

بررسی تأثیر افزایش فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۲۷، شماره ۴، صفحه ۶۵۴-۶۴۶، (۱۳۹۱)

اوره به چسب اوره فرم آلدهید بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده چوب صنوبر

کاظم دوست حسینی^۱ و رباب غفاری^{۲*}

۱- استاد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۲- نویسنده مسئول، کارشناسی ارشد صنایع چوب و کاغذ، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه تهران

پست الکترونیک: Robab_ghafari@yahoo.com

تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۱

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۹۰

چکیده

در این پژوهش، اثر افزایش مقدار اوره به چسب اوره فرم آلدهید بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده چوب ساخته شده با این چسب بررسی شد. مقدار اوره‌ی افزوده شده به چسب در چهار سطح صفر، ۱/۴، ۲/۸ و ۱۶ درصد (نسبت اوره به ماده‌ی خشک چسب) و دمای پرس در دو سطح ۱۷۰ و ۱۸۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به‌عنوان عوامل متغیر در نظر گرفته شدند و تأثیر آنها بر خواص کاربردی تخته خرده چوب همسان با دانسیته‌ی ۰/۶۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب و مقدار چسب مصرفی ۱۰٪ بررسی شد. خواص مکانیکی شامل مدول گسیختگی (MOR)، چسبندگی داخلی (IB) و خواص فیزیکی شامل جذب آب و واکنش‌پذیری ضخامت اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان دادند که افزایش اوره به چسب اوره فرم آلدهید باعث بهبود مقاومت‌های مکانیکی تخته شده و میزان جذب آب و واکنش‌پذیری ضخامت را کاهش می‌دهد. همچنین، بررسی تأثیر دمای پرس حکایت از بهبود خواص مکانیکی و فیزیکی تخته‌های آزمون‌ی در دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد داشت.

واژه‌های کلیدی: تخته خرده چوب صنوبر، چسب اوره فرم آلدهید، اوره، مدول گسیختگی، چسبندگی داخلی، جذب آب، واکنش‌پذیری ضخامت

مقدمه

(میرشکرایبی، ۱۳۷۳). این چسب‌ها چند جنبه‌ی مثبت دارند: قیمت ارزان، غیر قابل اشتعال، سرعت پلیمر شدن بالا و رنگ روشن؛ جنبه‌ی منفی آن: مقاوم به آب نیستند و انتشار فرم آلدهید از آنها ادامه می‌یابد و بیشتر مصرف داخلی دارند.

یکی از مهمترین جنبه‌های فرمول‌بندی چسب، نسبت مولی فرم آلدهید به اوره است. چسب‌هایی که در آنها نسبت فرم آلدهید به اوره کم است، زمان ژله شدن

چسب‌های اوره فرم آلدهید (UF) که در سال‌های ۱۹۳۰ توسعه یافتند، در چسباندن قطعه‌های چوبی به یکدیگر، ساخت تخته‌لایه و به‌ویژه انواع تخته خرده چوب (نئوپان)، کاربرد بسیار وسیعی در سراسر جهان یافته‌اند. چسب UF یک پلیمر شبکه‌ای است که در هیچ حلالی حل نمی‌شود و کاربرد آن در صنعت در جایی که احتمال خوردگی یا تخریب توسط مواد شیمیایی و حلال‌ها می‌رود، می‌باشد

طولانی‌تر و فرم‌آلدهید آزاد کمتری دارند

(Roffael, 1976; Dinwoodie, 1977; Steiner, 1978).

طی یک بررسی گزارش شده که فرم‌آلدهید عمدتاً از دو منبع زیر انتشار می‌یابد: ۱- باقی‌مانده‌ی فرم‌آلدهید در چسب، ۲- فرم‌آلدهید آزاد شده توسط تخریب هیدرولیزی (آبکافتی) چسب‌های پلیمر شده، به‌ویژه در شرایط محیطی رطوبت بالا و دمای بالا (Tornita, 1980; Ko, 1976).

