

## بررسی خواص فیزیکی و چسبندگی داخلی تخته فیبر دانسیته بالا حاصل از الیاف اکسیدشده

### چکیده

تحقیق حاضر با هدف بررسی خواص فیزیکی شامل: جذب آب، واکنشیدگی ضخامت، بازگشت فنری و چسبندگی داخلی تخته فیبر سنگین ساخته شده از الیاف اکسیدشده و مقادیر مختلف چسب انجام شد. به منظور اصلاح سطوح الیاف، الیاف با اسیدنیتریک ۴۰ درصد تیمار شدند. پس از چسب زنی الیاف با اوره فرم آلدهید (۷ و ۹ درصد بر اساس وزن خشک الیاف)، تخته های با دانسیته ۰/۹ گرم بر سانتیمتر مکعب، به وسیله پرس گرم در دمای ۱۷۵ درجه سانتی گراد و زمان ۴ دقیقه ساخته شدند. نتایج طیف سنجی، کاهش گروه های عاملی هیدروکسیل و افزایش گروه کربوکسیل متعاقب اصلاح اکسیدی را تأیید نمود. نتایج آزمون غوطه وری کوتاه مدت در آب نشان داد که در تخته های حاوی الیاف اصلاح اکسیدی و ۹ درصد چسب اوره فرم آلدهید، کمترین جذب آب و واکنشیدگی ضخامت به ترتیب با میانگین ۷۸/۵ و ۲۸/۶۵ درصد اندازه گیری شد. بازگشت فنری تخته های اصلاح شده حاوی چسب کمتر، ناشی از آزاد شدن تنش ها و گسستن بیشتر اتصالات بود که به کاهش معنی دار چسبندگی داخلی منتهی شد.

**واژگان کلیدی:** اسید نیتریک، الیاف اکسیدشده، چسبندگی داخلی، واکنشیدگی ضخامت، جذب آب.

صائب شبان پور<sup>۱\*</sup>  
نورالدین نظرنژاد<sup>۲</sup>  
مریم قربانی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

دانشیار گروه مهندسی چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

دانشیار گروه مهندسی چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

مسئول مکاتبات:

[shabanpour\\_22@yahoo.com](mailto:shabanpour_22@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۸/۲۲

### مقدمه

در تولید تخته فیبر با فرآیند خشک، مصرف چسب های حاوی فرم آلدهید تا ۲۰ درصد از هزینه های تولید را شامل می شود [۱] که انتشار گاز فرم آلدهید حین فرآیند تولید و دوره استفاده از این فرآورده، مایه نگرانی تولیدکنندگان و مصرف کنندگان شده است [۲، ۳]. یکی از تکنیک های بالقوه در کاهش مصرف چسب های حاوی فرم آلدهید، استفاده از مواد شیمیایی اکسیدکننده مانند اسیدنیتریک، کلریدروی، پراکسید هیدروژن، اسید کلریدریک،

اسیدپرکلریک، اسیدسولفوریک جهت برقراری پیوند بین الیاف چوبی است [۴]. پژوهش هایی در زمینه ایجاد خودچسبندگی بین سطوح چوب و سایر مواد لیگنوسلولزی به کمک فعال سازی سطوح و استفاده از پلیمرهایی با زنجیر خطی و کوتاه، جهت ایجاد اتصال بین سطوح ذرات چوب نیز انجام شده است [۵، ۶، ۷، ۸]. روش های اتصال بدون چسب در فرآورده های چوبی، شامل اتصالات کووالانسی مستقیم بین سطوح چوب، مونومرهای دو عاملی یا پلیمرهای زنجیری شامل اتیلن دی آمین، اتیلن گلیکول،

به دلیل کاهش دانسیته تخته روی می‌دهد [۱۲]. اساس کار استفاده از اکسیدکننده‌هایی همچون اسیدنیتریک، فعال‌سازی سطوح الیاف چوب می‌باشند. در نتیجه اکسید شدن، گروه‌های هیدروکسیل واحدهای قندی و گروه‌های انتهای احیاکننده پلی‌ساکاریدها در معرض حمله اکسایشی قرار می‌گیرند [۶]. گروه‌های عاملی ایجادشده روی سطوح ذرات مختلف چوب، در شرایط خاص مانند نزدیک شدن گروه‌های عاملی تا حد شعاع اتمی و انرژی و تحرک لازم برای ایجاد پیوند می‌توانند باهم دیگر اتصال کووالانسی ایجاد نمایند. از آنجایی که نزدیک کردن الیاف چوب به اندازه کافی در ساخت تخته‌های با دانسیته معمول، ممکن نیست، برای ایجاد اتصال بین الیاف چوب از مواد شیمیایی پل‌زننده مانند چسب استفاده می‌شود که ممکن است زنجیره‌های پلیمری دو یا چندعاملی باشند [۶].

