امکان‌سنجی کاربرد ضایعات اسکناس باطله در ساخت صفحات فشرده چوب-گچ

حسین رنگ آور*

استادیار گروه صنایع چوب، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

چکیده

در این تحقیق امکان‌سنجی کاربرد ضایعات اسکناس باطله در ساخت صفحه‌های فشرده چوب گچ مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور خرده های کاغذ اسکناس‌های باطله در سه سطح ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد جرم خشک خرده چوب و میزان گچ در سه سطح ۲/۵، ۲/۷۵ و ۳ برابر جرم خشک مواد چوبی و نوع تخته در دو سطح همسان و سه لایه به عنوان عامل‌های متغیر در نظر گرفته شدند. گچ مورد استفاده در این تحقیق از نوع ساختمانی (جبل گچ) بوده و تخته های آزمونی با ضخامت ۱۶ میلیمتر و جرم مخصوص ۱ گرم بر سانتیمتر مکعب ساخته شدند. نمونه های آزمونی برای بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی تخته ها برابر استاندارد EN 312 تهیه شدند. نتایج به دست آمده نشان داد افزایش مقدار اسکناس باطله سبب کاهش مقاومت‌های خمشی و چسبندگی درونی تخته ها می‌شود. مقاومت خمشی تخته های سه لایه (ضایعات اسکناس در لایه میانی) در مقایسه با تخته های همسان، بیشتر و لیکن، مقاومت چسبندگی درونی تخته‌های همسان از سه لایه بالاتر بود. افزایش میزان گچ تا ۲/۷۵ برابر جرم مواد چوبی، سبب افزایش مقاومت خمشی شده و مقاومت چسبندگی داخلی تا ۳ برابر وزن مواد چوبی همواره افزایش می یابد. افزایش میزان اسکناس و گچ سبب کاهش مقدار واکشیدگی ضخامت و جذب آب تخته ها شد. به طور کلی می‌توان گفت که کاربرد ۲۰ تا ۳۰ درصد ضایعات اسکناس باطله به جای ذرات چوبی درساخت تخته‌های چوب گچ همسان و با میزان گچ ۲/۷۵ برابر نسبت به جرم خشک مواد چوبی، می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: ضایعات اسکناس باطله، پانل های چوب گچ، خواص فیزیکی و مکانیکی

* مسئول مکاتبات : hrangavar@yahoo.com

مقدمه

در سال های اخیر همگام با بحران مسکن در بسیاری از کشورها و پیشرفت علم مهندسی در ساختمان سازی گرایش زیادی به استفاده از مصالح سبکتر و در عین حال مستحکم که با آن‌ها بتوان در زمان کوتاهی ساختمان های بسیاری احداث نمود دیده می‌شود. در این زمینه کاربرد ضایعات مختلف در ساخت مصالح با ابعاد بزرگ به منظور کاهش هزینه‌ها نقش شایان توجهی را در احداث واحدهای مسکونی ارزان قیمت دارد. هم اکنون هنوز در اروپا و آمریکا استفاده از تخته های لایه ای و نئوپان در ساختمان سازی رواج دارد، لیکن این مصالح ویژگی‌های ضروری مقاومت به آتش، مقاومت به شرایط آب و هوایی، مقاومت در برابر عامل‌های آسیب‌رسان (قارچ و حشرات) و مسائل زیست محیطی را به طور کامل ندارند، لذا کاربرد آنها را در ساختمان سازی محدود می نماید. یکی از مصالحی که در جداسازی (پارتیشن بندی) فضاهای درونی ساختمان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد پانل های گچی می‌باشند. پانل‌های گچی خالص شکننده و ترد بوده و دارای مقاومت خمشی و ضربه کمی می باشند. در این زمینه چند سازه های چوب-گچ دارای کیفیت مناسبتری هستند به طوری که در مقایسه با چند سازه های تخته لایه و نئوپان غیر قابل اشتعال بوده و خواص کیفی مناسب‌تر و ایزولاسیون صوتی و گرمایی بهتر داشته و سبکتر از پانل‌های گچی خالص می‌باشند[۱].

یکی از مواد سلولزی که می‌توان در ساخت چند سازه های چوب-گچ پیشنهاد شود، ضایعات اسکناس‌های باطله می‌باشد. به طوری که برابر آمار ارائه شده از سوی بانک مرکزی مقدار این ضایعات حدود ۷۰۰ تن در سال می باشد که هیچ استفاده‌ای از آن صورت نگرفته و سوزانده می شوند، که این کار علاوه بر صرف هزینه زیاد، آلودگی محیط زیست را به دنبال دارد. در زمینه استفاده از این ضایعات در ساخت پانل های چوب-گچ تحقیقی صورت نگرفته است. لیکن پژوهش های بسیاری در خصوص صفحه‌های فشرده چوب-گچ و همچنین استفاده از ضایعات اسکناس در ساخت سایر فرآورده های مرکب چوبی صورت گرفته است که در زیر به برخی از آنها اشاره می‌شود :