عوامل زیادی در انتشار فرم‌آلدهید از یک تخته خرده‌چوب ساخته شده با چسب اوره فرم‌آلدهید مؤثرند، از جمله نسبت مولی فرم‌آلدهید به اوره، مقدار چسب، ترکیب و مقدار کاتالیزور، مقدار رطوبت کیک خرده‌چوب، مدت زمان ذخیره‌سازی تخته قبل از استفاده، نسبت مولی فرم‌آلدهید به اوره یکی از فاکتورهای خیلی مهم در این زمینه می‌باشد و کاهش این نسبت یکی از مؤثرترین راه‌های کاهش انتشار فرم‌آلدهید می‌باشد (Petersen, 1973, 1972; Myers, 1984).

انتشار فرم‌آلدهید در ابتدا زیاد است و با گذشت زمان کاهش می‌یابد. اما حتی با گذشت زمان طولانی به صفر نمی‌رسد. اعتقاد بر این است که در نتیجه‌ی ادامه‌ی انتشار فرم‌آلدهید، چسب‌های اوره فرم‌آلدهید تجزیه می‌شوند و مقاومت محصول را کاهش می‌دهد. مهمترین نگرانی در کاربرد فرآورده‌های مرکب مخصوصاً تخته‌خرده‌چوب انتشار فرم‌آلدهید است (Rowell, 2005). چسب‌های UF پلیمر شده، غیرسمی هستند، اوره نیز بی‌ضرر است، اما فرم‌آلدهید آزاد و فرم‌آلدهید تولید شده توسط آبکافت کند، پیوستگی آمینوپلاستیک، بسیار واکنش‌پذیر است و به آسانی با پروتئین‌های بدن انسان ترکیب می‌شود (میرشکرایبی، ۱۳۷۳). این ماده‌ی بی‌رنگ و متصاعدکننده‌ی گاز سوزناک و بودار باعث ایجاد حساسیت و در غلظت

بالا موجب سرطان در انسان و حیوانات می‌شود.

تحقیقاتی در زمینه‌ی نسبت مولی فرم‌آلدهید به اوره و اثرهای آن به انجام رسیده است. که به تعدادی از آنها اشاره می‌شود.

Meyer و همکاران (۱۹۸۵)، انتشار فرم‌آلدهید از MDF تولید شده در شرایط آزمایشگاهی با استفاده از هفت نوع چسب UF با نسبت مولی متفاوت را مورد مطالعه قرار دادند. چسب با نسبت مولی فرم‌آلدهید به اوره‌ی کم، MDF با ویژگی‌های مکانیکی خوب تولید کرد.

Que و همکاران (۲۰۰۷)، تأثیر نسبت مولی رزین اوره فرم‌آلدهید بر خواص تخته‌خرده‌چوب را بررسی کردند. آنها دریافتند با کاهش نسبت مولی فرم‌آلدهید به اوره (کاهش مقدار فرم‌آلدهید چسب) به‌رغم کاهش انتشار فرم‌آلدهید، مقاومت‌های فیزیکی و مکانیکی تخته کاهش می‌یابد.

Dae Park و همکاران (۲۰۰۸)، تأثیر نسبت مولی فرم‌آلدهید به اوره و مقدار ملامین روی شدت و مقاومت هیدرولیز چسب اصلاح شده (MUF) را مطالعه کردند. نتایج این بررسی نشان داد که نسبت مولی فرم‌آلدهید به اوره‌ی بالا و مقدار ملامین زیاد ساختار شبکه‌ای شاخه‌دار ایجاد می‌کند که متعاقباً قابلیت چسب MUF اصلاح شده را در هیدرولیز اسیدی افزایش می‌دهد.

این تحقیق با هدف بررسی تأثیر افزایش اوره به چسب اوره فرم‌آلدهید که منجر به کاهش نسبت فرم‌آلدهید به اوره می‌گردد (بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌خرده‌چوب ساخته شده از چوب صنوبر) انجام شده است.

