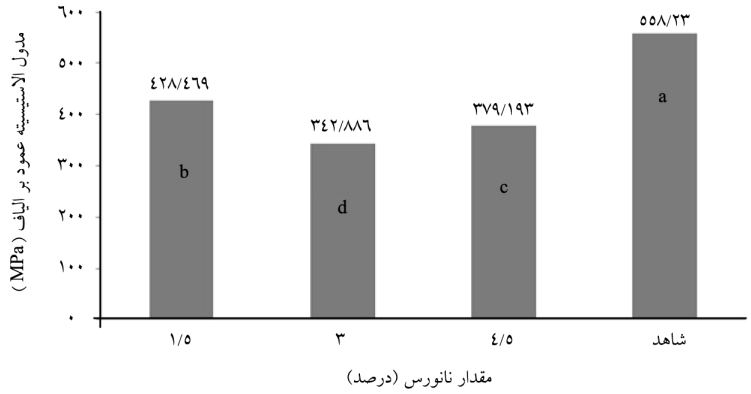
شکل ۵- تأثیر نوع اکسیدکننده بر مقاومت خمشی عمود بر الیاف.

شکل ٦ تأثیر زمان پرس را بر مقاومت خمشی عمود بر الیاف نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد، با افزایش زمان پرس از ٤/۵ به ۵/۵ دقیقه، مقدار این مقاومت نیز افزایش داشته است. همچنین، تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد، اختلاف مقادیر از نظر آماری معنی‌دار بوده است.



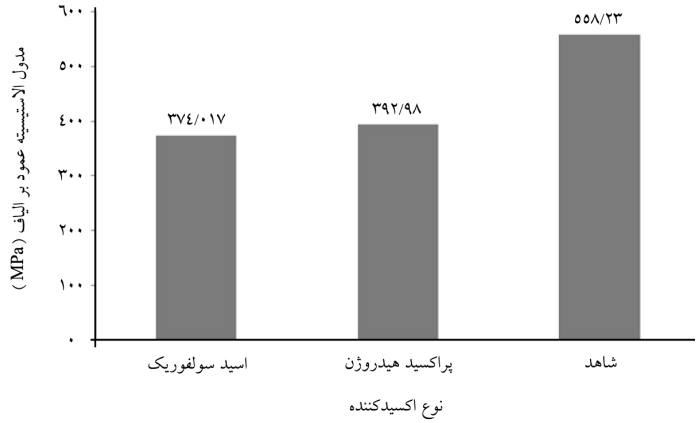
شکل ٦- تأثیر زمان پرس بر مقاومت خمشی عمود بر الیاف.

مدول الاستیسیته عمود بر الیاف: شکل ۷ تأثیر مقدار نانو رس مصرف شده را بر مدول الاستیسیته عمود بر الیاف نشان می‌دهد. درصدهای مختلف نانو رس اثرات متفاوتی داشته‌اند، طوری‌که با مصرف ۱/۵ درصد نانو رس، بالاترین مدول و با مصرف ۳ درصد نانو رس، کم‌ترین مدول الاستیسیته عمود بر الیاف به‌دست آمد. همچنین، تجزیه واریانس داده‌ها نیز نشان می‌دهد، اختلاف مقادیر از نظر آماری معنی‌دار بوده است.



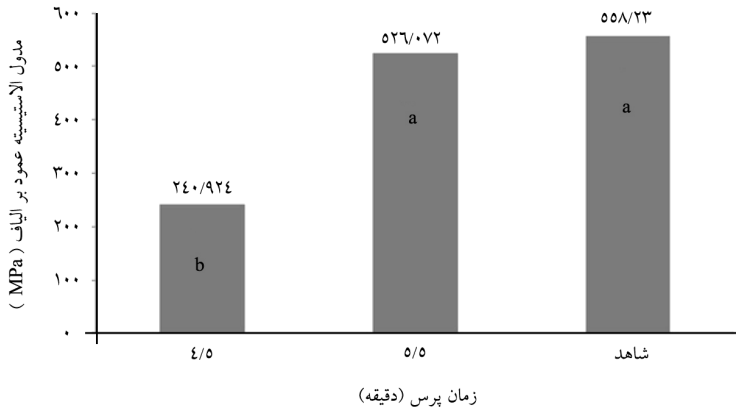
شکل ۷- تأثیر مقدار نانو رس مصرف شده بر مدول الاستیسیته عمود بر الیاف.