رنگ آور و حبیبی (۱۳۹۰) ضایعات اسکناس باطله را در ساخت MDF با استفاده از نانو نقره مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق زمان پرس در سه سطح ۴، ۵ و۶ دقیقه، میزان ضایعات اسکناس در دو سطح ۲۰ و۳۰ درصد و نوع الیاف آغشته شده با نانو نقره و بدون نانو به عنوان عامل‌های متغیر در نظر گرفته شدند. نتایج به دست آمده نشان داد، افزایش میزان اسکناس باطله سبب کاهش مقاومت های مکانیکی به ویژه چسبندگی درونی تخته ها شده و آغشته کردن الیاف با نانو نقره سبب بهبود همه خواص فیزیکی و مکانیکی تخته ها شده است. کاربرد ۳۰ درصد اسکناس باطله و انجام تیمار نانو نقره بر روی الیاف و زمان پرس ۶ دقیقه نیز برای ساخت تخته های MDF برای مصارف درونی پیشنهاد شده است[۲]. عنایتی و حسینایی (۱۳۸۶) در بررسی دوریزهای کاغذ اسکناس باطله به صورت مخلوط با خرده های چوب در لایه میانی برای ساخت تخته خرده چوب به نسبت اختلاط ۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰ درصد وزنی لایه میانی و استفاده از رزین اوره فرمالدهید برای لایه های سطحی ۱۲ درصد و در لایه میانی ۱۰ درصد و زمان پرس در دو سطح ۵ و ۷ دقیقه و دمای پرس ۱۶۰ و ۱۸۰ درجه سلسیوس ، به این نتیجه رسیدند که افزایش میزان کاغذ اسکناس در لایه میانی مقاومت های مکانیکی، به ویژه مقاومت چسبندگی درونی تخته ها را کاهش می دهد لیکن همه مقاومت ها از حد استاندارد بیشتر می باشد. همچنین افزایش مقدار کاغذ اسکناس در ساخت تخته ها سبب کاهش میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه وری در آب آنها می‌شود و به طور کلی امکان کاربرد ۳۰ درصد کاغذ اسکناس باطله در لایه میانی تخته خرده چوب را برای تخته های مصارف درونی پیشنهاد نمودند[۳].

پور جوزی کله سرا و ابراهیمی (۱۳۷۵) در بررسی تاثیر نوع الیاف (الیاف چوب مورد استفاده در تخته فیبر و الیاف تولید شده از باگاس) در ساخت چند سازه چوب-گچ با درصدهای وزنی ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ نسبت به جرم گچ اعلام داشتند که بین الیاف تخته فیبر و باگاس از نظر مقاومت های خمشی، چسبندگی درونی و فشار موازی سطح تفاوت معنی داری وجود دارد و تخته های با الیاف باگاس نسبت به تخته های با الیاف تخته فیبر دارای مقاومت های بیشتری بودند. لیکن در زمینه خواص

فیزیکی (جذب آب و واکشیدگی ضخامت) تفاوت معنی داری بین تخته های ساخته شده وجود نداشت[۴].

Deng و Furunuo (۲۰۰۲) در بررسی تاثیر استفاده از الیاف کنف روی خواص فیزیکی و مکانیکی تخته های چوب گچ به این نتیجه رسید که مقدار و طول الیاف کنف تأثیر معنی‌داری بر روی مقاومت های خمشی و چسبندگی درونی تخته های ساخته شده دارد و افزایش آن سبب افزایش مقاومت های یاد شده می‌شود. لیکن افزایش الیاف کنف تاثیری بر مدول کشسانی (الاستیسیته) و خواص فیزیکی تخته‌ها (جذب آب و واکشیدگی ضخامت) ندارد. بیشترین مقدار مقاومت خمشی مربوط به تخته هایی با ۱۵ درصد الیاف کنف و طول ۱۲ میلیمتر بودند؛ در حالی‌که بیشترین مقاومت چسبندگی درونی در نمونه های ۱۲-۹ درصد الیاف کنف با طول ۳ میلیمتر دیده شد[۵]. Deng و Furunuo (۲۰۰۱) در بررسی تأثیر افزودن الیاف پلی پرو پیلن بر خواص تخته های چوب گچ به این نتیجه رسید که الیاف پلی پروپیلن به طور قابل توجهی باعث تقویت ویژگی‌های تخته چوب گچ می شود به طوری که بهترین تخته های چوب گچ در اثر افزودن مقدار ۱۲ درصد با طول ۱۲ میلیمتر الیاف پلی پروپیلن به دست آمده است. همچنین افزایش الیاف پلی پروپیلن باعث کاهش میزان واکشیدگی ضخامت و جذب آب تخته ها می‌شود[۶]

Deng و همکاران (۱۹۹۸) در زمینه بهبود خواص تخته های چوب گچ با افزایش سیمان در ساخت آن دریافت که افزایش سیمان از ۵ تا ۱۰ درصد سبب کاهش واکشیدگی ضخامت و جذب آب تخته ها به میزان ۱۰ درصد در مقایسه با تخته های بدون سیمان می‌شود. همچنین افزایش مقدار سیمان تا ۱۰ درصد سبب افزایش مقاومت خمشی، مقاومت چسبندگی داخلی و مدول کشسانی می‌شود. افزایش سیمان از ۱۵ تا ۳۰ درصد سبب کاهش مقاومت های مذکور می‌شود[۷]. با توجه به مطالب عنوان شده هدف از این تحقیق بررسی کاربرد ضایعات اسکناس باطله در ساخت چند سازه های چوب-گچ و تعیین ترکیب بهینه ساخت آن می باشد.

مواد و روش ها

در این تحقیق از چوب گونه صنوبر (تبریزی) منطقه لویزان تهران استفاده شد. پس از قطع درختان و تهیه صفحه (دیسک) از آنها با دستگاه کف رند، خرده چوب مورد نیاز تهیه شد. خرده چوب های مورد نظر پس از خشک شدن در هوای آزاد با دستگاه خشک‌کن تا حدود رطوبت ۳ درصد خشک شدند و در کیسه های پلاستیکی نگهداری شدند. ضایعات اسکناس باطله به صورت خرد شده از بانک مرکزی تهیه گردید. گچ مورد استفاده از نوع گچ ساختمانی (جبل گچ) بوده و میزان آب لازم ۵۰ درصد بر پایه جرم خشک گچ در نظر گرفته شد. میانگین ابعاد خرده چوب و ضایعات اسکناس باطله در جدول ۱ آورده شده است. تخته‌های آزمونی با ضخامت ۱۶ میلیمتر و چگالی ۱ گرم بر سانتیمتر مکعب ساخته شدند. برای این منظور میزان اسکناس باطله در سه سطح ۲۰،۳۰ و۴۰ درصد بر پایه جرم خشک خرده چوب، میزان گچ در سه سطح ۲/۵، ۲/۷۵ و ۳ برابر جرم خشک مواد چوبی (مجموع جرم خرده چوب و اسکناس باطله) و نوع تخته در دو حالت یک لایه (همسان) و سه لایه (ضایعات اسکناس در لایه میانی) به عنوان عامل‌های متغیر در نظر گرفته شدند.