با توجه به نگرانی‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف چسب‌های حاوی فرمالدئید، تحقیق حاضر با هدف بررسی خواص فیزیکی و چسبندگی داخلی تخته فیبر سنگین (HDF) حاصل از الیاف اکسیدشده و بررسی امکان کاهش مصرف چسب اوره فرمالدئید متعاقب اصلاح اکسیدی انجام شد.

## مواد و روش

### ساخت تخته فیبر سنگین

الیاف موردنیاز از کارخانه کیمیا چوب گرگان و از مخلوط الیاف چوب درختان باغی و گونه‌های جنگلی (توسکا، ممرز، بلوط، اکالیپتوس، صنوبر، بید و...) تهیه و در هوای آزاد و متعاقباً در آون با دمای  $103 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند. قبل از عمل چسب زنی، اسیدنیتریک ۴۰ درصد، تولیدی شرکت مرک، به میزان ۳ درصد (بر اساس وزن خشک الیاف)، روی الیاف خشک اسپری و هم‌زمان به خوبی هم‌زده شدند. برای چسب‌زنی الیاف شاهد و اصلاح اکسیدی شده، از چسب اوره فرمالدئید ساخت کارخانه چسب ثامن مشهد در دو سطح ۷ و ۹ درصد (بر اساس وزن خشک الیاف) و کاتالیزر کلرید آمونیوم به میزان ۱ درصد (بر اساس وزن خشک چسب) استفاده گردید. کیک الیاف با استفاده از پرس

انیدریدمالئیک و غیره می‌باشند [۶]. بیشتر این روش‌ها بر پایه فعال‌سازی سطوح چوب به وسیله اکسیدکننده‌هایی همچون اسیدنیتریک، کلریدروی، پراکسید هیدروژن، اسیدکلریدریک، اسیدپرکلریک، اسیدسولفوریک و غیره است [۷]. برای ساخت تخته ویفر با استفاده از لیکور مصرف‌شده سولفیت (SSL)، ۵-۴ درصد، محلول SSL به همراه اسیدسولفوریک یک درصد به‌عنوان عامل اکسیدکننده استفاده شد. خواص فیزیکی شامل جذب آب و واکنشیدگی ضخامت تخته‌ویفر ساخته‌شده با SSL بیش از حد انتظار بود. افزایش مقدار اسید واکنشیدگی تخته‌ها را تشدید نمود و مقدار بهینه اسیدسولفوریک بین ۰/۸ تا ۱ درصد گزارش شد [۹]. در ساخت چسب از SSL با اکسیدکننده  $H_2O_2$  و کاتالیست  $SO_2$  اظهار شد که واکنش SSL و  $H_2O_2$  منجر به تراکم لیگنین گردید. با افزایش مصرف پراکسید هیدروژن، مقدار چسبندگی داخلی افزایش و واکنشیدگی ضخامت کاهش یافت [۱۰]. در بررسی اثر نوع اکسیدکننده (اسیدنیتریک و دی‌کرومات پتاسیم)، مقدار اکسیدکننده (۲، ۴ و ۶ درصد) و درصد چسب اوره فرمالدئید (۵ و ۷ درصد) بر خواص فیزیکی و مکانیکی، گزارش شد که کمترین جذب آب و واکنشیدگی ضخامت در ۶ درصد اسیدنیتریک و ۷ درصد چسب اوره فرمالدئید اندازه‌گیری شد. همچنین بیشترین مقادیر خواص خمشی در ۷ درصد چسب اوره فرمالدئید و ۴ درصد اسیدنیتریک مشاهده شد [۸].

مزایای استفاده از اکسیدکننده‌ها به وسیله محققین بسیاری گزارش شده است [۵،۶،۷،۸]. نتایج تحقیقات گذشته نشان داد که اکسیدکننده‌ها موجب بهبود آب‌گریزی و پایداری ضخامت فرآورده‌های مرکب همچون تخته خرده‌چوب و تخته فیبر می‌گردند [۸]. علیرغم این مزایا، کاهش چسبندگی داخلی تخته‌های حاوی الیاف اکسیدشده در شرایط عدم استفاده از چسب را می‌توان به افزایش بازگشت فنری تخته‌ها و ارتباطشان با کاهش مقاومت مکانیکی نسبت داد. بازگشت فنری، واکنشیدگی ضخامت غیرقابل‌برگشت است که متعاقب مرطوب‌شدن فرآورده و آزاد شدن تنش اعمال‌شده همراه با گسستن برخی از اتصالات چسب رخ می‌دهد [۱۱]. نتیجه گسستن پیوند در تخته‌ها، افت مقاومت است که در معرض شرایط مختلف و

متعادل سازی تنش‌های داخلی، تخته‌های ساخته شده به مدت ۱۵ روز در شرایط آزمایشگاهی (رطوبت نسبی  $2 \pm 65\%$  درصد و دمای محیط  $3 \pm 20\%$  درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند. مشخصات چسب مصرف شده در ساخت تخته در جدول ۱ نشان داده شده است.

