

## بررسی تأثیر استیلایون چوب راش بر میزان چسبندگی سطحی رنگ‌های شفاف (سیلر-کیلر و نیم پلی‌استر)

شهرام طهماسبی<sup>۱</sup>، بهزاد بازاریار<sup>۲\*</sup>، حبیب‌الله خادمی اسلام<sup>۳</sup> و محمد غفرانی<sup>۴</sup>

۱- کارشناس ارشد، گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۲- نویسنده مسئول، استادیار، گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، پست الکترونیک: [bazyar@srbiau.ac.ir](mailto:bazyar@srbiau.ac.ir)

۳- دانشیار، گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۴- استادیار، گروه صنایع چوب، دانشکده عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۹۴

### چکیده

در این تحقیق تأثیر استیلایون چوب راش بر کاهش میزان چسبندگی سطحی رنگ‌های شفاف سیلر-کیلر و نیم پلی‌استر مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور تخته‌هایی از چوب راش (*Fagus Orientalis*) با رطوبت نسبی ۱۲ درصد و ابعاد ۱۲ × ۱۱۰ × ۱۱۰ میلی‌متر در سطوح مماسی و شعاعی تهیه و توسط استیک انیدرید در دو سطح ۱۲/۵ و ۱۵/۵ درصد تیمار شدند، سپس طی دو فرایند جداگانه توسط رنگ‌های شفاف سیلر-کیلر و سیلر-نیم پلی‌استر پوشش داده شدند. برای بررسی تأثیر فرایند استیلایون بر ساختار چوب تیمار شده از طیف FT-IR استفاده شد. نتایج این آزمون که توسط نرم‌افزار SPSS (۶ تکرار برای هر نمونه) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت، نشان داد که میزان کاهش چسبندگی در سطح شعاعی چوب راش بیشتر از سطح مماسی آن است. البته در میان نمونه‌های تیمار شده، بیشترین کاهش چسبندگی مربوط به نمونه‌های استیله با شدت استیلایون ۱۵/۵ درصد می‌باشد و کمترین میزان کاهش چسبندگی در نمونه‌های کنترل ملاحظه شد. نتایج همچنین نشان داد که استفاده از پوشش رنگ سیلر-نیم پلی‌استر در مقایسه با پوشش رنگ سیلر-کیلر دارای مقاومت چسبندگی بالاتری است.

واژه‌های کلیدی: استیلایون، سیلر-کیلر، نیم پلی‌استر، راش، مقاومت چسبندگی

### مقدمه

کاربرد آن گردد. این نیز به نوبه خود موجب کاهش فشار بر منابع محدود تولید چوب شده و به حفظ ذخائر ارزشمند چوبی و جنگل‌های طبیعی کمک می‌کند و نیاز به جایگزینی محصولات چوبی در کوتاه‌مدت را برطرف می‌سازد (Nilofari, Kasnez, 2005; 1985). یکی از مهمترین عوامل مؤثر بر کاهش دوام چوب و پایداری ابعاد آن، تغییرات رطوبتی چوب است. وجود رطوبت بالا در چوب، علاوه بر اینکه زمینه حمله

چوب به عنوان یک ماده طبیعی دارای محدودیت‌هایی در هنگام مصرف است. تغییرات ابعادی، جذب رطوبت، تخریب پذیری در برابر عوامل مخرب جوی و امکان تخریب زیستی از جمله مهمترین این محدودیت‌ها محسوب می‌گردد. استفاده از مواد و روش‌های مناسب اصلاح چوب می‌تواند سبب افزایش دوام چوب و بهبود بسیاری از مشخصات

پلی استر به عنوان یک لایه محافظ بر روی چوب، علاوه بر افزایش زیبایی، از لحاظ اقتصادی نیز تأثیرگذار است. Faucheu و همکاران (۲۰۰۶) تأثیر پوشش دادن سطح چوب با رنگ‌های شفاف را مورد بررسی قرار دادند. آنان دریافتند با پوشش دادن سطح چوب با رنگ‌های شفاف، عملکرد مقاومت چوب در مقابل عوامل محیطی تا حد قابل ملاحظه‌ای بهبود می‌یابد. keshani langrodi و Parsapazhooch (۲۰۰۶) در بررسی کارایی سیلر-کیلر و نیم پلی استر بر خواص کاربردی مبلمان ساخته شده از چوب و تخته لایه راش به این نتیجه دست یافتند که استفاده از نیم پلی استر می‌تواند پوششی مطلوب برای حفاظت چوب و تخته لایه در برابر آب باشد.

Eldwson و همکاران (۲۰۰۳) اثر پوشش رنگ پلی استر و واکنشیدگی ضخامت چوب را مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از تحقیقات آنان نشان داد که پوشش رنگ پلی استر ساختار صلبی دارد و با وجود ترک‌های ریز که در اثر کهنگی در چوب به وجود می‌آید، واکنشیدگی ضخامت چوب را در کوتاه مدت بهبود می‌بخشد.

Kaygin و Akgun (۲۰۰۸) به مقایسه سختی و خواص مقاومت چسبندگی گونه‌های بلوط و راش با پوشش‌های نانولیک<sup>۳</sup> بر اساس پلی آکرلیک، پلی اورتان، پلی استر و رنگ‌های سلولزی پرداختند. نتایج آنان نشان داد که پس از پوشش نانولیک، پوشش پلی استر دارای کمترین کاهش میزان چسبندگی سطحی است. آنان همچنین با بررسی عوامل مؤثر بر مقاومت چسبندگی رنگ بر روی چوب دریافتند که عواملی مانند بافت، ساختار سلولی، ساختار شیمیایی و مواد استخراجی بر مقاومت چسبندگی سطحی چوب مؤثر می‌باشند.

تحقیقات Sonmez (۲۰۰۹) بر روی تأثیر رطوبت بر میزان چسبندگی رنگ بر روی چوب کاج اسکاتلندی، راش شرقی و بلوط با رطوبت‌های ۸، ۱۲ و ۱۵ درصد پوشش داده شده با رنگ‌های سلولزی و پلی اورتان نشان داد که

انواع عوامل مخرب چوب مانند قارچ‌ها و حشرات چوب‌خوار را فراهم می‌سازد، بلکه موجب تغییرات ابعادی در چوب شده، مقاومت‌های مکانیکی چوب را کاهش داده و کاربردهای آن را محدود می‌سازد (Hillis & Rozsa, 1978; Hillis: 1984).