شکل ۸ تأثیر نوع اکسیدکننده را بر مدول الاستیسیته عمود بر الیاف نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد، تخته‌های ساخته شده با پراکسیدهیدروژن نسبت به اسیدسولفوریک، مدول الاستیسته بالاتری داشته‌اند. ولی تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد، این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار نیست.



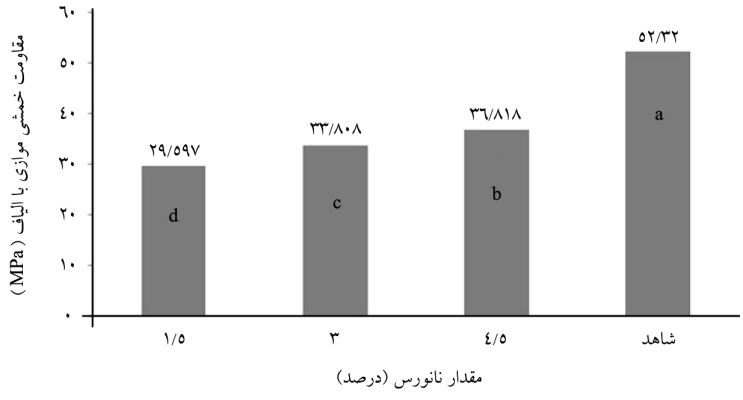
شکل ۸- تأثیر نوع اکسیدکننده بر مدول الاستیسیته عمود بر الیاف.

شکل ۹ تأثیر زمان پرس را بر مدول الاستیسیته عمود بر الیاف نشان می‌دهد. در بررسی نمودار می‌بینیم که با افزایش زمان پرس از ٤/٥ دقیقه به ٥/٥ دقیقه این مدول نیز افزایش داشته است. همچنین، تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد، این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار است.



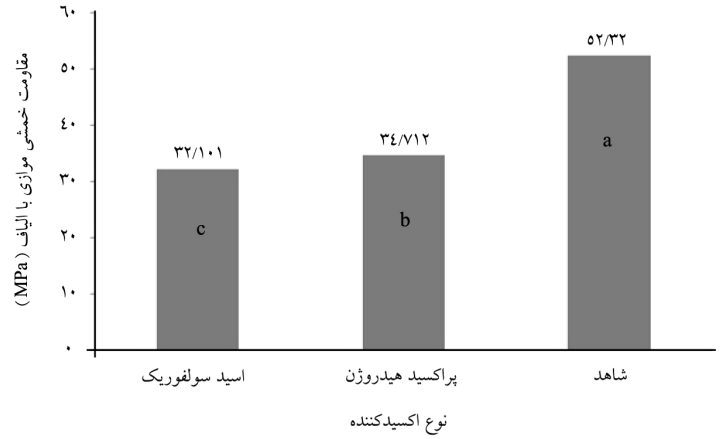
شکل ۹- تأثیر زمان پرس بر مدول الاستیسیته عمود بر الیاف.

مقاومت خمشی موازی با الیاف: شکل ۱۰ تأثیر مقدار نانو رس مصرف شده را بر مقاومت خمشی موازی با الیاف نشان می‌دهد. نتایج مندرج در نمودار نشان می‌دهد، با افزایش مقدار نانو رس از ۱/٥ درصد به ٤/٥ درصد مقدار این مقاومت نیز افزایش یافته است. تجزیه واریانس داده‌ها نیز نشان می‌دهد، اختلاف میانگین‌ها از نظر آماری معنی‌دار بوده است.