آزمایشگاهی تحت دمای ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد، زمان ۴ دقیقه و فشار پرس ۴۵ کیلوگرم بر سانتی مترمربع برای تولید تخته فیبری به ضخامت ۱۰ میلی‌متر و دانسیته ۰/۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب فشرده شدند. بعد از پایان مرحله پرس، به منظور یکنواخت‌سازی رطوبت و

جدول ۱- مشخصات چسب تولیدی شرکت تامن مشهد

نام چسب	وزن مخصوص ( $g/cm^3$ )	مواد جامد (%)	pH	ویسکوزیته (s)	زمان سخت شدن هاردنر (s)
اوره فرم‌آلدئید	۱/۲۶	۶۲	۷/۸	۶۵	۴۸

### آزمون طیف‌سنجی FTIR<sup>۱</sup>

برای ارزیابی ساختار شیمیایی نمونه‌های شاهد و تیمار شده به وسیله طیف‌سنجی زیرقرمز تبدیل فوریه، پودر چوب با اندازه کوچک‌تر از ۸۰ میکرون تهیه شد. اندازه‌گیری وضعیت گروه‌های عاملی کربوکسیل و هیدروکسیل الیاف شاهد و اصلاح شده با اسیدنیتریک به وسیله دستگاه طیف‌سنجی موجود در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری مدل Cary 630 2017، ساخت کمپانی Agilent استرالیا انجام شد و نتایج در طول موج  $4000-500\text{ cm}^{-1}$  ثبت شد.

### آزمون فیزیکی

جهت تعیین خواص فیزیکی شامل جذب آب، واکنشیدگی ضخامت و بازگشت فنی، نمونه‌ها به ابعاد  $50 \times 50 \times 10\text{ mm}^3$  بر اساس استاندارد EN 317 [۱۳] تهیه شدند. جرم اولیه توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم و ضخامت اولیه با دستگاه میکرومتر با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شدند. سپس نمونه‌ها در آب با دمای  $1 \pm 20\%$  درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. جذب آب و واکنشیدگی ضخامت آن‌ها پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری با استفاده از روابط ۱ و ۲ محاسبه شد.

$$WA = \frac{w_2 - w_1}{w_1} \times 100 \quad (\text{رابطه ۱})$$

WA = جذب آب (%)،  $w_1$  = وزن اولیه پیش از غوطه‌وری (g)،  $w_2$  = وزن ثانویه بعد از غوطه‌وری (g)

$$T = \frac{t_w - t_1}{t_1} \times 100 \quad (\text{رابطه ۲})$$

T = واکنشیدگی ضخامت (%)،  $t_1$  = ضخامت اولیه پیش از غوطه‌وری (mm)،  $t_w$  = ضخامت ثانویه پس از غوطه‌وری (mm). همچنین، نمونه‌ها با ابعاد  $50 \times 50 \times 10\text{ mm}^3$  از تخته‌ها بریده شدند و ضخامتشان در سه نقطه برای تعیین بازگشت فنی تخته‌ها طبق رابطه ۳ اندازه‌گیری شد.

$$S = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100 \quad (\text{رابطه ۳})$$

S = بازگشت فنی (%)،  $t_1$  = ضخامت اولیه پیش از متعادل‌سازی (mm)،  $t_2$  = ضخامت ثانویه پس از متعادل‌سازی (mm)

### آزمون چسبندگی داخلی

اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل چسبندگی داخلی برای شناخت عملکرد چسب در به وجود آوردن اتصال بین الیاف و مشخص کردن کیفیت و قدرت اتصال بین چسب و الیاف به ویژه در لایه‌های میانی تخته، اجتناب‌ناپذیر است. چسبندگی داخلی، در نمونه‌های به ابعاد  $50 \times 50 \times 10\text{ mm}^3$  بر اساس استاندارد ASTM D1037 [۱۴] با استفاده از دستگاه آزمایش SANTAM-STM-20 و شتاب بارگذاری  $10\text{ mm/min}$  به کمک رابطه زیر محاسبه شد.