مواد و روشها

برای انجام این بررسی از خرده‌چوب‌های صنوبر با ضریب کشیدگی ۲۷/۱۳ (که توسط خردکن آزمایشگاهی

پس از چسب زنی خرده چوب‌ها، با استفاده از یک پرس آزمایشگاهی BURKLE LA160 اقدام به فشردن یک خرده چوب و ساخت تخته‌های آزمایشگاهی گردید.

بعد از پایان مرحله‌ی پرس، به منظور یکنواخت‌سازی رطوبت تخته‌ها و همچنین متعادل‌سازی تنش‌های داخلی، تخته‌های ساخته شده به مدت ۱۵ روز در دمای 20 ± 1 درجه‌ی سانتی‌گراد و رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد نگهداری شدند. نمونه‌های آزمون برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها بر اساس استاندارد DIN 68763 تهیه گردیدند. مقاومت خمشی (MOR)، چسبندگی داخلی (IB)، واکنشیدگی ضخامت و جذب آب بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب تخته‌ها بر اساس همین استاندارد اندازه‌گیری شدند.

در این بررسی از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS و مقایسه‌ی میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵٪ انجام شد.

نتایج

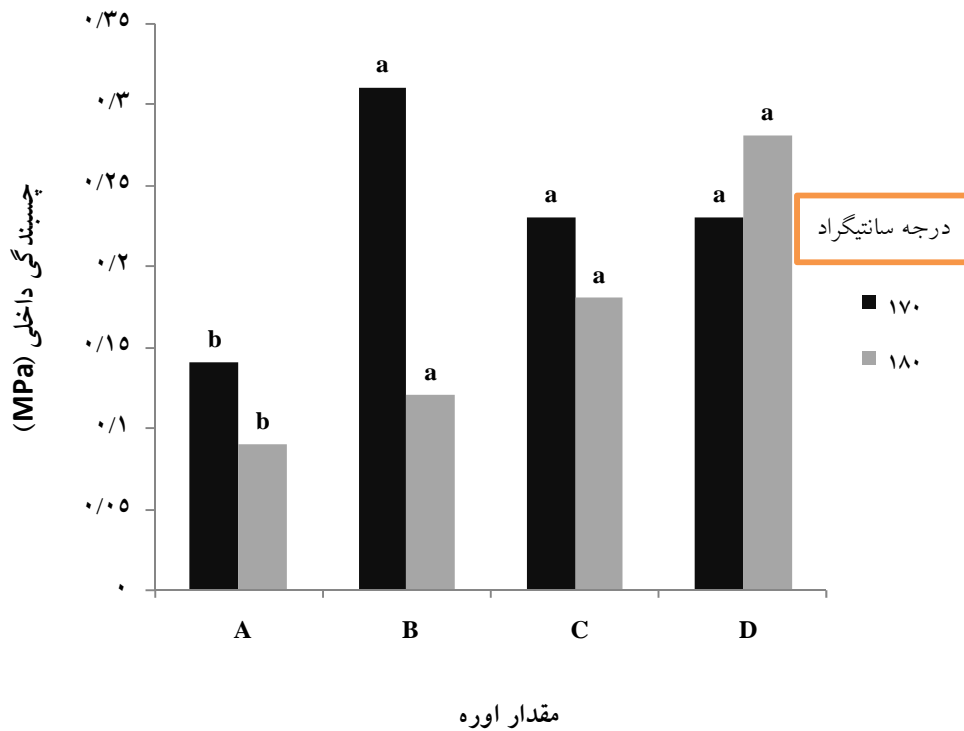
بررسی آماری انجام شده روی مقاومت چسبندگی داخلی تخته‌ها منتج به اختلاف معنی‌دار اثر مستقل دمای پرس و نوع چسب روی این ویژگی شد. میانگین مقاومت تخته‌ها در بررسی اثر دمای پرس نشان داد که کاهش دمای پرس مقاومت تخته‌ها را حدود ۳۴ درصد افزایش داده است. حضور اوره‌ی بیشتر در چسب، در مقایسه با چسب شاهد (A) مقاومت چسبندگی داخلی بالاتری نشان داد، در حالی که بین