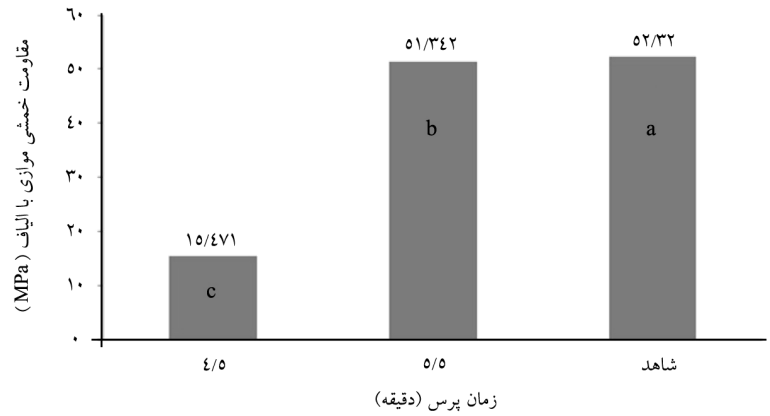
شکل ۱۰- تأثیر مقدار نانو رس مصرف شده بر مقاومت خمشی موازی با الیاف.

شکل ۱۱ تأثیر نوع اکسیدکننده را بر مقاومت خمشی موازی با الیاف نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد، مقاومت خمشی تخته‌های تیمار شده با پراکسیدهیدروژن مقاومت بیش‌تری از تخته‌های تیمار شده با اسید سولفوریک داشته‌اند. تجزیه واریانس داده‌ها نیز نشان می‌دهد، اختلاف میانگین‌ها از نظر آماری معنی‌دار می‌باشد.



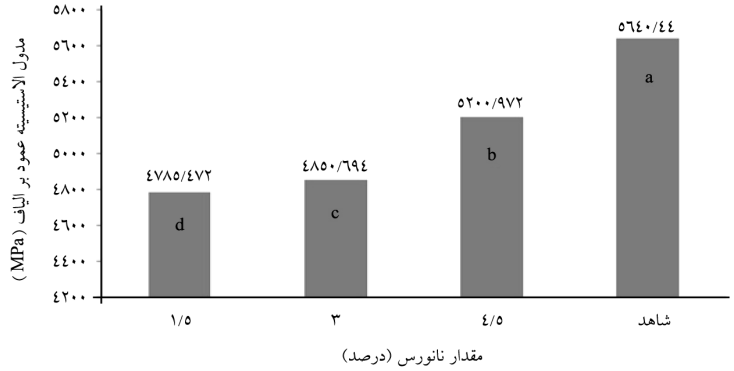
شکل ۱۱- تأثیر نوع اکسیدکننده بر مقاومت خمشی موازی با الیاف.

شکل ۱۲ تأثیر زمان پرس را بر مقاومت خمشی موازی با الیاف نشان می‌دهد. نتایج میانگین مقاومت‌ها نشان می‌دهد، با افزایش زمان پرس، مقادیر این مقاومت نیز افزایش داشته است. همچنین، تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اختلاف این مقادیر از نظر آماری معنی‌دار است.



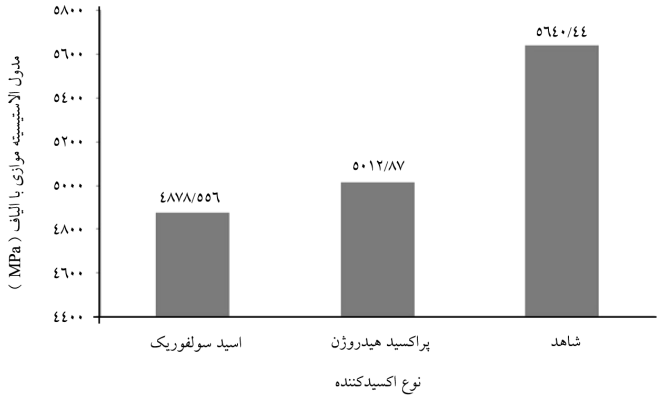
شکل ۱۲- تأثیر زمان پرس بر مقاومت خمشی موازی با الیاف.