$$\sigma_{\perp} = \frac{F_{max}}{a \cdot b} \quad (\text{رابطه ۴})$$

$\sigma_{\perp}$  = چسبندگی داخلی ( $N/mm^2$ )،  $F_{max}$  = میزان

<sup>1</sup> Fourier transform infrared

اکسید نشده آورده شده است. همان طور که در شکل دیده می شود در پیک مربوط به گروه هیدروکسیل ( $3330 \text{ cm}^{-1}$ ) و پیک مربوط به گروه کربوکسیل ( $1733 \text{ cm}^{-1}$ ) تغییراتی دیده می شود، به طوری که نمونه های اکسید شده نسبت به اکسید نشده دارای پیک گروه کربوکسیل بزرگ تر و پیک گروه هیدروکسیل کوچک تر است. افزایش گروه های کربوکسیل منجر به بهبود چسبندگی داخلی و کاهش گروه های هیدروکسیل باعث کاهش جذب آب تخته های می شود. با توجه به اینکه اتصالات گروه کربوکسیل در ناحیه  $1740-1720 \text{ cm}^{-1}$  ارتعاش کششی قوی ایجاد می کند، پیک گروه کربوکسیل الیاف اکسید شده با  $\text{N}_2\text{O}_4$  در ناحیه  $1738-1734 \text{ cm}^{-1}$  است [۷].

بارگذاری در مرحله شکست (N)،  $a =$  طول نمونه (mm)،  
 $b =$  عرض نمونه (mm)

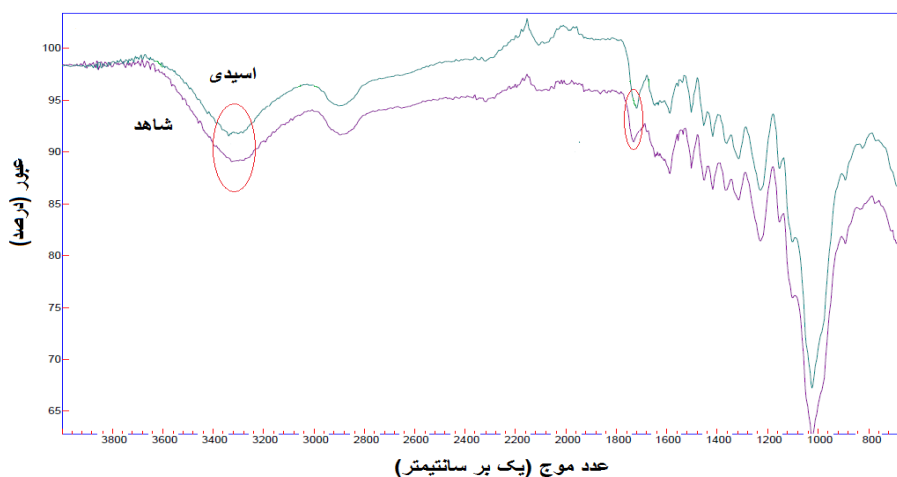
### تجزیه و تحلیل داده ها

برای تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزار SPSS (16.0) و آزمون آنالیز واریانس فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. همچنین گروه بندی میانگین ها نیز با آزمون چند دامنه ای دانکن انجام شد.

### نتایج و بحث

#### طیف سنجی FTIR

در شکل ۱ طیف مادون قرمز نمونه های اکسید شده و



شکل ۱- طیف های FTIR نمونه شاهد و نمونه اکسید شده با ۳ درصد اسید نیتریک

تحت تأثیر قرار می دهد. با توجه به نتایج گروه بندی دانکن اثر چسب اوره فرم آلدهید و اسید نیتریک بر جذب آب، واکشیدگی ضخامت و بازگشت فنی تخته فیبر سنگین در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی دار است (جدول ۲).