Pallmann خرد شدند) و از چسب UF استفاده شد. عوامل متغیر شامل: پودر اوره‌ی افزایش یافته به چسب در چهار سطح صفر (چسب شاهد)، $1/4$ ، $2/8$ و 16 درصد (نسبت اوره به ماده‌ی خشک چسب، به ترتیب با کدهای A، B، C و D) و دمای پرس در دو سطح 170 و 180 درجه سانتی‌گراد بود. با توجه به شرایط در نظر گرفته شده از ترکیب عوامل متغیر و سطوح آنها ۸ تیمار حاصل شد که برای هر تیمار ۳ تکرار و در مجموع ۲۴ تخته در شرایط آزمایشگاهی ساخته شد. دیگر شرایط ساخت تخته شامل دانسیته‌ی تخته با مقدار 0.63 گرم بر سانتی‌متر مکعب، رطوبت یک خرده چوب ۱۲ درصد، مقدار مصرف چسب ۱۰ درصد (بر اساس وزن خشک خرده چوب)، زمان پرس ۵ دقیقه و فشار پرس ۳۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع ثابت در نظر گرفته شد. مقدار هاردنر (کلرید آمونیوم) به گونه‌ای استفاده شد تا pH چسب مصرفی ثابت بماند. با افزایش اوره در سطوح صفر، $1/4$ ، $2/8$ و 16 درصد به ترتیب ۱، ۱/۵، ۲ و ۳ درصد کلرید آمونیوم استفاده شد. مشخصات چسب اوره فرم آلدھید استفاده شده از شرکت تیران شیمی در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- ویژگی‌های چسب اوره فرم آلدھید (شرکت تیران شیمی)

ویژگی	مقدار
ماده‌ی جامد (%)	۶۱/۲۱
ویسکوزیته (C_p)	۱۲۵
دانسیته (gr/cm^3)	۱/۲۲۵
حداکثر فرم آلدھید آزاد (%)	۰/۵
زمانی ژله‌ای شدن چسب با هاردنر (s)	۵۴
pH	۷/۲۴

چسب‌های با اوره‌ی افزایش یافته اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. البته اثر متقابل دمای پرس و نوع چسب نیز بر این ویژگی معنی‌دار شد (شکل ۱).