مدول الاستیسیته موازی با الیاف: شکل ۱۳ تأثیر مقدار نانو رس مصرف شده را بر مدول الاستیسیته موازی با الیاف نشان می‌دهد. نتایج نشان داد، با افزایش مقدار مصرف نانو رس، مقادیر این مدول نیز افزایش یافته است. به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار این مدول، در مصرف ٤/٥ درصد نانو رس به‌دست آمده است. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نیز نشان می‌دهد، اختلاف مقادیر میانگین‌ها از نظر آماری معنی‌دار است.



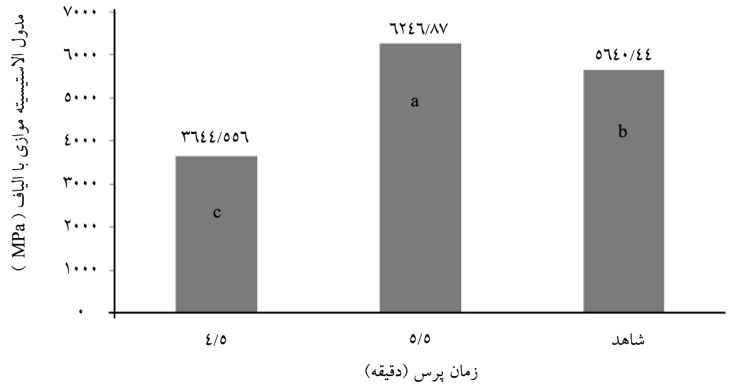
شکل ۱۳- تأثیر مقدار نانو رس مصرف شده بر مدول الاستیسیته موازی با الیاف.

شکل ١٤ تأثیر نوع اکسیدکننده را بر مدول الاستیسته موازی با الیاف نشان می‌دهد. نمودارها نشان می‌دهند، این مدول الاستیسیته، برای تخته‌های تیمار شده با پراکسیدهیدروژن نسبت به تخته‌های تیمار شده با اسیدسولفوریک بالاتر می‌باشد. تجزیه واریانس مقادیر داده‌ها نشان می‌دهد، اختلاف نتایج از نظر آماری معنی‌دار نمی‌باشد.



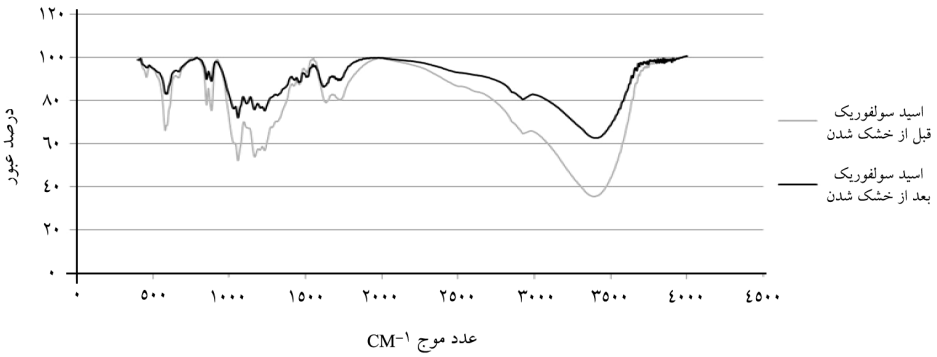
شکل ١٤- تأثیر نوع اکسیدکننده بر مدول الاستیسیته موازی با الیاف.

شکل ۱۵ تأثیر زمان پرس را بر مدول الاستیسیته موازی با الیاف نشان می‌دهد. در این نمودار دیده می‌شود، با افزایش زمان پرس از ٤/٥ دقیقه به ٥/٥ دقیقه، مقدار این مدول نیز افزایش داشته است. همچنین تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد، اختلاف مقادیر از نظر آماری معنی‌دار است.