اصلاح شیمیایی چوب یکی از کاربردی‌ترین روش‌های اصلاح چوب محسوب می‌گردد (Mohebbi, 2003). از میان روش‌های اصلاح شیمیایی چوب، استیلایون چوب، یکی از مؤثرترین روش‌های اصلاح شیمیایی چوب است که بر روی بسیاری از ویژگی‌های کاربردی چوب و فراورده‌های آن تأثیر مثبت چشمگیری داشته و مشکلات و عوارض ناشی از کاربرد مواد حفاظتی سمی و خطرناک و عوارض زیست‌محیطی را در پی ندارد (Sundell et al., 2001).

مبنای واکنش استیلایون چوب، جایگزینی گروه‌های استیل ( $C_2H_5-$ ) با گروه‌های هیدروکسیل ( $-OH$ ) بسپارهای سازنده دیواره سلولی چوب است (Mohebbi, 2003). Hemmasi و همکاران (۲۰۱۰) تأثیر استیلایون چوب و مواد لیگنوسولزی و وزن ماده اصلاح شده را بررسی کردند. نتایج آزمایش آنان نشان داد که استیلایون چوب و مواد لیگنوسولزی، باعث افزایش وزن ماده اصلاح شده<sup>۱</sup> در مقایسه با وزن اولیه می‌گردد. کاهش تعداد گروه‌های هیدروکسیل، جذب رطوبت و واکنشیدگی ضخامت در چوب اصلاح شده چوب را کاهش داده، بنابراین ثبات ابعادی چوب را افزایش می‌دهد (Mohebbi, ۲۰۰۳; Keikha et al., 2011; Akhtari & Arif Khani, 2010).

از دیگر روش‌های حفاظت چوب، رنگ آمیزی و ایجاد پوشش در سطح چوب<sup>۲</sup> است که قدمتی نسبتاً طولانی دارد. همچنین ایجاد رنگ توسط پوشش‌های شفاف از روش‌های نوین اصلاح سطحی چوب محسوب می‌گردد. پوشش‌ها و رنگ‌های شفاف، علاوه بر بهبود زیبایی ظاهری چوب، باعث کاهش تخریب فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی آن می‌شود (Mazandarani, 1989; Rydvet, 2005)؛ بنابراین، استفاده از رنگ‌های شفاف سیلر-کیلر و نیم

1- Weight Percentage Gain

2- Wood Coating

3- Nano Lacke

به حدود ۸ درصد، به کمک دستگاه گندگی به ضخامت نهایی ۱۲ میلی‌متر رسانده شد. سپس طبق استاندارد ASTM D 4541 نمونه‌هایی عاری از گره، یوسیدگی و ترک با ابعاد ۱۲×۱۱۰×۱۱۰ میلی‌متر آماده شد.

سپس نمونه‌ها طبق استاندارد ASTM D 3924 در دمای  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  و با رطوبت نسبی  $65 \pm 5\text{ RH}$  در اتاق کليماتيزه قرار گرفتند تا متعادل‌سازی شده و به رطوبت ۱۲ درصد برسند. سپس به منظور زدودن گام‌های ناشی از دستگاه گندگی، از ماشین سمباده دستی با سنباده شماره ۱۰۰ و در مرحله بعد برای ایجاد سطوح کاملاً صاف و یکنواخت از سمباده لرزان دستی با شماره ۲۲۰ استفاده شد.

#### مواد شیمیایی

استیک انیدرید (Acetic Anhydride) با غلظت ۹۸٪ با فرمول  $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3$  ساخت Merck KGaA مورد استفاده قرار گرفت. رنگ سیلر، کیلر بر پایه رزین آلکید، نیترات سلولز و نیم‌پلی‌استر (براق) بر پایه رزین آلکید، به عنوان رنگ‌های شفاف خریداری شد. همچنین در تمام مراحل رنگ‌کاری از حلال تینر ۱۰۰۰۰ صنایع شیمیایی امیر مهر، برای رقیق کردن رنگ‌ها استفاده شد. در این تحقیق برای رنگ‌کاری از روش اسپری پیستوله استفاده شد. سیلر-کیلر و نیم‌پلی‌استر مصرفی در این پژوهش از تولیدات کارخانه پارس اشن بود.

کاهش رطوبت اثر چشمگیری بر افزایش میزان چسبندگی رنگ‌های نیتروسلولزی اعمال شده بر سطح چوب دارد.

مطالعه Kilic (۲۰۰۹) بر روی کاهش مقاومت چسبندگی رنگ‌های شفاف پلی‌اورتان در نمونه‌های با سطح شعاعی و مماسی چوب راش نشان داد که کاهش مقاومت چسبندگی رنگ‌های شفاف پلی‌اورتان در نمونه‌های با سطح شعاعی، کمتر از نمونه‌های با سطح مماسی بوده و استفاده از چوب‌هایی با سطح شعاعی باعث بهبود میزان چسبندگی سطحی رنگ‌های شفاف می‌گردد.

این پژوهش به منظور بررسی کاهش میزان چسبندگی سطحی رنگ‌های شفاف (سیلر-کیلر و نیم‌پلی‌استر) پس از استیلاسیون چوب راش در دو سطح شعاعی و مماسی به کمک آزمون Cross-Cut انجام شد و انتظار می‌رود هنگامی که پیوندهای شیمیایی از نوع هیدروکسیلی هستند، استیلاسیون موجب کاهش میزان چسبندگی سطحی رنگ‌ها گردد.

#### مواد و روش‌ها

در ابتدا چوب راش (*Fagus Orientalis*) به صورت گرده‌بینه از بازار چوب‌فروشان تهیه و به کمک ماشین اره نواری به ابعاد  $20 \times 150 \times 1000$  میلی‌متر برش داده شد. سپس با رعایت اصول چوب خشک‌کنی در یارد قرار داده شد و پس از گذشت یک ماه و رسیدن رطوبت چوب‌آلات

جدول ۱- خصوصیات پوشش‌های مورد استفاده

پوشش	pH	دانسیته ( $\text{g/cm}^3$ )	درصد ماده جامد (%)	ویسکوزیته (Centipoise) بر حسب ثانیه (s)
سیلر	۲/۹	۰/۹۵	۳۰	۲۳
کیلر	۳/۴	۰/۹۹	۳۰	۳۰
نیم‌پلی‌استر	۳/۸	۰/۹۶	۴۵	۱۶

#### فرایند استیلاسیون (Acetylation)

شستشو و در دمای  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  به مدت ۲۴ ساعت در داخل آون خشک‌شده و توسط ترازوی دیجیتال با دقت  $0.001$  گرم توزین شدند. سپس نمونه‌ها درون دسیکاتور

در ابتدا به منظور آزاد کردن مواد فرار و دستیابی به میزان واقعی WPG نمونه‌ها توسط آب گرم  $75^\circ\text{C}$

### دستگاه طیف‌سنجی FT-IR

برای بررسی تأثیر فرایند استیلاسیون بر چوب از روش طیف‌سنجی FTIR استفاده شد. ابتدا از نمونه‌های موردنیاز حدود ۲ میلی‌متر (از نمونه ۱۲ × ۱۱ × ۱۱۰ میلی‌متر) جدا و توسط آسیاب چکشی آسیاب شد. سپس برای یکنواخت سازی و دانه‌بندی ذرات، نمونه از الک با مش ۴۰ عبور داده شد و از پودر زیر الک و نمک KBr (ماده‌ای که هیچ جذب و نشری ندارد) قرص‌های کوچک تهیه و با استفاده از دستگاه Thermo Nicolet Nexus 870 با  $400 - 1200 \text{ cm}^{-1}$  Frequency Range و  $0.125 \text{ cm}^{-1}$  Spectral Resolution طیف‌های موردنظر گرفته شد.