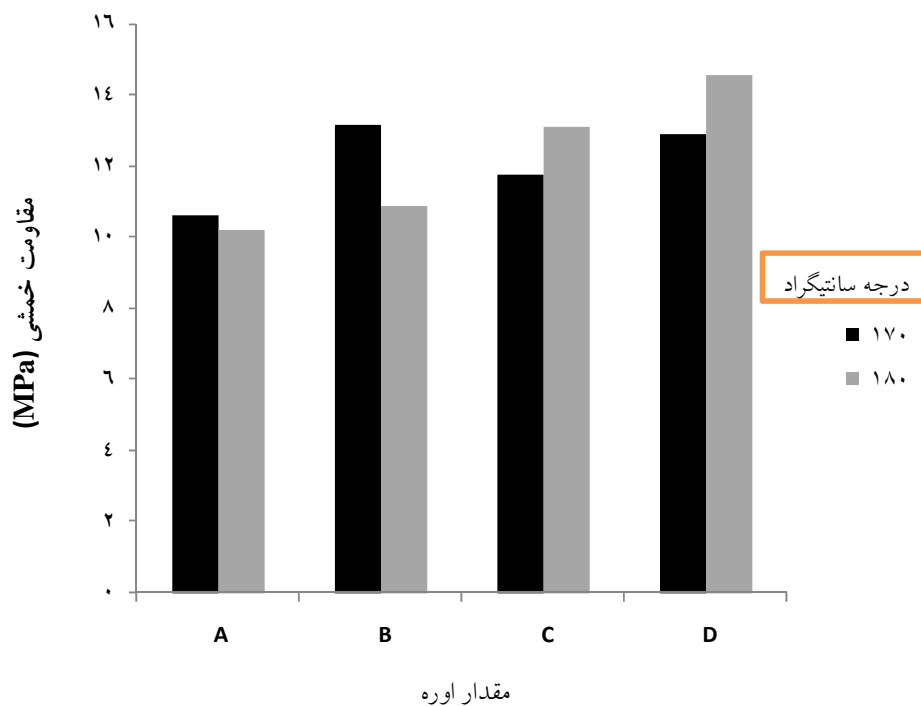


شکل ۱- اثر متقابل افزودن اوره و دمای پرس بر چسبندگی داخلی

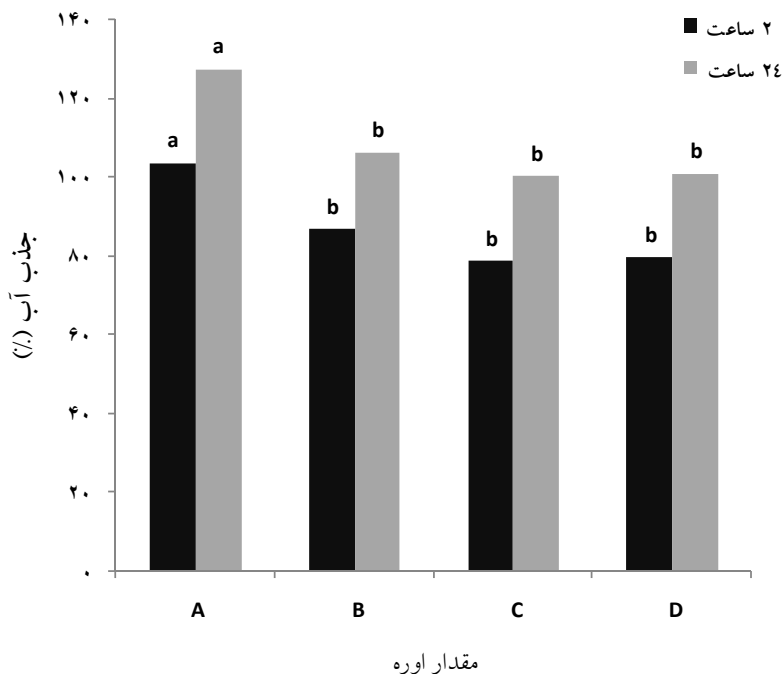
(شکل ۲).

نوع چسب در جذب آب تخته‌ها پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب اختلاف معنی‌دار نشان داد. همان‌طور که شکل ۳ نشان می‌دهد افزایش اوره باعث کاهش مقدار جذب آب تخته‌ها می‌شود.

بر اساس نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس میانگین مقاومت خمشی، اثر مستقل و متقابل متغیرهای این بررسی بر مقاومت خمشی تخته‌ها معنی‌دار نگردید. افزایش اوره به چسب در دو سطح با کدهای B و C تفاوت زیادی با چسب شاهد ندارد، در حالی‌که چسب UF با کد D حدود ۳۲ درصد افزایش نشان می‌دهد



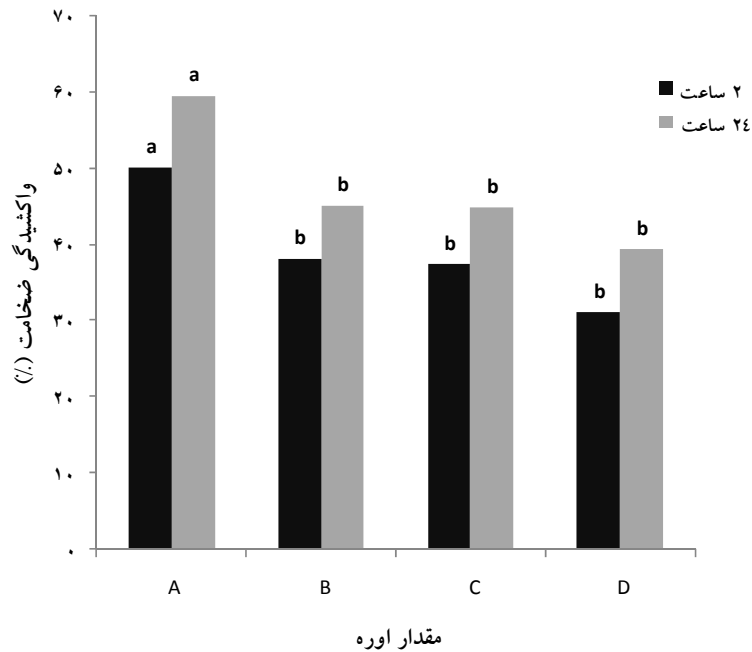
شکل ۲- اثر متقابل افزودن اوره و دمای پرس بر مقاومت خمشی



