



دانشگاه تهران، دانشکده مهندسی پلیمر

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد بیست و چهارم، شماره دوم، ۱۳۹۶

<http://jwfst.gau.ac.ir>

## بهبود کیفیت سطح تخته خرده‌چوب برای پوشش نهایی

\*سیده زهرا حسینی<sup>۱</sup>، علی‌اکبر عنایتی<sup>۲</sup> و ویکتور ولادیمیروویچ واسیلیو<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی دکتری، گروه تکنولوژی چندسازه‌های چوبی، دانشکده تکنولوژی شیمیایی و بیوتکنولوژی، دانشگاه تکنولوژی جنگل سنت پترزبورگ، روسیه، آستاد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، آستاد، گروه تکنولوژی چندسازه‌های چوبی، دانشکده تکنولوژی شیمیایی و بیوتکنولوژی، دانشگاه تکنولوژی جنگل سنت پترزبورگ، روسیه

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۷/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۵/۱۷

### چکیده

**سابقه و هدف:** هدف از این تحقیق کاهش میزان و سرعت مکش مایعات پوشش دهنده سطح تخته خرده چوب (لاک، رنگ و لعاب در روش رنگ‌زنی و چسب در روش روکش کاری) می‌باشد. در این زمینه محققین دریافته‌اند که افزایش دانسیته متوسط تخته خرده چوب دانسیته حداقل و حداکثر لایه‌های سطحی آن را افزایش می‌دهد. طبق تحقیقات، افزایش دانسیته لایه‌های سطحی تخته خرده‌چوب، مکش مایعات مربوط به پوشش نهایی آن را کاهش می‌دهد. از آنجایی که در حال حاضر حلال اصلی مواد مایع پوشش‌دهنده برای پوشش نهایی سطح تخته‌های چوبی بر پایه آب می‌باشند، محققین روش آزمون جذب سطحی تخته‌های چوبی توسط آب را به جای تولوئن ابداع کردند. پس از بررسی‌های متعدد، ایشان آزمون مکش آب توسط لایه سطحی تخته‌های چوبی در مدت زمان آزمون ۶۰ دقیقه را ارائه دادند.

**مواد و روش‌ها:** در این تحقیق جهت تولید تخته خرده چوب سه لایه از خرده‌های درشت با رطوبت ۱ درصد در لایه میانی و خرده‌های ریز صنعتی در لایه‌های سطحی استفاده شد. با علم به این که با افزایش رطوبت چوب تا نقطه اشباع فیبر (۳۰ درصد) مقاومت فشاری عمود بر الیاف چوب به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد، در این تحقیق رطوبت خرده چوب‌های لایه سطحی با روش اسپری آب به ۵ و ۱۰ درصد افزایش داده شد. خرده چوب‌های لایه‌های سطحی و میانی به‌طور جداگانه چسب‌زنی شدند. جهت چسب‌زنی خرده چوب‌های لایه‌های سطحی از چسب اوره فرمالدئید با غلظت ۵۵ درصد و همین‌طور چسب تجاری اوره فرمالدئید با غلظت ۶۸/۸ درصد با هدف کنترل رطوبت لایه‌های سطحی کیک خرده چوب سه لایه در حد مطلوب، استفاده شد. به‌منظور کاهش ویسکوزیته چسب تجاری، چسب تا دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد گرم شد. سپس تحت فشار ویژه پرس ۲/۷ مگاپاسکال و در دمای ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد تخته خرده چوب‌های سه لایه با دانسیته متوسط ۶۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب حاصل آمدند. جهت بررسی خصوصیات لایه سطحی تخته‌ها آزمون‌های مقاومت مکانیکی، مکش آب و تولوئن انجام شد.

**یافته‌ها:** طبق نتایج گراف گرادیان دانسیته نمونه‌ها در ضخامت، افزایش رطوبت خرده‌چوب‌های لایه سطحی دانسیته لایه سطحی نمونه‌ها را افزایش می‌دهد. نتایج آزمون مقاومت‌های مکانیکی و مکش مایع نشان دادند که با افزایش

\*مسئول مکاتبه: [seyedehzahrahoseini@yahoo.com](mailto:seyedehzahrahoseini@yahoo.com)

رطوبت خرده چوب‌های لایه سطحی، مقاومت خمشی و مقاومت سطح نمونه‌ها افزایش، مکش و سرعت مکش لایه سطحی نمونه‌ها کاهش می‌یابد.

**نتیجه‌گیری:** افزایش رطوبت خرده چوب‌های لایه سطحی، کیفیت لایه سطحی تخته خرده چوب را برای پوشش‌دهی افزایش می‌دهد. میزان بهینه افزایش رطوبت خرده‌چوب‌های لایه سطحی ۵ درصد در تیمار ۷ (حاصل شده توسط چسب تجاری اوره فرمالدئید) می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** تخته خرده چوب، پوشش نهایی، کیفیت

### مقدمه

است که توسط لایه سطحی تخته جذب می‌شوند (۱۱).

میزان مصرف محلول‌های مخصوص پوشش نهایی سطح تخته در هر دو روش روکش کاری و رنگ‌زنی (چسب، رنگ، لاک و غیره) ۹۰-۱۵۰ گرم بر مترمربع می‌باشد (۱۵). این مواد ترکیبی از سخت کننده، پرکننده‌ها، پلاستیفیکاتور، رنگ دانه و اولیگومرهای چون اوره فرمالدئید، ملامین فرمالدئید و ملامین اوره فرمالدئید می‌باشند (۱۵ و ۱۱). اولیگومر با میزان مصرف ۳۶ تا ۹۰ گرم بر مترمربع بخش اصلی مواد پوشش دهنده سطح یعنی ۴۰-۶۰ درصد آن را به خود اختصاص می‌دهد (۱۱). هنگامی که این مایعات روی سطح تخته قرار می‌گیرند توسط لایه سطحی تخته به شدت مکش می‌شوند. با توجه به هزینه بالای تولید و تهیه محلول‌های مخصوص پوشش نهایی سطح تخته، کاهش مکش این مایعات توسط لایه سطحی تخته از اهمیت بالایی برخوردار است.

