استفاده از دورریزهای کاغذ اسکناس باطله در ساخت تخته‌خرده‌چوب

علی‌اکبر عنایتی*[1] و امید حسینایی[2]
[1] دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران
[2] دانشجوی دکتری علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران
(تاریخ دریافت: ۸۴/۱۲/۹، تاریخ تصویب: ۸۵/۱۲/۲۶)

چکیده

برای بررسی امکان استفاده از کاغذ اسکناس باطله در ساخت تخته‌خرده‌چوب، از خرده‌های کاغذ اسکناس باطله به‌صورت مخلوط با خرده‌های چوب لایه میاني برای ساخت تخته‌خرده‌چوب استفاده شد. اختلاط به‌صورت ۰ ، ۱۰ ، ۲۰ و ۳۰ درصد وزنی لایه میانی بود. نسبت وزنی لایه میانی به لایه‌های سطحی ۷۰ به ۳۰ بود. رزین اوره- فرمالدهید برای ساخت تخته‌ها استفاده شد. مقدار رزین در لایه‌های سطحی ۱۲ درصد و در لایه میانی ۱۰ درصد, زمان پرس در دو سطح ۵ و ۷ دقیقه و دمای آن در دو سطح ۱٦۰ و ۱۸۰ درجه سانتیگراد, ضخامت تخته‌ها ۱۵ میلیمتر و دانسیته آنها ۰/٦۵ gr/cm^3 در نظر گرفته شد. خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها شامل خواص خمشی (مدول الاستیسیته و مدول گسیختگی)، مقاومت چسبندگی داخلی، جذب آب و واکشیدگی ضخامت اندازه‌گیری شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد افزایش مقدار کاغذ اسکناس در لایه میاني مقاومت‌هاي مکانیکي و بویژه مقاومت چسبندگي داخلي تخته‌هاي تیمارهاي مختلف را نسبت به تخته‌هاي شاهد کاهش داده، اما مقدار این مقاومت‌ها در کلیه تیمارها از مقدار اعلام‌شده در استاندارد مربوط به این تخته‌ها بیشتر است. در مورد خواص فیزیکی (جذب آب و واکشیدگی ضخامت) افزایش مقدار کاغذ اسکناس باطله موجب کاهش جذب آب و واکشیدگی ضخامت تخته‌ها بعد از ٢٤ ساعت غوطه‌وري در آب شد. افزایش زمان و دمای پرس موجب بهبود خواص مورد بررسي شد. به‌طور کلي مي‌توان گفت که استفاده از کاغذ اسکناس باطله به مقدار ۳۰ درصد در لایه میانی تخته‌خرده‌چوب امکان‌پذیر است و تخته‌هائی مناسب برای مصارف داخلی به‌دست می‌آید.

واژه‌هاي کلیدی: کاغذ اسکناس باطله، خرده‌چوب، تخته‌خرده‌چوب، رزین اوره - فرم آلدهید، خواص فیزیکی و خواص مکانیکی

نویسنده مسئول: تلفن: ۰۲۶۱-۲۲۴۹۳۱۱ فاکس: ۰۲۶۱-۲۲۴۹۳۱۱ E-mail: aenayati@ut.ac.ir

مقدمه

توجه به مسائل زيست‌محيطي و بازيافت دورريزهاي مواد مختلف به‌طور روزافزوني درسطح جهان رو به گسترش است. در اين ميان بازمانده فراورده‌هاي كاغذي سهم بزرگي از اين دورريزها را تشكيل مي‌دهند كه مي‌توان آنها را به مقدار قابل توجهي بازيافت كرده و در توليد فراورده‌هاي مختلف استفاده كرد. بازيافت اين مواد، علاوه برکاهش مصرف مواد اوليه ليگنوسلولزي، سهم مهمي در كاهش مقدار آلاينده‌هاي محيط زيست دارند. نياز به فرايندهاي متعدد براي بازيافت كاغذ باطله (طبقه‌بندي الياف، حذف جوهر، مواد پركننده، مواد آهارزني و مواد اتصال‌دهنده و سفيدسازي مجدد) و كاهش كيفيت كاغذ توليدي با استفاده از الياف بازيافتی از يک سو، غيرقابل استفاده بودن درصد قابل توجهي از پسماندهاي كاغذي به دلايل اقتصادي، فناوری و آلودگي‌هاي مختلف براي توليد مجدد كاغذ از سوي ديگر، سبب شده است تا فكر استفاده از ضايعات كاغذي غيرقابل‌بازيافت درتهيه چندسازه‌هاي چوبي تقويت شده و به اين ترتيب راه‌حل مناسبي براي استفاده از آنها يافت شود.

گريگوريوس[1] درسال ۲۰۰۳ مخلوطي از كاغذ روزنامه، كاغذ اداري و كاغذ مجله را در نسبت‌هاي مختلف با خرده‌چوب، براي ساخت تخته‌خرده‌چوب به‌كار برد و اعلام كرد كه استفاده از اين ضايعات كاغذي موجب بهبود نماي ظاهري تخته‌ها شده ولي چسبندگي داخلي، واكشيدگي ضخامت و مقاومت خمشي دچار افت مي‌شوند. در نهايت نامبرده اعلام مي‌دارد كه استفاده از ضايعات كاغذي تا ۵۰ درصد، ويژگي‌هاي مكانيكي قابل قبولي براي ساخت تخته‌هاي قابل استفاده در داخل ساختمان ارائه مي‌دهد.

اليس[2] و همكاران (۱۹۹۳)، از ضايعات كاغذ (كاغذ دفترچه راهنماي تلفن) و پلاستيک (كيسه‌های پلاستيكي) چندسازه چوبي ساختند. اين ضايعات به دو صورت صفحات كاغذي و پلاستيكي و نيز بريده‌هاي كاغذ همراه با مخلوط پودر تهيه‌شده از ضايعات پلاستيكي (به نسبت ۲ به ۱ براي هر دو صورت) و رزين PF برای ساخت تخته‌های آزمايشگاهی استفاده شدند. نتايج نشان داد كه تخته‌های تهيه‌شده از صفحات پلاستيكي و كاغذي در دماي پرس $150^{o}C$ و زمان ۸-۶ دقيقه ازنظر خواص خمشي قابل مقايسه با تخته‌خرده‌چوب تجاري هستند.