### خواص فیزیکی

#### جذب آب

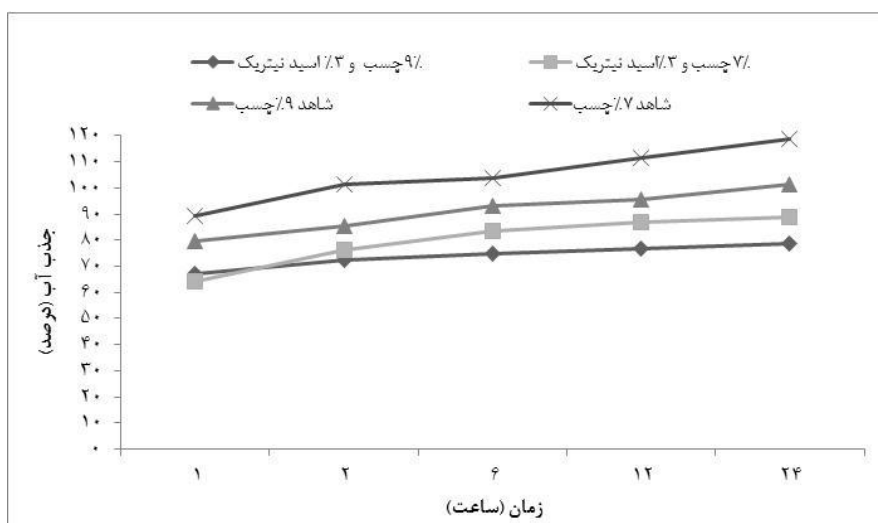
جذب آب تولیدات چوبی در فضای آزاد به عنوان مثال کاربردهای ساختمانی، ثبات ابعاد و خواص مکانیکی را

جدول ۲- گروه بندی دانکن اثر اصلاح اکسیدی و مقدار چسب بر جذب آب، واکشیدگی ضخامت و بازگشت فنی تخته فیبر سنگین

نوع تیمار	جذب آب	واکشیدگی ضخامت	بازگشت فنی
شاهد ۷ درصد چسب	A	A	A
شاهد ۹ درصد چسب	B	B	B
چسب ۷ درصد/اصلاح اکسیدی	BC	C	B
چسب ۹ درصد/اصلاح اکسیدی	C	C	C

نمونه‌های شاهد حاوی ۷ و ۹ درصد چسب، به ترتیب ۵۰ و ۲۹ درصد و نسبت به نمونه ۷ درصد چسب اصلاح شده با اسیدنیتریک ۱۳ درصد بهبود یافته است (شکل ۲). اصلاح پلیمرهای دیواره سلولی، فیبرها را آب‌گریز نمود که این امر منتهی به کاهش تمایل تخته به هم کشیدگی و واکنش‌پذیری گردید [۸].

مطابق نتایج به دست آمده پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب، کمترین و بیشترین مقدار جذب آب به ترتیب در نمونه‌های تیمار شده با اسیدنیتریک ۹ درصد چسب اوره‌فرم‌آلدئید با میانگین ۷۸/۵ درصد و نمونه‌های شاهد با ۷ درصد چسب به مقدار ۱۱۸/۲۱ درصد اندازه‌گیری شد. نتایج جذب آب نشان داد که نمونه‌های اصلاح شده با اسیدنیتریک و چسب اوره‌فرم‌آلدئید ۹ درصد نسبت به



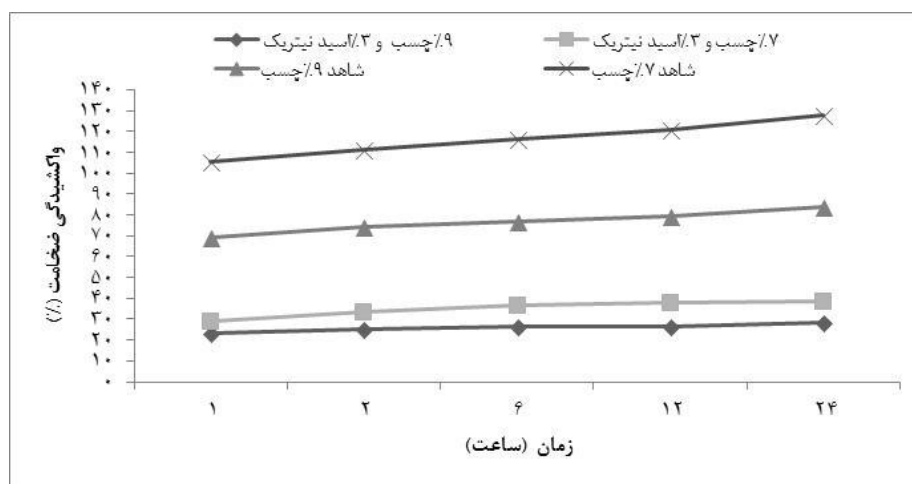
شکل ۲- جذب آب نمونه‌های شاهد و تیمار اسیدی شده در سطوح چسب ۷ و ۹ درصد