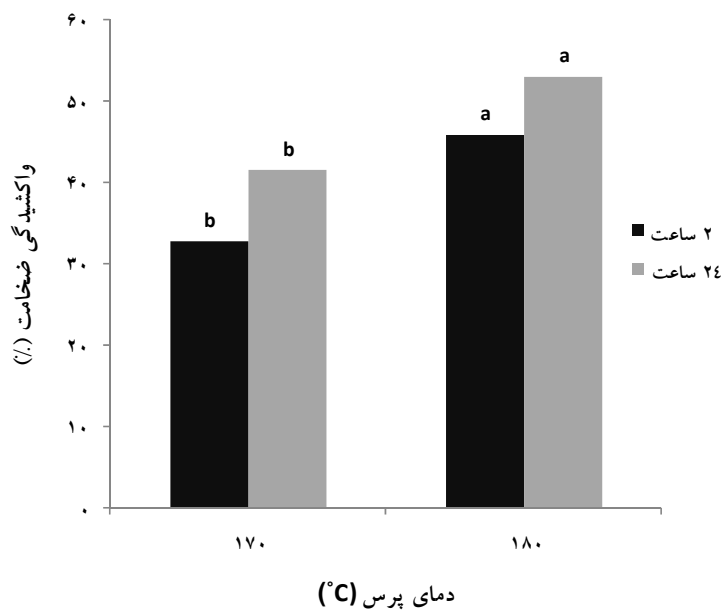
شکل ۳- اثر افزودن اوره به چسب UF بر درصد جذب آب تخته‌ها

(شکل ۴). همان‌طور که شکل ۵ نشان می‌دهد، اثر دمای پرس نیز بر این ویژگی معنی‌دار بوده و دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد نتیجه‌ی بهتری در پایداری ابعاد داشته است.

چسب با سطوح اوره‌ی بیشتر در مقایسه با چسب شاهد، بر واکنش‌پذیری ضخامت تخته‌ها اثر معنی‌دار داشته و باعث کاهش واکنش‌پذیری ضخامت تخته‌ها شده است.



شکل ۴- اثر افزودن اوره به چسب UF بر واکنش‌پذیری ضخامت تخته‌ها



شکل ۵- اثر دمای پرس بر واکنش‌پذیری ضخامت تخته‌ها

بحث

نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش مقدار اوره در چسب اوره فرم آلدهید چسبندگی داخلی افزایش می‌یابد. اثر این متغیر بر مقاومت خمشی تخته‌ها معنی‌دار نگردید، اما افزایش جزئی مشاهده شد. علت این امر را می‌توان به مقدار فرم آلدهید آزاد در چسب مربوط دانست که با اوره‌ی افزوده شده به چسب ترکیب شده و با ایجاد اتصالات اضافی چسبندگی ذرات را بهبود می‌بخشد که مقاومت خمشی، کیفیت اتصالات لایه‌ی سطحی و چسبندگی داخلی، اتصالات داخلی تخته را نشان می‌دهند که با اتصالات اضافی ایجاد شده این مقاومت‌ها افزایش می‌یابند. استفاده از هاردنر بیشتر منجر به: ۱- تغییر شرایط واکنش چسب شده و در اثر این پدیده احتمالاً اتصال قویتری ایجاد شده‌است. ۲- با توجه به اینکه چسب اوره فرم آلدهید در محیط اسیدی ساخته می‌شود بنابراین امکان انجام واکنش‌های ساخت چسب بین فرم آلدهید آزاد شده و اوره فراهم شده است، در نتیجه تشکیل چسب و اتصال قویتر صورت گرفته است.