مراحل رنگ‌پاشی سیلر-کیلر و سیلر-نیم‌پلی‌استر ابتدا دو سطح هریک از نمونه‌ها با  $10 \pm 150$  گرم بر مترمربع سیلر پوشش داده شد تا خلل و فرج سطح چوب مسدود گردد و یک قشر فیلمی بر روی سطح به وجود آید. پس از پوشش‌دهی، نمونه‌ها برای بهبود تثبیت رنگ، به مدت ۲۴ ساعت در شرایط آزمایشگاهی برای خشک شدن کامل سیلر نگه‌داری شدند تا ادامه رنگ‌کاری میسر شود. سپس نمونه‌ها دوباره با  $10 \pm 150$  گرم در هر مترمربع طی دو مرحله به وسیله کیلر و نیم‌پلی‌استر به صورت جداگانه پوشش داده شدند. زمان خشک شدن کیلر ۱۵ تا ۲۰ دقیقه است که برای بهبود تثبیت رنگ، نمونه‌ها برای ۲۴ ساعت در شرایط آزمایشگاهی نگه‌داری شدند تا به طور کامل خشک شوند. در هنگام استفاده از نیم‌پلی‌استر، به منظور خشک شدن سریع‌تر رنگ، از ده درصد کاتالیزور (خشک‌کننده) استفاده شد. مدت زمان خشک شدن نیم‌پلی‌استر در محیط آزمایشگاهی ۲۵ تا ۳۰ دقیقه است. پس از هر مرحله رنگ‌پاشی، سطح کلیه نمونه‌ها با استفاده از کاغذ سنباده شماره ۲۲۰ سمباده زده شد.

خلأ (استریل شده با استون) حاوی انیدرید استیک با غلظت ۹۸٪ به طور کامل به حالت غوطه‌وری قرار گرفتند (شکل ۱). آنگاه با اعمال پمپ خلأ به مدت ۳۰ دقیقه با فشار ۰.۵ بار در دسیکاتور خلأ ایجاد شد و به مدت ۲۴ و ۴۸ ساعت بدون حضور کاتالیزور تحت این شرایط نگهداری شد تا حباب‌های هوای داخل چوب خارج شوند. برای تثبیت گروه‌های استیل در دیواره سلولی، نمونه‌ها داخل فویل آلومینیومی پیچیده شدند و به مدت ۵ ساعت در دمای  $120^\circ\text{C}$  داخل آون قرار داده شدند. در مرحله بعد نمونه‌ها شستشو داده‌شده تا محصولات فرعی حاصل از واکنش و بوی نامطبوع انیدرید استیک خارج گردد. سپس به مدت ۲۴ ساعت در حرارت  $105^\circ\text{C}$  درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شدند.

افزایش وزن<sup>۱</sup> یا درصد تثبیت استیلاسیون بر اساس وزن خشک نمونه‌های اولیه قبل از استیلاسیون و وزن نمونه‌ها بعد از استیلاسیون، با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$WPG = \frac{W2 - W1}{W1} \times 100$$

$W1$  = وزن خشک نمونه اولیه قبل از استیلاسیون (g)

$W2$  = وزن خشک نمونه بعد از استیلاسیون (g)

$WPG$  = افزایش وزن (%)



شکل ۱- نحوه انجام فرایند استیلاسیون به کمک دسیکاتور

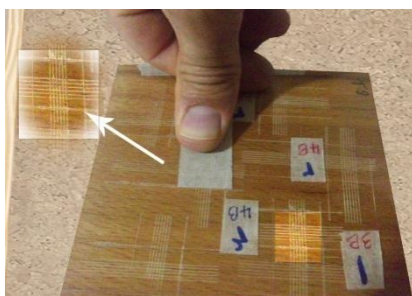
و پمپ خلأ

بالاترین میزان چسبندگی و کلاس B۱ بین ۳۵ و ۶۵ درصد ضعیف‌ترین میزان چسبندگی را دارد (جدول ۲).  

$$\text{درصد کاهش میزان چسبندگی} = X/25 \times 100$$
 که X تعداد متوسط مربع‌هایی است که پوشش آنها جدا شده است.



شکل ۲- ابزار Cross-Cut، برس و نوارچسب مخصوص



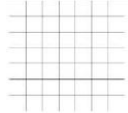
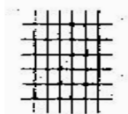
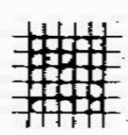

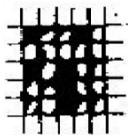
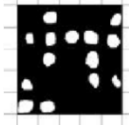
شکل ۳- نحوه کندن نوارچسب از روی چوب در آزمون (Cross-Cut)

تجزیه و تحلیل نتایج و بررسی اثر مستقل و متقابل فاکتورها و نتایج با تکنیک تجزیه واریانس مورد بررسی قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن (DMRT) با ۶ تکرار برای هر نمونه انجام شد.