سطح تخته خرده‌چوب سه لایه ترکیبی از خرده‌چوب‌های ریز، چسب سخت شده، رطوبت و هوای موجود در حفره‌ها می‌باشد (۶). پدیده مکش محلول‌های مصرفی جهت پوشش نهایی سطح تخته به این صورت می‌باشد که این مواد ناهمواری‌های سطح تخته شامل فواصل بین خرده‌ها، زبری سطح،

تخته خرده‌چوب به‌طور گسترده در صنعت مبلمان مورد استفاده قرار می‌گیرد. به این منظور سطح تخته خرده‌چوب‌های تولیدی با روش‌های متنوعی چون روکش کاری یا رنگ‌زنی پوشش‌دهی می‌شوند (۱۵). در روش روکش کاری، روکش‌های مصنوعی یا روکش‌های کاغذی اشباع شده با چسب ملامین اوره فرمالدئید استفاده می‌شوند. اتصال روکش‌های مصنوعی روی سطح تخته، به کمک چسب‌های ویژه انجام می‌شود. در مورد روکش بر پایه کاغذ، پس از قرار گرفتن روکش‌های کاغذی اشباع شده روی سطح تخته، بخشی از چسب ملامین اوره فرمالدئید موجود درون روکش که سخت نشده است تحت دمای پرس گرم، ذوب شده و به خارج از روکش انتشار یافته و موجب اتصال روکش به سطح تخته می‌شود (۱۵ و ۱۶).

موادی که برای پوشش نهایی سطح تخته خرده‌چوب در روش رنگ‌زنی مورد استفاده قرار می‌گیرند در گذشته برپایه الکل و غیر قابل حل در آب بوده و به سرعت خشک می‌شدند اما به دلیل این‌که حاوی مقدار زیادی مواد فرار مضر هستند در حال حاضر کاربردشان بسیار محدود شده است. امروزه استفاده از رنگ و لاک بر پایه آب که ماده‌ای بی‌ضرر برای انسان و محیط زیست می‌باشد گسترش زیادی یافته است، اما نقص این نوع رنگ و لاک این

تولونن آزمون شد. از آنجا که امروزه حلال اصلی مواد محلول مخصوص پوشش نهایی سطح تخته‌های چوبی بر پایه آب می‌باشند، روش بررسی جذب سطحی یا مکش لایه سطحی تخته‌های چوبی توسط آب را به جای تولونن پیشنهاد کردند. آزمون مکش آب توسط لایه سطحی تخته خرده‌های صنعتی در محدوده زمانی ۱ تا ۴ ساعت انجام شد. طبق نتایج بررسی‌های اولیه چون بیشترین میزان مکش و سرعت مکش آب توسط لایه سطحی تخته خرده چوب‌های صنعتی در ۶۰ دقیقه اول آزمون مشاهده شد. بنابراین بررسی مکش آب توسط لایه سطحی تخته‌های چوبی در مدت زمان آزمون ۶۰ دقیقه را پیشنهاد کردند (۱۴).  
 واسیلیف و حسینی (۲۰۱۶) با رسم پروفیل دانسیته در ضخامت تخته خرده چوب‌های تولید شده با دانسیته متوسط ۵۰۰ تا ۷۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب، دریافتند که حداقل دانسیته متوسط تخته خرده چوب جهت پوشش نهایی باید ۶۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشد (۱۲).

واسیلیف و حسینی (۲۰۱۶) به بررسی تأثیر افزایش دمای پرس داغ بر خصوصیات سطح تخته خرده چوب سه لایه پرداختند. نتایج نشان دادند که با افزایش دمای پرس، مقاومت‌های مکانیکی و قدرت ترشوندگی لایه سطحی تخته خرده‌چوب کاهش و میزان مکش و سرعت مکش مایع (تولونن و آب) توسط سطح تخته خرده‌چوب افزایش می‌یابد (۵).  
 هدف از این تحقیق بهبود کیفیت سطح تخته خرده‌چوب‌های سه لایه به منظور کاهش میزان و سرعت مکش محلول‌های مربوط به پوشش نهایی بر پایه آب و حلال غیر قطبی توسط سطح تخته خرده‌چوب است.

منافذ و لوله‌های موئینه خرده‌چوب‌ها را پر کرده و به درون لایه سطحی تخته مکش می‌شوند. مشکل زبری سطح تخته خرده‌چوب با استفاده از خرده‌چوب‌های ریز با ضخامت ۰/۲۵ میلی‌متر برای لایه سطحی حل شده است (۶ و ۱۳). طبق تحقیقات واسیلیف و حسینی (۲۰۱۵)، حجم حفرات و منافذ موجود در سطح تخته و به‌طور کلی کیفیت سطح تخته تا حد زیادی به دانسیته لایه سطحی تخته (که با افزایش دانسیته متوسط تخته افزایش می‌یابد) بستگی دارد (۱۳). نتایج تحقیقات سیمینوف (۲۰۱۰) نشان داد که میزان pH سطح تخته خرده چوب بر کیفیت پوشش نهایی سطح تخته موثر بوده و باید در محدوده ۶-۸/۵ باشد (۹). اسیدی بودن سطح تخته موجب کاهش قدرت ترشوندگی سطح تخته و عدم پخش و گسترش مناسب مواد محلول مخصوص پوشش نهایی سطح تخته می‌شود (۱۲).

آکبلود و آیرلیمیز (۲۰۰۶) به بررسی توانایی جذب سطحی تخته فیبرهای دانسیته متوسط تولید شده با نسبت ترکیب چوب فشاری به چوب نرمال گونه *Pinus nigra* ۷۵/۲۵ و ۱۰/۹۰ پرداختند. جذب سطحی<sup>۱</sup> تخته‌ها طبق استاندارد EN 382-1 مورد آزمون قرار گرفت. نتایج نشان دادند که لایه سطحی تخته‌های تولید شده با نسبت بیشتر چوب فشاری به چوب نرمال قابلیت جذب بالاتری دارند. علت این امر خواص آناومیک و مورفولوژیک الیاف چوب فشاری و همین‌طور بالاتر بودن میزان لیگنین چوب فشاری و سخت‌تر بودن این چوب نسبت به چوب نرمال تشخیص داده شد (۱).

