

## اثر گونه و ضخامت لایه چوبی بر ویژگیهای مکانیکی چوبهای لایه‌ای<sup>۱</sup> (L. V. L)

امیر نوربخش<sup>۲</sup>، تقی طبرسا<sup>۳</sup>، ابوالفضل کارگرفرد<sup>۲</sup> و فرداد گلبابایی<sup>۲</sup>

### چکیده

ساخت چوبهای لایه‌ای (L. V. L) از دو گونه جنگلی توسکا و افرا مورد بررسی قرار گرفته است. در این بررسی سه ضخامت لایه ۲، ۳ و ۴ میلیمتر نیز مورد توجه قرار گرفته است. اندازه‌گیری مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته، مقاومت به فشار موازی الیاف و مقاومت به ضربه بر طبق دستورالعمل استاندارد DIN انجام شده است.

نتایج این بررسی نشان داده است که ویژگیهای مقاومتی چوب لایه‌ای از گونه توسکا بهتر از گونه افرا بوده است. تجزیه و تحلیل آماری نشان داده است که تأثیر گونه چوبی بر ویژگیهای مقاومتی اندازه‌گیری شده در سطح ۱٪ معنی‌دار است. همچنین نتایج این بررسی نشان داده است که ضخامت لایه‌ها تأثیر معنی‌داری بر ویژگیهای مقاومتی داشته است. با افزایش ضخامت لایه‌ها از ۲ به ۴ میلیمتر در ضخامت ثابت تخته لایه‌ای مدول الاستیسیته خمشی کاهش و مقاومت به ضربه افزایش یافته است. با توجه به اثر متقابل بین گونه و ضخامت مشخص شده است که استفاده از گونه توسکا در ضخامت ۴ میلیمتر باعث حداکثر شدن مقاومت به ضربه در چوبهای لایه‌ای گردیده است.

**واژه‌های کلیدی:** چوب لایه‌ای، توسکا، افرا، مقاومت خمشی، مقاومت به فشار موازی الیاف، مقاومت به ضربه

1- Laminated Veneer Lumber

E-mail: [nour@rifr-ac.ir](mailto:nour@rifr-ac.ir)

۲- اعضاء هیأت علمی مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع.

۳- استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

### مقدمه

محصولات مرکب چوبی یکی از بخشهای مهندسی شده در صنایع فرآورده‌های چوب می‌باشد. محصولات مرکب چوبی با اتصال مقطع I بیش از ۴۰ درصد فرآورده‌های ساختمانی در ایالات متحده می‌باشد و چوبهای لایه‌ای به‌عنوان ماده اولیه در این نوع محصولات مورد استفاده می‌باشد. کشور آلمان نخستین تولیدکننده چوبهای لایه‌ای در جهان است. اما در مدت نسبتاً کوتاهی این تکنیک در سراسر اروپا گسترش یافت. بهبود کیفیت چوب در جنگ جهانی اول موجب شد که ابتدا از چوبهای لایه‌ای در صنایع هواپیماسازی استفاده شود سپس به‌عنوان چوبهای ساختمانی در دنیا مورد توجه قرار گرفت. در اوایل سال ۱۹۳۰ بررسی‌هایی جهت توسعه و پیشرفت تکنیکهای ساخت، طرح تنش و اندازه‌گیری چوبهای لایه‌ای برای ساختمان در آزمایشگاه فرآورده‌های مرکب چوب ایالات متحده آمریکا انجام گرفت. اولین ساخت چوب لایه‌ای به‌صورت پیشرفته و علمی در سال ۱۹۳۴ در آزمایشگاه فرآورده‌های مرکب چوب ایالات متحده آمریکا در Madison صورت گرفت. با توسعه رزین‌های مصنوعی پایدار چوبهای لایه‌ای در ساخت پلها و کامیونها و اسکله مورد توجه قرار گرفت. چوبهای لایه‌ای در حجم وسیعی با استفاده از انواع رزین‌ها در حال تولید می‌باشند. چوبهای لایه‌ای می‌تواند در ضخامتهای مختلف براساس نوع گونه ساخته شود. روشهای لایه‌گذاری در محصولات مرکب چوبی می‌تواند به‌عنوان عاملی مهم در تعیین ویژگیها نقش داشته باشد. با استفاده از تکنولوژی لایه‌ای کردن امکان دستیابی به ارزش افزوده بالاتر و استفاده از ماده اولیه نامرغوب در تولید محصولات جدیدتر امکان‌پذیر می‌باشد. در چوبها عیوبی نظیر گره، کج تار، پوسیدگی و... وجود دارد که استفاده از آن را محدود ساخته و استحکام مکانیکی آن را کاهش می‌دهد. با قرار دادن لایه‌های چوبی از چوبهای ماسیو می‌توان این عیوب را کنترل کرد. روش ساخت چوبهای لایه‌ای در ساخت قطعات کوچکتر هم مورد استفاده دارد که از آن جمله می‌توان به