آزمون کاهش میزان چسبندگی سطحی یا (Cross-Cut) یکی از روش‌های رایج برای تعیین میزان چسبندگی رنگ به سطح، روش مکانیکی (Cross-Cut) است. در این روش، برای ایجاد یک بریدگی متقاطع از ابزار برش خطوط موازی که دارای ۶ تیغه برنده (فولاد ابزار سخت) با ضخامت یک میلی‌متر و فاصله یک میلی‌متر است، استفاده شد (شکل ۲). نمونه‌ها به اندازه  $110 \times 110 \times 12$  میلی‌متر (مطابق با استاندارد ASTM D 3359) آماده شدند. سپس بر روی سطح نمونه یک بریدگی با طول تقریبی ۴۰ میلی‌متر و ۶ شکاف در محور متقاطع با زاویه ۳۰ تا ۴۵ درجه توسط ابزار برش در سطح چوب رنگ شده ایجاد گردید، به طوری که به سطح چوب زیر رنگ آسیبی وارد نشود. سپس در ناحیه مورد آزمایش بریدگی دیگری بر خطوط اصلی ایجاد شد، به طوری که از وسط یکدیگر گذشته و زاویه بین آنها صفر درجه باشد که در نتیجه یک مدل ۲۵ شبکه‌ای بر روی فیلم رنگ نمونه ایجاد شد. سپس در ناحیه مورد آزمایش برای جدا کردن سطح رنگ برش خورده از سطح، از نوارچسب Permacel 99 استفاده شد. پس از گذشت زمان  $\pm 30s$  ۹۰٪ از اعمال چسب، نوار از ناحیه مورد آزمایش جدا گردید (شکل ۳).

کاهش میزان چسبندگی در این روش به صورت کیفی از مقیاس ۰ تا ۵ مورد ارزیابی قرار گرفت. در این مرحله، ناحیه مورد آزمایش به کمک ذره‌بین بازبینی و با مقایسه و بررسی جدول استاندارد کاهش میزان چسبندگی گزارش شد. ماهیت مقایسه بصری جدول استاندارد ASTM D 3359، فیلم حذف شده بین کلاس B۱ و B۵ نشان‌دهنده درجات مختلف از چسبندگی است. کلاس B۵

جدول ۲- ارزیابی کیفیت چسبندگی پوشش بر روی سطح (Cross-Cut) طبق استاندارد ASTM D 3359

کلاس B	توضیح	تصاویر
۰	اطراف خطوط برش (تقاطع خطوط) کاملاً صاف بوده، هیچ بخشی از پوشش از روی سطح جدا نشده است.	
۱	در تقاطع خطوط برش، مقادیر بسیار کمی پوشش از سطح جدا شده است، سطح خالی شده از پوشش تقریباً ۵٪ کل سطح است.	
۲	در تقاطع خطوط برش، پوشش به خوبی از سطح جدا شده است، سطح خالی شده از پوشش تقریباً بین ۵-۱۵٪ کل سطح است.	
۳	بخشی از پوشش از اطراف خطوط برش و یا کاملاً به صورت نوار پهنی از روی سطح جدا شده است. سطح خالی شده از پوشش تقریباً بین ۱۵-۳۵٪ کل سطح است.	
۴	بخشی از پوشش به خوبی در اطراف خطوط برش و یا به طور کامل جدا شده است. سطح خالی شده از پوشش تقریباً بین ۳۵-۶۵٪ کل سطح است.	
۵	میزان جداشدگی که در درجه ۴ قرار نمی‌گیرد.	

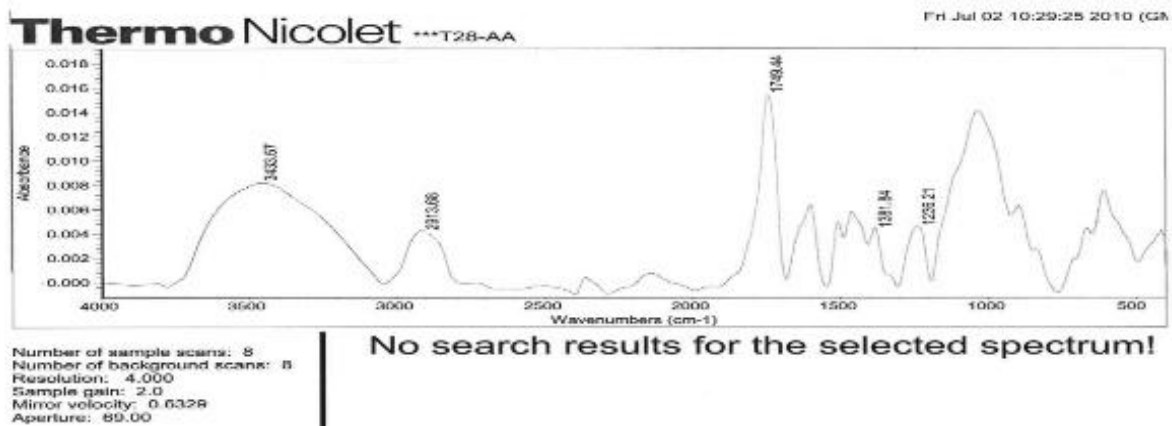
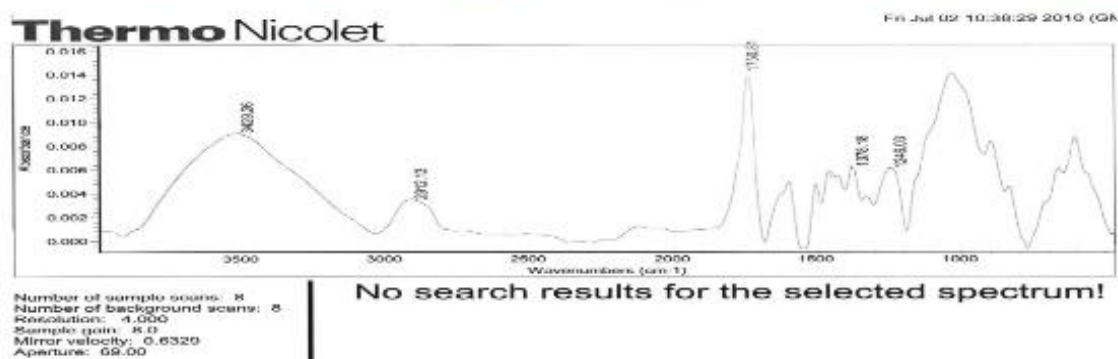
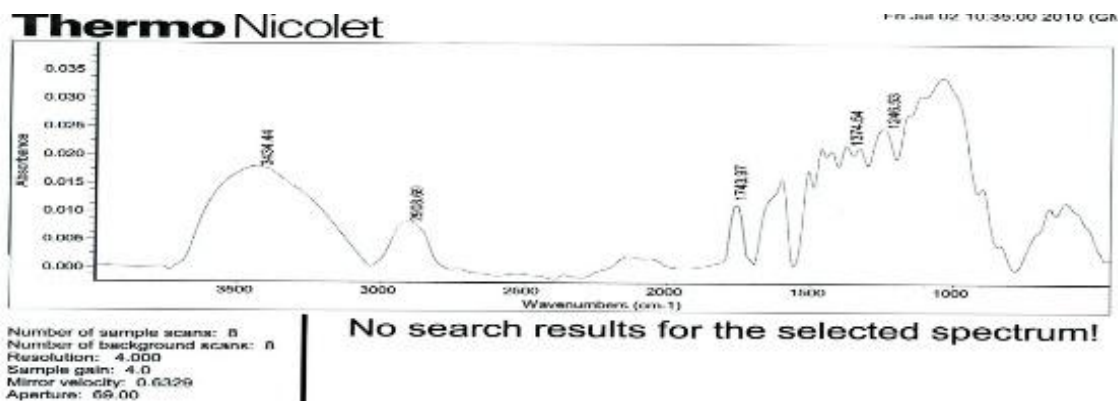
## نتایج