جدول ۱ - میانگین ابعاد خرده چوب و ضایعات اسکناس باطله

ویژگی / نوع ماده	طول (mm)	عرض (mm)	ضخامت (mm)	ضریب کشیدگی
خرده چوب	۲۰/۱۱± ۵/۲	۴/۷۱±۰/۸	۰/۴۱±۰/۰۵	۴۹/۰۴
ضایعات اسکناس باطله	۶/۵۴ ± ۰/۸	۴/۲۴ ± ۰/۶	۰/۱۷± ۰/۰۲	۳۹/۴۰

برای ساخت تخته‌ها، کیک چوب گچ با توجه به متغیر های یاد شده آماده و درون یک قالب فولادی به ابعاد ۵۰ ×۵۰ سانتیمتر شکل داده شد. کیک تولید شده در دستگاه پرس هیدرولیک آزمایشگاهی به حالت سرد و با فشار ۹۰ بار و شتاب بسته شدن ۴ میلی‌متر بر دقیقه تا حصول ۱۶ میلی‌متر ضخامت فشرده شدند. سپس قالب بالا با چنگک‌های فولادی محصور و از پرس خارج گشته و تا حصول گیرائی و سختی گچ در بین چنگک ها باقی ماند. از ترکیب عامل‌های متغیر و سطوح آنها ۱۸ تیمار به دست آمد که از هر تیمار ۳ تکرار و در کل ۵۴ تخته ساخته شد. تخته های ساخته شده در محیط آزمایشگاه تا رطوبت تعادل محیط ۸ درصد متعادل سازی شدند و نمونه های آزمونی برای بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی مطابق استاندارد EN تهیه شدند. در این زمینه واکشیدگی ضخامت و جذب آب تخته ها پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری درآب برابر استاندارد (EN317) به ابعاد ۵۰ ×۵۰ میلیمتر، مقاومت خمشی (MOR) برابر استاندارد (EN310)) به ابعاد۵۰ × ۳۲۵ میلیمتر و چسبندگی درونی (IB) برابر استاندارد (EN319)) به ابعاد ۵۰ × ۵۰ میلیمتر، اندازه‌گیری شدند. پس از انجام آزمایش‌های فیزیکی و مکانیکی روی نمونه‌های تهیه شده، نتایج به دست آمده در قالب طرح کاملاً تصادفی متعادل با آزمایش فاکتوریل با سه عامل متغیر انجام و مقایسه میانگین ها بر پایه آزمون چند دامنه دانکن با استفاده از روش‌گذاری‌های تجزیه واریانس صورت پذیرفت. بدین صورت تأثیر مستقل و متقابل هریک از عامل‌های متغیر بر صفات مورد بررسی در سطح ۹۹ و ۹۵ درصد تحلیل شدند.

نتایج و بحث

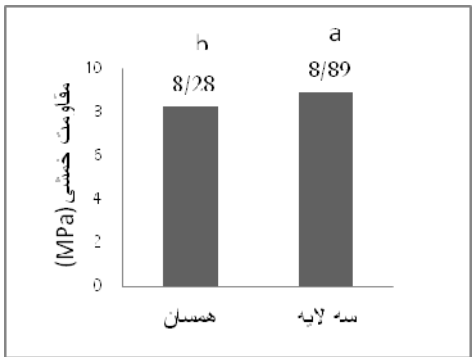
نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل آماری و اثرگذاری-های مستقل و متقابل عامل‌های متغیر بر ویژگی های چوب گچ در جدول ۲ (جدول تجزیه واریانس) آورده شده است. نتایج به دست آمده از اندازه گیری و تجزیه واریانس ویژگی های فیزیکی و مکانیکی تخته ها (جدول۲) نشان می‌دهد که تأثیر مستقل میزان اسکناس در سطح اعتماد ۹۹ درصد روی مقاومت خمشی تخته های ساخته شده معنی دار می باشد. همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است افزایش میزان اسکناس سبب کاهش مقاومت خمشی می‌شود. در این زمینه، مقاومت خمشی تخته های با ۲۰ و ۴۰ درصد اسکناس باطله به ترتیب ۹/۲۵۵ و ۷/۱۵۸ مگاپاسکال می باشد که در مقایسه با تیمار شاهد (نمونه های چوب گچ ساخته شده از ۱۰۰ درصد خرده چوب) ۳/۶ و ۲۵/۴ درصد کاهش یافته است(شکل۱).