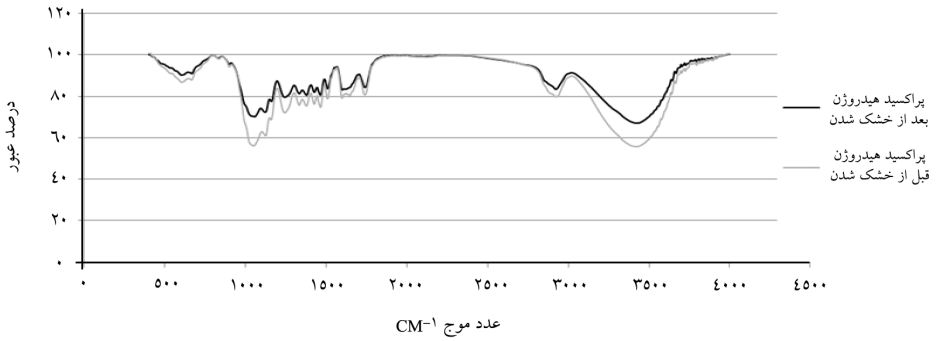
شکل ۱۵- تأثیر زمان پرس بر مدول الاستیسیته موازی با الیاف.

طیف‌سنجی زیر قرمز با تبدیل فوریه: شکل ١٦ طیف FTIR قبل و بعد از خشک شدن لایه‌های اکسید شده با اسید سولفوریک را نشان می‌دهد. همان‌طورکه در شکل دیده می‌شود در محدوده عدد موج ١٧٥٠-١٦٥٠ دو پیک مربوط به گروه‌های کربوکسیل ایجاد شده است. به‌طوری‌که پیک مربوط به لایه اکسید شده بعد از خشک شدن کوچک‌تر از لایه اکسید شده قبل از خشک شدن می‌باشد. به‌عبارت دیگر مقدار گروه‌های کربوکسیل پس از خشک شدن کم‌تر شده است.



شکل ١٦- طیف FTIR لایه‌های تیمار شده با اسیدسولفوریک قبل و بعد از خشک شدن در آون.

شکل ۱۷ طیف FTIR قبل و بعد از خشک شدن لایه‌های اکسید شده با پراکسیدهیدروژن را نشان می‌دهد. همان‌طورکه در شکل دیده می‌شود در محدوده عدد موج ۱۷۵۰-۱۶۵۰ دو پیک مربوط به گروه‌های کربوکسیل ایجاد شده است. به‌طوری‌که پیک مربوط به لایه اکسید شده بعد از خشک شدن کوچک‌تر از لایه اکسید شده قبل از خشک شدن می‌باشد. به‌عبارت دیگر مقدار گروه‌های کربوکسیل پس از خشک شدن کم‌تر شده است.



شکل ۱۷- طیف FTIR لایه‌های تیمار شده با پراکسیدهیدروژن قبل و بعد از خشک شدن در آون.

بحث

با توجه به نتایج آزمایش‌های انجام شده در این پژوهش، مقاومت‌های مکانیکی به‌دست آمده برای نمونه‌های شاهد قابل‌قبول می‌باشد. البته، به‌خاطر دانسیته بالای اکالیپتوس کاملدولنسیس، بخاردهی گرده‌بینه‌ها و خشک کردن لایه‌ها باید با حساسیت خاصی انجام گیرد، تا از ترک برداشتن زیاد و کاهش مقاومت‌ها جلوگیری شود.

همان‌طورکه در بخش نتایج آورده شده است، در هر سه تیمار نانو رس، ماده اکسیدکننده و زمان پرس، به‌جز در مورد اثر زمان پرس بر مقاومت خمشی عمود و موازی با الیاف، نمونه‌های شاهد، بیش‌ترین میانگین مقادیر مقاومت‌های برشی، خمش عمود بر الیاف و خمش موازی با الیاف را نشان می‌دهند. با تجزیه واریانس داده‌ها مشخص شد، میانگین مقادیر به‌دست آمده بین تیمارهای مختلف و سطوح مختلف یک تیمار، از نظر آماری، معنی‌دار می‌باشد.