### بررسی طیف‌های FT-IR

برای بررسی تأثیر فرایند استیلاسیون بر ساختار چوب تیمار شده روش طیف‌سنجی FT-IR به‌کار گرفته شد (شکل ۴). مقایسه طیف‌های به‌دست‌آمده از نمونه‌های شاهد و نمونه‌های تیمار شده، نشان می‌دهد که در نمونه تیمار شده در محدوده  $3450-3400\text{cm}^{-1}$  پیوند کششی قوی O-H از نظر شدت و پهنا کاهش یافته است. شدت جذب در ارتعاشات کششی C-H در محدوده  $2930-2910\text{cm}^{-1}$  تا حدودی متمرکز شده است که دلیل آن را می‌توان حضور گروه‌های عاملی جدید متصل به پیوند C-H دانست (Akhtari & Arif Khani, 2010).

ارتعاشات کششی C=O در پیوند کربونیلی در محدوده  $1720-1740\text{cm}^{-1}$  بسیار شدید است. همچنین یک جذب

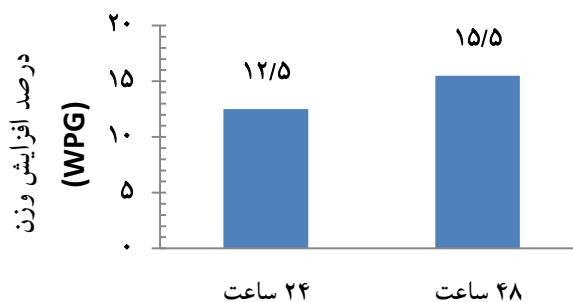
کاهش یافته C=C در محدوده  $1640-1618\text{cm}^{-1}$  مشاهده می‌شود که می‌تواند مربوط به گروه‌های آروماتیکی در لیگنین باشد و با نتایج آزمایش‌های Karim Shayda (۲۰۱۲) مطابقت دارد. در محدوده  $164\text{cm}^{-1}$  نویزها در طیف افزایش یافته است که به احتمال زیاد به دلیل وجود آب اضافی و جذب بخار آب توسط سلولز می‌باشد (Akhtari & Arif Khani, 2010). شدت جذب در محدوده  $1384-1346\text{cm}^{-1}$  مربوط به تغییر شکل پیوند C-H در لیگنین است که نشان‌دهنده یک پیوند قوی می‌باشد که می‌توان آن را به حضور گروه‌های استیل جایگزین شده با گروه‌های O-H موجود در پلیمرهای چوب نسبت داد.



شکل ۴- آزمون FTIR چوب راش: الف- نمونه شاهد، ب- شدت استیلاسیون WPG%12/5 و ج- شدت استیلاسیون WPG%15/5

**نتایج کاهش میزان چسبندگی (Cross-Cut)**

نتایج حاصل از آزمون کاهش میزان چسبندگی توسط نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. نتایج اثر مستقل و متقابل هریک از عوامل بر کاهش میزان چسبندگی با سطح اعتماد ۹۵٪ در جدول ۳ آمده است. نتایج اثر مستقل سطح برش و شدت استیلاسیون بر کاهش میزان چسبندگی در جدول ۴ آمده است.



نمودار ۱- تأثیر زمان واکنش بر شدت افزایش وزن (WPG)

جدول ۳- نتایج تحلیل آماری کاهش میزان چسبندگی (Cross- Cut)

P	Sig.	F محاسبه شده	میانگین مربعات (MS)	مجموع مربعات (SS)	درجه آزادی (df)	عوامل متغیر
*	۰,۰۰۰	۱۱۸/۰۷	۳۲۶۷	۳۲۶۷	۱	سطح برش
ns	۰/۱۰۸	۲/۷۱	۷۵	۷۵	۱	نوع رنگ
*	۰/۰۰۷	۵/۶۷	۱۵۷	۳۱۴	۲	شدت استیلاسیون
ns	۰/۷۴۴	۰/۱۱	۳	۳	۱	سطح برش × نوع رنگ
ns	۰/۱۸۵	۱/۷۷	۴۹	۹۸	۲	سطح برش × شدت استیلاسیون
*	۰,۰۰۰	۱۳/۷۷	۳۸۱	۷۶۲	۲	نوع رنگ × شدت استیلاسیون
*	۰/۰۱۶	۴/۶۶	۱۲۹	۲۵۸	۲	سطح برش × نوع رنگ × شدت استیلاسیون
			۲۷	۹۹۶	۳۶	خطا
				۲۰۸۹۶	۴۸	مجموع

\*: تفاوت معنی دار در سطح اعتماد ۹۵ درصد ؛ ns: عدم معنی داری

جدول ۴- نتایج مقایسه اثر مستقل سطح برش، نوع پوشش رنگی و شدت استیلاسیون

عوامل متغیر	سطوح متغیر	میانگین درصد کاهش مقاومت چسبندگی (MPa)	گروه بندی دانکن
سطح برش	مماسی	۹/۵	A
	شعاعی	۲۶	B
شدت استیلاسیون	نمونه کنترل	۱۴/۵	A
	%۱۲/۵	۱۸	AB
	%۱۵/۵	۲۰/۷۵	B

کاهش میزان چسبندگی در سطح اعتماد ۹۹٪ اختلاف معنی داری وجود دارد. در جدول ۴ مقادیر کاهش میزان چسبندگی برای سطوح شعاعی و مماسی به ترتیب ۲۶ و

تأثیر مستقل سطح برش بر کاهش میزان چسبندگی داده های تجزیه و تحلیل واریانس در جدول ۳ نشان می دهد که در بین مقادیر مربوط به تأثیر سطح برش بر