واسیلیف و حسینی (۲۰۱۴) روی جذب سطحی تخته خرده‌چوب‌های صنعتی تحقیق کردند. جذب سطحی این تخته‌ها طبق استاندارد EN-382-1 توسط

1- Surface absorption

## مواد و روش‌ها

مواد و دستگاه‌های مورد استفاده: در این تحقیق چوب‌های هیزمی گونه *Betulaverrucosa* از شرکت چوب‌های تجاری توارنیه دریویسینیه واقع در شهر سنت پترزبورگ روسیه خریداری شد. ابتدا از چوب‌ها توسط خردکن دیسکی نوع Krefeld ساخت کشور آلمان تراشه تهیه شد. تراشه‌ها توسط آسیاب چکشی نوع ALPINE-40/20 ساخت کشور آلمان به خرده‌چوب جهت استفاده در لایه میانی تبدیل شدند. برای لایه‌های سطحی، خرده‌چوب‌های ریز صنعتی عبور کرده از الک با قطر منافذ ۲ میلی‌متر از کارخانه تولید تخته خرده‌چوب نیوسکی دو برووکا خریداری شد. جهت خشک کردن خرده‌چوب‌ها از خشک کن نوع IIIK-2M (TY 175-56) استفاده شد. خرده‌چوب‌های تهیه شده برای لایه میانی پس از خشک‌سازی، توسط الک ارتعاشی جداسازی شدند. در نتیجه خرده‌چوب‌های عبور کرده از الک با قطر منافذ ۱۰ میلی‌متر و همین‌طور خرده‌چوب‌های باقی مانده روی الک با قطر منافذ ۲ میلی‌متر به لایه میانی تخته اختصاص داده شدند. نسبت درصد ریزی و

درشتی خرده‌چوب‌های لایه میانی و لایه‌های سطحی در جدول ۱ قابل مشاهده می‌باشند. چسب تجاری اوره فرمالدئید نوع KΦ MT-15 با ویسکوزیته ۶۰ ثانیه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و غلظت ۶۸/۸ درصد مورد استفاده قرار گرفت. به‌عنوان سخت کننده از کلرید آمونیوم با غلظت ۲۰ درصد استفاده شد. آزمون‌های مقاومت سطح تخته و مقاومت خمشی سه نقطه توسط دستگاه تست مکانیکی اینسترون مدل ۴۴۸۶ و به‌ترتیب طبق استانداردهای EN 311 (۳) و EN 310 انجام شدند. آزمون مکش سطح تخته بر اساس استاندارد EN 382-1 (۴) و روش واسیلیف و حسینی (۱۴) انجام گرفت. اسیدیتیه سطح تخته‌ها توسط دستگاه پی اچ متر نوع JPIY-01 اندازه‌گیری شد. جهت بررسی قدرت ترشوندگی سطح نمونه‌ها از میکروسکوپ نوع (MBC-2) با بزرگنمایی ۸ برابر و کانتومتر نوع (R-FUESS) ساخت کشور آلمان استفاده شد (۵). پروفیل دانسیته نمونه‌ها در ضخامت با استفاده از دستگاه DPX300-LTE ساخت کارخانه IMAL ایتالیا تهیه شد.

جدول ۱- طبقه‌بندی خرده‌چوب‌های لایه‌های میانی و سطحی.

Table 1. Wood particles classification of the middle and surfaces layers.

قطر منافذ الک ارتعاشی (میلی‌متر)									
0.25/0	0.5/0.25	1/0.5	2/1	3/2	5/3	7/5	10/7	∞/10	Vibrating screen apertures diameter (mm)
0.6	1.6	2.5	5	40.9	26.8	14.8	7.1	0.7	نسبت درصد خرده‌چوب‌های لایه میانی Percentage ratio of the middle layer wood particles
3.1	10.1	23.1	55	8.1	0.6	-	-	-	نسبت درصد خرده‌چوب‌های لایه‌های سطحی Percentage ratio of the surface layers wood particles

چوب‌های لایه میانی به‌مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد تا رطوبت ۱ درصد به‌طور کامل خشک شدند. جهت تنظیم رطوبت خرده‌های چوب لایه‌های سطحی به میزان ۱ درصد،

ساخت نمونه‌ها: برای ساخت تخته خرده‌چوب سه لایه با احتساب ۳۰ درصد از حجم کل خرده‌چوب‌ها به لایه‌های سطحی و ۷۰ درصد به لایه میانی، خرده

لایه سطحی و در نتیجه کنترل رطوبت لایه سطحی کیک خرده‌چوب در محدوده مطلوب (۱۰-۱۳) درصد می‌باشد (۸). برای چسب‌زنی مطلوب خرده‌های لایه سطحی باید ویسکوزیته چسب مصرفی در محدوده ۲۳ تا ۳۲ ثانیه باشد (۱۰ و ۱۱). بنابراین از طریق گرم کردن چسب تجاری اوره فرمالدئید تا دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد ویسکوزیته آن از ۶۰ ثانیه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به ۲۳ ثانیه در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد رسانده شد (۱۰). کلرید آمونیوم به‌عنوان سخت‌کننده با غلظت ۲۰ درصد به میزان ۰/۶ و ۲ درصد (نسبت به وزن خشک چسب اوره فرمالدئید) به‌ترتیب برای تهیه محلول چسب لایه سطحی و میانی تخته استفاده شد. خرده‌های چوب چسب خورده درون قالب با ابعاد ۴۰×۴۰ سانتی‌متر فرم‌دهی شدند. سپس درون پرس داغ با دمای ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد، فشار ویژه ۲/۷ مگاپاسکال و مدت زمان ویژه پرس ۰/۱۸ دقیقه بر میلی‌متر قرار گرفتند. با قراردادن شابلون فلزی با ضخامت ۱۶ میلی‌متر تخته‌هایی با ابعاد ۴۰×۴۰×۱۶ میلی‌متر و دانسیته متوسط ۶۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب تهیه شدند. میزان رطوبت لایه سطحی کیک خرده‌چوب‌های تهیه شده و همین‌طور خصوصیات تیمارهای مختلف در جدول ۲ نشان داده شده‌اند.

این خرده‌ها همانند آنچه که برای خرده‌های لایه میانی بیان شد خشک شدند. جهت دستیابی به رطوبت ۳ درصد مدت زمان ماندگاری خرده‌های لایه سطحی در خشک‌کن به ۱۲ ساعت کاهش یافت. برای دسترسی رطوبت خرده‌چوب‌ها به میزان ۵ و ۱۰ درصد، بر روی آن‌ها آب اسپری و درون کیسه پلاستیکی نگهداری شدند. تا حصول اطمینان از دستیابی به میزان رطوبت موردنظر، رطوبت خرده‌چوب‌ها در دفعات متوالی توسط رطوبت‌سنج الکتریکی اندازه‌گیری شد. خرده‌های چوب ریز لایه سطحی و خرده‌های چوب درشت لایه میانی جداگانه چسب‌زنی شدند. جهت چسب‌زنی خرده‌های لایه میانی از محلول چسب اوره فرمالدئید با غلظت ۵۵ درصد به میزان ثابت ۷ درصد (نسبت به وزن خشک خرده‌های چوب لایه میانی) و برای خرده‌های چوب لایه سطحی محلول چسب اوره فرمالدئید با غلظت ۵۵ درصد و همین‌طور چسب تجاری اوره فرمالدئید با غلظت ۶۸/۸ درصد به میزان ثابت ۱۱ درصد (نسبت به وزن خشک خرده‌های چوب لایه سطحی) استفاده شد. دلیل استفاده از چسب تجاری، غلظت بالای آن و در نتیجه آب کمتر این چسب جهت جبران افزایش رطوبت کیک خرده چوب تولید شده از خرده‌های چوب با رطوبت بالاتر از ۱ درصد در

جدول ۲- مشخصات تیمارهای مورد مطالعه.

