

بررسی اثر آزمون کهنگی تسریع شده بر سفتی کابینت MDF آشپزخانه

*^۱ علی فتح الله زاده، ^۲ علی اکبر عنایتی، ^۳ یوسف زیا اردیل، ^۴ مهدی تجویدی

^۱ دانشجوی دکتری، ^۴ استاد، ^۲ استادیار، رشته علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

^۳ استاد رشته فن آوری چوب و طراحی مبلمان، دانشگاه موولا، ترکیه

چکیده:

سازه‌های صفحه‌ای- مکعبی، اشکال پایه به کار رفته در تولید انواع قفسه و کابینت آشپزخانه می باشند. در این بررسی قفسه‌های چهارگوش در اندازه واقعی کابینت آشپزخانه با استفاده از پیچ و دو نوع تخته MDF ساخته و در معرض آزمون کهنگی زود هنگام (تسریع شده) قرار گرفتند. در کل ۵۰ قفسه ساخته و آزمون شدند. ۲۵ قفسه از تخته بدون روکش و بدون نوار لبه چسبان و ۲۵ قفسه دیگر که به عینه همانند بودند از تخته روکش ملامینه به همراه نوار لبه چسبان در لبه‌های خود ساخته شدند. در کل پنج تیمار (با احتساب شاهد) که به لحاظ مدت زمان قرارگیری در معرض آزمون کهنگی با یکدیگر تفاوت داشتند بر روی قفسه‌ها اعمال شد. سپس سفتی این کابینت‌ها پس از اعمال بار در ناحیه کشسان اندازه‌گیری شد. نتایج تحلیل‌های آماری نشان داد که تیمار با احتمال اطمینان ۹۹٪ اثر معنی‌داری بر تغییرات سفتی قفسه‌های روکش ملامینه و لبه چسبان شده دارد. مقایسه بین سفتی نمونه‌های شاهد و نمونه‌های تیمار شده در شدیدترین آزمون (T5) نشان داد که به طور میانگین ۱۰٪ کاهش سفتی در تمامی کابینت‌ها پس از اجرای آزمون کهنگی زود هنگام قابل پیش‌بینی است. این کاهش سفتی در هر دو نوع کابینت MDF و به مقدار تا حدودی برابر در مقایسه با نمونه‌های شاهد خود دیده شد. با این وجود قفسه‌های ساخته شده از تخته‌های روکش ملامینه و لبه چسبان شده سفتی مطلق بیش از سه برابر نسبت به قفسه‌های همانند اما ساخته شده از تخته‌های بدون روکش و بدون نوار لبه چسبان هم در بین نمونه‌های شاهد و هم تیمار پنجم خود نشان دادند که این امر ثابت می‌کند اثر روکش و نوار لبه چسبان بر افزایش سفتی سازه جعبه بسیار قابل توجه است.

واژگان کلیدی: سفتی، کابینت آشپزخانه، مبلمان، کهنگی زود هنگام (تسریع شده)، تخته MDF

مقدمه:

تولید سازه کابینت آشپزخانه با استفاده از صفحه‌های مواد مرکب چوبی مانند تخته خرده چوب یا تخته فیبر به سه روش (۱) خوداتکا (۲) خوداتکا به همراه قاب خارجی و (۳) ترکیبی از اعضاء چوبی و صفحه‌های مواد مرکب میسر است. روش اول تولید که اغلب واحدهای کوچک تولید کابینت در ایران از آن استفاده می‌کنند به علت شتاب ساخت بالا، هزینه و زمان کم تولید، کشش‌پذیری تقاضای زیادی را از خود نشان می‌دهد. به طور کلی این سبک ساخت بسته به نوع و شمار اتصال‌دهنده‌های مصرفی و استفاده یا استفاده نکردن از چسب در ساخت، کمترین میزان سفتی را در مقایسه با دو روش دیگر از خود نشان می‌دهد. رایج‌ترین و ارزان‌ترین اتصال‌دهنده مصرفی در این روش ساخت، پیچ است که امکان ساخت سریع سازه در محل و با استفاده از ابزار ساده را به تولید کننده می‌دهد. Eckelman و Munz در سال ۱۹۸۷ دریافتند که هر چه سفتی اتصال‌های یک سازه تقویت شود، سفتی کل سازه نیز افزایش خواهد یافت. (۱) سفتی بیشتر یک سازه بدان معناست که در ازای بار بیرونی معین به میزان کمتری دچار انحراف و خمیدگی خواهد شد. کاربرد انواع قفسه چوبی توسط بشر تاریخی ۳۰۰۰ ساله دارد با این حال تا حدود چهار دهه پیش بررسی‌های مشخصی در ارتباط با استحکام سازه جعبه انجام نگرفته بود. ضرورت انجام چنین بررسی‌هایی ما را به سوی تولید محصولات مهندسی شده‌تر و بادوام‌تر رهنمون می‌کند. به طور کلی حرکت در چنین جهتی نیازمند فرضیه‌های سازه‌ای و روش‌های تحلیلی مربوط به خود می‌باشد تا به کمک آنها به توان بزرگی و توزیع بارها در سازه مبلمان را بررسی و میزان انحراف در اعضای سازه را پیش بینی نمود. (۲) تولید کابینت آشپزخانه به سبک امروزی کمتر از صد سال پیشینه دارد. نخستین کابینت دیواری آشپزخانه به سبک و ریخت امروزی در اوایل ۱۹۲۰ ساخته شد. (۳)

Eckelman و Rabiej در سال ۱۹۸۵ در بررسی تحلیلی با روش عناصر محدود، رفتار خمشی جعبه متشکل از پنج دیواره در یک سازه صفحه‌ای را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج بیانگر آن بود که خمش به وجود آمده تحت تنش در طبقه‌های (افقی) یک سازه (جعبه) ساخته شده از صفحه‌های فرآورده‌های چوبی (با اتصال-