شکل ۱- تأثیر میزان اسکناس بر مقاومت خمشی

جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر ساخت چند سازه چوب-گچ

علائم	منابع متغیر	مقاومت خمشی (MOR)	چسبندگی داخلی (IB)	واکشیدگی ضخامت۲ ساعت(%)	واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت(%)	جذب آب ۲ ساعت(%)	جذب آب ۲۴ ساعت(%)
A	میزان ضایعات اسکناس باطله	۱۴۲/۶۶**	۱۹/۳۱**	۱۷۶/۰۱**	۲۵۶/۶۲**	۳/۲۵$^{n.s}$	۲/۶۱$^{n.s}$
B	نوع تخته(همسان و سه لایه)	۱۲/۹۵**	۷۲/۹۲**	۱۱۶/۸۳**	۱۶۱/۳۲**	۰/۵۸$^{n.s}$	۰/۱۲$^{n.s}$
C	مقدار گچ	۳۸/۴۳**	۹/۴۸**	۱۴۴/۵۴	۱۷۲/۸۵**	۱۰/۷۹**	۵/۴۹**
AB	میزان اسکناس +نوع تخته	۲۱/۰۲**	۳/۰۶$^{n.s}$	۴/۸۴*	۳/۱۹$^{n.s}$	۰/۲۱$^{n.s}$	۰/۰۷$^{n.s}$
AC	میزان اسکناس + میزان گچ	۳/۶۶*	۰/۳۵$^{n.s}$	۱/۶۱$^{n.s}$	۵/۰۶**	۲/۱۹$^{n.s}$	۰/۸۸$^{n.s}$
BC	نوع تخته+ میزان گچ	۰/۵۱$^{n.s}$	۵/۴۲**	۱۴/۴۳**	۲۲/۷۱**	۰/۳۷$^{n.s}$	۰/۲۸$^{n.s}$
ABC	میزان اسکناس + نوع تخته + میزان گچ	۰/۹۹$^{n.s}$	۰/۱۳$^{n.s}$	۰/۲۸$^{n.s}$	۰/۶۶$^{n.s}$	۰/۲۲$^{n.s}$	۰/۱۶$^{n.s}$

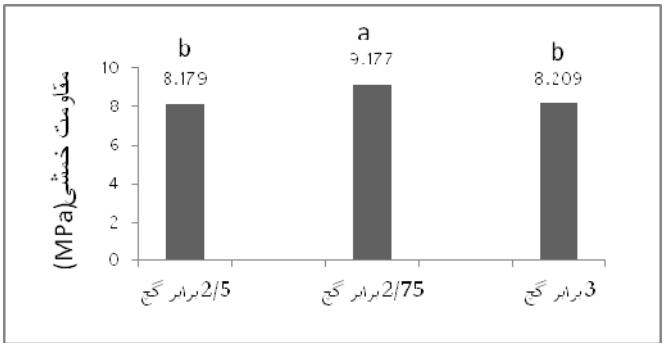
اختلاف معنی دار ندارد=(n.s)، معنی دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد= **، معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد = *



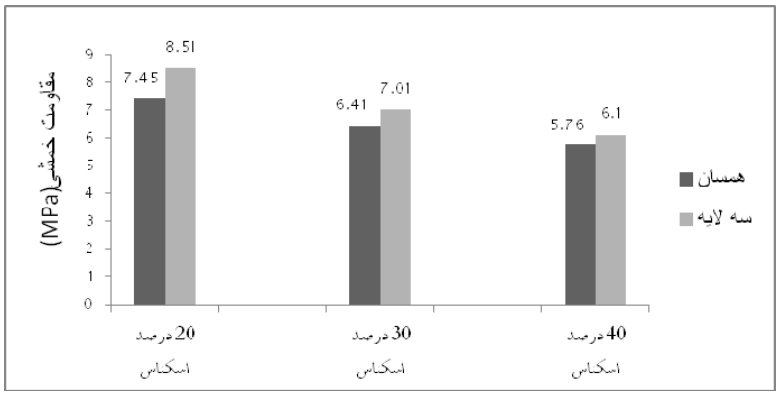
شکل ۲- تأثیر نوع ساختار تخته بر مقاومت خمشی

نتایج به دست آمده با تحقیقات به عمل آمده توسط عنایتی و حسینایی (۱۳۸۶) در زمینه کاربرد ضایعات اسکناس باطله در ساخت تخته خرده چوب و رنگ آور و حبیبی (۱۳۹۰) در کاربرد اسکناس باطله برای ساخت MDF همخوانی دارد. بر اساس جدول ۲ تأثیر مستقل نوع تخته (همسان و سه لایه) بر مقاومت خمشی در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی دار می باشد و گروه بندی میانگین ها با استفاده از آزمون دانکن نیز مقاومت خمشی تخته ها را در دو گروه جداگانه قرار داده است به طوری که بیشترین مقاومت خمشی در تخته های سه لایه (ضایعات اسکناس باطله در لایه میانی) با مقدار ۸/۸۹ مگاپاسکال اندازه گیری شد که در گروه بندی دانکن در گروه A قرار گرفته است(شکل ۲). علت این امر را می توان به ضریب کشیدگی و پهنی بیشتر و مقاومت بالاتر خرده چوب در مقایسه با ضایعات اسکناس باطله دانست که در تخته های سه لایه، لایه های سطحی و زیرین را به خود اختصاص داده و باعث اتصال بهتر با گچ و در نتیجه افزایش مقاومت خمشی شده است. تأثیر مستقل میزان گچ نیز در سطح ۹۹ درصد روی مقاومت خمشی تخته ها معنی دار است، به طوری که بیشترین مقاومت خمشی را تخته های ساخته شده با ۲/۷۵ برابر گچ نسبت به جرم خشک خرده چوب و اسکناس باطله داشته است و مقدار