شونگ‌وانگ[3] و همكاران (۲۰۰۶) در زمينه ويژگي‌هاي تخته‌هاي مركب ساخته‌شده از خرده‌های پاكت كاغذي مورد استفاده براي مايعات بررسي‌هايي انجام دادند و اعلام داشتند كه از اين ذرات مي‌توان به‌صورت خالص يا مخلوط با ذرات خرده‌چوب براي ساخت تخته‌هاي مركب استفاده كرد.

لي‌فرو[4] و همكاران (۲۰۰۴) كاربرد كاغذهاي ملامينه بازيافتي در ساخت تخته خرده‌چوب را بررسي كردند و دريافتند كه اين ماده به‌صورت مخلوط با چسب اوره-ملامين فرمآلدهيد قابل استفاده است و به مقدار ۲۲ درصد (معادل ۱۰درصد مصرف چسب ملامين) براي ساخت تخته‌هاي قابل استفاده در شرايط فضاي بيرون و ۱۸/۵درصد براي ساخت تخته‌هاي قابل استفاده براي فضاي داخل, نتايج رضايت‌بخشي را ارائه مي‌دهند.

كلاد[5] (۱۹۷۰) در بررسي خود در مورد استفاده از كاغذهاي روزنامه و تحرير كهنه در ساخت تخته‌خرده‌چوب، نشان داد كه از اين نوع كاغذ مي‌توان در لايه مياني تخته‌خرده‌چوب حتي به‌صورت خالص استفاده كرد. در اين ميان كاغذهاي تحرير كهنه نتايج بهتري نسبت به كاغذهاي روزنامه كهنه نشان دادند.

يكي از ضايعات ليگنوسلولزی كه در كشور ما مشكلات فراواني را به‌وجود آورده، كاغذ اسكناس باطله است. بر اساس آمار بانک مركزي مقدار اين ضايعات به ۷۰۰ تن در سال

۱- Grigorious

۲- Ellis

۳- Shyong Hwang

۴- Le Fru

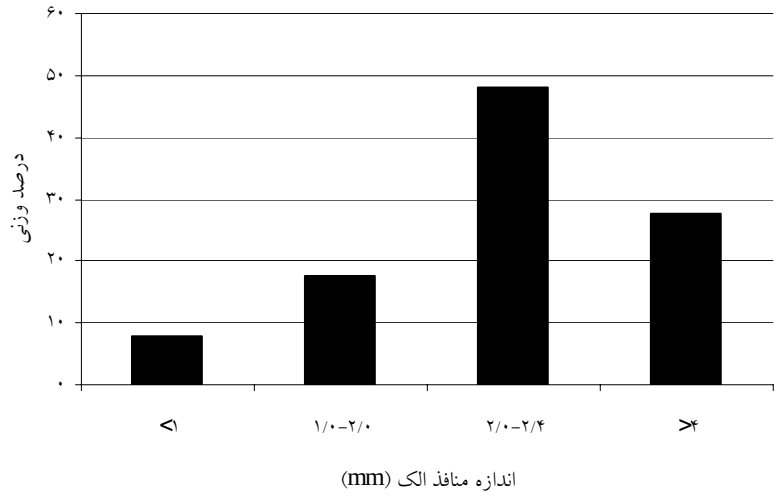
۵- Clead

مي‌رسد. كاغذ اسكناس از الياف پنبه درجه يك, خاك چيني, رزين ملامين‌فرمالدهيد و دي‌اكسيدتيتانيوم تشكيل شده است. با توجه به اينكه بازيافت و تهيه خمير كاغذ از اين ضايعات به‌دليل نوع مواد تشكيل‌دهنده آنها به روش‌های معمول امكان‌پذير نيست (٢) و درحال حاضر نيز هيچ استفاده اقتصادي از آنها نشده و سوزانده مي‌شوند كه اين كار علاوه بر داشتن هزينه زياد موجب آلودگي محيط زيست نيز مي شود، ازاين‌رو پيدا كردن راه‌حل مناسب برای رفع اين مشكل به‌عنوان يک ضرورت مطرح بوده است. باتوجه به كم بودن مواد اوليه چوب مورد نياز صنعت تخته‌خرده‌چوب، استفاده از ساير منابع ليگنوسلولزي از جمله ضايعات مذكور، علاوه بر جلوگيري از آلودگي محيط زيست، ماده اوليه ارزان‌قيمتي را نيز براي استفاده دراين صنعت (به‌عنوان گسترده‌ترين شاخه صنعت چوب در كشور) معرفي و در كاهش بهره‌برداري از جنگل‌ها مؤثر است.

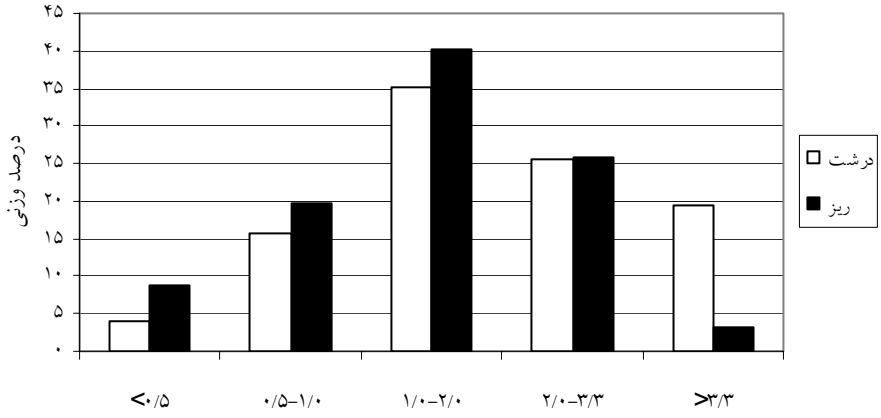
با اين هدف تحقيق حاضر به‌منظور بررسي امكان استفاده از ضايعات كاغذ اسكناس فرسوده بصورت مخلوط با خرده‌هاي چوب درلايه مياني تخته‌خرده‌چوب و تعيين شرايط بهينه استفاده از اين ماده ليگنوسلولزي انجام شد.