های پین) به مانند خمش ایجاد شده در طبقه‌های سقف یا کف همان سازه است. همچنین خمش ایجاد شده در دیواره‌های همان جعبه همانند خمش ایجاد شده در دیواره‌های جداکننده درونی (عمودی) سازه می‌باشند. این بدان معناست که خمش در یک سازه صفحه‌ای مستقل از محل صفحه می‌باشد. با توجه به این یافته‌ها و آزمون‌های مکمل این نتیجه به دست آمد که اگر طبقه (درونی) یک قفسه برداشته شده و در عوض به همان اندازه بر ضخامت صفحه سقفی یا کفی سازه افزوده شود خمش ایجاد شده در کل سازه یکسان خواهد ماند. (۴) Lin و Eckelman در سال ۱۹۸۷ در بررسی تأثیر سفتی اتصال بر سفتی کل سازه جعبه دریافتند که اثرگذاری سفتی اتصال بر سفتی جعبه بسیار قوی و معنی‌دار می‌باشد. ایشان توصیه نمودند که تولیدکنندگان اتصال‌هایی را به کار گیرند یا بسازند که بیشترین سفتی را داشته باشند یعنی صلب‌تر باشند. در واقعیت اتصال‌های سازه‌ای در صنایع مبلمان اغلب از نوع نیمه‌صلب می‌باشند مانند اتصال پیچ که در این تحقیق استفاده شده است. (۵) Tankut در سال ۲۰۰۹ در یک بررسی با ساخت ۱۶ جعبه به بررسی تأثیر نوع تخته (MDF، تخته خرده چوب) و ضخامت آن (۱۶ و ۱۸ میلی متر) و همین‌طور نوع اتصال‌دهنده (پیچ، دابل، چسب) بر سفتی سازه جعبه پرداخت. ایشان پس از این بررسی بیان نمودند که سفتی سازه جعبه (به معنای کاهش در میزان کرنش جعبه تحت تاثیر بار همانند) با افزایش ضخامت تخته از ۱۶ به ۱۸ میلی‌متر و کاربرد MDF در مقایسه با تخته‌خرده‌چوب افزایش می‌یابد. به طور کلی اگر سفتی اتصال‌های گوشه در یک جعبه تقویت شوند، سفتی کل سازه جعبه نیز افزوده می‌شود. همچنین افزایش سفتی را می‌توان با استفاده مضاعف از چسب در سرتاسر محل تماس دو قطعه تشکیل‌دهنده اتصال گوشه افزایش داد. کاربرد چسب به همراه پیچ در مقایسه با چسب به همراه دابل چوبی به عنوان اتصال دهنده، سفتی اتصال بیشتری را ایجاد می‌کند. (۶)

اندازه‌گیری میزان کرنش کشسانی در گوشه آزاد جعبه که مبنای محاسبه سفتی جعبه‌ها می‌باشد از فرضیه زیر پیروی می‌کند. برابر محاسبات Eckelman فرمول زیر برای محاسبه میزان کرنش (جابه جایی یا تغییر مکان) گوشه آزاد در یک جعبه ساده پنج دیواره (بدون هرگونه

(صلبیت) تخته^۱ (psi یا N/mm^2)، $L1$ و $L2$ هم به ترتیب طول و پهنا تخته می باشند. (inch یا mm) اگر جعبه مد نظر دارای یک یا چند طبقه و دیواره جداکننده نیز باشد از فرمول تکمیل شده دیگری برای محاسبه میزان کرنش (تغییر مکان) گوشه آزاد آن می توان استفاده کرد.

با توجه به نبود دانش فنی در مورد تأثیر عامل‌های محیطی بر سفتی سازه قفسه‌های MDF که می‌تواند دوام و عمر مفید آنها را تحت تاثیر قرار دهد و از سویی دیگر کاربرد فراوان این نوع قفسه‌ها در زندگی روزمره این بررسی طراحی شد. قفسه‌های آشپزخانه و حمام بیشترین تنش گرمایی-رطوبتی را در زمان مصرف متحمل می‌شوند و بنابراین در این تحقیق مورد توجه بوده‌اند. در این تحقیق اثر آزمون کهنگی زود هنگام (تسریع شده) بر روی تغییرات سفتی سازه کابینت آشپزخانه هدف اصلی مطالعه بوده است. سفتی را می توان به عنوان یک معیار نشان دهنده عملکرد مکانیکی کابینت دانست. ساخت کابینت‌ها با کاربرد دو نوع تخته MDF و با استفاده یا استفاده نکردن از نوار لبه‌چسبان بوده است. نتایج این تحقیق می تواند اطلاعاتی کمی و مستند به طراحان و سازندگان کابینت کشور در مورد میزان تأثیر عامل‌های محیطی درون خانه بر دوام محصولات آنها ارائه کند.

طبقه افقی یا دیواره جدا کننده عمودی و دارای اتصال-های پین) که بر یک گوشه آن تنش اعمال می‌شود به کار می‌رود. چنین جعبه‌ای بدون دیواره پشتی همان‌گونه که در شکل ۱ نشان داده شده است در این بررسی مورد استفاده قرار گرفت.