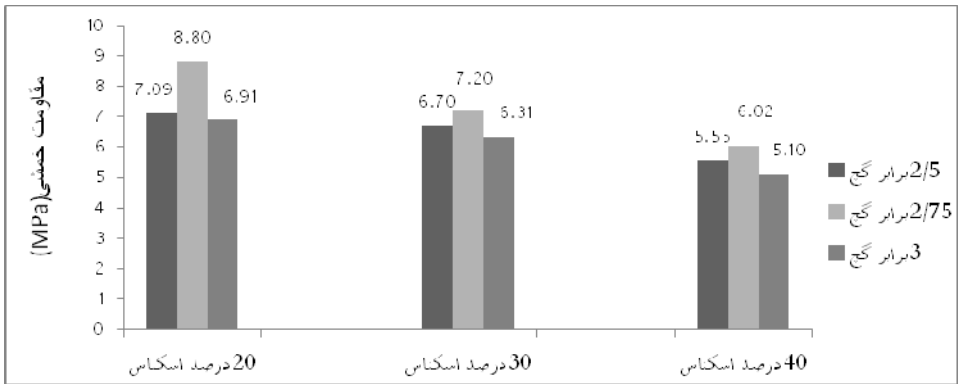
آن ۹/۱۷۷ مگاپاسکال بوده و در گروه بندی دانکن در گروه برتر A قرار گرفت. همچنین کمترین میزان مقاومت خمشی را تخته های ساخته شده با ۲/۵ برابر گچ با مقدار ۸/۱۷۹ مگاپاسکال دارا بودند(شکل۳). افزایش میزان بیش از ۲/۷۵ برابر گچ در ساخت تخته ها، سبب افزایش تردی و شکنندگی تخته ها شده و در نتیجه مقاومت خمشی آن کاسته می شود . تأثیر متقابل میزان اسکناس و نوع تخته روی مقاومت خمشی نیز در سطح ۱ درصد معنی دار بوده است و بیشترین مقدار مقاومت خمشی مربوط به تخته های سه لایه با ۲۰ درصد ضایعات اسکناس باطله و به میزان ۸/۵۱ مگاپاسکال و کمترین مقاومت خمشی را تخته های همسان با ۴۰ درصد ضایعات اسکناس به میزان ۵/۷۶ مگاپاسکال دارا بودند (شکل ۴).



شکل ۳- تأثیر میزان گچ بر مقاومت خمشی



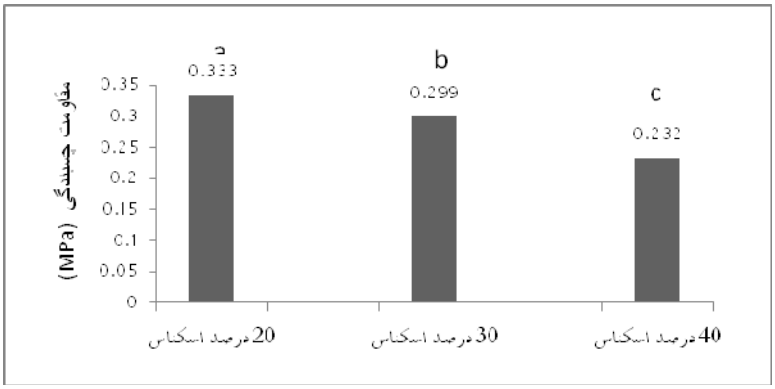
شکل ۴- تأثیر متقابل میزان اسکناس و نوع ساختار تخته بر مقاومت خمشی



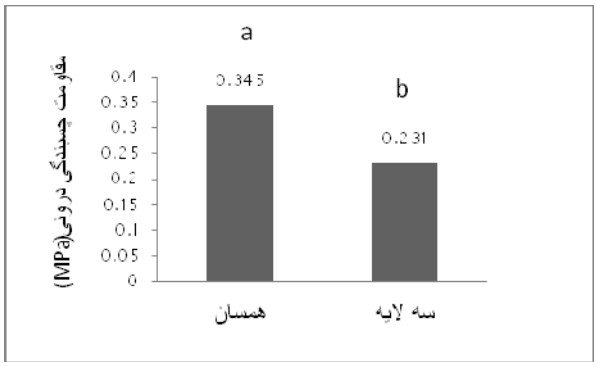
شکل ۵- تأثیر متقابل میزان اسکناس و گچ بر مقاومت خمشی

همچنین تأثیر متقابل میزان اسکناس و مقدار گچ بر مقاومت خمشی تخته های ساخته شده در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی دار می باشد(جدول۱). در این زمینه بیشترین مقاومت خمشی را تخته های ساخته شده با ۲۰ درصد ضایعات اسکناس و ۲/۷۵ برابر گچ نسبت به جرم خشک مواد چوبی و به مقدار ۸/۸ مگاپاسکال داشته اند(شکل ۵).

نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری چسبندگی درونی تخته های ساخته شده نشان می دهد که تأثیر مستقل مقدار ضایعات اسکناس باطله بر چسبندگی درونی تخته-ها در سطح یک درصد معنی دار می باشد. به طوری که افزایش مقدار ضایعات اسکناس باطله سبب کاهش مقاومت چسبندگی درونی می‌شود. نتایج به دست آمده با تحقیقات عنایتی و حسینایی (۱۳۸۶) در زمینه کاربرد دورریزهای کاغذ اسکناس باطله در ساخت تخته‌خرده-چوب همخوانی دارد. بیشترین مقدار مقاومت چسبندگی درونی مربوط به تخته های ساخته شده با ۲۰ درصد اسکناس باطله بوده است و مقدار آن ۰/۳۳۳ مگا پاسکال بوده که در گروه بندی دانکن درگروه A قرار گرفته است(شکل ۶). پائین بودن مقاومت ضایعات اسکناس باطله در مقایسه با خرده چوب و همچنین وجود آلودگی متنوع و چربی در سطح این ضایعات و افزایش سطح ویژه آنها به علت سبک بودن و ریز بودن این ذرات و در نتیجه نیاز به مقدار گچ بیشتر، سبب نبود چسبندگی و ایجاد اتصال‌های قویتر بین گچ و این ضایعات شده و باعث کاهش مقاومت‌های مکانیکی تخته های چوب-گچ به ویژه چسبندگی درونی آنها می‌شود. تأثیر مستقل نوع تخته بر چسبندگی درونی تخته‌ها در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی‌دار می باشد، به طوری که بیشترین مقاومت چسبندگی درونی را تخته های همسان(یک لایه) به میزان ۰/۳۴۵ مگاپاسکال داشته است و در گروه بندی دانکن در گروه A قرار گرفته است(شکل ۷).