چوب ضربه اشاره نمود که باید دارای کیفیت و مقاومت بالایی باشند. روند مصرف چوبهای لایه‌ای در دنیا رو به افزایش بوده است. مصرف چوبهای لایه‌ای در راه آهن، کارخانه‌های نساجی، ساختمان‌سازی و پوشش سالن‌های بزرگ با دهانه‌های طویل، خرپاهای چوبی، تیرهای مرکب، تیرهای قالب بتون و سایر قالبها، داربستها، اتاق کامیون، کف ماشینها و انواع کانتینرها و غیره مورد توجه بوده است. بدین منظور تحقیقات گسترده‌ای در ساخت چوبهای لایه‌ای در دنیا صورت گرفته است که به ذکر تعدادی از آنها می‌پردازیم.

Kimmel و Janowiak (۱۹۹۵) در بررسی خود درباره ساخت چوبهای لایه‌ای از چوب افرای قرمز به این نتیجه رسیدند که این گونه جهت ساخت چوبهای لایه‌ای مناسب می‌باشد. در این بررسی امکان درجه‌بندی لایه‌ها به کمک امواج ماورای صوتی نیز مورد نظر قرار گرفته است. آنان به این نتیجه رسیدند که در زمان استفاده از چوب افرای قرمز ویژگیهای مکانیکی چوبهای لایه‌ای در حد مناسب و استاندارد قرار داشته است. در این بررسی استفاده از چوب افرای قرمز به ضخامت لایه‌های ۱/۲ و ۲ اینچ در تولید این فرآورده مورد نظر قرار گرفته است. همچنین امکان ارزیابی محصول به کمک امواج ماوراء صوت نیز بررسی گردیده است. نتایج نشان داده است که مقاومت خمشی تخته‌های ساخته شده در حد مناسبی قرار داشته است.

Laufenberg (۱۹۸۲) در بررسی‌ایی که در مورد نقش چوبهای لایه‌ای (L. V. L) در معرض شرایط محیطی انجام داده است عنوان می‌کند که چوبهای لایه‌ای نسبت به الوارهای ساختمانی دارای ویژگیهای بسیار برتری هستند. این موضوع چوبهای لایه‌ای را در مصارف تیرهای لایه‌ای (Glulam) متمایز ساخته است. در این بررسی عنوان شده بود که ویژگیهای مقاومت برشی خط چسب و درصد جدایی لایه‌ها در سطح مناسبی قرار داشته است. در شرایط محیطی با رطوبت بالا چوبهای لایه‌ای نسبت به الوارهای ساختمانی مقاوم‌تر بوده‌اند. در تجزیه تحلیل عناصر محدود عنوان شده بود که

فشارهای ناشی از رطوبت در مواد لایه‌ای که ناشی از بخشهای چوب ماسیو می‌باشد سبب تغییرات زاویه دواير بين لایه‌ها گردیده است. جهان لیتیاری و همکاران (۱۳۷۹) در بررسی که بر روی ساخت چوبهای لایه‌ای L. V. L. و L. B.<sup>۱</sup> و تعیین خواص کاربردی آنها انجام داده‌اند بیان داشتند که ویژگیهای مقاومتی چوب لایه‌ای مرمر بیشتر از افرا و راش بوده است. آنها مشاهده کردند که با افزایش فشار پرس مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته چوبهای لایه‌ای زیادتر شده است. از طرف دیگر مقاومت برشی در فشار زیادتر کاهش داشته است. همچنین آنان بیان داشتند که اثر ضخامت لایه در ویژگی الاستیسیته خمشی معنی‌دار بوده است به طوری که در ضخامت ۴ میلیمتر بالاترین مدول الاستیسیته خمشی بدست آمده است.