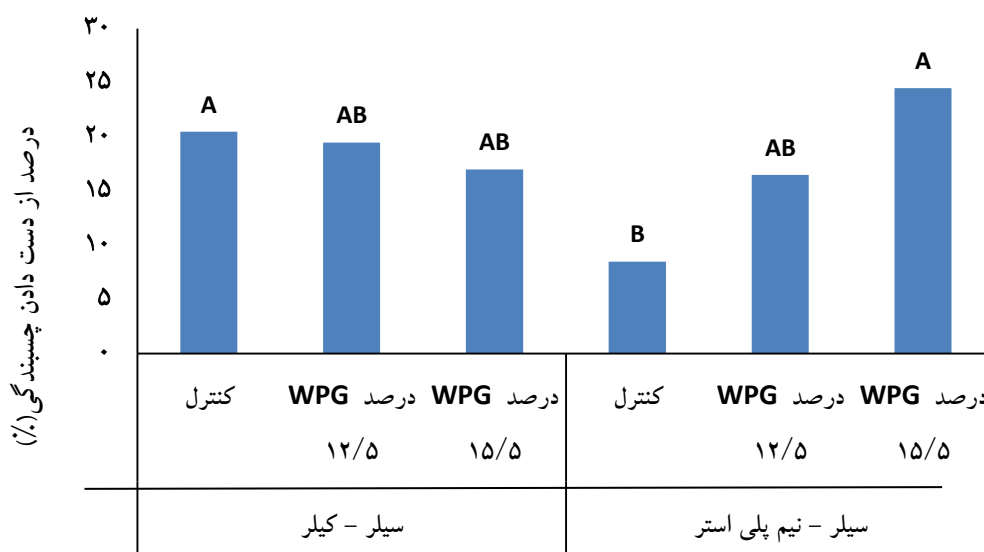
تأثیر متقابل نوع رنگ و شدت استیلایسیون بر کاهش میزان چسبندگی سطحی

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل واریانس در جدول ۳ حکایت از این دارد که تأثیر متقابل نوع رنگ و شدت استیلایسیون بر کاهش میزان چسبندگی در سطح اعتماد ۹۹ درصد اختلاف معنی داری دارد. با توجه به نمودار ۲ بیشترین کاهش میزان چسبندگی مربوط به نمونه استیل شده با شدت ۱۵/۵ درصد پوشش رنگ سیلر- نیم پلی استر و کمترین کاهش میزان چسبندگی مربوط به نمونه کنترل با پوشش رنگ سیلر- نیم پلی استر است. همچنین مشاهده شد که استفاده از رنگ سیلر- نیم پلی استر باعث بهبود میزان چسبندگی سطحی در نمونه کنترل در مقایسه با نمونه پوشش داده شده با سیلر- کیلر شده است. میانگین کاهش میزان چسبندگی بر حسب درصد در نمودار ۲ آمده است.

۹/۵ درصد است که در سطح شعاعی کاهش میزان چسبندگی بیشتری نسبت به سطح مماسی مشاهده می شود.

تأثیر مستقل شدت استیلایسیون بر کاهش میزان چسبندگی

تأثیر مستقل شدت استیلایسیون بر درصد کاهش میزان چسبندگی در جدول تجزیه و تحلیل واریانس (جدول ۳) آمده است. همان طور که ملاحظه می شود بین شدت استیلایسیون و کاهش میزان چسبندگی در سطح اعتماد ۹۵٪ اختلاف معنی داری وجود دارد. به طوری که بیشترین کاهش میزان چسبندگی مربوط به نمونه استیل شده در ۱۵/۵ درصد WPG که در گروه بندی دانکن در گروه A قرار دارد و کمترین کاهش میزان چسبندگی مربوط به نمونه کنترل، در گروه بندی دانکن در گروه B دیده می شود. همان طور که در جدول ۴ مشاهده می شود با افزایش شدت استیلایسیون کاهش میزان چسبندگی در نمونه ها افزایش یافته است.



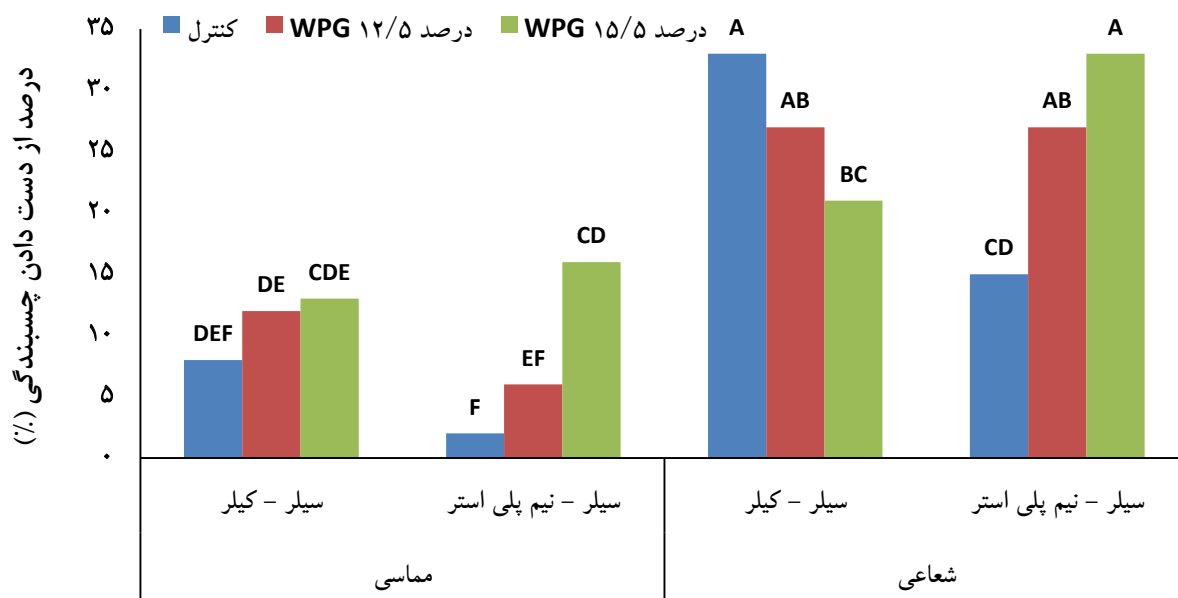
نمودار ۲- تأثیر متقابل نوع رنگ و شدت استیلایسیون بر کاهش میزان چسبندگی سطحی

میزان چسبندگی در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی دار است. با توجه به نمودار ۵ بیشترین کاهش میزان چسبندگی در سطح شعاعی به طور مشترک مربوط به نمونه شاهد با رنگ سیلر- کیلر (۳۳ درصد) و نمونه استیل شده با شدت ۱۵/۵

تأثیر متقابل سطح برش، نوع رنگ و شدت استیلایسیون بر کاهش میزان چسبندگی سطحی  
جدول تجزیه و تحلیل واریانس ۳ نشان می دهد که تأثیر متقابل سطح برش، نوع رنگ و شدت استیلایسیون بر کاهش

پلی استر (۲ درصد) است. میانگین کاهش میزان چسبندگی بر حسب درصد در نمودار ۳ آمده است.