مواد و روش‌ها

براي انجام اين تحقيق ضايعات كاغذ اسكناس باطله به‌صورت خردشده از بانک مركزي و خرده‌چوب‌هاي صنعتي (مخلوط گونه‌هاي جنگلي) در دو نوع ريز و درشت از كارخانه شموشک تهيه شد. ويژگي‌های هر يک از آنها شامل pH و ريزی و درشتی ذرات به ترتيب براساس دستورالعمل Bison Quality Control 44011 اندازه‌گيری شد. pH خرده‌هاي كاغذ اسكناس، خرده‌های چوب ريز و خرده‌های چوب درشت به ترتيب ٦/٢، ٥/٧ و ٥/٦ بود. پراكنش ريزی و درشتی اين مواد در شكل‌های ١ و ٢ مشاهده مي شود.



شكل ١- پراكنش ريزی و درشتی خرده‌های كاغذ اسكناس باطله



شکل ۲- پراکنش ریزی و درشتی خرده‌های چوب

چسب مورد استفاده برای ساخت تخته‌ها از نوع اوره-فرم آلدهید با ویژگي‌های مندرج در جدول۱ بوده است.

جدول ۱- ویژگي‌های مختلف چسب اوره-فرم آلدهید

جرم ویژه **(gr/cm^3)**	مواد جامد (%)	گرانروي **(cp)**	زمان ژله‌اي * **(s)** شدن	**pH**
۱/۳	۵۹/۸۱	۲۰۰	۹۵	۷/۳

*= حاوي ۲ درصد هاردنر

ساخت تخته‌هاي آزموني

تخته‌هاي آزمونی مورد نیاز با ضخامت ۱۵ میلیمتر و دانسیته ۰/۶۵ گرم بر سانتیمتر مکعب ساخته شدند. درصد اختلاط خرده‌هاي كاغذ با خرده‌های چوب لايه مياني در چهار سطح ۰، ۱۰،۲۰ و۳۰ درصد، زمان پرس در دو سطح ۵ و ۷ دقیقه و دمای پرس در دو سطح ۱۶۰ و ۱۸۰ درجه سانتیگراد به‌عنوان عوامل متغیر در نظر گرفته شدند. نسبت وزني خرده‌های چوب لايه مياني و لايه‌هاي سطحي ۷۰ به ۳۰ درصد، فشار پرس ۳۰ kp/cm^2، مقدار چسب در لايه‌هاي سطحي۱۲ درصد و در لايه مياني ۱۰ درصد بود. مقدار هاردنر دو درصد وزن خشك چسب در نظر گرفته شد. رطوبت كيك در لايه‌هاي سطحي ۱۳/۵درصد و در لايه مياني ۱۲/۲درصد بود.

اندازه‌گیری ویژگي‌های فیزیکی و مکانیکی

پس از متعادل سازی رطوبت تخته‌ها در شرایط کلیمای نرمال (دمای ۱±۲۰ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد)، نمونه‌هاي آزموني مورد نیاز برای اندازه‌گیري ویژگي‌هاي فیزیکي و مکانیکي مطابق با استاندارد DIN 52360 تهیه شدند. تجزیه و تحلیل نتایج به‌دست آمده از اندازه‌گیري خواص خمشي، چسبندگي داخلي، واکشیدگي ضخامت و جذب آب تخته‌های آزمونی با استفاده از آزمون

فاکتوریل درقالب طرح کاملاً تصادفي(CRD) انجام گرفت. اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر روی ویژگي‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها با استفاده از تجزیه واریانس درسطح اعتماد ۱ و ۵ درصد مشخص شد. گروه‌بندي میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون دانکن انجام شد.

نتایج

با توجه به اندازه‌گیری ویژگي‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌های تیمارهای مختلف، معنی‌دار بودن تفاوت آنها آزمون شد که در جدول ۲ مشاهده می شود.

جدول ۲- تجزیه واریانس خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌های آزمونی

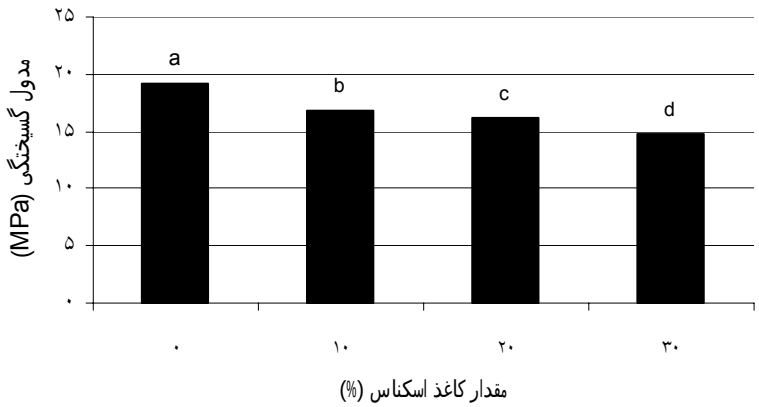
منابع تغییر	خواص خمشی		چسبندگی	جذب آب		واکشیدگی ضخامت	
	MOR	**MOE**	داخلی	۲ ساعت	۲۴ ساعت	۲ ساعت	۲۴ ساعت
مقدار کاغذ اسکناس(A)	۷۳/۶۱**	۵/۱۵**	۲۹۳/۸۶**	۴/۸۳**	۲/۲۴	۶/۶۷**	۱/۱۵
دمای پرس (B)	۲۲/۶۲**	۰/۰۹	۱۹/۴۴**	۴/۴۸*	۸/۰۵**	۷/۷۶**	۵/۰۲*
زمان پرس (C)	۱۴/۷۳**	۱/۱۲	۲۱/۴۹**	۲/۵۲	۰/۹۰	۰/۹۵	۱/۳۴
A×B	۱/۵۰	۰/۸۲	۰/۳۶	۲/۰۷	۰/۴۸	۰/۵۰	۰/۸۳
A×C	۰/۸۳	۰/۴۶	۰/۷۵	۰/۶۱	۰/۸۲	۳/۱۵*	۱/۳۳
B×C	۰/۱۷	۰/۹۳	۰/۷۰	۳/۴۰	۴/۱۹*	۰/۳۰	۰/۲۹
A×B×C	۰/۸۲	۰/۵۰	۲/۹۰	۰/۳۶	۰/۷۲	۰/۲۵	۰/۳۷