مطالعات و بررسیهایی که توسط Bodig و William (۱۹۸۹) در جهت استفاده از چوبهای لایه‌ای در مصارف خارجی انجام دادند استفاده از چوبهای پهن‌برگ و سوزنی‌برگ را امکان‌پذیر دانسته‌اند. در این بررسی محققان فوق اعلام کردند که طراحی و نقش چوبهای لایه‌ای در مصارف مبلمان و ساختمان حائز اهمیت بوده است. نقش ضخامت لایه و رزین در این میان بیشتر بوده است.

تحقیقات در تکنولوژی لایه‌ای کردن محدود به بررسیهای استفاده از منابع چوبی نبوده، بلکه تأثیر عوامل ساخت بر ویژگیها و خصوصیات مهندسی تیر مورد ارزیابی قرار گرفته است. Ohya و همکاران (۱۹۸۹) اثر ترکهای حاصل از پرس لایه بر مقاومت خمشی چوب لایه‌ای را مورد بررسی قرار داده‌اند. لایه‌های بریده شده به وسیله روش تراشه‌زنی در زاویه ۸۰ درجه دارای ترکهای کمتری هستند و مدول الاستیسیته چوب لایه‌ای از آنها زیادتر از چوب لایه‌ای با زاویه برش ۵۰ درجه است. به علاوه اگر لایه‌های دارای ترک برش در سطح تحت کشش چوب لایه‌ای قرار گیرند، اثر آنها بر

---

1- Laminated Beam

مقاومت خمشی زیادتر است. Bohannan (۱۹۷۲) در بررسی ویژگیهای مقاومتی چوبهای لایه‌ای به این نتیجه رسیده است که چوبهای لایه‌ای با مقاومت معین را می‌توان با شناسایی مناطق فشار کمتر در سطح مقطع آن و انتخاب صحیح لایه‌ها طراحی کرد. بدین ترتیب در مناطقی که چوب لایه‌ای تحت بار (تنشی) فشار کمتری برخوردار می‌باشد می‌توان از مواد با کیفیت نامرغوب‌تر استفاده کرد. نامبرده برای یکی از مهمترین عیبهای چوب یعنی گره و پیچش الیاف اهمیت زیادی قائل است.

Kong و Park (۱۹۸۸) اثر زمان پرس کردن، میزان مصرف چسب، رطوبت لایه‌ها و فاصله در اتصال انتهایی و نوع چسب را بر مقاومت اتصال در چوب لایه‌ای مورد بررسی قرار داده‌اند. از بین پنج نوع چسب مورد بررسی، وینیل اورتان مایع بهترین نتایج را داشته است. در این مورد زمان پرس ۱۲ ساعت در فشار ۱۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و میزان چسب ۲۰۰ گرم بر متر مربع برای رسیدن به مقاومت برشی ۵۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع ضروری است. همچنین آنان بیان کردند که در اثر زیاد شدن رطوبت لایه‌ها مقاومت اتصال در چوب لایه‌ای کاهش یافته است. هدف از این بررسی مطالعه اثر ضخامت لایه در سه سطح ۲، ۳ و ۴ میلیمتر و نوع گونه مصرفی شامل توسکا و افرا در ساخت چوبهای لایه‌ای می‌باشد.

### مواد و روشها

عوامل مورد بررسی شامل عوامل ثابت و متغیر در نظر گرفته شده است.