درصد با رنگ سیلر- نیم پلی استر ۳۳ درصد دیده می شود. کمترین کاهش میزان چسبندگی مربوط به نمونه کنترل در سطح مماسی و پوشش داده شده با رنگ سیلر- نیم



نمودار ۳- تأثیر متقابل سطح برش، نوع رنگ و شدت استیلاسیون بر کاهش میزان چسبندگی

## بحث

### اصلاح شیمیایی چوب

نمونه‌های اصلاح نشده دارند (Podgorski *et al.*, 2004). اساس مبنای استیلاسیون چوب، جایگزینی گروه‌های استیل با گروه‌های هیدروکسیل پلیمر سازنده دیواره سلولی است (Mohebbi, 2003). با اصلاح شیمیایی نمونه توسط استیک انیدرید در حقیقت گروه‌های استیل ( $C_2H_5$ ) جایگزین گروه‌های هیدروکسیل ( $-OH$ ) چوب می‌شوند (Masteri Farahani, *et al.*, 2008; Mohebbi, 2003).

کاهش میزان چسبندگی سطحی در آزمون (Cross-cut) نتایج به دست آمده در این تحقیق، نشان می‌دهد که کمترین کاهش میزان چسبندگی سطحی در سطح مماسی و مربوط به نمونه شاهد با پوشش رنگ سیلر- نیم پلی استر می‌باشد. Keskin و همکاران (۲۰۱۰) و Manavi (۲۰۱۱) با بررسی و مقایسه رنگ‌های سیلر-کیلر و سیلر- نیم پلی استر، به نتایج مشابهی دست یافتند. همچنین

استیک انیدرید به عنوان یک ماده کم خطر و دوستدار طبیعت، جایگاهی منحصر به فرد در صنعت حفاظت چوب دارد. استفاده از این ماده علاوه بر اینکه موجب افزایش مقاومت چوب در مقابل عوامل مخرب و جوی شده، بلکه باعث تثبیت ابعاد چوب نیز می‌شود. طیف‌های FTIR نمونه‌های تحت آزمون نشان داد که در اثر جابه‌جایی پیک‌های مهم در محدوده  $3400cm^{-1}$  (گروه‌های هیدروکسیل) ارتعاشات کششی در محدوده  $2900cm^{-1}$  کاهش یافته و باعث ایجاد جذب شدید پیوند کربنیل در ناحیه محدوده  $1700cm^{-1}$  شده است (Akhtari & Arif, 2010; Mohebbi, 2006). همچنین چوب‌های اصلاح شده به دلیل کاهش در گروه‌های هیدروکسیل در محدوده  $3400cm^{-1}$  میزان رطوبت کمتری نسبت به

OH، -COOH نسبت به رزین‌های فاقد این گروه‌های عاملی چسبندگی بهتری از خود نشان می‌دهند. نتایج آزمایش‌های Kilic (۲۰۰۹) نشان داد که کامل شدن واکنش شیمیایی پلی‌اورتان در سطح چوب موجب می‌شود رنگ‌های پلی‌اورتان (مانند پلی‌استر) نسبت به رنگ‌های نیترو سلولزی (مانند سیلر-کیلر) کاهش میزان چسبندگی بالاتری داشته باشد.

### منابع مورد استفاده

- Akhtari, M. and Arif Khani, M., 2010. Investigating the effect of weathering on acetylated Beech wood using by FTIR spectroscopy and electron microscopic. Iran Wood and Paper Study Center, 25(1): 61-48.
- ASTM D 4541, (2002). Standard Test Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers.
- ASTM D 3359 (1997). Standard Test Methods for Measuring Adhesion by Tape Test.
- ASTM D 3924 (1996). Standard Specification for Standard Environment for Conditioning and Testing Paint, Varnish, Lacquer, and Related Materials.
- Eldwson, T., Bergström, P. and Hämäläinen, M., 2003. Moisture dynamics in Norway Spruce and Scots Pine during outdoor exposure in relation to different surface treatments and handling conditions. *Holzforschung*, 57(2): 219-227.
- Faucheu, J., Wood, K. A., Sung, L.P. and Martin, J. W., 2006. Relating gloss loss to topographical features of a PVDF coating. *Journal of Coatings and Technology and Research*, 3(1): 29-39.
- Hemmasi, A.H., Soltani, M., khademi Eslam, H. and Mohebbi, B., 2010. The mechanical properties of acetylated medium density fiberboard (MDF). *Journal of Sciences and Techniques in Natural Resources*, 5<sup>th</sup> year, issue 1.
- Hillis, W.E, 1984. High temperature and chemical effects on wood stability. Part 1: general considerations. *Wood Science and Technology*. 18(4): 281-293.
- Hillis, W.E. and Rozsa A.N., 1978. The softening temperatures of wood. *International Journal of the Biology, Chemistry, Physics and Technology of Wood*. *Holzforschung*, 32(2), 68-73.
- Kasnez, Selection and Application of Preservative-Treated Wood translated by Karimi A.N., Zadeh Kameli, F., 2005, Ayeezh, 162p.

Shuan Grober و ParsaPazhouh (۲۰۰۸) بیان کردند که ارتفاع اشعه چوبی در سطح مماسی چوب راش، از چند سلول تا ۴ میلی‌متر متغیر است و دارای دیواره ضخیمی است، درحالی‌که در سطح شعاعی، سلول‌های پارانشیمی کوتاه و دارای منافذ ظریف هستند. بنابراین به نظر می‌رسد کاهش میزان چسبندگی در سطح مماسی چوب راش در مقایسه با سطح شعاعی آن، به دلیل ضخیم بودن دیواره اشعه چوبی در این سطح بهبود یافته است، همچنین به دلیل نوع برش به‌کار رفته در این آزمون و عدم وجود قابلیت کشسانی رنگ بر روی همه ابعاد چوب، رنگ در امتداد الیاف ترک‌خورده و پوسته می‌گردد.