**= معنی‌دار در سطح ۱ درصد

*= معنی‌دار در سطح ۵ درصد

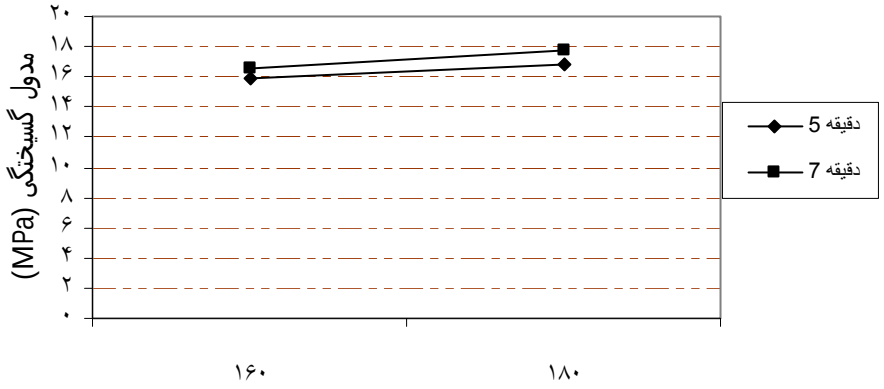
مدول گسیختگي **(MOR)**

جدول ۲ نشان می‌دهد که کلیه متغیرهای در نظر گرفته شده اثر معنی‌داری بر این ویژگی دارند. همان‌طورکه درشکل ۳ مشاهده مي‌شود، افزایش مقدار خرده‌هاي کاغذ اسکناس باطله موجب کاهش مدول گسیختگي مي شود و این کاهش در بیشترین مقدار مصرف خرده‌هاي کاغذ (۳۰%) نسبت به نمونه‌هاي شاهد حدود ۲۳/۵% است. گروه‌بندي میانگین‌ها (شکل ۳) نشان مي‌دهد که تخته‌هاي آزمونی تیمارهای مختلف از نظر مدول گسیختگی در چهار گروه جداگانه قرار گرفته‌اند و اختلاف بین آنها معني‌دار است. کاهش مدول گسیختگي به‌دلیل استحکام کمتر خرده‌هاي کاغذ نسبت به خرده‌هاي چوب و وجود آلودگي‌ها و چربي در سطح کاغذ اسکناس کهنه است که بر روي کیفیت چسبندگي آنها تاثیر مي‌گذارد. نتایج بدست آمده از سوي گریگوریوس (۲۰۰۳) نیز نشان‌دهنده کاهش مدول گسیختگی در نتیجه افزایش مقدار کاغذ است.



شکل ۳- اثر مقدار کاغذ اسکناس باطله بر مدول گسیختگی

با افزایش دمای پرس تا ۱۸۰ درجه سانتیگراد و با توجه به نقش مثبت آن بر بهبود روند پلیمریزاسیون چسب، می‌توان شاهد اتصالات محکم‌تري بين ذرات تشکیل‌دهنده تخته‌ها و در نتیجه افزایش مدول گسیختگي آنها بود (شکل ۴). به‌علاوه دمای پرس موجب کاهش سختي خرده‌های چوب و در نتیجه فشردگي مناسب‌تر کیک خرده‌چوب مي‌شود.

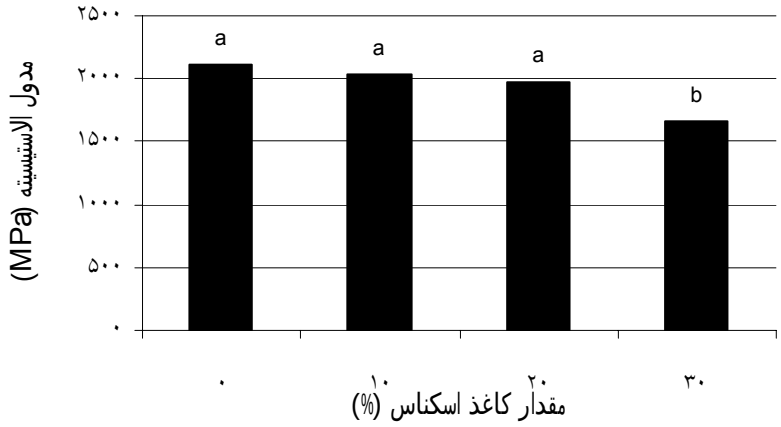


شکل ۴- اثر دما و زمان پرس بر مدول گسیختگی

با افزایش زمان و دماي پرس و با توجه به اینکه چسب فرصت بیشتري براي پلیمریزاسیون کامل خواهد داشت، اتصالات قوي‌تري بين خرده‌هاي چوب و نیز خرده‌های کاغذ به‌وجود خواهد آمد که این مسئله سبب بهبود مدول گسیختگي خواهد شد (۱).

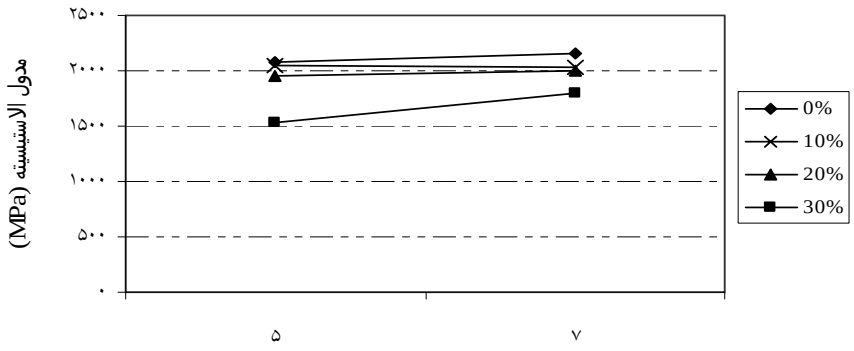
مدول الاستیسیته **(MOE)**

نتایج به‌دست آمده از اندازه‌گیری این ویژگی تخته‌های آزمونی حاکي از معني‌دار بودن اثر سطوح مختلف مقدار کاغذ اسکناس باطله بر مدول الاستیسیته تخته‌هاست (جدول ٢). همان‌طورکه در شکل ۵ مشاهده مي‌شود، افزایش مقدار کاغذ موجب کاهش مدول الاستیسیته تخته‌ها می‌شود که ممکن است در نتیجه استحکام کمتر خرده‌هاي کاغذ اسکناس نسبت به خرده‌هاي چوب و نیز وجود آلودگي و چربي در سطح آنها باشد. گروه‌بندي نتایج به‌دست آمده نشان مي‌دهد که میانگین مدول الاستیسیته تخته‌هاي تیمارهاي مختلف در دو گروه جداگانه قرار مي گیرند، به‌طوري‌که تخته‌هاي حاوي ٣٠% خرده‌های کاغذ اسکناس با کمترین مقدار MOE در یک گروه و تخته‌هاي تیمارهای دیگر نیز در گروه دیگري قرار گرفته‌اند. همچنین نتایج نشان می‌دهند که مقدار کم خرده‌های کاغذ اسکناس (تا٢٠%) اثر معنی‌داری بر مدول الاستیسیته تخته‌های حاوی آنها در مقایسه با تخته‌های شاهد ندارد. کاهش ناچیز مدول الاستیسیته در سطوح مصرف کم خرده‌های کاغذ اسکناس به‌علت زیادتر بودن ضریب کشیدگي خرده‌هاي کاغذ نسبت به خرده‌هاي چوب است که ممکن است تا حدي اثر مثبت روي خواص خمشي تخته داشته باشد و استحکام کم کاغذ را جبران کند (۴).