Table 2. Characteristics of the studied treatments.

تیمار Treatment	غلظت رزین (درصد) Resin concentration (%)	رطوبت خرده‌های لایه سطحی (درصد) Moisture of the surface layer particles (%)	رطوبت لایه سطحی کیک (درصد) Moisture of the mat surface layer (%)
1	55	1	11.2
2	55	3	13
3	55	5	14.7
4	55	10	19.1
5	68.8	1	6.74
6	68.8	3	8.49
7	68.8	5	10.2
8	68.8	10	14.6

بست فلزی به‌طور محکم ایزوله می‌شود. سپس روی سطح نمونه‌های محصور شده میزان ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر ریخته و به‌مدت یک ساعت روی توری فلزی به‌طور ثابت نگه داشته می‌شود. نمونه‌های استوانه‌ای از بسته‌بندی‌هایشان آزاد و وزن و ضخامت تر آنها اندازه‌گیری می‌شود (۱۴).

آزمون مکش آب: از تیمارهای مختلف، ۱۶ نمونه با سطح مقطع دایره‌ای و با قطر ۳/۵ سانتی‌متر برش داده، ضخامت و وزن خشک نمونه‌ها اندازه‌گیری می‌شود. جهت بررسی میزان مکش آب توسط سطح تخته، طبق روش واسیلیف و حسینی (شکل ۱) ابتدا لبه‌های نمونه‌ها توسط ۵ لایه چسب نواری با عرض ۵ سانتی‌متر پوشانده شده سپس با واشر پلاستیکی و



شکل ۱- طرح شماتیک آزمون مکش آب توسط سطح تخته خرده‌چوب. (۱) نمونه تخته خرده‌چوب، (۲) چسب نواری ۵ سانتی‌متری، (۳) واشر پلاستیکی، (۴) بست فلزی، (۵) ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر.

Figure 1. Schematic diagram of water absorption test by the particleboard surface. (1) sample of particleboard; (2) scotch tape with a width of 5 cm; (3) the rubber gasket; (4) metal collar; and (5) 10 ml of distilled water.

طرح آماری: برای تحلیل نتایج از روش آماری تجزیه واریانس با استفاده از آزمون  $F$  بهره گرفته شد. اثر عوامل متغیر بر خصوصیات سطح تخته در سطح ۱ و ۵ درصد بررسی شد.

### نتایج و بحث

جدول ۳ نتایج تجزیه واریانس اثر عوامل متغیر بر خصوصیات تخته خرده‌چوب سه لایه در سطح ۱ و ۵ درصد را نشان می‌دهد.

توسط رابطه‌های ۱ و ۲ به ترتیب، میزان مکش (B) و سرعت مکش ( $V_{BH}$ ) سطح نمونه‌ها محاسبه شد (۱۴).

$$\text{رابطه (۱)} \quad B = \frac{M_1 - M_0}{S}, \text{ kg/m}^2$$

$$\text{رابطه (۲)} \quad V_{BH} = \frac{B}{\tau}, \text{ gr/m}^2 \cdot s$$

که در آن‌ها  $M_1$  میزان وزن تر نمونه‌ها پس از دوره آزمون،  $M_0$  میزان وزن خشک نمونه‌ها،  $S$  مساحت سطح نمونه‌ها و  $\tau$  مدت زمان آزمون (۳۶۰۰ ثانیه) می‌باشد.

جدول ۳- تجزیه واریانس خصوصیات سطح تخته خرده‌چوب.

Table 3. Variance Analysis of the particleboards surface properties.

مکش آب	مکش تولوئن	مقاومت سطح	مقاومت خمشی	منبع
Water absorption	Toluene absorption	Surface soundness	Flexural strength	Source
*0.017	*0.013	**0.000	**0.000	غلظت رزین Resin concentration
*0.012	*0.012	**0.000	**0.001	رطوبت خرده‌چوب‌های لایه سطحی Wood particles moisture of the surface layer
ns 0.133	ns 0.106	ns 0.110	ns 0.124	غلظت رزین و رطوبت خرده‌چوب‌های لایه سطحی Resin concentration and wood particles moisture of the surface layer

\*\* معنی‌داری در سطح ۱ درصد، \* معنی‌داری در سطح ۵ درصد و ns معنی‌دار نمی‌باشد.

### خصوصیات فیزیکی و شیمیایی سطح تخته:

خصوصیات فیزیکی و مکانیکی تخته خرده‌چوب به‌طور معنی‌داری به دانسیته متوسط تخته خرده‌چوب بستگی دارد (۶).

به طوری که با افزایش دانسیته متوسط تخته، خصوصیات مکانیکی (مقاومت خمشی و مقاومت سطح تخته) به علت افزایش فشردگی و کاهش منافذ میان خرده‌چوب‌ها افزایش می‌یابند (۱۲ و ۱۳). بنابراین جهت بررسی کیفیت لایه‌های سطحی تخته خرده‌چوب سه لایه، از طریق رسم پروفیل دانسیته تخته در ضخامت، تغییرات دانسیته لایه‌های سطحی تخته نشان داده شده است. با توجه به جدول ۳ و شکل ۱ مشاهده می‌شود که با افزایش رطوبت خرده‌چوب‌های ریز لایه سطحی، دانسیته حداقل و حداکثر لایه سطحی تخته‌ها افزایش می‌یابد. دلیل این امر کاهش مقاومت فشاری عمود بر الیاف خرده‌چوب‌های لایه سطحی بر اثر افزایش رطوبت و به تبع افزایش انعطاف‌پذیری آن‌ها می‌باشد (۱۷). مشاهده می‌شود دانسیته حداقل و حداکثر لایه سطحی تیمارهای ۱، ۲، ۳ و ۴ (تولید شده توسط محلول چسب اوره فرمالدئید با غلظت ۵۵ درصد) بیشتر از دانسیته حداقل و حداکثر لایه سطحی تیمارهای ۵، ۶، ۷ و ۸ (تولید شده توسط چسب تجاری اوره فرمالدئید با غلظت ۶۸/۸ درصد) می‌باشد. این امر با توجه به جدول ۲ و ۴ به دلیل بالاتر بودن رطوبت لایه سطحی یک خرده‌چوب در تیمارهای ۱، ۲، ۳ و ۴ (تولید شده توسط محلول چسب اوره فرمالدئید با غلظت ۵۵