بنابراین، بررسی نتایج نشان می‌دهد که تیمار اکسیدکنندگی نه تنها منجر به بهبود مقاومت‌ها نشده، بلکه باعث کاهش آن‌ها نیز شده است. با وجودی‌که تأثیر افزایش مقاومت‌های تخته‌ها با افزایش

گروه‌های کربوکسیل در نتیجه اکسایش سطوح، به‌وسیله پژوهش‌گران مختلف مثل هالوارسون و همکاران (۲۰۰۹)، فلیپو (۱۹۸۲) و بالفاس (۱۹۹۲) مطالعه شده و در این پژوهش‌ها مشخص شده است که به‌وسیله عوامل اکسیدکننده، می‌توان گروه‌های کربوکسیل را بر روی سطوح چوب ایجاد کرد و سپس با استفاده از اتصال‌دهنده‌های عرضی، ذرات یا صفحات چوبی را به‌هم چسبانید. ولی همان طوری‌که در بخش مواد و روش‌ها توضیح داده شد، پس از تیمار نمونه‌ها با اکسیدکننده‌ها، برای کاهش رطوبت تا ۳ درصد، لایه‌های تیمار شده با اکسیدکننده‌ها به‌مدت ۷ ساعت در آون با دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. این تیمار می‌تواند باعث تخریب گروه‌های کربوکسیل و در نتیجه تخریب دیواره سلولی و کاهش مقاومت دیواره سلولی در سطح چوب شود. به‌علاوه شرایط اسیدی‌تر نیز منجر به تخریب بیش‌تر سطح چوب و کاهش مقاومت برشی تخته‌ها می‌گردد (اکبری‌فر، ۲۰۱۰)، به همین دلیل اسیدسولفوریک در مقایسه با پراکسیدهیدروژن، باعث تخریب بیش‌تر دیواره سلولی شده و تخته‌های ساخته شده با تیمار اسیدسولفوریک مقاومت کم‌تری دارند. به‌خصوص اگر دمای محیط مناسب و زمان کافی برای واکنش وجود داشته باشد. همچنین استافکو (۱۹۷۰) نیز به این نتیجه رسیده است که میزان مقاومت برشی تخته‌لایه با فعال‌سازی سطوح لایه‌ها تحت شرایط اسیدی، فقط در حد قابل‌قبول بوده و با افزایش اسیدیته، مقاومت برشی کاهش می‌یابد. او دلیل این کاهش را هیدرولیز سطوح چوب می‌داند.

طیف FTIR مربوط به لایه‌های اکسید شده قبل و بعد از خشک کردن، نشان می‌دهد که بعد از خشک شده لایه‌های اکسید شده، گروه‌های کربوکسیل کاهش می‌یابد. به‌عبارت دیگر خشک کردن لایه‌ها تأثیر اکسایش را کاهش و حتی هیدرولیز و تخریب سطوح لایه‌های اکسید شده را افزایش داده است.

به این ترتیب، می‌توان نتیجه گرفت، اکسایش سطح چوب به‌وسیله اکسیدکننده‌ها و سپس قرار گرفتن نمونه‌ها در گرمای آون (به‌مدت کافی)، منجر به تخریب سطوح چوب و واکنش گروه‌های کربوکسیل شده است. بنابراین همان‌طورکه در بخش نتایج دیده می‌شود، بیش‌ترین مقاومت را نمونه‌های شاهد نشان می‌دهند، که بدون تخریب دیواره سلولی هستند و کم‌ترین مقاومت را نمونه‌های تیمار شده با اسیدسولفوریک نشان می‌دهند (اسیدسولفوریک اکسیدکننده قوی‌تری از پراکسیدهیدروژن است)، که بیش‌ترین تخریب دیواره سلولی را دارند.