{معادله ۱}

$$Y = \frac{F}{\frac{f_4}{y_4} + \frac{f_2}{y_2} + 2 \left(\frac{b^2 f(1,3)}{a^2 y(1,3)} \right) + \frac{b^2 f_0}{c^2 y_0}}$$

Y: میزان کرنش یا جابه جایی در گوشه آزاد یک جعبه (inch یا mm)، **F:** نیروی عمودی وارد بر گوشه آزاد جعبه (N یا lb)، $\frac{f_4}{y_4}$ و $\frac{f_1}{y_1}$ و $\frac{f_0}{y_0}$ ، به ترتیب سفتی صفحه‌های پشتی (0)، دیواره چپ (1)، کفی (2)، دیواره راست (3) و سقفی (4) جعبه می باشند. (N/mm یا lb/inch)

a و b و c هم به ترتیب پهنا (عرض)، ارتفاع و عمق جعبه می باشند. (inch یا mm)

بنابر نظر Shin-Chao L., Eckelman C. در سال ۱۹۸۷ برای همخوانی میزان کرنش در تحلیل نظری و عمل دو پیش فرض باید در نظر گرفته شوند. اول اینکه صفحه‌های تخته در هنگام اعمال بار دچار خمش و پیچش نمی شوند و دوم اینکه اتصال‌های گوشه بار خمشی را از یک تخته به تخته مجاور انتقال نمی‌دهند. گاهی شرایط آزمون‌های عملی همخوانی کامل با فرضیه را نداشته و به همین دلیل ممکن است خطاهایی در نتایج در مقایسه با محاسبات نظری ظاهر شوند. (۵)

همچنین می‌توان میزان سفتی در یک تخته همگون و یکپارچه منفرد (که می‌تواند یکی یا همه‌ی دیواره‌های جعبه یاد شده را شامل گردد) را از این فرمول محاسبه کرد. {معادله ۲}

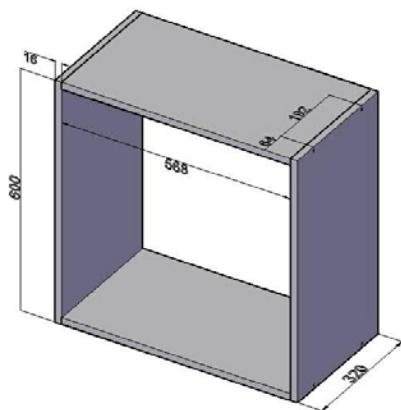
$$\frac{f}{y} = \frac{t^3 G}{3 L1 L2}$$

$\frac{f}{y}$: سفتی تخته (N/mm یا lb/inch)، t: ضخامت تخته (inch یا mm)، G: مقاومت به پیچش یا مدول سفتی

¹ Modulus of rigidity


مواد و روش‌ها:

میلی‌متر تولید (شکل ۱) و تحت تاثیر آزمون گرمایی-رطوبتی با فاصله‌های زمانی متفاوت قرار گرفتند (جدول ۳).



شکل ۱: نمونه قفسه کابینت که در ابعاد واقعی ساخته و مورد آزمایش قرار گرفت.

جدول ۲: اطلاعات فنی پیچ مورد مصرف (واحد‌ها به میلی‌متر)

۴×۴۰	ابعاد اسمی پیچ
۴/۱۱×۳۹/۴	ابعاد واقعی پیچ
۲/۸۵	قطر ساقه پیچ
۲/۵۷ ± ۰/۰۲	قطر ریشه پیچ
	

پس از آزمون کهنگی، نمونه‌ها درون دستگاه اقلیم‌ساز با شرایط استاندارد^۲ قرار داده شدند تا به تعادل رطوبتی لازم پیش از آزمون برسند. این مدت زمان با توجه به شرایط کابینت‌ها متفاوت بود برای مثال قفسه‌های ساخته شده از تخته‌های بدون روکش برابر استاندارد ASTM 1037 دست کم سه روز و قفسه‌های روکش‌دار و لبه‌چسبان شده تا دست کم سه هفته در این شرایط ماندند تا به تعادل رطوبتی رسیده و سپس مورد آزمون قرار گرفتند. برای اطمینان از تعادل رطوبتی نمونه‌ها از دیوار یا سقف برخی جعبه‌ها پس از آزمون نمونه برداشته شد تا میزان رطوبت تعادل آنها در زمان آزمون اندازه‌گیری شود که این میزان

کابینت‌ها در اندازه واقعی و با کاربرد دو نوع تخته MDF به ضخامت ۱۶ میلی‌متر (که در ایران بسیار کاربرد دارد) ساخته شدند. از دو پیچ در هر اتصال گوشه و مجموعاً هشت پیچ برای اتصال چهار صفحه کابینت استفاده شد. ملاحظه‌های فنی ساخت در پیچ‌بندی و رعایت فاصله‌های بهینه برابر توصیه‌های Rajak Z.I., Eckelman C در سال ۱۹۹۳ و ۱۹۹۶ در نظر گرفته شد. (۷ و ۸) دو نوع تخته MDF (جدول ۱) یکی بدون روکش و لبه چسبان و دیگری با روکش ملامینه و لبه چسبانی با نوار ABS^۱ برای ساخت نمونه‌ها مورد استفاده قرار گرفتند.

جدول ۱: مشخصات فنی تخته‌های مورد استفاده در

ساخت جعبه

MOR * (Mpa)	MOE * (Mpa)	ضخامت تخته (mm)	دانسیته (kg/m ³)	
۳/۶۹	۲/۰۷	۱۶/۲۵	(۰/۷)	تخته بدون روکش
۲۵/۷۵	۲۹۹۰		۷۱۳	
(۵/۸۵)	(۲/۷۸)	۱۶/۲۱	(۰/۹)	تخته روکش ملامینه
۲۴/۸۷	۳۸۶۰		۷۵۵	

* اعداد داخل پرانتز ضریب تغییرات به درصد می‌باشند. تعداد تکرار در این آزمون پنج بار بوده است. تخته‌ها در حالت تیمار نشده مورد آزمون قرار گرفته‌اند. بدیهی است تخته‌های تیمار شده خواص مکانیکی ضعیف‌تری از خود نشان دهند. دانسیته تخته در شرایط عادی (غیر خشک) محاسبه شده است.