شکل ۵- اثر مقدار کاغذ اسکناس باطله بر مدول الاستیسیته

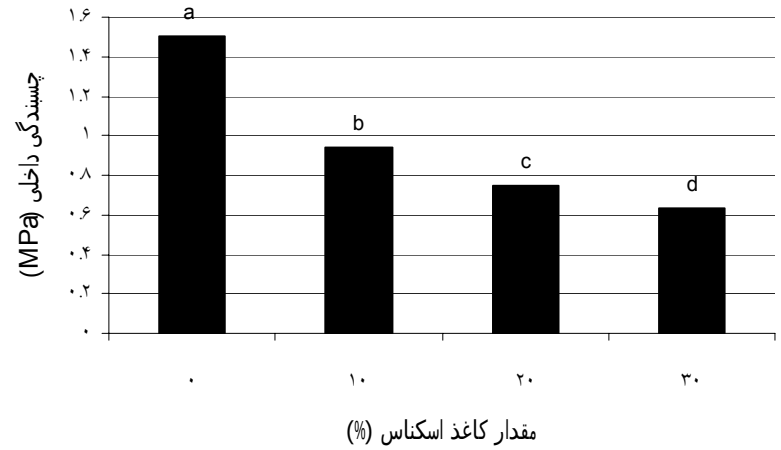
افزایش زمان و دمای پرس هر چند افزایش مدول الاستیسیته تخته‌ها را به‌دنبال دارد، ولی این افزایش معنی‌دار نیست (جدول ١). شکل ۶ نشان مي‌دهد که با افزایش زمان پرس در تمامي سطوح مصرف کاغذ اسکناس باطله مقدار مدول الاستیسیته افزایش مي‌یابد و این افزایش در مورد تخته‌هاي حاوي ٣٠ درصد کاغذ اسکناس باطله شدیدتر است.



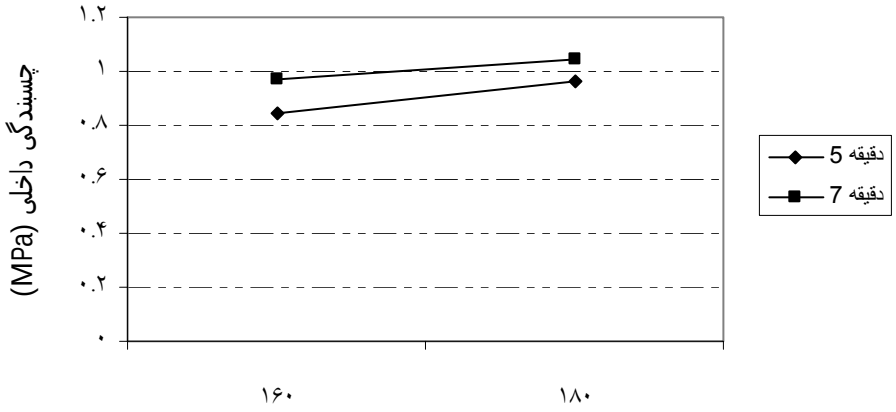
شکل ۶- اثر زمان پرس و مقدار کاغذ اسکناس باطله بر مدول الاستیسیته

چسبندگي داخلي **(IB)**

چسبندگي داخلي معرف كيفيت اتصالات موجود در لايه مياني تخته‌خرده‌چوب است (۶). همان‌گونه‌كه درشكل۷ مشاهده مي‌شود، با افزايش مقدار خرده‌های كاغذ اسكناس باطله، از مقدار چسبندگي داخلي كاسته مي‌شود، به‌طوري‌كه چسبندگي داخلي تخته‌هاي حاوي بالاترين مقدار خرده‌های كاغذ اسكناس(۳۰%) در مقايسه با نمونه‌هاي شاهد ۵۶% كاهش نشان مي‌دهد. گروه‌بندي ميانگين چسبندگي داخلي تخته‌های تيمارهای مختلف نشان مي‌دهد كه اين تخته‌ها در چهار گروه جداگانه قرار گرفته‌اند. علت كاهش مقدار IB تخته‌ها به‌دليل ضعيف بودن اتصال بين خرده‌هاي كاغذ اسكناس (به‌علت وجود زياد مواد معدني در سطح آنها و نيز آلودگي‌هاي موجود در سطح اسكناس كهنه) با خرده‌هاي چوب و درعين حال كم بودن مقاومت خرده‌هاي كاغذ اسكناس باطله است. ضمن اينكه سطح ويژه زياد خرده‌هاي كاغذ درمقايسه با خرده‌هاي چوب، رزين بيشتري براي پوشش و اتصال مناسب‌تر نياز دارند.



شکل ۷- اثر مقدار کاغذ اسکناس باطله بر چسبندگی داخلی



شکل ۸- اثر دما و زمان پرس بر چسبندگی داخلی

شكل ٨ نشان مي‌دهد كه افزايش دماى پرس سبب بهبود چسبندگي داخلي تخته‌ها مي شود. اين بهبود به‌علت نرم شدن خرده‌هاي چوب و درنتيجه ايجاد تراكم و فشردگي مناسب در لايه‌هاي مياني و درعين حال ايجاد شرايط لازم براي پليمريزاسيون كامل چسب است. همان‌گونه‌كه در اين شكل مشاهده مى‌شود، افزايش زمان پرس نيز سبب بهبود چسبندگي داخلي تخته‌هاى تيمارهاى مختلف شده كه ناشى از بهبود پليمريزاسيون چسب مصرفى در لايه مياني بوده است.