عوامل متغیر شامل نوع گونه چوبی:

توسکای قشلاقی (*Alnus glutinosa*) و افرا پلت (*Acer insigin*)

ضخامت لایه: ۲ و ۳ و ۴ میلیمتر

**عوامل ثابت:** درجه حرارت پرس، زمان پرس، نوع چسب مصرفی (فنل - فرم آلدید با میزان درصد ماده خشک ۲۴ درصد، pH برابر ۹)، میزان مصرف چسب، میزان هاردنر، ابعاد نمونه، دانسیته تخته و سایر شرایط ساخت ثابت در نظر گرفته شده است.

**روش ساخت:** نمونه برداری از چوب گرده بینه‌های سالم با قطر متوسط ۶۰ سانتیمتر، بدون پوسیدگی از جنگل آموزشی شصت کلاته گرگان صورت پذیرفت. گرده بینه‌هایی استحصالی جهت پخت به کارخانه رزین فیبر گرگان منتقل گردید. گرده بینه‌هایی فوق پس از چهار تراش شدن درون حوضچه قرار گرفتند. درجه حرارت حوضچه پخت ۸۰ درجه سانتیگراد و عمل پخت پس از ۴ روز انجام گردید. پس از پخت چوبهای چهار تراش اقدام به تهیه لایه گردید. این کار توسط دستگاه لایه‌گیر افقی برای ضخامتهای ۲، ۳ و ۴ میلیمتر صورت پذیرفت. بعد توسط دستگاه خشک کن لایه تونلی در دمای ۷۲ درجه سانتیگراد و ۱۲ دقیقه صورت گرفت. رطوبت لایه‌ها تا ۹ الی ۱۰ درصد خشک گردید. دامنه رطوبت لایه‌ها قبل از خشک کردن ۱۴ - ۱۵ درصد و بعد از آن ۹-۱۰ درصد بدست آمده است. بعد از اینکه لایه‌ها به رطوبت مورد نظر رسیدند به وسیله چسبزن غلطکی لایه‌ها از بین دو غلطک آغشته به چسب عبور داده شدند. مقدار مصرف چسب به‌طور ثابت و برابر ۲۰۰ گرم در متر مربع در نظر گرفته شده بود. عمل جور کردن لایه‌ها براساس دانسیته تخته ۱/۲ گرم بر سانتیمتر مکعب کنترل گردید. پس از آماده‌سازی لایه‌ها عمل پرس کردن صورت گرفت در این بررسی از دمای ۱۳۰ درجه سانتیگراد و فشار پرس ۸۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع استفاده گردید. کل زمان بسته شدن پرس ۲ ساعت و زمان خنک سازی نیز ۲ ساعت ثابت در نظر گرفته شد. پس از ساخت تخته‌ها به ضخامت اسمی ۲ سانتیمتر جهت رسیدن به رطوبت تعادل محیط به مدت ۴۵ روز در شرایط کلیماتیزه قرار گرفت. جهت تهیه نمونه‌های

آزمایشگاهی با استفاده از اره گرد و مطابق با استاندارد DIN نمونه‌های مقاومت خمشی، مقاومت به فشار موازی الیاف و مقاومت به ضربه تهیه گردید.

**اندازه‌گیری ویژگیهای فیزیکی و مکانیکی:** با توجه به موارد مصرف عدیده چوبهای لایه، ویژگیهای خمشی، فشاری و ضربه آنها مورد آزمون قرار گرفتند. جهت اندازه‌گیری مقاومت خمشی از دستگاه آزمایشگر Shenk Trable با ظرفیت ۴۰ کیلو نیوتن و با سرعت ۱۵ میلی‌متر بر دقیقه نیرو عمود بر ضخامت نمونه عرض لایه‌ها اعمال گردید ابعاد نمونه‌ها  $28 \times 2 \times 2$  سانتیمتر اندازه‌گیری شدند. جهت اندازه‌گیری مقاومت به فشار موازی الیاف از دستگاه آزمایشگر Instron-1186 با ظرفیت ۲۰۰ کیلو نیوتن استفاده شده است. ابعاد نمونه‌ها  $6 \times 2 \times 2$  سانتیمتر اندازه‌گیری شدند. همچنین مقاومت به ضربه در جهت عمود بر ضخامت لایه‌ها توسط دستگاه Amsler انجام گرفت و ابعاد نمونه‌ها  $28 \times 2 \times 2$  سانتیمتر در نظر گرفته شده بود.