### بازگشت فنری

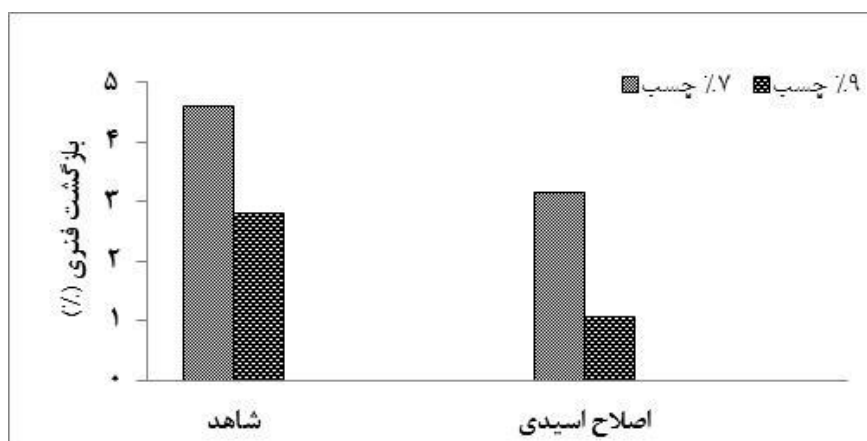
پدیده بازگشت فنری معمولاً در فرآورده‌های مرکب چوبی پس از ساخت تخته‌ها رخ می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۴ نشان داده شده است، کمترین میزان بازگشت فنری مربوط به نمونه‌های با ۹ درصد چسب اصلاح اکسیدی اندازه‌گیری شد که در مقایسه با نمونه‌های شاهد ۷ درصد چسب، ۷۶ درصد کاهش یافت. مطابق نتایج، رطوبت اثر معنی‌داری بر تخته‌ها و ایجاد بازگشت فنری ندارد. اگرچه اصلاح اکسیدی بر بازگشت فنری و چسبندگی داخلی تأثیرگذار بوده است. با اصلاح اکسیدی، علیرغم کاهش مصرف چسب، بازگشت فنری کاهش یافت که به افزایش چسبندگی داخلی انجامید. بین جذب آب و واکنش‌پذیری ضخامت دو سطح اصلاح اکسیدی حاوی ۷ و ۹ درصد چسب، اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد، ولیکن بازگشت فنری بیشتر در سطح اصلاح شده حاوی ۷ درصد چسب به کاهش چسبندگی داخلی در این نمونه‌ها انجامید.

### واکنش‌پذیری ضخامت

نتایج واکنش‌پذیری ضخامت نشان‌دار که نمونه‌های تیمار شده با اسید نیتریک و ۹ درصد چسب اوره فرم‌آلدئید در زمان‌های مختلف غوطه‌وری نسبت به نمونه شاهد ۷ و ۹ درصد چسب به ترتیب ۷۷ و ۶۶ درصد و همچنین نسبت به نمونه اصلاح اکسیدی ۷ درصد چسب، ۲۶/۳ درصد بهبود یافته است. اصلاح اکسیدی الیاف ممکن است به دلیل افزایش دسترسی به گروه‌های عاملی و ناصافی سطح الیاف، به نفوذ خوب رزین اوره فرم‌آلدئید و عملکرد بهتر چسبندگی بیانجامد. همچنین حمله اکسایشی به لیگنین، همی‌سلولز یا سلولز ممکن است باعث بریدگی زنجیره شود که با این فرایند می‌تواند موجب افزایش جذب آب و واکنش‌پذیری ضخامت فرآورده گردد [۸]. در تحقیق حاضر، متعاقب خودچسبندگی ناشی از اصلاح اکسیدی، جذب آب کاهش و ثبات ضخامت تخته افزایش یافت.