تخته‌ها ساخت کارخانه Kaindl کشور اتریش بودند. ماده اولیه ساخت تخته‌ها را بیش از ۸۰ سوزنی‌برگان (نوتل و انواع کاج) و کمتر از ۲۰ پهن‌برگان (راش) تشکیل می‌داد و حدود ۱۳/۵ چسب اوره فرم‌آلدئید بر مبنای وزن الیاف در ساخت آن بکار رفت. قفسه‌های پایه ساخته شده از این تخته‌ها به شکل چهار گوش بدون صفحه پشتی به ابعاد ۶۰۰ در ۶۰۰ میلی‌متر و به عمق ۳۲۰

^۲ ۲۰ درجه سلسیوس و ۶۵ رطوبت نسبی

^۱ Acrylonitrile Butadiene Styrene

قفسه در شرایط واقعی آشپزخانه یا حمام می‌باشند و بدین وسیله تأثیر روکش و لبه چسبانی بر تغییرات سفتی کابینت نیز مورد نظر قرار گرفت. هدف از اجرای تیمار کهنگی زودهنگام که با الگو گرفتن از استاندارد ASTM 1037 (۹) تعریف و سپس با انجام اندازه‌گیری‌های واقعی گرمایی-رطوبتی در شرایط واقعی آشپزخانه مورد تعدیل و بهسازی قرار گرفت، بررسی روند تغییرات در سفتی و بیشینه تحمل بار سازه کابینت بوده است. شمار تیمارها پنج (شامل نمونه‌های شاهد) (جدول ۳) با پنج تکرار و برای دو نوع تخته بوده است. فاصله پیچ‌ها از لبه تخته ۶۴ میلی‌متر (ساخت برابر روش سوراخ‌کاری ۳۲ میلی‌متری) و از یکدیگر ۱۹۲ میلی‌متر بود. ویژگی‌های فنی پیچ به همراه تصویر آن در جدول ۳ آمده است. این پیچ نیمه دنده شده و دارای نه دندانه است و ۵۶٪ از طول واقعی آن را قسمت دندانه دار آن تشکیل می‌دهد. این پیچ در هر سانتی‌متر طول قسمت دنده شده خود دارای چهار دندانه می‌باشد و از نوع خودکار، با مقطع مربع شکل در ابتدای دو دنده ابتدایی بوده و توسط شرکت SPAX آلمان تولید شده است.

به طور میانگین بین ۷ تا ۷/۵٪ بود که نشان از شرایط رطوبتی همانند کابینت‌ها در زمان آزمون را داشت. سپس کابینت‌ها به ترتیب از دستگاه خارج و به محل آزمایشگاه مکانیک منتقل شده و مورد آزمایش قرار گرفتند. پیش از اجرای آزمون، سه گوشه از چهار گوشه هر کابینت بر روی پایه‌های فلزی از پیش نصب شده در کنار دستگاه سوار و محکم شده و بر گوشه چهارم آن که آزاد بود برابر شکل ۲ بار توسط ماشین با سرعت ۹ میلی‌متر بر دقیقه اعمال شد. میزان بار در ناحیه کشسان بین ۱۰ تا ۴۰ بار بیشینه شکست در نظر گرفته شد.

میزان کرنش در گوشه آزاد جعبه توسط ماشین ثبت و سپس با استفاده از داده‌های خروجی با کمک نرم افزار اکسل میزان سفتی محاسبه شد. این میزان سفتی برابر با ضریب معادله شیب منحنی در ناحیه کشسان بود. از ماشین بارگذاری Zwick/Roell مدل UPM 1485 برای آزمون استفاده شد. (شکل ۲) استفاده از تخته‌های بدون روکش و بدون لبه چسبان با هدف بررسی تأثیر مستقیم و بی‌واسطه آزمون کهنگی بر سازه جعبه ساخته شده از MDF خام بوده است. جعبه‌های ساخته شده با MDF روکش ملامینه و لبه چسبان شده نیز نماینده



شکل ۲: یک جعبه روکش ملامینه و لبه چسبان شده در حال آزمون استاتیکی اعمال بار

جدول ۳: برنامه تیمار تعدیل شده مورد استفاده با توجه به تیمار کهنگی تسریع شده مبنا، ذکر شده در استاندارد ASTM

۱۰۳۷

تیمار ۵	تیمار ۴	تیمار ۳	تیمار ۲	تیمار ۱	مراحل تیمار	
۱۸۰ دقیقه	۱۳۵ دقیقه	۹۰ دقیقه	۴۵ دقیقه	$3 \pm 2.0C$ 1 ± 65 RH (تیمار شاهد یا کنترل)	۷۰C ۹۰ RH	مرطوب
۱۸۰ دقیقه	۱۳۵ دقیقه	۹۰ دقیقه	۴۵ دقیقه		۷۰C ۳۰RH	خشک
۱۸۰ دقیقه	۱۳۵ دقیقه	۹۰ دقیقه	۴۵ دقیقه		۷۰C ۹۰ RH	مرطوب
۱۰۸۰ دقیقه (۱۸:۰۰)	۸۱۰ دقیقه (۱۳:۳۰)	۵۴۰ دقیقه (۹:۰۰)	۲۷۰ دقیقه (۴:۳۰)		۷۰C ۳۰RH	خشک
۴				-	تعداد چرخه	
۵ روز و ۲۰ ساعت (۱۴۰:۰۰)	۴ روز و ۱۷ ساعت (۱۱۳:۰۰)	۳ روز و ۱۴ ساعت (۸۶:۰۰)	۲ روز و ۱۱ ساعت (۵۹:۰۰)	زمان لازم (با احتساب ۲ ساعت زمان بین هر مرحله)		