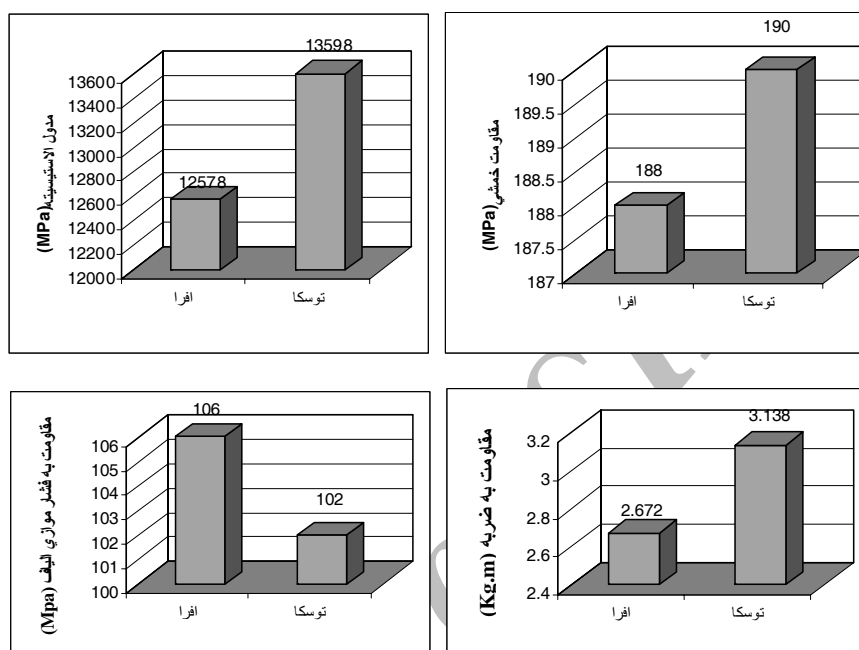
**تجزیه و تحلیل آماری:** از آنجایی که هر تخته لایه‌ای به عنوان تکرار در هر تیمار در نظر گرفته شده است، ۱۸ تخته لایه‌ای ساخته و نتایج در قالب طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی و با استفاده از روش تجزیه واریانس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. با استفاده از آزمون F مقادیر هر عامل و اثر متقابل عوامل در سطح ۱ و ۵ درصد برای هر ویژگی مقایسه گردید.

## نتایج

اثر مستقل گونه مصرفی: نتایج تجزیه و تحلیل آماری نشان داده است که اثر گونه چوبی بر مدول الاستیسیته خمشی و مقاومت به ضربه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بوده است. با تغییر گونه چوبی از افرا به توسکا میزان مدول الاستیسیته خمشی ۸/۱ درصد افزایش داشته است. همچنین مشخص شده است که استفاده از گونه توسکا سبب افزایش ۱۷/۴۴ درصدی مقاومت به ضربه در چوب لایه‌ای نسبت به گونه افرا شده است. اثر استفاده از گونه توسکا در ساخت چوبهای لایه‌ای نسبت به گونه افرا مشخص‌تر بوده است. افزایش پلیمریزاسیون چسب فنل - فرم‌آلدید به همراه لایه‌های چوب توسکای قشلاقی با دانسیته کمتر یکی از دلایل افزایش برخی ویژگیها می‌باشد که سبب سخت‌تر شدن اتصال میان چسب و چوب گردیده است.