شکل ۳- واکسیدگی ضخامت نمونه‌های شاهد و تیمار اسیدی شده در سطوح چسب ۷ و ۹ درصد

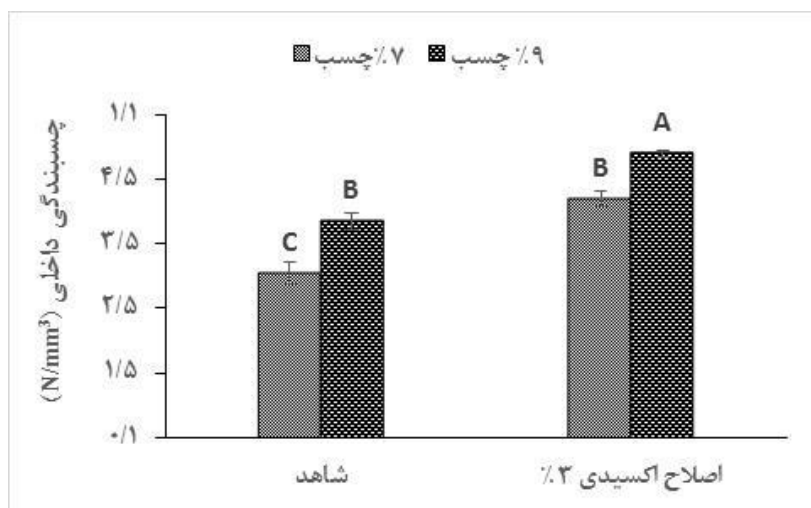


شکل ۴- بازگشت فنری نمونه‌های شاهد و تیمار اسیدی شده در سطوح چسب ۷ و ۹ درصد

### چسبندگی داخلی

آزمون مقاومت در مقابل کشش عمود بر سطح یا چسبندگی داخلی به‌عنوان شاخصی از اتصال بین الیاف است. به‌منظور شناخت عملکرد چسب در به وجود آوردن اتصال بین الیاف به‌ویژه در لایه‌های میانی تخته، اندازه‌گیری چسبندگی داخلی اجتناب‌ناپذیر است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر چسب اوره‌فرم‌آلدئید و اسید نیتریک بر چسبندگی داخلی تخته فیبر سنگین، در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار است.

بازگشت فنری در تخته‌های اصلاح‌شده حاوی چسب کمتر، ناشی از آزاد شدن تنش‌ها و گسستن بیشتر اتصالات است که به کاهش معنی‌دار چسبندگی داخلی منتهی شده است و ارتباطی با جذب رطوبت فرآورده ندارد. احتمالاً با افزایش زمان پرس می‌توان بازگشت فنری را در این تخته‌ها که الیاف آبگریزتری دارند و انتقال حرارت در آن‌ها کندتر انجام می‌گیرد را کاهش داد. نتایج اصلاح شیمیایی الیاف نیز نشان داد که اصلاح به کاهش رطوبت و واکسیدگی ضخامت تخته فیبر انجامید و افت مقاومت‌های مکانیکی به افزایش بازگشت فنری فرآورده نسبت داده شده [۱۲].



شکل ۵- چسبندگی داخلی نمونه‌های شاهد و تیمار اسیدی شده در سطوح چسب ۷ و ۹ درصد

داخلی نمونه‌های اکسیدشده بیشتر از نمونه‌های شاهد است.

### نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج طیف‌سنجی، افزایش گروه کربوکسیل و کاهش گروه هیدروکسیل مؤید اعمال اصلاح اکسیدی الیاف است. جذب آب، واکنش‌پذیری ضخامت و بازگشت فنری تخته‌های حاوی الیاف اکسیدشده کمتر از نمونه‌های شاهد بود، ولیکن چسبندگی داخلی این تخته‌های اصلاح‌شده افزایش یافت که علت را می‌توان به افزایش پیوند بین الیاف و ایجاد پیوندهای قوی‌تری متعاقب اصلاح اکسیدی سطوح الیاف نسبت داد. با مصرف یکسان چسب اوره فرمالدئید، تخته‌های حاوی الیاف اکسیدشده خواص به‌مراتب بهتری از الیاف اکسید نشده را ارائه نمودند. بر اساس نتایج، در تخته‌های حائز اهمیت به لحاظ خواص فیزیکی، مصرف چسب ۷ درصد و در تخته‌هایی که چسبندگی داخلی فرآورده مدنظر است، مقدار ۹ درصد در زمان اعمال اصلاح اکسیدی ۳ درصد پیشنهاد می‌گردد.

نتایج نشان داد که با افزایش مقدار چسب اوره‌فرم‌آلدئید و اصلاح با اسید نیتریک مقاومت چسبندگی داخلی تخته فیبر بهبود یافته است، به طوری که در نمونه‌های شاهد با افزایش مقدار چسب از ۷ به ۹ درصد، چسبندگی داخلی ۲۴ درصد بهبود یافت. چسبندگی داخلی نمونه‌های اصلاح اکسیدی/چسب اوره‌فرم‌آلدئید ۹ درصد بیشترین مقاومت را نشان دادند که نسبت به نمونه‌های اصلاح اکسیدی ۷ درصد چسب، ۱۶ درصد بهبود یافته بود (شکل ۵). در نتیجه اکسید شدن، گروه‌های هیدروکسیل واحدهای قندی و گروه‌های انتهای احیاکننده پلی‌ساکاریدها در معرض حمله اکسایشی قرار می‌گیرند. این گروه‌ها به گروه‌های آلدئیدی، کتونی و کربوکسیلی تبدیل می‌شوند. گروه‌های عاملی ایجادشده روی سطوح ذرات مختلف چوب در شرایط خاصی می‌توانند باهم دیگر اتصال کووالانسی ایجاد نمایند، از جمله این شرایط می‌توان به فاصله مناسب بین دو گروه عاملی و انرژی لازم برای ایجاد پیوند بین آنها اشاره کرد [۶]؛ بنابراین در نمونه‌هایی که سطح آنها اصلاح شده به دلیل افزایش گروه‌های عاملی فعال، امکان تشکیل پیوند در شرایط مناسب افزایش می‌یابد. به همین دلیل چسبندگی