انتظار می‌رفت با افزایش درصد اوره در چسب که منجر به کاهش نسبت مولی فرم آلدهید به اوره می‌شود، اتصالات ضعیف‌تر و مقاومت‌ها کاهش یابند. تحقیقات Sundin (۱۹۷۸) نشان می‌دهد که رزین‌های کم فرم آلدهید در تولید تخته خرده‌چوب‌های UF خوب عمل نمی‌کنند. Que و همکاران (۲۰۰۷) نیز بیان کردند که چسب اوره فرم آلدهید با نسبت مولی فرم آلدهید به اوره‌ی کم، مقاومت‌های فیزیکی و مکانیکی تخته را کاهش می‌دهد.

اثر افزایش دمای پرس بر چسبندگی داخلی به صورت کاهش‌ی بوده و در مورد مقاومت خمشی و جذب آب معنی‌دار نگردید، اما اندکی کاهش در مقاومت خمشی و

افزایش در مقدار جذب آب مشاهده می‌شود. به طوری که در بررسی حاضر افت مقاومت‌ها در اثر افزایش دمای پرس را می‌توان به تخریب اتصالات داخلی رزین UF در دمای بالاتر نسبت داد. در تحقیق حاضر، با توجه به ثابت بودن زمان پرس برای هر دو سطح دما، دمای ۱۷۰ درجه‌ی سانتی‌گراد پرس با زمان مورد نظر باعث سالم ماندن اتصالات رزین و بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌های مورد مطالعه شده است. به عبارت دیگر، در دمای پرس ۱۸۰ درجه‌ی سانتی‌گراد شانس تخریب اتصال بین مولکول‌های اوره افزایش یافته و باعث تخریب چسب شده‌است.

واکسیدگی ضخامت صفحات فشرده‌ی چوبی در اثر جذب رطوبت به دو ویژگی مهم آنها نسبت داده می‌شود که عبارتند از: تغییر شکل یا چین‌خوردگی دیواره‌های سلولی در اثر اعمال فشار در مرحله‌ی پرس و تنش‌های داخلی (باقی‌مانده) در تخته بعد از آزاد شدن فشار و باز شدن دهانه‌ی پرس. شبکه‌ی سه بعدی اتصالات رزین نیز مانع از بازگشت ضخامت تخته شده و تنش‌های داخلی آن را افزایش می‌دهد (دوست‌حسینی، ۱۳۸۰). در افزایش چسبندگی به دلیل ایجاد پل‌های ارتباطی قویتر، اتصالات محکم‌تری بین خرده‌چوب‌ها ایجاد می‌شود. به طوری که در اثر این اتصالات ویژگی‌های مکانیکی افزایش و ویژگی‌های فیزیکی بهبود می‌یابند. به‌منظور افزایش پایداری ابعاد پانل‌های چوبی باید خاصیت نپذیری مواد چوبی کاهش یافته و مقاومت شبکه‌ی اتصالات رزین افزایش یابد (دوست‌حسینی، ۱۳۸۰). در این بررسی نیز در تخته‌های ساخته شده با چسب حاوی اوره‌ی بیشتر به دلیل اتصالات اضافی ایجاد شده و افزایش چسبندگی، مقاومت به جذب آب تخته‌ها افزایش و میزان واکسیدگی ضخامت آنها کاهش یافته است.