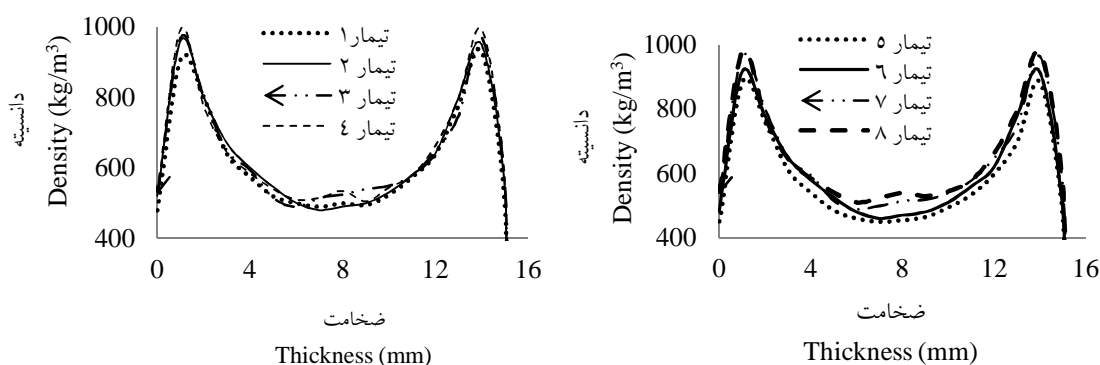
درصد) نسبت به رطوبت لایه سطحی یک خرده‌چوب در تیمارهای ۵، ۶، ۷ و ۸ (تولید شده توسط چسب تجاری اوره فرمالدئید با غلظت ۶۸/۸ درصد) می‌باشد. به این صورت که با افزایش رطوبت لایه سطحی یک خرده‌چوب به دلیل خنثی بودن آب (رطوبت)، pH لایه سطحی یک افزایش یافته و این امر از سخت شدن زود هنگام چسب اوره فرمالدئید حین پرس قبل از رسیدن به فشار نهایی (بارگذاری یک، قرار دادن پلیت‌های داغ پرس و افزایش فشار پرس) و در نتیجه از تشکیل لایه سست در سطح تخته جلوگیری کرده (۱۲) و موجب افزایش دانسیته لایه سطحی تخته‌ها شده است. با توجه به جدول ۳ مشاهده می‌شود که pH سطح تخته کمی بیشتر از pH سطح یک خرده‌چوب است. چرا که با تجمع رطوبت در لایه سطحی یک، فشار بخار آب طی فرایند پرس داغ افزایش یافته، که این امر موجب تسریع در خروج اسیدهای معدنی و آلی فرار از ساختار خرده‌چوب‌های لایه سطحی تخته می‌شود (۵). قابل ذکر است که با افزایش pH لایه سطحی تخته، آبدوستی سطح تخته افزایش می‌یابد (۷). که البته با توجه به جدول ۳ کاهش زاویه ترشوندگی نشان دهنده بهبود آبدوستی سطح تخته و اثبات‌کننده این ادعا می‌باشد. بنابراین پراکنش مواد محلول در آب مخصوص پوشش نهایی سطح تخته (چسب، لاک و رنگ) روی سطح تخته بهبود یافته و کیفیت پوشش‌دهی سطح تخته افزایش می‌یابد.

جدول ۴- تغییرات دانسیته، اسیدیته و ترشوندگی لایه سطحی تخته خرده‌چوب.

Table 4. The changes of density, acidity and wettability of the particleboard surface layer.

8	7	6	5	4	3	2	1	شماره تیمار Treatment number
650	650	639	635	655	651	650	648	(ns) دانسیته متوسط Medium density
543	535	480	450	550	540	530	485	میانگین دانسیته حداقل لایه سطحی Minimum density average of surface layer
978	965	915	885	994	970	955	920	میانگین دانسیته حداکثر لایه سطحی Maximum density average of surface layer
6.26	6.01	5.83	5.55	6.43	6.28	6.17	5.94	pH سطح تخته Panel surface pH
6.20	5.88	5.79	5.51	6.32	6.21	6.10	5.90	pH سطح کیک Mat surface pH
86°40'	87°32'	90°43'	93°25'	86°00'	86°41'	87°23'	89°57'	زاویه ترشوندگی Wettability angle

قابل ذکر است که طبق نتایج آماری، تغییرات دانسیته متوسط نمونه‌ها معنی‌دار نیست (ns).



شکل ۲- پروفیل دانسیته تخته خرده‌چوب‌ها در ضخامت.

Figure 2. Density profile of the particleboards in the thickness.

رطوبت خرده‌چوب‌های لایه سطحی موجب کاهش مقاومت فشاری عمود بر الیاف خرده‌چوب‌های این لایه و در نتیجه افزایش انعطاف‌پذیری آن‌ها شده است (۱۷). این امر موجب افزایش فشردگی خرده‌چوب‌های لایه‌های سطحی تخته بر اثر دما و فشار پرس و به تبع افزایش دانسیته لایه سطحی تخته شده است. قابل ذکر است که با افزایش دانسیته لایه سطحی تخته، مقاومت‌های مکانیکی لایه سطحی تخته افزایش می‌یابد (۱۲ و ۱۳). خصوصیات مکانیکی سطح تخته (مقاومت خمشی و مقاومت سطح) در تخته‌های ساخته شده توسط محلول چسب