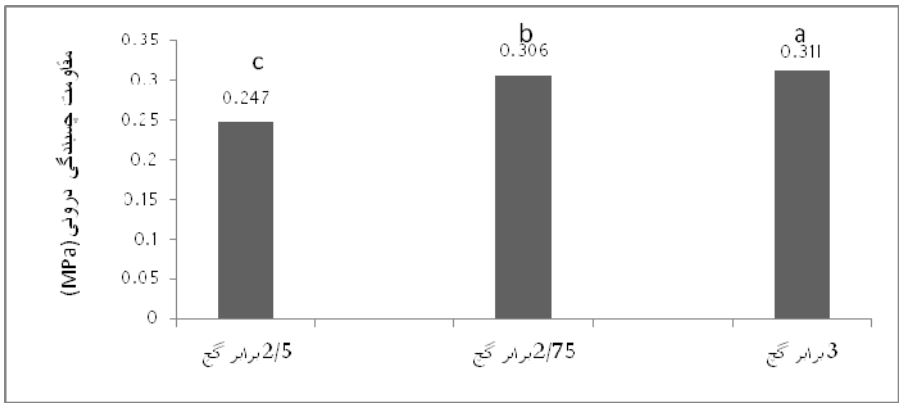


شکل ۶-تأثیر میزان اسکناس بر مقاومت چسبندگی درونی

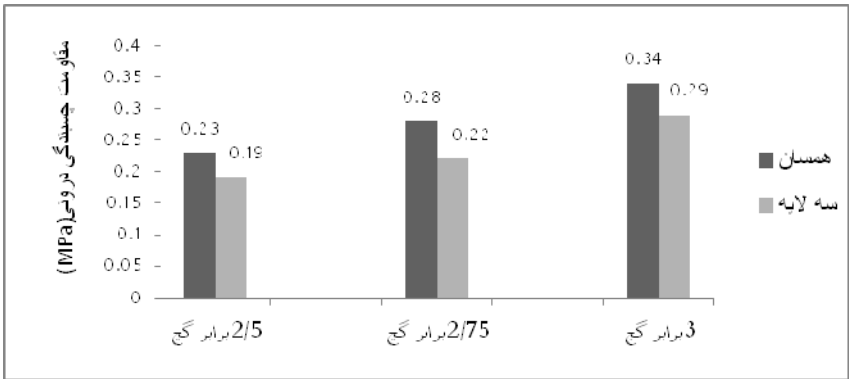


شکل ۷- تأثیر نوع تخته بر مقاومت چسبندگی درونی

از آنجایی که لایه میانی تخته‌های سه لایه، ضایعات اسکناس باطله می‌باشد، وجود چربی‌ها و آلودگی‌های مختلف در این ضایعات مانع چسبندگی گچ با این ضایعات شده، در نتیجه چسبندگی درونی تخته ها را کاهش می دهد. همچنین تأثیر مقدار گچ نیز بر مقاومت چسبندگی درونی تخته‌ها در سطح یک درصد معنی دار بوده و در این زمینه بالاترین چسبندگی درونی مربوط به تخته های با ۳ برابر گچ نسبت به جرم خرده چوب می باشد که مقدار آن ۳۱۱/. مگاپاسکال بوده و در گروه بندی دانکن در گروه برتر A قرار گرفت (شکل ۸). با توجه به جدول تجزیه واریانس(جدول ۱) دیده می‌شود، تأثیر متقابل نوع تخته و مقدار گچ نیز در سطح اعتماد ۹۹ درصد بر چسبندگی درونی تخته‌های ساخته شده معنی‌دار می‌باشد و بیشترین مقدار چسبندگی درونی مربوط به تخته های همسان با میزان ۳ برابر گچ نسبت به جرم خشک خرده چوب می باشد (شکل ۹). نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس واکشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه وری در آب تخته های ساخته شده نشان داد که تأثیر مستقل هر یک از عامل‌های متغیر (میزان ضایعات اسکناس باطله، نوع تخته و میزان گچ) بر این ویژگی در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی دار می باشد. در زمینه تأثیر مستقل مقدار ضایعات اسکناس باطله نتایج نشان داد که افزایش این ضایعات سبب کاهش واکشیدگی ضخامت می‌شود.