منابع مورد استفاده

- formaldehyde- bindemitteln. Holz als Roh- und werkstoff, 30 (1): 429- 436.
- Petersen, H., 1973. Zur formaldehyde absplattung bei der spanplattenerzeugung mit Harnstoff-formaldehyde- bindemitteln. Holz als Roh- und werkstoff, 31 (12): 463- 469.
- Petersen, H., 1973. Zur formaldehyde absplattung bei der spanplattenerzeugung mit Harnstoff-formaldehyde- bindemitteln. Holz als Roh- und werkstoff, 32 (10): 402- 410.
- Que, Z., Furuno, T., katoh, S., Nishiyo, Y., 2007. Effects of urea- formaldehyde resin mole ratio on the properties of particleboard. Building and Environment, 42: 1257-1263.
- Roffael, E., 1976. Effect of formaldehyde content on the reactivity of urea formaldehyde resins and formaldehyde release from UF- bonded particleboard. Hoz Roh. Werkst, 34: 385-390.
- Rowell, R.M., 2005. Hand Book of Wood Chemistry And Wood Composites. CRC Press, 487ps.
- Steiner, P.R., 1978. Durability of urea- formaldehyde adhesives: Effects of molar ratio, second urea and filler. Journal of Wood Science, 23 (12): 32-38.
- Sundin, B., Hanetho, P., 1978. Formaldehyde emission from particleboard and other building materials. In: Maloey TM, editor. Proceedings International Particleboard Symposium No.12. Washington State of university: Pullman, WA.USA. P. 251-286.
- Tornita, B., 1980 How chemical structure of UF resin affects formaldehyde emission (in Japanese). Mokuzai Kogyo, 35 (5): 193-199.
- دوست حسینی، کاظم، ۱۳۸۰، فناوری تولید و کاربرد صفحات فشرده‌ی چوبی. انتشارات دانشگاه تهران، ۷۰۸ صفحه.
- میرشکرایی، س.ا، ۱۳۷۳. شیمی و تکنولوژی چسب چوب (ترجمه). مرکز نشر دانشگاهی تهران، ۳۵۰ صفحه.
- Dea Park, B. Lee, S., Roh, J., 2008. Effects of formaldehyde/ urea mole ratio and melamine content on hydrolytic stability of cured urea- melamine- formaldehyde resin. Eur. J. Wood P. 67: 121-123.
- DIN Standards No.68763., 1990. Flat Pressed Particleboard for Use in Building Construction.
- Dinwoodie, J.M., 1977. Causes of deterioration of UF chipboard under cyclic humidity conditions: I. Performance of UF adhesive films. Holzforschung, 31(2): 50-55.
- Ko, K., 1976. How to control pollution of formaldehyde for formaldehyde series thermosetting resin adhesives. (in Japanese). Settyaku Kyokaiishi. 12 (5): 160-166.
- Meyer, B., Hermanns, K., Smith, D.C., 1985. Formaldehyde release from urea- formaldehyde bonded wood products. Journal of Adhesion, 17(4): 297-308.
- Myers, G.E., 1984. How mole ratio of UF resin affects formaldehyde emission and other properties: a literature critique. Forest Products Journal, 34 (5): 35- 41.
- Petersen, H., 1972. Zur formaldehyde absplattung bei der spanplattenerzeugung mit Harnstoff-

Investigation on the influence of urea addition to urea-formaldehyde adhesive on physical and mechanical properties of poplar particleboard

Doosthosseini, K.¹ and Ghaffari, R.^{2*}

1- Professor, Wood and Paper Sciences and technology Department, Natural Resources Faculty Tehran University

2*- Corresponding Author, M.Sc., Student, Wood and Paper Science and Technology Departments, Natural Resources Faculty, Tehran University, Email: Robab_ghafari@yahoo.com

Received: Nov., 2011

Accepted: May, 2012

Abstract

Effect of increasing urea additions to urea-formaldehyde adhesive on physical and mechanical properties of poplar wood particleboard was investigated. Four levels of urea (0, 4.1, 8.2, 16% based on the solid content of adhesive) and two hot pressing times (170 and 180° C) were investigated. Boards with the density of 0.63 gr./cm³ and 10% adhesive were prepared. Mechanical properties including modulus of rupture (MOR), internal bond (IB) and physical properties including water absorption and thickness swelling were measured. Results showed that the urea addition to urea formaldehyde adhesive improved the mechanical strengths of the board and reduced the water absorption and thickness swelling. Also, the impact of press temperature on mechanical and physical properties of boards was significant and the boards produced applying 170° C press temperature was superior.

Key words: Poplar wood, urea formaldehyde, urea, modulus of rupture (MOR), internal bonding (IB), water absorption, thickness swelling