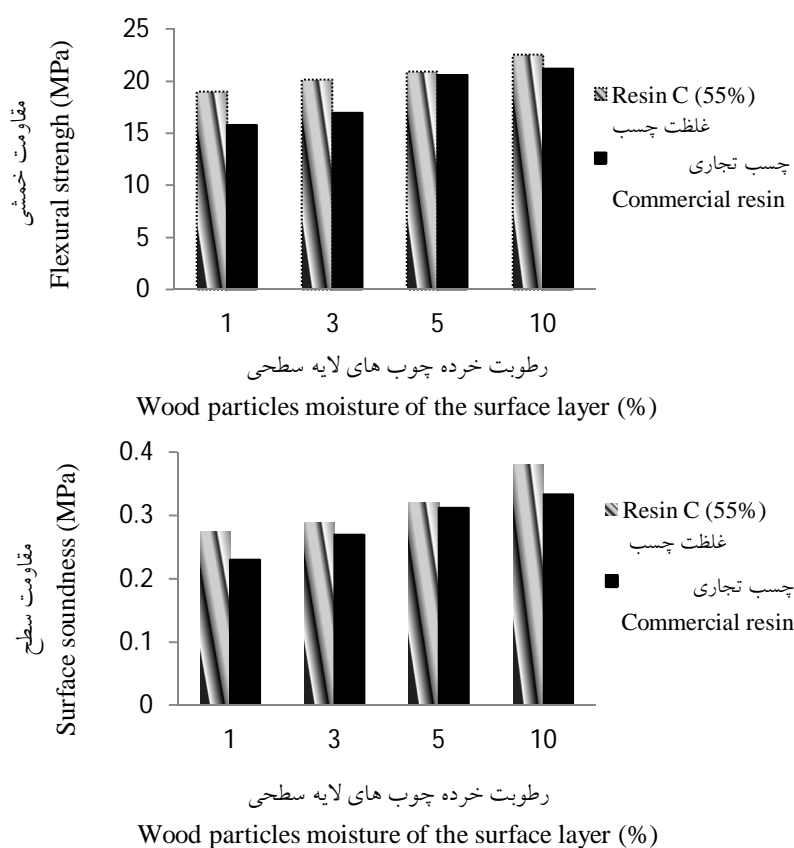
خواص مکانیکی لایه سطحی: مقاومت‌های مکانیکی سطح تخته خرده‌چوب شامل مقاومت خمشی سه نقطه و مقاومت سطح می‌باشد. از آنجایی که طی انجام آزمون مقاومت خمشی، حداکثر نیرو بر سطح تخته وارد می‌شود، بررسی مقاومت خمشی به‌عنوان یکی از خصوصیات مربوط به سطح تخته از اهمیت زیادی برخوردار است.

با توجه به شکل ۲، مشاهده می‌شود که با افزایش رطوبت خرده‌چوب‌های لایه سطحی خصوصیات مکانیکی لایه سطحی (مقاومت خمشی و مقاومت سطح) افزایش می‌یابد. قابل ذکر است که افزایش



بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، تفاوت میانگین مقاومت خمشی و مقاومت سطح تیمارها از لحاظ افزایش رطوبت خرده‌چوب‌های لایه سطحی و همین‌طور تغییر غلظت چسب اوره فرمالدئید در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. اما اثر متقابل متغیرها (رطوبت خرده‌چوب‌های لایه سطحی و غلظت چسب اوره فرمالدئید) بر مقاومت‌های مکانیکی سطح تیمارها معنی‌دار نمی‌باشد.

اوره فرمالدئید با غلظت ۵۵ درصد بیشتر از مقاومت خمشی و مقاومت سطح تخته‌های ساخته شده توسط چسب تجاری اوره فرمالدئید با غلظت ۶۸/۸ درصد است. دلیل این امر با توجه به جدول ۳ بیشتر بودن دانسیته لایه سطحی تیمارهای ۱، ۲، ۳ و ۴ (تولید شده با محلول چسب اوره فرمالدئید با غلظت ۵۵ درصد) نسبت به دانسیته لایه سطحی تیمارهای ۵، ۶، ۷ و ۸ (تولید شده با چسب تجاری اوره فرمالدئید با غلظت ۶۸/۸ درصد) می‌باشد.



شکل ۳- اثر رطوبت خرده‌چوب‌های لایه سطحی و غلظت چسب بر خواص مکانیکی لایه سطحی تخته خرده‌چوب.

Figure 3. The effect of the wood particles moisture of the surface layer and resin concentration on the mechanical properties of the particleboard surface layer.

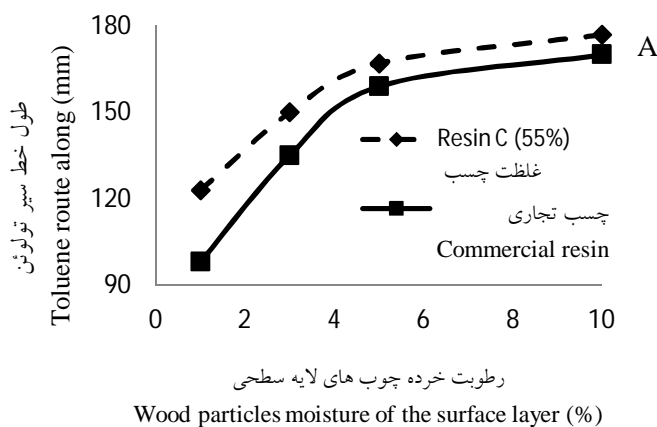
با توجه به شکل ۳ با افزایش رطوبت خرده‌چوب‌های لایه سطحی، مکش آب و تولوئن توسط لایه سطحی کاهش می‌یابد. قابل ذکر است که افزایش طول خط سیر تولوئن روی سطح تخته نشان دهنده کاهش مکش تولوئن توسط سطح تخته

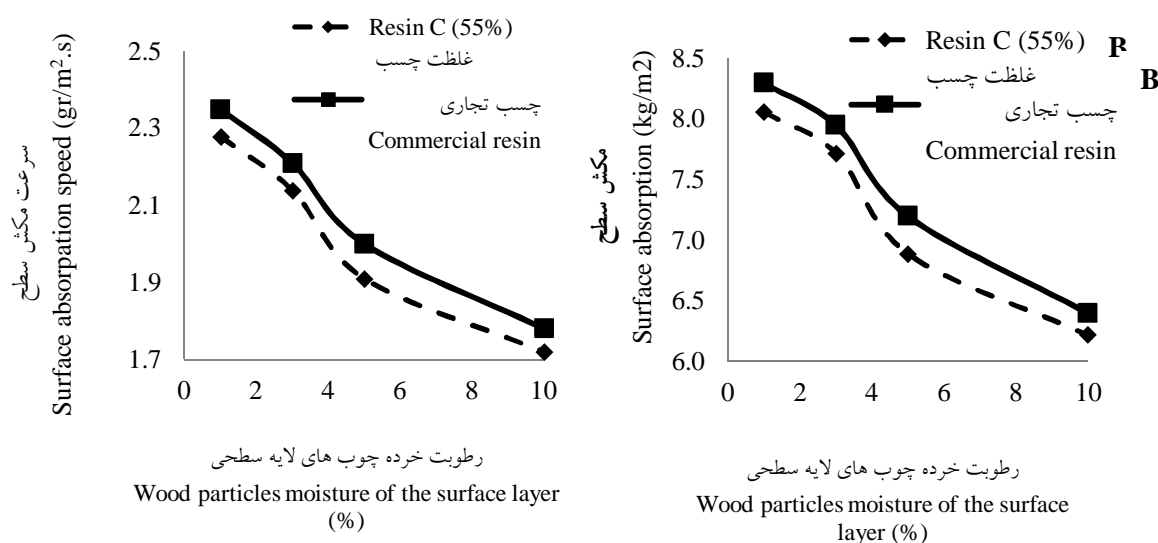
مکش سطح تخته: بررسی مکش سطح تخته خرده‌چوب به دو روش، یکی توسط تولوئن که مایعی با قطبیت بسیار ضعیف است (۲) طبق استاندارد EN 382-1 (۴) و دیگری توسط آب، طبق روش ابداعی واسیلیف و حسینی (۱۴) انجام شد.