عمر و دوام تخته های مورد استفاده در هوای آزاد بوده و شرایط شدیدی را (شامل غوطه‌وری در آب داغ، بخاردهی با آب‌جوش، یخ‌زدگی و خشک‌کردن با هوای خشک و داغ و تکرار این روند) به نمونه‌ها تحمیل می‌کند. محققان مختلف بررسی‌های بسیاری بر روی این تیمار به هدف تعدیل آن به انجام رسانده‌اند زیرا این آزمون برای اجرا به دو هفته زمان نیازمند است که در امر کنترل کیفیت فرآورده‌ها زمانی طولانی به‌شمار می‌آید. برای مثال پژوهشگران در انجمن تولیدکنندگان چسب سواحل غربی آمریکا تلاش کردند تغییراتی در این تیمار به‌وجود بیاورند. هدف از این تغییرات بررسی امکان کاهش زمان آن برای سرعت عمل بیشتر (با حفظ اثر تیمار) در آزمون بوده است که برای مثال منجر به کاهش ۶ چرخه به ۴ چرخه تیمار شده است. McNatt D., Link C. سال ۱۹۸۹ با بررسی‌های مختلف به این نتیجه رسیدند که مرحله انجماد اثر چندانی بر تخریب نمونه‌ها ندارد و قابل حذف است. (۱۱) از سویی با علم به اینکه اغلب تخته‌های مورد مصرف در درون خانه با استفاده از چسب اوره فرم‌آلدئید تولید می‌شوند و تحت شرایط ملایم‌تری هستند بنابراین استفاده از تیمار ملایم‌تر برای پیش‌بینی دوام بلندمدت سازه همخوانی بیشتری با شرایط واقعی

همه تخته‌ها برای ساخت جعبه‌های یک اندازه توسط ماشین CNC و با دقت یک صدم میلی‌متر بریده و سوراخ‌کاری شدند. سپس با استفاده از پیچ دستی کارگاهی و با دقت فراوان اتصال‌های گوشه محکم و عملیات پیچ بندی در آنها انجام شد. برابر توصیه‌های فنی Norboard در سال ۲۰۰۴ حفر سوراخ هادی برای پیشگیری از ترک خوردن تخته پیش از بستن پیچ ضروری است. (۱۰) قطر مته برای حفر این سوراخ پس از آزمون‌های مقاومت کششی بر روی تخته و پیچ ۹۲٪ قطر ریشه پیچ محاسبه شد. پس از ساخت جعبه‌ها گوشه‌های آنها برای بررسی قائمه بودن مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. در مورد جعبه‌های ساخته شده از تخته‌های روکش ملامینه پس از برش توسط ماشین CNC و پیش از مونتاژ، لبه چسبانی (با حفظ ابعاد نهایی برابر با تخته‌های بدون روکش) توسط ماشین لبه چسبان هم صورت گرفت. در نهایت ۲۵ جعبه از تخته‌های بدون روکش و لبه‌چسبان و ۲۵ جعبه از تخته‌های روکش ملامینه و لبه‌چسبان شده با نوار ABS تولید شدند.

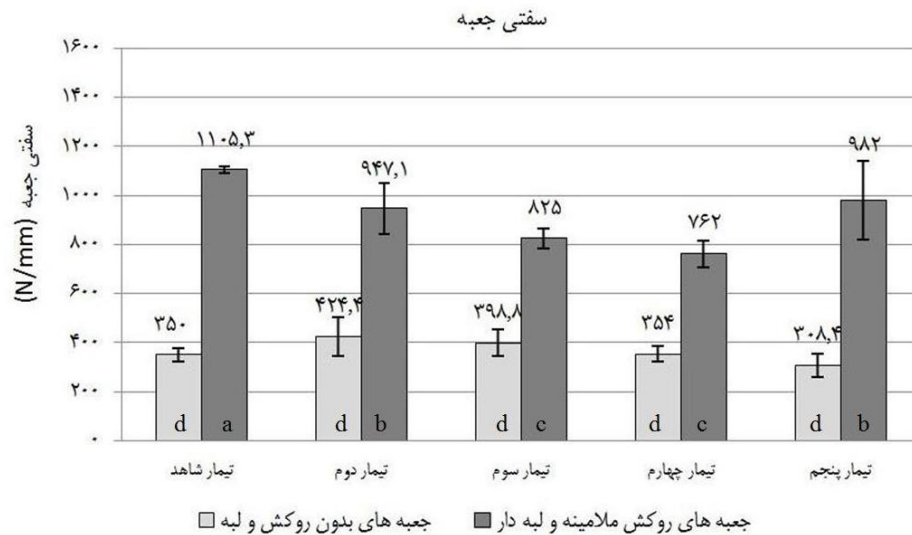
تیمار بهسازی شده برای استفاده در این آزمون در جدول ۳ آورده شده است. تیمار کهنگی تسریع شده مادر که در استاندارد ASTM 1037 آمده است برای بررسی طول