Archive of SID

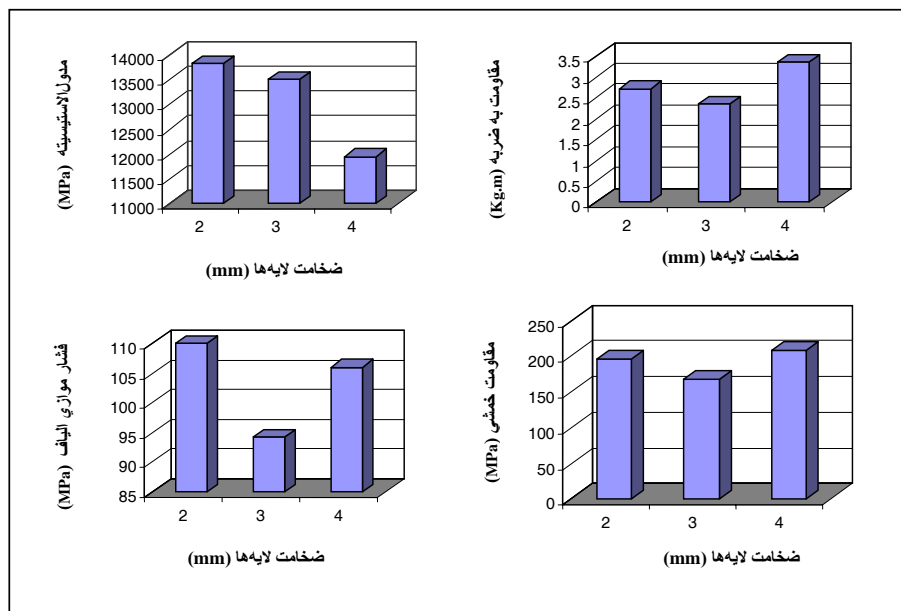




شکل شماره ۱- اثر مستقل گونه بر ویژگیهای مکانیکی چوبهای لایه‌ای

با توجه به شکل شماره ۱ گسیختگی چوبهای لایه‌ای ساخته شده از گونه توسکا مشخص شده است که اکثر شکستگیها به صورت عمودی بر ضخامت چوب لایه‌ای بوده است که نشان دهنده مقاومت بالاتر این گونه می‌باشد.

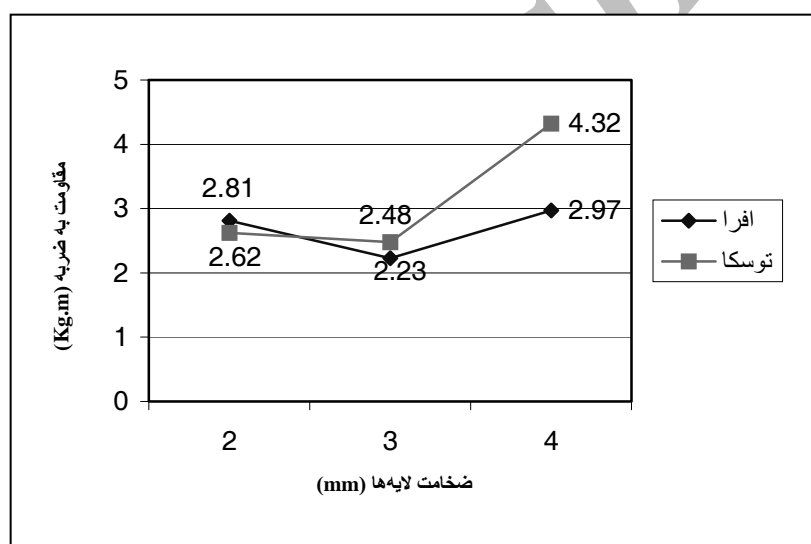
اثر مستقل ضخامت لایه‌ها: نتایج تجزیه و تحلیل آماری نشان داده است که اثر ضخامت لایه‌ها بر مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته خمشی، فشار موازی الیاف و مقاومت به ضربه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بوده است. با افزایش ضخامت لایه‌ها از ۲ به ۳ میلیمتر میزان مقاومت خمشی ۱۰ درصد کاهش و با افزایش ضخامت از ۳ به ۴ میلیمتر ۱۹/۶ درصد افزایش یافته است. بالاترین میزان مقاومت خمشی در ضخامت ۴ میلیمتر بدست آمده است. همچنین با افزایش ضخامت لایه‌ها از ۲ به ۳ میلیمتر میزان مدول الاستیسیته خمشی ۲/۹۷ درصد و از ۳ به ۴ میلیمتر ۱۱/۵۵ درصد افزایش داشته است. با افزایش ضخامت لایه‌ها از ۲ به ۳ میلیمتر میزان مقاومت به فشار موازی الیاف ۱۷/۲۷ درصد کاهش و با افزایش ضخامت از ۳ به ۴ میلیمتر ۱۱/۵۶ درصد افزایش یافته است. با افزایش ضخامت لایه‌ها از ۲ به ۳ میلیمتر میزان مقاومت به ضربه ۲۵/۴۷ درصد کاهش و با افزایش ضخامت از ۳ به ۴ میلیمتر ۱۲/۸۹ درصد افزایش یافته است. ضخامت لایه در چوبهای لایه‌ای به‌عنوان مهمترین عامل مورد بررسی قرار گرفته است. چوبهای لایه‌ای ساخته شده در ضخامت ۴ میلیمتر دارای بالاترین مدول الاستیسیته خمشی و معادل ۱۳۸۲۰ مگاپاسکال می‌باشند. همچنین چوبهای لایه‌ای ساخته شده در ضخامت ۲ میلیمتر دارای بالاترین فشار موازی الیاف و معادل ۱۱۰ مگاپاسکال می‌باشند. جهان لتیباری و همکاران (۱۳۷۹) در بررسی‌ایی که در مورد ساخت چوبهای لایه‌ای L.V.L و L.B و تعیین خواص کاربردی آنها انجام داده‌اند عنوان می‌کنند که ویژگیهای مقاومتی چوب لایه‌ای ممرز بیشتر از افرا و راش بوده است. آنها مشاهده کردند که با افزایش فشار پرس مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته چوبهای لایه‌ای زیادتر شده است. از طرف دیگر مقاومت برشی در فشار زیادتر کاهش داشته است. همچنین آنان بیان داشتند که اثر ضخامت لایه در الاستیسیته خمشی معنی‌دار بوده است به طوری که در ضخامت ۴ میلیمتر بالاترین مدول الاستیسیته خمشی بدست آمده است.