در این لایه مکش می‌شود. قابل ذکر است که کاهش مکش آب توسط سطح تخته خرده‌چوب موجب کاهش سرعت مکش آب توسط لایه سطحی تخته شده است. به این صورت که با افزایش دانسیته لایه سطحی که در پی افزایش رطوبت لایه سطحی یک خرده‌چوب حاصل می‌شود منافذ میان خرده‌چوب‌های لایه سطحی کاهش یافته و باریک‌تر می‌شوند (۱۲). از طرفی چون آب ماده‌ای با قطبیت بالاست (۲) توسط سلول‌های چوب جذب شده و موجب تورم خرده‌چوب‌های لایه سطحی می‌شود، بنابراین منافذ باریک میان خرده‌چوب‌های لایه سطحی با دانسیته سطحی بالاتر، مسدود شده و در نتیجه سرعت مکش آب توسط لایه سطحی کاهش می‌یابد (۱۳).

بر اساس نتایج تجزیه واریانس جدول ۲، تفاوت میان میانگین مکش آب و تولوئن توسط لایه سطحی تیمارها از لحاظ افزایش رطوبت خرده‌چوب‌های لایه سطحی و همین‌طور تغییر غلظت چسب اوره فرمالدئید در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. اما اثر متقابل متغیرها (رطوبت خرده‌چوب‌های لایه سطحی و غلظت چسب اوره فرمالدئید) روی مکش مایع توسط لایه سطحی تخته‌ها معنی‌دار نیست.

خرده‌چوب است (۱). از آنجایی که افزایش دانسیته سطح تخته خرده‌چوب موجب کاهش منافذ بین خرده‌چوب‌ها و افزایش کیفیت سطح می‌شود (۱۲ و ۱۳)، مکش مایع (آب و تولوئن) توسط سطح تخته خرده‌چوب به‌طور معنی‌داری به میزان دانسیته لایه سطحی تخته خرده‌چوب بستگی دارد. با توجه به شکل ۱ و جدول ۱ و ۳ با افزایش رطوبت خرده‌چوب‌های لایه سطحی در تیمارهای مختلف و همین‌طور بیشتر بودن رطوبت لایه سطحی یک خرده‌چوب تهیه شده توسط محلول چسب با غلظت ۵۵ درصد نسبت به رطوبت لایه سطحی یک خرده‌چوب تهیه شده با چسب تجاری با غلظت ۶۸/۸ درصد، دانسیته حداقل و حداکثر لایه سطحی تخته‌ها افزایش یافته است، که این امر موجب کاهش منافذ بین خرده‌چوب‌های لایه سطحی و افزایش کیفیت سطح تخته و در نتیجه کاهش مکش مایع (آب و تولوئن) توسط لایه سطحی شده است. چون تولوئن مایعی با قطبیت ضعیف است (۲)، هنگامی که در تماس با سطح تخته قرار می‌گیرد توسط سلول‌های خرده‌چوب‌های لایه سطحی جذب نشده و آن‌ها را متورم نمی‌کند (۱۲). بنابراین تولوئن تنها از طریق منافذ و خلل و فرج میان خرده‌چوب‌های لایه سطحی به





شکل ۴- مکش مایع (آب و تولوئن) توسط سطح تخته خرده چوب در تیمارهای مختلف. مکش تولوئن (A)، مکش آب (B) و سرعت مکش آب (C).

Figure 4. Liquid absorption (water and toluene) by the surface of the particleboard in different treatments. Toluene absorption (A), water absorption (B) and water absorption speed (C).

غلظت ۵۵ درصد (چسب رقیق‌تر) شد. در نتیجه لایه سطحی با دانسیته بالاتر در این نمونه‌ها تشکیل شد. با افزایش دانسیته لایه سطحی که بر اثر افزایش رطوبت خرده‌چوب‌های لایه سطحی تخته‌ها ایجاد شد تمام خصوصیات لایه سطحی تخته خرده چوب شامل خصوصیات مکانیکی (مقاومت سطح و مقاومت خمشی) و مکش مایع (آب و تولوئن) بهبود یافتند. با افزایش رطوبت خرده چوب‌های لایه سطحی به ۵ و ۱۰ درصد در تیمارهای ۳ و ۴ که حاوی محلول چسب اوره فرمالدئید با غلظت ۵۵ درصد هستند، و همین‌طور در تیمارهای ۵، ۶ و ۸ که از خرده چوب‌های با رطوبت ۱، ۳ و ۱۰ درصد در لایه سطحی و چسب تجاری اوره فرمالدئید با غلظت ۶۸/۸ درصد تشکیل شده‌اند میزان رطوبت لایه سطحی کیک خرده چوب از حد مطلوب (۱۰-۱۳) درصد تجاوز کرده است. این امر موجب عدم امکان افزایش رطوبت خرده‌های لایه سطحی در تیمارهای ۳، ۴ و ۸ و همین‌طور عدم استفاده از چسب تجاری

### نتیجه‌گیری

این تحقیق با هدف بهبود کیفیت سطح تخته خرده‌چوب برای پوشش نهایی، از طریق افزایش رطوبت خرده‌چوب‌های لایه سطحی و یافتن میزان مطلوب رطوبت خرده چوب‌های لایه سطحی انجام گرفت. باتوجه به نتایج حاصل از این تحقیق با افزایش رطوبت خرده‌چوب‌های لایه سطحی مقاومت فشاری عمود بر الیاف خرده‌چوب‌های این لایه کاهش یافت در نتیجه تحت دما و فشار پرس داغ، فشردگی بیشتری در سطح تخته حاصل شد و دانسیته لایه سطحی افزایش یافت. از طرفی pH لایه سطحی کیک خرده چوب در نمونه‌های حاصل از چسب اوره فرمالدئید با غلظت ۵۵ درصد (چسب رقیق‌تر) نسبت به pH لایه سطحی کیک در نمونه‌های حاصل از چسب تجاری اوره فرمالدئید با غلظت ۶۸/۸ درصد بیشتر می‌باشد که این موجب جلوگیری از گیرایی زود هنگام چسب قبل از رسیدن به فشار نهایی پرس در نمونه‌های حاصل از محلول چسب اوره فرمالدئید با

تخته خرده چوب را افزایش و کیفیت آن را بهبود می‌دهد، به میزان مطلوب افزایش رطوبت خرده‌چوب-های لایه سطحی (۵ درصد در تیمار ۷) که توسط چسب تجاری اوره فرمالدئید تشکیل شده است، دست یافته شد.