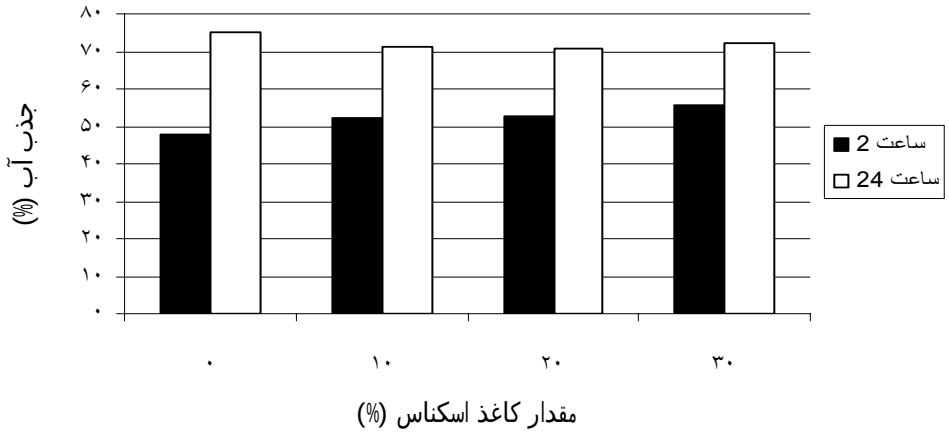
جذب آب و واكشيدگي ضخامت

مقدار جذب آب و واكشيدگي ضخامت معرف پايداري ابعاد تخته‌ها درتماس با رطوبت و قرار گرفتن در محيط‌هاي مرطوب است، به‌طوري‌كه هرچه تغييرات ضخامت تخته‌ها بيشتر باشد، تخريب سريع‌تري در خواص مكانيكي و نماي تخته‌ها به‌وجود مي‌آيد (١).

عوامل متعددي چون نوع ماده خام و اندازه ذرات آن، نوع چسب، استفاده از مواد آبگريز بر مقدار جذب آب و واكشيدگي ضخامت تخته‌ها اثر دارند. باتوجه به اين نكات اثر عوامل متغير در نظر گرفته شده در اين بررسي بر ويژگي‌هاي تخته‌هاي آزموني به‌شرح زير بوده است.

جذب آب

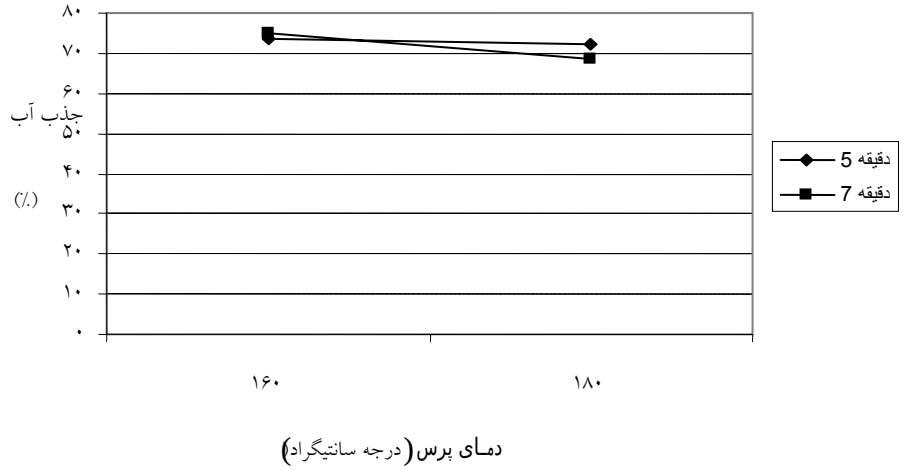
همان‌طوركه در جدول ٢ مشاهده مي‌شود افزايش مقدار خرده‌هاى كاغذ اسكناس باطله از ١٠ تا ٣٠ درصد اثر معني‌داري بر جذب آب تخته‌ها پس از ٢۴ ساعت غوطه‌وري در آب ندارد. شايان يادآوري است كه با افزايش مقدار كاغذ اسكناس باطله از مقدار جذب آب اين تخته‌ها كاسته شده است (شكل ٩). افزايش مقدار كاغذ اسكناس بر روى جذب آب پس از ٢ ساعت موجب افزايش جزئي آن شده است(شكل ٩).



شکل ۹- اثر مقدار کاغذ اسکناس باطله بر جذب آب پس از۲ و ۲۴ ساعت

نتايج ارائه‌شده از سوي گريگوريوس (۲۰۰۳)، بيانگر نقش كاغذ روزنامه باطله در افزايش جذب آب تخته‌هاست, اين مسئله ممكن است به‌دليل بالا بودن سطح ويژه خرده‌هاي كاغذ در مقايسه با خرده‌هاي چوب باشد كه براي پوشش آنها چسب بيشتري لازم است، اما وجود رزين ملامين- فرمالدهيد در تركيب كاغذ اسكناس ممكن است به كاهش جذب آب تخته‌هاي حاوي خرده‌هاي كاغذ اسكناس نسبت به تخته‌هاي شاهد منجر شود.

همان‌طوركه شكل ۱۰ نشان مي‌دهد، افزايش دما موجب شده است تا از مقدار جذب آب تخته‌ها كاسته شود كه اين مسئله ناشی از فشردگی مناسب‌تر ذرات خرده‌چوب و اتصالات قوی‌تر در لايه ميانی تخته‌ها بوده است. افزايش زمان پرس نيز به دليل اثر مثبتي كه بر پليمريزاسيون چسب داشته، بهبود و تقويت اتصالات را در تخته‌ها موجب شده و از مقدار جذب آب تخته‌ها كاسته است، ولی تفاوت آنها معنی‌دار نيست (جدول ۲).