درون خانه از خود نشان می‌دهد. برای این منظور با کمک استاندارد DIN 321 که مربوط به تعیین مقاومت به جذب رطوبت در تخته MDF در شرایط محیطی مرطوب است، دمای آزمون تعدیل و به میزان ۷۰ درجه سلسیوس برابر این استاندارد کاهش یافت. از آنجایی که تحقیق‌های همانند برای تعیین حد بهینه تغییرات رطوبت نسبی در درون خانه در حین فعالیت‌های عادی و روزمره مانند پخت و پز و یا حمام رفتن (که رطوبت نسبی زیادی تولید می‌کنند) یافت نشد با تهیه یک دستگاه حسگر دقیق این تغییرات (در شرایط بدون وجود تهویه) اندازه‌گیری شد و در نهایت این میزان برابر با ۳۰ تا ۹۰٪ برای آزمون در نظر گرفته شد. با وجود همه‌ی به‌سازی‌های صورت گرفته نهایت تلاش به عمل آمد تا ساختار اصلی آزمون کهنگی تسریع شده که شامل مراحل متعدد و مهم دوره‌های خشکی و تری نمونه‌هاست حفظ شود. بر این مبنا تیمار جدول ۳ برای انجام آزمون کهنگی تسریع شده مورد استفاده قرار گرفت. تیمار شماره ۵ (T5) از لحاظ زمانی معادل مدت زمان تیمار واقعی کهنگی تسریع شده در استاندارد ASTM 1037 است اما در دیگر تیمارها (T2, T3, T4) زمان به نسبت ۲۵٪ در هر یک کاهش یافته تا اثر مدت زمان تیمار نیز دیده شود. برای مثال مدت زمان تیمار T2 در حدود ۲۵٪ زمان تیمار T5 است بنابراین این تیمار را شدیدترین تیمار نیز می‌توان نامید که در بخش نتایج با تیمار شاهد مقایسه شده است.

نتایج و بحث:

شکل ۳ تغییرات در سفتی جعبه‌ها، پس از تیمار را نشان می‌دهد. T1 نماینده نمونه‌های شاهد است و برابر جدول ۳ بر روی آنها هیچ گونه آزمون کهنگی اجرا نشده است. تیمارهای T2 تا T5 شرایط کهنگی تسریع شده را با شدت‌های مختلف تجربه کرده‌اند. مدت زمان تیمار T5 (طولانی‌ترین) برابر مقدار ذکر شده در استاندارد است. نتایج تغییرات در سفتی جعبه‌های ساخته شده از تخته‌های بدون روکش نشان دهنده افزایش سفتی جعبه به میزان حدود ۲۴٪ (نسبت به نمونه شاهد) پس از اعمال تیمار T2 است. به نظر می‌رسد عامل گرما به همراه رطوبت نسبی بالا در حین تیمار منجر به پیرولیز همی‌سلولزها در درون تخته شده و تخته‌ها را در برابر جذب آب مقاوم‌تر کرده و بدین وسیله با کاهش

هم‌کشیدگی و واکشیدگی از میزان تخریب (در نتیجه کاهش سفتی) تخته‌ها کاسته است. (۱۲) میزان سفتی در تیمارهای بعدی به مرور کاهش یافته و در نهایت در تیمار T5 نسبت به نمونه‌های شاهد حدود ۱۰٪ کاهش در سفتی جعبه را شاهد هستیم. اما روند تغییرات در سفتی جعبه‌های ساخته شده از تخته روکش ملامینه و لبه چسبان شده کمی متفاوت بوده و با آغاز تیمار T2 تا T4 روندی کاهشی و در نهایت افزایش در سفتی جعبه را شاهد هستیم. واکنش متفاوت کابینت‌های ساخته شده از دو نوع تخته در برابر آزمون کهنگی را می‌توان به وجود روکش ملامینه و نوار لبه‌چسبان بر روی تخته‌ها نسبت داد که به عنوان مانعی در برابر تبادل آزادانه با محیط اطراف در حین تیمار عمل کرده و اثر باهم گرما و رطوبت بر روی کاهش آبدوستی تخته‌ها را خنثی کرده است. علاوه بر این تغییرات شیمیایی در پلاستیک نوار لبه‌چسبان به دلیل گرما و همچنین تفاوت رنگ در نوار نمونه‌های T1 و T5 با نمونه‌های T2, T3 و T4 می‌تواند باعث ایجاد خطا (افزایش سفتی سازه) در نتایج نمونه‌های تیمار پنجم در مقایسه با تیمارهای دو تا چهار شده باشد. نوار لبه‌چسبان مصرفی در تمامی آزمون‌ها از تولیدات یک کارخانه و یک جنس و ضخامت بوده‌اند اما رنگ آنها در نمونه‌های اول و پنجم با نمونه‌های تیمار دو تا چهارم متفاوت بوده است. همچنین برابر نظر کارخانه تولیدکننده، امکان وجود تفاوت ۵ تا حداکثر ۱۵٪ در سفتی نوارها وجود دارد. با این حال امکان مقایسه سفتی نمونه‌های تیمار اول و پنجم بدون خطا ممکن و به قوت خود باقی است. کاهش سفتی کابینت در نمونه‌های ساخته شده از تخته روکش ملامینه و لبه چسبان شده در اثر اجرای تیمار T5 در مقایسه با نمونه شاهد خود (T1) در حدود ۱۱٪ است. این میزان نزدیک به مقدار کاهش سفتی کابینت در نمونه‌های ساخته شده از تخته بدون روکش و بدون لبه چسبان می‌باشد که به میزان ۱۰٪ بین نمونه‌های T5 و T1 اندازه‌گیری شد. با این حال کاربرد تخته روکش دار و لبه‌چسبان شده در ساخت جعبه بیش سه برابر در مقایسه با تخته بدون روکش و لبه‌چسبان سفتی سازه را می‌افزاید. این تفاوت حتی پس از تیمار کهنگی تسریع شده T5 نیز در هر دو نوع کابینت به همان میزان بوده و با مقایسه بین دو تیمار شاهد تفاوت چندانی نمی‌کند.