### شکل شماره ۲- اثر مستقل ضخامت لایه بر خواص مقاومت خمشی چوب لایه‌ای

اثر متقابل ضخامت لایه و گونه مصرفی: نتایج تجزیه و تحلیل آماری نشان داده است که اثر متقابل بین گونه و ضخامت لایه‌ها بر مقاومت به ضربه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بوده است. با توجه به اثر متقابل بین گونه و ضخامت لایه مشاهده شده است که چوب لایه‌ای ساخته شده از توسکا و در ضخامت ۴ میلیمتر بالاترین مقاومت به ضربه معادل ۴/۳۱۵ کیلوگرم در متر را داشته است. همچنین چوب لایه‌ای که با استفاده از گونه افرا و در ضخامت ۴ میلیمتر ساخته شده است در رتبه بعدی معادل ۲/۹۷۲ کیلوگرم در متر قرار گرفته است. ضخامت لایه در چوبهای لایه‌ای به‌عنوان عاملی مهم در تعیین مقاومت به ضربه می‌باشد. چوبهای لایه‌ای ساخته شده در ضخامت ۴ میلیمتر دارای بالاترین مقاومت به ضربه می‌باشند. بررسیهایی که توسط Bodig و William

(۱۹۸۹) در جهت استفاده از چوبهای لایه‌ای در مصارف خارجی انجام دادند عنوان می‌کنند که استفاده از چوبهای پهن‌برگ و سوزنی‌برگ امکان‌پذیر بوده است. در این بررسی محققان فوق‌الذکر اعلام کردند که طراحی و نقش چوبهای لایه‌ای در مصارف مبلمان و ساختمان حائز اهمیت بوده است. نقش ضخامت لایه و رزین در این میان بیشتر بوده است.



شکل شماره ۳- اثر متقابل بین گونه مصرفی و ضخامت لایه بر مقاومت به ضربه

### بحث

در این بررسی اثر دو عامل نوع گونه چوبی و ضخامت لایه‌ها بر مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته خمشی، مقاومت به فشار موازی الیاف و مقاومت به ضربه مورد مطالعه قرار گرفته است.