در تیمارهای ۵ و ۶ به‌طور عملی در تولید تخته خرده چوب در ابعاد صنعتی می‌شود. طبق نتایج علاوه بر دستیابی به این واقعیت که افزایش رطوبت خرده‌چوب‌های لایه سطحی و همین‌طور استفاده از چسب تجاری اوره فرمالدئید، دانسیته لایه سطحی

### منابع

1. Akbulu, T., and Ayrimis, N. 2006. Effect of compression wood on surface roughness and surface absorption of medium density fiberboard. Society of forest science J. 40: 1.161-167.
2. Bibik, E.E., Bykov, L.M., and Vavilov, V.G. 2006. The new directory chemist and technologist. Professional, Moscow. Russia, 1464p.
3. European standard EN 311, 2012. Wood based panels / Surface soundness- test method.
4. European standard EN 382-1, 2010. Fiberboards/ Determination of surface absorption-test method for dry process fiberboards.
5. Hosseini, S.Z., and Vasilef, V.V. 2016. Particleboards surface quality modified depending on the temperature of their pressing. Proceedings of the Saint Petersburg Forestry Academy J. 214: 1.224-232.
6. Leonovich, A.A. 2005. Wood board technology. Publisher "Khimizdat", Saint Petersburg, Russia, 208p.
7. Onegin, V.I. 2015. Important wood properties for formation of protective and decorative coatings. Saint Petersburg State Forest Technical University J. 6: 1.116-125.
8. Otlef, I.A. 2005. Intensification of production of particle boards. Forest Industry, Moscow, Russia, 192p.
9. Semenov, A.A. 2010. The principal indicators of chipboard designed for lamination. P 32-34, In: A.A. Leonovich (eds), Wood-based panels: theory and practice, scientific and practical seminar, yandex, Saint Petersburg.
10. Shwartzman, G.M., and Shedro, D.A. 2012. Production of particleboard. Forest Industry, Moscow, Russia, 320p.
11. Tsoy, Y.U. 2016. In the stability of paints and varnishes for protective and decorative wood finish. Proceedings of the Saint Petersburg Forestry Academy J. 215: 1.244-254.
12. Vasilyev, V.V., and Hosseini, S.Z. 2016. Influence of density particle board on the quality of their surface. Proceedings of the Saint Petersburg Forestry Academy J. 216: 1.175-188.
13. Vasilef, V.V., and Hosseini, S.Z. 2015. Liquid absorption by the surface of different density particleboard. Pp: 72-78, In: A.A. Leonovich (ed), Wood boards: theory and practice, scientific and practical conference, yandex, Saint Petersburg.
14. Vasilef, V.V., and Hosseini, S.Z. 2014. Assessment of the liquid absorption with the surface of particleboard. P 39-47, In: V.P. Strelkov (eds), State and prospects of development of manufacture of wood plates: scientific and practical conference, yandex, Balabanovo.
15. Vetoshkin, Y.I., Gazeev, M.V., and Choi, Y.I. 2008. Special finishes. Publication of Forestry University, Moscow, Russia. 129p.
16. Volyn, V.N. 2010. The technology of wood boards and composite materials. Publisher "Lan", Moscow, Russia, 336p.
17. Ygolev, B.N. 2011. Wood-forestry and merchandising. Publishing center "Academia", Moscow, Russia, 272p.



## Improve the surface quality of particleboard for finishing

\*S.Z. Hosseini<sup>1</sup>, A.A. Enayati<sup>2</sup> and V.V. Vasilyev<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ph.D. Student., Dept., of Wood Composite Technology, Faculty of Chemical Technology and Biotechnology of Saint Petersburg State Forest Technical University, Russia, <sup>2</sup>Professor, Dept., of Wood and Paper Sciences and Technology, Faculty of Natural Resources of Tehran University, Iran, <sup>3</sup>Professor, Dept., of Wood Composite Technology, Faculty of Chemical Technology and Biotechnology of Saint Petersburg State Forest Technical University, Russia

Received: 10/01/2016; Accepted: 08/08/2017

### Abstract

**Background and objectives:** The purpose of this research is to reduce amount and speed of absorption of the liquids coating substances of the particleboard surface (lacquer, paint and enamel in the lacquer painting process and glue in the lamination method). In this context, the researchers found that the increasing of the average density of particleboard increases the minimum and maximum density of its surface layers. According to the researchers, increasing the surface layers density of particleboard decreases their liquid finishing materials absorption. Since at the present the main solvent of liquid finishing materials for finishing the surface of wooden boards is on the water-based, researchers have invented a method of surface absorption test of wooden boards by water instead of toluene. After several studies, they performed water absorption test by the surface layer of wooden boards during the test period of 60-minute.

**Materials and methods:** In this study, the large particles with 1% moisture in the middle layer and industrial fine particles in the surface layers were used for production three layers particleboard. Knowing that by increasing the wood moisture to fiber saturation point (30%), perpendicular compressive strength to the wood fibers significantly is reduced, in this study, the moisture of the surface layer particles was increased to 5% and 10 % with water spray method. The wood particles of surface and middle layers were mixed with resin separately. For wood particles of surface layers was used UF with concentration of 55 % and commercial resin UF with concentration of 68.8 % (with purpose of control the surface layers moisture of three layers mats in the desired limit). Commercial resin UF was heated to temperature of 60 °C with the purpose of reducing its viscosity. Then, three layers particleboard with medium density of 650 kg/m<sup>3</sup> were obtained by 2.7 MPa specific press pressure and at temperature by 220 °C. The analyses of mechanical strengths, water and toluene absorption were performed to evaluation the properties of the particleboards surface layer.

**Results:** According to the results of the density gradient graph in the thickness of the samples, increasing wood particle moisture of the surface layer increases the density of samples surface layer.

The results of the mechanical strengths and liquid absorption analysis showed that, by increasing wood particle moisture of the surface layer increases flexural strength and surface soundness of samples and decreases absorption and absorption speed of the samples surface layer.

**Conclusion:** Increasing wood particle moisture of the surface layers increases the quality of particleboard surface layer for finishing. The moisture optimal amount of the surface layer wood particle is 5% in treatment 7 (made by commercial urea-formaldehyde resin).

**Keywords:** Particleboard, Finishing, Quality

---

\*Corresponding author: seyedehzahrahoseini@yahoo.com