شکل ۳: نتایج سفتی در کابینت‌ها پس از اعمال آزمون کهنگی تسریع شده

کابینت آشپزخانه در طول عمر مفید خود (مانند دیگر انواع مبلمان) علاوه بر تحمل نوسان‌های گرمای-رطوبتی که باعث تخریب و کهنگی سازه می‌شوند تحت تاثیر بارهای مختلف ایستایی (استاتیکی) و پویایی (دینامیکی) نیز می‌باشد. شدت، مدت و تکرار بارهای وارده به‌ویژه اگر از مقدار تحمل بار در ناحیه کشسانی سازه فراتر رود اثر مخرب جداگانه خود را بر روی سازه دارد. در زندگی روزمره اغلب قفسه‌ها در ناحیه کشسانی خود بارگذاری شده که این نیروهای خارجی تخریب سازه را به‌همراه ندارد اما به مرور زمان با حفظ میزان بارگذاری همانند، ممکن است قفسه دچار ترک یا شکست شود که این امر می‌تواند بیانگر کاهش سفتی در اثر شرایط محیطی در بلند مدت باشد. در این مطالعه کابینت‌ها پس از اجرای آزمون کهنگی تحت تاثیر بار ایستایی قرار گرفته تا تنها اثر نوسان‌های گرمای-رطوبتی درون آشپزخانه بر تغییرات در ویژگی‌های کشسانی آنها بررسی شود. خوانندگان باید در نتیجه‌گیری‌های نهایی از این تحقیق آنرا به طور کامل مد نظر داشته باشند تا از خطای ارزیابی جلوگیری کنند. نتایج در قالب طرح به طور کامل تصادفی با کاربرد آزمون فاکتوریل و به‌کارگیری روش تجزیه واریانس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و توسط آزمون دانکن گروه بندی شد. نتایج گروه بندی دانکن بر روی شکل ۳ آمده است.

بطور قطع قسمت مهمی از این افزایش سفتی در جعبه‌های روکش ملامینه و لبه‌چسبان دار مربوط به ویژگی‌های کشسانی نوار لبه‌چسبان می باشد. نوار لبه‌چسبان هیچ یک از کابینت‌ها در حین آزمون جدا نشد. برای بررسی سطح تفاوت‌ها بین نوع تخته و تیمارها با سفتی و با احتمال ۹۵٪ جدول تجزیه واریانس ANOVA ترسیم و اثر مستقل و متقابل عامل‌های یاد شده بر سفتی جعبه‌ها مورد محاسبه قرار گرفت. پس از آن آزمون دانکن با کمک نرم‌افزار MSTATC انجام پذیرفت. جدول ۴ نتایج تجزیه واریانس را نشان داده که بیانگر معنی‌دار بودن تاثیر نوع تخته و تیمار در سطح ۱٪ بر سفتی جعبه‌ها است. همچنین با مقایسه میانگین‌ها بین تخته‌ها و تیمارها تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ ما بین تیمار شاهد کابینت‌های ساخته شده از تخته‌های بدون روکش و بدون لبه‌چسبان با تیمار T5 در همان نوع کابینت دیده نشد. اما این تفاوت در تخته‌های روکش ملامینه و لبه‌دار بین تیمار شاهد با تیمار T5 مشهود بود. از سوی دیگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ در سفتی جعبه در تمامی تیمارها مابین کابینت‌های ساخته شده از دو نوع تخته وجود داشت. این تفاوت‌های معنی‌دار آماری تاکید بر اثرگذاری همراه با تاخیر تیمارها بر روی جعبه‌های ساخته شده از تخته‌های MDF روکش ملامینه و لبه چسبان شده می باشد.

جدول ۴: جدول تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر سفتی جعبه

عوامل متغیر مستقل و متقابل	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی دار
نوع تخته	۳۸۸۰۰۶۲/۲۴۵	۱	۳۸۸۰۰۶۲/۲۴۵	۵۶۷/۶۵۲۷	**
تیمار (زمان)	۱۷۱۴۹۷/۸۲۰	۴	۴۲۸۷۴/۴۵۵	۶/۲۷۲۵	**
نوع تخته × تیمار	۲۳۳۵۲۸/۳۸۰	۴	۵۸۳۸۲/۰۹۵	۸/۵۴۱۳	**
** معنی دار با احتمال ۹۹٪ یا در سطح ۱٪					

نتیجه‌گیری:

به‌طور کلی کهنگی تسریع شده با ایجاد کاهش سفتی در تخته و اتصال‌های گوشه سازه اثر تخریبی بر سفتی کل سازه کابینت دارد. به عبارت دیگر ماندگاری قفسه در شرایط دارای نوسان رطوبتی-گرمای زیاد مانند آشپزخانه یا حمام اگر همراه با تهویه کافی نباشد به خودی خود منجر به کاهش سفتی یا ویژگی‌های کشسانی سازه در طول زمان می‌شود. هرگاه این ماندگاری همراه با استفاده مکانیکی کاربر نیز باشد (که اغلب چنین است) شدت تخریب با توجه به نوع و محل استفاده بیشتر خواهد شد. البته تغییرات در سفتی کابینت نوسان در خواص کشسانی آنرا در اثر اجرای آزمون‌ها نشان داده و با بیشینه توان تحمل بار کابینت متفاوت است. با توجه به تاثیر مثبت روکش و لبه‌چسبانی بر افزایش سفتی کابینت‌ها، کاربرد تخته‌های روکش‌دار و لبه‌چسبان شده در ساخت کابینت اکیدا توصیه می‌شود. در ضمن کاهش زمان آزمون از حد تعیین شده در استاندارد (T5) منجر به کاهش اثر کهنگی تسریع شده آزمایشگاهی بر روی نمونه‌ها شده و بنابراین کوتاه کردن زمان آزمون توصیه نمی‌شود زیرا نتایج متفاوتی به همراه دارد.