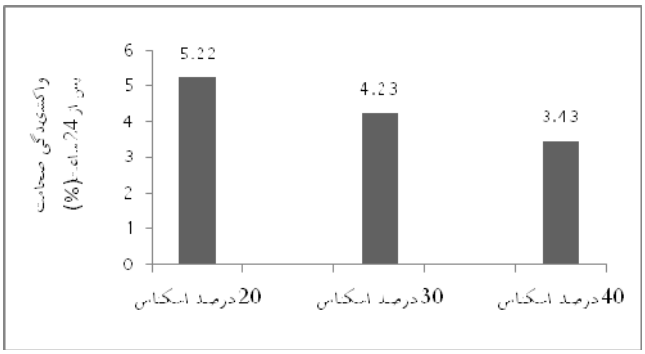


شکل ۸- تأثیر میزان گچ بر مقاومت چسبندگی درونی

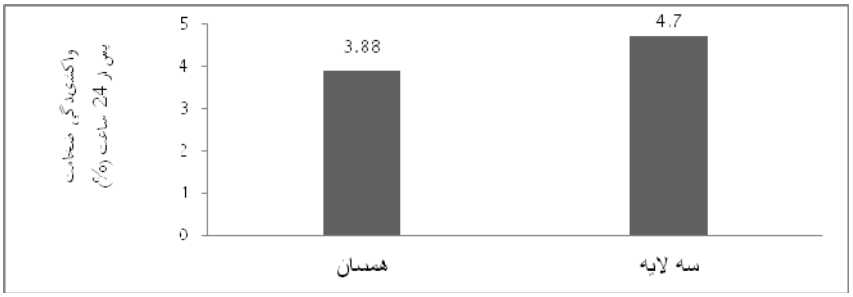


شکل ۹-تأثیر متقابل نوع تخته و میزان گچ بر مقاومت چسبندگی درونی

از آنجایی که در تولید کاغذ های اسکناس بیشتر از رزین ملامین فرم آلدئید استفاده می شود، بنابراین استفاده از ضایعات آن می تواند در کاهش جذب رطوبت مؤثر واقع شود] [۸]. کمترین مقدار واکشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه وری در آب را تخته های ساخته شده با ۴۰ درصد ضایعات اسکناس داشتند که مقدار آن ۳/۴۳ درصد می باشد (شکل ۱۰). تأثیر مستقل نوع تخته (همسان و سه لایه) بر روی واکشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه وری در آب نشان داد که تخته های همسان در مقایسه با تخته های سه لایه دارای واکشیدگی کمتر بوده که مقدار آن ۳/۸ درصد می باشد (شکل ۱۱).



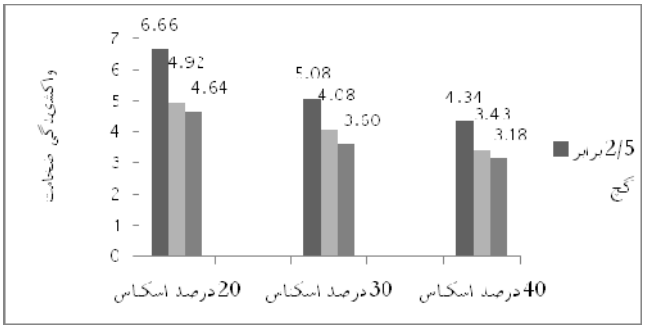
شکل ۱۰-تأثیر میزان اسکناس بر واکشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه وری در آب



شکل ۱۱-تأثیر نوع تخته بر واکشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه وری در آب

همچنین تأثیر مستقل میزان گچ بر واکشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه وری در آب مشخص نمود که تخته های ساخته شده با ۳ برابر گچ نسبت به جرم خشک خرده چوب و ضایعات اسکناس باطله دارای کمترین مقدار واکشیدگی بوده و مقدار آن ۳/۶ درصد می باشد. افزایش میزان گچ سبب محصور شدن بیشتر ذرات خرده چوب و ضایعات اسکناس باطله شده، در نتیجه باعث کاهش واکشیدگی ضخامت می‌شود(شکل ۱۲). تأثیر متقابل میزان ضایعات اسکناس باطله و میزان گچ در سطح اعتماد ۹۹ درصد روی واکشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه وری در آب نیز معنی‌دار می باشد. در این زمینه کمترین مقدار واکشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه وری در آب را تخته های ساخته شده با ۴۰ درصد ضایعات اسکناس باطله و ۳ برابر گچ نسبت به جرم خشک چوب دارا بودند که مقدار آن ۳/۱۸ درصد می باشد. بیشترین مقدار واکشیدگی ضخامت را تخته های با ترکیب ۲۰ درصد ضایعات اسکناس باطله و میزان ۲/۵ برابر گچ نسبت به جرم خشک چوب داشتند که مقدار آن ۶/۶۶ درصد می باشد(شکل ۱۳).

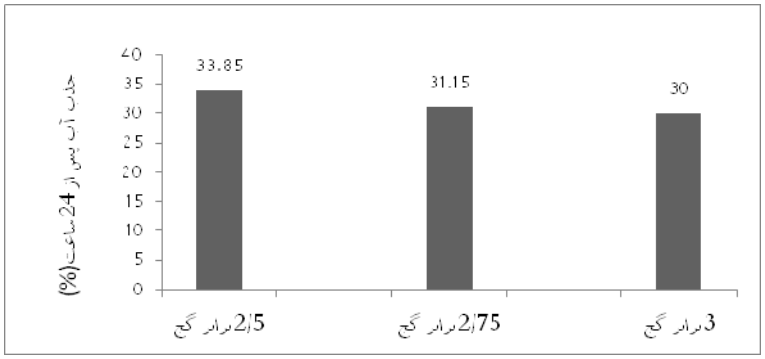
شکل ۱۲- تأثیر میزان گچ بر واکشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه وری در آب



شکل ۱۳- تأثیر متقابل میزان اسکناس و میزان گچ بر واکشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه وری در آب

علت آن را می توان به مقاومت بیشتر ضایعات اسکناس به جذب رطوبت دانست به طوری که احتمال دارد به علت وجود چسب ملامین فرم آلدئید در ساختار آن، سبب کاهش جذب آب و واکشیدگی ضخامت تخته ها شده است. تأثیر متقابل نوع تخته و مقدار گچ در سطح اعتماد ۹۹ درصد روی واکشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه وری در آب تخته های ساخته شده معنی دار می باشد. به طوری که کمترین مقدار واکشیدگی ضخامت در شرایط ساخت تخته های همسان (یک لایه) و مقدار ۳ برابر گچ، مقدار ۳/۴۳ درصد دارا بودند(شکل ۱۴). نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس جذب آب پس از ۲۴ ساعت غوطه وری نشان داد که تأثیر میزان گچ نیز در سطح یک درصد بر این ویژگی معنی‌دار می باشد. به طوری که کمترین مقدار جذب آب پس از ۲۴ ساعت غوطه وری را تخته های ساخته شده با میزان ۳ برابر گچ نسبت به جرم خشک چوب داشتند که مقدار آن ۳۰ درصد بوده است(شکل ۱۵).