### استفاده از رنگ‌های شفاف

بررسی نتایج این پژوهش نشان داد که کاهش میزان چسبندگی برای پوشش رنگ سیلر-نیم پلی‌استر نسبت به رنگ سیلر-کیلر بالاتر است. Manavi (۲۰۱۱) و Keshani Langrodi و همکاران (۲۰۰۶) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. بنابراین به نظر می‌رسد حلال رنگ نیم پلی‌استر با نمونه‌های تیمار شده در سطح چوب تشکیل پیوند شیمیایی داده و باعث افزایش جذب سطحی (تشکیل پیوند فیزیکی با نیروی واندروالسی) شده است. واکنش‌های پلیمریزاسیون پلی‌استر روی سطح چوب تا مرز کامل شدن ادامه می‌یابد، در نتیجه با چوب پیوند فیزیکی یا شیمیایی قوی ایجاد می‌کند و باعث مقاومت چسبندگی بالاتر نیم پلی‌استر می‌شود که می‌تواند ناشی از ساختار شیمیایی و خصوصیات فنی نیم پلی‌استر باشد (Manavi, 2011). Kaygin و Akgun (۲۰۰۸) بیان کردند که در لایه‌های پلی‌استر نیروی جاذبه مولکولی بیشتر و نیروی کششی کمتر است. Heravi و Azimi Nanevaei (۱۹۹۶) بیان کردند، حلال به‌کاررفته در نیم پلی‌استر، استیرن بوده که با افزودن پراکسید متیل اتیل کتون به‌عنوان کاتالیزور، این حلال با پلی‌استیرن پیوند عرضی تشکیل می‌دهد و فیلمی با ۱۰۰ درصد مواد غیر فرار تشکیل می‌دهد. همچنین رزین‌های اپوکسی، آستری‌های اپوکسی و آلکیدی‌های دارای گروه‌های قطبی -

- Masteri Farahani, M., Soraian, A. R., Jonoubi, M., 2010. Investigation of dimensional stability and mechanical properties of board produced by acetylated Bagasse. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 17(3).
- Mazandarani, M. A., 1989. *Paint and Resin Technology*, Pishroo, Tehran, 416p.
- Mohebbi, B., 2003: Biological attack of acetylated wood, Ph.D. Thesis, Gottingen University, Gottingen: p.147.
- Momen Heravi, A. and Azimi Nanevaei, A.R., 1996. *Paint Experimental Chemistry*. Amir Kabir, Tehran, 600p.
- Nilofari, P., 1985: *Study of Wood in Iran*. Dehkhoda bookstore. 820p.
- ParsaPazhouh, D. and Shuan Grober F., 2008. *Iran's North woods Atlas*. Tehran University, 136p.
- Podgorski, L., Georges, V., Condomines, N., Lanvin, J-D., 2004. Adhesion measurements methods, Cost E18- Wood and coating systems for wood - Symposium on measurement methods. Copenhagen, February: 1-6.
- Rydvet, B., *The Destruction of Wood Productions in Construction (Engineering Methods in preserving Treatments)* translated by Karimi, A. N., Afra, E., 2005., Ayeezh, 308p.
- Sonmez, A. Budakci, M. and Bayram, M., 2009. Effect of wood moisture content on adhesion of varnish Coatings. *Scientific Research and Essay*, 4(12): 432-437.
- Sundell, P., Meijer, D. and Militz, H. and Veldhuizen, B.V., Influence of acetylation on discoloration and weathering of (coated) wood. Cost E 18 Meeting, Paris, June 2001.
- Kaygin, B. and Akgun, E., 2008. Comparison of conventional varnishes with nanolacke UV varnish with respect to hardness and adhesion durability. *International Journal of Molecular Science*, 9(4): 476-485.
- Keikha, M, Kazemi, M. and Ghorbani Kokandeh, M., 2011. Investigation of dimensional stability of acetylated Lumber by FTIR spectroscopy. 5<sup>th</sup> Conference on Environmental Engineering. 30 Aban-1 Azar, 2011.
- Keshani Langrodi, S. and Parsapazhooh, D., 2006. A Comparison on performance of polyester, half-polyester and sealer-kiler coat on application properties of beech wood furniture and plywood. MS Thesis, Department of Natural Resources, Tehran University, 245.
- Keskin, H., Atar, M. Korkut S. and Tekin A., 2010. Scratch resistance of cellulosic, synthetic, polyurethane, waterborne and acid-hardening varnishes used on woods. *Industrial Corps and Products*, 31(2): 219-224.
- Kilic, M., 2009. The effects of steaming of beech (*Fagus orientalis* L.) and sapele (*Entandrophragma cylindricum*) woods on the adhesion strength of varnish. *Journal of Applied Polymer Science*, 113(6): 3492-3497.
- Krim Shayda, M., 2012. Effect of cold plasma on the surface properties of chemically modified wood. MS Thesis, Department of Wood and Paper Industry, wood and paper department, Science and Research Branch of Islamic Azad University.
- Manavi, G. H., 2011. Investigation of Adhesion Strength of Clear Finishes (Nitrocellulose Lacquers, Acid Catalyst Lacquers) on Furniture Surfaces Made from Beech, Elm, Alder and Spruce Wood. MS thesis. Civil Engineering Department, Shahid Rajaei Teacher Training University.

## Investigation on the influence of beech wood acetylation on adhesion strength of transparent colors (nitrocellulose lacquer, acid catalyzed lacquer and half-polyester)

S. Tahmasebi<sup>1</sup>, B. Bazyar<sup>2\*</sup>, H. Khademi Eslam<sup>3</sup> and M. Ghofrani<sup>4</sup>

1 - M.Sc., Department of Wood and Paper Science and Technology, Science and Research Branch of Islamic Azad University, Tehran, Iran

2\*-Corresponding Author, Assistant Professor, Department of Wood and Paper Science and Technology, Science and Research Branch of Islamic Azad University, Tehran, Iran, E-mail: bazyar@srbiau.ac.ir

3-Associate Professor, Department of Wood and Paper Science and Technology, Science and Research Branch of Islamic Azad University, Tehran, Iran

4-Assistant Professor of Wood Industry, Department of Civil Engineering, Shaid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran

Received: Dec., 2014

Accepted: Oct., 2015

### Abstract

In this study, the effect of beech wood acetylation on the adhesion strength of transparent paints including nitrocellulose lacquer, acid catalyzed lacquer and Half-polyester was investigated. For this purpose, some boards from heart wood of beech (*Fagus Orientalis*) with a relative humidity of 12%, and dimension of 12×110×110 mm was prepared and were treated with acetic anhydride in two concentrations. Acetylation intensity was 12/5% and 15/5%. Then, the specimens were coated individually by transparent paints. FT-IR spectroscopy method was used to investigate the influence of acetylation process on painting performance. Results showed that adhesion strength reduction of radial surface was more than of tangential surface. The samples which were treated to 15.5% acetylation intensity had the lowest percentage of adhesion strength reduction. The results also showed that the coating by nitrocellulose lacquer and Half Polyester had more adhesion strength than of nitrocellulose lacquer and acid catalyzed lacquer.

**Key words:** Acetylation, nitrocellulose lacquer, acid catalyzed lacquer and Half-Polyester, beech, bond resistance.