برای قطعی‌شدن درستی این پیش‌بینی در کاهش سفتی سازه جعبه لازم است تحقیقات میدانی با بازه ۵ الی ۱۰ ساله بر روی کابینت‌های همانند در محیط درون خانه (آشپزخانه یا حمام) که مورد استفاده فیزیکی-مکانیکی کاربر قرار نگرفته اند نیز انجام شود و سپس نتایج مقایسه شده و درصد خطای احتمالی آزمون گزارش شود. برای

تحقیقات بعدی توصیه می‌شود مقایسه‌ای بین سفتی نمونه‌های تیمار نشده و تیمار شده با شش چرخه کهنگی تسریع شده (به‌جای چهار چرخه اعمال شده در این تحقیق) انجام پذیرد. همچنین آزمون میدانی تغییرات سفتی در بازه‌های زمانی مختلف بر روی کابینت‌های همانند برای مقایسه و میزان هم‌خوانی با نتایج این آزمایش انجام پذیرد. همچنین توصیه می‌شود آزمون همانندی بر روی قفسه‌های پنج دیواره برای مقایسه سفتی صورت پذیرد.

قدردانی:

این تحقیق با کاربرد امکانات آزمایشگاهی گروه فناوری چوب در دانشگاه علوم کاربردی روزنهایم آلمان به انجام رسیده است. آقای اکبری به نمایندگی از شرکت کاسپین MDF قسمتی از هزینه‌های مواد اولیه این تحقیق را تامین اعتبار نمودند. آقای حمید زارع نیز در انجام تحلیل‌های آماری این تحقیق به اینجانب یاری رساندند. بدین وسیله مراتب قدردانی خود از ایشان اعلام می‌شود.

مراجع:

- [1] Eckelman C., Munz S., 1987 "Rational design of cases with front frames and semi-rigid joints" *Forest Product Journal*, Vol. 37, No. 6:25-30
- [2] Ho C.L., Eckelman C., 1994 "The use of performance tests in evaluating joints and fasteners strength in case furniture" *Forest Product Journal*, Vol. 44, No. 9 :47-53
- [3] Luppold W. G. ; Bumgardner M. S., 2009 "The wood household furniture and kitchen cabinet industries: A contrast in fortune" *Forest Product Journal*, Vol. 59, No. 11/12
- [4] Eckelman C., Rabiej R., 1985 "A comprehensive method of analysis of case furniture" *Forest Product Journal*, Vol. 35, No. 4:62-68
- [5] Lin Shin-Chao, Eckelman C., 1987 "Rigidity of furniture cases with various joint constructions" *Forest Product Journal*, Vol. 37, No. 1:23-27
- [6] Tankut N., 2009 "Effect of various factors on the rigidity of furniture cases" *African Journal of Biotechnology*, Vol. 8, No. 20:5256-5270
- [7] Haji Abdul Rajak Z.I., Eckelman C., 1993 "Edge and face withdrawal strength of large screws in particleboard and medium density fiberboard" *Forest Product Journal*, 43(4):25-30
- [8] Haji Abdul Rajak Z.I., Eckelman C., 1996 "Analysis of corner joints constructed with large screw" *Journal of Tropical Forest Products*. 2(1):80-92
- [9] Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials, Annual Book of ASTM Standard, 04.10, D 1037-99, 2001
- [10] Norbord, 2004 "Medium density fiberboard: How to use MDF screws, MDF from Start to Finish" Technical Data Sheet. Composite Panel Assoc., Gaithersburg, MD
- [11] McNatt J. D., Link C., 1989 "Analysis of ASTM D 1037 accelerated aging test" *Forest Product Journal*, Vol. 39, No.10
- [12] Cost: Wood-based panels: an introduction for specialists, Brunel University Press, 2010 p. 271-277

Stiffness changes in MDF kitchen cabinet after accelerated aging test

A. Fathollahzadeh^{1*}, A.A. Enayati², Y. Z. Erdil³, M.Tajvidi⁴

PhD Candidate¹, Professor² & Assistant Professor⁴, Department of Wood & Paper Sciences and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran
Professor³, Department of Wood Technology and Furniture Design, Mugla University, Turkey

Abstract:

Board-made square/rectangular shapes are considered as the basic structures in case goods production such as closet or kitchen cabinet. In this experiment real size square shape kitchen cabinet have been manufactured using screw and two types of board, bare MDF without edge band and melamine overlaid MDF with edge band, both were exposed to accelerated aging test. Totally 50 boxes have been constructed and tested. 25 boxes manufactured with bare MDF and without edge band and 25 boxes (which were exactly similar) with melamine overlaid MDF with edge band. Total of five treatments (including control samples) which were only different in aging time, have been implemented on cabinets. Then the stiffness of these kitchen cabinets has been evaluated. Results of statistical analysis showed that the effect of treatments on the stiffness of melamine overlaid MDF cabinets with edge band is significant at 1% level (confidence level of 99%). Comparison of T1 (control) and T5 (harshes) treatment showed that in both board types structure nearly 10% decrease in cabinet stiffness happened. The same rate of reduction after the harshes aging in stiffness of both types of cabinets compared to their control samples was observed. Nevertheless cabinets manufactured with melamine overlaid MDF with edge band have demonstrated more than three times the stiffness of the cabinets manufactured of bare MDF without edge band. This proves that the effect of overlaid and edge band in increasing stiffness of cabinets is very outstanding.

Key words: stiffness, kitchen cabinets, furniture, accelerated aging, MDF board

* Corresponding author: fath1979@yahoo.com