منابع

1.Balfas, J. 1992. Surface activation with lithium and sodium hydroxides on regrowth Karri and Jarrah. J. Trop. For. Sci. 6: 3. 257-268.
2.Dieste, A., Krause, A., Bollmus, S. and Militz, H. 2008. Physical and mechanical properties of plywood produced with 1.3-dimethylol-4.5-dihydroxyethyleneurea (DMDHEU) modified veneers of *Betula sp.* and *Fagus sylvatica*. Holz Roh Werkst, 66: 281-287.
3.Dost Hoseini, K. and Iasini, A.A. 1995. Consumption of sawdust as filer of urea formaldehyde resin in made of layer board products. Iran. J. Natur. Resour. 47p.
4.Fatemeh, A. 2010. Effect of veneer surface oxidation and nanoclay particles as a filer on the properties of plawood. M.Sc. Thesis. Faculty of natural resources of Tehran university.
5.Fengel, D. and Wegener, G. 1989. Wood chemistry ultrastructure reactions, Walter de Gruyter and Co., Berlin.
6.Gardner, D. and Elder, T. 1988. Surface activation treatment of wood and its effect on the gel time of Phnol-Formaldehyde resin. Wood and fiber science, 20: 3. 378-385.
7.Halvarsson, S., Edlund, H. and Norgren, M. 2009. Manufacture of non-resin wheat straw fiberboards. Industrial crops and products, 29: 437-445.
8.Lei, Y., Wu, Q., Clemons, M., Yao, F. and Xu, Y. 2007. Influence of nanoclay on properties of HDPE/Wood composites. J. Appl. Poly. Sci. 106: 3958-3966.
9.Lei, H., Du, G., Pizzi, A. and Celzarad, A. 2008. Influence of nanoclay on Urea-Formaldehyde resins for wood adhesives and its model. J. Appl. Poly. Sci. 109: 2442-2451.
10.Nazarnezhad, N. 2005. Investigating the effects of oxidative (nitric acid & hydrogen peroxide) on wood particles surface using FTIR spectroscopy. Iran. J. Natur. Resour. 58: 2.
11.Qiaojia, L., Guidi, Y., Jinghong, L. and Jiuping, R. 2006. Property of nano-SiO_2/urea formaldehyde resin. Front. For. China, 2: 230-237.
12.Philippou, J.L., Zavarin, E., Johns, W.E. and Nguyen, T. 1982. Bonding of particleboard using hydrogen peroxide, lignosulfonates and furfural alcohol: effects of chemical composition of bonding materials. Forest Prod. J. 32: 5. 55-61.
13.Seller, T., George, D. and Smith, W. 2005. Tool wear properties of five extender/fillers in adhesive mixes for plywood. For. Prod. J. 55: 3. 27.
14.Stofko, J. and Zaarin, E. 1970. Patent disclosures: Anew bonding system for particleboard.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 20 (3), 2013
http://jwfst.gau.ac.ir

Studying the effects of oxidation and nano-clay filler treatments on strength properties of plywood from *Eucalyptus Comuldulensis*

***N. Nazarnezhad[1], K. Doost Hoseini[2] and F. Akbarifar[3]**
[1]Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2]Professor, Faculty of Natural Resources, Tehran University,
[3]M.Sc. Graduate, Faculty of Natural Resources, Tehran University
Received: 03/01/2013; Accepted: 11/05/2013

Abstract

This study conducted to evaluate the possibility of making plywood from *Ecalyptus Comuldulensis* wood using oxidation of layer surfaces and application of nano-clay as adhesive filler. First Ecalyptus wood layers treated with hydrogen Peroxide and sulfuric acid using 50 gr/m^2. Nano-clay was added to UF resin at three levels (1.5, 3 and 4.5 percent) based on resin solid content. Modified resin with nano-clay were applied on treated layers. Oxidated specimens were evaluated using FTIR spectroscopy. Control specimens were made using untreated Ecalyptus wood layers and UF resin and wheat flour as filler. All boards were made under press pressure of 150 kg/cm^2, 160 ^oC and press time of 4.5 and 5.5 minutes. Finally boards strength was evaluated following ISO standard. Results showed that oxidation of layer surfaces and application of nano-clay as filler had negative effects of plywood when UF resin is used. Analysis of results using ANOVA technique showed that differences exist among all tests except effect of oxidation on MOE parallel and perpendicular of Fiber were significant.

Keywords: *Ecalyptus Comuldulensis*, Oxidation, Nano-clay, Hydrogen peroxide, Sulfuric acid, Mechanical properties

* Corresponding Author; Email: nazarnezhad91@gmail.com