تأثیر گونه چوبی برای مقاومت‌های مکانیکی چوبهای لایه‌ای معنی‌دار بوده است. برای مقاومت خمشی گونه توسکا دارای برتری محسوسی نسبت به گونه افرا بوده است. چوب توسکا به دلیل نرم بودن و داشتن الیاف مناسب و وزن مخصوص کمتر دارای کیفیت بهتر برش در سطوح و میزان فشردگی مناسبتر در پرس بوده است و اتصال این گونه با رزین فنل - فرم آلدیید سبب اتصالات محکم‌تر و قوی در حالت خمشی شده است. همچنین پدیده شکستگیهای ریز و پنهانی و ترکهای خشک شدن در آن کمتر بوده است. مدول الاستیسیته خمشی در گونه توسکا دارای برتری بوده است. فشار موازی الیاف و مقاومت به ضربه نیز در گونه توسکا نسبت به گونه افرا بیشتر بوده است.

تأثیر ضخامت لایه‌ها بر مقاومت‌های مکانیکی معنی‌دار بوده است. به طور کلی در ضخامت‌های ۲ و ۴ میلیمتر در آزمونهای خمشی، فشار موازی الیاف و ضربه حداکثر ویژگیها بدست آمده است ولی در ضخامت ۳ میلیمتر کاهش را ملاحظه می‌کنیم که می‌تواند به دلیل افزایش ترکهای ناشی حین خشک کردن و عدم چسب‌پذیری مناسب در سطوح لایه‌ها و در نتیجه کاهش مقاومتها رخ داده است. مدول الاستیسیته خمشی با افزایش ضخامت لایه از ۲ به ۴ میلیمتر کاهش یافته است. مقاومت نمونه‌های با لایه نازک‌تر زیادت‌ر از لایه‌های ضخیم‌تر می‌باشد. بنابراین انتظار می‌رود که مدول الاستیسیته خمشی چوب لایه‌ای در ضخامت‌های کمتر بیشتر از چوبهای لایه‌ای ساخته شده با ضخامت‌های بیشتر باشد. چوبهای لایه‌ای ساخته شده در ضخامت ۴ میلیمتر دارای کمترین مدول الاستیسیته خمشی می‌باشند. همچنین چوبهای لایه‌ای ساخته شده در ضخامت ۴ میلیمتر دارای بیشترین فشار موازی الیاف می‌باشند.

## منابع مورد استفاده

- ۱- جهان لتیباری، ا.، عرب‌تبار فیروزجایی، ح.، گلبابایی، ف.، کارگرفرد، ا. و نوربخش، ا.، ۱۳۷۹. بررسی ساخت چوبهای لایه‌ای L. V. L, L. B. و تعیین خواص کاربردی آنها. مجله تحقیقات چوب و کاغذ ایران، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع. شماره انتشار ۱۳۷۹-۲۵۱ صفحه ۱-۳۸.
- 2- Bohannon, B. 1972. Strength Criteria of Glued Laminated Timber. National Bureau of Standards. Special Pub. no. 361. USA.
- 3- Kimmel, J. D.; Janowiak, J. J. 1995. Red maple and yellow-poplar LVL from Ultrasonically Graded Veneer. Forest Products Journal. 45(7/8):54-58.
- 4- Laufenberg, T. L. 1982. Exposure Effect upon Performance of Laminated Veneer Lumber and Glulam Materials. Forest Products Journal. 32(5):42-48.
- 5- Ohya, S., S. Kitayama, M. Kawaguchi, 1989. The Effect of Veneer Quality on the Bending Strength of Laminated Wood. Mokuzai-Gakkaishi, J. of the Japan Wood Research society 35(10).
- 6- Park, S. B., Y. T. Kong, J. M. Jo, 1988. Effect of Adhesion Conditions on Bonding Strength of Pitch Woods for Laminated Wood. Mogjae Gongkak, J of the Korean Wood-Science and Technology 16(4):48-53.
- 7- William, L. Bodig, J. 1989. Design and Specification of Hard Wood Laminated Veneer-Lumber for Furniture Application. Forest Products Journal Vol: 38 - no: 1.