شکل ۱۴-تأثیر متقابل نوع تخته و میزان گچ بر واکشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه وری در آب



شکل ۱۵- تأثیر میزان گچ بر جذب آب پس از ۲۴ ساعت غوطه وری

نتیجه گیری:

نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری خواص فیزیکی و مکانیکی تخته های چوب گچ ساخته شده از ضایعات اسکناس باطله در این تحقیق نشان داد که کاربرد این ضایعات در۲۰ تا ۴۰ درصد سبب کاهش مقاومت های خمشی و چسبندگی داخلی تخته ها می گردد. لیکن کاهش مقاومت های مکانیکی یاد شده در محدوده ۲۰ تا ۳۰ درصد کاربرد ضایعات اسکناس چشمگیر نمی‌باشد. افزایش میزان ضایعات اسکناس باطله و همچنین افزایش میزان گچ در ساخت تخته های چوب-گچ سبب کاهش واکشیدگی ضخامت و جذب آب این تخته ها پس از ۲۴ ساعت غوطه وری در آب می‌شود. به طوری که تخته‌های دارای ۴۰ درصد اسکناس باطله کمترین میزان واکشیدگی ضخامت و جذب آب را داشته است. تخته های چوب-گچ سه لایه (ضایعات اسکناس باطله در لایه میانی) در مقایسه با تخته های یک لایه (همسان) دارای مقاومت خمشی بیشتری می باشند درحالی‌که مقاومت چسبندگی درونی آنها در مقایسه با تخته های همسان (یک لایه) حدود ۳۳ درصد کاهش را نشان می دهد. افزایش میزان گچ نسبت به جرم خشک مواد چوبی سبب افزایش مقاومت خمشی و چسبندگی درونی تخته ها شده است و در این زمینه مقاومت خمشی تا میزان کاربرد ۲/۷۵ برابر گچ نسبت به جرم مواد چوبی مورد استفاده در این تحقیق افزایش و بیشتر از آن سبب کاهش مقاومت خمشی شده است، اما مقاومت چسبندگی داخلی همواره افزایش یافته است. به طورکلی با توجه به مطالب بالا می توان نتیجه گرفت که کاربرد ۲۰ تا ۳۰ درصد ضایعات اسکناس باطله به جای ذرات چوبی در ساخت تخته های چوب-گچ یک لایه (همسان) و با میزان گچ ۲/۷۵ برابر نسبت به جرم خشک مواد چوبی می تواند برای مصارف درونی ساختمان به عنوان جداسازی (پارتیشن بندی) فضاهای مختلف مورد استفاده قرار گیرد.

سپاسگزاری

این پژوهش با پشتیبانی مالی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی به شماره قرارداد ۱۵۴۳/۷ مورخ ۸۸/۱/۲۹ انجام شده است. بدین وسیله از معاونت محترم پژوهشی جناب آقای دکتر حمید رضا عظمتی و همچنین آقای دکتر محمد شمس اسفند آبادی تشکر می‌شود.

مراجع

[1] Doost Hosseini, K, 2007. Wood composite materials, Manufacturing, Aplications. 2nd ed. University of Tehran, 708 p.

[2] Habibi, J. 2011. Study on nanosilver treatment on physical and mechanical properties of MDF panels made from waste of banknote, M.Sc. Thesis, Department of wood science and technology, Shahid Rajaee Teacher Traning University, 129 pages. (In Persian)

[3] Enayati, A.A. and Hosseinaei, O., 2007.Utilization of Recycled Banknote in Manufacturing Particleboard, Iranian Journal of Natural Resurces, 60(3):1023-1036. (In Persian)

[4] Pourjozi Kalesara, M. and Ebrahimi, GH., 2002. Important differences in Some Properties of Gypsumboard reinforced with two types of natural fibers (Bagasse and Wood), Polymer science and technology, 15(4):237-243 . (In Persian)

[5] Deng, Y., and Furuno, T. 2002. Study on gypsum bonded particleboard reinforced with jute fiber, Holzforschuag, 56:440-445

[6] Deng, Y., and Furuno, T. 2001. Properties of gypsum Particleboard reinforced with polypropylene fiber, Journal wood Sci. 47: 445-450

[7] Deng, Y., Furuno, T. and Uehara, T. 1998. Improvement of the properties of gypsum particleboard by adding cement, Jurnal wood Sci. 44:98-102

[8] Sadeghifar, H. and Resalati, H., 2007. Research on Recycling and Deinking of Money Paper, Iranian Journal of Natural Resurces, 59(4):953-961. (In Persian)

Study on the Possibility of Recycled-Banknote Utilization in the Production of Wood Gypsum Composite-boards

H. Rangavar*

Assistant Professor of Wood Science and Technology Department,
Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran

Abstract

This study was conducted to investigate the possibility of the utilization of defibrated-residual currency bills in production of fiber reinforced gypsum boards. Three gypsum contents were used, including: 1:2.5, 1:2.75 and 1:3 (wood: gypsum), based on dry weight of fibers. Defibrated residuals were used in three levels namely 20, 30 and 40% based on their dry weight. Two different types of boards were manufactured: homogeneous and three-layered boards. Constructive gypsum powder was procured from Jabal-Gach Co. Thickness of all boards was 16 mm and their density kept constant at 1 g/cm^3. Specimens were prepared in compliance with EN-312 for Physical and mechanical tests. Results showed that mechanical properties generally decreased with more residual fiber contents. The bending strength was significantly more in three-layered boards; however, internal bonding showed higher values in homogeneous boards. Increase in gypsum content up-to resulted in higher mechanical properties; higher gypsum content resulted in an increase only in the internal bonding values. Higher residual fiber content resulted in a significant decrease in the water absorption and thickness swelling. It may therefore be concluded that 2.75 is a suitable mixing proportion of residual fiber composite-boards. Also, up to 30% of residual fiber can be recommended to be used instead of wood-particles.

Keywords: Recycled banknote, Wood-Gypsum composite board, Physical and mechanical properties.

* - corresponding author: hrangavar@yahoo.com