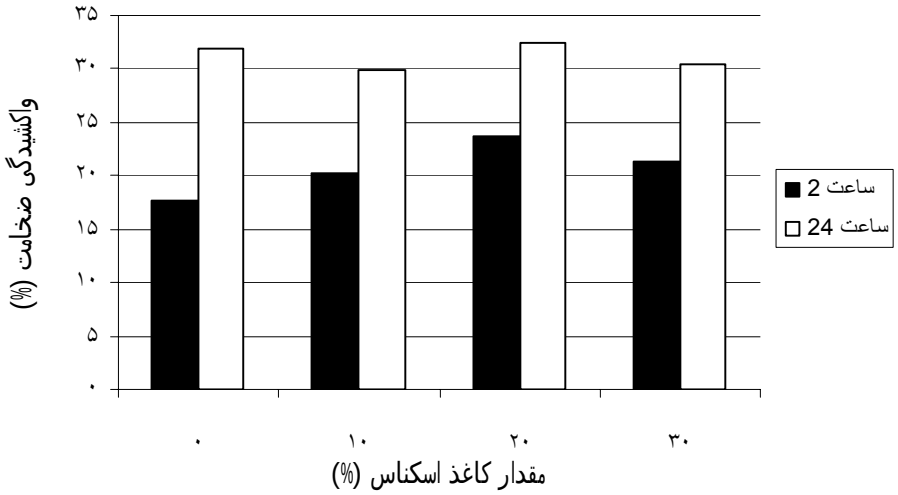
شکل ۱۰- اثر متقابل دما و زمان پرس بر جذب آب پس از۲۴ ساعت

واكشيدگي ضخامت

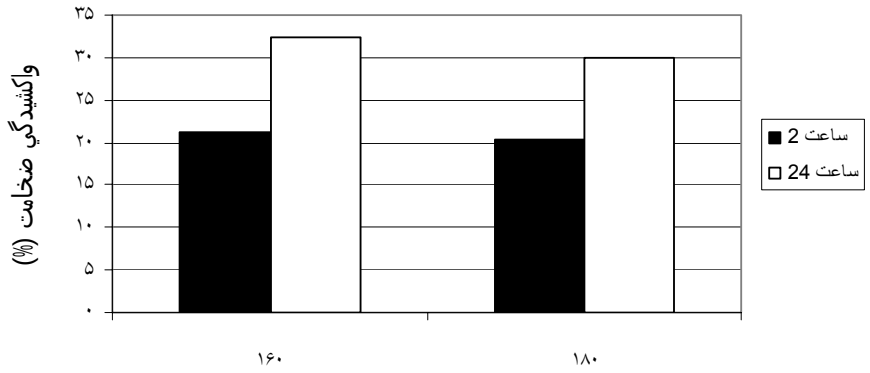
افزايش مقدار خرده‌های كاغذ اسكناس بر روی واكشيدگي ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب اثر معنی‌داري نشان نمی‌دهد (جدول ۲)، ولي كمترين جذب آب در تخته هاي داراي ۱۰ و ۳۰ درصد كاغذ اسكناس مشاهده مي‌شود (شكل ۱۱). اين پديده ممكن است به‌دليل وجود مواد معدني و نيز رزين ملامين-فرمالدهيد در تركيب كاغذ اسكناس باشد كه مانعی برای افزايش جذب آب و در نتيجه واكشيدگی ضخامت تخته‌ها باشند. اين موضوع با نتايج تحقيقات ساير محققاني كه از خرده‌هاي كاغذ به‌صورت مخلوط با چوب براي ساخت تخته‌خرده‌چوب استفاده كردند، همخواني ندارد.

گريگوريوس (۲۰۰۳) به نقش خرده‌های كاغذ روزنامه باطله در افزايش واكشيدگي ضخامت تخته‌خرده‌چوب اشاره كرده و يادآور شده است كه به‌دليل بيشتر بودن سطح ويژه خرده‌هاي كاغذ نسبت به خرده‌هاي چوب، آغشتگي آنها با چسب كمتر از خرده‌هاي چوب است.

با افزايش دماي پرس از مقدار واكشيدگي ضخامت تخته‌ها كاسته شده (شكل ۱۲) كه اين موضوع درنتيجه پليمريزاسيون كاملتر چسب و نرم شدن و در نتيجه تراكم و فشردگي كيك خرده‌هاي چوب است، شايان ذكر است اثر زمان پرس بر روي اين ويژگي معني‌دار نبوده است. (جدول ۲).



شكل ۱۱- اثر مقدار كاغذ اسكناس باطله برواكشيدگی ضخامت پس از ۲ و ۲۴ ساعت



شكل ۱۲- اثر دماي پرس برواكشيدگی ضخامت پس از ۲ و ۲۴ ساعت

نتيجه‌گيري

بر اساس نتايج به‌دست آمده در اين بررسي، مي‌توان نتيجه گرفت:

به‌كار بردن خرده‌هاي كاغذ اسكناس باطله در لايه مياني تخته‌خرده‌چوب (تا ۳۰% وزنی ذرات لايه ميانی)، هر چند موجب كاهش نسبي خواص خمشي آن مي‌شود (MOE حدود ۱۷% و MOR ۲۴% كاهش می‌يابد)، ولي مقدار MOR و MOE تيمار مورد اشاره (MOR=۱۴/۷ MPa, MOE=۱۶۶۰ MPa) نسبت به مقدار اعلام‌شده در استاندارد DIN EN312-4 (MOR=۱۱/۵ MPa, MOE=۱۶۰۰ MPa) بيشتر است. كاهش كم خواص خمشي تخته‌ها ممكن است به اين دليل باشد كه ضريب كشيدگي خرده‌هاي كاغذ اسكناس باطله به مقدار قابل توجهي بيشتر از خرده‌هاي چوب است و همين مسئله كمبود مقاومت خرده‌هاي كاغذ نسبت به خرده‌هاي چوب را تا حدي جبران مي‌كند و سبب جلوگيري از افت زياد خواص خمشي تخته‌ها مي شود. افزايش مقدار خرده‌هاي كاغذ بيشترين تأثير را روي چسبندگي داخلي تخته‌های آزمونی داشته است. كاهش چسبندگي داخلي ممكن است به علت كم بودن مقاومت خرده‌هاي كاغذ اسكناس نسبت به خرده‌هاي چوب در برابر نيروهاي كشش عمود بر الياف، وجود مواد معدني در ساختار كاغذ اسكناس، وجود آلودگي‌ها و چربي در سطح كاغذ اسكناش باطله, بزرگ‌تر بودن سطح ويژه خرده‌هاي كاغذ اسكناس و احتياج آنها به چسب بيشتر باشد. هر چند مقاومت چسبندگي داخلي در تخته‌هاي داراي ۳۰ درصد خرده كاغذ اسكناس باطله (IB=۰/۶۳ MPa) نسبت به چسبندگي داخلي تخته‌هاي شاهد (IB=۱/۵ MPa)، افت زياد نشان مي‌دهند، با وجود اين، مقاومت چسبندگي داخلي اين تخته‌ها و تخته‌هاي تيمارهاي مختلف در اين بررسي از نظر مقدار چسبندگي داخلي بيشتر از مقدار تعيين‌شده در استاندارد DIN EN312-4 (IB=۰/۲۴ MPa) است. استفاده از خرده‌هاي كاغذ اسكناس باطله در لايه مياني تخته‌خرده‌چوب موجب كاهش مقدار جذب آب و واكشيدگي ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وري در آب شده، اما اين اختلاف معني‌داري نيست. در مورد تخته‌هاي داراي ۳۰ درصد خرده كاغذ اسكناس باطله، مقدار جذب آب و واكشيدگي ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وري در آب (WA24=۷۲/۳۳%, TS24=۳۰/۴۵%) نسبت به مقدار جذب آب و واكشيدگي ضخامت تخته‌هاي شاهد (WA24=۷۴/۹۴%, TS24=۳۱/۹۸%) كمتر است. علت تأثير كم خرده‌هاي كاغذ اسكناس بر روي خواص جذب آب و واكشيدگي ضخامت (در مقايسه با خرده‌های كاغذ معمولی)، ممكن است وجود چسب ملامين-فرمالدهيد يا مواد معدني در ساختار كاغذ اسكناس باشد كه مانع جذب آب و نيز تغيير ناچيز واكشيدگي ضخامت تخته‌ها مي‌شوند. شايان ذكر است كه افزايش دما و زمان پرس به افزايش و بهبود كليه ويژگي‌هاي مورد بررسي منجر شد، ولی اين اثر ناچيز و دربرخي موارد معني‌دار نبود.