- [1] Pierre-Louis, C., Riedl B. and Wang X.M., 2008. Investigation of Urea Melamine-Formaldehyde (UMF) resin penetration in Medium-Density Fiberboard (MDF) by High Resolution Confocal Laser Scanning Microscopy. Holz Roh Werkst, 66: 129-134.
- [2] Maloney, T.M., 1996. The family of wood composite materials. Forest products Journal, 46: 19-26.
- [3] Sellers, T., 2001. Wood adhesive innovations and applications in North America. Forest products Journal, 51: 12-22.
- [4] Johns. W.E. and Woo, H.K., 1978. Surface treatments for high- density fiberboard. Forest products Journal, 28 (5): 42-48.
- [5] Murmanis, L., 1982. Microscopy of Acid-Activated Bonding in Wood. Wood and Fiber Science, 15(3): 203-211.
- [6] Nazarnezhad, N., Doosthosseini k. and Latibari, A.G., 2003. Application of wood particles surface activation and non-conventional bonding in particleboard production. Iranian Journal Natural Resources, 56(3): 293-299. (In Persian).
- [7] Nazarnezhad, N., 2011. Study of particleboard manufacture by nonconventional bonding. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 26(1): 1-9. (In Persian).
- [8] Doosthosseini, k., Zarea hosseinabadi, H. and Moradpour, P., 2013. Oxidative activation of bagasse fibers surfaces in medium density fiberboard manufacturing. Drvna industrija, 64 (3): 239-245.
- [9] Shen, K.C., 1974. Modified powdered spent sulfite liquor as binder for exterior wafer board. Forest products Journal, 24(2):38-44.
- [10] Roffael E. and Dix B., 1991. Lignin and ligninsulfonate in nonconventional bonding-on overview. Holz als Roh- Und Werkstoff, 49:199-205.
- [11] Palardy, R.D., Haataja, B.A., Shaler, S.M., Williams, A.D. and Laufenberg, TL., 1989. Pressing of wood composite panels at moderate temperature and high moisture content. Forest products Journal, 39(4):27-32.
- [12] Mohebbi, B., Gorbani-Kokandeh, M. and Soltani, M., 2009. Springback in acetylated wood based composites. Construction and Building Materials, 23:3103-3106.
- [13] European Standard, Particleboards and fiberboards, determination of swelling in thickness after immersion. European Standardization Committee, Brussell, EN 317, 1996.
- [14] Standard test method for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials. Designation, West Conshohocken, American Society for Testing and Materials, ASTM- D 1037, 1999.



## Investigation on the physical properties and internal bonding of HDF made of oxidized fiber

### Abstract

Current research was conducted to investigate the physical properties and internal bonding of high-density fiberboard (HDF) made from oxidized fibers and different amount of glue. For surface modification, fibers were treated with 40% nitric acid. After gluing fibers with urea-formaldehyde (7% and 9% based on the dry weight of fibers), the boards with a the density of 0.9 g/cm<sup>3</sup> were made by hot pressing at 175°C in 4 minutes. The results of spectroscopy confirmed the reduction of hydroxyl functional groups and the increase of the carboxylic group due to oxidation. The results of short term immersion test in water showed that in boards containing oxide-modified fibers and 9% urea-formaldehyde glue, the minimum water absorption and thickness swelling were obtained with the means of 78.5 and 28.65%, respectively. Spring back of modified boards containing less glue was affected by the stresses release and debonding of the wood elements that resulted in internal bonding loss.

**Key words:** nitric acid, oxidized fiber, internal bonding, thickness swelling, water absorption.

**S. Shabanpour**<sup>1\*</sup>  
**N. Nazarnezhad**<sup>2</sup>  
**M. Ghorbani**<sup>3</sup>

<sup>1</sup> M.Sc. graduate, Department of wood and paper, natural resources faculty, Sari agricultural sciences and natural resources university, Sari, Iran

<sup>2</sup> Associate Prof., Department of wood and paper sciences and technology, Sari university of agricultural sciences and natural resources, Sari, Iran

<sup>3</sup> Associate Prof., Department of wood and paper sciences and technology, Sari university of agricultural sciences and natural resources, Sari, Iran

Corresponding author:  
[shabanpour\\_22@yahoo.com](mailto:shabanpour_22@yahoo.com)

Received: 2017/08/06  
Accepted: 2017/11/13