به‌طور كلي مي‌توان نتيجه گرفت كه با استفاده از ۳۰% كاغذ اسكناس باطله در لايه مياني تخته‌خرده‌چوب ساخت تخته‌هائي با ويژگي‌هاي قابل قبول امكان‌پذير است. به‌علاوه چون افزايش خواص تخته‌هاي ساخته‌شده در زمان و دماي بيشتر پرس (۷ دقيقه و 180^{o} C) در مورد بيشتر ويژگي‌هاي مورد بررسی نسبت به تخته‌هاي ساخته‌شده در زمان و دماي كمتر پرس (۵ دقيقه و 160^{o} C) معني‌دار نيست و در عين حال ويژگي‌هاي تخته‌هاي ساخته‌شده در شرايط اخير در حد قابل قبولی‌اند، مي‌توان براي ساخت تخته‌هاي حاوي خرده‌هاي كاغذ از زمان و دماي كمتر پرس نيز استفاده كرد و تخته‌هايي مناسب براي كاربردهاي داخل ساختمان توليد كرد.

پيشنهادها

با توجه به كاهش چسبندگي داخلي تخته‌ها در اثر استفاده از خرده‌هاي كاغذ اسكناس, بايد نقش اثر مصرف خرده‌هاي كاغذ اسكناس باطله (تا ۵۰%) در تخته‌هاي همسان يا يك لايه (براي كم كردن اثر منفي كاغذ اسكناس باطله) بررسي شود.

استفاده از ساير چسب‌ها مانند چسب فنل –فرمالدهيد يا چسب‌هاي اصلاح‌شده مانند MUF براي افزايش مقاومت‌ها و پارافين براي كاهش جذب آب و واكشيدگي ضخامت تخته‌ها بررسي شود.

منابع

۱ـ دوست‌حسيني، ك.، ۱۳۸۰. فناوري توليد و كاربرد صفحات فشرده چوبي، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۴۸ ص.

۲- صادقی‌فر، حسن.، ۱۳۷۶. جوهرزدایی و بازیافت کاغذ اسکناس باطله، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

3- Ellis, S.C., J.N.R. Ruddick & P.R. Steiner, 1993. A feasibility study of composites produced from telephone directory paper, plastics, and other adhesives. Forest Products Journal, 43(7/8): 23-26.

4- Grigorious, A.H., 2003. Waste paper-wood composites bonded with isocyanate. Wood Science and Technology, 37: 79-89.

5- Le Fru, X., M. Galhac, M. Zanetti, A. Pizzi, 2004. Recycling melamine-impregnated paper waste as board adhesives. Holz als Roh-und Werkstoff, 62(6): 419-423.

6- Maloney, T.M. 1993. Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing. Miller Freeman Inc.

7- Shyong Hwang, G., E. Chen Wang, Y. Chang Su, 2006. Preparation of composite board using foil-laminated and plastic-laminated liquid packaging paperboard as raw materials. Wood Science, 52(3):230-235.

8- Clead, W., 1970. Uber die Mitverwendung von alt papier fur die Herstellung von Spanplatten. Holz als Roh-und Werkstoff, 26(3): 8-105.

Utilization of Recycled Banknote in Manufacturing Particle Board

A. A. Enayati[1] and O. Hosseinaei[2]
[1] Associate Prof, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran
[2] Ph. D. Student, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran
(Received 2006 Feb 28, Accepted 2007 March 17)

Abstract

Utilizing of recycled banknote particles in combination with industrial wood particles in core layer of particleboard was studied. Recycled banknotes were mixed with core wood particles. The amount of added recycled banknote was 10, 20 and 30 percent by dry weight of wood particles. The ratio of core layer to face layer was 70: 30. Urea-formaldehyde was used as binder in manufacturing of boards. The amount of resin was 12 percent in face layer and 10 percent in core layer. Process conditions were as follows: press time, 5 and 7 min; press temperature in both sides, 160 and 180 °C. Physical and mechanical properties of the boards, including modulus of elasticity, modulus of rupture, internal bond, water absorption and thickness swelling were measured. Results indicated that increasing the amount of recycled banknote had a negative effect on the mechanical properties, especially internal bond, of treated boards in comparison to control samples. However, all mechanical properties of the samples were higher than the values recommended by standards. Concerning physical properties (water absorption and thickness swelling), increasing the ration of recycled banknotes reduced water absorption and thickness swelling after 24 hour of soaking. Increasing press time and press temperature improved all the properties studied. Generally, it can be said that recycled banknotes up to 30 be percent may be used in producing particleboard that are suitable for indoor applications.

Key words: Old waste banknote, wood particle, Urea-formaldehyde resin, physical properties, mechanical properties

* Corresponding author: Tel: 0261-2249311 , Fax: 0261-2249311 E-mail: aenayati@ut.ac.ir